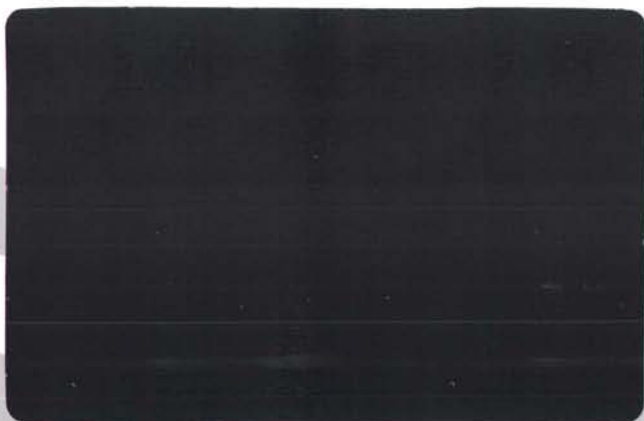




Ministerie van Verkeer en Waterstaat

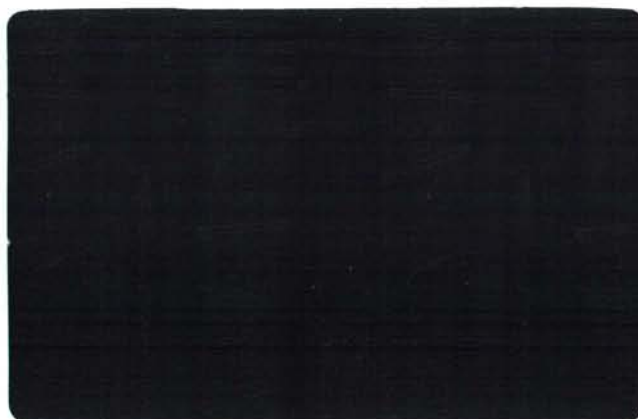
*Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat*

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA



# RIZA

C 22840



In dit werkdocument wordt de visie van de auteur(s) weergegeven, niet die van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

The views expressed in this document are the authors or authors' own, not those of the Department of Transport, Public Works and Watermanagement.

**Verwijdering  
oeververdediging  
Engelse Werk**

Evaluatie 1993-2000

werkdokument 2001.098X

werkdokument	2001.098X
auteurs	Jennie Simons, Leonie Bolwidt en Esther Stouthamer
datum	juni 2001

## VOORWOORD

Dit is de tweede tussenevaluatie van het project "Monitoring en evaluatie oeververdediging Engelse Werk", dat is uitgevoerd door het RIZA, afdeling WSR, in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland. In dit rapport worden de morfologische en ecologische ontwikkelingen beschreven die zich hebben voorgedaan na het verwijderen van de stenen oeververdediging, over een lengte van 700 meter, op de oever van 'Het Engelse Werk' langs de IJssel nabij Zwolle. De herinrichting heeft plaatsgevonden in 1995. Dit rapport betreft de morfologische gegevens van maart 1996 tot en met augustus 2000 en de ecologische gegevens van 1993 tot en met 2000. De morfologische gegevens van de periode april 1997-augustus 2000 zijn gedetailleerd uitgewerkt en globaal vergeleken met de gegevens van voorgaande jaren die beschreven zijn in Simons *et al.* (1998) en Sorber (1999). De ecologische gegevens over de gehele periode zijn op hoofdlijnen uitgewerkt. De eindrapportage van dit project zal plaats vinden in 2002.

De begeleiding was bij de opdrachtgever in handen van F. Kok (afd. AN). De bodemhoogtemetingen zijn uitgevoerd door de Meetdienst van Directie Oost Nederland (water) en de Meetkundige Dienst (land) en verwerkt door R. de Vries (ANIC) en J. Stoelers (ANIC). De erosie-sedimentatie histogrammen (Hoofdstuk 2 en 3) zijn vervaardigd door Leo van Hal (WSR). Het vegetatiekundig onderzoek is uitgevoerd door D. de Boer en J. Leemans (Stichting Toegepaste Landschapsecologie) en de vogelinventarisaties zijn uitgevoerd door G. Gerritsen. Wilfried ten Brinke (WSR) en Frank Kok (afd. AN) hebben aanwijzingen gegeven ter verbetering van dit rapport.



## SAMENVATTING

### Inleiding

Eind 1995 is bij 'Het Engelse Werk' langs de IJssel (nabij Zwolle) de stenen oeververdediging over een lengte van 700 meter verwijderd. In plaats daarvan zijn kribben aangelegd. Op deze wijze worden erosie- en sedimentatieprocessen in het deel van de uiterwaard tussen zomerbed en zomerkade toegelaten en kan in de oeverzone een aan overstromingsduur en erosie en sedimentatie gerelateerde vegetatie tot ontwikkeling komen. Tussen het zomerbed en de zomerkade bevond zich voor de herinrichting een zandige oeverwal, met daarop kort begraasd grasland, en een laagte waarin na hoge afvoeren rivierwater bleef staan.

In het 'Projectplan Monitoring en Evaluatie Oeververdediging IJssel' (Simons *et al.*, 1996) is een meetprogramma beschreven, waarmee inzicht kan worden verkregen in de morfologische en ecologische effecten van de herinrichting. Het meetprogramma voorziet in de informatiebehoefte voor de volgende doelstellingen:

- 1) Het signaleren van ongewenste effecten als gevolg van grootschalige erosie met als gevolg:
  - het achterloops raken van kribben
  - het verondiepen van de vaargeul
- 2) Het registreren van gewenste ecologische effecten:
  - een open vegetatie, met een zonering die kenmerkend is voor kribvakoevers
  - een vogelbevolking die kenmerkend is voor kribvakoevers

In deze tweede tussenevaluatie is de gevolgde methode beschreven en zijn de resultaten gepresenteerd van vóór de ingreep tot en met 2000. De nadruk ligt op de morfologische en ecologische ontwikkelingen in de periode maart 1996-augustus 2000. In het najaar van 2001 wordt nog één maal een morfologische en een vegetatiekundige opname gedaan en een vogelinventarisatie uitgevoerd. In 2002 zal de eindrapportage van dit project plaats vinden.

### Methode

Voorafgaand aan de herinrichting zijn grondboringen gedaan om een relatie te kunnen leggen tussen de mate van oeverafslag en de textuur van de bodem. Zowel voor als na de herinrichting zijn bodemhoogtemetingen van het zomerbed en de oever uitgevoerd in dwarsraaien. Op de hoogtegegevens is een interpolatie uitgevoerd, zodat gebiedsdekkende hoogtekaarten werden verkregen. Uit deze hoogtekaarten zijn profielen afgeleid. Door steeds twee hoogtekaarten die verschillen in tijd van elkaar af te trekken, zijn verschilkaarten vervaardigd. De verschilkaarten oktober '98 - augustus '99, augustus '99 - augustus '00, maart '96 - augustus '99 en maart '96 - augustus '00 zijn in dit rapport in detail beschreven. De verschilkaarten maart '96 - april '97 en april 1997-oktober 1998 zijn respectievelijk in Simons *et al.* (1998) en (Sorber, 1999) uitvoerig beschreven. De ontwikkeling van de vegetatie is met behulp van de volgende parameters gevolgd: de soortensamenstelling en bedekking van de vegetatie, de vegetatiestructuur en de geografische ligging van de grenzen van de vegetatietypen. In 1994, 1996 en 1997 is de ontwikkeling van de vegetatie vastgesteld en beschreven op alle raaien in het proefgebied waar bodemhoogtemetingen hebben plaatsgevonden. Naar aanleiding van de aanbevelingen van Simons *et al.* (1998) is in 1999 de vegetatie op minder (14) representatieve raaien gevolgd. Van 1993 tot en met het najaar van 2000 zijn de broedvogels en niet-broedvogels geteld.



## Resultaten

De hoogtekaarten, verschilkaarten en profielen laten zien dat in de uiterwaard de hoogteligging nauwelijks veranderd is. In de periode maart 1996-augustus 2000 heeft er sterke erosie van de steilrand (tot maximaal 8 m terugschrijding in één jaar) plaats gevonden. De hoeveelheid oeverafslag is sinds de verwijdering van de stenen oeververdediging continu afgenomen. Direct na de herinrichting was de oeverafslag het grootst en in de periode augustus 1999-augustus 2000 het laagst. De meeste erosie heeft plaats gevonden net stroomopwaarts van de kribben en in de kribvakken waar de stroomdraad het dichtst bij de oever ligt (in de buitenbocht). Er zijn steilranden ontstaan op een niveau tussen 0 en 1 m +NAP als gevolg van golven, die bij het passeren van schepen, op de oever inwerken. De hoogte van de steilranden is in de loop van de jaren na de herinrichting afgenomen. In april 1997 waren de steilranden gemiddeld 0,6 m hoog. In augustus 2000 waren de steilranden lager (maximaal 0,6 meter) en deels verdwenen. De onderwater oever (talud) is in de periode maart 1996-augustus 2000 maximaal 8 m teruggeschreden. De hellingshoek van de bovenkant van het talud is iets afgenomen. De hellingshoek aan de onderkant van het talud is als gevolg van het ontstaan van ontgrondingskuilen bij kribben versteild. De oevererosie heeft niet bijgedragen tot sedimentatie in het zomerbed. De bodem van de IJssel is in de periode 1995-2000 continu gedaald. Na extreem hoge hoogwaters kan er tijdelijk sedimentatie in het zomerbed plaatsvinden als gevolg van sedimentatie van zand. Dit zand wordt echter geleidelijk weer afgevoerd.

Vóór de herinrichting bestond een groot deel van de uiterwaard uit open, laag blijvend grasland. In 1999 bestaat de vegetatie uit grazige ruigte (33%) en moerassige vegetatie (36%). De strook met kaal zand en zandige pioniervegetatie is in 1999 toegenomen tot 15% van het oeveroppervlak. De structuurrijke ruigte en open ruigte is na 1996 fors afgenomen. Deze vegetatie was ontstaan en sterk beïnvloed door de herinrichtingswerkzaamheden. De broedvogelontwikkeling volgt de vegetatieontwikkeling. Het aantal soorten broedvogels en het aantal broedparen zijn vrij constant toegenomen. Deze toename is vooral toe te rekenen aan de water- en moerasvogels. Kleine plevier, Visdief en Scholekster, broedvogels die profiteren van zandplaten en zandstranden en daarmee doelsoorten voor de herinrichting van de oever, zijn na herinrichting aangetroffen. Voorafgaand aan de herinrichting waren ze afwezig. Het aantal soorten niet-broedvogels is ook constant toegenomen. De grootste groepen zijn de graseters (ganzen, zwanen en eenden), de macro-evertebraten eters (steltlopers) en de zaad- en insecten eters (zangvogels).

## Conclusies

In de periode maart 1996-augustus 2000 vond sterke oeverafslag plaats, dit was het directe gevolg van het verwijderen van de oeververdediging. De oeverafslag is geleidelijk afgenomen. In sommige kribvakken vond in de periode augustus 1999-2000 zelfs helemaal geen oeverafslag meer plaats. De erosie in de kribvakken lijkt niet te hebben geleid tot sedimentatie in het zomerbed. Behalve vlak naast een aantal kribben is er nog geen geleidelijk oplopend kribvakprofiel ontstaan. Dit is geen onverwachte of ongewenste ecologische en morfologische situatie. Het is een gevolg van het besluit om de oever na verwijdering van de oeververdediging bloot te stellen aan de huidige morfologische, hydraulische en hydrologische processen en niet grotendeels vorm te geven door actief menselijk ingrijpen.

In 1999 vertoont de vegetatie een zonering die al duidelijker een afspiegeling is van de morfologische processen, de overstromingsduur en de begrazing. Deze ontwikkeling zal zich voortzetten bij een gelijk blijvend beheer en zich in 2001 naar verwachting nog duidelijker manifesteren. Het projectgebied is beperkt van omvang, waardoor kleine verschuivingen in aantallen vogels tot grote veranderingen in soortensamenstelling kan leiden. Zowel het aantal soorten broedvogels, als het aantal broedpaartjes, als het aantal soorten niet-broedvogels is



toegenomen. Deze toename is sterk gebonden aan de veranderingen in de vegetatie. De vogelbevolking wordt ook in belangrijke mate beïnvloed door de waterstanden en daarbij vooral de overstroming van de oeverwal. Dit laatste bepaalt de aan- of afwezigheid van water in de laagte tussen de oeverwal en de zomerkade. Vogels die kenmerkend zijn voor lage vegetaties zijn afgenomen terwijl het aantal broedende en niet broedende water- en moerasvogels, steltlopers en de op zaad en insecten foeragerende zangvogels zijn toegenomen.

De komende jaren zal zeer langzaam een geleidelijke overgang van water naar land in de kribvakken ontstaan. Het kribvakprofiel lijkt zich enigszins te hebben aangepast aan de nieuw ontstane situatie. De verwachting is dat de hoeveelheid oeverafslag als gevolg van de herinrichting zal afnemen. Uiteindelijk zal een evenwicht worden bereikt waarbij het kribvakprofiel en de helling van het talud niet veel meer zullen veranderen. De steilrand zal naar verwachting nog enkele jaren aanwezig blijven, maar in hoogte afnemen. De zandafzetting naast de kribben heeft tot gevolg dat de komvormige laagte tussen de zomerkade en de oeverwal deels is opgevuld. Er is geen sprake van het verdwijnen van de oeverwal door erosie. De komvormige laagte en het zomerbed staan grote delen van het jaar niet in open verbinding met elkaar. Actief menselijk ingrijpen is niet gewenst en niet nodig. De vegetatie en de daaraan gerelateerd de samenstelling van de vogelgemeenschap zal nog meer dan in 1999 het geval is een zonering gaan vertonen die een afspiegeling is van de toegenomen morfodynamiek, de inundatieduur en de begrazing. Verandering van beheer is niet gewenst.

#### **Vervolg meetprogramma**

In 2001 zal nog een morfologische opname (najaar), een vegetatieopname en een vogelinventarisatie uitgevoerd worden. De methode van meten is niet gewijzigd. In 2002 loopt het huidige meetprogramma af.

## INHOUD

1 INLEIDING	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Herinrichting oevers Engelse Werk	11
1.3 Doelstelling van het meetprogramma	15
1.4 Hypothesen	15
2 METHODE	17
2.1 Grondboringen	17
2.2 Bodemhoogtemetingen	17
2.3 Stromingsmetingen	18
2.4 Vegetatie	19
2.5 Vogels	20
3 RESULTATEN	21
3.1 Grondboringen	21
3.2 Hoogtekaarten	21
3.3 Verschilkaarten en profielen	21
3.4 Netto erosie en sedimentatie	22
3.5 Morfologische ontwikkeling van de uiterwaard, de steilrand, het talud en het zomerbed	27
3.6 Vegetatie	39
3.7 Vogels	45
4 DISCUSSIE	51
4.1 Morfologische ontwikkeling	51
4.2 Ecologische ontwikkeling	54
4.3 Toekomstverwachting	57
5 CONCLUSIES	59
6 VERVOLG MEETPROGRAMMA	61
LITERATUUR	63



## Figuren

Figuur 1	Ligging van de uiterwaard 'Het Engelse Werk' bij Zwolle.	12
Figuur 2	Situatie vóór herinrichting (a) en de vorm van de oever (b).	14
Figuur 3	Situatie na herinrichting met de verwachte (a) en de werkelijke (b) oever.	14
Figuur 4	Voorbeeld van een erosie-sedimentatie histogram.	19
Figuur 5	Voorbeeld van een profiel.	22
Figuur 6	Hoeveelheid netto erosie en sedimentatie in de periode maart 1996-augustus 2000.	24
Figuur 7	Profiel 979.225.	26
Figuur 8	Waterstanden bij Katerveer vanaf 1 maart 1996 tot en met 1 september 2000.	27
Figuur 9	Profiel 979.395.	28
Figuur 10	De mate van terugschrijding (m) in de perioden maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999, augustus 1999-augustus 2000.	30
Figuur 11	Terugschrijdingssnelheid ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) per raai in de perioden maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999, augustus 1999-augustus 2000.	31
Figuur 12	De totale (cumulatieve) terugschrijding (m) in de periode maart 1996-augustus 2000.	32
Figuur 13	Volume oeverafslag van de steilrand ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) per kribvak.	34
Figuur 14	Verdeling van de vegetatietypen over de opgenomen segmenten.	42
Figuur 15	Hoogteligging van de vegetatieraai 17 in 1996 en 1997.	43
Figuur 16	Het aantal soorten broedvogels per vogelgroep.	46
Figuur 17	A) Het verloop van de terugschrijdingssnelheid ( $\text{m}/\text{maand}$ ) in de tijd (perioden). B) Het verloop van de hoeveelheid oeverafslag ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) in de tijd.	52

## Tabellen

Tabel 1	Netto sedimentatie en erosie per tijdvak per kribvakdeel.	23
Tabel 2	Terugschrijding (m) van de steilrand in de periode maart 1996-augustus 2000.	29
Tabel 3	Terugschrijdingssnelheid ( $\text{m}/\text{maand}$ ) van de steilrand in de periode maart 1996-augustus 2000.	30
Tabel 4	Hoogte van de steilrand in de verschillende kribvakken in november 2000.	32
Tabel 5	Oppervlakte en volume oeverafslag in de periode maart 1996-augustus 2000, berekend per kribvak.	33
Tabel 6	Oeverafslag ( $\text{m}^3$ ) per maand in de kribvakken in de periode maart 1996-augustus 2000.	33
Tabel 7	Erosie en sedimentatie ( $\text{m}^3$ ) in de 15 onderscheiden vakken in de perioden maart 1996-augustus 2000, augustus 1999-augustus 2000, maart 1996-augustus 1999 en oktober 1998-augustus 1999.	37
Tabel 8	Percentage van de raaisegmenten per vegetatietype t.o.v. het totaal aantal onderzochte raaisegmenten in 1996, 1997 en 1999.	41
Tabel 9	Aantal proefvlakken waarin de aandachtsoorten voorkomen.	44
Tabel 10	Aantal broedparen per vogelsoort.	47
Tabel 11	Aantal vogels (met de maximale aantallen per maand) in de jaren voor en na de herinrichting.	49



## Bijlagen

- Bijlage 1 Ligging van de raaien en de nummering van de kribvakken.
- Bijlage 2 Indeling van het traject in 15 vakken.
- Bijlage 3a Bodemhoogtekaart oktober 1998.
- Bijlage 3b Bodemhoogtekaart augustus 1999.
- Bijlage 3c Bodemhoogtekaart augustus 2000.
- Bijlage 4a Verschilkaart hoogteligging oktober 1998-augustus 1999.
- Bijlage 4b Verschilkaart hoogteligging augustus 1999-augustus 2000.
- Bijlage 4c Verschilkaart hoogteligging maart 1996-augustus 1999.
- Bijlage 4d Verschilkaart hoogteligging maart 1996-augustus 2000.
- Bijlage 5 Profielen bodemhoogte.
- Bijlage 6 Hoeveelheid netto erosie en sedimentatie.
- Bijlage 7 Foto's.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

In 1993 heeft Rijkswaterstaat Directie Gelderland (nu Directie Oost Nederland) als uitwerking van de Derde Nota Waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989) 'Oeverture, Inrichtingsplan oevers Rijntakken' opgesteld (Rijkswaterstaat, Directie Gelderland, 1993). In dit plan staan de mogelijkheden aangegeven voor de inrichting van oevers langs de Rijntakken. Hoewel de oevers van de Rijntakken meerdere functies vervullen binnen het rivierbeheer, ligt bij 'Oeverture' de nadruk op het 'herstel van natuurwaarden en van de migratiemogelijkheden voor planten en dieren'.

