

Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken: 'De Krekenproef'  
Evaluatie 1997-2002



**Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken:  
'De Krekenproef'**

**Evaluatie 1997-2002**

**Willem E. van Duin  
Kees S. Dijkema**

**Alterra-rapport 634**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003**

## REFERAAT

Duin, W.E. van & KS. Dijkema, 2003. . *Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken: 'De Krekenproef'; Evaluatie 1997-2002..* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 634. 138 blz.; 20 fig.; 12 tab.; 62 ref.; 5 foto's; 26 bijlagen.

Het ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee is onder meer gericht op vergroting van het areaal meer natuurlijke kwelders. In het kader van het beheer en onderhoud van de kwelderwerken langs de Friese en Groninger vastelandskust is ten oosten van de Holwerder veerdam in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, de 'Krekenproef' uitgevoerd. In het onderzoek is gekeken naar de mogelijkheden om het afwateringssysteem van de kwelderwerken zodanig aan te passen dat het beter vergelijkbaar is met dat van een natuurlijke kwelder.

In deze eindrapportage wordt een overzicht gegeven van de achtergronden en de Ausgangssituatie. Verder worden de resultaten besproken en wordt de proef geëvalueerd aan de hand van de gestelde randvoorwaarden met daaraan gekoppelde grenswaarden.

Trefwoorden: afwateringssysteem, kwelder, morfologische processen, sedimentatie, stroomsnelheid, vegetatie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €40 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 634. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
1.1 Aanleiding	15
1.2 Doel van de proef	17
1.3 Leeswijzer	17
2 Morfologische processen in kwelders	19
2.1 Kweldervorming	19
2.2 Oeverwal-kom effect	19
2.3 Kwelderrand	20
2.4 Kreken	20
2.5 Poeltjes	22
3 De kwelderwerken	25
3.1 Gebiedsbeschrijving	25
3.2 Referentiegebied Julianapolder	28
4 De Krekenproef	31
4.1 Beschrijving van de proeven	31
4.2 Randvoorwaarden	34
4.3 Criteria om de varianten in 2002 te beoordelen	35
4.4 Evaluatie	36
5 Monitoring Krekenproef en 0-proef	37
5.1 RWS-monitoringprogramma	37
5.2 Aanvullend Alterra-monitoringprogramma	38
6 Resultaten	47
6.1 Onderhoudswerkzaamheden	47
6.2 Hoogtemetingen	49
6.3 Sedimentatie-erosie balk	49
6.4 Filtermetingen	51
6.5 Ontwikkeling natuurlijke afwatering	52
6.6 Stroomsnelheden	61
6.7 Vegetatiekartering	63
7 Evaluatie/Toetsing aan de gestelde criteria	69
Bijlagen	81

### ***Lijst van tabellen***

- 1 Aandeel en maximale afmetingen van natte/kale plekken en poeltjes in de kwelderwerken en natuurlijke referentie-kwelders.
- 2 Maaiveldhoogte (m+NAP) van de 74 meetpunten bij de vier afwateringsvarianten in Holwerd en de 20 meetpunten in de Julianapolder in 1998.
- 3 Schaal van Londo en Tansley-schaal
- 4 Gemiddelde opslibbing of erosie bij de 74 meetpunten bij de vier afwateringsvarianten in Holwerd en de 20 meetpunten in de Julianapolder over de periode maart 1998 tot maart 2002.
- 5 Gemiddelde hoogteligging filters, afgezette hoeveelheid sediment en aantal tijen per meetperiode bij de meetlocaties in de verschillende afwateringsvarianten.
- 6 De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsslots en greppels in de vakken 187-190 van afwateringsvariant 1 in maart 2001.
- 7 De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsslots en greppels in de vakken 201-204 van afwateringsvariant 4 in maart 2001.
- 8 De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsslots en greppels in de vakken 205-208 van afwateringsvariant 5 in maart 2001.
- 9 De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsslots en greppels in de vakken 209-212 van afwateringsvariant 6 in maart 2001.
- 10 Oppervlak van de doorstroomprofielen van de dwarsslots in het referentiegebied bij de Julianapolder in december 2001.
- 11 De dominante of co-dominante plantesoorten bij de 74 meetpunten van de Krekenproef in 1998, 2001 en 2002 en de ingemeten maaiveldhoogte in 1998 en 2002.
- 12 De dominante of co-dominante plantesoorten bij de 20 meetpunten in de kwelder bij de Julianapolder in 1998 en 2002 en de ingemeten maaiveldhoogte in 1998 en 2001.

### ***Lijst van foto's***

- 1 De kwelders bij Holwerd waar de Krekenproef is uitgevoerd.
- 2 Profielmeting bij een goed afwaterende dwarssloot.
- 3 Dichtgeslibde en begroeide dwarssloot bij de doorgraving in variant 6 ter hoogte van vak 210/211 BC in augustus 2002. De brug, in 1998 aangelegd om over de dwarssloot te kunnen komen, ligt gelijk met het maaiveld (alleen de palen zijn nog zichtbaar).
- 4 Dichtgeslibde dwarssloot met lichte Zeekraal-begroeiing bij PQ 28 in augustus 2002.
- 5 Deel van de voormalige kleiput in de kwelder bij de Linthorst-Homanpolder waarin zich een natuurlijk krekenpatroon heeft ontwikkeld. (© Jaap de Vlas, 1994)

## ***Lijst van figuren***

- 1 Schematische voorstelling van de opbouw van bezinkvelden in de kwelderwerken.
- 2 Overzicht van de meetvakken in de Friese kwelderwerken.
- 3 Proefgebied ten oosten van Holwerder pier (vakken 187-221) met aangebrachte wijzigingen in het afwateringssysteem (8 varianten). De blauwe kaders in de vier nader onderzochte afwateringsvarianten zijn in bijlage 1 t/m 4 uitvergroot.
- 4 Schematische tekening sedimentatie-erosie balk (SEB).
- 5 Schematische tekening filterhouder.
- 6 Hoogteligging filters en afstand tot hoofdleiding en dwarsloot bij de meting van 9-26 november 2001 in Holwerd.
- 7 Hoeveelheid grondwerk in Friesland.
- 8 Hoeveelheid grondwerk in Groningen.
- 9 Gemiddelde opslibbing bij alle 74 meetpunten in variant 1, 4, 5, en 6 gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- 10 Gemiddelde opslibbing of erosie bij de 20 PQ's in vak 291 van de Julianapolder gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- 11 Dwarslootprofielen in variant 1 van de Krekenproef in maart 1998 en maart 2002.
- 12 Dwarslootprofielen in variant 4 van de Krekenproef in maart 1998 en maart 2002.
- 13 Dwarslootprofielen in variant 5 van de Krekenproef in maart 1998 en maart 2002.
- 14 Dwarslootprofielen in variant 6 van de Krekenproef in maart 1998 en maart 2002.
- 15 Oppervlak doorstroomprofiel van 48 dwarssloten in maart 2002 ten opzichte van de maaiveldhoogte (m+NAP).
- 16 Verandering in doorstroomprofieloppervlakte bij variant 1, 4, 5 en 6 bij vergelijking van maart 1998 met maart 2002.
- 17 De stroomsnelheid aan weerszijden van een doorgraving ter hoogte van pq 23 en 31 in subvak 202-203 CD op 3 oktober 2001.
- 18 De stroomsnelheden in de dwarsloot van subvak 188 HI (variant 1) bij meetpunten op verschillende afstand van een hoofdleiding.
- 19 De vegetatiesuccessie en -regressie in de 0-proef (samengevat door de Meetkundige Dienst).
- 20 De vegetatiesuccessie en -regressie in de Krekenproef (samengevat door de Meetkundige Dienst).





## Woord vooraf

De krekoproef is een nieuwe grote stap in de functieverandering van de kwelderwerken van 'toekomstig agrarisch gebied' naar 'een zo natuurlijk mogelijke kwelder'. De bedenkers van de proef worden bedankt voor het aandragen van vele ideeën voor de afwateringsvarianten. Van deze groep is het met name aan het doorzettingsvermogen van Jaap de Vlas (toendertijd in functie bij ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij) te danken dat de proef is uitgevoerd.

Alle bij de Krekoproef betrokkenen van Rijkswaterstaat-Directie Noord-Nederland (Leeuwarden), RWS-Dienstkring Waddengebied Groningen (Delfzijl), de Meetploeg en RWS-Meetkundige Dienst (Delft) worden hartelijk bedankt voor de prettige samenwerking.

Marie-Claire Boerwinkel en Marcel Staal hebben tijdens hun stage in 1998 via de Krekoproef de kwelders van de kwelderwerken leren kennen en geholpen bij diverse metingen.

Jenny Cremer, Elze Dijkman en Martin de Jong van Alterra hebben de profieloppervlaktes berekend en hebben de kaartjes gemaakt.

Het volgende Alterra 'gouden driemanschap' was onmisbaar bij het plaatsen van de vele palen, het veldwerk, het invoeren van de vele meetgegevens in de computer en het maken van de meetinstrumenten: Koos Zegers, Piet-Wim van Leeuwen en Aad Sleutel.

Rijkswaterstaat en het Ministerie van LNV hebben met hun financiële ondersteuning de proef mogelijk gemaakt.

De krekoproef is als Alterra-bijdrage ingebracht in het project 'Ecomorphology of Estuaries and Coasts - Salt Marsh Cycles' dat onderdeel uitmaakt van thema 3 ('Coast and River') in het Delft Cluster-programma.



## Samenvatting

Het ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee is onder meer gericht op vergroting van het areaal meer natuurlijke kwelders. In het kader van het beheer en onderhoud van de kwelderwerken langs de Friese en Groninger vastelandskust is ten oosten van de Holwerder veerdam in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, de 'Krekenproef' uitgevoerd. In het ruim vier jaar durende onderzoek (1997-2001/2002) is gekeken naar de mogelijkheden om het afwateringssysteem van de kwelderwerken zodanig aan te passen dat het beter vergelijkbaar is met dat van een natuurlijke kwelder. Daarnaast is gekeken of de hoeveelheid onderhoud aan de afwateringen (grondwerk) verder kan afnemen zonder dat (te veel) kwelderverlies optreedt (0-proef bij Het Bildt).

De Meetkundige Dienst (Delft) en de Dienstkring Groningen (Delfzijl) van Rijkswaterstaat hebben een groot deel van de gegevens verzameld en uitgewerkt. Alterra heeft naast het uitvoeren van aanvullende monitoring ook de rapportage verzorgd.

Na digitaliseren en vergelijken van luchtfoto's, vegetatieopnames, hoogtemetingen en andere, meer procesgerichte, veldwaarnemingen betreffende onder andere opslibbing en geulprofielen zijn de verschillende varianten, die in het oorspronkelijke afwateringssysteem zijn aangebracht, op hun effectiviteit beoordeeld. De onderzochte varianten waren:

1. *Halvering van het greppelsysteem*: greppels zijn opnieuw gegraven vanaf halverwege een vak en wateren afwisselend af op de normale wijze naar de dwarsloot aan de noordzijde of (na doorgraving door de gronddam) naar de dwarsloot aan de zuidzijde van het vak.
2. *Versterking van de dichotomie* (vertakking) van het afwateringssysteem d.m.v. het aanbrengen van afdammingen in de hoofdleidingen en doorgravingen in de dwarsloten.
3. *Visgraat*: het graven van een nieuwe 'dwarsloot' diagonaal door een vak van 100x100 m.
4. Nadruk leggen op de *hoofdstructuur* van het afwateringssysteem (alleen de hoofdleidingen en dwarsloten zijn gegraven).

Per variant wordt de kwelderontwikkeling getoetst aan de mate waarin zich een natuurlijk systeem ontwikkelt, blijkend uit het functioneren zonder onderhoud en het ontwikkelen van een kreken-oeverwallen-kommen systeem.

In deze eindrapportage wordt een overzicht gegeven van de achtergronden en de uitgangssituatie. Verder worden de resultaten besproken en wordt de proef geëvalueerd aan de hand van de gestelde randvoorwaarden met daaraan gekoppelde grenswaarden (er mag geen verlies van kwelderareaal optreden; de kweldergrens mag gemiddeld niet meer dan 100m richting zeedijk opschuiven; de afmetingen van kale/natte plekken mogen niet meer dan 10% per variant of de totale 0-proef

bedragen en de grootte van afzonderlijke kale/natte plekken mag niet meer zijn dan 1/8 subvak (=50 x 25 m), dan wel een maximale strijk lengte van 80 m per variant of voor de totale 0-proef) en criteria (hoe minder onderhoud/grondwerk en nadering tot grenswaarden hoe geslaagder een variant).

De belangrijkste conclusies zijn:

- Er is aan de gestelde randvoorwaarden voldaan en er zijn geen grenswaarden overschreden.
- Geen van de varianten komt op dit moment duidelijk naar voren als de beste.
- Van de aangebrachte veranderingen in het afwateringssysteem blijken die op het kale wad en in de pionierzone binnen zeer korte tijd te verdwijnen. Afdammingen blijken moeilijk stand te houden of erosiegevoelig te zijn. Doorgravingen en de visgraten blijken op de begroeide kwelder goed stand te houden.
- In alle vier de onderzochte varianten zijn verschillende dwarssloten langzaam (deels) dichtgeslibd. Dit betreft met name de lager gelegen (<1,4 m+NAP) dwarssloten die meestal bij de start reeds een geringe profielinhoud hadden (<0,5 m<sup>2</sup>) of die door de grondwerkzaamheden overgedimensioneerd waren. Tot nu toe zijn geen aanwijzingen gevonden dat het dichtslibben tot nadelige gevolgen voor de afwatering en vegetatieontwikkeling heeft geleid.
- Vanaf een maaiveldhoogte van ca. 1,4 m+NAP slibben de dwarssloten niet volledig dicht maar blijft er, met name in de 50 m die het dichtst bij de hoofdleiding ligt, een meanderend restgeultje over dat gevoed wordt door het water dat uit de greppels en lengteleiding stroomt.
- Vanaf een maaiveldhoogte van ca. 1,6 m+NAP houden de dwarssloten zichzelf in stand.
- Slechts enkele dwarssloten zijn momenteel iets verdiept ten opzichte van de beginsituatie, maar het is niet duidelijk of dit van blijvende aard is.
- De opslibbing is gedurende de proefperiode erg hoog geweest (op een aantal punten zelfs meer dan 6 cm/jaar). Gedeeltelijk is dit misschien veroorzaakt door het feit dat veel meetpunten op oeverwallen liggen, maar vergelijking met andere kwelders, zoals Neerlands Reid op Ameland, laat zien dat ook daar de afgelopen jaren een hoge opslibbing is geweest.
- In de Julianapolder (= controlegebied) is het derde bezinkveld vrij stabiel, maar de metingen in het tweede bezinkveld laten een erosie zien waarbij ook de pioniervegetatie sterk is achteruitgegaan.
- Kweldergras heeft zich in de Krekenproef bij Holwerd door de hoge opslibbing langs en in dichtslibbende dwarssloten sterk kunnen uitbreiden. Of het dichtgroeien van de dwarssloten zo ver door zal gaan dat het tot een vermindering van de drainage zal leiden of dat zich een smalle greppel zal weten te ontwikkelen moet de komende tijd blijken.
- De kwelderzone in de 0-proef en de Krekenproef is toegenomen ten koste van de pionierzone (successie). De pre-pionierzone is in beide gebieden sterk in oppervlak afgenomen ten gunste van kale wadzone en kwelderzone (resp. regressie en successie).

- Bij de vegetatie-opnames (PQ's) is een snelle successie van Zeekraal (*Salicornia spec.*) naar Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) en van Gewoon kweldergras naar Strandkweek (*Elymus athericus*) waargenomen.

### **Aanbevelingen**

Ten aanzien van het voortzetten van de Krekenproef en het stimuleren van de natuurlijkheid in de kwelderwerken worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Omdat de duur van de proef blijkbaar te kort is geweest om de varianten te kunnen toetsen aan de gestelde criteria wordt geadviseerd om met name het monitoren van de elementen uit de Krekenproef die gericht waren op de afwatering te continueren, totdat duidelijk wordt hoe de kwelder zich onder de verschillende varianten in het afwateringssysteem gaat ontwikkelen. Hierbij kan gedacht worden aan het jaarlijks opnemen van de toestand van de greppels, dwarssloten en hoofdleidingen (bijv. door Alterra samen met RWS-medewerkers) en het jaarlijks (bijv. in augustus/september) uitvoeren van een profielmeting over de dwarssloten bij de huidige meetpunten.
- Omdat voor de (gedeeltelijke) voortzetting van de Krekenproef de randvoorwaarden en grenswaarden van kracht zullen blijven, wordt voortzetting van het maken van luchtfoto's met bijbehorende controle van de vegetatie op de grond in de Krekenproef aangeraden. Omdat de standaard-opname (elke 5-6 jaar) eventuele problemen mogelijk te laat signaleert is een tweejaarlijkse opname wenselijker.
- Ditzelfde geldt voor de 0-proef. Bovendien is het bij deze proef nuttig is om te weten óf en, zo ja, wanneer zich negatieve (of positieve) ontwikkelingen gaan voordoen.
- Inventariseren van alternatieve/aanvullende mogelijkheden om tot een natuurlijk(er) afwateringssysteem te komen in (delen van) de kwelderwerken.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het beheer van de Waddenzee is met betrekking tot natuur gericht op een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van het ecosysteem. Daar waar nodig voor behoud en ontwikkeling van de biodiversiteit van de Waddenzee is selectief ingrijpen mogelijk. Dit geldt bijvoorbeeld voor ingrijpen ten behoeve van het behoud en de ontwikkeling van het kwelderareaal, door het stimuleren van kweldervorming en door het verkwelderen van zomerpolders (PKB deel 3, 2001).

In 6000 ha voormalige landaanwinningswerken langs de vastelandskust van Friesland en Groningen zijn de kwelders mede door menselijk ingrijpen gecreëerd. Rijkswaterstaat Dienstkring Waddengebied Groningen verricht jaarlijks onderhoud aan een uitgebreid stelsel van rijshoutdammen en afwateringen. In het beleid is echter nadrukkelijk aangegeven dat gestreefd moet worden naar een beheer van de kwelderwerken dat mogelijkheden biedt voor een meer natuurlijke ontwikkeling van de kwelder. Het ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee is onder meer gericht op vergroting van het areaal meer natuurlijke kwelders: *“Het habitatype kwelder omvat alle kwelders op het vasteland en de eilanden, inclusief de pionierzone. Natuurlijke kwelders hebben een afwateringspatroon van onregelmatig slingerende geulen en soms een pionierzone. Na verloop van tijd vormen zich steile kwelderranden tussen oudere gedeelten en pionierzones grenzend aan droogvallende platen. Het ontwikkelingsperspectief is gericht op vergroting van het areaal natuurlijke kwelders. De mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuwe natuurlijke kwelders door ontpoldering zijn echter beperkt. De beste manier om het areaal uit te breiden is het verbeteren van de natuurlijke omstandigheden in bestaande kweldergebieden. Hierdoor kan ook de gewenste ‘verjonging’ gestalte krijgen”* (PKB deel 3, 2001). Op de 8<sup>ste</sup> ‘Trilateral Governmental Wadden Sea Conference’ in Stade is het ontwikkelen van een natuurlijk drainagepatroon aangeduid als één van de belangrijkste actiepunten voor kwelders [CWSS,1997].

In de Stuurgroep Kwelderwerken wordt door Rijkswaterstaat, LNV-Noord, de Vereniging van Oevereigenaren en Gebruikers, It Fryske Gea en Alterra vanaf 1982 samengewerkt om het beheer van de kwelderwerken in een richting te sturen die aansluit bij de beleidsdoelstellingen voor kwelders. De oorspronkelijke doelstelling van de voormalige landaanwinningswerken was om de aanslibbing te bevorderen om zodoende landbouwgronden te creëren. Thans is het hoofddoel behoud van een zo natuurlijk mogelijk kwelderareaal. Deze gewijzigde doelstelling heeft ertoe geleid dat onder andere het patroon van de rijshoutdammen is gewijzigd. Het patroon is op basis van studies van de werking van dammen optimaler ingezet voor bescherming van de kwelders tegen golven en stroming [Dijkema *et al.* 1988; Houwing *et al.*, 1995]. Bij de aanpassingen is eveneens rekening gehouden met bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging [Bossinade *et al.*, 1993].

Niet alleen het patroon van rijshoutdammen is in de loop der tijd veranderd, maar ook het kunstmatige afwateringssysteem is in belangrijke mate aangepast. Om na te gaan of het afwateringssysteem op een meer natuurlijke wijze zou kunnen functioneren zijn vanaf 1982 verschillende grondwerkproeven uitgevoerd. De resultaten van deze zogenaamde proefvakken zijn voor het eerst geanalyseerd in 1991 [Dijkema *et al.*, 1991]. De verkregen inzichten zijn vanaf die tijd geleidelijk op grote schaal in praktijk gebracht. Uit de monitoringgegevens bleek namelijk dat er geen direct verband kon worden aangetoond tussen de hoeveelheid graafwerk en de opslibbing. Wel bleek in het overgangsgebied van de pionierzone naar de lage kwelder een goed afwateringssysteem een positief effect te hebben op de ontwikkeling van de vegetatie en daarmee indirect ook op de opslibbing. Een gesloten vegetatie dempt namelijk de golven, waardoor het gesedimenteerde materiaal beter blijft liggen en de kans op erosie afneemt. Deze uitkomsten hebben geresulteerd in een aanzienlijke vermindering van het grondwerk, met name in het onbegroeide deel van de kwelderwerken (zie ook § 6.1).

Hoewel het beheer van de kwelderwerken na het wijzigen van de doelstelling in 1982 aanzienlijk is aangepast bleef de behoefte bestaan aan een nog natuurlijker beheer. Vandaar dat in een studie van Alterra en RWS Directie Noord-Nederland de herstellmogelijkheden van een natuurlijker afwateringspatroon zijn bekeken [Reents, 1995]. Met behulp van GIS (Geografisch Informatie Systeem) zijn de kunstmatige waterlopen in de kwelderwerken vergeleken met natuurlijke krekensystemen in referentiekwelders in Nederland, Duitsland en Engeland. Uit het onderzoek blijkt dat de watervoerende oppervlakte in de kwelderwerken 50% te groot is in vergelijking met een natuurlijke referentie, maar dat de totale lengte van de watergangen slechts 20% te groot is.

De conclusie van de studie is dat het realistisch is om te pogen het huidige afwateringspatroon te veranderen in een systeem dat in staat is zonder onderhoud te functioneren. De studie van Reents besluit met de stelling dat een volledig natuurlijk systeem van kreken en prielen niet reëel is. Omdat een krekensysteem zich al vanaf de allereerste kweldervorming ontwikkelt, in samenhang met de natuurlijke patronen in hoogteligging en vegetatie, zou dat in het huidige volgroeide stadium van de kwelderwerken slechts mogelijk zijn door deze kwelders, met al hun natuurwaarden, af te graven en opnieuw, maar dan volledig natuurlijk, te laten ontstaan.

Hoewel een echt natuurlijk afwateringssysteem in de kwelderwerken dus niet gerealiseerd kan worden zonder drastisch in te grijpen, heeft de Stuurgroep Kwelderwerken in 1996 besloten een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheden om te komen tot een drainagepatroon dat zichzelf min of meer in stand kan houden, zodat het grondwerk in de kwelderwerken nog verder gereduceerd kan worden. Het idee hier achter is dat hoewel een volledig natuurlijk systeem niet aan de orde is er toch op kleine schaal meanderende prielen kunnen ontstaan waardoor het geheel natuurlijker overkomt. Hiermee wordt een grote stap gedaan in de richting van een natuurlijker beheer van de vastelandskwelders. Als voorwaarde is overigens gesteld dat vermindering van het grondwerk niet mag leiden tot een afname van het kwelderareaal.



Er werd besloten om twee praktijkproeven op te zetten: 200 ha waarin de gewenste functionele aanpassing van de afwatering wordt uitgetoetst en 200 ha waarin alle onderhoud aan de watergangen voorlopig wordt gestopt.

Eind 1997 is door Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland aan Alterra de opdracht verstrekt om de monitoringgegevens uit de praktijkproeven (zie hoofdstuk 4) in samenhang te bekijken, te analyseren en er over te rapporteren. De gegevens zijn verzameld door de Meetkundige Dienst en de Dienstkring Waddengebied Groningen van Rijkswaterstaat en aangevuld met Alterra-meetgegevens.

## **1.2 Doel van de proef**

Op dit moment ontbreekt de kennis omtrent de wijze waarop, eventueel door relatief geringe eenmalige ingrepen, de natuurlijkheid van de kwelderwerken kan worden vergroot zonder verlies van areaal.

Het doel van de proef is om kennis te vergaren omtrent het vergroten van de natuurlijkheid van de kwelderwerken door het huidige kunstmatige afwateringssysteem zodanig aan te passen (door op beperkte schaal sloten af te dammen, nieuwe verbindingen te graven, de bestaande watergangen smaller en dieper te maken en de totale greppellengte te verminderen) dat de capaciteit hiervan beter overeenkomt met die van een natuurlijk systeem.

Het **beoogde resultaat** op de langere termijn is dat het van oorsprong kunstmatige afwateringssysteem zichzelf beter in stand kan houden zonder dat dit zal leiden tot aanmerkelijk verlies van kwelders, hetgeen in strijd is met de beleidsdoelstellingen.

## **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt een aantal processen beschreven die van belang zijn voor kwelderontwikkeling en daardoor verantwoordelijk zijn voor het uiterlijk van een kwelder [Bron: Reents, 1995].

In hoofdstuk 3 wordt een kort overzicht gegeven van de opbouw en geschiedenis van de kwelderwerken en het referentiegebied

In hoofdstuk 4 wordt de Kreekenproef beschreven zowel wat betreft uitvoer als criteria waarop de verschillende varianten bij de evaluatie zullen worden beoordeeld.

In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de verschillende metingen die door RWS en Alterra uitgevoerd zijn, waarna in hoofdstuk 6 de resultaten besproken worden.

Tot slot worden de proeven in hoofdstuk 7 geëvalueerd.

In de tekst zijn hoofdzakelijk de samenvattende figuren opgenomen. Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar de bijlagen.



## **2 Morfologische processen in kwelders**

Volgens Steers (1977) is een belangrijk kenmerk van kwelders dat ze morfologisch niet op elkaar lijken. Daarom is het noodzakelijk de details van iedere kwelder goed te bekijken, zoals bijvoorbeeld het getijderegime, sedimenttype en sedimentatiesnelheid, de ondergrond waarop de sedimenten liggen, de helling en de oneffenheid van deze ondergrond en het patroon van de vegetatie. Ondanks de vele verschillen vinden bepaalde processen in bijna iedere kwelder toch op min of meer dezelfde manier plaats.

### **2.1 Kweldervorming**

De vorming van een kwelder begint met de groei van pionierplanten (phanerogamen). Voorwaarde is wel dat de hoogteligging al het gemiddeld hoogwaterniveau bij doortij bereikt moet hebben en het water rustig genoeg moet zijn om de planten te laten ontkiemen. Zodra de eerste planten zich hebben gevestigd, worden de condities voor de opslibbing beter en de kwelderontwikkeling gaat verder [Jakobsen, 1953; Grotjahn *et al*, 1983]. In deze fase begint ook de ontwikkeling van het krekensysteem [Beeftink, 1965, 1966 en Steers 1964, in French *et al*, 1990]. In de beginfase van kwelderontwikkeling vormt zich een reliëf bestaande uit oeverwallen, kommen en kwelderranden [Grotjahn *et al*, 1982]. De hoogste opslibbing vindt op het laagste niveau van de meerjarige vegetatie plaats [Richards, 1934 en Randerson, 1979 in Adam, 1990; Bouwsema *et al*, 1986]. Met de toenemende hoogte neemt echter de overstromingsfrequentie en daarmee ook de opslibbing weer af [Van Straaten, 1965].

### **2.2 Oeverwal-kom effect**

In de meeste kwelders met een natuurlijk krekensysteem is een reliëf aanwezig, waarvan de oeverwallen en kommen een groot deel uitmaken [Yapp *et al* 1917; van Straaten, 1965; de Glopper, 1967; Verhoeven & Akkerman, 1967; Steers, 1977; Long & Mason, 1983; Carter, 1988; Adam, 1990; Ashton, 1994; Boorman *et al*, 1994; Reents, 1994]. De oeverwallen ontstaan vooral langs de randen van grotere krekken. Het water komt met grote snelheid de krekken binnen. Als het over de kreekranden heen stroomt verliest het water meteen aan snelheid en daarmee aan transportkracht. De grotere en zwaardere deeltjes van het meegevoerde sediment worden dicht bij de kreekrand afgezet. Het fijnere en lichtere materiaal kan pas bezinken als het water nog meer tot rust komt, verder van de krekken af. Op deze manier wordt het materiaal gesorteerd en ontstaan de oeverwallen uit de grotere en zwaardere deeltjes, terwijl in de kommen het fijnere en lutumrijkere slib afgezet wordt. Het hoogteverschil tussen oeverwallen en kommen wordt later nog versterkt doordat het lutumrijkere sediment een grotere inklinking vertoont [Verhoeven & Akkerman, 1967]. Langs kleinere krekken zijn geen oeverwallen te vinden. Hier heeft het instromende water niet meer

zoveel transportkracht en bovendien voeren deze krekten veel meer water af dan aan (z.g. ebkrekten) [Verhoeven & Akkerman, 1967].

### **2.3 Kwelderrand**

Ook de kwelderranden zorgen veelal voor reliëf [Yapp *et al*, 1917; Van Straaten, 1965; De Glopper, 1967; Verhoeven, 1983; Reed, 1988]. Kwelders die op een beschutte plek ver van diepere geulen liggen en naar zee toe afnemen in hoogte hebben meestal geen kwelderranden. Dichter bij het diepere water neemt de kwelderhoogte landwaarts af en deze kwelders hebben meestal een hoge kwelderrand (terrassvormige kwelders) [Verhoeven, 1983]. Kwelderranden ontstaan als de grens van de horizontale kwelderaanwas bereikt is en de verticale groei (opwas) doorgaat [Yapp *et al*, 1917]. Door erosie kan daarbij een klif ontstaan, waarbij het geërodeerde materiaal door golfslag weer op de kwelderrand terecht komt en deze verder ophoogt. Dit geërodeerde materiaal kan plaatselijk belangrijker voor de opslibbing zijn dan het materiaal dat door de krekten de kwelder binnen komt [Reed, 1988]. Als de omstandigheden voor horizontale kwelderaanwas weer goed zijn, dan kan zich voor de kwelderrand een secundaire kwelder vormen die na verloop van tijd ook weer een kwelderrand opbouwt [Yapp *et al*, 1917]. In diepere kwelderpolders kunnen op deze manier vaak twee of drie dergelijke kwelderranden worden aangetroffen [De Glopper, 1967].

### **2.4 Krekten**

Het krekensysteem in een kwelder is niet alleen belangrijk voor het transport van water maar ook sediment en nutriënten worden door de krekten de kwelder binnengebracht [Boorman *et al*, 1994]. Door de verschillende stromingen wordt het sediment dat gedurende doortijden binnen de krekten is afgezet weer gemobiliseerd. De kweldergroei is dus niet alleen bepaald door de sedimentaanvoer van zee maar ook door de mogelijkheid voor mobilisatie en transport binnen het krekensysteem van de kwelder [Kestner, 1975; Stoddart *et al*, 1989].

De ontwikkeling van het krekensysteem begint gelijktijdig met het ontstaan van de kweldervegetatie [Yapp *et al*, 1917; Steers, 1959; Van Straaten, 1965; Kestner, 1975; Steers, 1977; Grotjahn *et al*, 1983; Dijkema *et al*, 1991; French & Stoddart, 1992]. Tussen de verspreid staande pionierplanten kan het water zo aflopen. Op de plekken, waar de planten staan wordt de bezinking van slibdeeltjes bevorderd, terwijl op de open gedeeltes de stroming iets geconcentreerd wordt, waardoor minder opslibbing of zelfs uitschuring kan plaatsvinden en zo 'embryonale krekten' ontstaan [Steers, 1959]. Volgens Adam (1990) stammen de grote elementen van het krekensysteem nog van de wadplaten en Carter (1988) zegt dat de krekten al vóór de pionierfase ontstaan zijn, terwijl de planten zich pas later op de daartussen liggende plekken hebben gevestigd.

Met toenemende kwelderoppervlakte wordt de hoofdkreek langer en er ontstaan nieuwe krekken en steeds meer splitsingen [Yapp *et al*, 1917; Verhoeven & Akkerman, 1967]. Dat gebeurt vooral door terugschrijdende erosie in de kleine krekken tijdens de eb, waarbij zich ook vanaf de zijkant van een grotere kreek een kleine kreek insnijden kan [Pestrong, 1965; Verhoeven & Akkerman, 1967; Steers, 1977; Bayliss-Smith *et al*, 1979; Carter, 1988; French *et al*, 1990; French & Stoddart, 1992]. Deze terugschrijdende erosie ontstaat door de verzameling van water op het eind van een kreek, waarbij een soort waterval ontstaan kan als het water in de kreek stroomt. Binnen de krekken kan ook laterale erosie plaatsvinden. De kreekranden worden daarbij ondergraven, omdat het onderliggende sediment (meestal zandig en zonder plantenwortels) makkelijker te eroderen is [Pestrong, 1965; Carter, 1988; French & Stoddart, 1992]. Deze laterale erosie versterkt het kronkelde karakter van de krekken. De buitenbochten eroderen en in de binnenbochten wordt materiaal afgezet. In het algemeen liggen de kreekstelsels redelijk stabiel op hun plaats en veranderingen voltrekken zich zeer langzaam [Van Straaten, 1965; Verhoeven & Akkerman, 1967; Verhoeven, 1983; Adam, 1990].

Samengevat vinden binnen de krekken zowel de processen van uitschuring als van afzetting plaats [Yapp *et al*, 1917; Pestrong, 1965; Long & Mason, 1983; Carter, 1988]. Afhankelijk van het proces dat overheerst kunnen krekken dichtslibben of insnijden en soms blijven ze onveranderd. Naarmate de kwelder zich verder ontwikkelt veranderen ook de geulprofielen. In de pionierzone zijn de krekken nog breed en ondiep, met de verdere ontwikkeling van de kwelder worden vooral de kleinere krekken dieper en nauwer. In grotere krekken ontstaan met de verdere ontwikkeling terrassen omdat door laterale erosie blokken neervallen en liggen blijven. Deze krekken worden dan meer V-vormig [Ashton, 1994].

Het verloop van de krekken, de vorm en de dichtheid hangen af van de getij-amplitude, de stroomsnelheden, het bodemtype van de kwelder en de kreekbodem en van de kweldertopografie [Pestrong, 1965; Steers, 1977; Long & Mason, 1983; Verhoeven, 1983; Adam, 1990]. Op kwelders met zandrijk sediment is b.v. de kreekdichtheid niet groot. De cohesieve eigenschappen van sommige kwelder-sedimenten hebben tot gevolg dat daar de kreekprofielen trapeziumvormig of rechthoekig zijn en daar waar de krekken in de onderliggende zandbodem insnijden, hebben de profielen een parabole vorm [French *et al*, 1990].

In tegenstelling tot de rivieren stroomt het water in het krekensysteem in twee richtingen (in de kleinere krekken is echter meestal alleen de ebstroom van belang [Pestrong, 1965]). Ook worden in de krekken heel vaak waterstanden tot aan de rand of hoger bereikt, waarbij bovendien tijdens de hoogste waterstanden geen grote stroming meer optreedt [Long & Mason, 1983; French *et al*, 1990]. In de terminologie van de terrestrische rivieren worden de kleinste beeksegmenten 1e orde genoemd; twee 1e orde segmenten vormen een 2e orde segment en zo verder. De hoofdbeek (of rivier) is het segment met de hoogste orde [Horton, 1945 en Strahler, 1952; in Boon, 1975]. Deze terminologie is door de meeste auteurs voor de getijdenkrekken overgenomen.

Recent wordt geprobeerd om met behulp van fractale analyse natuurlijke verschijnselen, zoals ook rivier- en krekensystemen, te beschrijven. Het krekensysteem (net als een riviersysteem) wordt daarbij als een zelf-organiserend systeem beschouwd, waarbij de organisatie (het patroon en dimensionering van het krekensysteem) bepaald wordt door de wijze waarop het ebwater met een minimale weerstand naar het wad kan worden afgevoerd. Er wordt berekend, welk patroon de minste weerstand voor het water oplevert (*energy-minimizing function*) [Wilson & Storm, 1993; Yam, 1994].

## 2.5 Poeltjes

Poeltjes komen in bijna alle kwelders voor. Er bestaan meerdere typen die door hun ontstaan gekarakteriseerd zijn [Yapp *et al*, 1917; French *et al*, 1990]:

De **primaire poeltjes** ontstaan gelijktijdig met de kwelder. Door de onregelmatige vestiging van vegetatie kunnen open gebleven plekken helemaal door een vegetatiedek worden omsloten, met het gevolg dat het water niet meer aflopen kan [ook Steers, 1959; Pstrong, 1965; Steers, 1977; Long & Mason, 1983]. Deze poeltjesvorming gebeurt niet overal, volgens Adam (1990) zijn er pionierplanten (bijvoorbeeld *Salicornia*) die een gelijkmatige vegetatiebedekking vormen en die door krekten doorbroken kan worden.

De **secundaire poeltjes** ontstaan eigenlijk op dezelfde manier als de primaire poeltjes, alleen zijn zij bestanddeel van de secundaire kwelder (na erosie opnieuw gevormde kwelder binnen een bestaande kwelder) en liggen tegen de kwelderrand aan, waar neerstortende brokken grond een laagte in kunnen sluiten.

**Kreek poeltjes** ontstaan doordat krekten afgedamd worden: door laterale erosie, waarbij de neerstortende brokken de kreek afdammen, of door dichtslibbing van een kreekgedeelte kan de ontwatering geblokkeerd worden. Deze kreek poeltjes hebben meestal een lange vorm en liggen vaak in het verlengde van een kreek.

**Kleinere poeltjes** kunnen de resten van grotere poeltjes zijn, die op de een of andere manier verbinding met krekten hebben gekregen en afwateren konden (b.v. door de terugschrijdende erosie van krekten of door erosie van de poeltjesranden).

Ook op oude, min of meer stabiele kwelders kunnen nieuwe poeltjes ontstaan [Warming, 1904; Ranwell, 1964 en Pethick, 1974; alle in French *et al*, 1990]. Door het liggen blijven van aanspoelsel (vooral algen), door de invloed van dieren (betreding, foerageren), door ijs (hogere breedtegraden) of door hoge saliniteit over een lange periode sterft de vegetatie af en er ontstaan kale plekken. Als er gedurende langere tijd water op een kale plek blijft staan wordt herbegroeiing met vegetatie belet en ontstaat een poeltje. De dichtheid van poeltjes neemt met toenemende kwelderhoogte toe en de grootste hoeveelheid poeltjes ligt dicht bij de kwelderrand, waar ook het grootste gedeelte van het aanspoelsel ligt [Pethick, 1974 in French *et al*, 1990].