Als uitwerking van 'Oeverture' zijn er binnen de voormalige Projectgroep Natuurvriendelijke Oevers Rijntakken (PNOR) inrichtingsplannen gemaakt voor natuurvriendelijke oevers. Twee IJssel-projecten zijn 'Het Engelse Werk' (Rijkswaterstaat, Directie Gelderland, 1994a) en 'De Vreugderijkerwaard' (Rijkswaterstaat, Directie Gelderland, 1994b). Bij de herinrichting van deze oevers wordt de harde, stenen oeeververdediging geheel of gedeeltelijk verwijderd. Daardoor krijgen de rivier-morfologische en -hydraulische processen weer invloed op de vorm van de oever. De herinrichting is in de Vreugderijkerwaard vanwege bodemverontreiniging niet uitgevoerd.

De verwijdering van de oeeververdediging bij het Engelse Werk is in oktober 1995 voltooid. Het is een proefproject om de speelruimte voor het toelaten van morfologische processen langs de IJssel te bepalen. De morfologische en biologische processen die optreden na verwijdering van de oeeververdediging moeten daarbij goed gevolgd, beoordeeld en gedocumenteerd worden. In het 'Projectplan Monitoring en Evaluatie Oeeververdediging IJssel' (Simons *et al.*, 1996) is het meetprogramma beschreven.

In dit rapport is eerst de gevolgde werkwijze beschreven, waarna de resultaten worden gepresenteerd van de periode maart 1996 tot en met augustus 2000. Aan de hand van de resultaten van de nieuwe data en de resultaten van Simons *et al.* (1998) en Sorber (1999) wordt een overzicht gegeven van de morfologische en ecologische ontwikkeling van 'Het Engelse Werk' vanaf de verwijdering van de oeeververdediging tot en met augustus 2000.

### 1.2 Herinrichting oevers Engelse Werk

Voorafgaand aan de herinrichting van de oevers, is in 1992 een natuurontwikkelings-project voltooid in de uiterwaard bij 'Het Engelse Werk', volgens een plan van de Provincie Overijssel en Staatsbosbeheer (LB & P, 1991). In aansluiting hierop heeft Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland een herinrichtingsplan voor de aan dit gebied grenzende oevers opgesteld. Het oeverproject Engelse Werk beslaat het traject tussen kilometerraai 978.920 en 979.620 op de rechter oever van de IJssel nabij Zwolle (Fig. 1 en foto 1, bijlage 7, tussen de bruggen).





Figuur 1 Ligging van de uiterwaard 'Het Engelse Werk' bij Zwolle.

### Doelstelling

De doelstelling van de herinrichting van de oever is het toestaan van erosie- en sedimentatieprocessen en daarmee het op gang brengen van een ecologische ontwikkeling in de oever die veel meer dan daarvoor gestuurd wordt door morfologische en hydrologische processen. Dit wordt gedaan door de oeeververdediging waar mogelijk te verwijderen.

Tussen het zomerbed en de zomerkade bevindt zich voor de herinrichting een zandige oeeverwal, met kort begrasd grasland, en een laagte waarin rivierwater na hoge afvoeren blijft staan. Door erosie na de herinrichting kan de laagte in directe verbinding komen met het zomerbed. Dit zou betekenen dat de laagte mogelijk zijn functie verliest voor moerassige vegetatie en watervogels. Voorafgaand aan de herinrichting stond de laagte al onder druk door sedimentatie na hoge afvoeren. De oeeverafslag kan dus tot het versneld verdwijnen van de laagte leiden. De beheerders zullen in overleg moeten bepalen of en in hoeverre deze situatie acceptabel is.

### Ongewenste ontwikkelingen

Vergaande oeeverafslag -waarbij kribben achterloops worden en de zomerkade wordt bedreigd- en sterke sedimentatie in het zomerbed zijn ongewenst. Ook een dichte wilgen begroeiing wordt in dit project als ongewenst beschouwd. Openheid van de vegetatie is van belang om de functie van de oever voor steltlopers in stand te houden en de relatie met het natuurontwikkelingsproject in de uiterwaard te versterken. Om de gewenste openheid te realiseren wordt extensieve begrazing toegepast.

### **Situatie vóór herinrichting**

In figuur 2a en op foto 1 (bijlage 7) is de situatie vóór de herinrichting weergegeven. De oever was toen verdedigd door middel van kleine kribben met een kribvakverdediging van breuksteen. In de twee kribvakken tussen de raaien 979.180 en 979.400 ontbrak de stenen verdediging grotendeels. Hier lag een geleidelijk oplopende, kale zandige oever met een steilrandje van 0,3 tot 0,4 meter. De vorm van de oever is te zien in figuur 2b. Het deel stroomafwaarts van krib 979.400 had een directe oeververdediging van breuksteen. Op twee kribvakken na was er dus een abrupte overgang van water naar land, met een steil onderwatertalud.

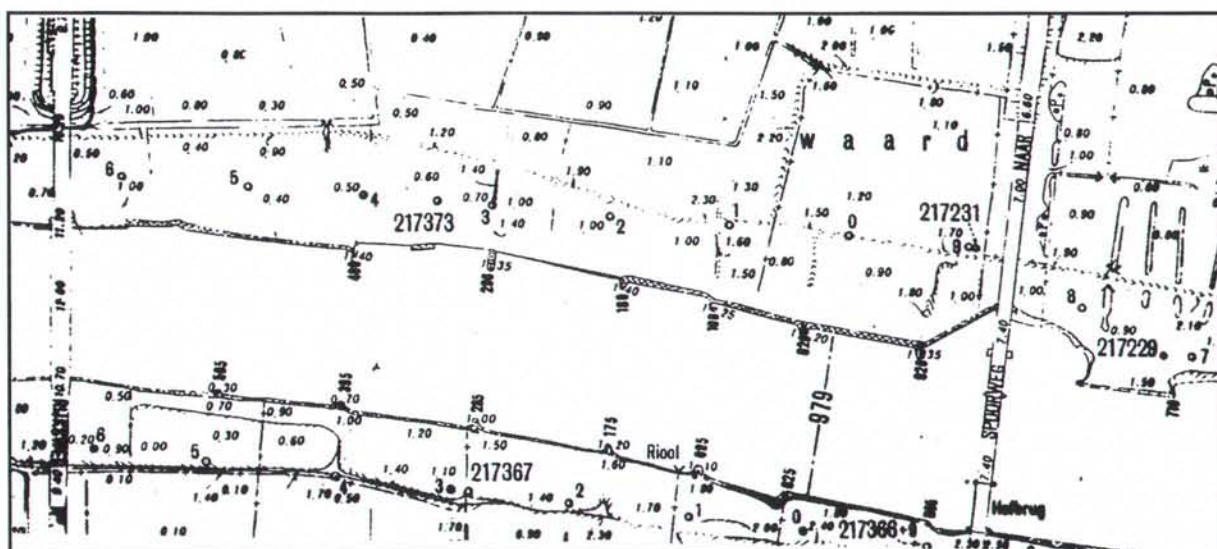
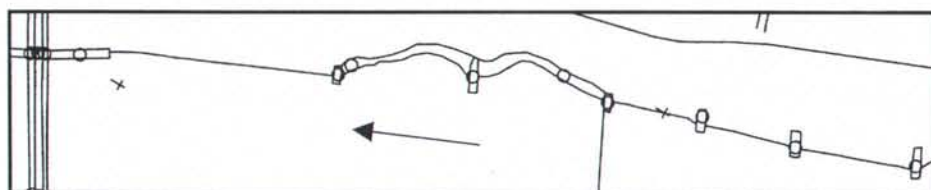
### **Situatie na herinrichting**

In figuur 3a is de ligging van de kribben na de herinrichting te zien. De vorm van de oever geeft niet de werkelijkheid weer, maar de verwachte situatie enige tijd na herinrichting. Figuur 3b laat de werkelijke vorm van de oever kort na de herinrichting zien. De kribben 978.920 en 979.020 zijn landinwaarts verlengd. De andere kribben en de oeververdediging zijn verwijderd. In plaats hiervan zijn zes nieuwe, lange kribben aangelegd met een regelmatige onderlinge afstand van 100 meter. Deze kribben lopen landinwaarts zo'n 30-40 meter door.

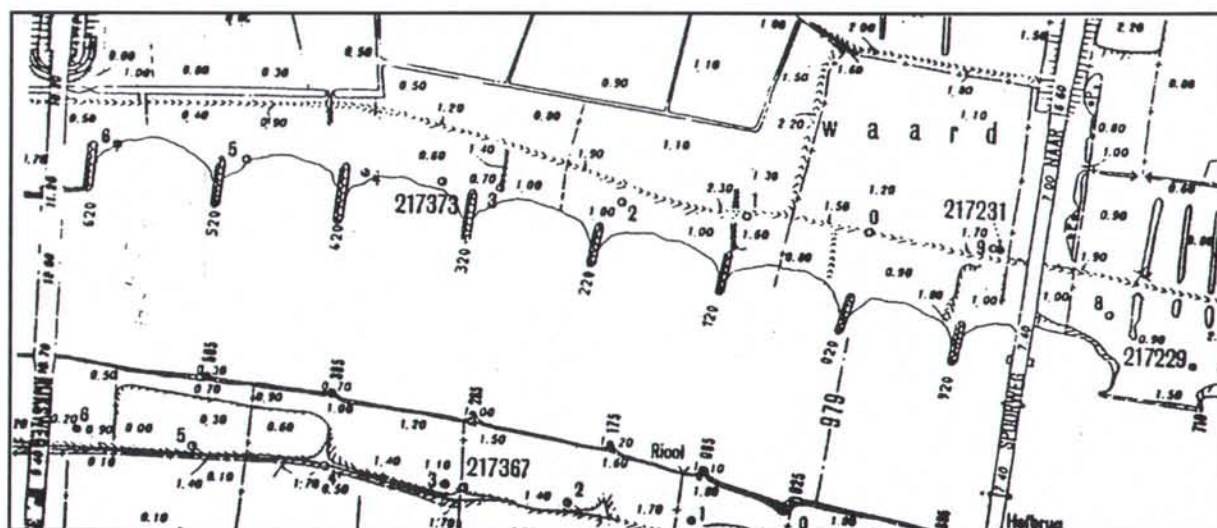
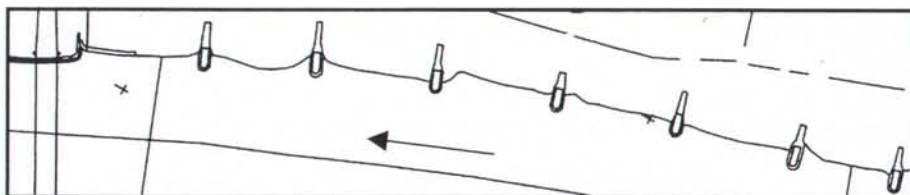
### **Beheer en recreatie**

Vóór de herinrichting waren de oevers verpacht. Het terrein werd grotendeels door melkkoeien begraasd. Het gedeelte bij de spoorbrug had een hooilandbeheer in combinatie met nabeweiding. In 1993 is het beheer in handen van Staatsbosbeheer gekomen en sindsdien wordt seizoensbegrazing toegepast. Integrale begrazing van oever en uiterwaard door koeien en paarden is niet mogelijk, omdat het Waterschap geen paarden op de dijk wil. Daarom is gekozen om in de uiterwaard koeien te laten grazen en in de oever paarden. Het doel van de begrazing van de oever is het laten ontstaan van een structuurrijk grasland. Het gebied in zijn geheel (oever en uiterwaard) houdt daardoor een open structuur en blijft daarmee aantrekkelijk voor weide- en watervogels. Na het broedseizoen, van juni tot november, grazen 6-7 volwassen paarden en hun veulens op de oeverstrook. De begrazingsdichtheid is ongeveer 1 beest per hectare (projectgebied = 7.5 hectare). In de uiterwaard en op de dijk zijn er natuurrecreatieve voorzieningen in de vorm van een wandelpad, een fietspad en een vogelobservatiehut. Verder is er publieksvoorlichting via informatieborden en een folder. De oever is niet vrij toegankelijk voor recreanten; er staat een verbodsbord.



 $\uparrow a \quad \downarrow b$ 

Figuur 2 Situatie vóór de herinrichting (a) en de vorm van de oever (b).

 $\uparrow a \quad \downarrow b$ 

Figuur 3 Situatie na de herinrichting met de verwachte (a) en de werkelijke (b) oever.



### 1.3 Doelstelling van het meetprogramma

Het meetprogramma heeft twee hoofddoelen:

1. Het tijdig signaleren van ongewenste ontwikkelingen (sterke sedimentatie in het zomerbed en achterloops raken van kribben) om indien nodig maatregelen te treffen die deze ontwikkelingen verminderen of tegengaan.
2. Het vergroten van het inzicht in de morfologische en ecologische effecten van verwijdering van oeververdediging langs de IJssel.

Deze twee doelen zijn uitgewerkt tot vier concrete meetdoelstellingen.

1. Het volgen van de mate van erosie en/of sedimentatie van de oever en het zomerbed en een relatie leggen met het ontbreken van oeververdediging en het functioneren van de nieuwe kribben.
2. Het volgen van de vegetatieontwikkeling tussen de zomerkade en het zomerbed om inzicht te krijgen in de vegetatie typen, de soortensamenstelling en de vegetatiestructuur in relatie tot de morfologie en hydrologie van de oever en de seizoensbegrazing.
3. Het volgen van de soortensamenstelling en het aantalsverloop van broedvogels en trekvogels in relatie tot de morfologie, hydrologie en de vegetatie van de oever en de seizoensbegrazing.
4. Het nader inhoud geven van oeverdoeltypen uit Oeverture (RWS Directie Gelderland, 1993b) voor dit deel van de IJssel.

Door middel van incidentele veldwaarnemingen zullen de positieve en negatieve effecten van recreanten op de ecologie en morfologie van de oever globaal worden ingeschat.

### 1.4 Hypothesen

#### Morfologie

1. Na verwijdering van de stenen oeververdediging krijgen erosie en sedimentatie meer invloed op de vorm van de oever. Gezien het cohesieve karakter van de grond en omdat de golfaanval door scheepvaart vrijwel permanent op een zelfde hoogteniveau plaats heeft, zullen tijdelijk steilranden ontstaan.
2. Als gevolg van de oeverslag zal het aanbod van sediment in het zomerbed toenemen en dit kan, bij een gelijkblijvend sedimenttransport, leiden tot verondieping van het zomerbed.