Poeltjes blijven in stand doordat er gedurende lange tijd water in blijft staan. Door kleine windgolfjes kunnen de randen van de poeltjes eroderen, zodat de poeltjes groter worden. Als met hoge tijden water de poeltjes binnen stroomt, ontstaan wervels die de poeltjes een afgeronde vorm geven [Yapp *et al*, 1917; Pestrong, 1965; Steers, 1977]. Door ontwatering, het overgroeien van de randen en door de vorming van bulten binnen een poeltje kunnen deze kleiner worden of verdwijnen [Yapp *et al*, 1917]. Als een poeltje ontwaterd wordt dan kunnen zich weer planten vestigen en blijft er alleen maar een laagte over [Steers, 1959]. Poeltjes kunnen dus in grootte toe- of afnemen, hun vorm en positie kan veranderen en uit een verbinding van meerdere kleine poeltjes kan een grote poel ontstaan [Yapp *et al*, 1917].





## 3 De kwelderwerken

### 3.1 Gebiedsbeschrijving

#### ***Landaanwinning door de kustboeren***

In Noord-Nederland zijn de kustboeren vanaf de 17<sup>e</sup> eeuw begonnen de kwelderaanwas te stimuleren door greppels te graven. Waarschijnlijk heeft men eerst ontdekt dat enkele goed gekozen greppels in begroeid terrein de kweldervegetatie enorm stimuleren en later dat greppels tot ongeveer 100 meter voorbij de grens van de begroeiing de aanwas van nieuwe kwelders bevorderen. Daardoor ontstonden buitendijkse gronden met een kunstmatig afwateringssysteem in plaats van een grillig natuurlijk krekensysteem. De kunstmatige afwatering bestond uit een stelsel van evenwijdig aan de kust gegraven greppels met een lengte van circa 100 meter, die uitmondden in loodrecht op de kust staande uitwateringen. De greppels (en eventueel sloten) moesten nadat ze vol waren geslibd (jaarlijks) worden opgeschoond. Dit werd in de winter gedaan als er voor de arbeiders op het boerenbedrijf weinig te doen viel. Deze landaanwinning wordt de '**boerenmethode**' genoemd.

Tot omstreeks 1925 werden met de boerenmethode nog behoorlijke resultaten bereikt. De laatste polders met een kweldergeschiedenis op deze wijze zijn de Julianapolder (1923) en de Linthorst Homanpolder (1939). Als gevolg van juridische geschillen over het eigendom van de aanwassen en van economische omstandigheden werd er door de oevereigenaren steeds minder aan de stimulering van de kwelderaanwas gedaan waardoor de vorming van nieuwe kwelders steeds slechter verliep<sup>1</sup>. In plaats van aanwas kwam zelfs afslag van kwelders voor, hetgeen tenslotte gevaar begon op te leveren voor de (volledig groene) zeedijken. Er moest dus iets gebeuren. De Nederlandse regering zag zich in de crisis van de dertiger jaren voor het probleem geplaatst om emplooi te vinden voor grote aantallen werkloze arbeiders. Het Rijk ging de landaanwinning nu zelf oppakken door deze twee omstandigheden te combineren.

Omdat de boerenmethode van landaanwinning onvoldoende resultaten opleverde werd een Duits systeem overgenomen, zij het gewijzigd. Het nieuwe element bij deze zogenaamde **Sleeswijk-Holstein-methode** is het gebruik van bezinkvelden omgeven door rijshoutdammen van lichte constructie. De bovenkant van de dammen ligt op 30 cm boven gemiddeld hoogwater, meestal op NAP + 1,30 meter. Tijdens normale tot iets verhoogde hoogwaterstanden gaat de rijshoutdam de golfslag en de stroming tegen. De lichte maar flexibele constructie van de dammen biedt behoorlijk weerstand tegen het water waarbij de doorlatendheid voorkomt dat er grote drukverschillen ontstaan ter weerszijden van de dam. Wel zijn de dammen

---

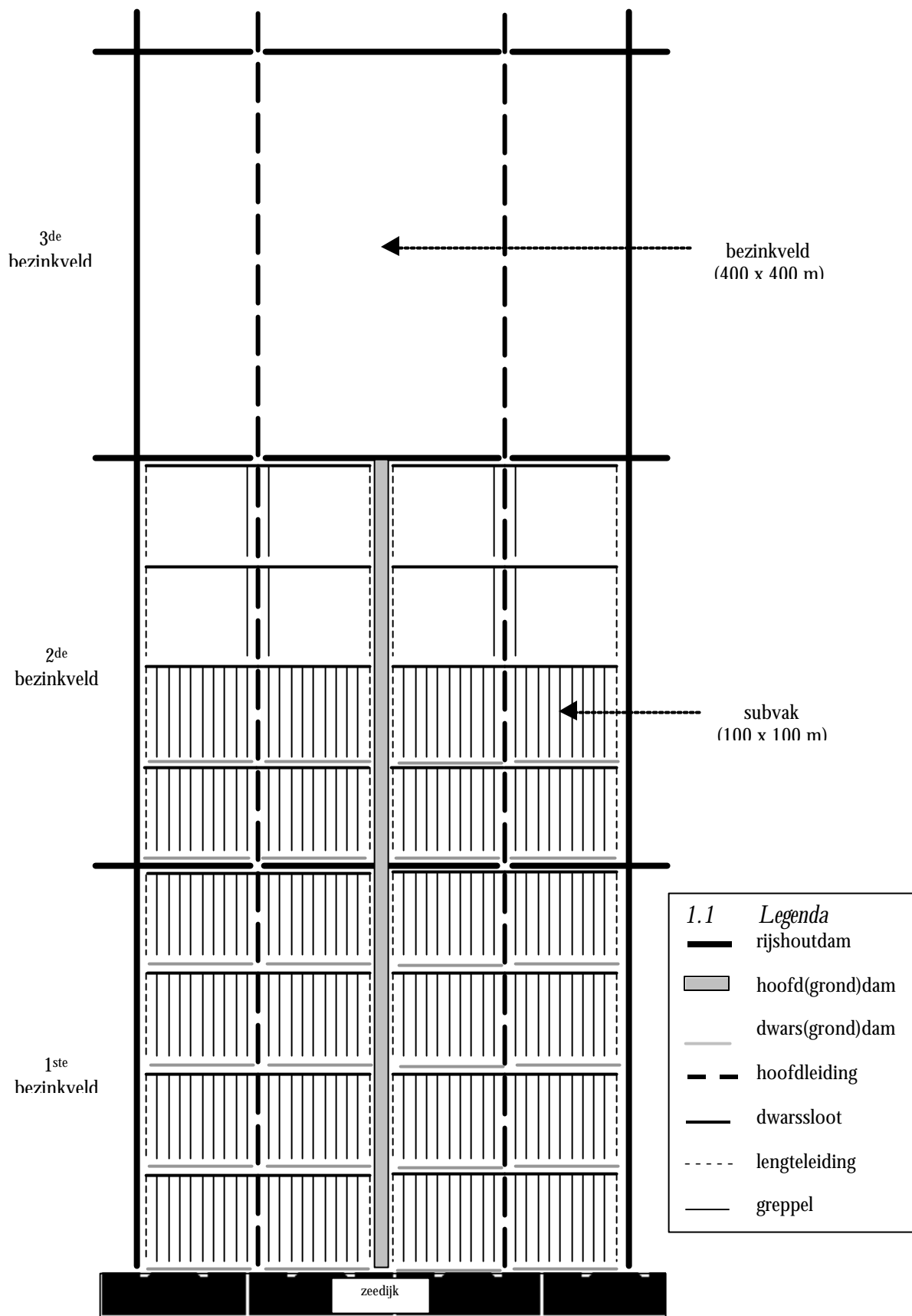
<sup>1</sup> De fysische omstandigheden van de Waddenzee ter plaatse van de huidige kwelderwerken verschilden niet wezenlijk van de huidige situatie. Wel stegen de hoogwaters in de periode 1900-1930 zo'n 10 cm, maar in de periode van de kwelderwerken vond nagenoeg dezelfde stijging van hoogwater plaats.

erg gevoelig voor ijsgang. In Nederland zijn vakken van 400 x 400 m met de rijshoutdammen aangelegd op het kale wad tegen de kwelder, vergelijkbaar met Duitsland, maar ook op veel lagere wadden tot zelfs onder NAP. De vakken in Duitsland waren echter kleiner, 200 x 400 m of 200 x 200 m. Bij zowel de Sleeswijk-Holstein-methode als bij de gewijzigde variant liggen er 2 of 3 vakken achter elkaar. In alle dammen evenwijdig aan de kust zijn om de 200 m uitwateringen uitgespaard voor de aan- en afvoer van zeewater met sediment.

### ***Opbouw kwelderwerken***

De basiseenheid van de huidige kwelderwerken in Groningen en Friesland is een bezinkveld van oorspronkelijk 400 bij 400 m (Figuur 1). De begrenzing wordt gevormd door rijshoutdammen loodrecht op de kust (hoofddammen en soms tussendammen) en rijshoutdammen evenwijdig aan de kust (dwarsdammen). Een rijshoutdam bestaat uit twee rijen palen op een afstand van 30 cm met daartussen rijshout. Het rijshout wordt op zijn plaats gehouden door een metalen draad die de paalkoppen ter weerszijden verbindt. Op de meeste plaatsen liggen oorspronkelijk drie bezinkvelden van de dijk naar het wad. De aan- en afvoer van het water wordt per bezinkveld verzorgd door twee hoofdleidingen loodrecht op de kust. De begreppelde bezinkvelden zijn meestal door gronddammen onderverdeeld in eenheden van 100 x 200 m. Midden door zo'n eenheid loopt de hoofdleiding waardoor een begreppeld bezinkveld uiteindelijk in 16 subvakken (pandjes) van 100 x 100 m is onderverdeeld. In de begroeide subvakken sluit op de hoofdleidingen een systeem van dwarssloten, lengteleidingen en greppels aan. Tussen de greppels liggen akkers van ca. 10 x 100 m. Door de hoge greppeldichtheid zijn in de kwelders geen (grote) poeltjes te vinden.

Door het stelsel van dammen en watergangen worden gunstige omstandigheden voor de sedimentatie en de vestiging van kwelderplanten geschapen. In de bezinkvelden is minder golfslag en kan nauwelijks stroming evenwijdig aan de kust optreden. Bij de boerenmethode en de oorspronkelijke Sleeswijk-Holstein-methode is de greppel een hulpmiddel voor de ontwatering, die een positieve invloed heeft op de vestiging en de groei van kwelderplanten. De sedimentatie vindt hoofdzakelijk in de vegetatie plaats, die het (door het water) aangevoerde slib deels vasthoudt. Als de greppels zijn gevuld met slik worden ze weer uitgegraven en wordt de uitkomende grond op de tussenliggende akkers verspreid. Bij de in Noord-Nederland gebruikte methode werden ook de laag gelegen, onbegroeide bezinkvelden begreppeld. Dat was een wezenlijk verschil met het Duitse systeem, waar in het zeewaartse vak niet werd gegraven (dat vak werd als zandvang beschouwd). De greppel vervulde in de onbegroeide delen van bezinkvelden niet alleen een functie voor de ontwatering, maar ook als slibvang. Om resultaat te bereiken was het nodig de greppels na opvulling weer zo snel mogelijk op te schonen (in de praktijk 1 x per jaar). Het doel was niet zozeer het streven naar een kwelder, maar naar opslibbing van een laag slib die later na indijking voldoende dik en geschikt zou zijn voor landbouwkundig gebruik. Greppelonderhoud in de zeewaartse reeks bezinkvelden is in 1968 om economische redenen gestopt. Na 1982 is ook het greppelonderhoud in de schaars begroeide delen van de bezinkvelden gestopt. In de landwaartse en in de begroeide delen van de middelste bezinkvelden is van 1968 tot midden jaren 90 nog slechts eens per 2 tot 6 jaar begreppeld.



Figuur 1. Schematische voorstelling van de opbouw van bezinkvelden in de kwelderwerken.

### 3.2 Referentiegebied Julianapolder

Naast de monitoring, die is afgesproken met de Stuurgroep Kwelderwerken (vergadering d.d. 11 april 1997), heeft Alterra-Texel in het kader van LNV-programma 'Aquatische ecosystemen en visserij' aanvullende, **procesgerichte**, veldmetingen gedaan in het proefgebied bij Holwerd en een referentiegebied waar het oude afwateringssysteem nog intact is.

Als referentiegebied zijn de kwelders langs de Julianapolder gekozen. Zij behoren tot de kwelderwerken en liggen aan de Groninger vastelandskust (Figuur 2) dicht bij het wantij van Schiermonnikoog. Sinds 1982 vormen de vakken 290-294 een proefgebied van ruim 62 ha met onder meer verschillende greppelafstanden en -methoden. Dit is een van de redenen waarom het gebied ook door Reents (1995) als proefgebied is gebruikt. De boerenkwelder is 9 ha groot, het begroeide gedeelte van de kwelderwerken 24 ha en het onbegroeide gedeelte 29 ha (alles met inbegrip van de oppervlakte van het drainagesysteem).

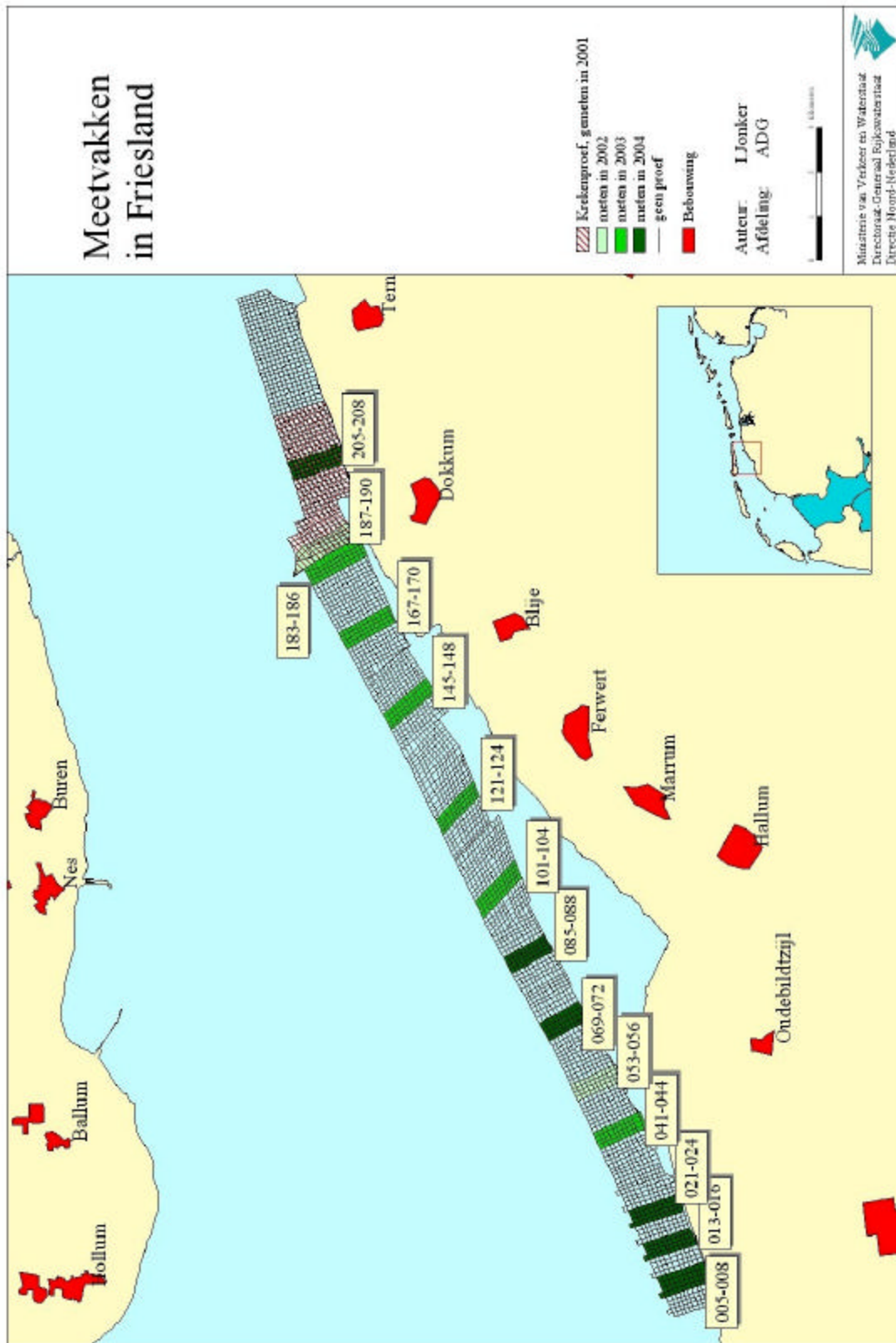
De hoogte van de kwelder neemt in de richting van de dijk toe en de zonering van de kweldervegetatie verloopt evenwijdig aan de dijk. Het I-vak ligt gemiddeld 1,21 m boven NAP. In de vakken 291 en 292 behoort dit gedeelte nog tot de lage kwelder zoals het gehele 1e bezinkveld. In de vakken 293 en 294 behoort het I-vak tot de pionierzone met *Salicornia europaea* (Zeekraal) en *Spartina anglica* (Engels slijkgras). De gemiddelde hoogte in het F-vak is 1,36 m boven NAP en de boerenkwelder ligt op ongeveer 1,42 m boven NAP [hoogtemetingen RWS, winter 1993/94]. Het 1e bezinkveld behoort tot de lage kwelder en is overwegend met *Atriplex (Halimione) portulacoides* (Gewone zoutmelde) begroeid. De boerenkwelder is een middenhoge kwelder met *Artemisia maritima* (Zeealsem) en *Festuca rubra* (Rood zwenkgras).

Sinds 1990 is in het eerste bezinkveld in de vakken 291 en 292 alleen nog maar freeswerk met een minimale inhoud en onderhoudsfrequentie uitgevoerd. De profielinhoud van deze greppel is ca. 0,15m<sup>2</sup>. In de vakken 293 en 294 is hetzelfde werk gedaan, alleen is de greppelafstand vanaf 1982 verdubbeld. Dezelfde proefopzet geldt ook voor de I-vakken in het tweede bezinkveld. De buitenrand van deze I-vakken vormt ongeveer de begroeiingsgrens. In de rest van het tweede bezinkveld wordt vanaf 1990 niets meer gedaan behalve de hoofdleidingen. Vanaf 1994 worden ook in het eerste bezinkveld en de I-vakken alleen nog maar de hoofdleidingen en de dwarsslotten gegraven (Reents, 1995).

Het gemiddelde hoogwater (GHW) voor het nabij gelegen Lauwersoog in 2001 was 1,06 m+NAP. De gemiddelde getijamplitude in dit gebied is 2,35 m [Wadatlas RWS, 1989].

De Julianapolder (proefvak 290-294) bleek ideaal als referentiegebied om de volgende redenen:

- Het gebied ligt, net zoals het proefgebied bij de Holwerder pier, in de 'luwte' en ten oosten van een noord-zuid dam.
- Het afwateringspatroon houdt zichzelf redelijk goed in stand, nadat in het kader van eerdere proeven het onderhoud geleidelijk is afgebouwd. Er vinden weinig (incidenteel enig grondwerk) of geen onderhoudswerkzaamheden plaats.



Figuur 2. Overzicht van de meetvakken in de Friese kwelderwerken.

- Er is zeer extensieve ( 0.5 schaap /ha) of geen beweiding.
  - Er zijn geen (geplande) tussendammen, waardoor de 400 x 400 meter vakken goed vergelijkbaar zijn met die in het proefgebied bij Holwerd.
- Omdat het een proefvak van de werkgroep is sinds 1982 zijn er reeds gegevens betreffende de hoogte, de totale vegetatie (Dienstkring) en de lokale vegetatie. Bovendien is het afwateringssysteem van dit gebied door Reents (1995) onderzocht waarbij onder andere stroomsnelheidsmetingen en profielmetingen zijn verricht.

Behalve de bovengenoemde voordelen zijn er nog twee aspecten die dit gebied zeer geschikt en interessant maken als meetgebied:

- de opslibbing in de Julianapolder is vrij stabiel [Dijkema *et al.*, 2000] waardoor het een waardevolle aanvulling zou zijn voor het 'opslibbingsmeetnet' van Alterra [Van Duin *et al.*, 1997; Van Duin *et al.*, 2003 in prep.].
- het derde bezinkveld in dit gebied is nog redelijk intact, maar inmiddels wel in afbouw. Aangezien het de bedoeling is om in de toekomst overal in de kwelderwerken het derde bezinkveld op te geven/niet langer te onderhouden biedt dit een mooie gelegenheid de gevolgen van deze maatregel te meten. Eventuele effecten op de opslibbing in het tweede bezinkveld kunnen met behulp van de gedetailleerde SEB-metingen waargenomen worden.

## 4 De Krekenproef

### 4.1 Beschrijving van de proeven

In de ontwikkelingsfase van de proef werd aangenomen dat bij het stoppen van alle grondwerk de kans groot zou zijn dat er een aanmerkelijk kwelderverlies zou optreden. Daarom werd er de voorkeur aan gegeven om het bestaande afwateringssysteem op een dusdanige wijze aan te passen dat met een minimum aan grondwerk toch geen kwelderverlies op zou treden. Er werd besloten om twee gebieden te selecteren:

1. een gebied (verder 0-proef genoemd) waarin al het grondwerk wordt gestopt
2. een gebied (verder Krekenproef genoemd) waarin volgens een aantal varianten het bestaande afwateringssysteem zodanig wordt aangepast dat de capaciteit hiervan beter overeenkomt met een natuurlijk systeem.



Foto 1. De kwelders bij Holwerd waar de Krekenproef is uitgevoerd.

#### **De 0-proef**

Er is een gebied van 200 ha langs Het Bildt geselecteerd (vakken 17-37) waar alle grondwerk van 1997 t/m 2001/2002 gestopt wordt. Deze proef is bedoeld om voor een groot areaal te laten zien wat de effecten van het stoppen van alle grondwerk zijn. De 0-proef ligt naast het RWS-Alterra-proefvak 13-17, waar alle grondwerk al in 1987 is gestopt.

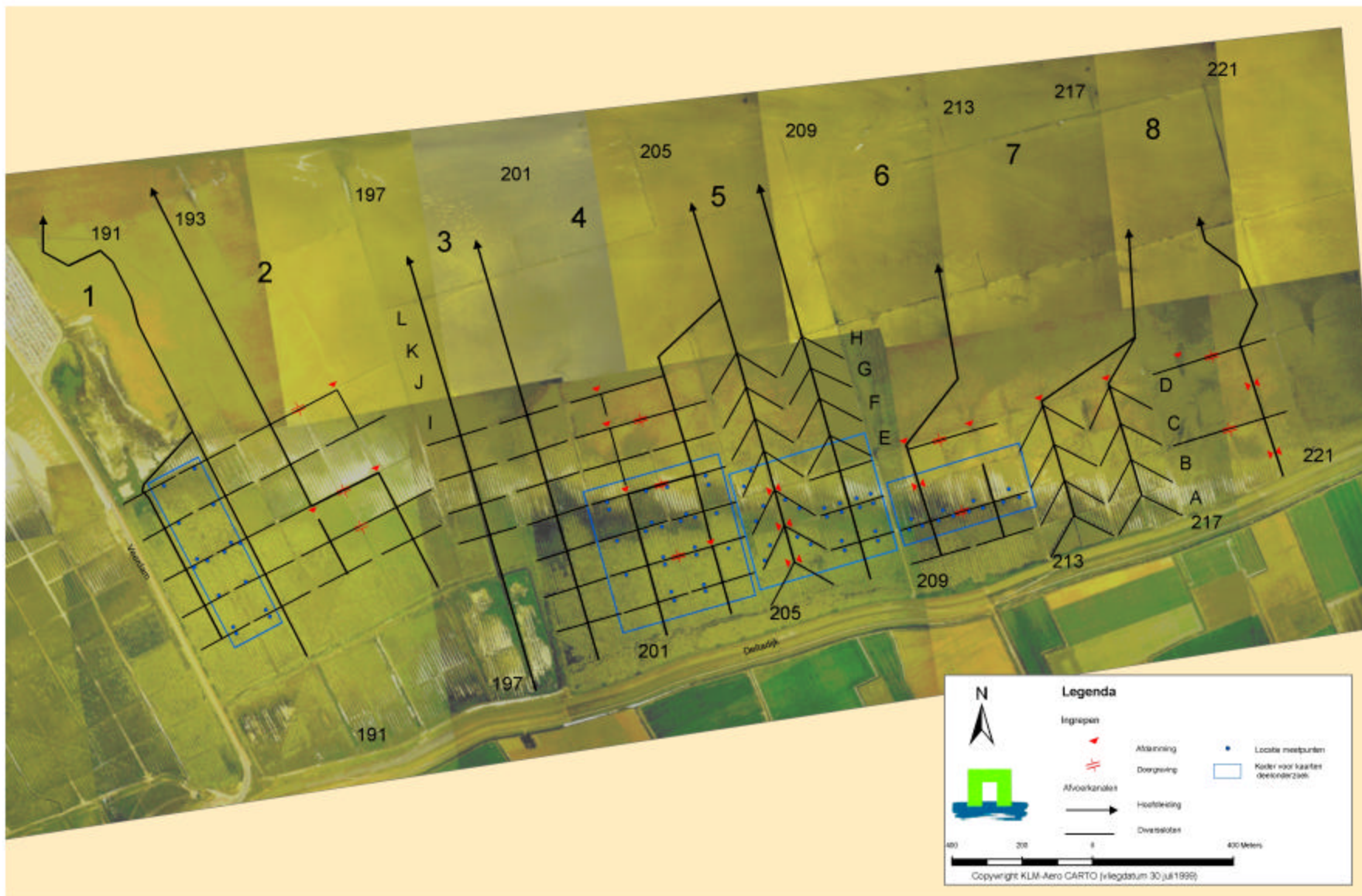
### **De Krekenproef**

Hiervoor is het kweldergebied ten oosten van de Holwerder veerdam gekozen (Foto 1). Het gebied (vakken 187 t/m 220) is verdeeld in 8 deelgebieden van 400 m breed (=4 subvakken; zie ook Figuur 1 en 3) om verschillende aanpassingen aan het afwateringssysteem (**varianten**) te kunnen toepassen. De Werkgroep Kwelderwerken heeft een aantal varianten bedacht. Daarnaast is een variant uitgewerkt die tijdens een workshop van Duitse kustbeheerders en Nationaalparkbeheerders (op 22 februari 1995 te Norden) is gepresenteerd: het 'visgraatmodel'. In sommige deelgebieden zijn varianten gecombineerd of varianten herhaald. Door de driehoekige vorm van het gebied kunnen de herhalingen echter niet altijd als echte duplo's worden beschouwd. Het patroon van hoofdleidingen, dwarsloten en greppels is in de verschillende varianten van de Krekenproef zeer divers, omdat op voorhand moeilijk is in te schatten welk afwateringspatroon op de langere termijn het minste onderhoud zal vergen. Vandaar dat de proef een 'trial and error' karakter heeft.

De varianten in de 8 deelgebieden kunnen als volgt omschreven worden:

1. **Halvering greppels;** Geen aanpassingen aan hoofdleidingen of dwarsloten (vakken 187-190 E t/m L); vanaf vak F t/m J is de helft (5) van de greppels per vak op diepte gebracht vanaf halverwege het vak en is in geval van vak G en I een verbinding gegraven tussen greppel en dwarsslot aan de zuidzijde, dus door de gronddam heen en niet zoals gebruikelijk naar de noordelijke dwarsslot, (-> 2 greppelsystemen op 1 dwarsslot, kortere greppels en dubbele greppelafstand).
2. **Versterking dichotomie** (vertakking) van het afwateringssysteem door het lokaal afdammen van hoofdleidingen en het lokaal doorgraven van gronddammen waardoor dwarsloten verbonden worden en de waterstroom voornamelijk via één hoofdleiding loopt; vakken 191-196 E t/m L.
3. **Geen aanpassingen;** vakken 197-198 E t/m I en 199-200 A t/m J.
4. **Versterking dichotomie** (vertakking) van het afwateringssysteem door het lokaal afdammen van hoofdleidingen en lokaal doorgraven van gronddammen waardoor dwarsloten verbonden worden en de waterstroom voornamelijk via één hoofdleiding loopt; vakken 201-204 A t/m J.
5. **'Visgraat':** Het graven van een nieuwe 'dwarsslot' diagonaal door een vak vanaf de gronddam naar de hoofdleiding en het afdammen van de aansluiting van de dwarsslot op de hoofdleiding (vakken 205-208 A t/m G). In een gedeelte van de goed begroeide kwelder (vakken 207-208 B, C en D) blijft het traditionele onderhoud van de hoofdleiding, dwarsloten en greppels bestaan als een referentie voor de monitoring.
6. **Versterking hoofdstructuur.** Afdammingen in hoofdleidingen en dwarsloten en doorgravingen door gronddam om op diepte gebrachte dwarsloten te verbinden; waterstroom via één hoofdleiding geconcentreerd; in vakken 209 en 210 E is de helft (5) van de greppels per vak op diepte gebracht vanaf halverwege het vak en is een verbinding gegraven tussen deze greppels en de dwarsslot aan de zuidzijde, dus door de gronddam heen en niet zoals gebruikelijk naar de noordelijke dwarsslot, vakken 209-212 A t/m E.
7. **'Visgraat':** Het graven van een nieuwe 'dwarsslot' diagonaal door een vak vanaf de gronddam naar de hoofdleiding en het afdammen van één hoofdleiding in het tweede bezinkveld; vakken 213-216 A t/m E.





Figuur 3. Proefgebied ten oosten van Holwerder pier (vakken 187-221) met aangebrachte wijzigingen in het afwateringssysteem (8 varianten). De blauwe kaders in de vier nader onderzochte afwateringsvarianten zijn in bijlage 1 t/m 4 uitvergroet.

8. **Versterking hoofdstructuur:** Afdamming in de westelijke hoofdleiding en de oostelijke dwarsloten en doorgravingen door de grond dam om op diepte gebrachte dwarsloten te verbinden; waterstroom via één hoofdleiding concentreren; vakken 217-220 A t/m E.

Alle varianten verminderen de huidige afvoercapaciteit en zelfs in iets grotere mate dan in het rapport van Reents (1995) aanbevolen werd.

Voor de Krekenproef (vakken 187 t/m 220) zijn de graafwerkzaamheden verricht in april 1997, vóór het broedseizoen. Aan de greppels is in de meeste varianten (behalve vakken 187-190 F/G/H/I/J en 209-210 C) bewust heel weinig gedaan om verkleining van dat onderdeel van het ontwateringssysteem en ('natuurlijke') selectie van de meest optimale greppels te bespoedigen. Wel zijn bij de aanpassingen van het hoofdpatroon de aansluitingen op de resterende greppels in stand gehouden.

## 4.2 Randvoorwaarden

Voor toestemming voor de proef verleend kon worden had de stuurgroep de volgende eisen gesteld:

1. In de Krekenproef en de 0-proef mag **geen kwelderareaal verloren gaan**. Daarvoor is tijdens de proef naar de kweldergrens en het ontstaan van natte/kale plekken gekeken. Op grond daarvan zou een eventuele ontwikkeling, waarbij grote delen van de kwelder verloren dreigen te gaan, tijdig gestopt moeten worden.
2. De kweldergrens dient binnen bepaalde grenzen stabiel te blijven en aan de oppervlakte van natte/kale plekken wordt een maximum gesteld. Alleen bij zeer grote natte/kale plekken (in de kwelder) of bij onaanvaardbare erosie (in de pionierzone en de overgang naar de kwelder) is een proefonderdeel mislukt en wordt er ingegrepen.
3. Afgesproken is om gedurende de proef de afdammingen van watergangen en de doorgravingen van dammen te herstellen, indien noodzakelijk.
4. Het tijdens de proef lokaal (open-)graven van een greppel om bijv. een plas te ontwateren is in de Krekenproef eventueel mogelijk, maar in de 0-proef uitdrukkelijk uitgesloten.

In Reents (1995) is in de best volgroeide natuurlijke kwelder (Stiffkey, GB) het grootste aantal en oppervlakte aan poeltjes gemeten: ruim 6%. Maar de maximale afmeting van afzonderlijke poeltjes is daar met 10 x 10 m het kleinst (Tabel 1). In de kwelderwerken van de Dollard is de oppervlakte poeltjes na het stoppen van begreppeling in het slechtste geval nog onder de 8% gebleven [Zijlstra, 1993].

Tabel 1. Aandeel en maximale afmetingen van natte/kale plekken en poeltjes in de kwelderwerken en natuurlijke referentie-kwelders [Reents, 1995].

Gebied	Totale oppervlakte (%)	Maximale afmeting (m)	Bijzonderheden
Noordpolder (Groningen, NL)	0	0 x 0	
Julianapolder (Groningen, NL)	0	0 x 0	
Cappel (Dsl)	0,4	20 x 8	enkele grote kale/natte plekken
Elisabeth Außengroden (Dsl)	1,3	50 x 25	enkele grote kale/natte plekken
De Schorren (Texel, NL)	2,6	60 x 20	enkele grote kale/natte plekken
Stiffkey (UK)	6,1	10 x 10	veel kleine poeltjes

De volgende **grenswaarden** zijn geformuleerd om aan te geven wanneer het criterium voor 'niet meer aanvaardbaar' wordt overschreden:

1. De kweldergrens mag (gemiddeld) niet meer opschuiven dan 100 m richting zeedijk. Dit wordt per variant of voor de totale 0-proef vastgesteld.
2. De totale oppervlakte aan natte/kale plekken mag niet meer bedragen dan 10 % per variant of voor de totale 0-proef.
3. De grootte van afzonderlijke natte/kale plekken mag niet meer zijn dan 1/8 subvak (= 50 x 25 m), dan wel een maximale strijklengte van 80 m per variant of voor de totale 0-proef.

Tussentijds afbreken van een variant van de Kreekenproef of de 0-proef was mogelijk wanneer de grenswaarden zouden worden bereikt. Met name de 0-proef (vakken 17-37) zou onmiddellijk worden gestopt indien de kweldergrens meer dan 100 m richting zeedijk zou opschuiven (regressie).

### 4.3 Criteria om de varianten in 2002 te beoordelen

Per variant van de Kreekenproef wordt de kwelderontwikkeling getoetst aan **de mate waarin** zich een natuurlijk systeem gaat ontwikkelen, blijkend uit het functioneren zonder onderhoud en het ontwikkelen van een kreeken-oeverwallen-kommen systeem. De volgende **criteria** zijn hierbij van belang:

1. Hoe minder de hoeveelheid van het onderhoudsgrondwerk (verwijderen van sediment uit hoofdleidingen, dwarssloten en greppels; instandhouden van afdammingen en doorgravingen) en hoe lager de frequentie hoe beter,
2. De variant met het minste kwelderverlies door het opschuiven van de kweldergrens in landwaartse richting geeft het beste resultaat,
3. Hoe kleiner het oppervlak aan natte/kale plekken uitgedrukt als % van het totale oppervlak hoe beter.

Het is ook mogelijk dat geen van de varianten voldoet, omdat in alle gevallen te veel kwelderverlies optreedt door het opschuiven van de kweldergrens of doordat te veel natte/kale plekken op de kwelder ontstaan.

## 4.4 Evaluatie

Oorspronkelijk zou de evaluatie van de proef in 2001 plaatsvinden, maar doordat het maken van de luchtfoto's en daarmee samenhangende interpretaties verschoven moest worden van zomer/najaar 1998 en 2000 naar zomer/najaar 1999 en 2001 kon de evaluatie pas in 2002 plaatsvinden.

In de evaluatie moeten de volgende vragen beantwoord worden:

1. Is een natuurlijker manier van afwatering van de kwelderwerken verantwoord? Dit moet gezien worden in het licht van de PKB-doelstelling dat het huidige kwelderareaal op zo natuurlijk mogelijke wijze in stand moet blijven.
2. Moeten de Krekenproef en de 0-proef worden gecontinueerd of afgebroken?
3. Welke variant van de Krekenproef biedt het meeste perspectief en kan deze al snel op praktijkschaal in de kwelderwerken worden ingevoerd?
4. Wat kan er met de tot nu toe verkregen resultaten van de 0-proef wordt gedaan?
5. Welke adviezen ten aanzien van het beheer kunnen worden gegeven?

## 5 Monitoring Krekenproef en 0-proef

### 5.1 RWS-monitoringprogramma

De stuurgroep heeft besloten dat een deel van het monitoringprogramma om de verschillende varianten te kunnen beoordelen door RWS wordt uitgevoerd. De interpretatie van deze gegevens in het evaluatierapport van de Krekenproef is in opdracht door Alterra uitgevoerd.

Door de werkgroep zijn de volgende monitoringonderdelen uitgekozen om uit te voeren in zowel de Krekenproef ten oosten van de Holwerder pier (vakken 187-221) als bij de 0-proef langs Het Bildt (vakken 17-37):

- a. De hoeveelheid, aard en frequentie van de onderhoudswerkzaamheden wordt in de periode 1996-2001/2002 jaarlijks geregistreerd door de Dienstkring Waddengebied Groningen, omdat het mogelijk is dat hoogstens een onderhoudsarm systeem wordt bereikt, dat echter niet onderhoudsvrij is.
- b. Evaluatie van de mate waarin zich een natuurlijk afwateringspatroon ontwikkelt en monitoring van natte/kale plekken en de ligging van de kwelderrand d.m.v. *real colour* luchtfoto's (schaal 1:5.000). Deze parameters worden in GIS verwerkt, zodat achteraf inzicht kan worden verkregen in de veranderingen die zijn opgetreden. Oorspronkelijk waren de geplande opnamejaren 1996, 1998 en 2000. Helaas konden de foto's in 1998 **niet** genomen worden (zie ook 4.2) waardoor vergelijking niet kon plaatsvinden. De volgende serie luchtfoto's stond eigenlijk pas voor het jaar 2000 op het programma. Aangezien er dan erg veel tijd tussen het begin van de proef en de eerstvolgende vergelijkingsmogelijkheid zou komen, heeft Rijkswaterstaat in 1999 een foto-reeks laten maken. De laatste reeks is in de zomer/najaar van 2001 gemaakt.
- c. Vegetatiekarteringen m.b.v. *false colour* foto's (schaal 1: 5.000). De kartering beperkt zich tot een nauwkeurige vaststelling van de hoofdzonering: de kweldergrens, de 5 % pioniergrens, de 0 % pioniergrens; binnen de kwelderzone worden pioniervegetaties en kale plekken gekarteerd. Als een (aanzet tot) een oeverwallen/kommen systeem ontstaat, zoals in de Dollard en de Peazemarlannen, hoort daar ook een variatie in vegetatietypen bij. Deze variatie wordt in het bestaande MWTL-programma voldoende in beeld gebracht. De opname in 1996 is gecombineerd met het MWTL-programma vanwege de kostenbesparing. Ook bij dit onderdeel is de oorspronkelijke verdere planning (1998 en 2000) een jaar opgeschoven door het ontbreken van de luchtfoto's in 1998. De gegevens zijn in GIS verwerkt door de Meetkundige Dienst en de veranderingen in de vegetatie zijn in kaart gebracht. Zie voor een uitgebreide beschrijving van de gebruikte methodes Van Gennip *et al.* (2002).

Uitsluitend in de Kreekenproef (vakken 187-221) worden uitgevoerd:

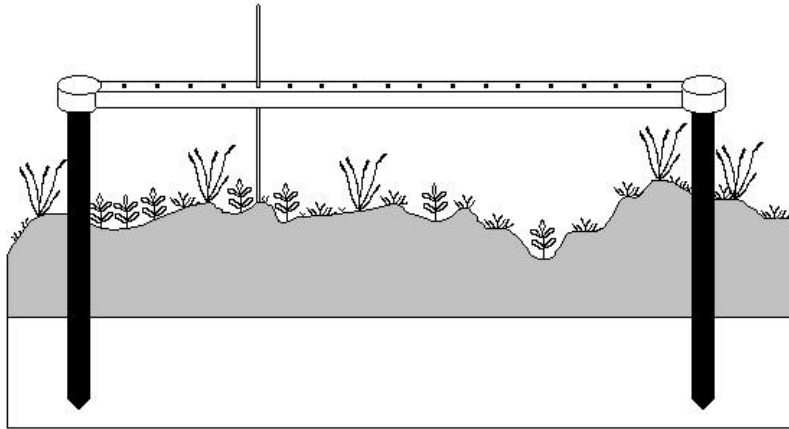
- d. Extra hoogtemetingen volgens het systeem van de Dienstkring met dwarstransecten (=evenwijdig aan de dijk) om de 100 m. Gepland is om deze gegevens te verwerken met de statistische methoden uit Reents (1994) en Esselink *et al.* (1998). Deze twee publicaties geven een goed voorbeeld van de ontwikkeling richting kreeken-oeverwallen-kommen systeem in de Dollard na stoppen van het greppelonderhoud. Er is is een systeem ontwikkeld waarmee hoogtemetingen langs transecten, zoals de meetploeg van de Dienstkring die uitvoert, gedetailleerd (d.w.z. per meetpunt) voor verschillende jaren met elkaar kunnen worden vergeleken en statistisch getoetst voor de evaluatie. Opnamejaren 1996, winter 1998/1999 en winter 2000/2001.

## 5.2 Aanvullend Alterra-monitoringprogramma

Naar aanleiding van door de Stuurgroep Kwelderwerken gemaakte opmerkingen over uitbreiding van de standaard monitoring (vergadering 11 april 1997 te Holwerd) heeft Alterra-Texel in het kader van het LNV-programma 'Aquatische ecosystemen (zoet, brak, zout); structuur en functioneren, interacties tussen de verschillende gebruiksfunctie, vooral m.b.t. de visserij en behoud en herstel van de natuurfunctie' aanvullende, **procesgerichte**, veldmetingen gedaan in het proefgebied bij Holwerd en het referentiegebied Julianapolder waar het oude afwateringssysteem nog intact is. Alterra heeft zich bij de aanvullende veldwerkzaamheden vooral op de **dwarsslotten** gericht, aangezien dit als hart van het systeem beschouwd kan worden. Om de werkzaamheden enigszins te reduceren en omdat facetten van de diverse varianten in verschillende proeven terugkomen zijn niet in alle 8 proefvakken metingen gedaan. De metingen zijn vooral uitgevoerd in de begroeide kwelder van variant 1 (kleine aanpassing aan de greppels), variant 4 (dichotomie; vakken 201-204), 5 (visgraat; vakken 205-208) en 6 (alleen hoofdstructuur afwatering; vakken 209-212). In beperktere mate zijn sommige metingen ook uitgevoerd in het referentiegebied Julianapolder. Door Alterra zijn de volgende projectonderdelen aan het monitoringprogramma van RWS toegevoegd:

### a) Maaiveldhoogteveranderingen

Voor deze metingen zijn per 'PQ' twee kunststof palen in de bodem geslagen tot in de zandlaag en waterpas gesteld. Van de palen in alle gebieden is de hoogte ten opzichte van NAP bepaald. Op deze palen wordt voor een meting de Sedimentatie-Erosie Balk (SEB) geplaatst, een 2 m lange aluminium balk met 17 gaten die 10 cm van elkaar verwijderd liggen (Figuur 4). Met behulp van een meetstok wordt met een nauwkeurigheid van 1 mm door deze 17 vaste gaten de maaiveldhoogte bepaald. Door verschillende metingen in een jaar te verrichten kan worden vastgesteld of er een toename of afname van de maaiveldhoogte heeft plaatsgevonden en wordt er (soms in combinatie met andere metingen) inzicht verkregen in de processen achter deze veranderingen ('events' in de opslibbing, klink, krimp en zwelling van de bodem). Er zijn drie metingen per jaar verricht: eind maart (na de winterstormen), eind augustus (na de meestal gebruikelijke zomerse inklink) en eind november/begin december (voor de winterstormen).



Figuur 4. Sedimentatie-erosie balk.

Verdeeld over de geselecteerde proefgebieden met de vier varianten in aanpassingen aan het afwateringssysteem en over de verschillende vegetatietypen bij Holwerd zijn 74 meetpunten en in vak 291 in de Julianapolder 20 meetpunten in de tijd gevolgd. Zie voor de verdeling van de meetpunten in Holwerd en de Julianapolder resp. bijlagen 1 t/m 4 en 5).

De hoogtes ten opzichte van. NAP van de SEB-palen en de profielpalen in Holwerd zijn gemeten door de Meetploeg (RWS Dienstkring Waddengebied Groningen) in de periode november 1998 tot maart 1999 en in de periode november 2000 tot maart 2001. Op de kwelder bij de Julianapolder is de hoogte van de SEB-palen ten opzichte van NAP door Alterra gemeten met behulp van een theodoliet in 1998 en 2001. Door deze hoogtegegevens te combineren met de SEB-metingen is de absolute hoogte van het maaiveld ten opzichte van NAP berekend (Tabel 2).

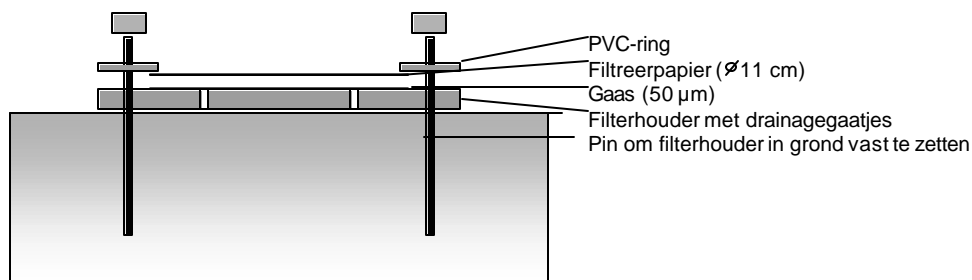
Van de 74 SEB-velden in de 4 uitgekozen proefgebieden in Holwerd liggen er 50 op het midden van de akker op ongeveer een meter ten zuiden van de dwarsloot (alleen in vak 205 liggen ze ten noorden van de dwarsloot i.v.m. verstoring van de zuidoever door de aanwezigheid van de weggegraven grond). De overige 24 velden liggen op een derde van de akker op ongeveer 20 m ten noorden van de gronddam ten noorden van een dwarsloot.

Tabel 2. Maaiveldhoogte (m+NAP) van de 74 meetpunten bij de vier afwateringsvarianten in Holwerd en de 20 meetpunten in de Julianapolder in 1998.

Holwervariant 1		Holwerd variant 4		Holwerd variant 5		Holwerd variant 6		Julianapolder	
PQ	m+NAP	PQ	m+NAP	PQ	m+NAP	PQ	m+NAP	PQ	m+NAP
1	1,56	17	1,58	41	1,54	63	1,26	1	0,51
2	1,44	18	1,33	42	1,54	64	1,24	2	0,54
3	1,46	19	1,20	43	1,43	65	1,20	3	0,54
4	1,54	20	1,12	44	1,16	66	1,28	4	0,57
5	1,54	21	1,53	45	0,99	67	1,22	5	0,64
6	1,49	22	1,55	46	0,95	68	1,19	6	0,74
7	1,52	23	1,56	47	1,51	69	1,19	7	1,01
8	1,24	24	1,57	48	1,49	70	1,18	8	1,00
9	1,66	25	1,34	49	1,24	71	1,11	9	0,98
10	1,40	26	1,23	50	1,27	72	1,22	10	1,04
11	1,47	27	1,23	51	1,46	73	1,15	11	1,26
12	1,58	28	1,19	52	1,39	74	1,08	12	1,24
13	1,50	29	1,57	53	1,20			13	1,19
14	1,38	30	1,53	54	1,15			14	1,27
15	1,41	31	1,48	55	1,20			15	1,15
16	1,12	32	1,55	56	1,15			16	1,14
		33	1,16	57	1,42			17	1,26
		34	1,19	58	1,42			18	1,20
		35	1,17	59	1,16			19	1,19
		36	1,01	60	1,12			20	1,18
		37	1,49	61	1,22				
		38	1,23	62	1,16				
		39	1,17						
		40	1,04						

### b) Filters

Door het plaatsen van filterhouders (Figuur 5) met filters ( $\varnothing$  11 cm) is sediment verzameld dat werd afgezet tijdens één of meer tijen.



Figuur 5. Opbouw filterhouder.



Nadat de filters in september 1998 voor de eerste keer geplaatst waren bleek na enkele dagen dat de dubbele laag papieren filters (Whatman nr. 5) geheel of gedeeltelijk (vooral bij de drainagegaatjes) was verdwenen bij de filterhouders die op de hogere delen van de kwelder waren geplaatst. Hoewel deze filters bij vroegere metingen zeer geschikt waren gebleken, bleek nu dat kweldervlooiën zich van onder de filterhouder door de drainagegaatjes een weg naar boven aten en daar aangekomen zich te goed deden aan de rest van de filters. Na een test met verschillende soorten filters (uitgevoerd op 'De Schorren' op Texel) bleek dit probleem opgelost te kunnen worden door onder het papieren filter een laag planktongaas (50 µm) te leggen.

De filterhouders zijn in de periode oktober 1999 tot november 2001 vijf maal geplaatst. Van 11-13 oktober 1999 (vier tijen), van 7-13 december 1999 (elf tijen; hoogste 1,85 m+NAP), van 24-31 januari 2000 (twaalf tijen; hoogste 3,20 m+NAP), van 14 februari tot 6 maart 2000 (veertig tijen; hoogste 2,10 m+NAP) en van 9-26 november 2001 (33 tijen; hoogste 1,80 m+NAP) zijn de metingen succesvol uitgevoerd.

De filters zijn geplaatst in 4 groepen van 17 bij een kruising van een hoofdleiding en een dwarsloot in de buurt van PQ 16 (variant 1), PQ 28 (variant 4) en PQ 44 en 59 (variant 5) die allen op vergelijkbare hoogte liggen (Tabel 2). De afstand van filter tot hoofdleiding en dwarsloot varieerde van 5-15-25-35-45 meter (Figuur 6). De NAP-hoogte van het maaiveld bij alle filters is bepaald en de filters zijn diverse keren op dezelfde plaats gezet.

#### c) *Profiel dwarssloten*

Ter hoogte van de 50 SEB-velden die langs de dwarssloten liggen zijn profielmetingen van de dwarsloot gedaan tussen vaste punten op beide oevers. Op deze vaste punten is een 4 m lange aluminium balk gelegd waarna op 36 vaste punten langs deze balk de afstand van de bovenkant van de balk tot de dwarslootbodemp of het maaiveld op de oever is gemeten (zie Foto 2).

Normaal gesproken is vanaf de oostelijke SEB-paal (met nummer) op de zuidoever naar de profielpaal op de noordoever van de dwarsloot gemeten; alleen in vak 205 is vanaf de SEB-paal met nummer op de noordoever naar de profielpaal op de zuidoever van de dwarsloot gemeten). In 1998 zijn de profiel-metingen gedaan in maart, augustus, oktober, november en december, in 1999 in maart, augustus, oktober en november, in 2000 in februari, maart, september en november, in 2001 in maart, september en november en in 2002 in maart. Met behulp van deze gegevens is de verandering in profielinhoud (=oppervlak van het doorstroomprofiel) berekend.

Variant 1						Hoofd-leiding	
Dwarssloot	45 m	35 m	25 m	15 m	5 m		
	PQ 16						
	1,35	1,33	1,29	1,28	1,35		5 m
	1,38	1,34	1,31	1,32	1,32		15 m
			1,38	1,31	1,34		25 m
				1,37	1,36		35 m
				1,37	1,34	45 m	

Hoofd-leiding	Variant 4					Dwarssloot
	5 m	15 m	25 m	35 m	45 m	
					PQ 28	
5 m	1,40	1,29	1,25	1,28	1,26	
15 m	1,38	1,33	1,33	1,35	1,26	
25 m	1,45	1,37	1,36			
35 m	1,42	1,43				
45 m	1,47	1,45				

Variant 5						Hoofd-leiding	
Dwarssloot	45 m	35 m	25 m	15 m	5 m		
							1,31
							1,22
					1,41		1,21
			PQ 44		1,30		1,38
		1,40	1,31	1,36	1,33		1,33
	1,47	1,38	1,37	1,27	1,35	1,35	
	1,50			1,24			

Hoofd-leiding	Variant 5					Dwarssloot
	5 m	15 m	25 m	35 m	45 m	
				PQ 59		
5 m	1,47	1,45	1,42	1,39	1,36	
15 m	1,51	1,50	1,47	1,42	1,41	
25 m	1,53	1,54	1,50			
35 m	1,52	1,54				
45 m	1,48	1,52				

Figuur 6. Hoogteligging filters en afstand tot hoofdleiding en dwarsloot bij de meting van 9-26 november 2001 in Holwerd.



Foto 2. Profielmeting bij een goed afwaterende dwarssloot.

Ter vergelijking en om te zien hoe dwarssloten zich na enige jaren zonder grondwerk ontwikkelen zijn in de Julianapolder in december 2001 van 6 dwarssloten in het begroeide deel van vak 291 (tussen PQ 9 en 20) op drie plaatsen de doorstroomprofielen gemeten (ter hoogte van de tweede, vierde en zesde akker vanaf de hoofdleiding tussen vak 290 en 291). Ook van deze dwarssloten is de profielinhoud berekend.

Omdat deze meting éénmalig was en er geen ingemeten palen op beide oevers stonden zijn deze metingen uitgevoerd met behulp van de Compulevel (Stanley). De maaiveldhoogte van de oevers t.o.v. NAP is vastgesteld door te meten vanaf de in de buurt liggende SEB-palen.

#### d) Greppel en dwarsslootontwikkeling

Naast het volgen van de ontwikkeling van de dwarsslootprofielen zijn in de vier uitgekozen gebieden in februari 1998 en maart 2001 ook opnames gemaakt van alle aanwezige greppels, dwarssloten en hoofdleidingen. Bij alle greppels is aan de noord- en zuidzijde en in het midden gescoord in hoeverre de greppels dichtgeslibd waren, hoe de ontwatering was, en in hoeverre ze begroeid waren. De greppels die door een visgraat doorsneden worden zijn zowel ten noorden als ten zuiden van de visgraat op drie plaatsen bekeken. Doordat de visgraat diagonaal door het vak loopt varieert de lengte van het deel van de greppel dat ten noorden en ten zuiden van de visgraat ligt van west naar oost. Bij de dwarssloten/visgraten zijn de drie bovenstaande aspecten gescoord ter hoogte van het punt waar de greppels of lengteleidingen in de dwarssloot/visgraat uitwateren. Voor de hoofdleidingen zijn de drie aspecten per vak aan noord- zuidzijde en in het midden gescoord. Hoewel de vegetatie in februari/maart niet optimaal is, is het functioneren van het afwateringssysteem in de

winter wel het beste te beoordelen. Vandaar dat toch voor dit moment in het jaar is gekozen.

e) *Stroomsnelheden*

Onder gunstige weersomstandigheden (niet te veel wind) en tijden die in ieder geval hoog genoeg zijn in de dwarssloten (en soms in hoofdleidingen) stroomsnelheden gemeten met behulp van mobiele stroomsnelheidsmeters (Marsh-McBirney Flow-Mate 2000). Er zijn gedurende opkomend en/of afgaand water op 10 cm boven de bodem bij herhaling metingen van enkele minuten gedaan op verschillende van tevoren uitgezochte plaatsen in representatieve dwarssloten van drie proefgebieden (variant 1, 4 en 5). Bij variant 6 waren de dwarssloten niet diep genoeg om zinvolle metingen te kunnen doen.

Geslaagde metingen zijn verricht in oktober 1999, september 2000 en oktober 2001.

f) *Vegetatie*

Naast de vegetatiekartering van de hele proefgebieden Het Bildt en Holwerd, die wordt uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van RWS, zijn er door Alterra aan het begin en eind van de monitoringperiode op kleinere schaal (2 x 2 m of 2 x 1 m bij de PQ's langs de dwarssloten ten noorden en direct aansluitend op de SEB-palen) Tansley-vegetatieopnames [Leys, 1978; Küchter & Zonneveld, 1988] gemaakt bij de meetpunten bij Holwerd. In de Julianapolder zijn in 1998 ook opnames gemaakt volgens de schaal van Tansley (2 x 2 m op 1 m ten noorden van de SEB-palen), maar in 2000 en 2002 volgens de decimale schaal van Londo (Tabel 3). Deze metingen zijn gedaan om een eventuele locale verschuiving in dominante soorten te kunnen waarnemen.

Verdere verwerking van deze gegevens zou eventueel gedaan kunnen worden in het classificatieprogramma voor kweldervegetaties SALT97 (De Jong *et al.*, 1998).

Tabel 3. Decimale schaal van Londo en Schaal van Tansley.

<b>Decimale schaal van Londo</b>	
<i>Symbol</i>	<i>Bedekking (%)</i>
.1	<1
.2	1-3
.4	3-5
1-	5-10
1	5-15
1+	10-15
2	15-25
3	25-35
4	35-45
5-	45-50
5	45-55
5+	50-55
6	55-65
7	65-75
8	75-85
9	85-95
10	95-100
r (raro)	sporadisch
p (paupulum)	niet talrijk
a (amplius)	talrijk
<b>Schaal van Tansley</b>	
dom	dominant = één soort heeft een grotere bedekking dan alle andere soorten samen
cod	codominant = enkele soorten (codominants) bedekken samen meer dan 50%
ab	abundant = lagere bedekking dan 50%, maar vrij hoge bedekking of zeer talrijk
fr	frequent = nogal lage bedekking, maar vrij veel exemplaren
sp	sparse = lage bedekking, weinig exemplaren
r	rare = slechts één of enkele exemplaren
loc	locally = plaatselijk (kan worden gecombineerd met een van de overige symbolen, behalve met r)



## 6 Resultaten

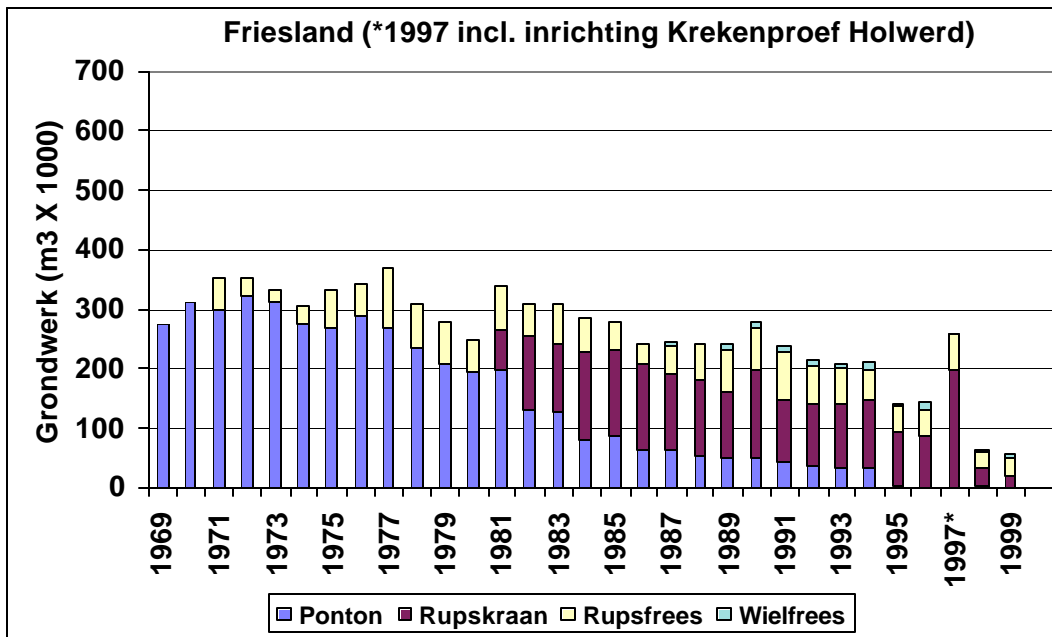
### 6.1 Onderhoudswerkzaamheden

Het grondwerk in de gehele kwelderwerken heeft de afgelopen decennia een enorme verandering ondergaan. In Friesland van hoofdzakelijk ponton grondverzet en enig rupsfreeswerk naar een gelijk verdeelde hoeveelheid ruspkraan- en rupsfreeswerk en enig wielfreeswerk. In Groningen deed zich dezelfde ontwikkeling voor. Vanaf 1990 zijn van Groningen echter alleen gegevens van de totale hoeveelheid grondwerk. Na de start van de Krekenproef in 1997 is hoeveelheid grondwerk in Friesland en Groningen naar nagenoeg nul teruggebracht (Figuur 7 en 8).

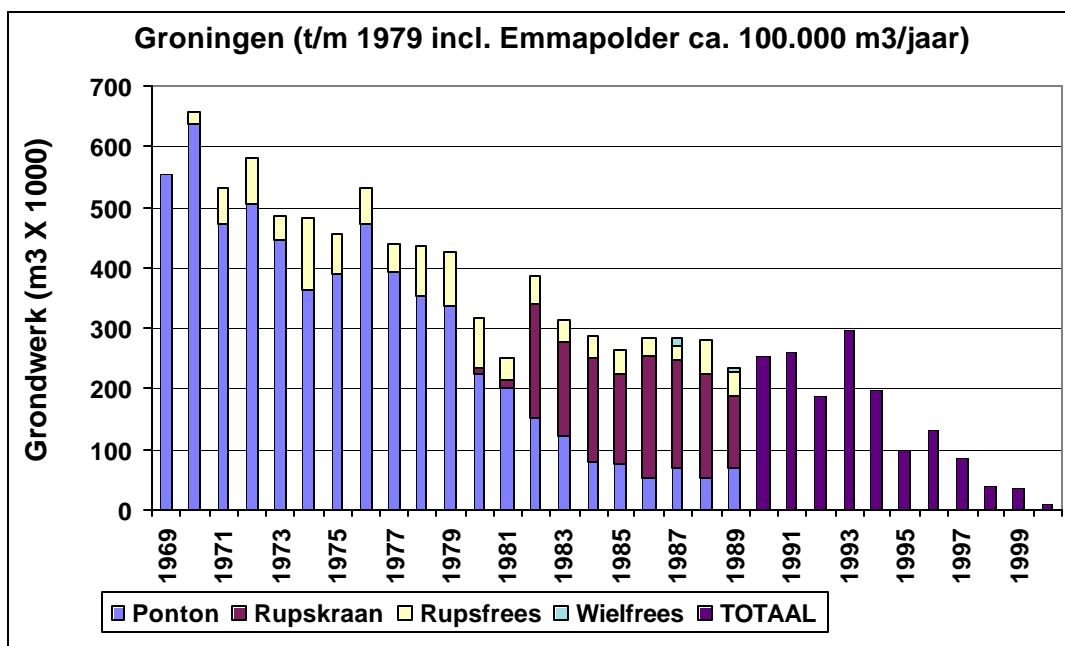
Bij de aanleg van de Krekenproef is 128,5 m<sup>3</sup> grondwerk verricht: 111,5 m<sup>3</sup> door de ruspkraan (maakt watergangen van 0,6 m<sup>3</sup>) en 17 m<sup>3</sup> door de rupsfrees. Van vrijwel alle grondwerk dat bij aanvang van de proef was verricht op het kale wad was na een jaar al weinig meer te zien, omdat alles dichtgeslibd was. Ook in de pionierzone werden de meeste nieuw gegraven geulen snel uitgevlakt.

Naar aanleiding van de geconstateerde matige tot slechte toestand van een enkele afdammingen in de hoofdleidingen (Van Duin *et al.*, 1998) hebben in 1998 enige herstelwerkzaamheden plaatsgevonden bij de afdammingen van variant 2. De werkzaamheden zijn toen niet in m<sup>3</sup> grondwerk, maar in uren genoteerd wat gebruikelijk is bij relatief kleine ingrepen.

Veel afdammingen zijn gedurende de proef verder achteruitgegaan. Het gevolg is bijvoorbeeld bij vak 203-204CD dat de afdamming ver onder het maaiveld ligt en het water er relatief snel overheen kan stromen. Aangezien de hoofdleiding en de naburige dwarsloot echter toch nog steeds een stuk lager liggen dan de afdamming vindt het grootste deel van de water aan- en afvoer toch nog plaats volgens de nieuw aangelegde route. De lage afdamming bij vak 201-202 EF zorgt er na de huidige doorbraak echter vermoedelijk voor dat de zich ontwikkelende nieuwe afwatering via de dwarsloot van vak 202 E teniet zal worden gedaan.



Figuur 7. Hoeveelheid grondwerk in Friesland.



Figuur 8. Hoeveelheid grondwerk in Groningen.



## 6.2 Hoogtemetingen

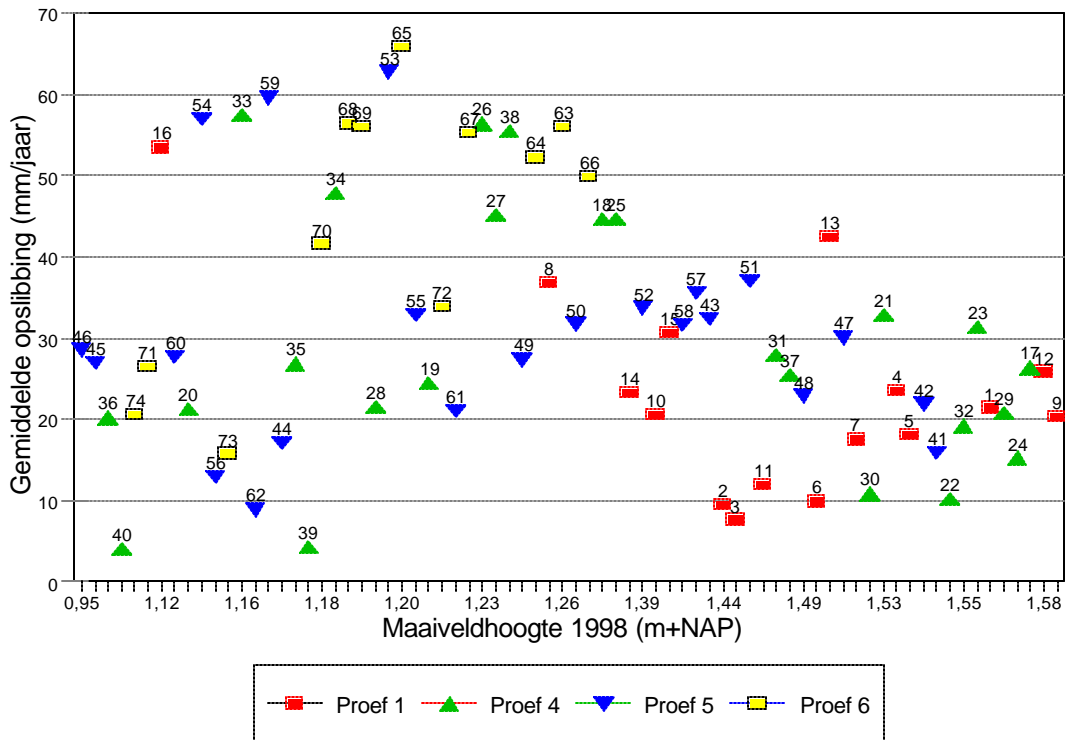
In september 1996, november 1998 tot maart 1999 en van maart tot augustus 2001 zijn in de vakken 187-220 extra hoogtemetingen gedaan door de Dienstkring met dwarstransecten om de 100 m. Helaas bleek het binnen de te besteden tijd niet mogelijk de gegevens in een geschikte vorm voor de geplande statistische bewerking te krijgen. Voor gegevens over de hoogteontwikkeling van andere proefvakken wordt verwezen naar het jaarverslag 2001 van de Kwelderwerken (Dijkema *et al.*, 2002).

## 6.3 Sedimentatie-erosie balk

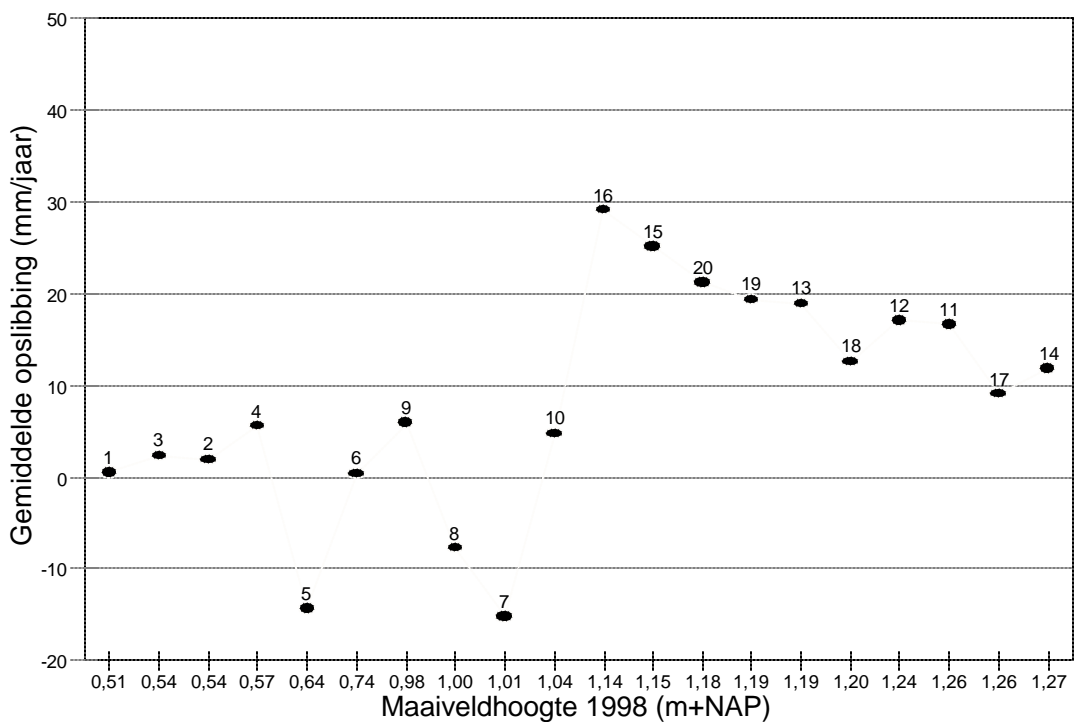
De resultaten van de SEB-metingen die van maart 1998 tot maart 2002 in Holwerd en de Julianapolder zijn uitgevoerd staan in bijlagen 6 t/m 10. De in maart 1998 gemeten waarde per PQ is als uitgangssituatie aangehouden. Alle maaiveldveranderingen zijn ten opzichte van dit niveau berekend.

Tabel 4. Gemiddelde opslibbing of erosie (mm/jaar) bij de 74 meetpunten bij de vier afwateringsvarianten in Holwerd en de 20 meetpunten in de Julianapolder over de periode maart 1998 tot maart 2002.

Holwerd Variant 1		Holwerd variant 4		Holwerd variant 5		Holwerd variant 6		Julianapolder	
PQ	Mm/jaar	PQ	mm/jaar	PQ	mm/jaar	PQ	mm/jaar	PQ	mm/jaar
1	21,3	17	26,4	41	15,8	63	56,0	1	0,50
2	9,4	18	44,7	42	21,9	64	52,2	2	1,88
3	7,6	19	24,4	43	32,3	65	65,9	3	2,35
4	23,4	20	21,2	44	17,1	66	49,9	4	5,57
5	18,1	21	32,9	45	27,0	67	55,2	5	-14,37
6	9,9	22	10,2	46	28,5	68	56,3	6	0,38
7	17,5	23	31,4	47	30,0	69	56,0	7	-15,21
8	36,7	24	15,2	48	22,9	70	41,6	8	-7,75
9	20,2	25	44,6	49	27,3	71	26,5	9	5,87
10	20,5	26	56,4	50	31,7	72	33,8	10	4,75
11	12,0	27	45,1	51	37,0	73	15,7	11	16,60
12	25,8	28	21,6	52	33,7	74	20,5	12	17,06
13	42,4	29	20,7	53	62,7			13	18,93
14	23,2	30	10,9	54	57,0			14	11,78
15	30,7	31	28,0	55	32,8			15	25,16
16	53,4	32	19,2	56	12,9			16	29,13
		33	57,5	57	35,5			17	9,03
		34	47,9	58	31,6			18	12,62
		35	26,8	59	59,6			19	19,34
		36	20,2	60	27,6			20	21,22
		37	25,4	61	21,1				
		38	55,4	62	8,9				
		39	4,3						
		40	4,1						



Figuur 9. Gemiddelde opslibbing bij alle 74 meetpunten in variant 1, 4, 5, en 6 gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.



Figuur 10. Gemiddelde opslibbing of erosie bij de 20 PQ's in vak 291 van de Julianapolder gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.

Zelfs na de relatief korte meetperiode van vier jaar is in alle jaren enige inklink in de zomer te zien en bij vrijwel alle PQ's een zeer hoge opslibbing (vaak zelfs enkele centimeters) in de herfst/winter. Bij Holwerd is de maaiveldhoogte in maart 2002 bij alle 74 SEB-velden toegenomen in vergelijking met de beginsituatie in maart 1998. De gemiddelde opslibbing bij de PQ's varieerde van 4-66 mm/jaar (Tabel 4 en Figuur 9). Deze veelal extreem hoge waarden worden deels veroorzaakt doordat veel SEB-meetpunten vlak naast de sedimentaanvoerende dwarssloten liggen. Uit het feit dat ook in andere onderzoeksgebieden waar Alterra SEB-metingen uitvoert, zoals op Neerlands Reid (Ameland), een meer dan gemiddelde opslibbing is gemeten (Van Duin & Dijkema, 2003) blijkt dat deze hoge opslibbing niet gebiedsafankelijk was, maar mede is veroorzaakt door de relatief vele hoge waterstanden die zich hebben voorgedaan in de herfst-/winterperiodes.

Er zijn geen duidelijke verschillen in opslibbing veroorzaakt door de varianten. Wel is bij alle varianten een duidelijke trend waar te nemen dat de opslibbing het hoogste is geweest op de locaties waar de maaiveldhoogte bij de start van de proef het laagste was maar waar wel begroeiing aanwezig was. Op de in 1998 ten opzichte van NAP laaggelegen punten met weinig tot geen begroeiing is de opslibbing in verhouding beperkter gebleven. Door de hoge opslibbing heeft op veel plaatsen, met name bij de dwarssloten, een vrij sterke uitbreiding van Gewoon kweldergras plaatsgevonden waardoor de opslibbing nog eens extra gestimuleerd is.

In de Julianapolder vak 291 vallen de meetpunten duidelijk in twee groepen uiteen: PQ 1 t/m 10 met een geringe jaarlijkse opslibbing van van 1-7 mm of een erosie van 8-15 mm en PQ 11 t/m 20 met een gemiddelde opslibbing over 4 jaar van 9-29 mm (Figuur 10). SEB-velden 1 t/m 4 liggen in het onbegroeide derde bezinkveld (291 MNOP). De bodemhoogteveranderingen laten daar een nogal grillig beeld zien van periodes met erosie en periodes met sedimentatie, met name in de winter van 2000/2001 (Bijlage 10). De SEB-palen zorgen in dit bezinkveld voor verstoring van de waterstroming waardoor rond de palen veelal enige erosie optreedt. In de vakken J, K en L van het tweede bezinkveld vindt, na een lichte opslibbing bij de start van de metingen voornamelijk erosie plaats waardoor ook de toch al schaarse vegetatie afneemt of zelfs geheel verdwijnt (PQ 5 t/m 10). De overige tien PQ's geven ondanks het feit dat ze niet aan dwarssloten liggen, net zoals bij Holwerd, een hoge gemiddelde opslibbing van ca. 10-30 mm/jaar te zien (PQ 11 t/m 20).

## **6.4 Filtermetingen**

In de Bijlagen 11 t/m 15 is de hoeveelheid sediment uitgezet die is opgevangen op de filters in respectievelijk oktober 1999, december 1999, januari 2000, februari/maart 2000 en november 2001.

De maaiveldhoogte van de verschillende oeverwallen langs de hoofdleidingen verschilde wel. Hierdoor lag de gemiddelde hoogte voor de filters in de 4 gebieden uiteindelijk wel wat uit elkaar. De filters rond PQ 16 in variant 1 op 1,28 m+NAP, rond PQ 28 in variant 4 op 1,30 m+NAP, rond PQ 44 op 1,21 m+NAP en die rond PQ 59 op 1,38 m+NAP (zie Tabel 5).

Het aantal tijen blijkt niet altijd bepalend voor de hoeveelheid afgezet sediment. Dat een hoger tij ook niet per se hoeft te betekenen dat er meer sediment wordt afgezet blijkt uit de januari 2000-meting waar een hoog tij van 3,20 m+NAP niet voor extra sediment op de filters heeft gezorgd. De meting in december 1999, met een vergelijkbaar aantal tijen, gaf veel meer sediment op de filters. Tussen de varianten is geen duidelijk verschil waar te nemen.

Tabel 5. Gemiddelde hoogteligging filters, afgezette hoeveelheid sediment en aantal tijen per meetperiode bij de meetlocaties in de verschillende afwateringsvarianten.

Variant (PQ)	Gemiddelde hoogteligging filters (m+NAP)			Sediment (g/m <sup>2</sup> )					
	*	**	***	Okt 1999 *	Dec 1999 *	Jan 2000 **	Feb/mrt 2000 **	Nov 2001 ***	Totaal
1 (PQ 16)	1,26	1,28	1,34	108	1206	537	1273	1067	4191
4 (PQ 28)	1,29	1,30	1,36	186	693	450	1100	1066	3495
5 (PQ 44)	1,23	1,21	1,34	287	382	147	610	2423	3849
5 (PQ 59)	1,36	1,38	1,47	45	1289	288	1563	1638	4823
Totaal				626	3570	1422	4546	6194	16358
N tijen				4	11	12	40	33	100

## 6.5 Ontwikkeling natuurlijke afwatering

### Luchtfoto's

Een vergelijking van de real colour luchtfoto's uit 1996, 1999 en 2001 laat noch natte/kale plekken noch de ontwikkeling van een natuurlijk afwateringspatroon zien. Hieruit blijkt dat het oude afwateringssysteem ook na de eventuele gemaakte aanpassingen op dit moment nog steeds functioneert. Verder blijkt dat de periode van 1997 tot 2001 te kort is geweest voor een grootschalige verandering van het oorspronkelijk aangelegde systeem naar een natuurlijker drainagesysteem. Op kleine schaal zijn in het gebied, met name in de pionierzone en het kale wad, echter wel enkele nieuwe natuurlijke geultjes te vinden. Doordat er geen grondwerk is verricht zijn sommige hoofdleidingen (met afdammingen) dichtgeslibd en heeft zich een nieuwe 'hoofdleiding' ontwikkeld langs de afdamming.