**Ad1:** Verheij en Huyskens (1993) hebben voor de IJssel een bureaustudie uitgevoerd naar de morfologische effecten van totale verwijdering van de oeververdediging in een situatie zonder kribben. De resultaten van deze studie geven aan dat de verwachte oeverslag 0,25 tot 1,0 meter per jaar bedraagt. Zij gaan er vanuit dat ook in onverdedigde kribvakken initieel sprake zal zijn van oevererosie. Deze afslag wordt veroorzaakt door scheepvaart (golven en zuiging). Alleen onder extreme omstandigheden komt daar afslag door rivierstroming bij.

**Ad 2:** Verheij en Huyskens (1993) hebben berekend dat, als over een lengte van 5 kilometer de harde oeververdediging wordt verwijderd, de toename van het sedimentaanbod in het zomerbed per jaar 5-15% zal bedragen. Hierbij is er van uit gegaan dat een kwart van de oeverslag in het zomerbed terecht komt.

## Ecologie

1. Na verwijdering van de harde oeeververdediging wordt in de loop van de tijd de overgang land - water geleidelijker en is de soortensamenstelling en zonering van de oeevervegetatie een afspiegeling van de hydro- en morfodynamiek en de begrazing.
2. De morfologische ontwikkeling en de afname van de openheid van oeevervegetatie hebben effect op soortensamenstelling en aantallen vogels in het gebied: het aantal weidevogels en graseters (ganzen/eenden) zal afnemen en soorten die horen bij een structuurrijkere vegetatie en bij dynamische strandjes zullen toenemen.

**Ad 1:** De vegetatiezonering op rivieroevers wordt bepaald door hydrodynamiek (overstromingsduur en -frequentie en grondwaterstand, golfslag en stroming), morfodynamiek (erosie/sedimentatie), substraat type en begrazingsintensiteit. Als gevolg van deze processen zullen er zandstranden en steilranden ontstaan met pioniers gevolgd door een zone met overstromingstolerante plantensoorten laag op de oever en een zone met overstromingsgevoelige soorten hoog op de oever. Vegetatie die onder intensieve begrazing grazig is en kort wordt gehouden krijgt bij extensivering van de begrazing de ruimte te ontwikkelen tot structuurrijk grasland en structuurrijke ruigte (De Graaf *et al.*, 1990; CUR, 1994; Van Splunder, 1998).

**Ad 2:** In de periode voorafgaand aan de herinrichting waren de oevers van het Engelse Werk belangrijk voor kieviten, grutto's en watersnippen. Deze soorten foerageerden in de natte lage delen van de oever (Gerritsen, 1995). De verwachting is dat de vegetatiezonering na verwijdering van de oeeververdediging een negatieve invloed kan hebben op de aanwezigheid van vogelsoorten die een korte, open vegetatie en natte tot vochtige graslanden prefereren, maar een positieve invloed uitoefenen op soorten die bij dynamische oevers en ruigtes horen. De doelsoorten voor de dynamische oevers zijn Kleine plevier, Oeverwaluw en Visdiefje en voor vochtige ruigtes Watersnip en Graspieper (Schaminée *et al.*, 1997).



## 2 METHODE

### 2.1 Grondboringen

In oktober 1994 heeft de Meetdienst voorafgaand aan de werkzaamheden grondboringen verricht ter bepaling van de bodemsamenstelling van de oever. In elk toekomstig kribvak zijn tien boringen verricht op een oeverhoogte van 1,5 m +NAP. Er is geboord tot een diepte van 1,5 m. De korrelgrootte van de zandfractie is bepaald met behulp van een zandliniaal en varieert tussen 125 en 500  $\mu\text{m}$ .

De boringen zijn verricht om een relatie te kunnen leggen tussen de mate van oeverafslag en de textuur, die weer een maat is voor de erosiegevoeligheid van de bodem. Daarnaast kunnen textuurverschillen ook verschillen in vegetatie tot gevolg hebben. De boorlokatie lagen echter juist in de zone waar nadien is gegraven. Om betrouwbare relaties te kunnen leggen hadden de boringen pas na de herinrichting moeten worden uitgevoerd.

### 2.2 Bodemhoogtemetingen

#### Hoogtekaarten en profielen

De bodemhoogtemetingen die zijn uitgevoerd na maart 1996 (de eerste meting na de herinrichtingswerkzaamheden), zijn verricht in juni 1996, oktober 1996, december 1996, april 1997, juli 1997, december 1997, oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000. De metingen zijn uitgevoerd in dwarsraaien, die aan de linkeroever bij de oeververdediging beginnen en op de rechteroever doorlopen tot aan de zomerkade. De metingen op een raai zijn uitgevoerd met behulp van single beam lodingen (in het zomerbed) en waterpassingen (op de oever). De nauwkeurigheid van één enkele loding is geschat op  $\pm 0,20$  m (mond. med. W.B.M. ten Brinke). Bij het gebruik van meerdere lodingen, in profielen bijvoorbeeld, is de nauwkeurigheid geschat op  $\pm 0,05$  m (mond. med. W.B.M. ten Brinke). De geschatte nauwkeurigheid van de waterpassingen bedraagt 0 tot 0,005 m (mond. med. W.E. van Vuuren).

De ligging van de raaien is weergegeven in bijlage 1. Tussen twee kribben waren steeds vijf raaien gepland; op vijf meter afstand van de kribben, 25 meter van de kribben en midden in het kribvak. Stroomopwaarts van krib 978.920 zijn in het zomerbed twee extra raaien gelegd en stroomafwaarts van krib 979.620 vijf. In bijlage 1 is te zien dat de kribben 979.020, 979.120 en 979.220 iets te ver stroomopwaarts liggen ten opzichte van de raaien. Het is niet helemaal duidelijk wat hiervan de oorzaak is. Waarschijnlijk is de ligging van deze kribben op de kaart (bijlage 1) onjuist, want de metingen zijn volgens planning uitgevoerd (mond. med. A. Stoeter). Om de aanduiding van de kribvakken te vereenvoudigen zijn de kribvakken genummerd (bijlage 2):

kribvak 1 = 978.920-979.020  
kribvak 2 = 979.020-979.120  
kribvak 3 = 979.120-979.220  
kribvak 4 = 979.220-979.320  
kribvak 5 = 979.320-979.420  
kribvak 6 = 979.420-979.520  
kribvak 7 = 979.520-979.620.

In het zomerbed is niet exact op de raaien gemeten. Op de kaarten die de Meetdienst bij de gegevens (ascii-bestanden met x, y, z - coördinaten) levert, is te zien dat de meetraaien in het zomerbed geen rechte lijnen zijn en niet altijd aansluiten op de raaien op de oever. Ook ontbreken er soms (delen van) raaien. De originele meetgegevens zijn daarom niet geschikt



om direct tot profielen te verwerken. In plaats daarvan is eerst een interpolatie uitgevoerd tussen de raaien met hoogtegegevens, zodat gebiedsdekkende hoogtekarten werden verkregen. Uit deze hoogtekarten zijn vervolgens profielen afgeleid op de geplande meetraaien.

### **Verschilkaarten**

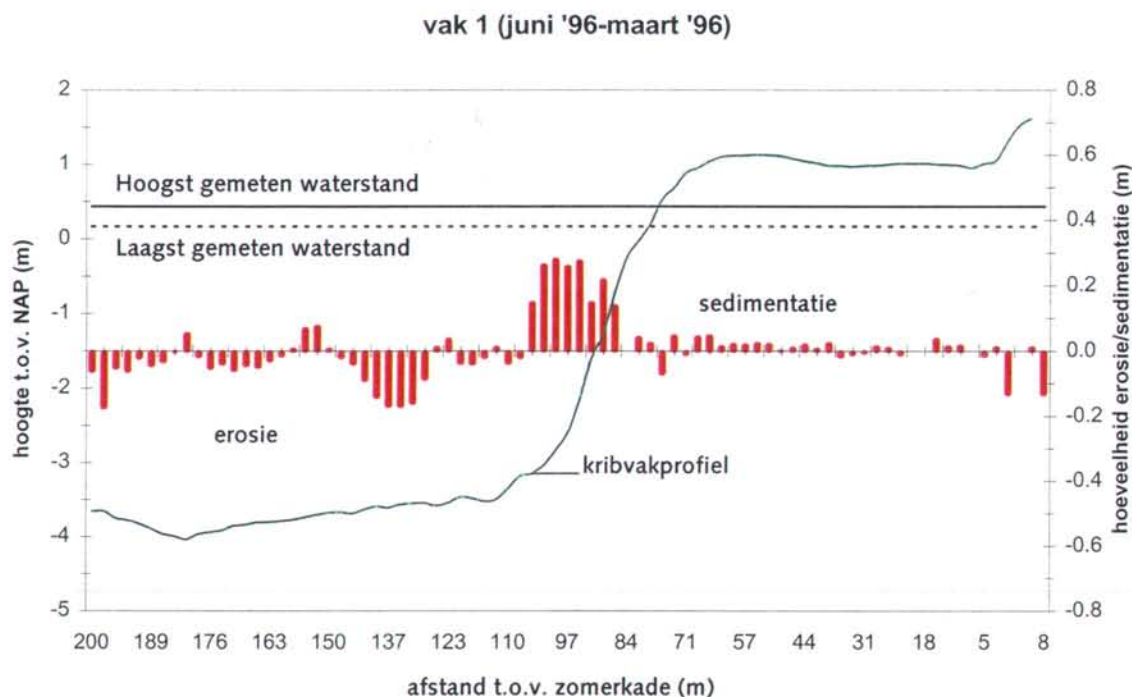
Door steeds twee hoogtekarten van elkaar af te trekken, zijn verschilkaarten vervaardigd. Dit is gedaan voor elke twee opeenvolgende metingen en voor elke meting ten opzichte van de eerste na de herinrichting (maart 1996). De verschilkaarten zijn in 15 vakken (7 kribvakken en 8 zomerbedvakken) onderverdeeld, die begrensd worden door de normaallijn en de lijnen die in het verlengde van de kribben liggen (bijlage 2). Voor elk van deze vakken is aan de hand van de verschilkaarten het volume erosie en sedimentatie berekend.

### **Netto erosie en sedimentatie**

In dit rapport is een nieuwe aanpak gebruikt om meer inzicht te krijgen in waar in het kribvakprofiel erosie en sedimentatie plaats vindt. Per kribvak is de hoeveelheid netto erosie en sedimentatie berekend tussen twee opeenvolgende metingen door de profielen op de raaien van twee verschillende metingen van elkaar af te trekken. De data zijn door de Meetdienst in figuren geplot en digitaal, in Excel, aangeleverd. De data die gebruikt zijn voor de berekening van de hoeveelheid netto erosie en sedimentatie zijn dus niet meer de originele meetdata, maar de data van de fictieve raaien, die bepaald zijn na het interpoleren van de originele data over het gehele gebied. Voor de berekening van de hoeveelheid netto erosie en sedimentatie op de raaien in de profielen zijn alle bodemhoogtemetingen gebruikt. De hoeveelheid netto erosie en sedimentatie is weergegeven in een histogram (Fig. 4). Per kribvak is per tijdsperiode een gemiddeld profiel bepaald door het gemiddelde te berekenen van de profielen van alle raaien in dat vak. Het gemiddelde profiel op een bepaald tijdstip is weergegeven in de grafiek met het histogram dat de netto erosie en sedimentatie in een bepaalde periode in een vak weergeeft (Fig. 4), zodat vastgesteld kan worden waar ten opzichte van het profiel erosie en sedimentatie optreedt. Om de relatie tussen de waterstand en de profielontwikkeling vast te kunnen stellen is de laagste en de hoogste gemeten waterstand per periode in de grafieken geplot. Om een overzicht te krijgen van het effect van de verwijdering van de oeververdediging op de ontwikkeling van de oever in de periode maart 1996-augustus 2000 is de netto erosie en sedimentatie ook over deze tijdsperiode berekend (Fig. 6). Er moet bij de interpretatie van de hoeveelheden erosie en/of sedimentatie rekening gehouden worden met de verschillen in de tijdsperiode tussen de opnames.

## **2.3 Stromingsmetingen**

De stroomsnelheid en stroomrichting zijn gemeten in drie raaien (978.970, 979.250 en 979.470) en per raai in zeven vertikalen. De metingen zijn uitgevoerd in mei, juli en oktober 1996 en april, juli, oktober en december 1997. Het is echter nauwelijks mogelijk om de resultaten van de metingen te interpreteren, omdat de metingen bij verschillende afvoeren zijn gedaan. De gegevens zijn niet verder verwerkt. De resultaten worden niet in dit rapport beschreven. De metingen zijn op basis van de aanbevelingen in de tussenevaluatie (Simons *et al.*, 1998) stopgezet.



Figuur 4 Voorbeeld van een erosie-sedimentatie histogram.

## 2.4 Vegetatie

### Gegevensverzameling

De ontwikkeling van de vegetatie is met behulp van de volgende parameters gevolgd: de soortensamenstelling en bedekking van de vegetatie (mossen en korstmossen uitgezonderd), de vegetatiestructuur en de geografische ligging van de grenzen van de vegetatietypen. Voor een uitgebreide beschrijving van de methode van monitoring wordt verwezen naar het projectplan (Simons *et al.*, 1996).

De vegetatie is in 1994, 1996, 1997 en 1999 eind juli/begin augustus geïnventariseerd door Ecologisch Adviesbureau STL (De Boer en Willink, 1994.; De Boer, 1996; De Boer, 1997). Het volgen van de vegetatie heeft tot en met 1997 plaatsgevonden op alle raaien waar de bodemhoogte is gemeten, uitgezonderd de extra raaien aan beneden- en bovenstroomse zijde van het gebied (bijlage 1a). Op basis van de aanbevelingen van (Simons *et al.*, 1998) is de vegetatie in 1999 op 14 raaien geheel geïnventariseerd. In alle 21 raaien zijn zichtbare vegetatiegrenzen en abrupte overgangen in bodemhoogte vastgesteld. In 1995 heeft geen vegetatie monitoring plaatsgevonden omdat dat het jaar van de uitvoering van de werkzaamheden was. De raaien zijn gevolgd vanaf het beginpunt nabij de zomerkade tot aan een waterdiepte van 1-1,5 m ten tijde van de monitoring. Op elke raai zijn de x,y coördinaten van duidelijk zichtbare grenzen in vegetatiesamenstelling, de vegetatiestructuur en overgangen in hoogteligging van 0,1 meter of meer ingemeten.

De soortensamenstelling en bedekking van de vegetatie is op de raaien opgenomen in raaisegmenten van 5 meter lang en 2 meter breed. De overgang van land naar water is aaneengesloten ingemeten. Op het hoge deel van de oever op de raai liggen deze raaisegmenten niet aaneengesloten maar met een tussenruimte van 10 en 20 meter vanwege het arbeidsintensieve werk en de verwachting dat hier geringe veranderingen in de morfologie, hydrologie en de vegetatie optreden. Indien er in deze strook een zichtbare vegetatie- of structuurgrens aanwezig is, zijn er alsnog raaisegmenten toegevoegd. Indien er



binnen een raaisegment van 5 x 2 meter een zichtbare vegetatie- of structuurgrens aanwezig is, is het raaisegment opgedeeld en zijn er twee afzonderlijke opnamen gemaakt (totale grootte blijft 10 m<sup>2</sup>).

In de raaisegmenten zijn de soorten met een laag aantal individuen niet beschreven, tenzij deze soorten behoren tot de lijst van aandachtsoorten (tabel 3) in 1994, 1996 en 1997. In 1999 zijn alle plantensoorten opgenomen op de 14 raaien. In 1994, 1996 en 1996 zijn in vier raaien zijn alle aanwezige soorten in de proefvakken opgenomen. De aandachtsoorten zijn zeldzame, karakteristieke riviersoorten, bomen en struiken, of indicatorsoorten voor bepaalde milieuomstandigheden. In alle raaien is per raaisegment de structuur van de vegetatie bepaald door zowel de hoogte van de vegetatie als de bedekking per hoogteklaas vast te leggen. Bij de schatting van de vegetatiebedekking is het percentage kale grond bepaald. Onder de benoeming kale grond vallen onbegroeide bodems, onherkenbare plantenresten, mestflappen, stenen en stukken hout.

### Analyse en verwerking

Op basis van de vegetatie-opnamen zijn er per opname vegetatietypen toegekend door gebruik te maken van het programma TURBOVEG, een programma voor de opslag van vegetatiegegevens. De vegetatie is ingedeeld in vegetatietypen volgens de typologie zoals die is opgesteld door De Boer (1996, 1997, 2000).

## 2.5 Vogels

In de periode eind 1992-1995 zijn voor de broedvogelinventarisatie tussen april en juli in de vroege ochtend 5 bezoeken afgelegd. Als gevolg van hoogwater en het onder water staan van de uiterwaarden konden in 1995 slechts 3 bezoeken worden afgelegd. De niet-broedvogels werden minimaal één keer per maand geteld. In de praktijk wisselde de frequentie tussen 2 en 12 keer per maand. In een periode met hoge waterstanden (december 1993-februari 1994) en in de periode juni-september 1993 en april 1994 is niet gemeten. Bij de tellingen voor de monitoring van de zoete Rijkswateren (Van Roomen en Van Winden 1993) wordt uitgegaan van 1 telling per maand. Vanaf 1996 is het aantal bezoeken voor de broedvogeltelling verhoogd tot 7 bezoeken conform de SOVON richtlijnen (van Dijk, 1993). Tijdens de broedvogeltellingen zijn gelijktijdig de aantallen niet-broedvogels geteld. Van juli tot oktober zijn de niet-broedvogels gemiddeld wekelijks geteld in de ochtend, middag of avond. Voor een uitgebreide beschrijving van de methode wordt verwezen naar het projectplan (Simons *et al.*, 1996) en de jaarrapporten van de inventarisaties (Gerritsen, 1995, 1996, 1997 a&b, 1998, 1999, 2000, 2001).