### ***Dwarsslots en greppels***

Een overzicht van de in 2001 in vier varianten onderzochte greppels, dwarsslots en hoofdleidingen met de bijbehorende eigenschappen betreffende dichtslibbing, ontwateringsvermogen en begroeiing staan in Tabel 6 t/m 9.

Als algemeen en niet geheel onverwacht patroon komt uit de opname van 2001 naar voren dat het deel van de dwarssloot/visgraat dat grenst aan een goed functionerende hoofdleiding dezelfde eigenschappen heeft. Verder van de hoofdleiding af is de dwarssloot/visgraat meestal half of geheel dichtgeslibd met bijbehorende slechtere ontwatering (of zelfs stagnant water) en een open begroeiing.

Voor de greppels geldt dit in nog sterkere mate: vaak functioneert alleen de noordkant van een greppel, als deze tenminste grenst aan een goede functionerende dwarssloot, maar het midden en zuiden van de greppels zit meestal (half) dicht, ontwatert slecht of niet en is meer of minder dichtgegroeid met vegetatie.

In vergelijking van 2001 met 1998 valt op dat de greppel- en dwarsslootuiteinden iets meer zijn dichtgeslibd, maar vooral meer zijn dichtgegroeid. Bij de greppels die aan een visgraat grenzen valt op dat ze ook wel vaak lichtbegroeid zijn, maar dat de ontwatering verbeterd is t.o.v. 1998. Veel van deze greppels konden zich door de goede ontwateringscapaciteit van de visgraat ontdoen van een deel van het sediment waarmee ze in de loop der jaren waren dichtgeslibd.

Vooral Gewoon kweldergras heeft zich sterk uitgebreid in de greppels en dwarsslots, zelfs op greppel- en dwarsslootuiteinden met stagnerend water. Of deze groei zich zal voortzetten of dat er uiteindelijk toch kale plekken zullen ontstaan is moeilijk te voorspellen.



*Foto 3. Dichtgeslibde en begroeide dwarssloot bij de doorgraving in variant 6 ter hoogte van vak 210/211 BC in februari 2000 en augustus 2002. De brug, in 1998 ter hoogte van de doorgraving in de grond dam aangelegd om over de dwarssloot te kunnen komen, ligt in 2002 onder het maaiveld (alleen de palen zijn nog zichtbaar) en is overgroeid met Gewoon kweldergras, zeeaster en Schorrekruid.*

VAK: 187								VAK: 188								VAK: 189								VAK: 190																							
west								oost								noord								midden								zuid															
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
J dwarsslot	±2	±2	+3	+3	+3	+3	+3	J dwarsslot	±1	±1	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	J dwarsslot	±1	±1	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	J dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	J dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
J noord	-1	-1	+3	+3	+3	+3	+3	J noord	±1	±2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	J noord	±2	-1	±2	-1	±2	-1	±2	-1	±2	J noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	J noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
J midden	±1	±1	+2	±1	+2	±1	+2	J midden	±1	±2	+2	-1	±2	-1	±2	-1	±2	J midden	±2	-1	±2	-1	±2	-1	±2	-1	±2	J midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	J midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
J zuid	±1	±1	+1	±1	+1	±1	+1	J zuid	±1	±2	+1	±1	+1	±1	+1	±1	+1	J zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	J zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	J zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
I dwarsslot	±0	±2	+3	+3	+3	+3	+3	I dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I dwarsslot	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
I noord	±0	±2	+3	+3	+3	+3	+3	I noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I noord	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
I midden	±0	+2	+2	+2	+2	+2	+2	I midden	±2	±2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	I midden	±2	±2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	I midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
I zuid	±0	+3	±0	+3	±1	+3	-1	I zuid	±3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	I zuid	-1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	I zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	I zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
H dwarsslot	±2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
H noord	±2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
H midden	±0	±2	+0	+2	+1	+1	+2	H midden	±1	+3	±1	+2	±1	+2	±1	+2	±1	H midden	±2	±1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	H midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
H zuid	±2	±0	+0	+0	+1	+1	+1	H zuid	±1	±1	+1	±1	+1	±1	+1	±1	+1	H zuid	±1	-1	-1	+1	±1	+1	±1	+1	±2	H zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	H zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
G dwarsslot	±2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
G noord	±2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
G midden	±0	+0	±2	+0	±2	+0	±2	G midden	+0	±1	+0	±1	+0	±1	+0	±1	+2	G midden	-1	±2	±1	±2	±2	±2	±1	±2	±1	G midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
G zuid	±1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	G zuid	+3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	±1	+3	G zuid	±1	+3	-1	+3	-1	+3	-1	+3	±3	G zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	G zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
F dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F dwarsslot	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
F noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F noord	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
F midden	±0	+0	+1	±1	+2	±1	+2	F midden	±2	+1	+0	±1	+0	±1	+0	±1	+2	F midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	F midden	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
F zuid								F zuid										F zuid										F zuid										F zuid									
E dwarsslot								E dwarsslot										E dwarsslot										E dwarsslot										E dwarsslot									
E noord								E noord										E noord										E noord										E noord									
E midden								E midden										E midden										E midden										E midden									
E zuid	+0	+0	+0	+0	+0	±0	+0	E zuid	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±0	±1	±0	E zuid	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	E zuid	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3									

1. Toestand greppels

- = dicht
- ± = half dicht
- + = open

2. Ontwatering

- 0 = stagnerend water
- 1 = slecht
- 2 = redelijk
- 3 = goed

3. Begroeiing

- = dicht
- = open
- = geen

en  = gronddammen

Tabel 6. De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsloten en greppels in de vakken 187-190 van afwateringsvariant 1 in maart 2001.

VAK: 201	VAK: 202										VAK: 203	VAK: 204																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
<b>west</b>											<b>HL</b>																				
dwarssloot	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	oost
noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	noord
midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	midden
zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	zuid
afdamming open																															
E	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	E	
noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	noord	
midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	midden	
zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	brug	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	zuid	
D	+0	+0	+1	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	D		
noord	+0	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	noord		
midden	+0	+0	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+2	+1	+1	+1	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	midden		
zuid	+0	+0	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+2	+1	+1	+1	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	zuid		
C	+0	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	C		
noord	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	noord		
midden	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+3	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+2	+3	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	midden		
zuid	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+3	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	zuid		
B	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	B		
noord	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	noord		
midden	+0	+0	+0	+1	+1	+1	+1	+0	+2	+3	+0	+3	+2	+2	+2	+2	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	midden		
zuid	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+1	+3	+0	+2	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	zuid		
A	+0	+0	+3	+3	+1	+3	+3	+3	+3	+0	+0	+0	+3	+2	+2	+0	+0	+2	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	A		
midden	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+3	+3	+0	+3	+3	+0	+0	+2	+0	+2	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	midden		
zuid	+0	+0	+2	+3	+2	+0	+3	+3	+1	+1	+3	+0	+0	+0	+0	+2	+0	+2	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	zuid		

1. Toestand greppels

- = dicht
- + = half dicht
- + = open

2. Ontwatering

- 0 = stagnerend water
- 1 = slecht
- 2 = redelijk
- 3 = goed

3. Begroeiing

- [Green box] = dicht
- [White box] = open
- [Grey box] = geen
- [Grey box] en [Grey box] = gronddammen

Tabel 7. De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarssloten en greppels in de vakken 201-204 van afwateringsvariant 4 in maart 2001.









VAK: 209										VAK: 210										VAK: 211										VAK: 212																							
west	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	HL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GRONDAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	HL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	oost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
D dwarsloot	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	D dwarsloot	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
D noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	D noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
D midden	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	D midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
D zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	D zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C dwarsloot	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	C dwarsloot	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	C noord	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	C midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	C zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
B dwarsloot	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	+0	+3	+3	+3	+3	+2	+2	+1	-1	-0	-0	-0	-0	-0	brug	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+2	+2	+1	-1	-0	-0	-0	-0	-0	B dwarsloot	+3	+2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
B noord	-1	-1	-0	-0	-1	+1	+2	+3	+3	+3	brug	+3	+2	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	B noord	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
B midden	+0	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	B midden	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
B zuid	+0	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	B zuid	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A dwarsloot	+0	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+2	+2	+2	+0		+0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	A dwarsloot	+3	+3	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A noord	+0	+0	-1	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+2	+2	+2	+0		+0	-0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	A noord	+3	+2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A midden	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	-0	+0	+2	+2	-0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0		+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	A midden	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
A zuid	+1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+2	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0		+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	A zuid	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0

**1. Toestand greppels**  
- = dicht  
+ = half dicht  
± = open

**2. Ontwatering**  
0 = stagnerend water  
1 = slecht  
2 = redelijk  
3 = goed

**3. Begroeiing**  
 = dicht  
 = open  
 = en  
 = grondwallen

Tabel 9. De ontwateringstoestand van hoofdleidingen (HL), dwarsloten en greppels in de vakken 209-212 van afwateringsvariant 6 in maart 2001.

### **Dwarssloot-profielmetingen**

Van maart 1998 tot en met maart 2002 zijn 17 metingen verricht. De profielen zijn per meting uitgezet ten opzichte van NAP. In Figuur 11 t/m 14 zijn alleen de begintoestand in maart 1998 en de eindtoestand in maart 2001 van de dwarssloutprofielen in de vier afwateringsvarianten weergegeven. In de Bijlagen 16 t/m 19 staan alle metingen.

In Figuur 15 is het oppervlak van de dwarssloutprofielen bij de laatste meting in maart 2002 weergegeven. In Bijlagen 20 t/m 25 is de verandering in dwarssloutprofielen in de tijd uitgezet. In Figuur 16 is de verandering (afname of toename) van de profielinhoud (meting maart 2002) ten opzichte van de beginsituatie in maart 1998 weergegeven.

Enkele trends zijn duidelijk zichtbaar:

1. De profielinhoud van de meeste dwarsslouten is afgenomen ten opzichte van 1998. Met name de profielen van <math><0,5\text{ m}^2</math> slibben langzaam dicht. De afwatering heeft er momenteel echter nog niet van te lijden. Profiel 45 en 46, uit de nauwelijks begroeide pionierzone, waren vanaf de eerste meting al geheel gelijk met het maaiveld in de omgeving. Ook geheel dichtgeslibd zijn profielen 20, 26, 33, 38, 40, 50, 53 en 60 die allen of halverwege of aan het uiteinde van een dwarsslout/visgraat liggen. De aanvankelijke verdieping van profielen 28 en 36 zijn geheel teniet gedaan. Dit hangt mogelijk samen met het niet (meer) optimaal functioneren van de naburige afdamming waardoor het water dat eerst door de dwarsslout langs 28 werd aan- en afgevoerd nu weer via de hoofdleiding kan stromen. Dit heeft ook gevolgen gehad voor het dichtgeslibde profiel 36 dat bovendien in de spaarzaam begroeide pionierzone ligt. De overige dichtgeslibde profielen zijn 49, 59 en 67.



*Foto 4. Dichtgeslibde dwarsslout met lichte Zeekraal-begroeiing bij PQ 28 in augustus 2002.*

2. Door de vele ondiepe dwarssloten en de hoge opslibbing de afgelopen jaren groeien veel dwarssloten langzaam dicht met Kweldergras. Indien zich geen smal 'restgeultje' in stand weet te houden zou dit gevolgen voor de afwatering kunnen gaan krijgen.
3. Slechts enkele dwarssloten hebben zich iets verdiept.
4. Bij een maaiveldhoogte onder 1,4 m+NAP slibben de dwarssloten volledig dicht.
5. Bij een maaiveldhoogte van ca. 1,4 m+NAP of hoger slibben de dwarssloten niet volledig dicht maar blijft er, met name in de 50 m het dichtste bij de hoofdleiding, een meanderend restgeultje over dat gevoed wordt door het uit de greppels en lengteleiding stromende water.
6. Boven een maaiveldhoogte van ca. 1,6 m+NAP houden de dwarssloten zichzelf in stand.

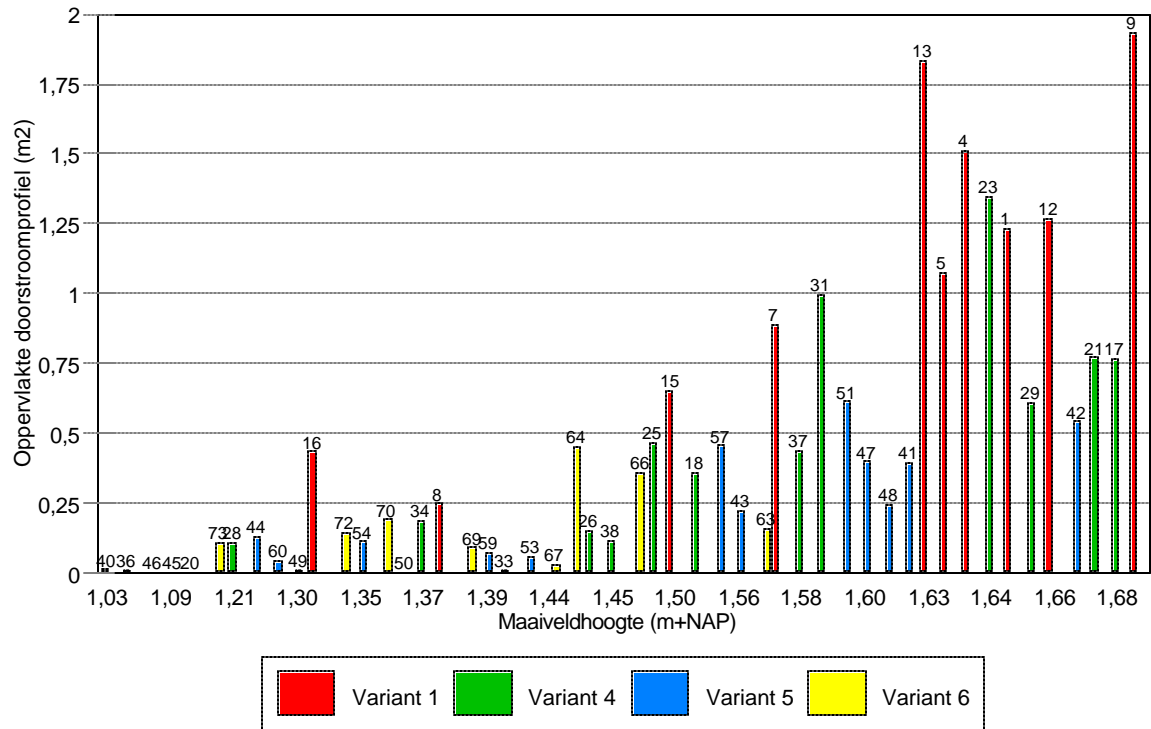
Er zijn geen duidelijke verschillen tussen de varianten gevonden.

Tot nu toe zijn geen aanwijzingen gevonden, noch op grond van waarnemingen in het veld, noch op grond van de vergelijking van luchtfoto's door de Meetkundige Dienst, dat het deels dichtslibben van de dwarssloten tot nadelige gevolgen voor de afwatering en vegetatieontwikkeling heeft geleid. Dit zou er op kunnen duiden dat deze dwarssloten bij het begin van de proef nog overgedimensioneerd waren, maar zich langzamerhand ontwikkelen tot een doorstroomprofiel dat bij hun ligging en bijbehorende aan- en afvoercapaciteit hoort.

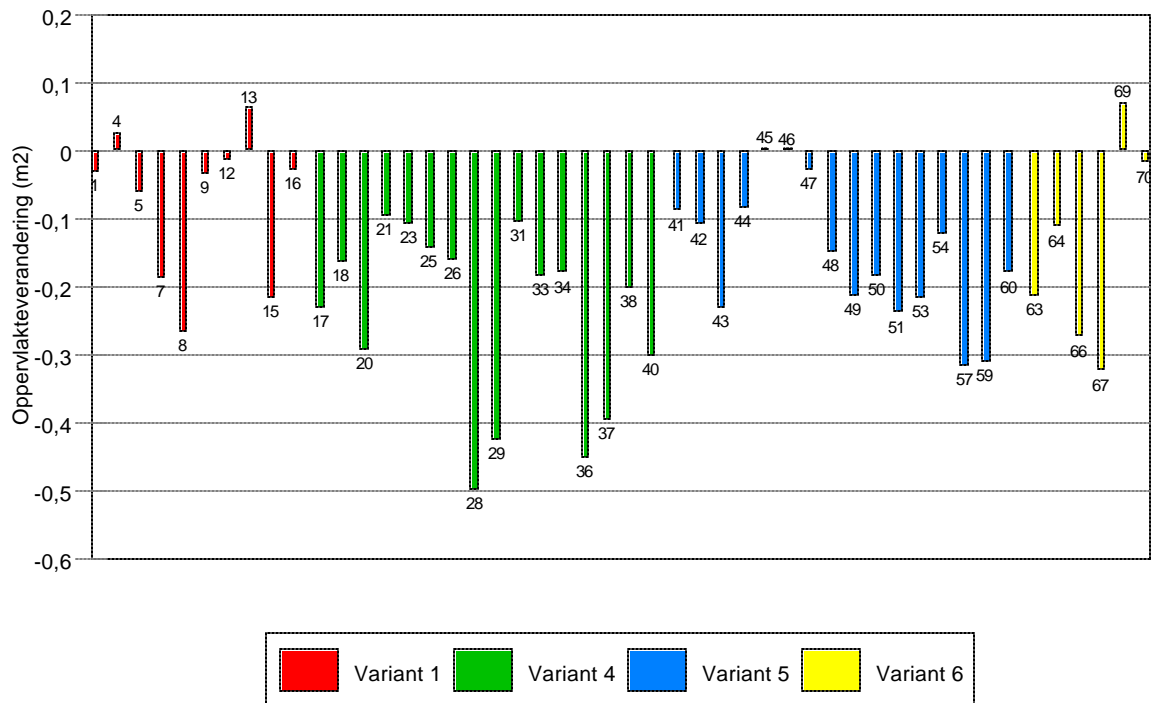
Ter vergelijking staan de dwarsslootprofielen van de kwelder bij de Julianapolder in Bijlage 26.

Tabel 10. Oppervlak van de doorstroomprofielen van de dwarssloten in het referentiegebied bij de Julianapolder in december 2001.

Ligging dwarsloot	Vaknummer	Ligging meetpunt t.o.v. hoofdleiding		
		2de akker	4de akker	6de akker
		$m^2$	$m^2$	$m^2$
zuid van PQ 9/10	291 IJ	1,90	1,16	0,68
zuid van PQ 13/14	291 HI noord	0,78	0,54	0,39
zuid van PQ 13/14	291 HI zuid	0,72	0,63	0,54
zuid van pQ 15/16	291 GH	2,25	1,26	0,74
zuid van PQ 17/18	291 FG	1,80	1,23	0,96
zuid van PQ 19/20	291 EF	2,05	1,66	1,16



Figuur 15. Oppervlak doorstroomprofiel van 48 dwarsloten in maart 2002 ten opzichte van de maaiveldhoogte (m+NAP).



Figuur 16. Verandering in doorstroomprofieloppervlakte bij variant 1, 4, 5 en 6 bij vergelijking van maart 1998 met maart 2002.

## 6.6 Stroomsnelheden

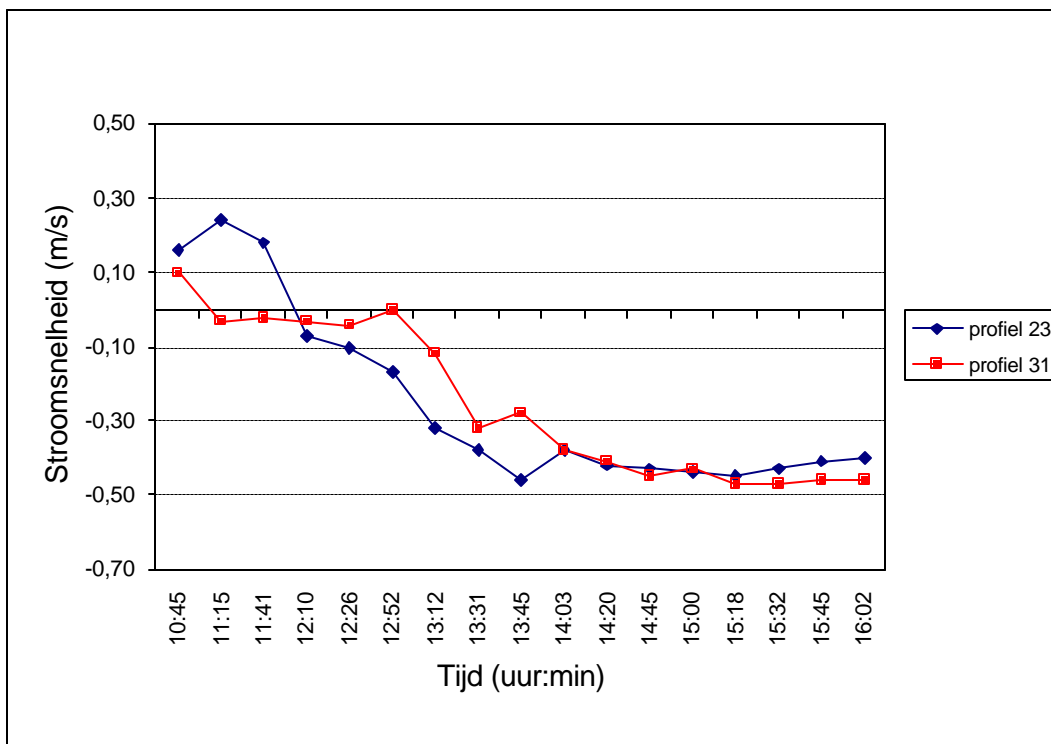
Het stromingsregime in de krekten is vooral onderdeel van onderzoek naar de aan- en afvoer van sediment en nutriënten binnen een kwelder [Pestrong, 1965; Boon, 1975; Bayliss-Smith *et al*, 1979; Dankers *et al*, 1984; Reed *et al*, 1985; Reed 1987, 1988; Carter, 1988; Stevenson *et al*, 1988; French & Stoddart, 1992]. In de getijden op de kwelders bestaat een eb-vloed asymmetrie. De eb duurt drie tot zes keer langer dan de vloed. Ook de stroomsnelheden tussen eb en vloed kunnen sterk verschillen. Het stromingsregime wordt in belangrijke mate bepaald door de waterstand die bij hoogwater wordt bereikt en men kan op basis hiervan drie verschillende groepen onderscheiden [Bayliss-Smith *et al*, 1979; French *et al*, 1990]:

- getijden met de hoogste waterstanden beneden de kwelderrand,
- getijden met de hoogste waterstanden tot aan de kwelderrand en
- getijden met de hoogste waterstanden boven de kwelderrand.

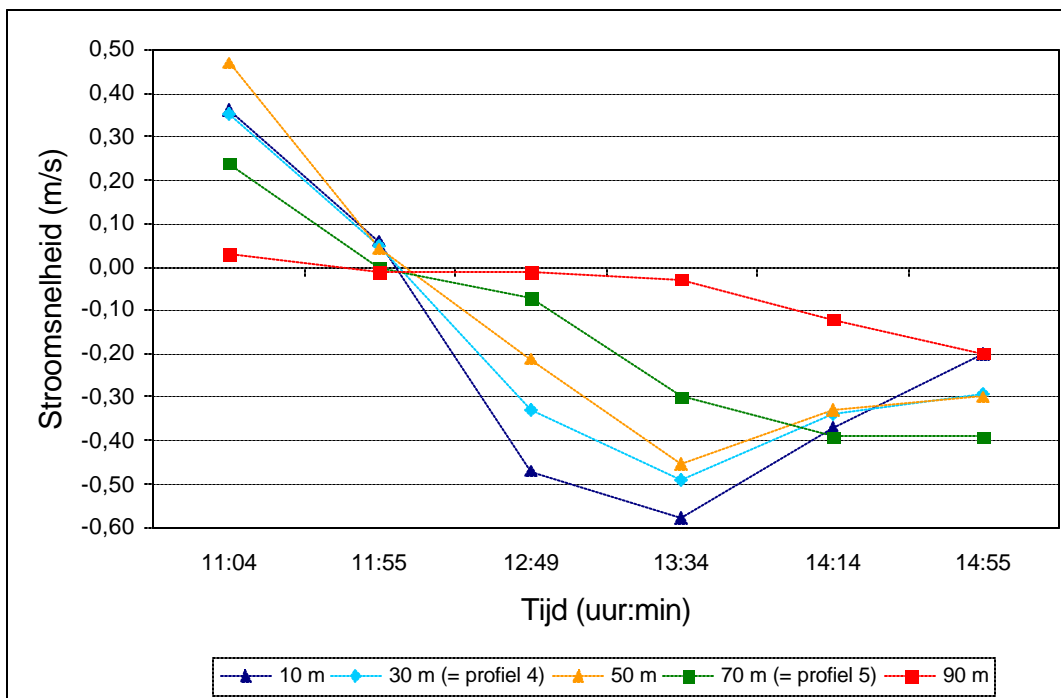
Het stromingsregime van tijden met waterstanden beneden de kwelderrand levert relatief gelijkmatige stroomsnelheden van eb en vloed op. Tijdens de vloed kunnen iets hogere stroomsnelheden in de 'initiële fase', die bij iedere vloed in het begin optreedt, voorkomen. Deze zijn dan ook de hoogste stroomsnelheden van het hele getij [Reed *et al*, 1985]. Ook één tot twee uur voor en na hoogwater kunnen hogere stroomsnelheden optreden. Tijdens hoogwater is dan meestal een fase van stromingsstilstand bereikt. Voor deze tijden is aan te nemen dat de grootte van de pieken in de stroomsnelheden van de eb en de vloed in zeewaartse richting toenemen. Dit geldt sterker voor de vloed dan voor de eb. Dat betekent dus dat in de grotere krekten dicht bij zee de stroomsnelheden, vooral van de vloedstroom, groter zijn dan in de kleinere krekten verder af van zee [Bayliss-Smith *et al*, 1979].

Het stromingsregime van tijden tot aan of boven de kwelderrand heeft daarentegen hoge pieken in de stroomsnelheden een tot twee uur voor en na hoogwater. De ook hier optredende 'initiële fase' tijdens het begin van de vloed is relatief onbelangrijk, vergeleken met de stroomsnelheden rond hoogwater. De hoogste stroomsnelheden (binnen de krekten) treden op als het water boven de kwelderrand uitkomt. Dit gebeurt omdat met het overstromen de ruimte voor het water plotseling heel groot wordt en de krekten geen weerstand meer vormen. Tijdens eb treden de hoogste stroomsnelheden op als het water weer alleen binnen de krekten stroomt. De stroomsnelheden tijdens de eb kunnen in dit geval hoger zijn dan tijdens de vloed [Bayliss-Smith *et al*, 1979; Dankers *et al*, 1984].

Het is niet bekend of zowel de stroomsnelheden van de eb als ook van de vloed sterk genoeg zijn om uitschuringen van de kreekbodem te veroorzaken. De meeste gemeten stroomsnelheden in de kwelder lagen, ook met hogere waterstanden, beneden de 1m/s. Alleen na stormen konden veranderingen in de krekten ontdekt worden [Bayliss-Smith *et al*, 1979; Dankers *et al*, 1984; Reed *et al*, 1985]. Het is waarschijnlijk dat zowel de krekten als ook de kwelder zich in een dynamisch evenwicht bevinden, dat afhankelijk is van de condities van gewone getijden, springtijden inbegrepen [Bayliss-Smith *et al*, 1975; French *et al*, 1990].



Figuur 17. De stroomsnelheid aan weerszijden van een doorgraving ter hoogte van pq 23 en 31 in subvak 202-203 CD op 3 oktober 2001.



Figuur 18. De stroomsnelheden in de dwarsloot van subvak 188 HI (variant 1) bij meetpunten op verschillende afstand van een hoofdleiding

Uit de in de Krekenproef uitgevoerde stroomsnelheidsmetingen blijkt dat:

- de stroomsnelheid aan weerszijden van een doorgraving vrijwel gelijk is (zie bijvoorbeeld Figuur 17),
- de stroomsnelheid in de dwarsloten hoger wordt hoe dichterbij het meetpunt bij een hoofdleiding ligt (varieert van 0-0,2 m/s op ca. 90 m van de hoofdleiding tot 0,2-0,6 m/s op ca. 10 m van de hoofdleiding (Figuur 18),
- in (stukken van) dwarsloten die dichtslibben worden stroomsnelheden gemeten van < 0,1 m/s (dit lijkt dus de kritieke waarde).

## 6.7 Vegetatiekartering

### *Gebiedsdekkende kartering*

Vegetatiekarteringen van beide proefgebieden (Het Bildt en Holwerd) op basis van *false colour* foto's (schaal 1: 5.000 en voor de 0-proef ook 1:10.000) uit 1996 zijn gemaakt en in GIS ingevoerd door de Meetkundige Dienst van RWS (zie Jansen, 1997; Van Gennip, 1997).

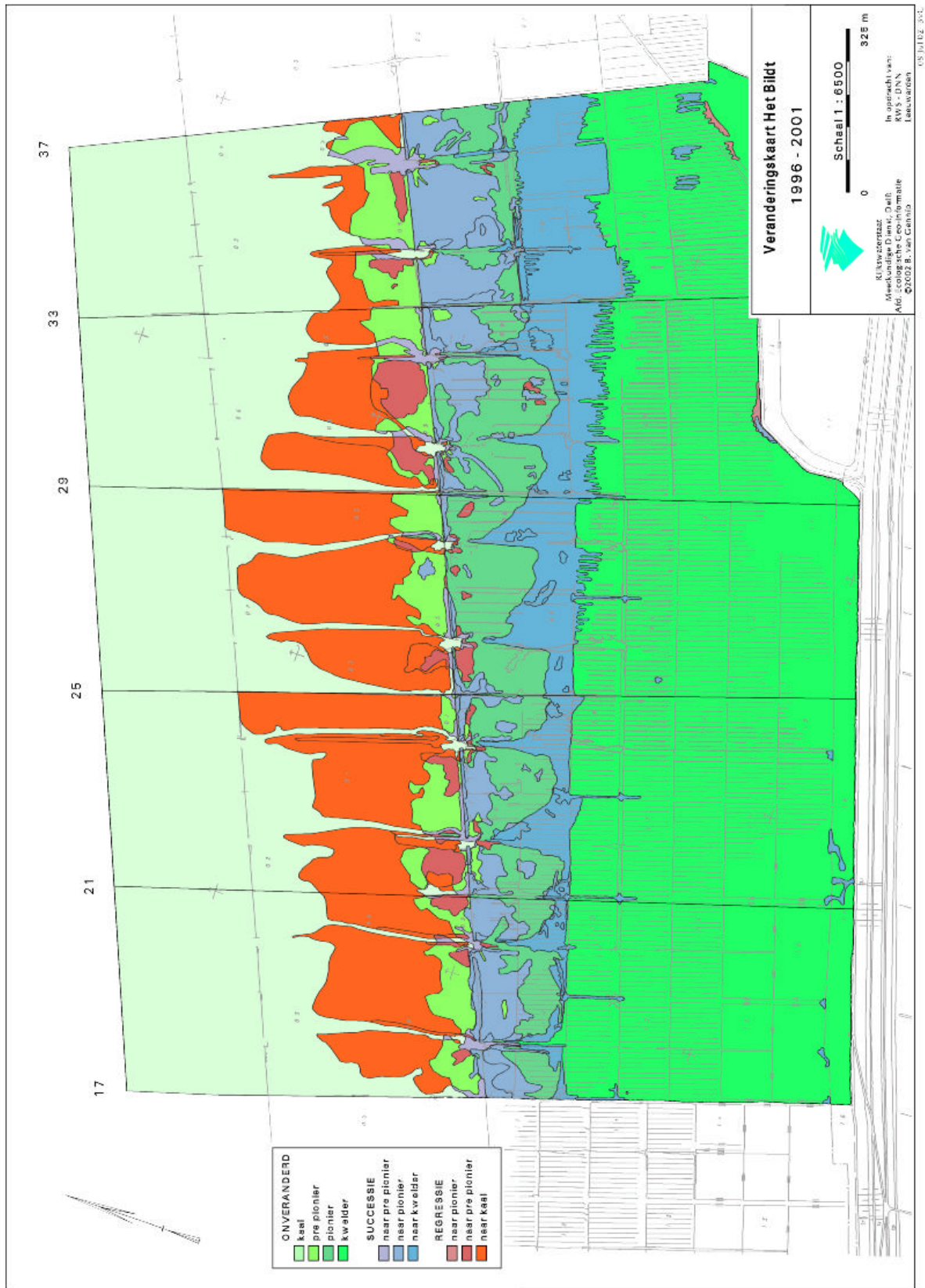
KLM Aerocarto heeft in 1998 geen foto's genomen, hoewel dat wel de bedoeling was. Om eventuele grote veranderingen in de vegetatiezoning gedurende de periode 1996-1998 toch te kunnen signaleren heeft de Meetkundige Dienst in 1998 een alternatief onderzoek uitgevoerd. In plaats van met de foto's zijn de grenzen tussen kaal wad en pre-pionier zone en tussen pionier en kwelder met behulp van dGPS vastgelegd en is per vak van 100 x 100 m de verhouding tussen de vier zones geschat (Van Gennip & Knotters, 1999). Gezien de verschillen tussen de in de beide jaren gebruikte methoden bleek het echter niet eenvoudig conclusies te trekken, maar grote veranderingen leken zich niet te hebben voorgedaan, noch in Het Bildt noch in Holwerd.

In 2001 zijn wel foto's genomen. Deze foto's zijn vergeleken met die van 1996 en uitgebreid beschreven in Van Gennip *et al.* (2002). De belangrijkste algemene conclusies waren:

Er waren geen duidelijke verschillen in ontwikkeling te zien tussen de kwelderwerken in Het Bildt (de 0-proef) en Dongeradeel (de Krekenproef).

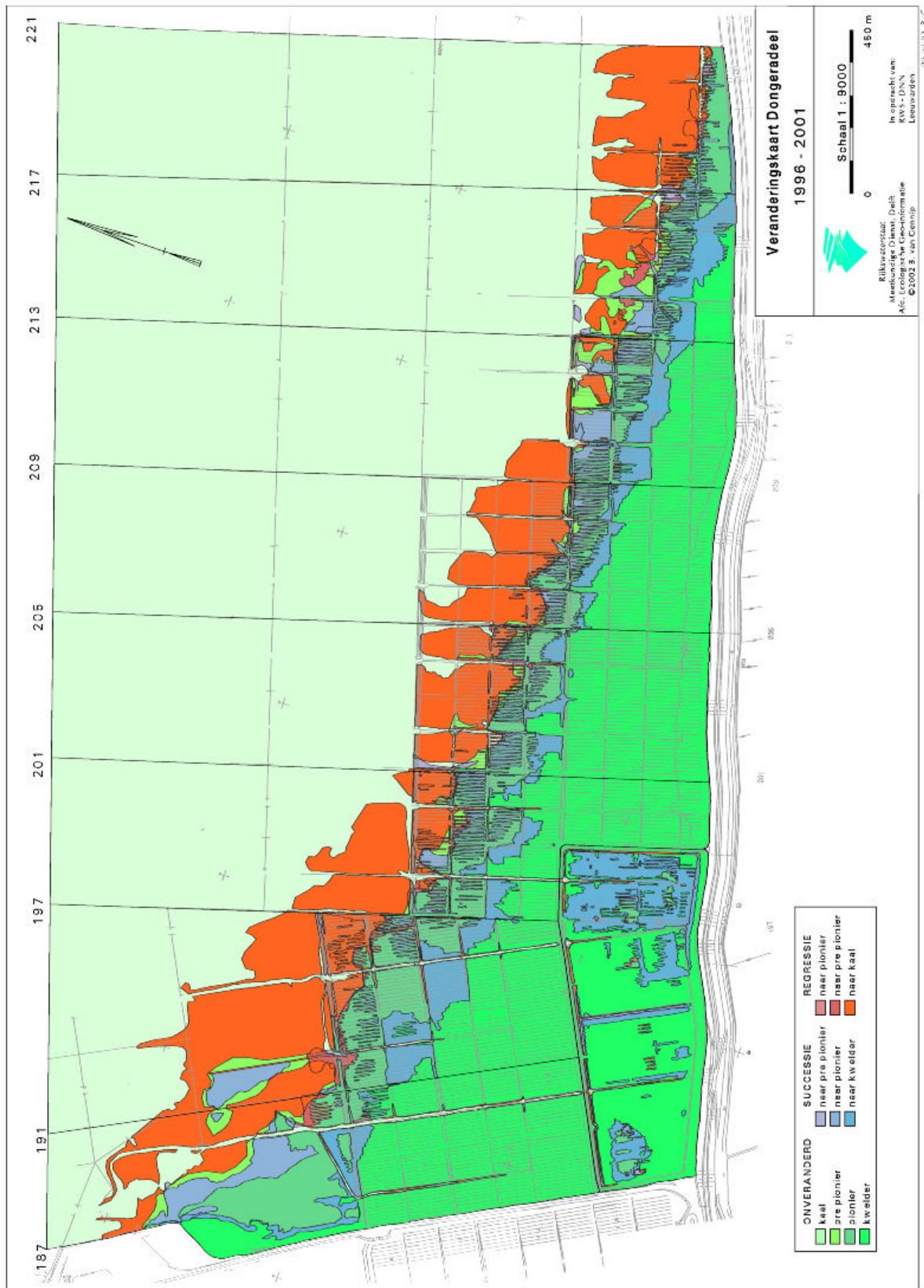
Er hebben zich in beiden gebieden geen grote kale/natte plekken gevormd.

Er waren binnen de Krekenproef geen duidelijke verschillen in de vegetatieontwikkeling te zien tussen de 8 varianten.



Figuur 19. De vegetatiesuccessie en -regressie in de 0-proef (samengevat door de Meetkundige Dienst).





Figuur 20. De vegetatiesuccessie en -regressie in de Kreeftenproef (samengevat door de Meetkundige Dienst).

De successie en regressie in de 0-proef en Krekenproef is samengevat in Figuur 19 en 20 die door de Meetkundige Dienst ter aanvulling op Van Gennip *et al.* (2002) zijn gemaakt. De belangrijkste vegetatieveranderingen die zich in beide gebieden hebben voorgedaan tussen 1996 en 2001 waren:

- De kwelderzone is toegenomen ten koste van de pionierzone -> successie.
- De pre-pionierzone is sterk in oppervlak afgenomen ten gunste van kale wadzone en kwelderzone -> respectievelijk regressie en successie.

Verschillen in weersomstandigheden voor wisselende kiemingsomstandigheden voor Langarige zeekraal (*Salicornia dolichostachya*) zorgen, die op hun beurt voor grote jaarlijkse veranderingen in oppervlak (pre-) pionierzone zorgen. Stormen kunnen het aantal levensvatbare zaden in de pionierzone reduceren tot minder dan 1% van de hoeveelheid daar geproduceerde zaden (Houwing *et al.*, 2000). Door wegspoelen belanden zeer veel zaden in de geulen of tussen de vegetatie op de hogergelegen delen van de kwelder waar ze, indien ze kiemen, te weinig concurrentiekracht voor bezitten. Zaden die onder een sedimentlaag van meer dan 1 cm terechtkomen hebben geen overlevingsmogelijkheden. Wanneer zaden in het voorjaar nog in de (pre-) pionierzone aanwezig zijn hebben ze een periode met enige regen nodig om te kunnen kiemen gecombineerd met een aantal rustige tijden om goed te kunnen wortelen.

#### PQ-opnames

Uit de vegetatie-opnames door Alterra gemaakt bij de SEB-meetpunten in de Krekenproef komt als algemeen beeld naar voren dat er van 1998 tot 2002 bij de meeste PQ's met een pioniervegetatie een successie naar een Gewoon kweldergras vegetatie is opgetreden. De PQ's met een lage tot midden kweldervegetatie hebben zich tot een door Strandkweek gedomineerde hoge kwelder ontwikkeld. Er zijn nog slechts enkele PQ's waar Zeekraal nog steeds dominant is (zie Tabel 11).

Tabel 11. De dominante of co-dominante plantesoorten bij de 74 meetpunten van de Krekenproef in 1998, 2001 en 2002 en de ingemeten maaiveldhoogte in 1998 en 2002.

PQ	Maaiveldhoogte (mm +NAP)		Zeekraal	Engels slijkgras	Schorrekruid	Zeeaster	Zoutmelde	Gewoon kweldergras	Spiesbladmelde	Strandkweek
	1998	2002	<i>Salicornia spec.</i>	<i>Spartina anglica</i>	<i>Suaeda maritima</i>	<i>Aster tripolium</i>	<i>Halimione portulacoides</i>	<i>Puccinellia maritima</i>	<i>Atriplex prostrata</i>	<i>Elymus athericus</i>
1	1562	1648								98+01+02
2	1438	1477								98+01+02
3	1460	1491								98+01+02
4	1539	1636								98+01+02
5	1542	1620								98+01+02
6	1495	1540								98+01+02
7	1521	1595					98			01+02
8	1243	1392					98	01+02		
9	1663	1743								98+01+02
10	1399	1482						98	02	01+02
11	1470	1519					98			01+02
12	1580	1688								98+01+02
13	1502	1674								98+01+02
14	1376	1471						98+01		01+02
15	1406	1533						98+01+02		
16	1116	1331						98+01+02		

Vervolg Tabel 11

PQ	Maaiveldhoogte (mm +NAP)		Zeekraal <i>Salicornia spec.</i>	Engels slijkgras <i>Spartina anglica</i>	Schorrekruid <i>Suaeda maritima</i>	Zeeaster <i>Aster tripolium</i>	Zoutmelde <i>Halimione portulacoides</i>	Gewoon kweldergras <i>Puccinellia maritima</i>	Spiesblad- melde <i>Atriplex prostrata</i>	Strandkweek <i>Elymus athericus</i>
	1998	2002								
17	1578	1686								98+01+02
18	1328	1509					98	01+02		
19	1205	1309	98+01		98			02		
20	1123	1212	98	01				01+02		
21	1530	1666								98+01+02
22	1547	1592								98+01+02
23	1556	1682								98+01+02
24	1573	1639								98+01+02
25	1343	1529					98	98+01+02	01	
26	1229	1462					98	98+01+02		
27	1230	1417						98+01+02		
28	1193	1284	98		98		01+02			
29	1566	1652								98+01+02
30	1529	1578								98+01+02
31	1480	1595								98+01+02
32	1549	1629								98+01+02
33	1156	1392			98			98+01+02		
34	1185	1384			98		98	01+02		
35	1166	1283	98+01			01		02		
36	1008	1094	98+01+02							
37	1490	1593						98		98+01+02
38	1234	1463			98		98	98+01+02		
39	1166	1188	98+01+02	02	98			02		
40	1044	1065	98+01+02							
41	1544	1610								98+01+02
42	1543	1638								98+01+02
43	1433	1548						98		01+02
44	1164	1236	98			01		02		
45	987	1100	98+01+02							
46	953	1039	98+01+02							
47	1514	1639								98+01+02
48	1494	1588								98+01+02
49	1236	1350			98	98		01+02		
50	1268	1398			98	98		98+01+02		
51	1464	1611						98		98+01+02
52	1391	1574						98		98+01+02
53	1198	1448						98+01+02		
54	1145	1375						98+01+02		
55	1201	1336	98			98		01+02		
56	1151	1210	98+01+02			01+02		02		
57	1423	1561								98+01+02
58	1421	1547					98	98+01		01+02
59	1157	1399	98		98			01+02		
60	1122	1235	98+01			98		01+02		
61	1223	1311	98+01		98	98+01		01+02		
62	1156	1196	98+01+02			01		02		
63	1257	1486			98			98+01+02		
64	1239	1452			98			01+02		
65	1201	1473	98					98+01+02		
66	1280	1485			98		98	98+01+02	01	
67	1225	1449			98			98+01+02		
68	1188	1418	98					98+01+02		
69	1191	1419	98					98+01+02		
70	1177	1349	98		98			98+01+02		
71	1112	1225	98					01+02		
72	1219	1362			98			01+02		
73	1154	1227	98	01		98		01+02		
74	1085	1179	98+01+02							

De Julianapolder laat voor de meeste wat hogergelegen PQ's een vergelijkbare ontwikkeling zien (Tabel 12), maar de successie gaat wel langzamer dan in de Kreekenproef. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de iets lagere sedimentatie en enige beweiding. Bij één hogergelegen PQ (20) lijkt een lichte regressie op te treden van Gewoon Kweldergras naar Engels slijkgras. Bij de laaggelegen PQ's is in een aantal gevallen een vrij zware erosie waargenomen waardoor de (pionier) vegetatiebedekking achteruit is gegaan of geheel is verdwenen.

Tabel 12. De dominante of co-dominante plantesoorten bij de 20 meetpunten op de kwelder bij het referentiegebied Julianapolder in 1998 en 2002 en de ingemeten maaiveldhoogte in 1998 en 2001.

PQ	Maaiveldhoogte (mm +NAP)		Zeekraal <i>Salicornia spec.</i>	Engels slijkgras <i>Spartina anglica</i>	Schorrekruid <i>Suaeda maritima</i>	Zeeaster <i>Aster tripolium</i>	Zoutmelde <i>Halimione portulacoides</i>	Gewoon kweldergras <i>Puccinellia maritima</i>	Spiesbladmelde <i>Atriplex prostrata</i>	Strandkweek <i>Elymus athericus</i>
	1998	2001								
1	512	531								
2	541	565								
3	541	577								
4	565	598								
5	642	609	98							
6	736	749	98							
7	1011	977	98+02							
8	1000	987	98+02							
9	983	1015		98+02						
10	1039	1064		98+02						
11	1260	1323					98			02
12	1236	1299				02	98			
13	1193	1257					98			02
14	1270	1318				02	98			
15	1146	1224					98+02			
16	1143	1235					98+02			
17	1261	1288					98	98+02		
18	1205	1239					98	98+02		
19	1188	1244						98+02		
20	1182	1242		02				98		

## 7 Evaluatie/Toetsing aan de gestelde criteria

In de evaluatie moeten de volgende vragen beantwoord worden:

1. *Is een natuurlijker manier van afwatering van de kwelderwerken verantwoord?*

Deze vraag moet gezien worden in het licht van de PKB-doelstelling (2001) dat het huidige kwelderareaal op zo natuurlijk mogelijke wijze in stand moet blijven. De resultaten geven geen aanleiding om hier ontkennend op te antwoorden. Hoewel vrijwel overal alle grondwerk is gestopt, en niet alleen in de 0-proef en Krekenproef, zijn (nog) geen duidelijke negatieve ontwikkelingen waargenomen. Het feit dat zowel in de Krekenproef als in de 0-proef delen van de pre-pionierzone zijn veranderd in kaal wad stemt wel tot enige zorg. Dit is weliswaar een trend die zich op vele plaatsen in de kwelderwerken voordoet, maar dit aspect moet wel meewegen worden indien er voor een natuurlijker afwatering wordt gekozen.

Verder blijven de vragen:

- Hoelang zal het duren voor zich een natuurlijker afwatering ontwikkelt?
- Zal zich een natuurlijker afwatering ontwikkelen zonder dat er eerst grote ingrepen/gebeurtenissen hebben plaatsgevonden waardoor het huidige systeem van greppels, dwarsloten en hoofdleidingen (grotendeels) verdwenen is?

Gebieden waar alle grondwerk al langer is gestopt (bijvoorbeeld Julianapolder) laten slechts op bescheiden schaal veranderingen in het oorspronkelijke afwateringssysteem zien. Hieruit blijkt dat het lang duurt voordat zich van nature grote veranderingen voordoen.

In de Peazemerlanden in noordoost Friesland ontwikkelt zich in verschillende kommen een vrij natuurlijk afwateringspatroon. Dit is echter pas gebeurd nadat na dijkdoorbraken het oorspronkelijke afwateringssysteem in deze voormalige zomerpolder op deze laaggelegen delen door erosie en stagnerend water is verdwenen. Na opvulling met sediment heeft zich een nieuw afwateringssysteem ontwikkeld tijdens de successie van pionierzone naar midden kwelder (Van Duin *et al.*, 1997).

Een op het eerste gezicht vrij extreme maatregel moet in dit verband voor de volledigheid hier toch even genoemd worden. Het is misschien wel de enige manier om in de hogergelegen begroeide kwelder relatief snel een natuurlijker afwatering te krijgen: het verwijderen van een laag van het begroeide maaiveld inclusief bestaande greppels. In Duitsland gebeurt dit met veel succes bij de kleiputten in de Jadebusen en de Elizabeth-Aussengroden waar klei is gewonnen om dijken te herstellen of te verstevigen. Onafhankelijk van de diepte van de klei-onttrekking (meestal 1,5-1,7 m diep) werden de kleiputten in 2-3 jaar weer opgevuld met sediment tot een hoogte vergelijkbaar met die van de pionierzone, zodat vestiging van Zeekraal al weer mogelijk werd (Arens *et al.*, 1999). De verdere ontwikkeling verliep trager. Na ca. 11 jaar lag het maaiveld nog iets onder dat van de omgeving en begon de dominantie

van Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*). In de daarop volgende jaren nam de dominantie van Gewoon kweldergras toe ten koste van Zeekraal, Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en Zeeaster (*Aster tripolium*). Na ca. 20 jaar werd lokaal Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) aangetroffen. Na ca. 25 jaar lag het maaiveld op dezelfde hoogte als de omgeving en na ca. 27 jaar was Strandkweek (*Elymus athericus*) lokaal aanwezig. De vegetatie-ontwikkeling van soorten uit de pionierzone naar de hogere kwelder duurt gemiddeld ca. 30 jaar.

Vroeger zijn ook in Nederland kleiputten gegraven, omdat er klei nodig was voor bijvoorbeeld de dijk bij de aanleg van de Linthorst-Homanpolder (ca.1939). Deze kleiputten zijn in de loop der jaren dichtgeslibd en begroeid. Aan de noordwestkant van de kleiputten in de kwelder bij de Linthorst-Homanpolder is lokaal echter nog steeds het natuurlijk geulenpatroon te zien dat zich na de kleiwinning heeft ontwikkeld (zie Foto 5).



Foto 5. Deel van de voormalige kleiput in de kwelder bij de Linthorst-Homanpolder waarin zich een natuurlijk kreekpatroon heeft ontwikkeld. (Ó Jaap de Vlas, 1994)

Het afplaggen van het maaiveld gaat ten koste van de bestaande natuurwaarden, maar er zijn diverse stukken kwelder denkbaar waar door deze ingreep zowel de diversiteit als de natuurlijkheid sterk zou verbeteren. De hoge opslibbing zoals die in de kwelderwerken bij Holwerd (en elders) is gemeten heeft als uiteindelijk resultaat dat steeds grotere delen van de kwelder gedomineerd worden door *Elymus*. Zonder beheersmaatregelen zal deze ontwikkeling zich voortzetten waardoor de biodiversiteit in het gebied zal verminderen. Afplaggen van een beperkt stuk zou in dit geval een alternatief voor verhoging van de diversiteit door middel van begrazing kunnen zijn. Ook in Zeeland is afplaggen als optie voor het verjongen van het schor genoemd [Storm, 1999]. In Nederland zou niet per se zo diep afgeplagd te hoeven

worden als in Duitsland, maar wel totdat het begroeide maaiveld en het afwateringssysteem verwijderd is. De hierbij vrijkomende klei zou eventueel gebruikt kunnen worden om grotere stukken hoofdleiding af te dammen/te dempen, zodat de effectiviteit en de levensduur van de blokkade vergroot wordt. Als in de toekomst weer klei nodig zou zijn om de dijken i.v.m. zeespiegelstijging op te hogen zouden de resultaten van nu uitgevoerde proeven met kleiputten van groot nut kunnen zijn voor de kleiwinning en de natuur in de toekomst.

2. *Moeten de Krekenproef en de 0-proef worden gecontinueerd of afgebroken?*

Omdat het bestaande drainagesysteem al vanaf de eerste kwelderontwikkeling in de huidige vorm is aangelegd en onderhouden zullen veranderingen in het systeem na stoppen van grondwerk of het aanbrengen van aanpassingen, zoals in de Krekenproef is gedaan, slechts langzaam op gang komen. De verschillende onderdelen van het afwateringssysteem beginnen nu, 5 jaar na de aanvang van de Krekenproef, pas enige tekenen van veranderingen te tonen. In de 0-proef zijn ook nog geen grote veranderingen waargenomen. Het is zeer waarschijnlijk dat er meer tijd nodig is om positieve of negatieve ontwikkelingen te kunnen waarnemen.

3. *Welke variant van de Krekenproef biedt het meeste perspectief en kan deze al snel op praktijkschaal in de kwelderwerken worden ingevoerd?*

De volgende **criteria** zijn hierbij van belang:

1. Hoe minder de hoeveelheid van het onderhoudsgrondwerk (verwijderen van sediment uit hoofdleidingen, dwarsloten en greppels; instandhouden van afdammingen en doorgravingen) en hoe lager de frequentie hoe beter,
2. De variant met het minste kwelderverlies door het opschuiven van de kweldergrens in landwaartse richting geeft het beste resultaat,
3. Hoe kleiner het oppervlak aan natte/kale plekken uitgedrukt als % van het totale oppervlak hoe beter.

Op dit moment is het niet mogelijk om op grond van bovengenoemde criteria één van de varianten als beste aan te wijzen. Kwelderverlies is nog niet geconstateerd en natte/kale plekken hebben zich nog bij geen van de varianten voorgedaan. Wel kan van verschillende elementen uit de varianten gezegd worden of ze tot nu toe meer of minder zinvol zijn gebleken:

- **Aanbrengen van aanpassingen aan het afwateringssysteem:** Het uitvoeren van grondwerk op het kale wad en in de pionierzone is in de proef niet zinvol gebleken, omdat de aangebrachte veranderingen in zeer korte tijd teniet zijn gedaan. Het steeds opnieuw uitvoeren van onderhoud is kostbaar en scoort slecht bij de beoordeling van een variant. Bovendien is de kans op natuurlijke geulontwikkeling het grootste op het kale wad en in de pionierzone, zodat daar niet ingegrepen moet worden.

- **Afdammingen:** Ten aanzien van het eerste criterium scoren dat afdammingen matig, omdat bij deze aanpassing in één geval al herstelwerk heeft moeten plaatsvinden en andere afdammingen in matige staat verkeren en in de nabije toekomst waarschijnlijk ook onderhoud vergen. Misschien kan de manier waarop de afdammingen zijn aangelegd verbeterd worden, zodat deze zich beter kunnen handhaven. Er zou hierbij gedacht kunnen worden aan het 'afronden' van de hoeken van hoofdleiding en dwarssloot waarbij de hierbij vrijkomende relatief droge en compacte grond voor de afdamming gebruikt kan worden.
- **Doorgravingen:** Het doorgraven van gronddammen is een vrij eenvoudige ingreep die succesvol is gebleken, omdat deze aanpassing zich boven 1,4 m+NAP goed weet te handhaven. Misschien is het verstandig om alleen doorgravingen aan te brengen op deze delen van de kwelder met als doel de waterstroom zelf de meest geschikte hoofdleiding te laten kiezen zodat het aantal hoofdleidingen kan verminderen. Het mogelijk lastiger kunnen uitvoeren van grondwerk of dammenherstel na deze ingreep zou geen belemmering mogen vormen wanneer beleidsmatig gekozen wordt voor een natuurlijker afwateringssysteem.
- **Visgraat:** Dit is de meest ingrijpende verandering. Net zoals bij een doorgraving weet de visgraat zich op de 'hogere', begroeide kwelderdelen goed te handhaven. Omdat circa een derde van de gegraven greppel (het verste verwijderd van de hoofdleiding) weer dichtslibt zou de greppel in het vervolg korter kunnen.
- **'Functionele geulen':** Door het verminderde grondwerk van de laatste decennia hebben veel geulen een kans gekregen zich te profileren als functionele (-> niet dichtgeslibd, diep/smalle en onbegroeid) of niet-functionele geul (dichtgeslibd en begroeid). Bij het aanbrengen van aanpassingen aan het afwateringssysteem zou (per subvak) gekeken kunnen worden welke geulen het beste functioneren en het systeem daarop te laten aansluiten.

#### 4. *Wat kan er met de tot nu toe verkregen resultaten van de 0-proef wordt gedaan?*

Tot nu toe zijn er bij de 0-proef geen negatieve ontwikkelingen geweest. Zolang hier nog geen grenswaarden zijn bereikt met betrekking tot kwelderverlies of natte/kale plekken kan de proef in de huidige vorm doorgaan. Aangezien in de rest van de kwelderwerken het grondwerk al tot een minimum is teruggebracht (Figuren 7 en 8) zijn de resultaten van de 0-proef eigenlijk al met succes ingevoerd.

#### 5. *Welke adviezen ten aanzien van het beheer kunnen worden gegeven?*

Het is gebleken dat het niet onrealistisch is om te pogen het huidige afwateringssysteem te veranderen in een systeem dat in staat is zonder onderhoud te functioneren. Echter, een 'visueel aantrekkelijk' krekensysteem is op korte termijn niet te verwachten, omdat een (natuurlijk) krekensysteem zich vanaf de kaal wad situatie af ontwikkelt. In een begroeide kwelder zijn bestaande krekens en greppels door de boven- en ondergrondse invloed van planten vrij stabiel en plaatsvast.



De meeste kans op natuurlijke kreekvorming bestaat in de pionierzone en op het kale wad. Het niet of hooguit minimaal verrichten van grondwerk in deze zone, zoals reeds de huidige praktijk is, sluit daar daarom goed bij aan.

Het dichtslibben van greppels en het daardoor ontstaan van kale en/of natte plekken van beperkte omvang vergroot het natuurlijke karakter van de kwelderwerken en de diversiteit.

### ***Aanbevelingen***

Ten aanzien van het voortzetten van de Krekenproef en het stimuleren van de natuurlijkheid in de kwelderwerken worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Omdat de duur van de proef blijkbaar te kort is geweest om de **varianten** te kunnen toetsen aan de gestelde criteria wordt geadviseerd om met name het monitoren van de **elementen** uit de Krekenproef die gericht waren op de afwatering te continueren, totdat duidelijk wordt hoe de kwelder zich onder de verschillende varianten in het afwateringssysteem gaat ontwikkelen. Hierbij kan gedacht worden aan het jaarlijks opnemen van de toestand van de greppels, dwarssloten en hoofdleidingen (bijv. door Alterra samen met RWS-medewerkers) en het jaarlijks (bijv. in augustus/september) uitvoeren van een profielmeting over de dwarssloten bij de huidige meetpunten.
- Omdat voor de (gedeeltelijke) voortzetting van de Krekenproef de randvoorwaarden en grenswaarden van kracht zullen blijven, wordt voortzetting van het maken van luchtfoto's met bijbehorende controle van de vegetatie op de grond in de Krekenproef aangeraden. Omdat de standaard-opname (elke 5-6 jaar) eventuele problemen mogelijk te laat signaleert is een tweejaarlijkse opname wenselijker.
- Ditzelfde geldt voor de 0-proef. Bovendien is het bij deze proef nuttig is om te weten óf en, zo ja, wanneer zich negatieve (of positieve) ontwikkelingen gaan voordoen.
- Inventariseren van alternatieve/aanvullende mogelijkheden om tot een natuurlijk(er) afwateringssysteem te komen in (delen van) de kwelderwerken.



## Literatuur

Adam, P., 1993. Saltmarsh ecology. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press.

Volkshuisvesting, 2001. Derde nota Waddenzee. Deel 3: Kabinetsstandpunt planologische kernbeslissing. VROM 010592/b/11-01 15684/179, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Centrale Directie Communicatie, Den Haag. 150 p.

Arens, S., Fischer, U. & Götting, E., 1999. Okologische Untersuchungen des NLO-Forschungsstelle Küste zu Deichverstärkungen im Gebiet de III. Oldenburgischen Deichbands – Zusammenstellung der Arbeiten von 1989 bis 1999. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 13/1999, Norderney. 54 p.

Ashton, C.L., 1994. A comparison of salt marsh creek profiles on two contrasting East Anglian salt marshes. Script of a study report.

Bayliss-Smith, T.P., Healey, R., Lailey, R., Spencer, T. & Stoddart, D.R., 1979. Tidal flows in salt marsh creeks. Estuarine and Coastal Marine Science 9: 235-255.

Beeftink, W.G., 1965. De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Meded. Landbouw. Wagen. 65: 1-167.

Beeftink, W.G., 1966. Vegetation and habitat of the salt marshes and beach plains in the south-western part of the Netherlands. Wentia 15: 83-108.

Boon III, J.D., 1975. Tidal discharge asymmetry in a salt marsh drainage system. Limnology and Oceanography 20: 71-80.

Boorman, L.A., Pakeman, R., Grootjans-Davis, N., Garbutt, A., Ashton, C.L., Pittman, S. & R. Walker, 1993. The effects of environmental change on European salt marshes. Results of vegetation, water and sediment studies from the UK sites. ITE Project T08074A5, Progress Report: 2-9.

Bossinade, J.H., Van den Bergs, J. & Dijkema, K.S., 1993. Invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. IBN-rapport 49, 22 p.

Bouwsema, P., Bossinade, J.H., Dijkema, K.S.(red), Van Meegen, J.W.TH.M., Reenders, R. & W. Vrieling, 1986. De ontwikkeling van de hoogte en van omvang van de kwelders in de landaanwinningswerken in Friesland en Groningen. RIN-rapport 86/3, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel/ Nota ANA-86,05, Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Dienstkring Baflo.

Carter, R.W.G., 1988. Coastal Environments - An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press - London, chapter 9, Coastal Wetlands - salt marshes: 335-346.

CWSS, 1997. TMAP (Trilateral Monitoring and Assessment Program) Manual (version December 1997). Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

Dankers, N., Binsbergen, M., Zegers, K., Laane, R. & Van der Loeff, M.R., 1984. Transportation of water, particulate and dissolved organic and inorganic matter between a salt marsh and the Ems-Dollard Estuary, The Netherlands. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 19: 143-165.

De Glopper, R.J., 1967. Over de bodemgesteldheid van het waddengebied. *Van Zee tot Land* 43: 41-59.

De Jong, D.J., Dijkema, K.S., Bossinade, J.H. & Janssen, J.A.M., 1998. SALT97, een classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat (RIKZ, Directie Noord Nederland, Meetkundige Dienst) & IBN-DLO (Texel), 26 p.

Dijkema, K.S., Van den Bergs, J., Bossinade, J.H., Bouwsema, P., De Glopper, R.J. & Van Meegen, J.W.Th.M., 1988. Effecten van rijzendammen op opslibbing en omvang van de vegetatiezones in de Friese en Grononger Landaanwinningswerken. RWS, Directie Groningen, Nota GRAN 1988-2010; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel, RIN-rapport 88/66; Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad, RIJP-rapport 1988-33 Cbw., 130 p.

Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Van den Bergs, J. & Kroeze, T.A.G., 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. RIN-rapport 91/10; RWS Directie Groningen, Nota GRAN 1991-2002, 156 p.

Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Nicolai, A., Jongerius, H., Frankes, J., Haan, K., Leusink, P. & Venema, H., 2000. Beheer Kwelderwerken. Verslag monitoring kwelderwerken Waddenkust Friesland en Groningen november 1999-oktober 2000. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel, Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, ANW, Leeuwarden, Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, ADG, Delfzijl, 18 p. + bijlagen.

Dijkema, K.S., Nicolai, A., De Vlas, J., Smit, C., Jongerius, H. & Nauta, H., 2001. Van Landaanwinning naar Kwelderwerken. Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, Leeuwarden, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel, 68 p.

Esselink, P., Dijkema, K.S., Reents, S. & Hageman, G., 1998. Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made tidal marshes in the Ems Dollard estuary, The Netherlands. *Journal of Coastal Research* 14: 570-582.

French, J., Spencer, T. & Stoddart, D., 1990. Backbarrier salt marshes of the north Norfolk coast: geomorphic development and response to rising sea-level. Ecology and Conservation Unit, paper no. 54, University College London, 35 p.

French, J.R. & Stoddart, D.R., 1992. Hydrodynamics of salt marsh creek systems: Implications for marsh morphological development and material exchange. *Earth Surface Processes and Landforms* 17: 235-252.

Grotjahn, M., Michaelis, H., Obert, B. & Stephan, H.-J., 1983. Höhenentwicklung, Sediment, Vegetation und Bodenfauna in den Landgewinnungsfeldern beiderseits des Cappeler Tiefs (1957-1978). *Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz* 34, Jber.1982: 64-93.

Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. Am. Bull.* 56:275-370.

Houwing, E.-J, Van der Waaij, Y., Terwindt, J.H.J., Augustinus, P.G.E.F., Dijkema, K.S. & Bossinade, J., 1995. Salt marshes and sea level rise: plant dynamics in relation to accretion enhancement techniques. IMAU-report R95-27, 146 p.

Jakobsen, B., 1953. Landskabsudviklingen i Skallingmarsken. *Særtryk af Geografisk Tidsskrift* 52: 147-158.

Jansen, B.J.M., 1997. Toelichting bij de landschappelijke zoneringskaart van Dongeradeel 1996 op basis van false-colour luchtfoto's 1:5000. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, 7p.+ bijlagen.

Kestner, F.J.T., 1975. The loose-boundary regime of the wash. *Geogr. J.* 141: 388-414.

Küchter, A.W. & Zonneveld, I.S. (eds) , 1988. *Vegetation mapping*. Kluwer, Dordrecht, 635 p.

Leys, H.N., 1978. Handleiding ten behoeve van vegetatiekarteringen. K.N.N.V. Wetenschappelijke mededeling 130, 52 p.

Long, S.P. & Mason, C.F., 1983. *Saltmarsh ecology. Tertiary level biology*. Blackie, Glasgow - London. Chapter two, Saltmarsh formation, physiography and soils: 12-38.

Pestrong, R., 1965. The development of drainage patterns on tidal marshes. Stanford University Publications, Geological Sciences, Volume X, Number 2, 87 p.

Pethick, J.S., 1974. The distribution of salt pans on tidal marshes. *J. Biogeogr.* 1: 57-62.

Randerson, P.F., 1979. A simulation model of salt-marsh development and plant ecology. In: B. Knights & A.J. Phillips (eds), *Estuarine and Coastal Land Reclamation*

and Water Storage. Estuarine and Brackish Water Sciences Association (Great Britain), Saxon House Teakfield Ltd., England, 48-67.

Ranwell, D.S., 1964. *Spartina* marshes in southern England. II. Rate and seasonal pattern of sediment accretion. *Journal of Ecology* 52: 79-94.

Reed, D.J., Stoddart, D.R. & Bayliss-Smith, T.P., 1985. Tidal flows and sediment budgets for a salt-marsh system, Essex, England. *Vegetatio* 62: 375-380.

Reed, D.J., 1987. Temporal sampling and discharge asymmetry in salt marsh creeks. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 25: 459-466.

Reed, D.J., 1988. Sediment dynamics and deposition in a retreating coastal salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 26: 67-79.

Reents, S., 1994. Vertical accretion in the salt marshes of the Dollard. Stichting Het Groninger Landschap, Groningen. Intern Rapport 94/1, 81 p.

Reents, S., 1995. Vergelijking van het kunstmatige afwateringssysteem in de kwelderwerken met natuurlijke kreekssystemen. Stageverslag Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland en IBN-DLO, Texel, 97 p. incl. bijlagen.

Richards, F.J., 1934. The salt marshes of the Dovey estuary. IV. The rates of vertical accretion, horizontal extension and scarp erosion. *Annals of Botany* 48: 225-259.

Steers, J.A., 1959. Salt marshes. *Endeavour* 18: 75-82.

Steers, J.A., 1964. *The Coastline of England and Wales*. Cambridge University Press.

Steers, J.A., 1977. Physiography. In: V.J. Chapman(ed.), *Wet coastal ecosystems*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York, 31-60.

Stevenson, J.C., Ward, L.G. & Kearney, M.S., 1988. Sediment transport and trapping in marsh systems: Implications of tidal flux studies. *Marine Geology* 80: 37-59.

Stoddart, D.R., Reed, D.J. & French, J.R., 1989. Understanding salt marsh accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England. *Estuaries* 12: 228-236.

Storm, K., 1999. *Slinkend Onland*. Over de omvang van Zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Zeeland, NOTA AX-99.007. 68 p.

Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull.* 63: 1117-1142.

Van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Zegers, J., 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. IBN-rapport 326, 104 p.

- Van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Zegers, J., 1998. Proef met onderhoudsarme ontwatering in de Kwelderwerken: 'De Kreekenproef'. 1ste tussenrapportage, IBN-DLO, Texel. 13p. + bijlagen.
- Van Duin, W.E. & Dijkema, K.S., 2003. Maaiveldhoogteveranderingen op de kwelders langs de Waddenzee. Alterra-rapport (in prep.)
- Van Gennip, B., 1997. Toelichting bij de landschappelijke zoneringskaart van Het Bildt 1996 op basis van false-colour luchtfoto's 1:5000 en 1:10.000. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, 7p.+ bijlagen.
- Van Gennip, B. & Knotters, A.G., 1999. Toelichting bij de landschappelijke zoneringskaart van Dongeradeel en Het Bildt 1998 met een vergelijking ten opzichte van 1996. Rapport MD-GAE-99.30 Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft. 13 p. + bijlagen
- Van Gennip, B., Tolman, M.E. & Pranger, D.P., 2002. Zoneringskartering Kwelderwerken Dongeradeel en Het Bildt 2001; Vegetatiekartering zomerpolder Holwerd 2001 op basis van false-colour luchtfoto's 1:5000 en dGPS-metingen. Rapport MD-GAE-2002.27. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft. 28 p. + bijlagen
- Van Straaten, L.M.J.U., 1964. De bodem der Waddenzee. In: Het Waddenboek. Nederlandsche Geologische Vereniging, Thieme, Zutphen, 75-151.
- Verhoeven, B., 1983. Geomorphology and soil of salt marshes. In: K.S. Dijkema, & W.J. Wolff [eds]: Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Final report of the section 'Flora and vegetation of the islands' of the Wadden Sea Working Group: 26-37.
- Verhoeven, B. & Akkerman, K., 1967. Buitendijkse mariene gronden, hun opbouw, bedijking en ontginning. Van Zee tot Land 45: 9-63.
- Warming, 1904. Bidrag til Vadernes, Sandenes of Marskens Naturhistorie. Mem. Acad. Roy. Sci. et Lettres de Denmark, 7mm series, D, 2.
- Wilson, B.N. & Storm, D.E., 1993. Fractal analysis of surface drainage networks for small upland areas. Transactions of the ASAE 36: 1319-1326.
- Yapp, R.H., Johns, D. & Jones, O.T., 1917. The salt marshes of the Dovey estuary. The British Ecological Society 5:65-103.
- Zijlstra, W., 1993. Vegetatieontwikkeling op de Dollardkwelder gedurende een periode van extensieverend beheer. Stichting Het Groninger Landschap, Groningen. Intern Rapport 93/2, 61 p.



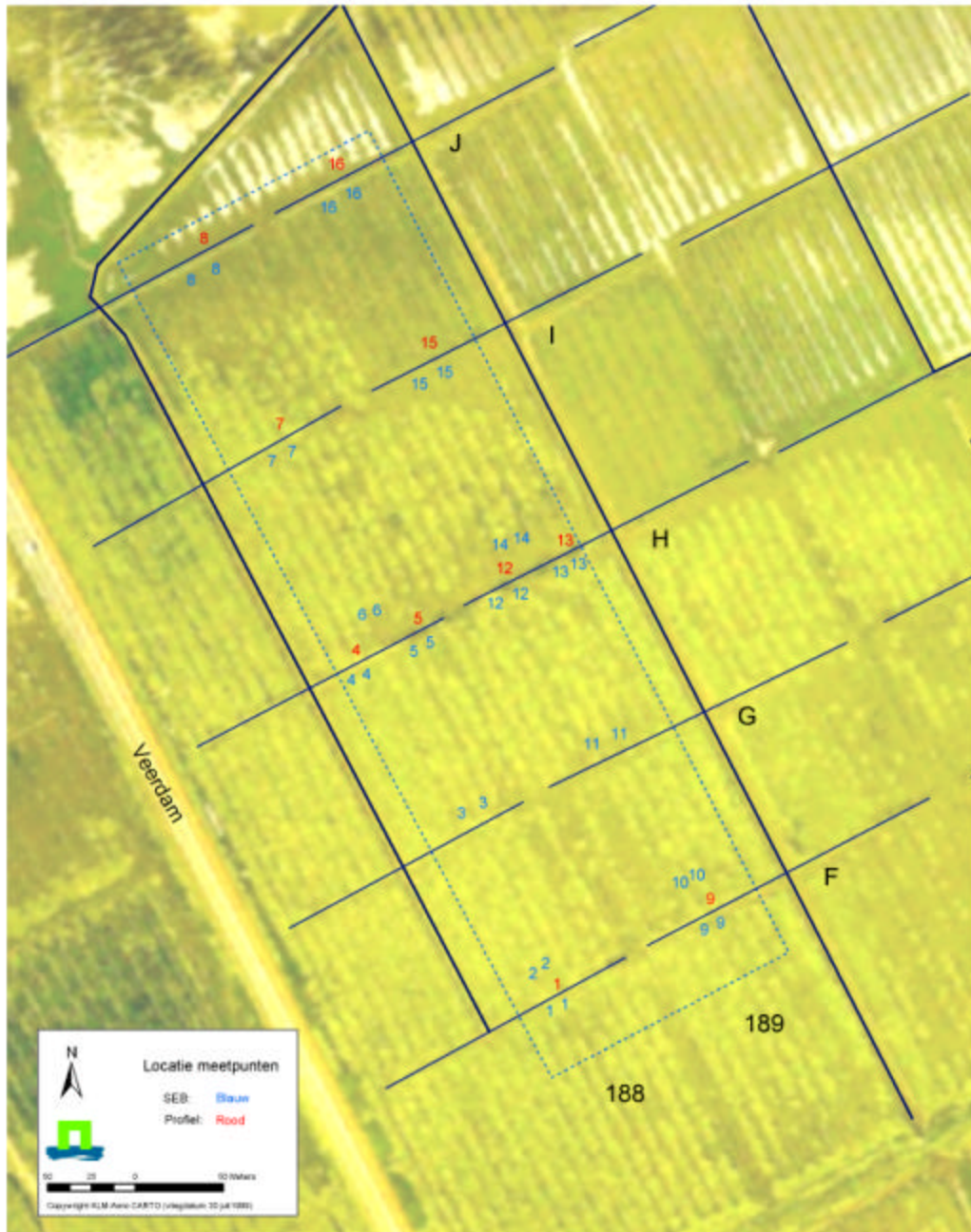


## Bijlagen

- Bijlage 1 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 1.
- Bijlage 2 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 4.
- Bijlage 3 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 5.
- Bijlage 4 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 6.
- Bijlage 5 Referentiegebied bij de Julianapolder (vak 291) met de sedimentatie-erosie balk locaties 5 t/m 20.
- Bijlage 6 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 16 PQ's in vak 188 en 189 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 7 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 24 PQ's in vak 201-204 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 8 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 22 PQ's in vak 205-208 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 9 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 12 PQ's in vak 209-212 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 10 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 20 PQ's in vak 291 van de Julianapolder gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 11 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 11-13 oktober 1999.
- Bijlage 12 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 7-13 december 1999.
- Bijlage 13 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 24-31 januari 2000.
- Bijlage 14 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 14 februari-6 maart 2000.
- Bijlage 15 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 9-26 november 2001.
- Bijlage 16 Dwarsslootprofielen in variant 1 van de Krekenproef van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 17 Dwarsslootprofielen in variant 4 van de Krekenproef van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 18 Dwarsslootprofielen in variant 5 van de Krekenproef van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 19 Dwarsslootprofielen in variant 6 van de Krekenproef van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 20 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 1 van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 21 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 4 van maart 1998 tot maart 2002.