### 3 RESULTATEN

#### 3.1 Grondboringen

Langs vrijwel de hele oever van 'Het Engelse Werk' bestaat de bovenste 0,2 tot 0,4 m van de bodem uit kleiig zand. In de kribvakken 1, 2, 3, 6 en 7 bestaat de bodem voornamelijk uit zand. Tussen 0,8 en 1,5 m beneden maaiveld komt hier en daar klei voor. In de kribvakken 4 en 5 bestaat de bodem voornamelijk uit klei. Tussen 0,4 en 1,3 m beneden maaiveld komt zandige klei voor en vanaf 1,3 m beneden maaiveld komt een kleilaag voor. De kribvakken 4 en 5 liggen ongeveer op dezelfde lokatie als de twee kribvakken die al aanwezig waren vóór de herinrichting. De boorlokatie's liggen hier verder landinwaarts, omdat het deel van de oever dat een hoogte heeft van 1,5 meter +NAP hier verder landinwaarts ligt. Dit verschil in lokatie kan een verklaring zijn voor het verschil in textuur.

De boringen zijn uitgevoerd voor de aanvang van de herinrichtingswerkzaamheden. Tijdens de werkzaamheden zijn de lokaties, waar de boringen zijn uitgevoerd, vergraven. De hierboven genoemde samenstelling van de oever vormt dus slechts een indicatie.

#### 3.2 Hoogtekaarten

De hoogtekaarten van maart 1996 (eerste meting na verwijdering van de oeeververdediging), oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000 zijn opgenomen in bijlage 3a t/m c. Voor de hoogtekaarten van december 1994 (vóór verwijdering van de harde oeeververdediging) en april 1997 wordt verwezen naar Simons *et al.* (1998).

Op de kaarten van oktober 1998, augustus 1999 en 2000 is de topografie en de oeverlijn van 1996 te zien. In maart 1996 was de oever overal recht en steil. Bij een aantal kribben week de oeverlijn iets terug. In april 1997 was de hoogtezona van 0-1 m +NAP iets verder landinwaarts opgeschoven (Simons *et al.*, 1998). In de hoogtezona-kaarten van oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000 is te zien dat deze hoogtezona ten opzichte van april 1997 nog verder landinwaarts verplaatst is. Dit wijst op oeeverafslag.

De oeverlijn van oktober 1998, augustus 1999 en 2000 wijkt in de kribvakken meer terug dan in maart 1996 en april 1997. Er ontwikkelt zich tussen de kribben steeds meer een concave (ruimtelijk gezien) en geleidelijk oplopende (in dwarsprofiel) oever.

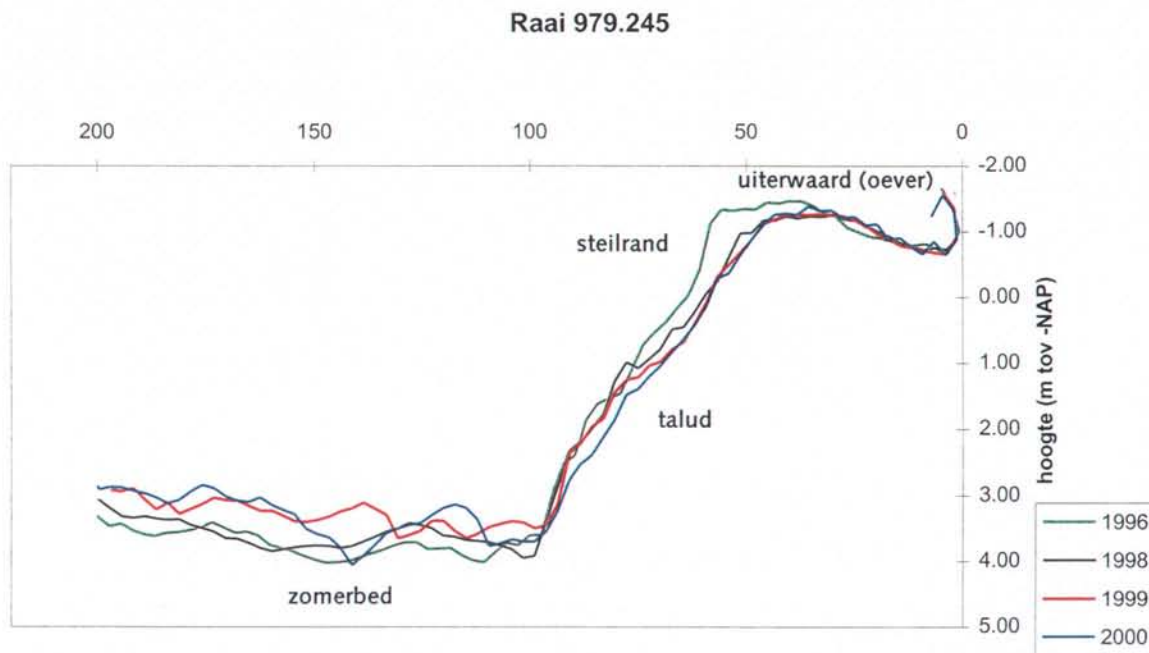
Aan de hoogteligging van het zomerbed is te zien dat in dit traject een zwakke bocht aanwezig is. Tussen kilometerraai 979.220 en 979.320 steekt de stroomdraad over van de linkeroever naar de rechteroever. De binnenbochten in het zomerbed liggen in augustus 2000 in vergelijking met april 1997 gemiddeld 0,25 m hoger.

#### 3.3 Verschilkaarten en profielen

In bijlage 4 zijn de verschilkaarten van oktober '98-augustus '99 (bijlage 4a), augustus '99-augustus '00 (bijlage 4b), maart '96-augustus '99 (bijlage 4c), maart '96-augustus '00 (bijlage 4d) opgenomen. Op alle kaarten is een afwisseling van erosie en sedimentatie te zien, zowel in het zomerbed als in de buurt van de kribben en de normaallijn. Op een aantal plekken is dit waarschijnlijk het gevolg van meetonzekerheden, maar ook in werkelijkheid komen schommelingen in de hoogteligging voor. De afwisseling van erosie en sedimentatie in het zomerbed in de perioden oktober '98-augustus '99 en augustus '99-augustus '00 is het gevolg van aanzanding tijdens het hoogwater van november 1998. Het reliëf van de vaste bodemvormen wordt hierdoor versterkt. Na het hoogwater treedt weer afvlakking op.



In de profielen in bijlage 5 zijn de profiellijnen van maart 1996, juni 1996, oktober 1996, december 1996, april 1997, juli 1997, december 1997, oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000 aangegeven. In de profielen die zijn opgenomen in de tekst zijn alleen de profiellijnen van maart 1996, oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000 opgenomen om de veranderingen in het kribvakprofiel duidelijker te kunnen laten zien. In de profielen is duidelijk een terugschrijding van de oever te zien; de lijn van maart 1996 wijkt vaak enkele meters (maximaal 8 m tussen maart 1996 en april 1997) af van de lijn van augustus 2000 als gevolg van de ingreep (Fig. 5). Verder vallen de schommelingen in de hoogteligging van het zomerbed op. Elk profiel kan worden opgedeeld in vier zones (Fig. 5): het zomerbed, het talud (de onderwateroever, het relatief steile deel tussen -4 en 0 meter t.o.v. NAP), de steilrand (ongeveer tussen 0 en 1 meter + NAP; deze is niet altijd aanwezig) en de uiterwaard (het gedeelte tussen de steilrand en de zomerbed). De resultaten van iedere afzonderlijke zone worden besproken in paragraaf 3.5.



Figuur 5 Voorbeeld van een profiel. In het profiel zijn het zomerbed, het talud, de steilrand en de uiterwaard aangegeven. In dit profiel is duidelijk de terugschrijding van de steilrand te zien: de profiellijnen schuiven min of meer chronologisch op naar rechts.

### 3.4 Netto sedimentatie en erosie

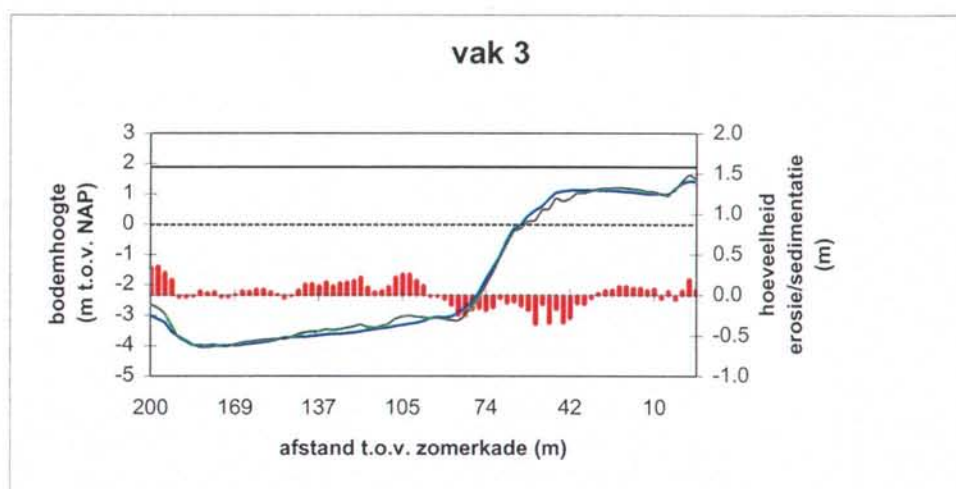
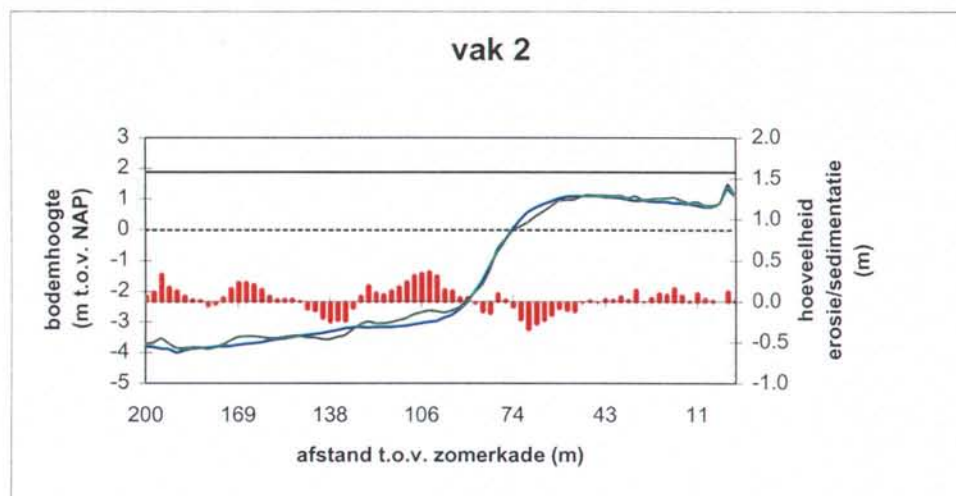
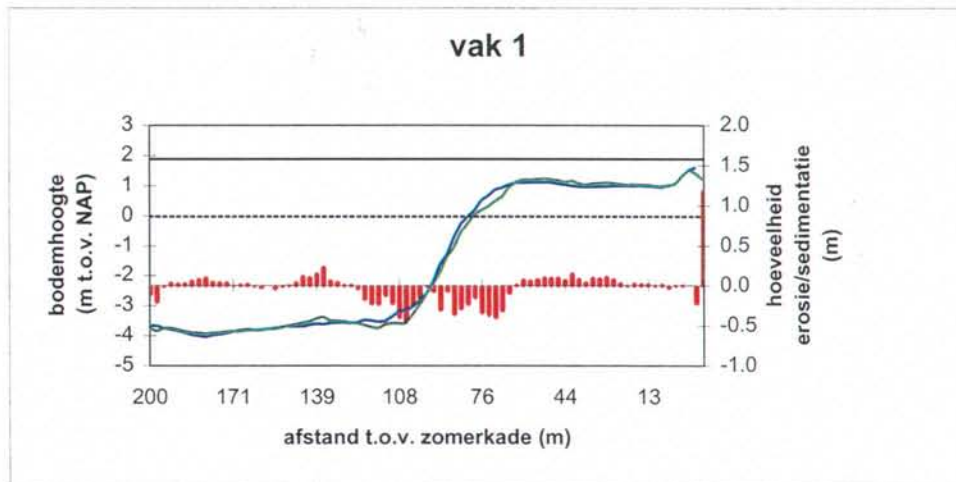
In alle kribvakken is, aan de hand van de erosie-sedimentatie histogrammen (bijlage 6) voor het zomerbed, het talud, de steilrand en de uiterwaard vastgesteld of er voornamelijk erosie of sedimentatie heeft plaats gevonden in de periode tussen twee bodemhoogtemetingen. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in tabel 1. Uit de tabel blijkt dat in de periode maart 1996-augustus 2000 in het zomerbed en bij het talud zowel perioden met overheersend erosie als sedimentatie zijn voorgekomen. Bij de steilrand heeft erosie (terugschrijding) plaats gevonden. In de uiterwaard heeft voornamelijk (lichte) sedimentatie plaats gevonden.

Tabel 1 Netto sedimentatie en erosie per tijdvak per kribvakdeel: + = sedimentatie, 0 = geen netto erosie of sedimentatie, - = erosie.

Periode	zomerbed	talud	steilrand	uiterwaard
mrt '96-jun '96	-	+	0	+
jun '96-okt '96	+	-	-	-
okt '96-dec '96	-	+	-	+
dec '96-apr '97	+	0	0	+
apr '97-jul '97	0	0	-	0
jul '97-dec '97	-	-	-	+
dec '97-okt '98	-	+	-	+
okt '98-aug '99	+	0	-	+
aug '99-aug '00	0	-	-	+

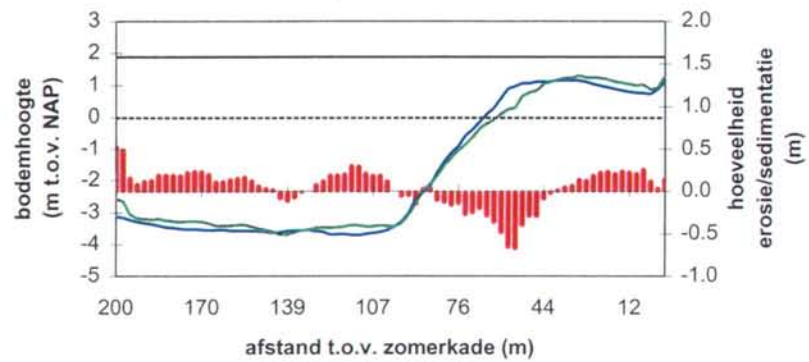
In figuur 6 staan de erosie en sedimentatie grafieken per kribvak voor de periode maart 1996-augustus 2000. In de uiterwaard heeft in alle vakken sedimentatie plaats gevonden (maximaal 0,3 m in vak 4). Het talud is in alle kribvakken teruggeschreden. In de vakken K1, K2, K3, K4, K5 en K6 heeft de erosie (maximaal 10 m in vak K4 en K5) met name bovenaan het kribvakprofiel, tussen -2 en 1 m +NAP, plaatsgevonden. In de kribvakken 1, 3, 6 en 7 heeft ook onderaan het kribvakprofiel, tussen -2 en -4 m +NAP erosie plaats gevonden (maximaal 5 m in vak K7). In het zomerbed zijn de verschillen in bodemhoogte tussen maart 1996 en augustus 2000 (maximaal 0,5 m erosie en 0,75 m depositie, bijlage 4d) te verklaren door de natuurlijke dynamiek in het zomerbed, bijvoorbeeld als gevolg van het verplaatsen van beddingvormen over de bodem. Er lijkt in de periode maart 1996-augustus 2000 geen netto sedimentatie of erosie plaats gevonden te hebben. Uit de verschilkaarten (bijlage 4) en de profielen (bijlage 5) blijkt dat het zomerbed in de periode maart 1996-augustus 2000 niet geleidelijk opgehoogd of verlaagd is. De bodemligging schommelt rond het niveau van maart 1996. In profiel 979.225 (Fig. 7) is dit goed te zien. Het niveau van het zomerbed in april 1997, juli 1997, december 1997 en oktober 1998 ligt grotendeels onder het niveau van maart 1996. Het niveau van augustus 1999 en augustus 2000 ligt gedeeltelijk boven het niveau van maart 1996.