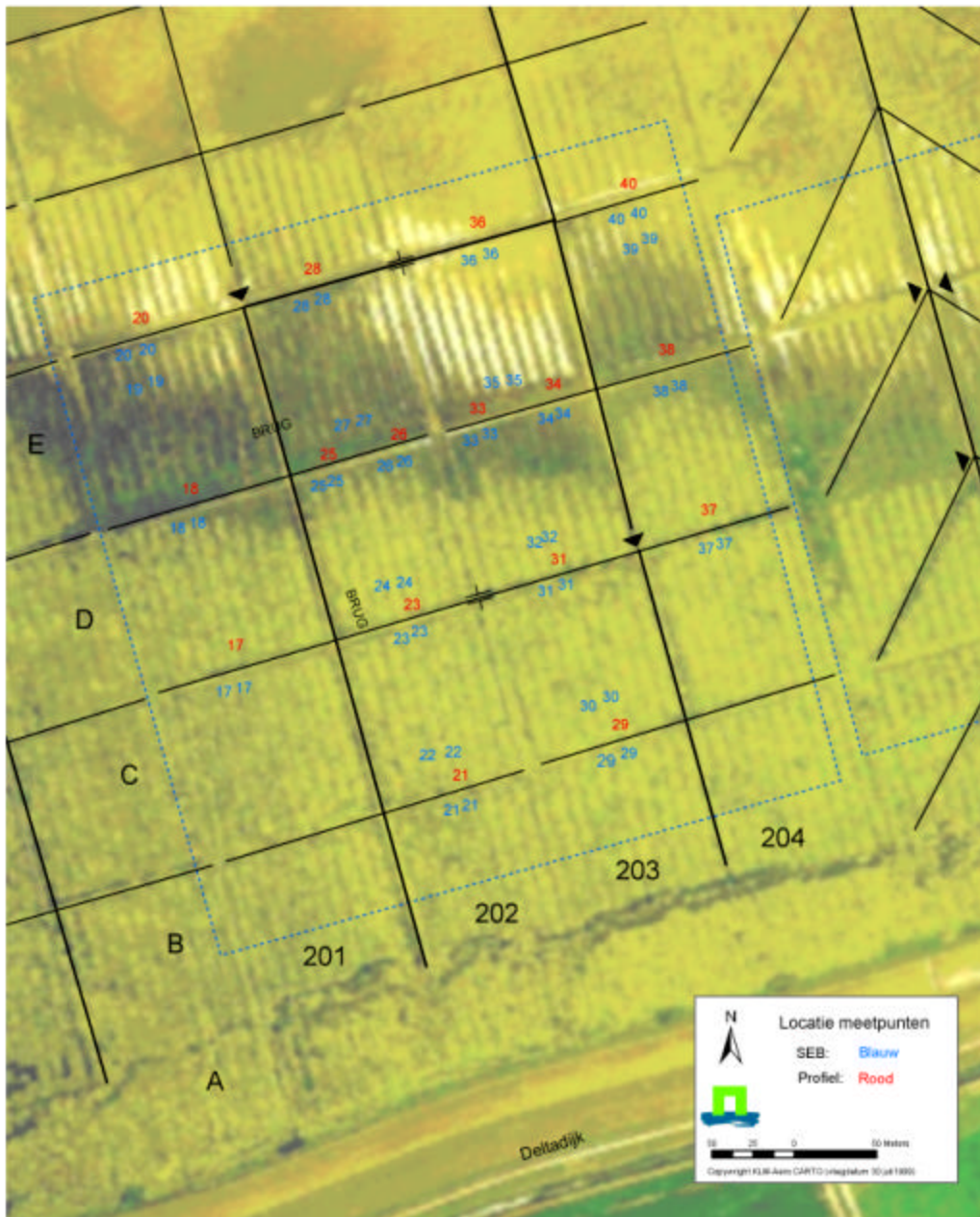
- Bijlage 22 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 4 (vervolg) van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 23 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 5 van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 24 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 5 (vervolg) van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 25 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 6 van maart 1998 tot maart 2002.
- Bijlage 26 Dwarsslootprofielen in het referentiegebied bij de Julianapolder ter hoogte van de tweede, vierde en zesde akker vanaf de hoofdleiding in december 2001.

## Bijlage 1 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 1



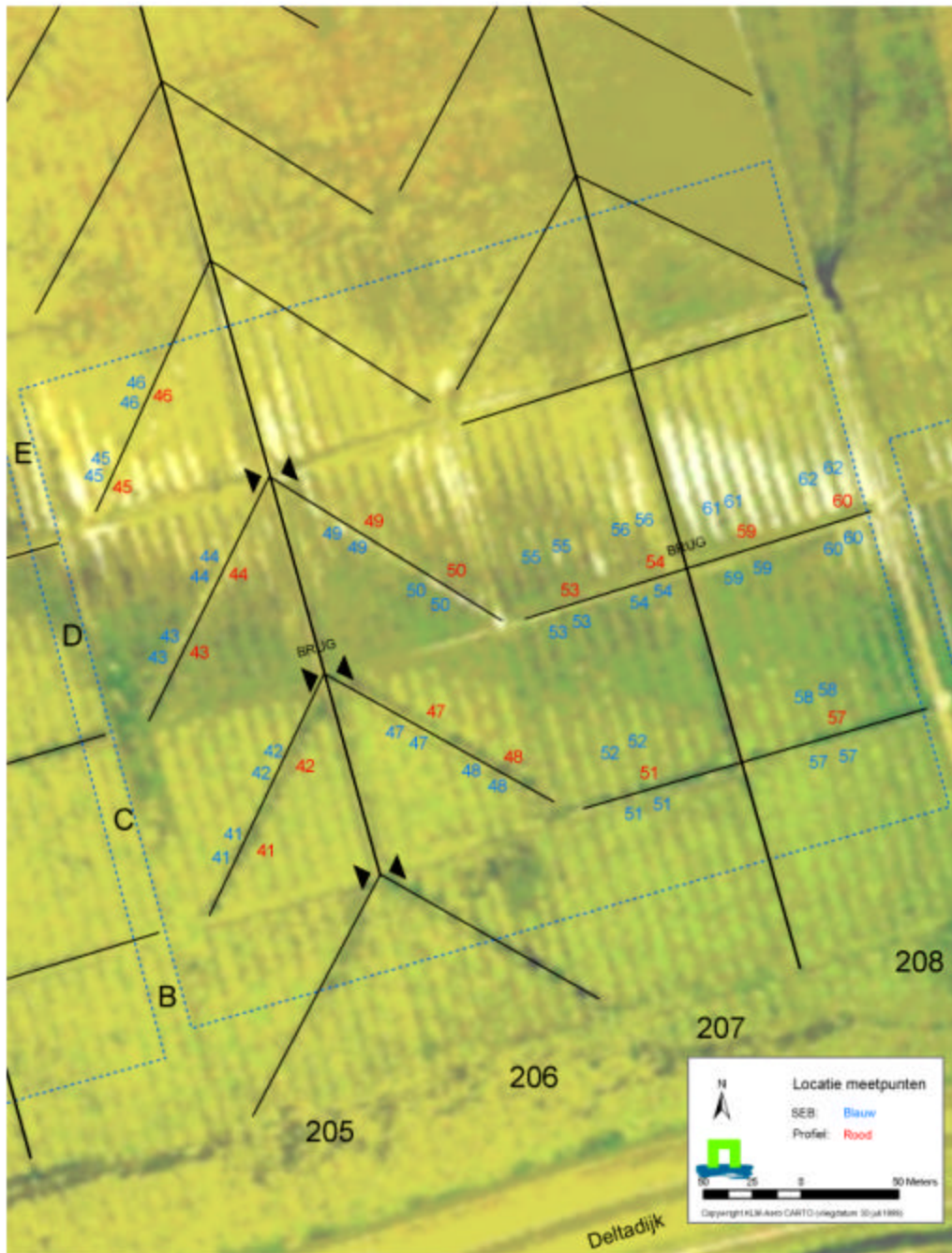


## Bijlage 2 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 4





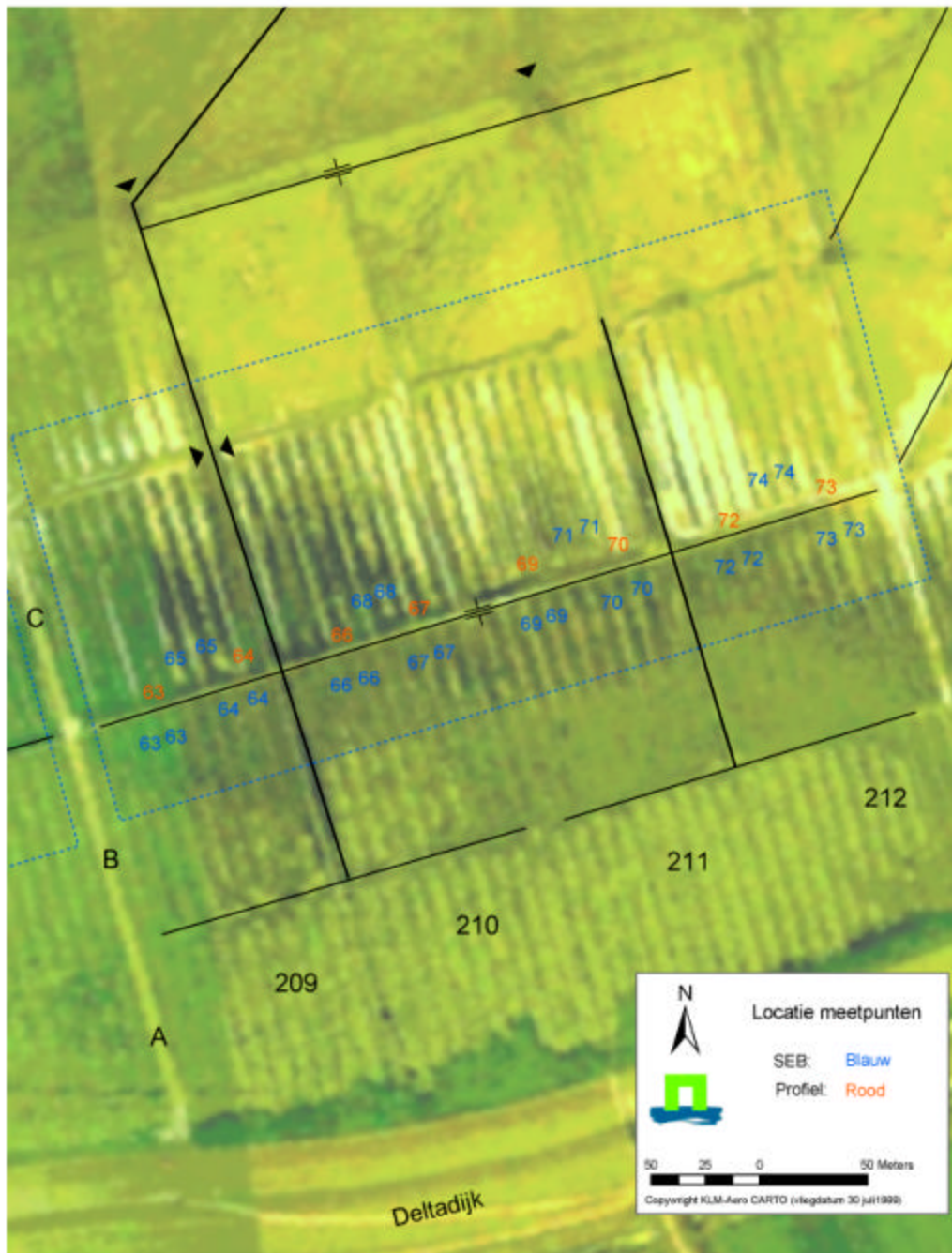
### Bijlage 3 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 5







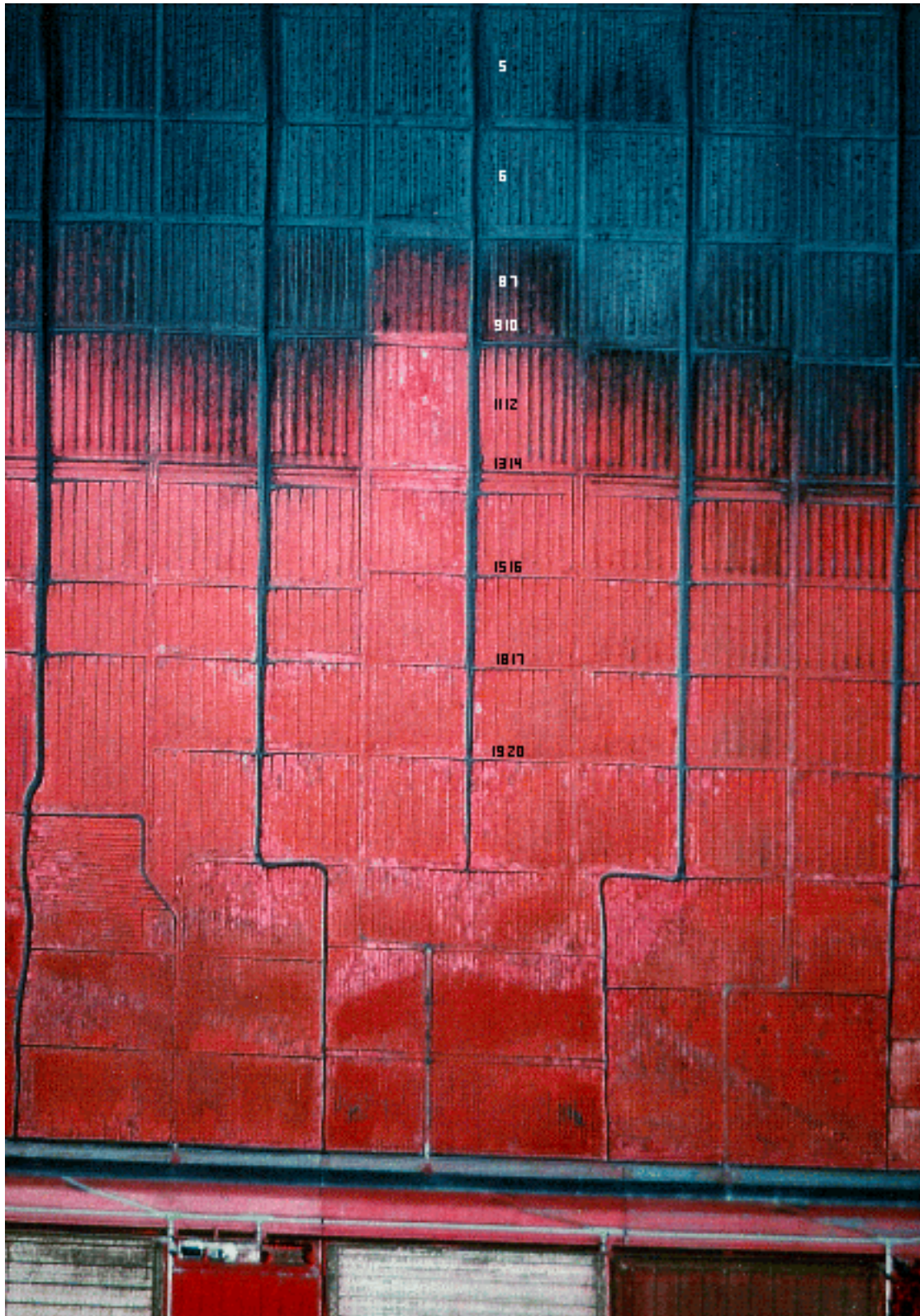
## Bijlage 4 Locatie sedimentatie-erosie balk- en profielmeetpunten in afwateringsvariant 6





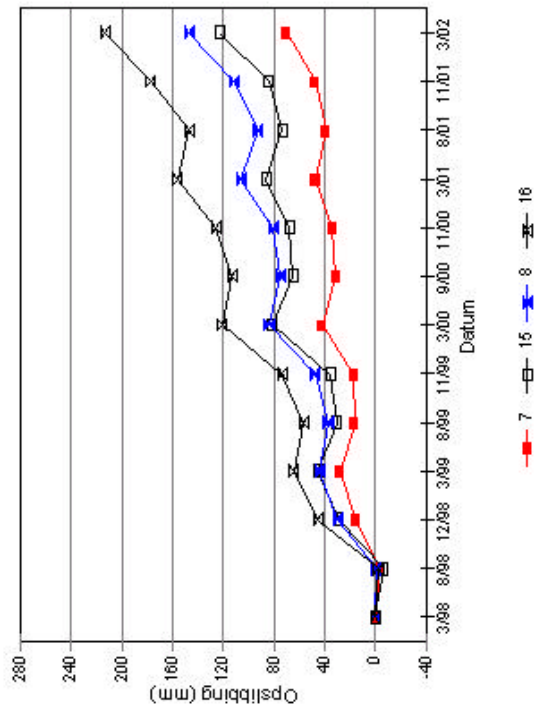
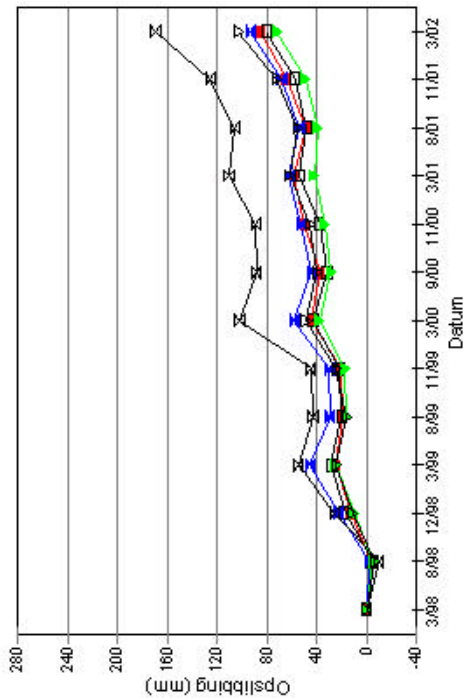
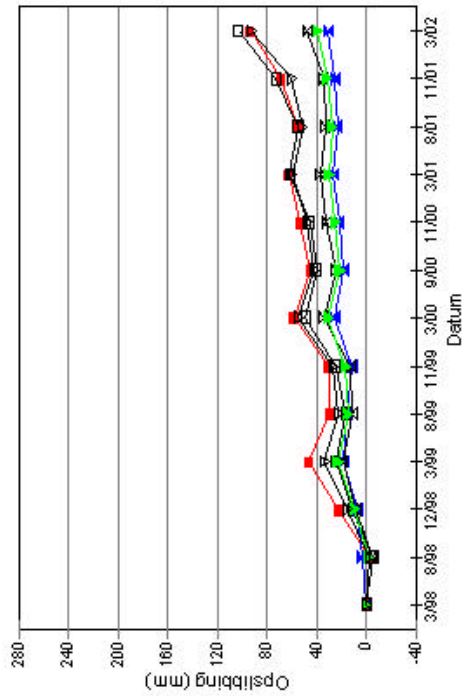
## Bijlage 5 Referentiegebied bij de Julianapolder (vak 291) met de sedimentatie-erosie balk locaties 5 t/m 20

*PQ 1 t/m 4 liggen in het onbegroeide derde bezinkveld (hier niet afgebeeld).*



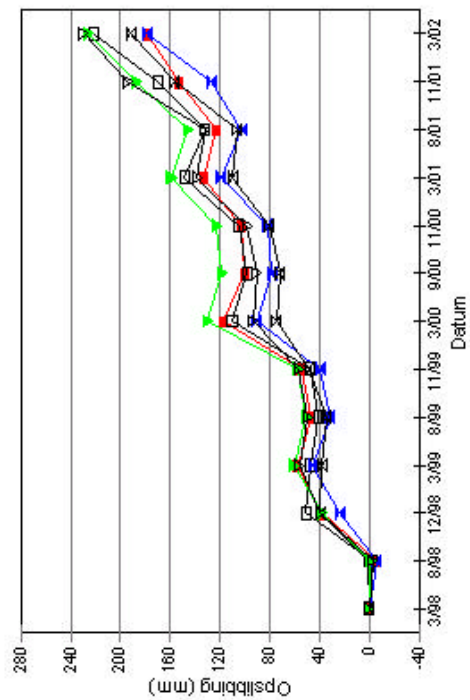
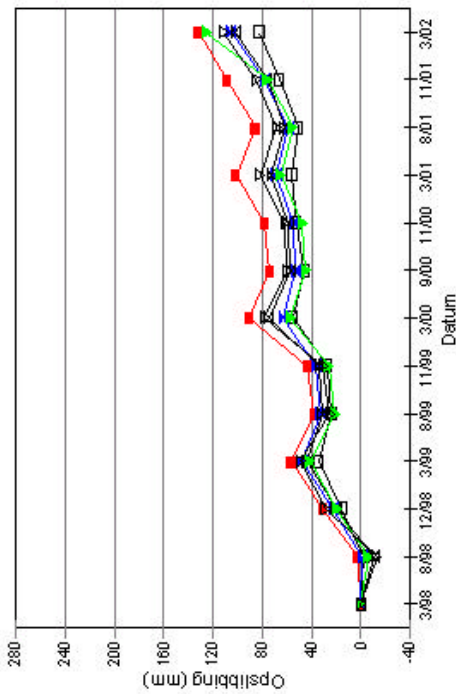
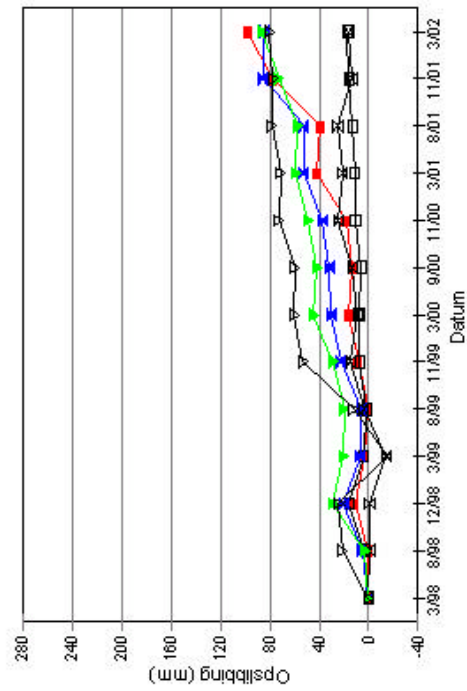
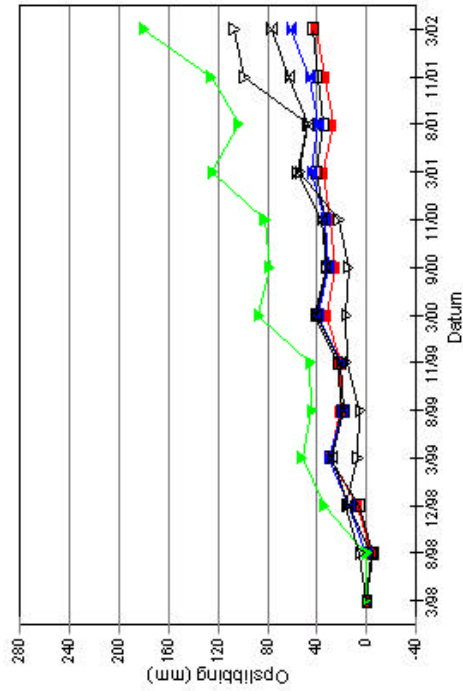


## Bijlage 6 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 16 PQ's in vak 188 en 189 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002





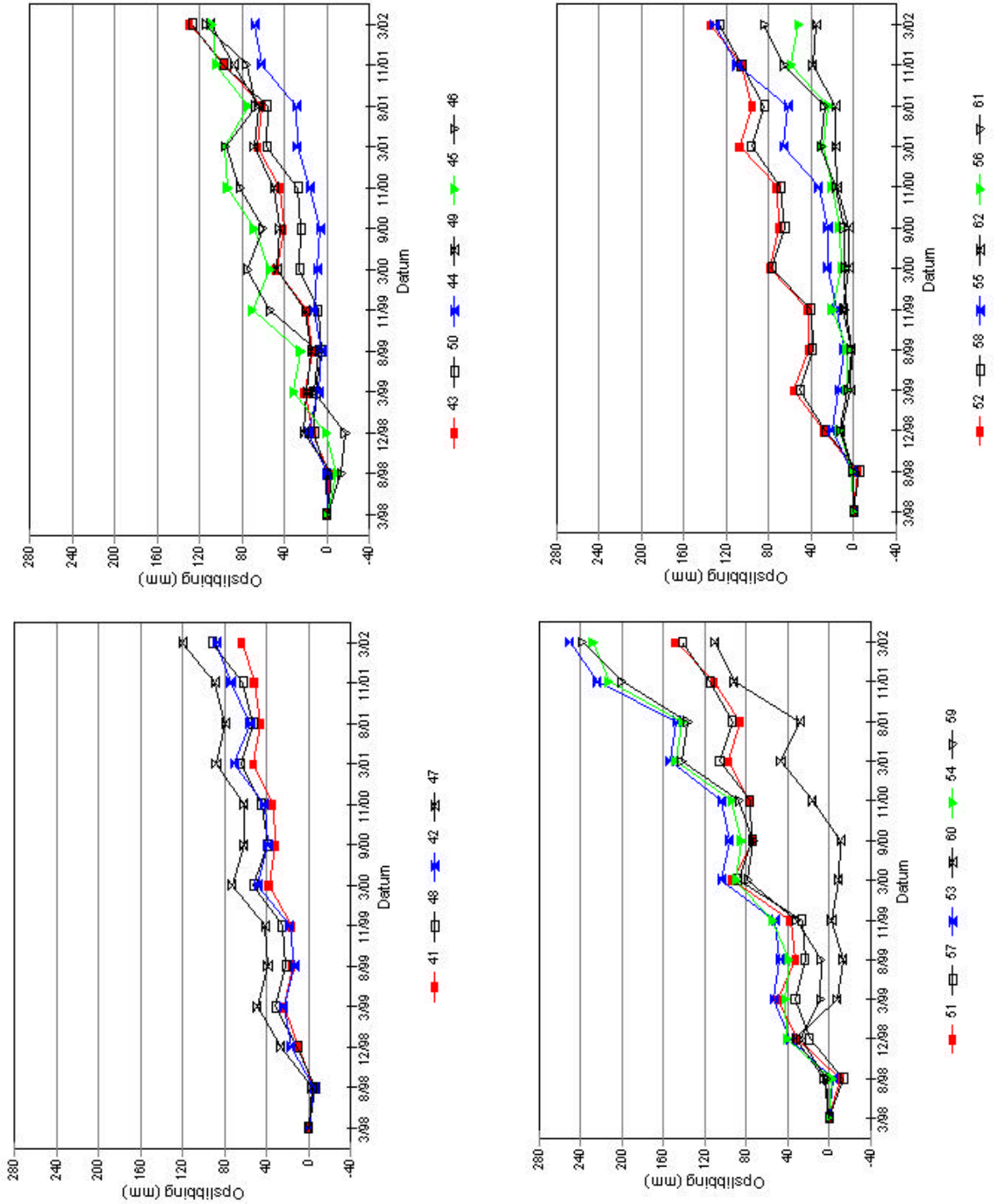
## Bijlage 7 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 24 PQ's in vak 201-204 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002





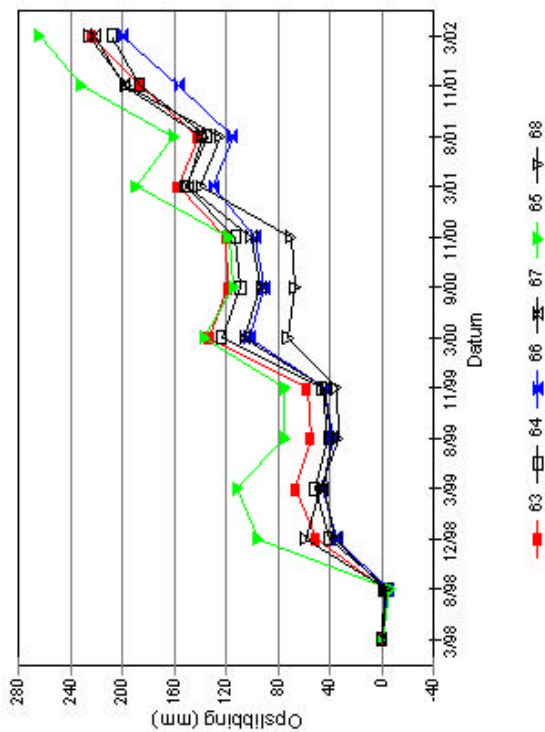
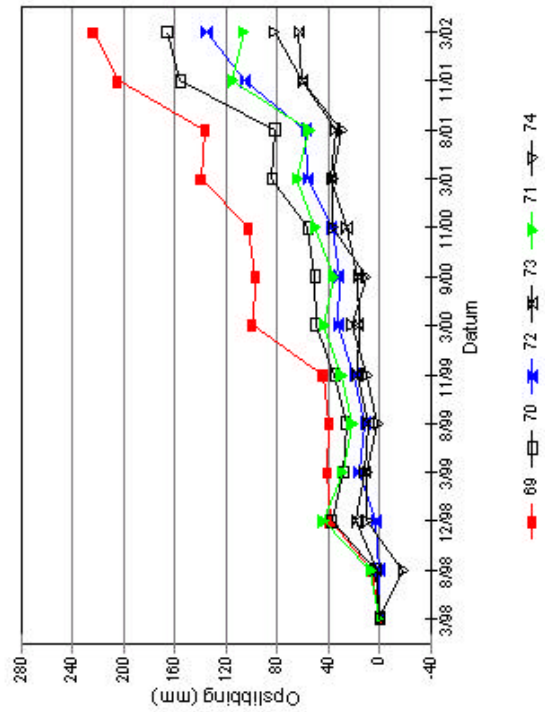


## Bijlage 8 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 22 PQ's in vak 205-208 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002



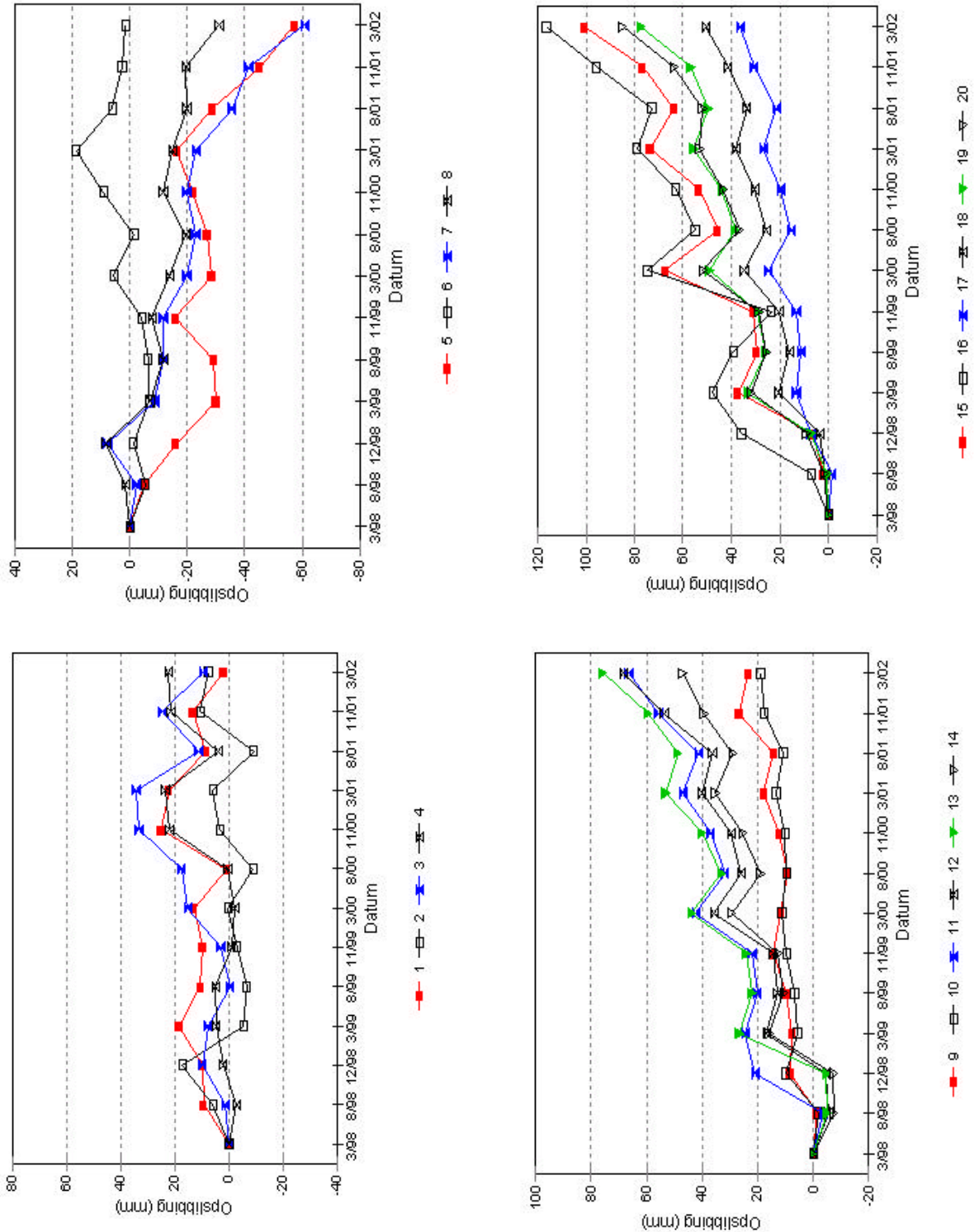


## Bijlage 9 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 12 PQ's in vak 209-212 van de kwelder bij Holwerd gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002



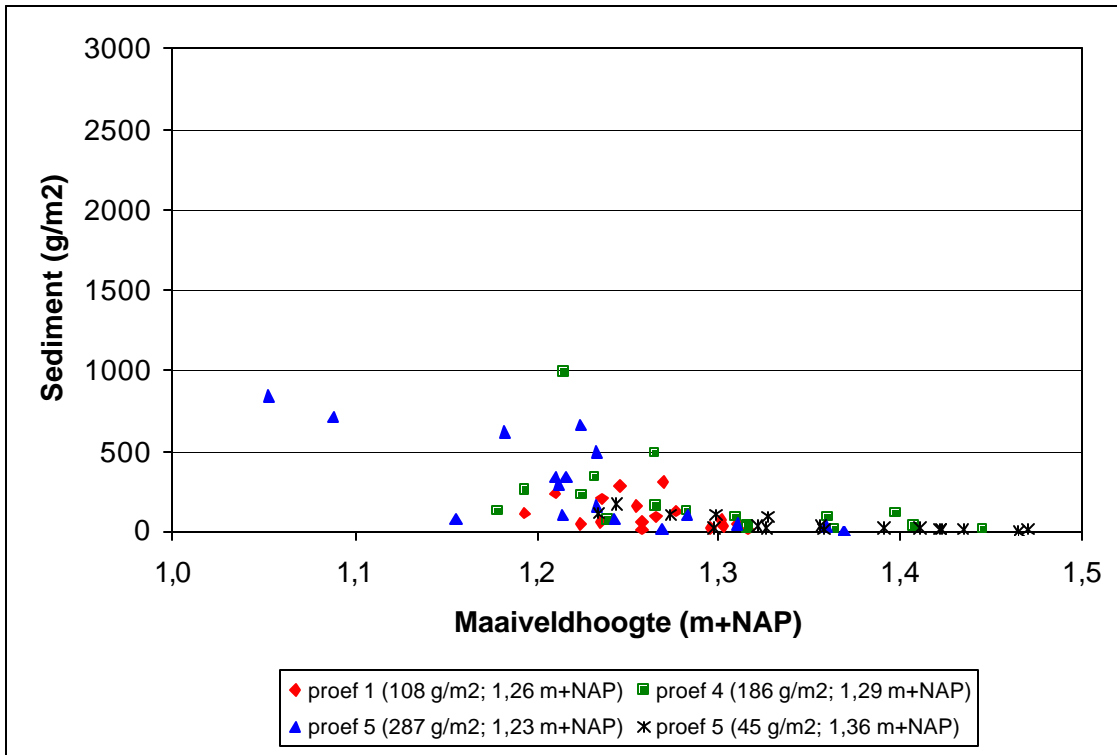


## Bijlage 10 Veranderingen in maaiveldhoogte van de 20 PQ's in vak 291 van de Julianapolder gemeten met de sedimentatie-erosie balk van maart 1998 tot maart 2002





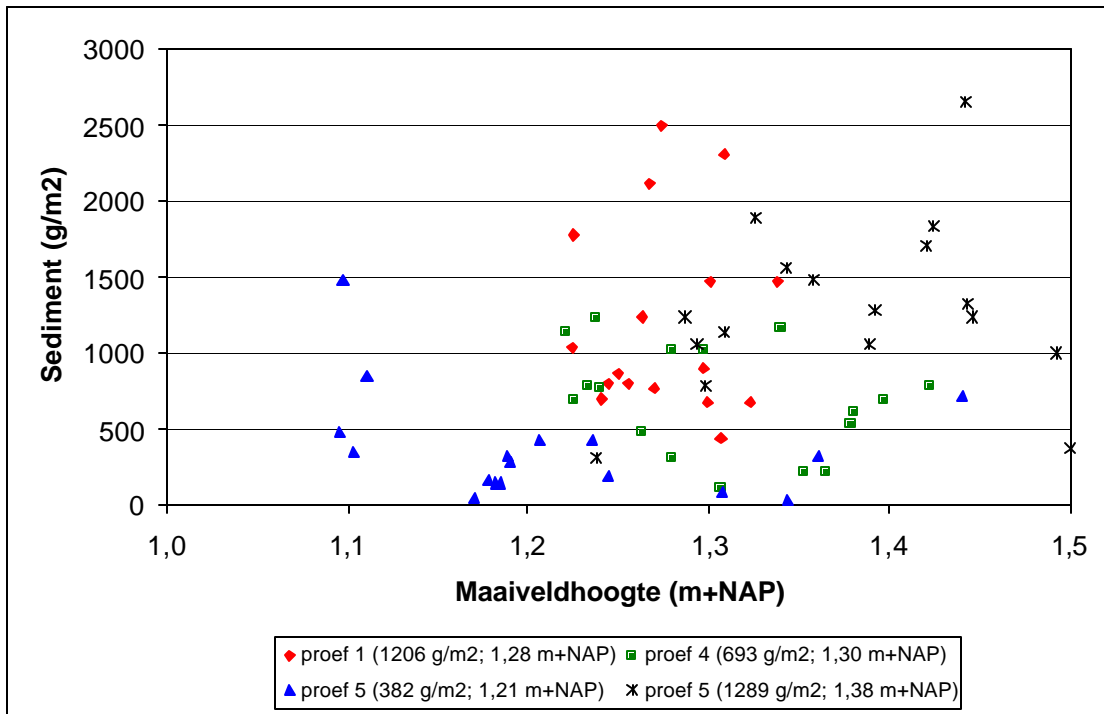
**Bijlage 11 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 11-13 oktober 1999**