Erosie van de steilranden wordt voornamelijk veroorzaakt door de golfwerking. Dit betekent dat ter hoogte van de steilrand tussen de hoogste en de laagste waterstand de meeste erosie van de steilrand plaats zou moeten vinden. In de meeste grafieken treedt dit verschijnsel op (zie bijvoorbeeld bijlage 6, vak 4 dec '96-okt '96, vak 5 apr '97-dec '96, vak 6 aug '99-okt '98), maar in een aantal gevallen is dit effect helemaal niet te zien. Soms vindt sedimentatie plaats ter hoogte van de hoogste en de laagste waterstand (zie bijvoorbeeld bijlage 6, vak 1 dec '97-jul '97, vak 6 jun '96-mrt '96, vak 7 jun '96-mrt '96).

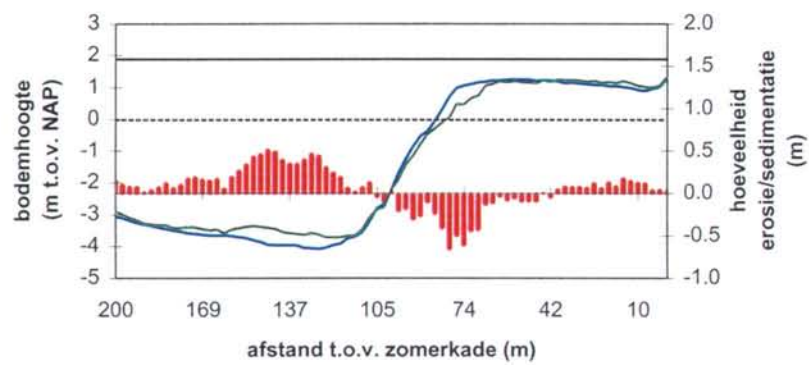




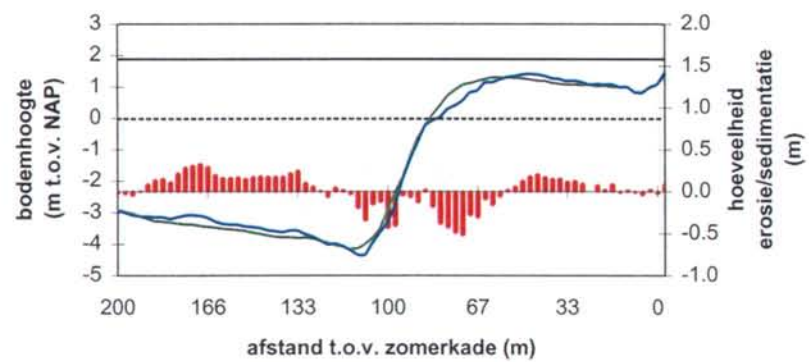
**vak 4**

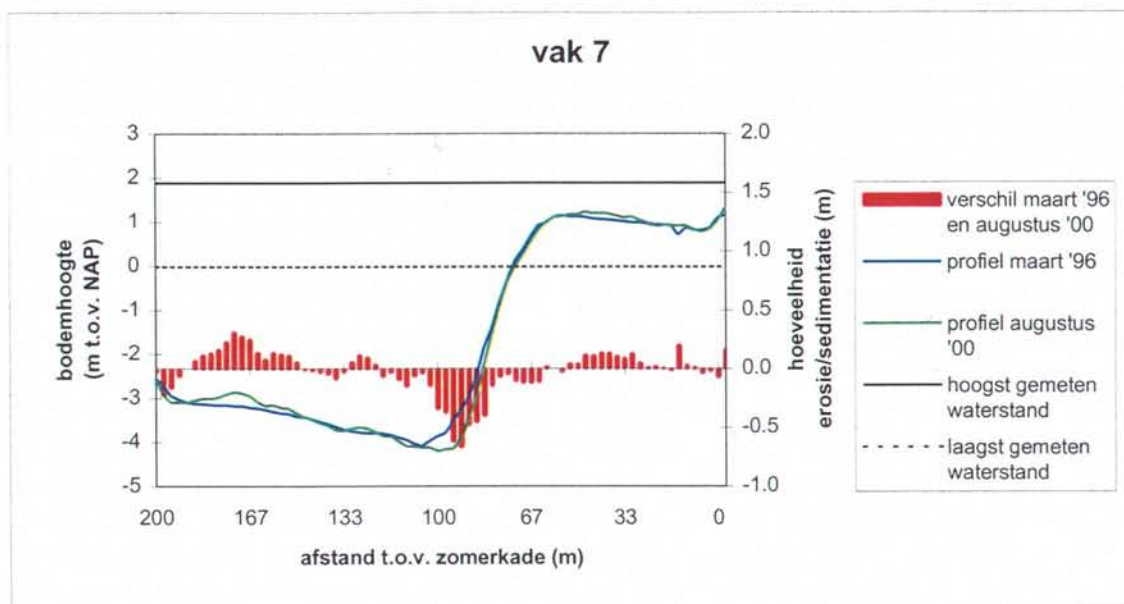


**vak 5**

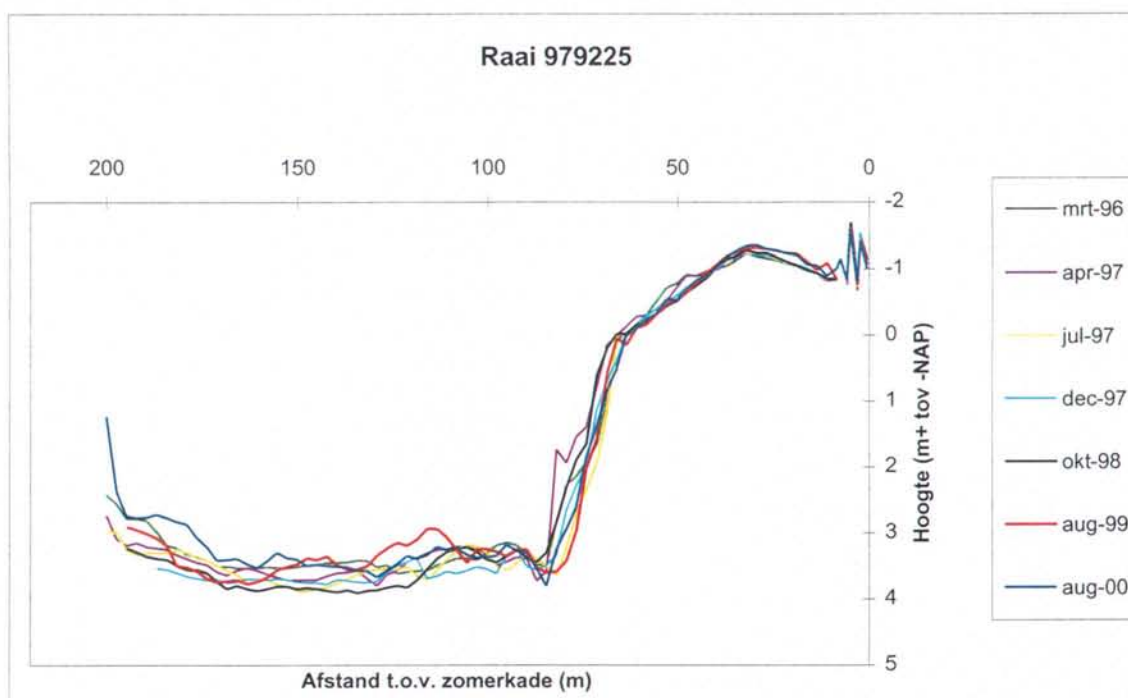


**vak 6**





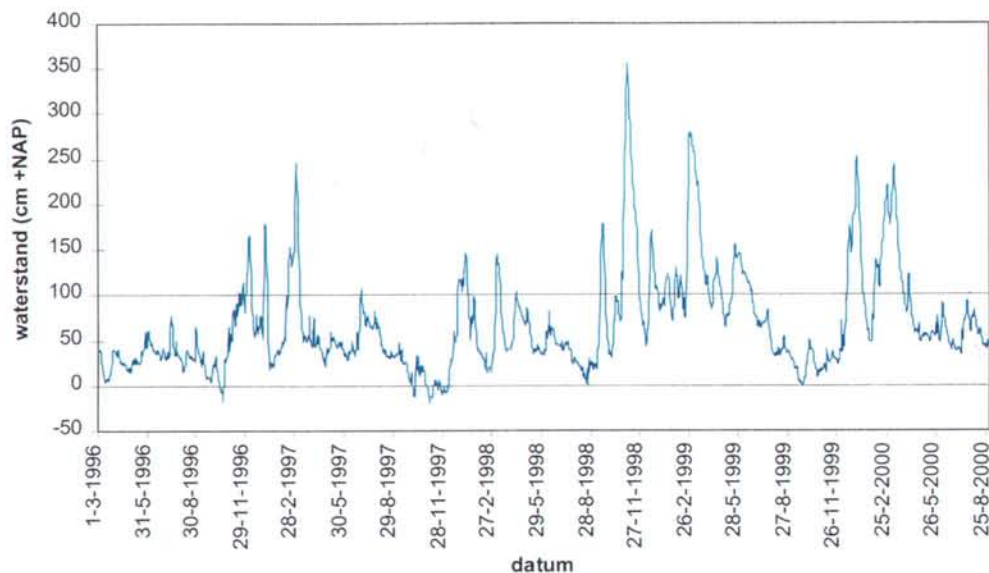
Figuur 6 Hoeveelheid netto erosie en sedimentatie in de periode maart 1996-augustus 2000.



Figuur 7 Profiel 979.225. De bodemhoogte van april 1997-oktober 1998 ligt grotendeels onder het niveau van maart 1996. Het niveau van augustus 1999 en augustus 2000 ligt grotendeels boven het niveau van maart 1996.

Waarschijnlijk wordt de relatief hoge ligging van het zomerbed in augustus 1999 en augustus 2000 veroorzaakt door hoge afvoer die plaatsvond in november 1998 (Fig. 8).





Figuur 8 Waterstanden bij Katerveer vanaf 1 maart 1996 tot en met 1 september 2000. Voor lokatie Katerveer zie figuur 1.

Bij een hoogwater wordt veel zand aangevoerd vanuit het bovenstroomse deel van de rivier, zodra de afvoer omlaag gaat wordt het zand afgezet in de geul. Pas bij het volgende hoogwater met een voldoende hoge transportcapaciteit om het zand weer te transporteren wordt dit zand weer opgenomen. Met andere woorden de verhoging van het zomerbed, die te zien is in de bodemhoogtemetingen van augustus 1999 en 2000 is veroorzaakt door de sedimentatie als gevolg van de hoge afvoer in november 1998. In augustus 2000 is het in november 1998 afgezette zand in het zomerbed nog steeds niet helemaal opgeruimd.

Voor de berekening van de hoeveelheid netto erosie en sedimentatie zijn per kribvak gemiddelde profielen (zie hoofdstuk 2.2, p. 18) gebruikt, dit betekent dat de maximale waarden die in deze paragraaf genoemd worden kunnen afwijken van de maxima in de verschilkaarten.

### 3.5 Morfologische ontwikkeling van de uiterwaard, de steilrand, het talud en het zomerbed

#### De uiterwaard

In de uiterwaard treden niet of nauwelijks verschillen op tussen de situatie in maart '96 en augustus '00. Op de verschilkaart (bijlage 4d) is te zien dat de verschillen variëren van maximaal 0,25 m erosie tot 0,50 m sedimentatie aan de landzijde van krib 979.320. Er zijn echter twee zaken waar rekening mee gehouden dient te worden:

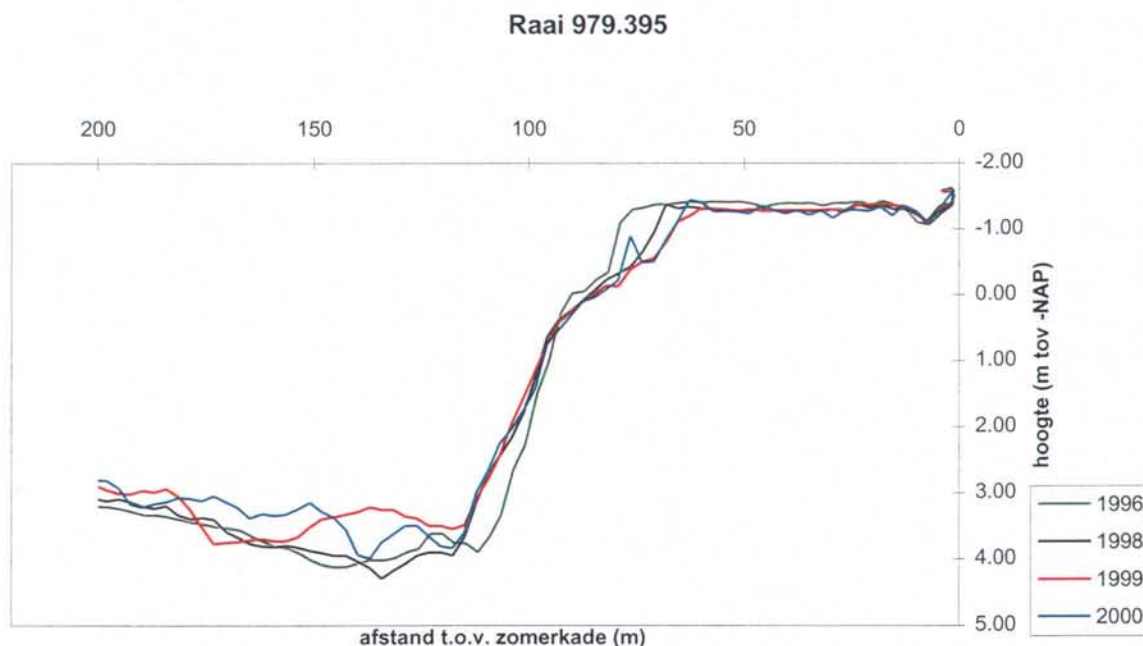
- 1) De meetgegevens die gebruikt zijn om de verschilkaarten te berekenen hebben een bepaalde meetonnauwkeurigheid. In de uiterwaarden vindt voornamelijk (lichte) sedimentatie plaats.
- 2) De meeste depositie vindt plaats op de oeverwallen (tot ca. 0,1 m per hoogwater waarbij de uiterwaard overstroomt). Achter de oeverwallen worden slechts enkele millimeters sediment per jaar afgezet (Middelkoop, 1997).

Er heeft ook nog wat sedimentatie plaats gevonden aan de landzijde van krib 979.420 en 979.520. In de verschilkaart van augustus '99 en maart '96 (bijlage 4c) kan dezelfde waarde voor de maximale depositie waargenomen worden. Dit duidt er op dat er in de periode augustus 1999 en augustus 2000 relatief weinig sedimentatie heeft plaats gevonden. Dit valt ook af te leiden uit de verschilkaart van augustus '99-augustus '00 (bijlage 4b). De verschillen zijn niet groter dan 0,25 m. In de periode augustus '99-oktober '98 is het verschil gemiddeld genomen ook niet groter dan 0,25 m, met uitzondering van krib 979.320, net achter krib 979.320 treedt erosie op tot 0,50 m en nog iets verder oostwaarts bedraagt de depositie ongeveer 0,50 m.

Uit de profielen blijkt dat het niveau van de uiterwaard vrijwel gelijk is gebleven (bijlage 5). Uit de erosie en sedimentatie grafieken van maart '96 tot augustus '00 (Fig. 6) blijkt dat in kribvak 4 de meeste depositie heeft plaatsgevonden.

### De steilrand

Erosie van de steilrand, te herkennen aan de gele en rode vlakken rechts van de oeverlijn, is op de verschilkaart augustus '00-maart '96 (bijlage 4d) te zien in alle kribvakken, met uitzondering van kribvak 7. De erosie treedt voornamelijk op in het stroomafwaartse deel van de kribvakken. Erosie van de steilrand is het sterkst (tot 1,50 m in landwaartse richting) tussen de kribben 979.220 en 979.520. Tussen de kribben 978.920 en 979.220 is minder erosie opgetreden (maximaal 1,00 m). In de profielen (bijlage 5 en Fig. 6) is de erosie van de steilrand te zien als een terugschrijding van de steilrand tussen 0 en 1 m +NAP. Vooral in profiel 979.195 en 979.395 is de terugschrijding heel duidelijk te zien; de lijnen schuiven in chronologische volgorde op naar rechts (Fig. 9).



Figuur 9 Profiel 979.395. Tussen 0 en 1 m +NAP is de terugschrijding van de steilrand te zien; de lijnen schuiven in chronologische volgorde op naar rechts.

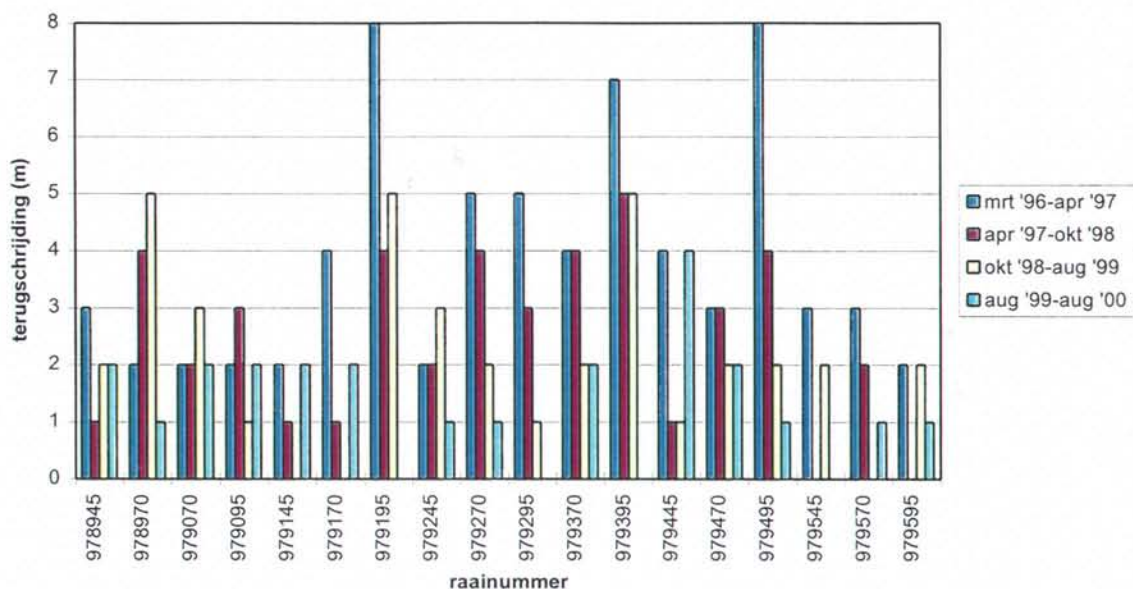
In alle profielen is de terugschrijding van de steilrand tussen maart 1996, april 1997, oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000 gemeten (tabel 2). Gezien de schaal van de profielen hebben de uitkomsten een nauwkeurigheid van een meter.



In figuur 10 is de hoeveelheid terugschrijding in een histogram weergegeven voor de perioden maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999 en augustus 1999-augustus 2000. De hoeveelheid terugschrijding is alleen gemeten in de raaien waarvan de profielen doorlopen tot aan de zomerkade en in de raaien waarin voldoende hoogtemetingen in de uiterwaard beschikbaar waren. In sommige profielen is ter hoogte van de uiterwaard een zig-zag lijn te zien. Deze zig-zag lijn is het gevolg van het feit dat de resolutie van de meetgegevens te groot is. Dit probleem kan worden opgelost door een lopend gemiddelde te gebruiken voor de berekening van de profiellijn. Tussen de kribben 979.220 en 979.620 is de terugschrijding over het geheel genomen geleidelijk afgenomen in de periode maart 1996-augustus 2000. Dit is goed te zien in raai 979.495, waar de oeverlijn respectievelijk 8 m, 4 m, 2 m en 1 m is teruggeschreden. Tussen de raaien 978.945 en 979.245 heeft de mate van terugschrijding meer gevarieerd (zie bijvoorbeeld raai 978.970 waar de oeverlijn tussen maart 1996 en augustus 2000 respectievelijk 2, 4, 5 en 1 m is teruggeschreden).

Tabel 2 Terugschrijding (m) van de steilrand in de periode maart 1996-augustus 2000.

Km raainummer	mrt '96- apr '97	apr '97- okt '98	okt '98- aug '99	aug '99- aug '00	okt '98- aug '00	mrt '96- aug '00
978.945	3	1	2	2	3	7
978.970	2	4	5	1	3	9
979.070	2	2	3	2	3	7
979.095	2	3	1	2	3	9
979.145	2	1	0	2	2	5
979.170	4	1	0	2	2	4
979.195	8	4	5	0	6	17
979.245	2	2	3	1	3	8
979.270	5	4	2	1	4	12
979.295	5	3	1	0	10	8
979.345	-	3	2	2	4	7
979.370	4	4	2	2	4	10
979.395	7	5	5	0	4	16
979.445	4	1	1	4	3	6
979.470	3	3	2	2	4	10
979.495	8	4	2	1	8	10
979.545	3	-	2	0	2	4
979.570	3	2	0	1	1	2
979.595	2	-	2	1	2	2
<i>gemiddeld</i>	2.5	1	2	1.5	2.5	4.5



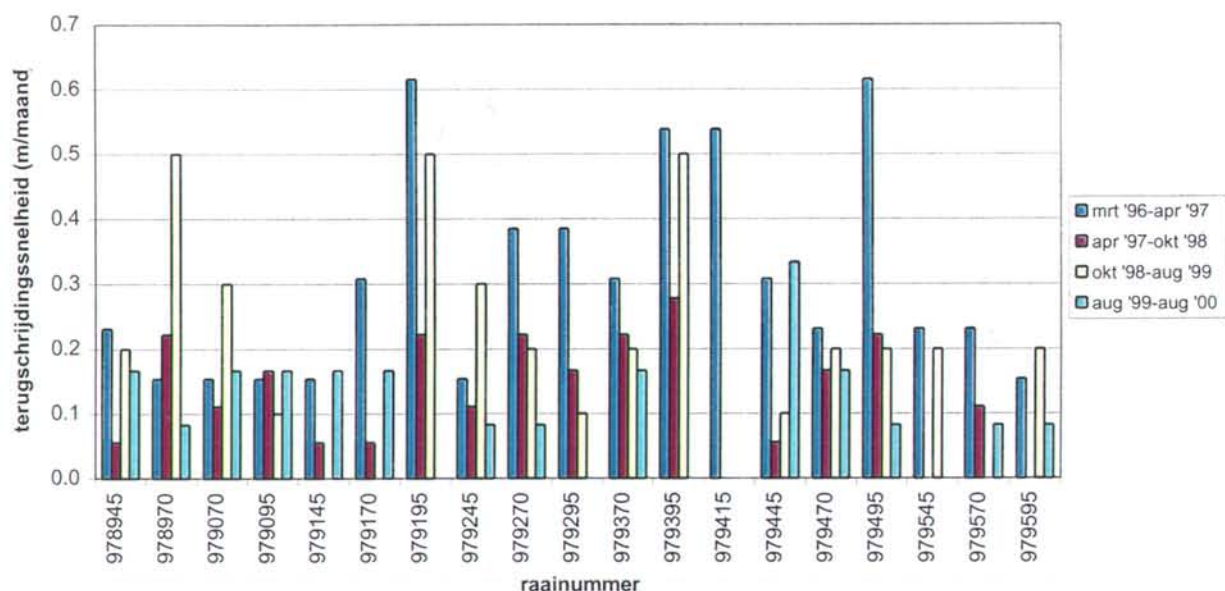
Figuur 10 De mate van terugschrijding in de periode maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999, augustus 1999-augustus 2000.

De verschillende tijdsperioden waarin de hoeveelheid terugschrijding is berekend (tabel 2, Fig. 10) zijn niet even lang. Het is daarom moeilijk om de hoeveelheid terugschrijding in de verschillende perioden te vergelijken. Om dit effect uit te sluiten, is de hoeveelheid terugschrijding gestandaardiseerd door de hoeveelheid terugschrijding per maand te berekenen (tabel 3, Fig. 11).

Tabel 3 Terugschrijdingssnelheid (m/maand) van de steilrand in de periode maart 1996-augustus 2000.

Km raainummer	mrt '96-apr '97	apr '97-okt '98	okt '98-aug '99	aug '99-aug '00
978.945	0.2	0.1	0.2	0.2
978.970	0.2	0.2	0.5	0.1
979.070	0.2	0.1	0.3	0.2
979.095	0.2	0.2	0.1	0.2
979.145	0.2	0.1	0	0.2
979.170	0.3	0.1	0	0.2
979.195	0.6	0.2	0.5	0.0
979.245	0.2	0.1	0.3	0.1
979.270	0.4	0.2	0.2	0.1
979.295	0.4	0.2	0.1	0.0
979.370	0.3	0.2	0.2	0.2
979.395	0.5	0.3	0.5	0.0
979.415	0.5	0.0	0	0.0
979.445	0.3	0.1	0.1	0.3
979.470	0.2	0.2	0.2	0.2
979.495	0.6	0.2	0.2	0.1
979.545	0.2	-	0.2	0.0
979.570	0.2	0.1	0	0.1
979.595	0.2	-	0.2	0.1
gemiddeld	0.2	0.0	0.2	0.1

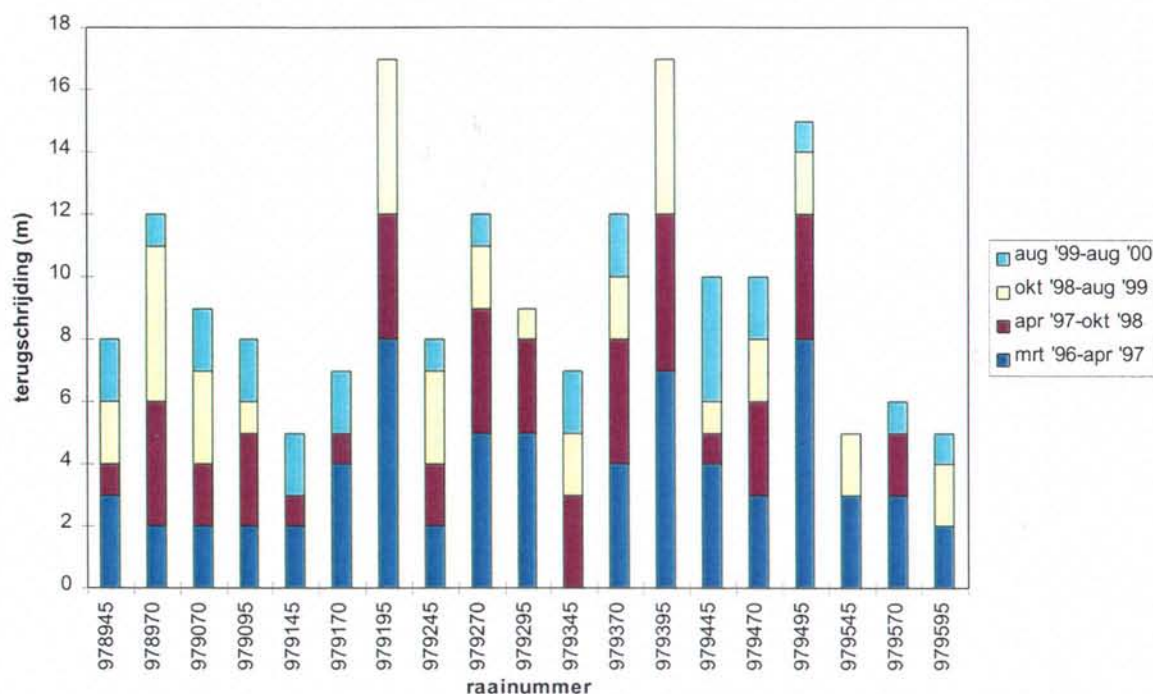




Figuur 11 Terugschrijdingssnelheid (m/maand) per raai in de perioden maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999, augustus 1999-augustus 2000.

De algemene trends in figuur 10 en 11 zijn hetzelfde. De terugschrijdingssnelheid is tussen de raaien 979.195 en 979.570 het grootst in de periode maart 1996-april 1997. De maximale terugschrijdingssnelheid ( $\pm 0,6$  m/maand) treedt op in de raaien 979.195 en 979.495. De terugschrijdingssnelheid neemt in de periode maart 1996-augustus 2000 min of meer geleidelijk af. In een aantal raaien (bijvoorbeeld 978.970, 979.070, 979.195, 979.395 en 979.470) is de terugschrijdingssnelheid in de periode oktober 1998-augustus 1999 hoger dan in de periode april 1997-oktober 1998. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het hoogwater dat plaatsvond in november 1998.

In figuur 12 is de totale (cumulatieve) terugschrijding in de periode maart 1996-augustus 2000 weergegeven. Hieruit blijkt dat de meeste terugschrijding heeft plaatsgevonden bij de raaien 979.195, 979.295, 979.395 en 979.495. Deze raaien liggen allemaal net stroomopwaarts van de kribben. Ook uit deze figuur blijkt dat over het geheel genomen in de periode maart 1996-april 1997 de meeste terugschrijding heeft plaats gevonden en tussen augustus 1999 en augustus 2000 de minste.



Figuur 12 De totale (cumulatieve) terugschrijding in de periode maart 1996-augustus 2000.

Uit veldwaarnemingen, die gedaan zijn in november 2000, blijkt dat de hoogte van de steilrand is afgenomen en dat de steilrand soms zelfs ontbreekt. In april 1997 was de steilrand nog gemiddeld 0,6 meter hoog. In tabel 4 staat de geschatte hoogte van de steilrand in november 2000 per kribvak weergegeven. Het is opvallend dat de steilrand in kribvak 5 ontbreekt. Daar komt klei in de ondergrond voor die erosie tegen gaat. In kribvak 4 komt ook klei voor en daar is de steilrand juist nog relatief hoog.

Tabel 4 Geschatte hoogte van de steilrand in de verschillende kribvakken in november 2000.

Kribvak	hoogte steilrand
1	0,40 m
2	0,10 m
3	steilrand ontbreekt
4	0,50 à 0,60 m
5	steilrand ontbreekt
6	0,15 m

In het veld is te zien dat vlak naast de kribben erosiegeultjes ontstaan (foto 5 en 6, bijlage 7). De oever loopt hier geleidelijker op en een steilrand ontbreekt.

Op grond van de gemeten terugschrijding is per kribvak de oppervlakte en het volume oeverafslag berekend (tabel 5). De totale berekende oeverafslag in de periode maart 1996-augustus 2000 is 5320 m<sup>2</sup>. De geschatte hoeveelheid oeverafslag per kribvak (oppervlakte en volume) in de periode maart 1996-april 1997 in Simons *et al.* (1998) komt niet overeen met de berekende waarden. We gaan er vanuit dat er in Simons *et al.* (1998) een fout gemaakt is. Vanaf nu worden de getallen die in tabel 5 staan gehanteerd. Het volume geërodeerd



sediment van de steilrand is per kribvak berekend, omdat de hoogte van de steilrand per kribvak varieert. Het volume kon niet berekend worden voor kribvakken waar geen steilrand aanwezig is. De geschatte (minimum) hoeveelheid oeverafslag in alle kribvakken over het hele traject in de periode maart 1996-augustus 2000 is  $\pm 937 \text{ m}^3$ . De oppervlakte en het volume oeverafslag neemt af van maart 1996 tot augustus 2000. De meeste oeverafslag, ongeveer 40 % van de oppervlakte en het volume, heeft plaatsgevonden in de periode maart 1996-april 1997 (de eerste twee metingen na verwijdering van de oeververdediging).

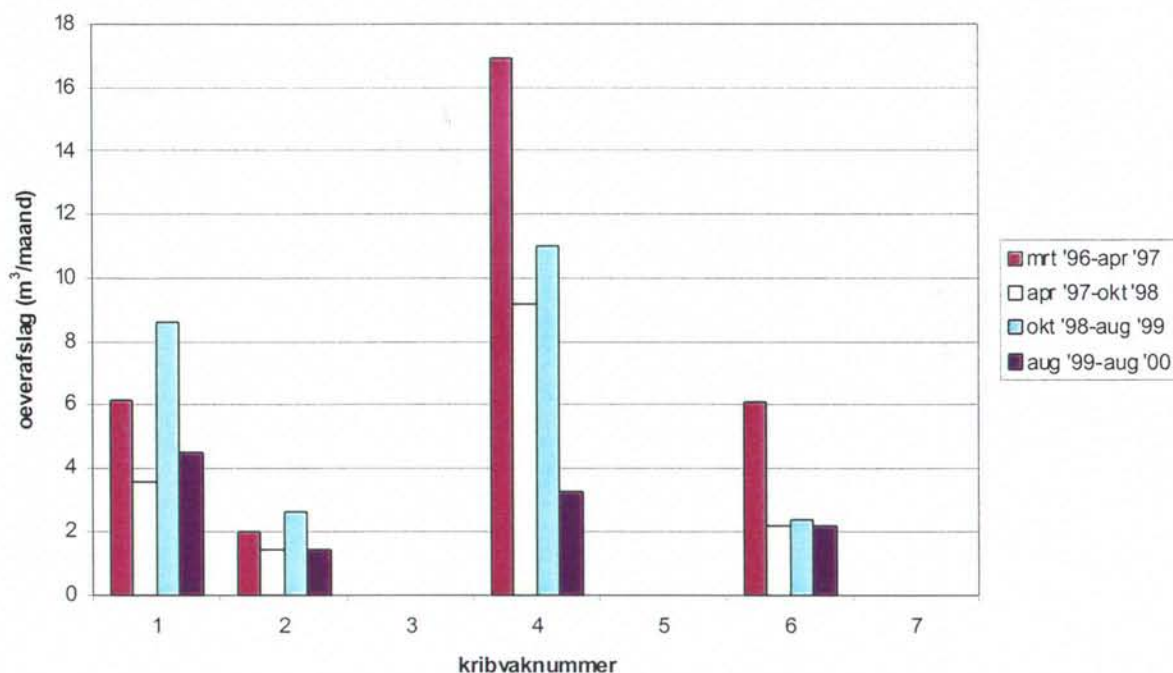
Tabel 5 Oppervlakte en volume oeverafslag, in de hoogtezone 0-1 m +NAP, in de periode maart 1996-augustus 2000, berekend per kribvak.

kribvak	mrt '96-aug '00	mrt '96-apr '97	apr '97-okt '98	okt '98-aug '99	aug '99-aug '00
	oppervlakte ( $\text{m}^2$ )				
1	536	200	160	216	136
2	858	256	256	256	166
3	835	451	192	163	125
4	930	400	300	200	70
5	1056	528	384	288	125
6	835	528	259	163	173
7	270	270	200	130	70
totaal	5320	2633	1751	1416	865
	volume ( $\text{m}^3$ )				
1	214	80	64	86	54
2	86	26	26	26	17
3	-	-	-	-	-
4	512	220	165	110	39
5	-	-	-	-	-
6	125	79	39	24	26
7	-	-	-	-	-
totaal	937	405	293	246	135

Omdat de tijd tussen twee verschillende meetperioden niet altijd even lang is, is de snelheid van oeverafslag ( $\text{m}^3$ ) per maand berekend (tabel 6, Fig. 13).