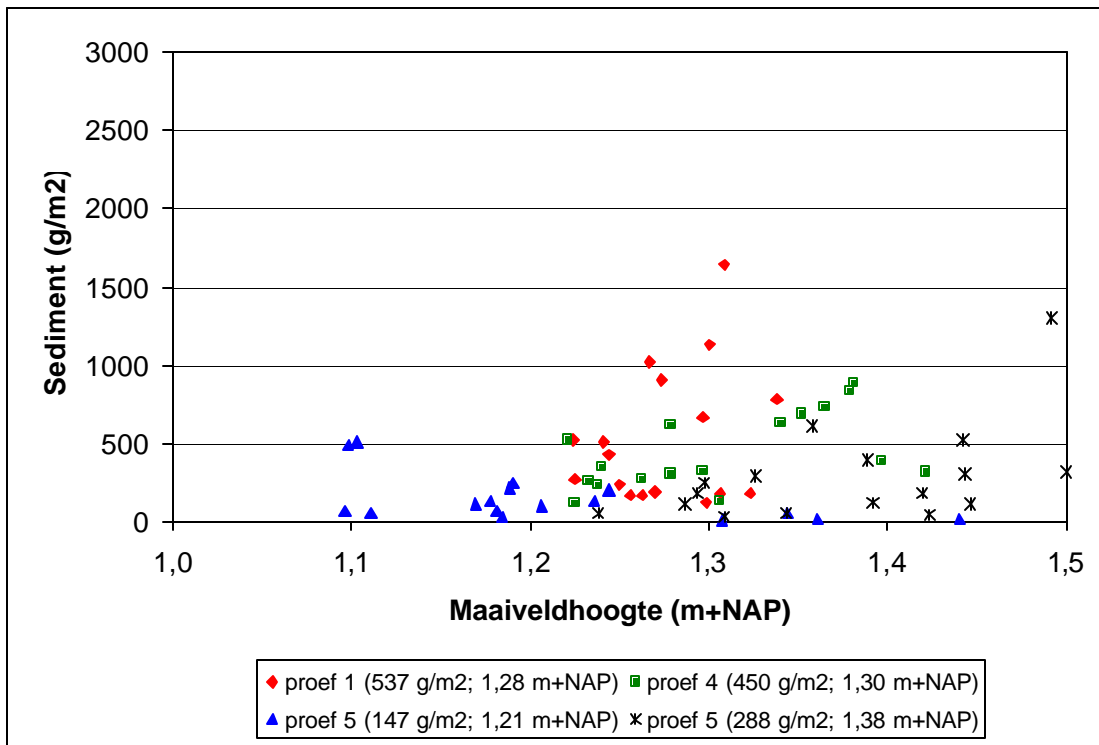


## Bijlage 12 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 7-13 december 1999



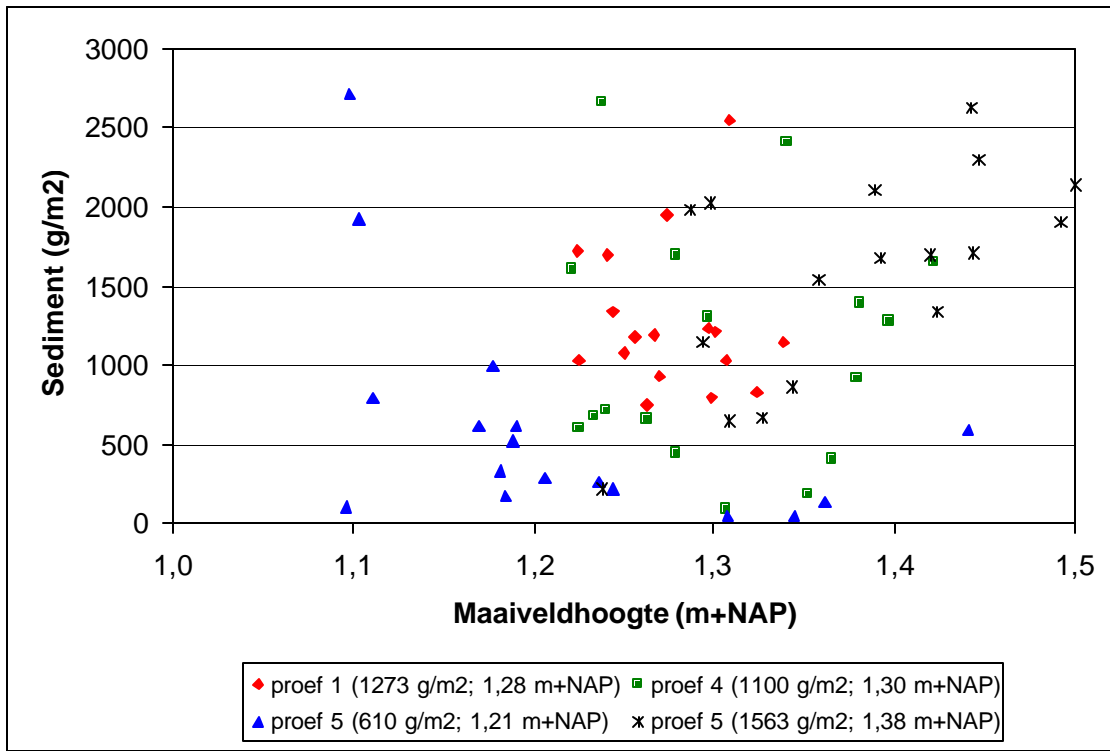


**Bijlage 13 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 24-31 januari 2000**



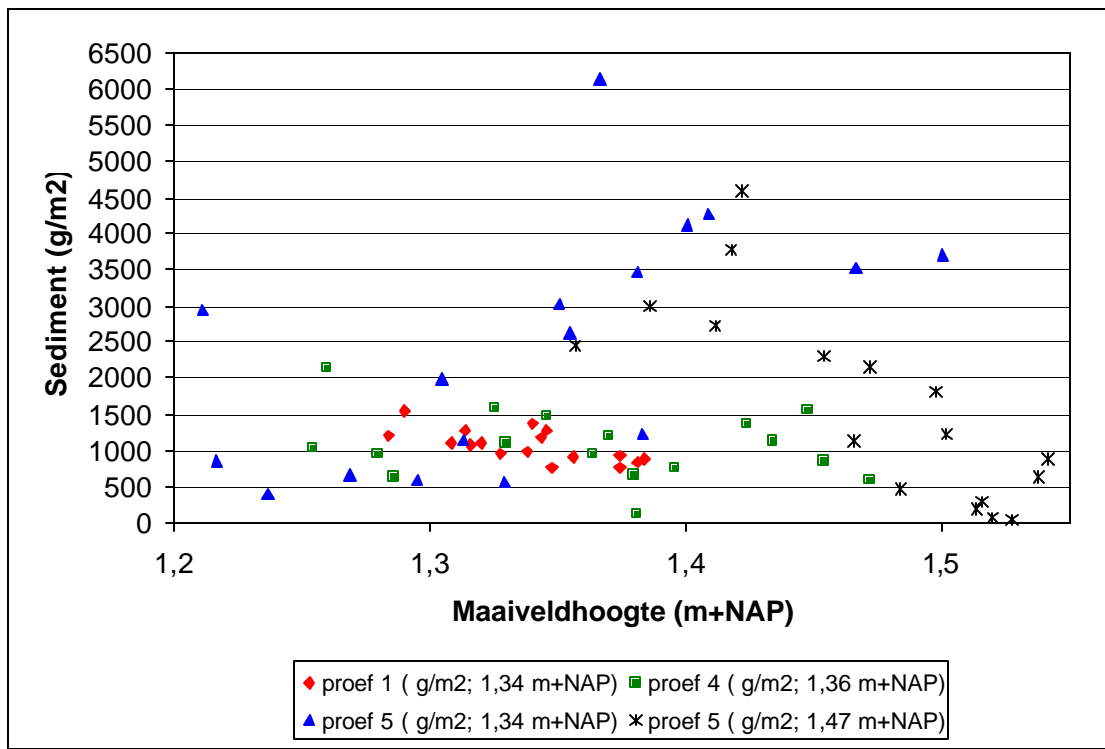


## Bijlage 14 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 14 februari-6 maart 2000





**Bijlage 15 De hoeveelheid sediment op de filters bij variant 1, 4, 5 en 6 te Holwerd afgezet in de periode 9-26 november 2001**