Tabel 6 Oeverafslag ( $\text{m}^3$ ) per maand in de kribvakken in de periode maart 1996-augustus 2000.

Kribvak	mrt '96-apr '97	apr '97-okt '98	okt '98-aug '99	aug '99-aug '00
1	6.2	3.6	8.6	4.5
2	2.0	1.4	2.6	1.4
3	-	-	-	-
4	16.9	9.2	11.0	3.3
5	-	-	-	-
6	6.1	2.2	2.4	2.2
7	-	-	-	-



Figuur 13 Volume oeverafslag van de steilrand ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) per kribvak.

Voor de kribvakken 3, 5 en 7 kon het volume niet berekend worden, omdat in deze kribvakken geen steilranden meer aanwezig zijn. In de kribvakken 1 en 2 is de hoeveelheid oeverafslag ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) het grootst in de periode oktober 1998-augustus 1999. Waarschijnlijk is dit het gevolg van het hoogwater van november 1998. In de kribvakken 4 en 6 was de hoeveelheid oeverafslag het grootst in de periode maart 1996-april 1997.

Om het volume oeverafslag echt goed te kunnen berekenen zou de precieze hoogte van de steilrand moeten worden berekend met behulp van de waterpasgegevens. Nu zijn de oppervlaktes en de volumes berekend met geschatte waarden voor de hoogte van de steilrand.

#### Het talud (onder water, 0-4 m -NAP)

Op de verschilkaart maart '96-augustus '00 (bijlage 4a) is te zien dat tussen de kribben 979.020 en 979.220 zowel erosie als ook depositie heeft plaats gevonden ter hoogte van de normaallijn. De maximale erosie bedraagt 1,00 m en de maximale depositie bedraagt eveneens 1,00 m. Uit de profielen (bijlage 5) blijkt dat het talud op deze plaats nauwelijks is uitgebouwd of teruggeschreden. De terugschrijding bedraagt in deze kribvakken 0 tot maximaal 5 m. De helling van het talud blijft min of meer gelijk (bijlage 5 en Fig. 6). Iets stroomafwaarts van krib 978.920 heeft sterke erosie plaats gevonden (tot maximaal 1,75 m; zie bijlage 4d).

Tussen de kribben 979.220 en 979.620 heeft voornamelijk erosie (tot maximaal 1.75 m) plaats gevonden, hoewel op sommige plaatsen ook nog uitbouw van het talud plaatsvindt (zie profiel 979.295, 979.415, 979.445). Bij de meeste profielen is sprake van terugschrijding van het talud (o.a. 979.395, 979.470, 979.570). De terugschrijding van het talud fluctueert volgens de meetgegevens tussen 0 en 8 m. Waarschijnlijk heeft er niet werkelijk 8 meter terugschrijding plaats gevonden deze hoge waarde is waarschijnlijk het gevolg van meetonnauwkeurigheden. Uit de erosie en sedimentatie grafieken van de periode maart



1996-augustus 2000 (Fig. 6), blijkt dat in alle vakken de bovenkant van het talud is teruggeschreden. De onderkant van het talud is min of meer gelijk gebleven. In alle gevallen is de gemiddelde hellingshoek van de bovenkant van het talud afgenomen. De bovenkant van het talud tussen krib 979.220 en 979.620 is gemiddeld verder teruggeschreden dan tussen de kribben 978.920 en 979.220 (bijlage 5). Bij de kribben 979.220-979.520 worden ontgrondingskuilen aangetroffen (bijlage 5 profiel 979.415, 979.420, 979.425 en 979.515), in combinatie met een terugschrijdend talud. Dit kan leiden tot een versteiling van de onderkant van het talud.

Net iets stroomopwaarts van krib 979.420 heeft lokaal tot 5 m depositie plaats gevonden. Op de verschilkaarten van maart 1996-april 1997 (Simons *et al.*, 1998) en april 1997-oktober 1998 (Sorber, 1999) is te zien dat op deze plek in oktober 1998 in totaal al 3 m depositie heeft plaats gevonden. In de perioden oktober 1998-augustus 1999 (bijlage 4a) en augustus 1999-augustus 2000 (bijlage 4b) heeft hier relatief weinig depositie plaats gevonden. De sterke lokale depositie is veroorzaakt door de verlegging van een oud krib. Voor de herinrichting lag op deze plaats een krib (Fig. 2), tijdens de werkzaamheden is dit krib verplaatst. Hierbij is waarschijnlijk een gat achtergebleven, wat later weer opgevuld is met sediment.

### **Het zomerbed**

In het zomerbed heeft in de periode maart 1996-augustus 2000 zowel erosie (maximaal 0,75 m) als sedimentatie (maximaal 0,75 m) plaats gevonden volgens de verschilkaart (bijlage 4d) en de profielen (bijlage 5). Er is een globaal patroon te zien in de ruimtelijke variatie. Ter hoogte van de kribben 978.920 en 979.120 is de bedding voornamelijk geërodeerd. Bij de kribvakken 2 en 7 zijn erosie en sedimentatie ongeveer in evenwicht. Ter hoogte van kribvak 5 heeft overwegend sedimentatie plaats gevonden.

In de verschilkaart augustus '99-augustus '00 (bijlage 4b) zijn sedimentatie en erosie in het hele traject ongeveer in evenwicht. Op de verschilkaart van augustus '99-oktober '98 (bijlage 4a, tabel 1) overheerst sedimentatie van het zomerbed. In de periode maart 1996-april 1997 trad voornamelijk erosie op in de laatste drie kribvakken. In de periode april 1997-oktober 1998 vond overwegend erosie plaats in de eerste 5 kribvakken.

Tussen krib 979.220 en 979.620 is in de profielen te zien dat het diepste punt van het zomerbed direct onderaan het talud ligt (zie bijvoorbeeld profiel 979.425, 979.515, 979.695). De verdieping van het zomerbed, direct onderaan het talud wordt veroorzaakt door de ligging van de stroomdraad in de buitenbocht bij de oever in de kribvakken 4, 5, 6 en 7 en door het voorkomen van ontgrondingskuilen bij de kribben. Sommige profielen snijden de ontgrondingskuilen (profiel 979.415, 979.420, 979.425 en 979.515). Het zomerbed, direct onderaan het talud is maximaal 1,5 m geërodeerd. In ontgrondingskuilen kan meer erosie zijn opgetreden.

In de binnenbochten in het zomerbed in de kribvakken 2 en 3 bij de rechteroever en in de vakken 4, 5, 6, en 7 bij de linkeroever heeft in de periode maart 1996-augustus 2000 maximaal 0,75 m ophoging als gevolg van sedimentatie plaats gevonden.

### **Ruimtelijke variatie van erosie en sedimentatie**

In tabel 7 staan de volumes erosie en sedimentatie in de verschillende onderscheiden perioden voor de onderscheiden 'krib-' en 'zomerbedvakken' (zie bijlage 2). De 'kribvakken' (= talud + steilrand) zijn over het geheel genomen iets kleiner dan de 'zomerbedvakken'. Daar waar het verschil tussen erosie en sedimentatie (en dus de netto erosie of sedimentatie) groot is, is de grootste waarde in rood weergegeven.

In de periode maart 1996-april 1997 (Simons *et al.*, 1998) en april 1997-oktober 1998 (Sorber, 1999) heeft er in het zomerbed netto erosie plaats gevonden. Tussen oktober 1998 en augustus 1999 heeft er relatief veel sedimentatie plaats gevonden in het zomerbed. De sterke sedimentatie is waarschijnlijk veroorzaakt door het hoogwater van november 1998 (Fig. 8). Bij een hoogwater wordt relatief veel zand getransporteerd en zodra de rivierafvoer en het verhang benedenstrooms, en dus de transportcapaciteit, af gaat nemen wordt het zand afgezet in de rivierbedding. Pas bij een voldoende hoge afvoer wordt (een gedeelte van) het zand weer afgevoerd. Het duurt dus enige tijd voordat de ophoging van het zomerbed weer teniet gedaan is. Uit de bodemhoogtegegevens van de IJssel (CD Ten Brinke, 2000) blijkt dat er in het algemeen in de periode maart 1996-augustus 2000 bodemdaling heeft plaats gevonden in kilometervak 978-979. Bovendien blijkt uit de baggergegevens (CD Ten Brinke, 2000) dat er op dit traject nog nooit gebaggerd is. Dit betekent dat er geen structurele sedimentatie in het zomerbed plaats vindt. In de periode augustus 1999-augustus 2000 heeft weer netto erosie plaats gevonden, maar nog niet al het in november 1998 afgezette sediment is al helemaal geërodeerd. Omdat er in november 1998 tijdens het hoogwater relatief veel sediment is afgezet lijkt er netto sedimentatie te hebben plaats gevonden in het zomerbed, maar in het algemeen vindt er in het zomerbed netto erosie plaats. Het zomerbed is dan ook niet structureel opgehoogd.

In de kribvakken heeft in de periode maart 1996-augustus 2000 netto erosie plaats gevonden. Tussen oktober 1998 en augustus 1999 heeft in de kribvakken netto sedimentatie plaatsgevonden. In de kribvakken zijn de waarden duidelijk lager dan in het zomerbed, zelfs wanneer ook het verschil in oppervlakte wordt meegerekend.

De erosie in de 'kribvakken' bestaat uit terugschijding van de steilrand en het talud (in de uiterwaard is nauwelijks iets veranderd). In paragraaf 3.5 is aangegeven dat de geschatte erosie van de steilrand  $\pm 937 \text{ m}^3$  bedraagt. Dit is ongeveer 20% van de totale erosie in de 'kribvakken'. De overige 80% wordt dus veroorzaakt door terugschijding van het talud.



Tabel 7 Erosie en sedimentatie (m<sup>3</sup>) in de onderscheiden vakken in de perioden maart 1996-augustus 2000, augustus 1999-augustus 2000, maart 1996-augustus 1999 en oktober 1998-augustus 1999.

Zomerbed	erosie	sedimentatie	'kribvak'	erosie	sedimentatie
volumes augustus 2000-maart 1996					
Z1	1731	929	K1	563	478
Z2	1348	1770	K2	516	728
Z3	1004	1955	K3	717	565
Z4	944	2892	K4	1318	722
Z5	955	2975	K5	1247	663
Z6	849	2286	K6	936	584
Z7	1695	1645	K7	265	740
Z8	1112	400			
Totaal	9638	14851	totaal	5562	4479
volumes augustus 2000-augustus 1999					
Z1	1786	1091	K1	321	157
Z2	1442	1303	K2	404	335
Z3	1772	936	K3	422	257
Z4	1070	1867	K4	447	469
Z5	1324	1277	K5	617	543
Z6	1520	1118	K6	542	274
Z7	886	1500	K7	266	241
Z8	577	468			
Totaal	10376	9560	totaal	3018	2276
volumes augustus 1999-oktober 1998					
Z1	682	2036	K1	150	427
Z2	719	3121	K2	274	520
Z3	486	3092	K3	348	535
Z4	731	2466	K4	638	478
Z5	451	3344	K5	494	395
Z6	370	2968	K6	317	473
Z7	746	2766	K7	169	598
Z8	181	1131			
Totaal	4365	20925	totaal	2390	3426

### 3.6 Vegetatie

#### De vegetatie vóór herinrichting

In 1994 was de vegetatie grazig en open. Verschillende dominante soorten wisselden elkaar pleksgewijs af. Deze 'patchyness' van de vegetatie is kenmerkend voor rivieroeveren waar bodemsamenstelling, erosie, sedimentatie en inundatie per jaar en op korte afstand kunnen wisselen. De vegetatie op de oever was gezoned en kan worden onderverdeeld in:

1. Pioniervegetatie met vochtminnende ruigtekruiden op de breukstenen oeververdediging; dominante soorten: Fioringras, Vijfvingerkruid, Rietgras, Kattestaart, Wolfspoot. Tussen de stenen werden jonge exemplaren van diverse wilgesoorten en een Es aangetroffen.
2. Een relatief brede grazige ruigte op de oever; dominante soorten: Akkerdistel, Kweek, Fioringras, Krulzuring, Reukeloze kamille. Er kwamen enige kiemplanten van Zomereik voor.
3. Moerassige vegetatie in de komvormige laagte waarin water stagneert na overstroming; dominante soorten: Grote weegbree, Vijfvingerkruid, Akkerkers, Zilverschoon, Gewone waterbies, Zwanenbloem, Moerasdroogbloem, Varkensgras, Slijkgroen.

Daar waar de oeververdediging ontbrak kwamen kleine zandstranden met steilranden voor met weinig begroeiing. De dynamiek was hier hoog door de grote fysische belasting door golven en stroming.

#### De vegetatie na herinrichting

In 1996, het jaar na herinrichting en forse vergraving van een deel van de bodem, is het open, laag blijvende grasland verdwenen en wordt vegetatie op de gehele oever gedomineerd door Reukeloze kamille van 0,50-1,50 m hoog (figuur 14). Reukeloze kamille is een soort die zich bij oppervlakkige bodemverstoring sterk kan uitbreiden. De begroeiing op het benedenstroomse deel van het terrein is gevarieerder, lager en graziger (grazige ruigte). Langs de waterlijn wordt vooral open ruigte aangetroffen. De overgang van de kamilleruigte naar de oeverzone is abrupt. Deze overgang bestaat uit kaal zand en een steilrand van variabele hoogte (maximaal 1 meter hoog). Direct naast de nieuw aangelegde kribben is kaal zand zichtbaar. Deze zandstrandjes zijn onderhevig aan hoge fysische belasting. Ze zijn ontstaan door het met kracht in- en uitstromen van water bij scheepspassages en golfslag.

In 1997 is de meest in het oog springende verandering van de vegetatie de achteruitgang van structuurrijke ruigte (figuur 14) van 55 naar 26,5 % van de raaisegmenten (tabel 8). De soorten Akkerdistel, Zilverschoon, Fioringras/Geknikte vossestaart en Veenwortel zijn in bedekkingspercentage toegenomen. Een deel van de grazige ruigte is in 1997 overgegaan in moerassige vegetatie. Deze vegetatie lijkt op de moerassige vegetatie in 1994. Grazige ruigte wordt in ongeveer gelijk aandeel als in 1996 aangetroffen, maar nu op andere plekken: op de oeverwal en in kleine delen langs de zomerkade. Zandige pioniervegetatie is in 1997 een nieuw vegetatietype. Dit type is gekoppeld aan hoge fysische belastingen door golven en stroming en relatief veel zandbeweging. Het komt aan weersijden van de kribben voor ter plaatse van de instroomgeulen. In raai 20 reikte de kale, zandige strook tot in de komvormige laagte.

In 1999 is van de dominantie van Reukeloze kamille niets meer over. Akkerdistel komt in lage aantallen voor in de helft van de opnamen. Zilverschoon komt in vrijwel alle opnamen in hoge dichtheden voor. De vegetatie is overwegend lager dan 0,5 meter. De hoge structuurrijke ruigte is sterk afgenomen. De plantensoorten die dit vegetatie-type bepalen zijn



veranderd in samenstelling (zie beschrijving van vegetietypen). De erosie aan rivierzijde zet zich voort. De steilranden zijn minder hoog dan in 1996 en 1997 maar nog steeds aanwezig in een groot deel van de oever. Met name in het stroomafwaartse deel. Hierdoor verloopt de overgang van water naar land nog steeds op veel plaatsen abrupt. Aan weerszijden van de kribben is een geleidelijke overgang aanwezig in de vorm van zandtongen (zie bijvoorbeeld raai 9, 10, 11 en 21). Deze pakketten met zand zijn heel dynamisch. Bij hogere waterstanden overstromen ze bij iedere passage van schepen (beroepsvaart). Het kale zand wordt ook in stand gehouden door de paarden die hier graag "rollen". Vegetatie ontbreekt of bestaat uitsluitend uit pioniers. Op de oeverwal is zandige pioniervegetatie en open (droge) ruigte te vinden als gevolg van sedimentatie met zand. Door de hoge waterstanden in het voorjaar van 1999 is het aandeel moerassige (pionier) vegetatie hoog. Veenwortel is in deze stroken dominant aanwezig. Op de vochtige slibrijke delen bevinden zich Slijkgroen en Greppelrus. In de laagste delen bevinden zich watervegetaties met Watergentiaan, Zwanebloem en de drijvende vorm van Veenwortel. Grazige ruigte bevindt zich vooral op de oeverwal en grenzend aan de zomerkade. Het aandeel is toegenomen ten koste van de open ruigte. Het is een opeenvolging (successie) die verwacht kan worden en die bevordert wordt door de begrazing.