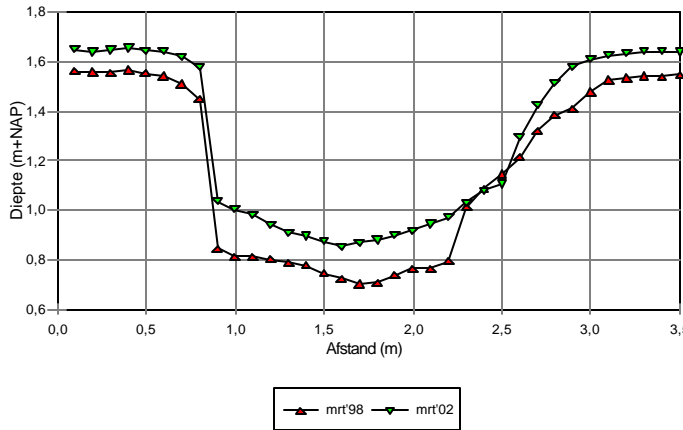




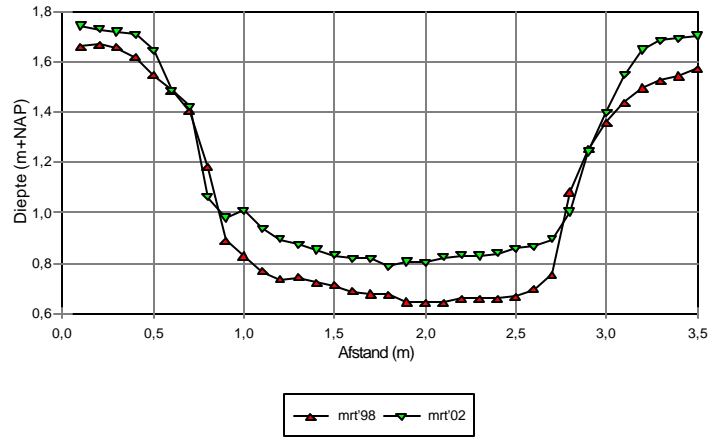


# Bijlage 16 Dwarsslootprofielen in variant 1 van de Kreekenproef van maart 1998 tot maart 2002

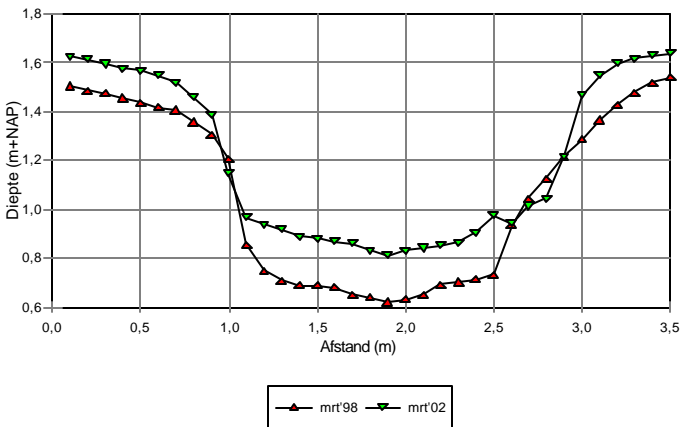
**Profiel 1: dwarssloot 188 FG**



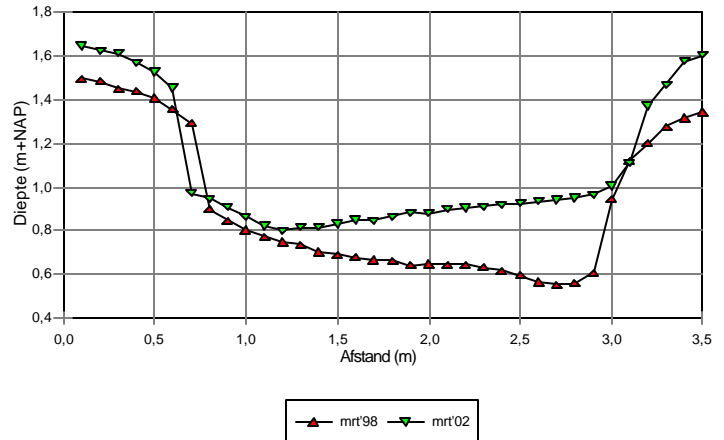
**Profiel 9: dwarssloot 189 FG**



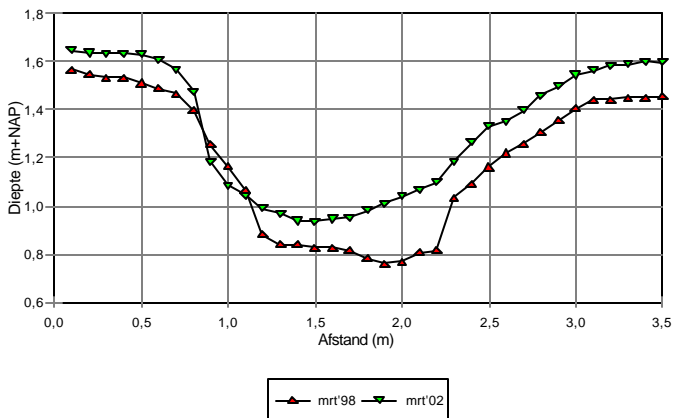
**Profiel 4: dwarssloot 188 HI west**



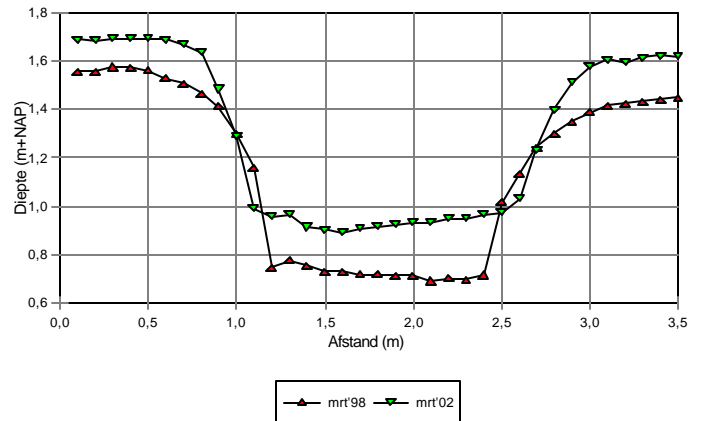
**Profiel 13: dwarssloot 189 HI oost**



**Profiel 5: dwarssloot 188 HI oost**

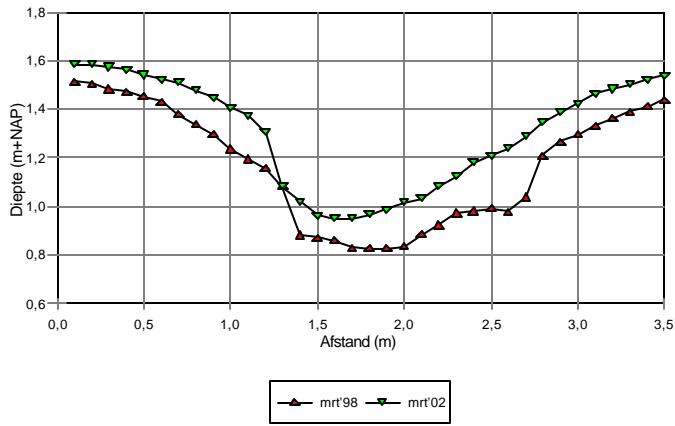


**Profiel 12: dwarssloot 189 HI west**

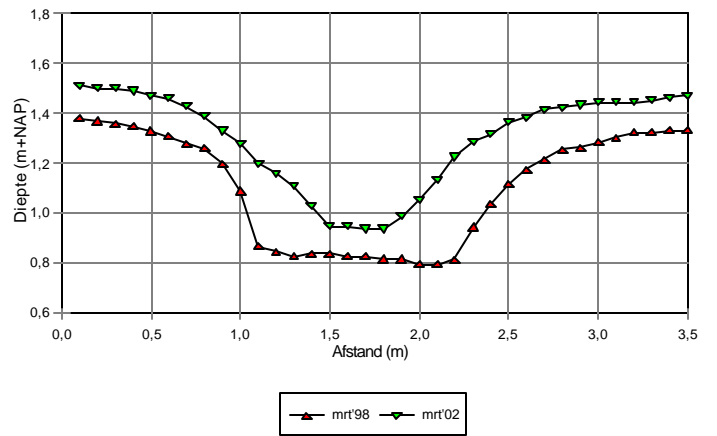


# Bijlage 16 vervolg

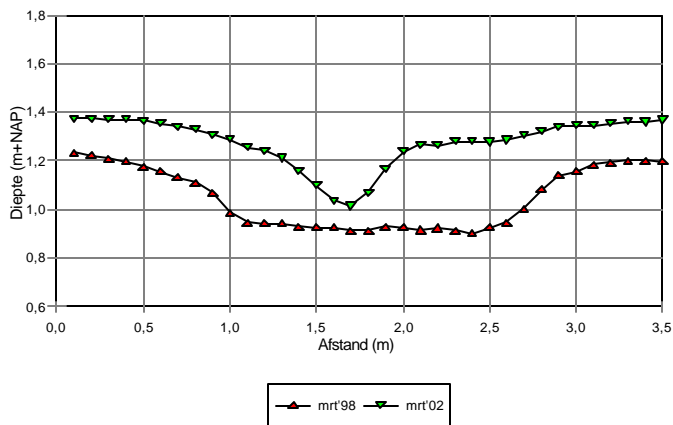
## Profiel 7: dwarssloot 188 IJ



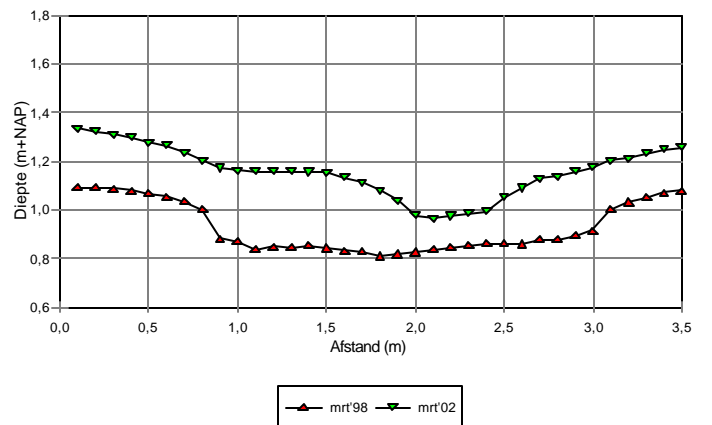
## Profiel 15: dwarssloot 189 IJ



## Profiel 8: dwarssloot 188 JK

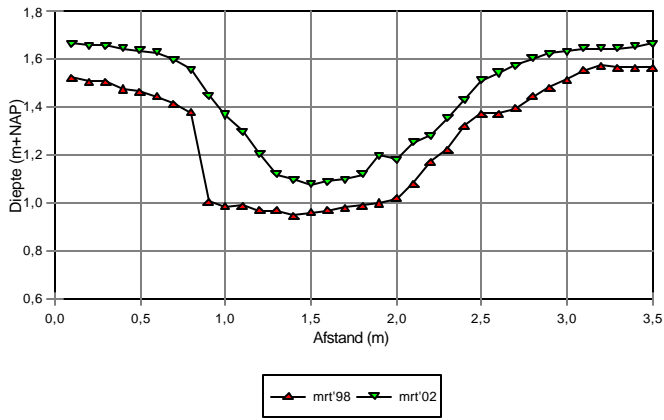


## Profiel 16: dwarssloot 189 JK

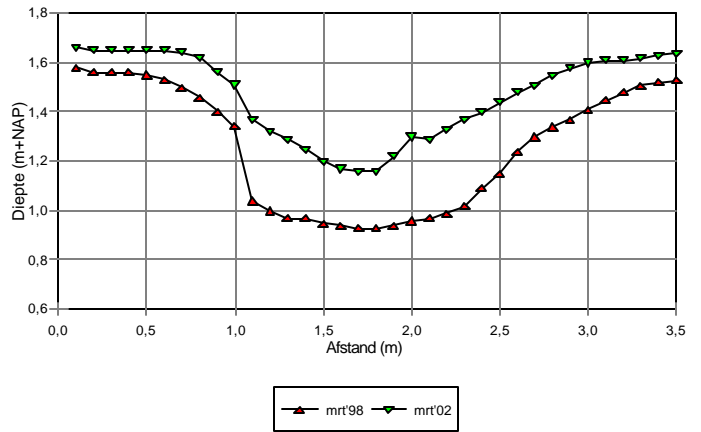


# Bijlage 17 Dwarsslootprofielen in variant 4 van de Kreekenproef van maart 1998 tot maart 2002

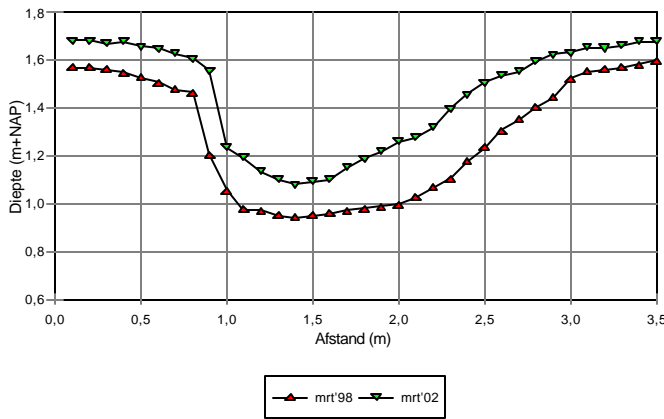
Profiel 21: dwarssloot 202 BC



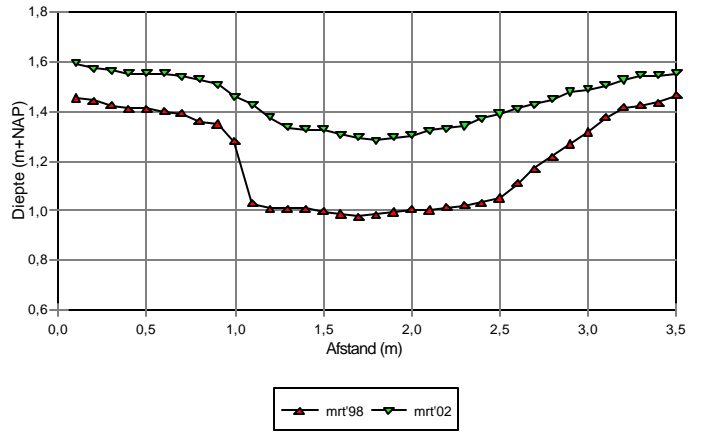
Profiel 29: dwarssloot 203 BC



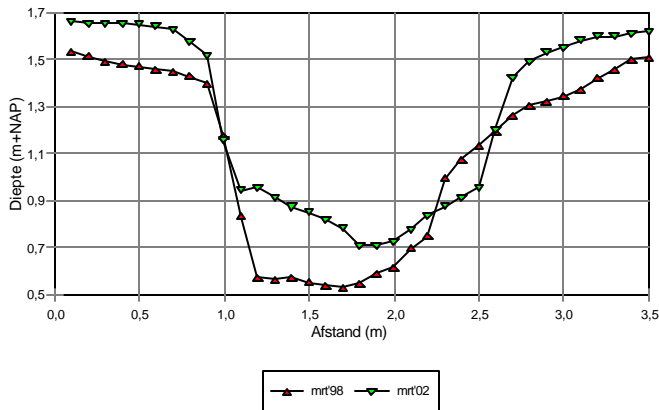
Profiel 17: dwarssloot 201 CD



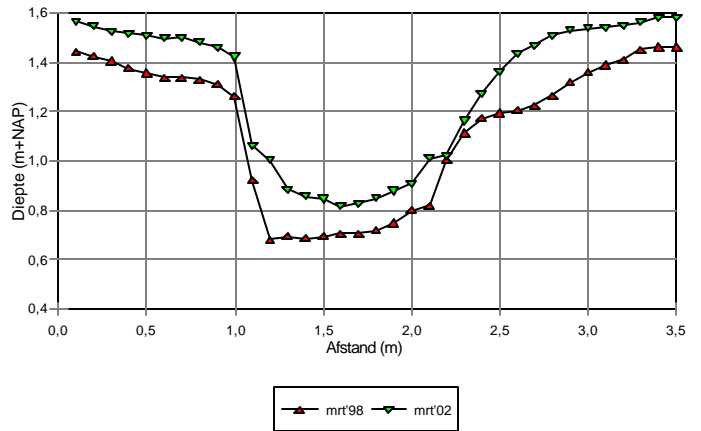
Profiel 37: dwarssloot 204 CD



Profiel 23: dwarssloot 202 CD

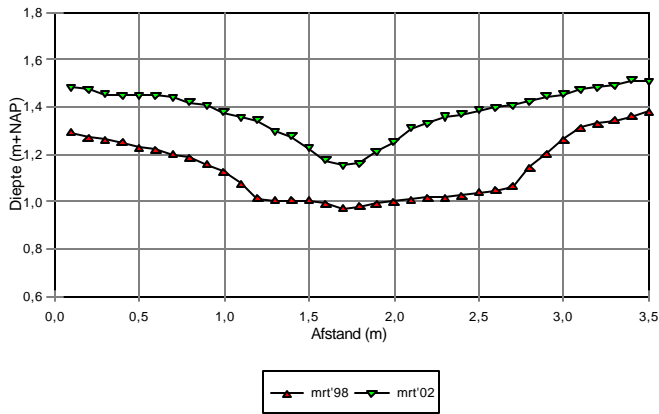


Profiel 31: dwarssloot 203 CD

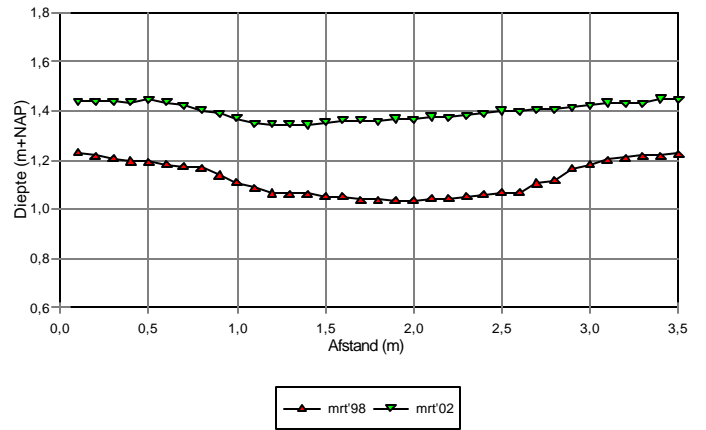


# Bijlage 17 vervolg

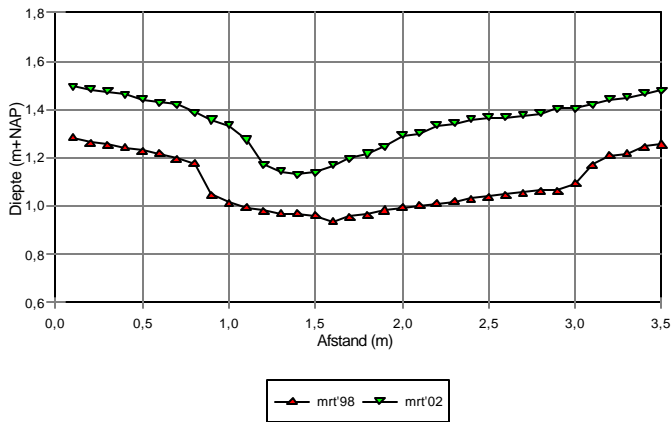
## Profiel 18: dwarssloot 201 DE



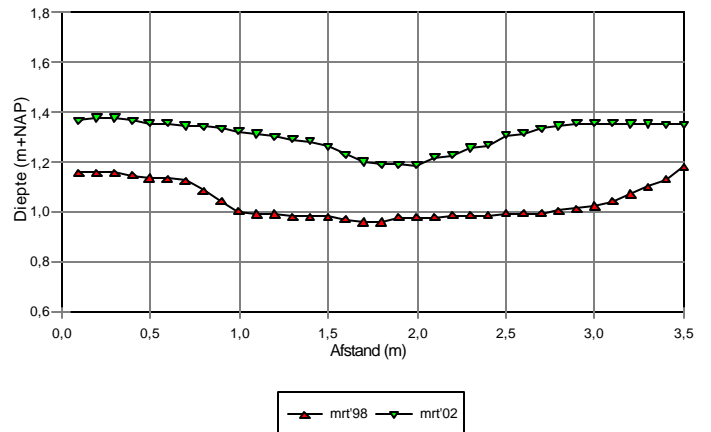
## Profiel 38: dwarssloot 204 DE



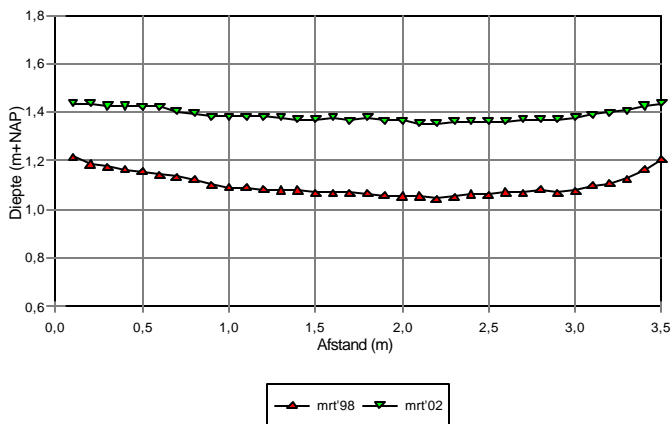
## Profiel 25: dwarssloot 202 DE west



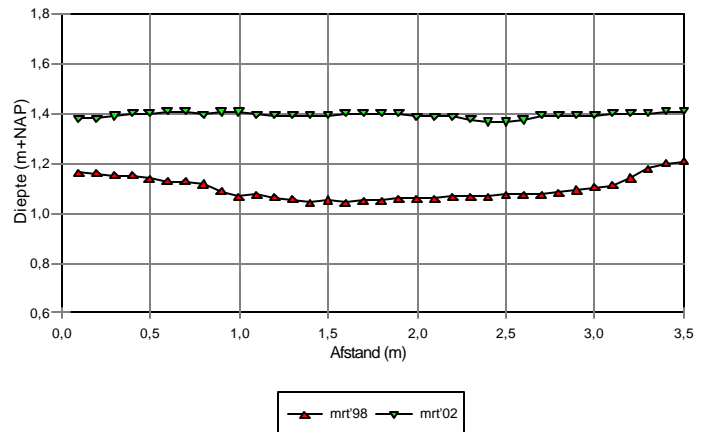
## Profiel 34: dwarssloot 203 DE oost



## Profiel 26: dwarssloot 202 DE oost

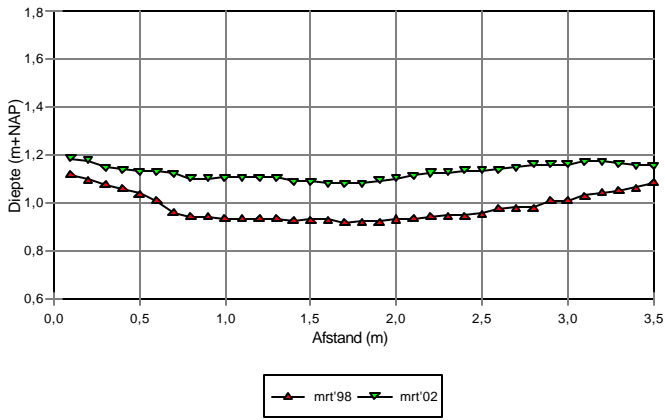


## Profiel 33: dwarssloot 203 DE west

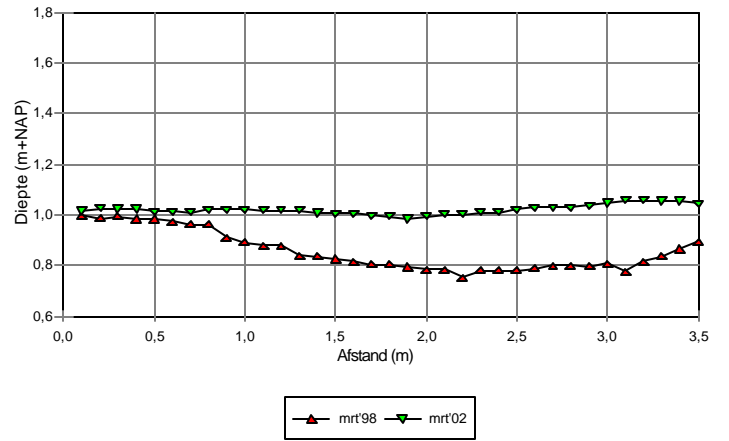


# Bijlage 17 vervolg

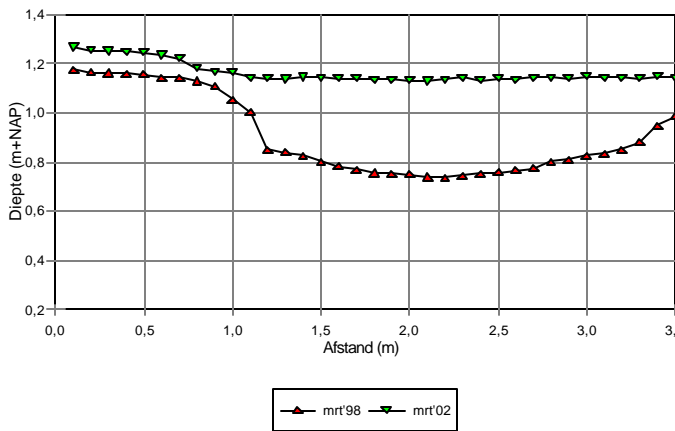
### Profiel 20: dwarssloot 201 EF



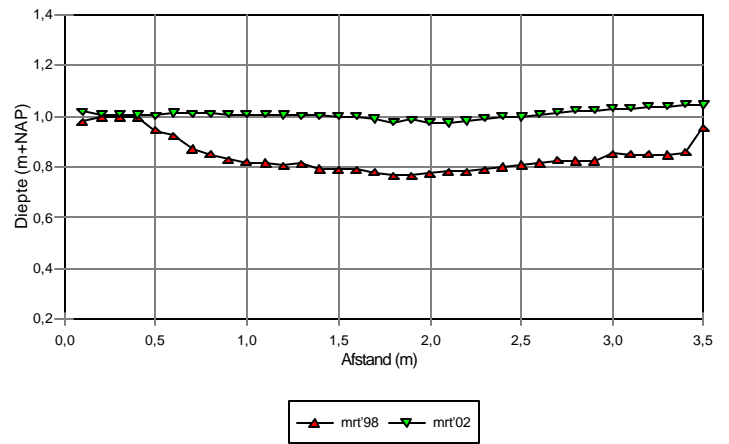
### Profiel 40: dwarssloot 204 EF



### Profiel 28: dwarssloot 202 EF



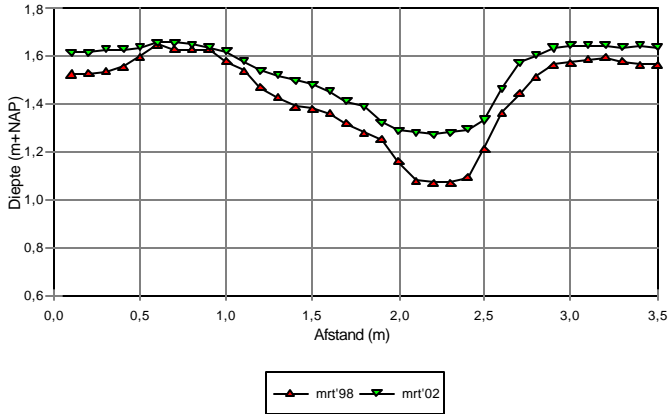
### Profiel 36: dwarssloot 203 EF



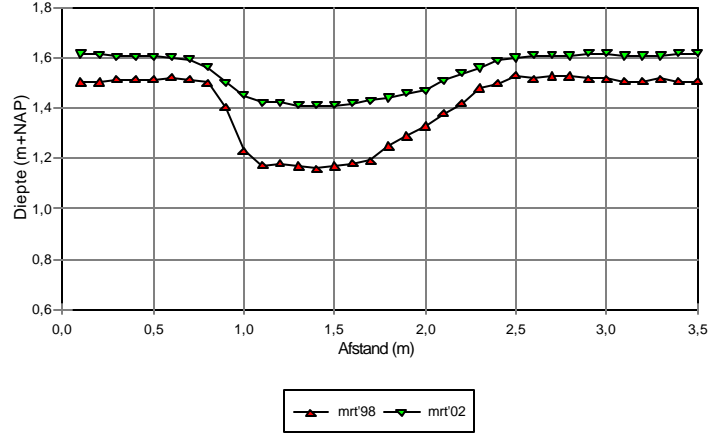


## Bijlage 18 Dwarsslootprofielen in variant 5 van de Kreekenproef van maart 1998 tot maart 2002

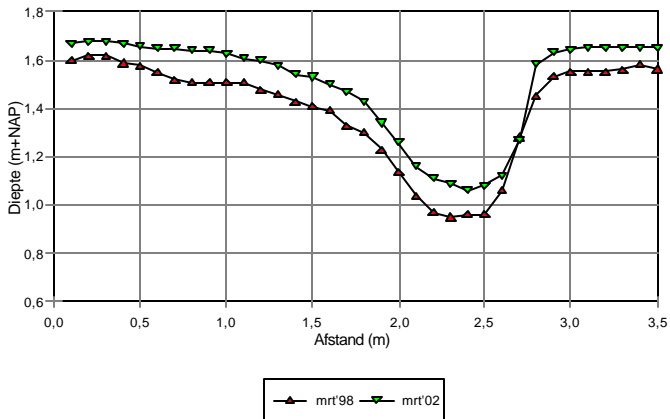
**Profiel 41: dwarssloot 205 C west**



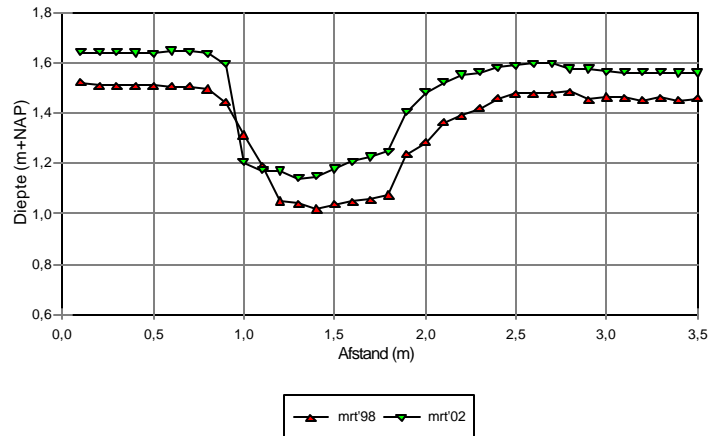
**Profiel 48: dwarssloot 206 C oost**



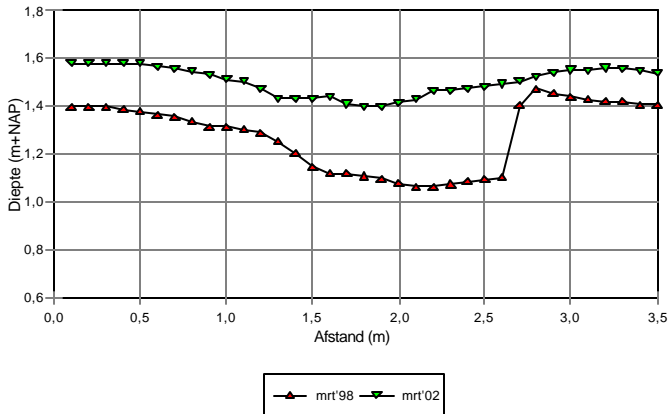
**Profiel 42: dwarssloot 205 C oost**



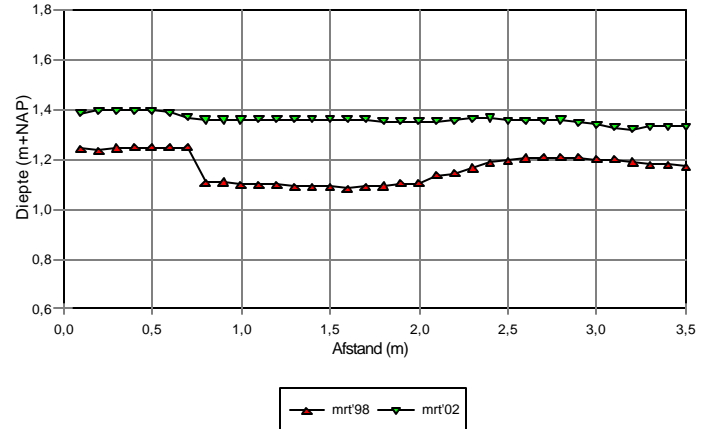
**Profiel 47: dwarssloot 206 C west**



**Profiel 43: dwarssloot 205 D west**

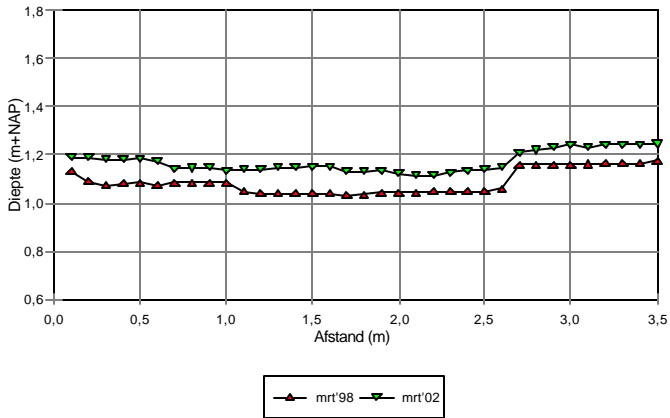


**Profiel 50: dwarssloot 206 D oost**

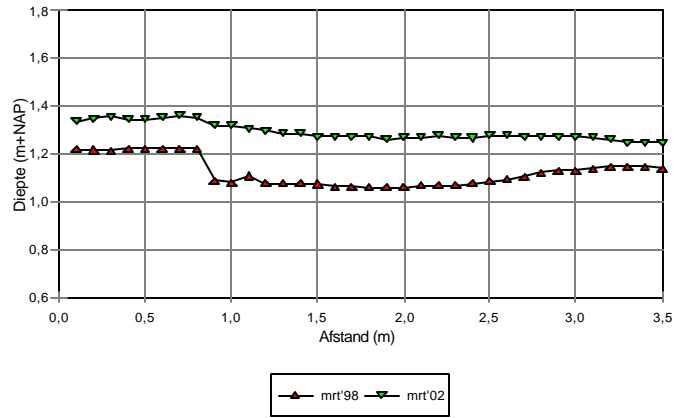


# Bijlage 18 vervolg

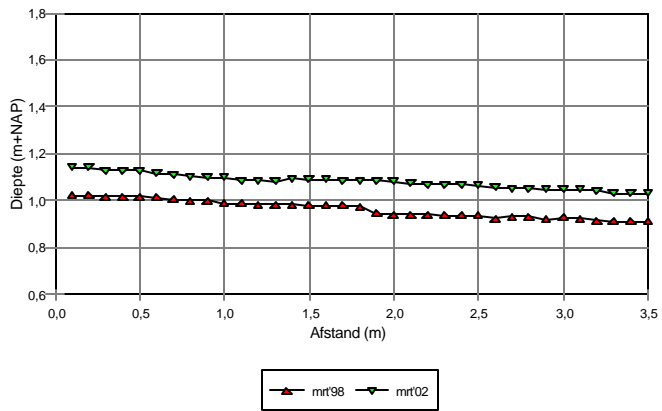
**Profiel 44: dwarssloot 205 D oost**



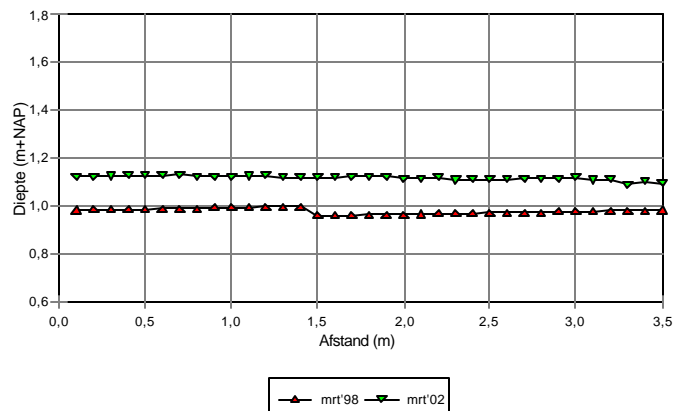
**Profiel 49: dwarssloot 206 D west**



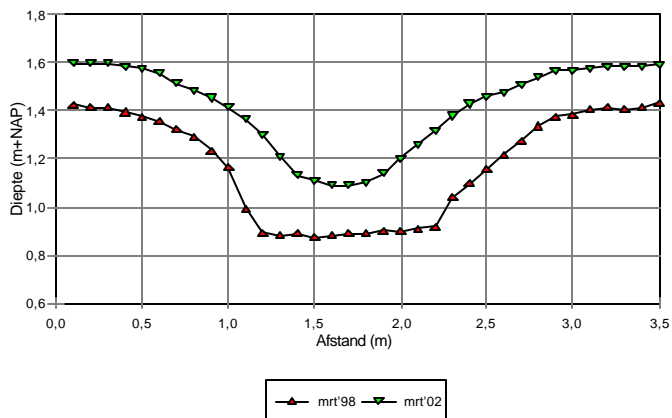
**Profiel 45: dwarssloot 205 E west**



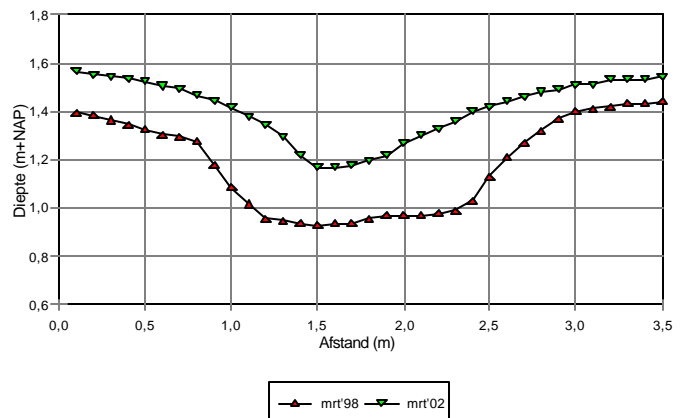
**Profiel 46: dwarssloot 205 E oost**



**Profiel 51: dwarssloot 207 BC**



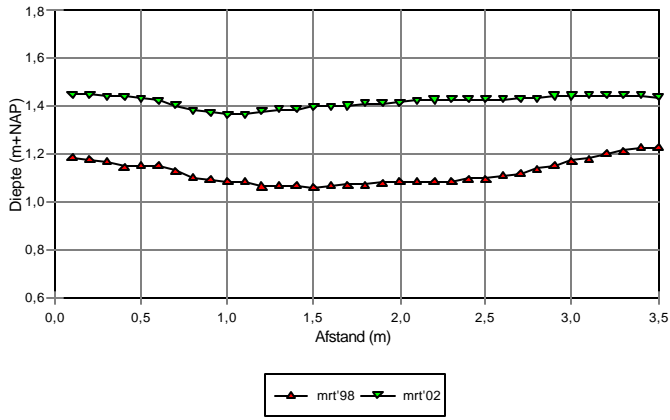
**Profiel 57: dwarssloot 208 BC**



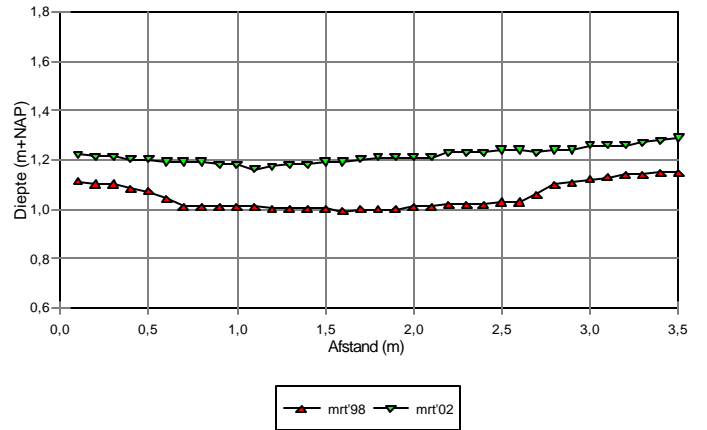


# Bijlage 18 vervolg

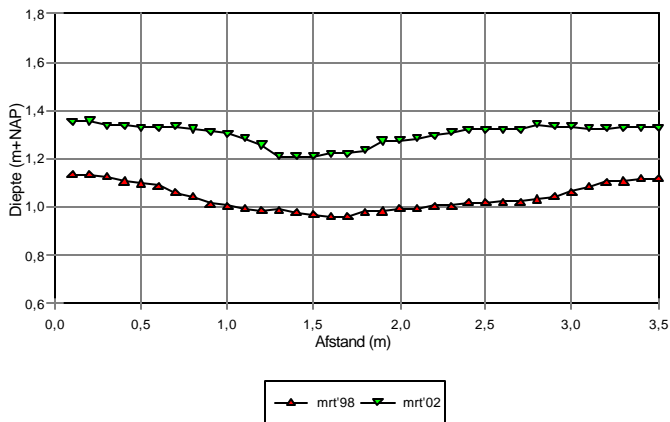
Profiel 53: dwarssloot 207 CD west



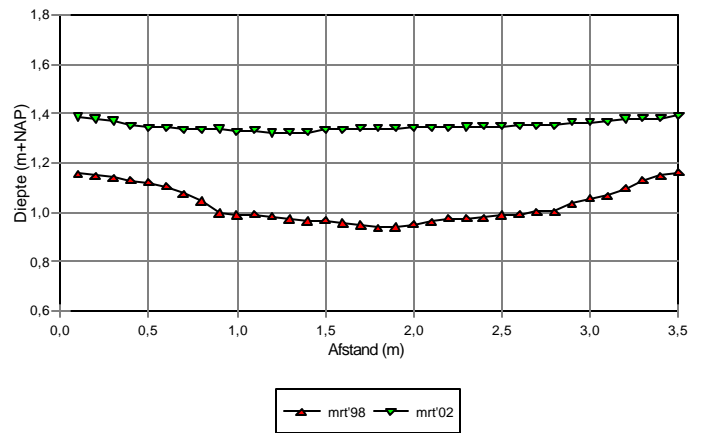
Profiel 60: dwarssloot 208 CD oost



Profiel 54: dwarssloot 207 CD oost



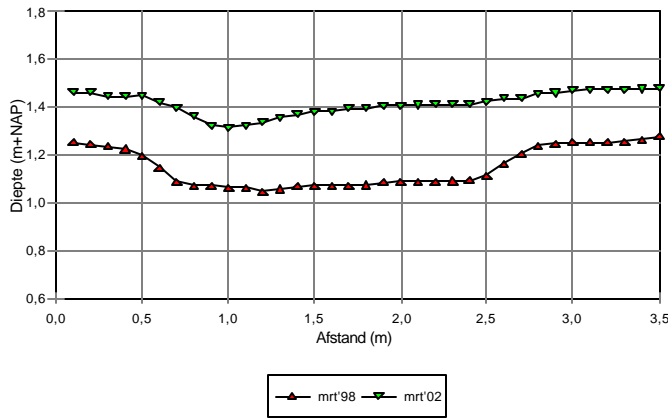
Profiel 59: dwarssloot 208 CD west



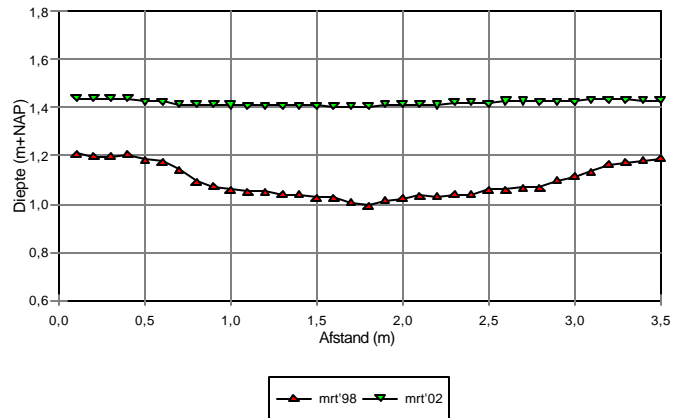


## Bijlage 19 Dwarsslootprofielen in variant 6 van de Kreekenproef van maart 1998 tot maart 2002

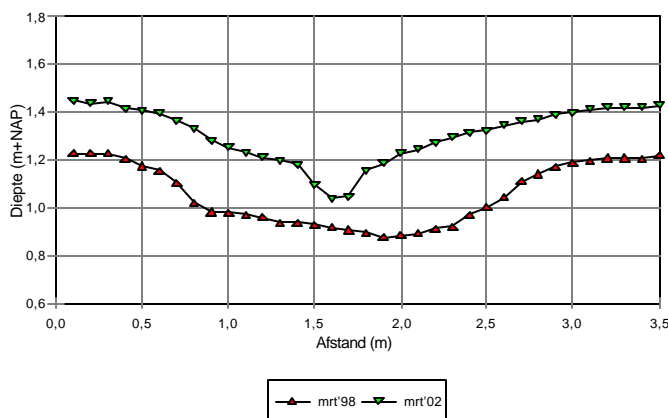
**Profiel 63: dwarssloot 209 BC west**



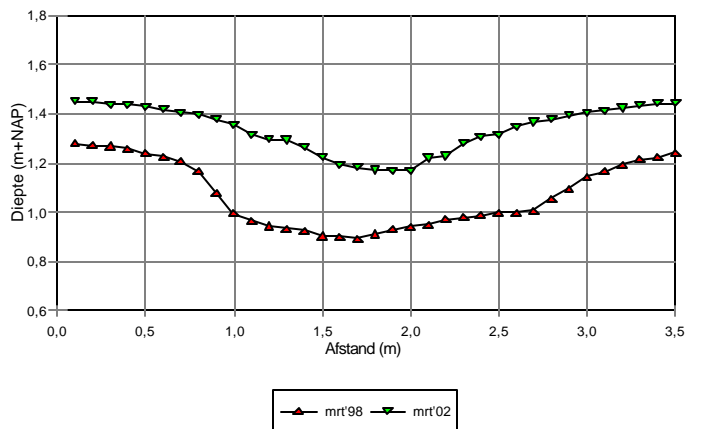
**Profiel 67: dwarssloot 210 BC oost**



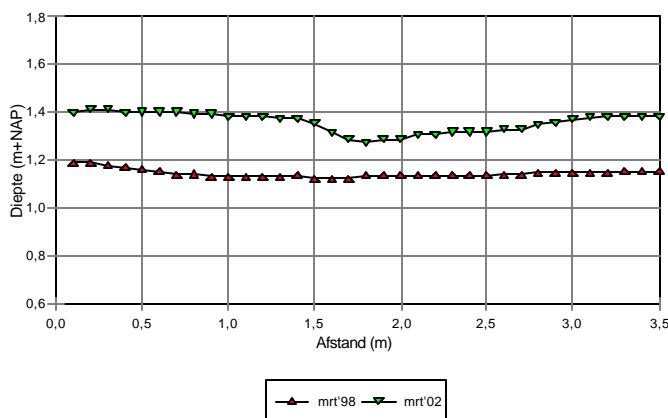
**Profiel 64: dwarssloot 209 BC oost**



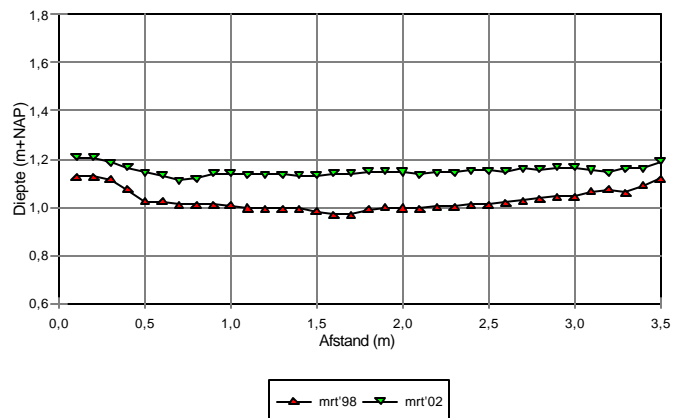
**Profiel 66: dwarssloot 210 BC west**



**Profiel 69: dwarssloot 211 BC west**

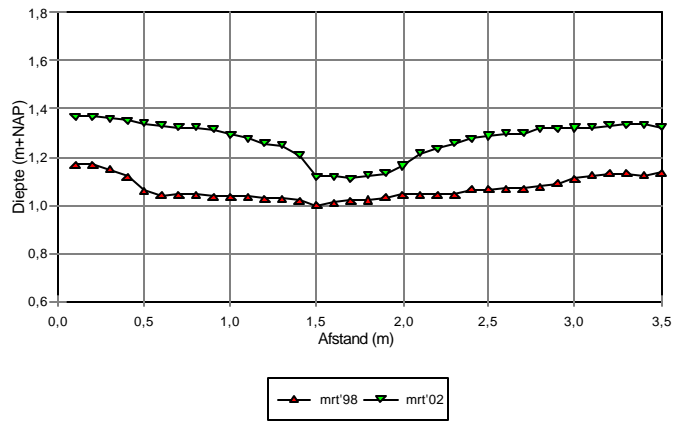


**Profiel 73: dwarssloot 212 BC oost**

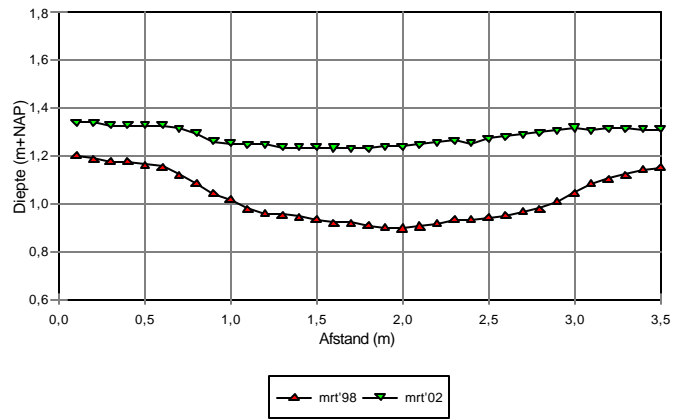


## Bijlage 19 vervolg

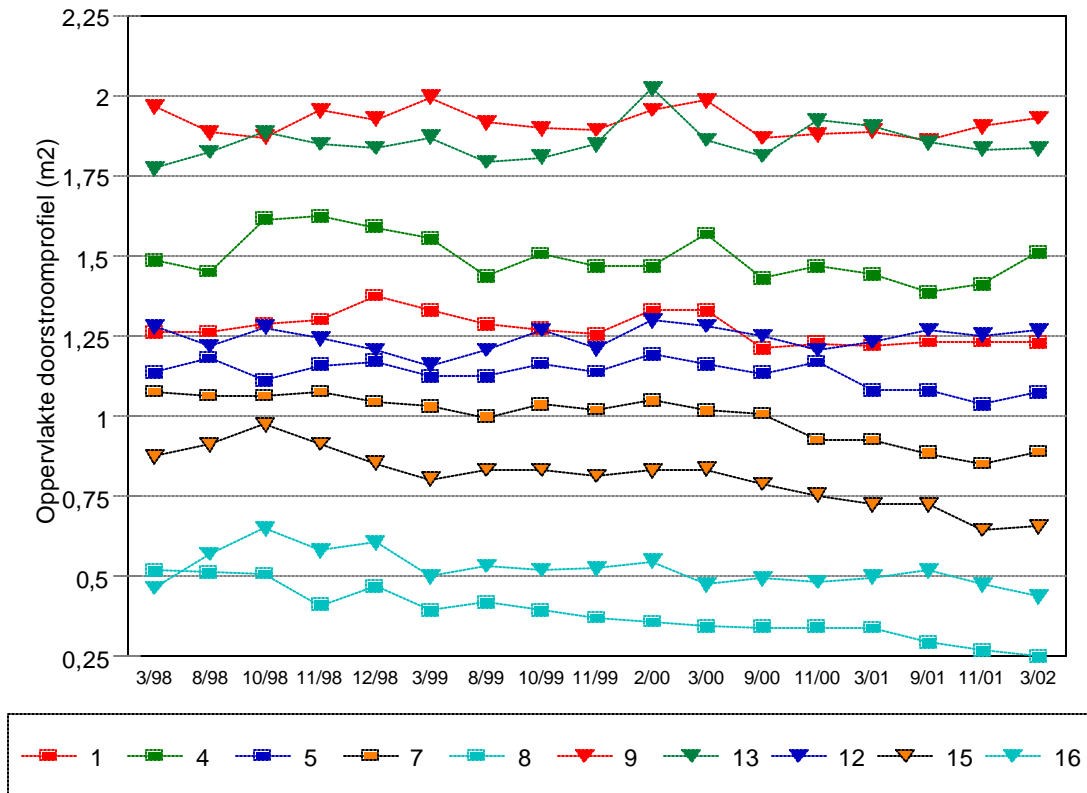
Profiel 70: dwarssloot 211 BC oost



Profiel 72: dwarssloot 212 BC west

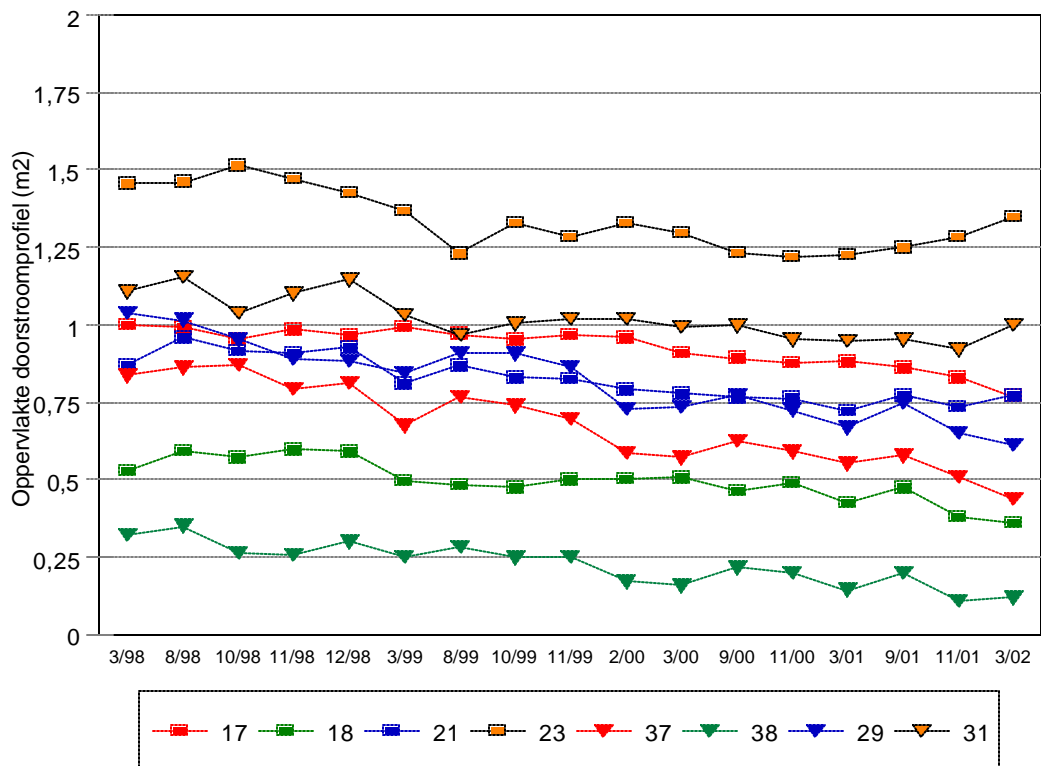


## Bijlage 20 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 1 van maart 1998 tot maart 2002





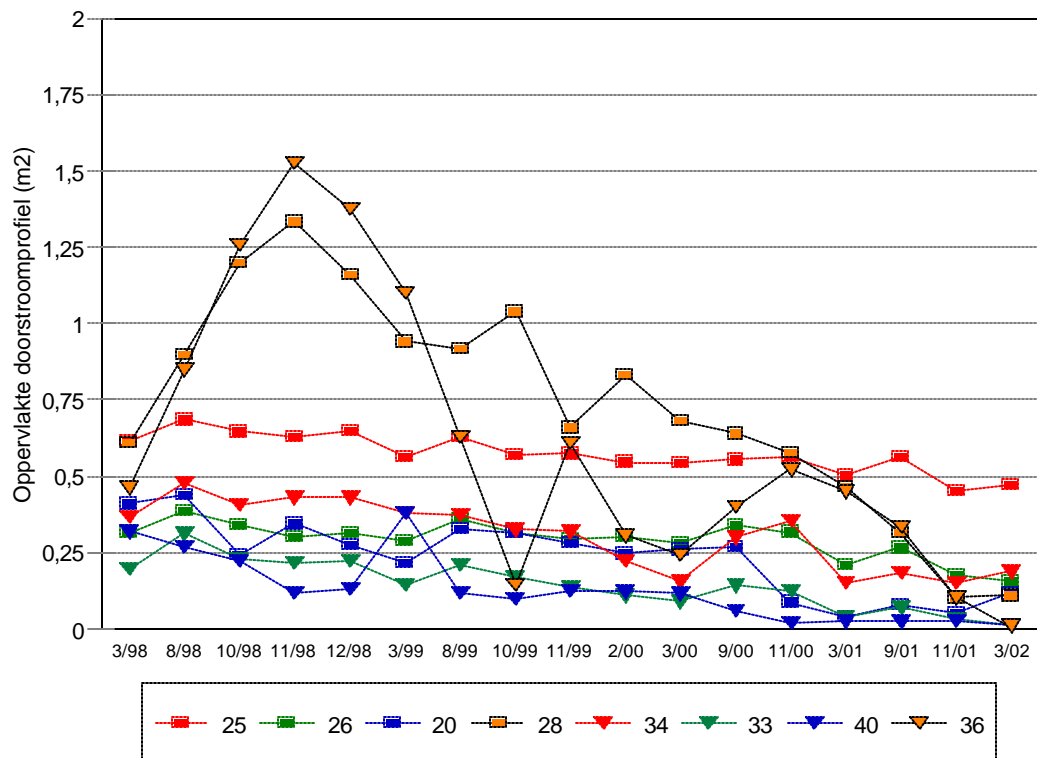
## Bijlage 21 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 4 van maart 1998 tot maart 2002





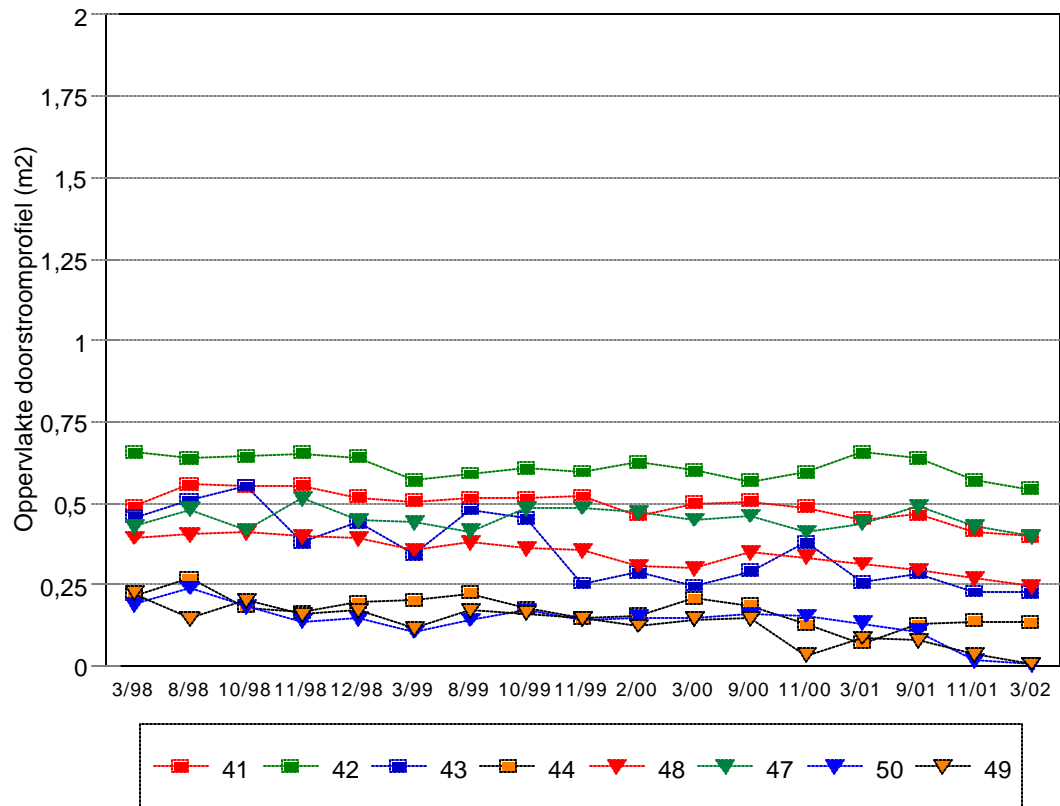


## Bijlage 22 Verandering doorstroomprofiel dwarsloten in variant 4 (vervolg) van maart 1998 tot maart 2002



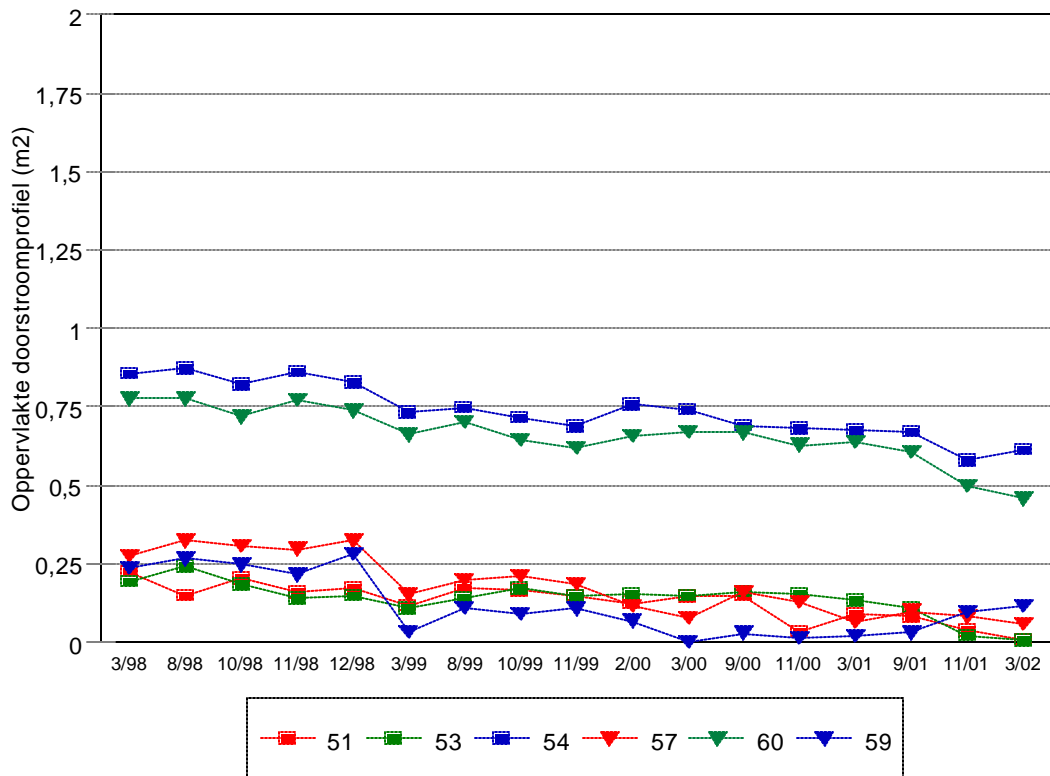


## Bijlage 23 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 5 van maart 1998 tot maart 2002



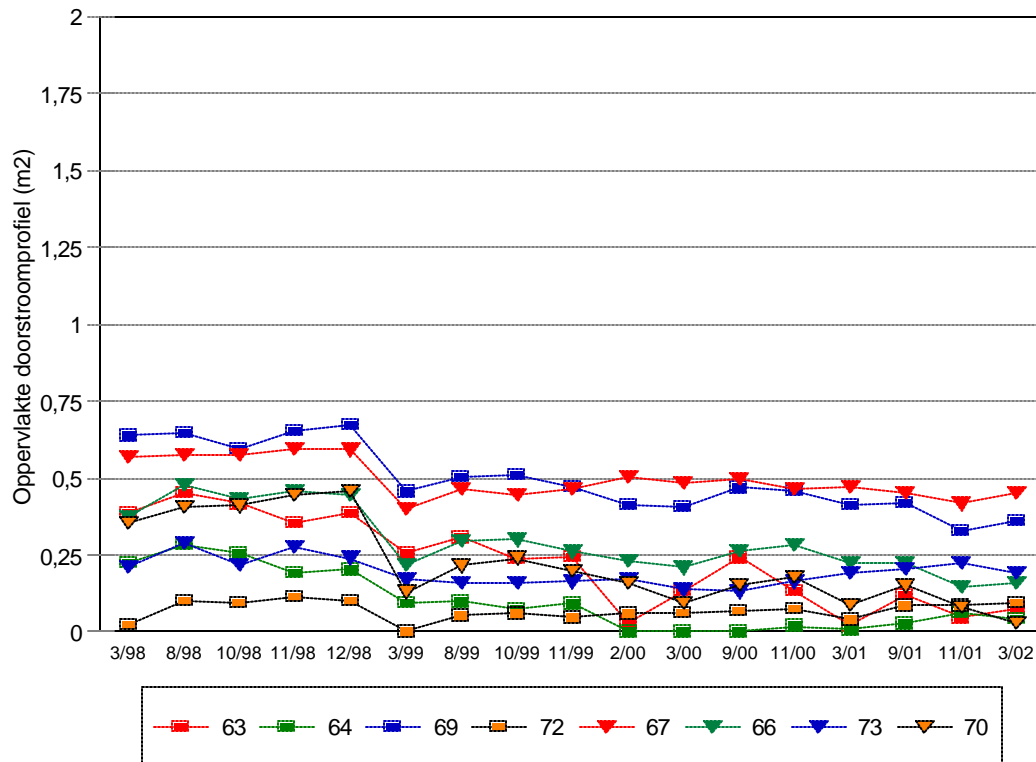


## Bijlage 24 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 5 (vervolg) van maart 1998 tot maart 2002





## Bijlage 25 Verandering doorstroomprofiel dwarssloten in variant 6 van maart 1998 tot maart 2002

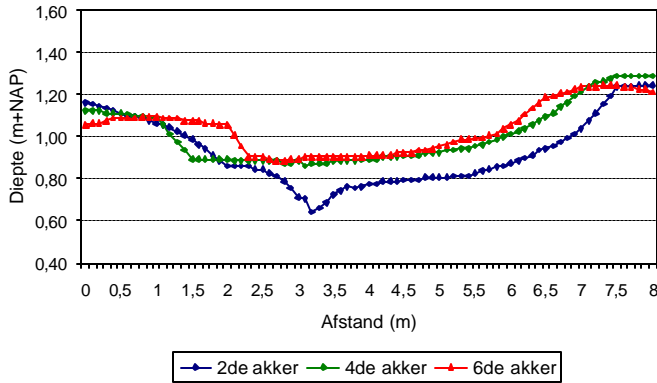




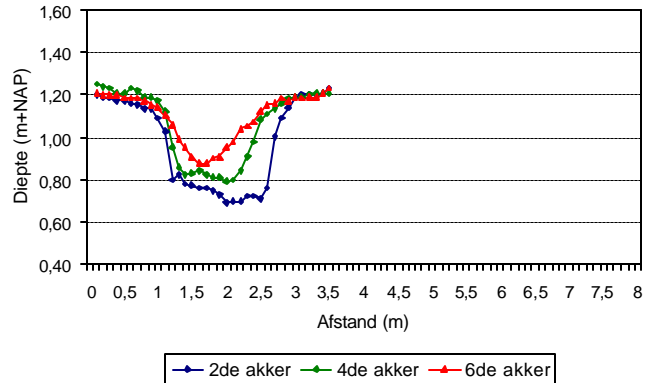


## Bijlage 26 Dwarsslootprofielen in het referentiegebied bij de Julianapolder ter hoogte van de tweede, vierde en zesde akker vanaf de hoofdleiding in december 2001

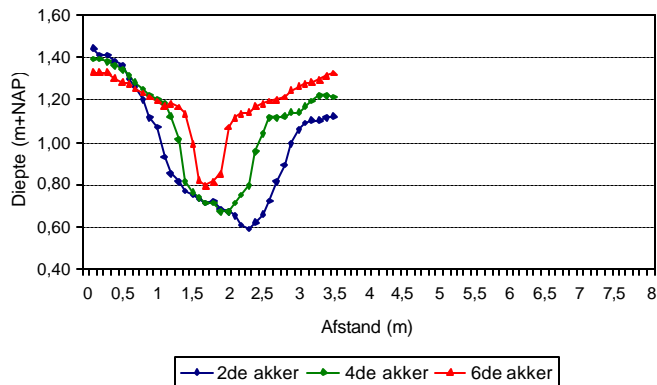
Dwarssloot vak 291 IJ



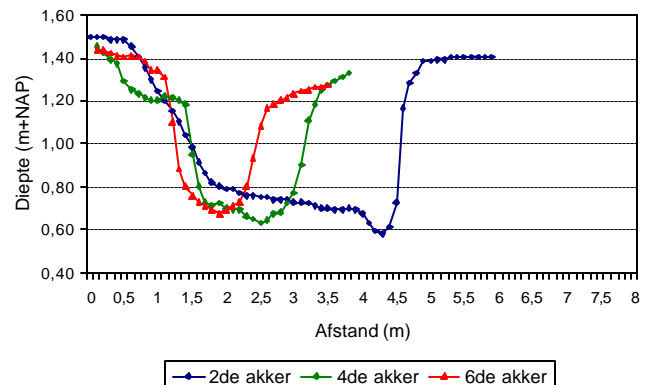
Dwarssloot vak 291 HI noord



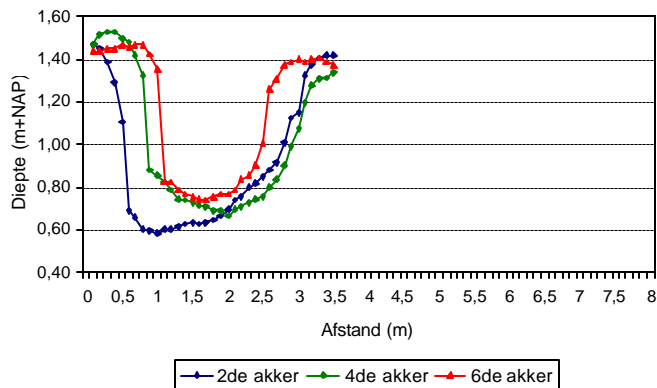
Dwarssloot vak 291 HI zuid



Dwarssloot vak 291 GH



Dwarssloot vak 291 FG



Dwarssloot vak 291 EF