### Vegetietypen

De vegetatie kan in zijn geheel gekarakteriseerd worden als het type zilverschoongrasland. De vegetatie die in 1994 als gevolg van de begrazing laag en grazig was, is in 1996 hoger en structuurrijker door de bodemverstoring tijdens de herinrichting. In 1997 treedt het begin van een verschuiving en zonering op die nadrukkelijker het resultaat is van het samenspel van waterstanden, sedimentatie en begrazing. In 1999 is dit al duidelijker te zien in figuur 14.

Op basis van verschillen in structuur (vegetatiehoogte en dichtheid) of dominantie zijn in 1996 de eerste drie subtypen onderscheiden. Vanaf 1997 zijn de subtypen 4 en 5 toegevoegd. Een globale beschrijving van de samenstelling van deze vegetietypen is hieronder weergegeven. In figuur 14 zijn deze vegetietypen ingetekend op de raaien.

#### 1. Structuurrijke ruigte.

Deze bestaat op de hogere delen uit soorten als Getande weegbree, Akkerdistel, Krulzuring, Ridderzuring (Zilverschoon-verbond) en Gewone kattestaart, Wolfspoot, Moerasandoorn, Poelruit, Bitterzoet (Moerasspirea-verbond). Nabij de oever op hoog-dynamische plaatsen uit Watermunt, Wilde betram, Dauwbraam (Warkruid-verbond). In 1994 is de bedekking Reukeloze kamille tot 100 %, vegetatie tot 1.5 meter hoog. In 1999 is de vegetatie in deze zone nauwelijks hoger dan 0,5 meter.

#### 2. Grazige ruigte

Lage grazige vegetatie bestaande uit Ruw beemdgras, Fioringras, Zilverschoon en Getande Weegbree en op meer open plekken uit Akkerkers, Ruige Zegge, Kruipende boterbloem, Kweekgras en Reukeloze kamille. Een enkele Zwarte Els of Rode Kornoelje heeft zich hier gevestigd. De vele dode stengels van zuringsoorten duiden op voorheen bestaande hoge ruigte. De grazige ruigte is in 1999 overwegend 0-0,1 meter hoog (was 0,1- 0,5 meter)

#### 3. Open ruigte

Vegetatie op licht overzande plekken op de oeverwal bestaat uit Fioringras, Ruw Beemdgras, Zilverschoon en getande Weegbree (Zilverschoon-verbond) en Gewone kattestaart, Moerasandoorn, Poelruit, Bitterzoet en harig wilgeroosje (Moerasspirea-verbond). Bedekking < 50 %; vegetatie in 1999 tot 0,5 m hoog (voorheen 0,5- 1,5 m).

#### 4. Open (zandige) pioniervegetatie

Droogvallende oever: Spiesmelde, Rode ganzevoet, Melganzevoet, Zwart tandzaad  
Reukeloze kamille, Moeraskers (Rivertandzaad-verbond)

Driedelig tandzaad, Waterpeper, Beklierde duizendknoop, Slijkgroen, Platte rus. Rode  
waterereprijs, Greppelrus en moerasdroogbloem (Moerasandijvie-verbond).

Hoger gelegen droogvallende zandige oevers: Akkerkers, Zilverschoon, Getande  
Weegbree, Straatgras, Vijvingerkruid, Vlooienkruid (Zilverschoon-verbond)

Vegetatie 0 - 0,01 m hoog, bedekking 50%-100% in 1999, voorheen meer kale grond.

#### 5. Moerassige vegetatie en watervegetatie

Watervegetatie: Watergentiaan, Veenwortel (Waterlelie-verbond)

Moerassige vegetatie: Gewone waterbies, Zwanebloem, Grote waterweegbree,  
watermunt, Zompus (Watertorkruid-verbond) met tevens soorten uit het Zilverschoon- en  
Moerasandijvie -verbond.

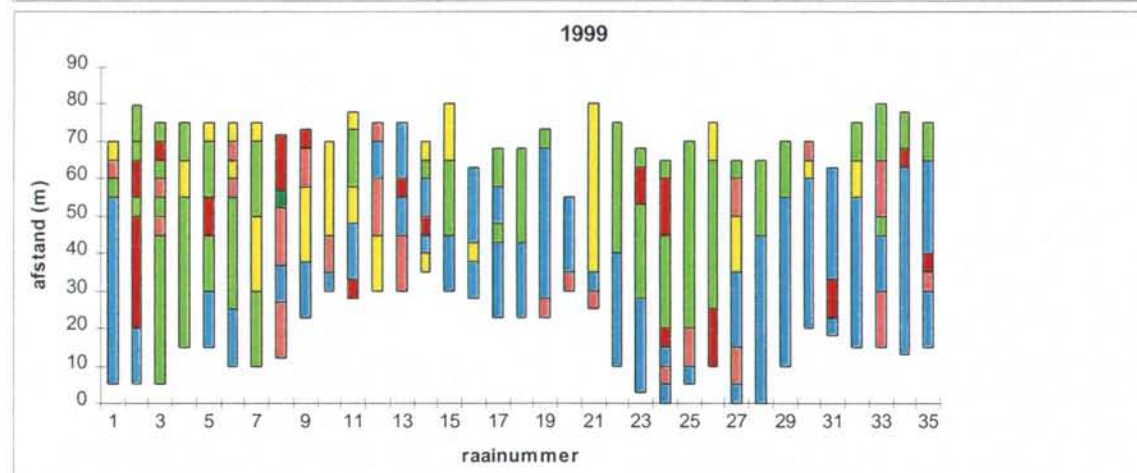
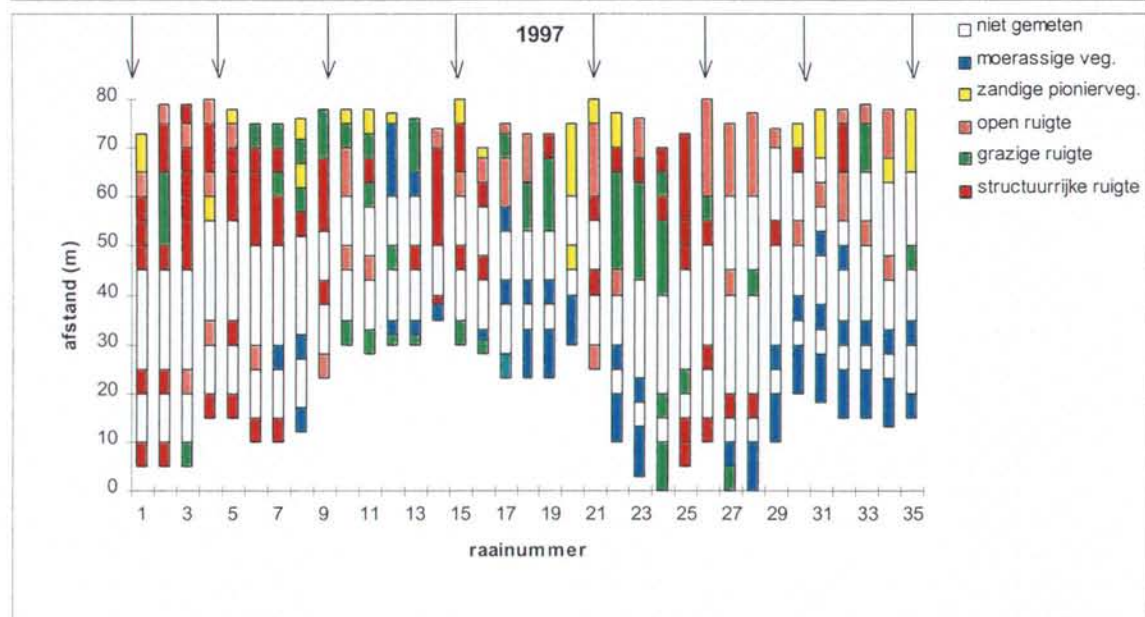
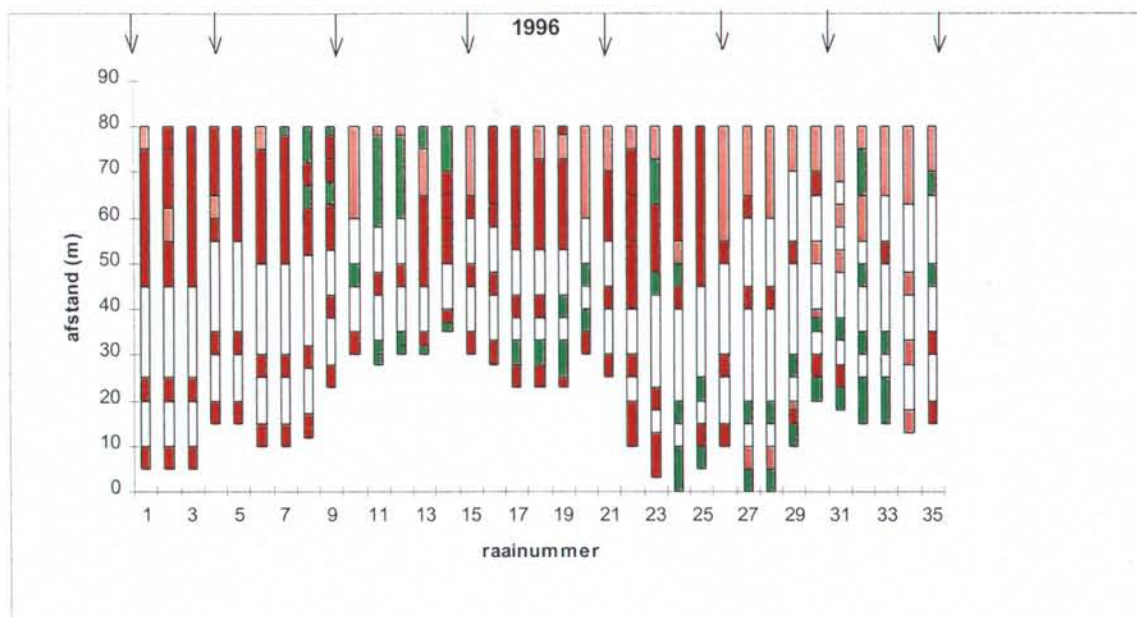
Vegetatie 0 – 0,50 hoog, bedekking 50-100%.

Tabel 8 Percentage van de raaisegmenten per vegetatietype t.o.v. het totaal aantal onderzochte raaisegmenten in 1996, 1997 en 1999 (1 raaisegment = 10 m<sup>2</sup> zie paragraaf 2.4).

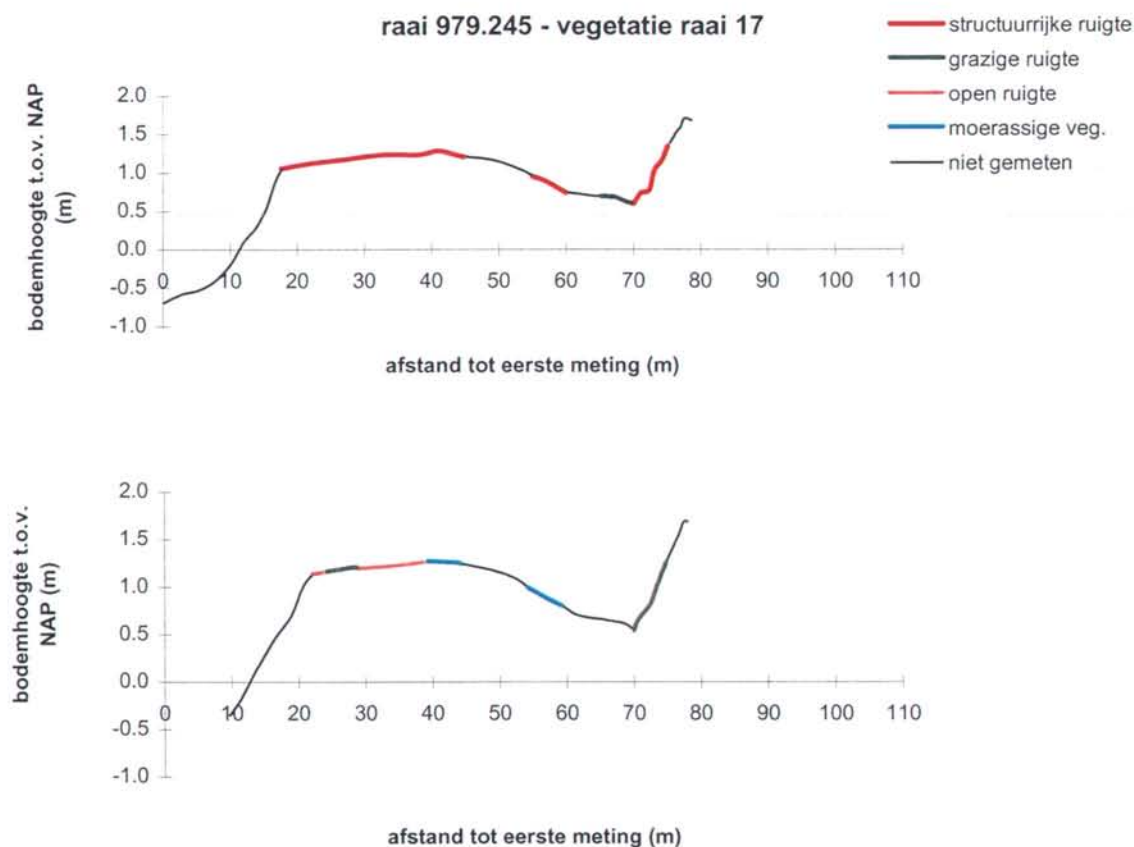
	1996	1997	1999
1. structuurrijke ruigte	55 %	26.5 %	9,4%
2. grazige ruigte	21 %	19.5 %	33,4%
3. open ruigte	24 %	19 %	9,9%
4. zandige pioniervegetatie	--	9 %	14,6%
5. moerassige vegetatie	--	17 %	35,5%
Totaal aantal raaisegmenten (inclusief gesplitste segmenten)	280	281	390

Figuur 14 Verdeling van de vegetatietypen over de opgenomen segmenten van de raaien in 1996 en 1997 en 1999. In 1999 zijn extrapolaties gemaakt van de opgenomen segmenten naar de totale raai op basis van zichtbare vegetatie en structuurkenmerken. De pijlen geven de posities van de kribben aan. Aan de bovenzijde van de figuren ligt het zomerbed, aan de onderzijde de zomerkade. De raaigns aan de zijde van de zomerkade is constant gebleven. Door deze wijze van presentatie is de verschuiving van de vegetatiegrens door erosie van de oever tussen de meetjaren enigszins zichtbaar gemaakt. → volgende bladzijde →





De hoogteligging van de onderscheiden vegetatietypen is bepaald door een vegetatieraai (17) over een overeenkomstige raai van de hoogtemeting (979.245) te leggen. In figuur 15 is raai 17 weergegeven. In 1996 wordt de ruigtevegetatie (type 1, 2 en 3) over de hele hoogtegradiënt aangetroffen. In 1997 is Reukeloze kamille ruigte op de hogere delen in open ruigte en grazige ruigte overgegaan. In de komvormige laagte is de ruigtevegetatie veranderd in moerassige vegetatie. De vegetatie in 1999 is in deze rapportage nog niet uitgewerkt op de hoogteligging van de raai. Uit figuur 14 is af te lezen dat de oeverlijn grenzend aan het zomerbed circa 8 meter is opgeschoven als gevolg van erosie. Op de oeverwal heeft de open ruigte plaats gemaakt voor grazige ruigte. In de laagte is overwegend moerassige vegetatie aanwezig.



Figuur 15 Hoogteligging van vegetatieraai 17 in 1996 en 1997.

### Aandachtssoorten

Uit tabel 9 blijkt dat het aantal aandachtssoorten sinds 1996 is toegenomen, maar nog niet het niveau van 1994 heeft bereikt. De ruigtesoorten Wilde bertram en Akkermunt hebben zich sinds 1996 uitgebreid. De opleving van Slijkgroen, Platte rus, Zwanebloem, Gele lis en Rode waterereprijs hangt samen met de aanwezigheid van water en vocht in de laagte tussen zomerkade en oeverwal. Zwanebloem en Rode waterereprijs waren in 1997 en 1999 talrijker dan vóór de ingreep, waarschijnlijk omdat zij minder concurrentie hebben van andere soorten. Zaailingen van boom- en struiksoorten zijn nauwelijks aanwezig.



Tabel 9 Aantal proefvlakken waarin de aandachtsoorten voorkomen.

		1994	1996	1997	1999
<i>Achillea ptarmica</i>	Wilde bertram	51	24	43	51
<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanebloem	7	2	28	40
<i>Carex acuta</i>	Scherpe zegge	6	-	1	1
<i>Carex disticha</i>	Tweerijige zegge	2	-	-	-
<i>Eragrostis pilosa</i>	Straatliefdegras	1	-	-	-
<i>Fraxinus exelsior</i>	Gewone es*	3	-	-	-
<i>Inula britannica</i>	Engelse alant	1	-	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>
<i>Iris pseudacorus</i>	Gele lis	-	-	-	1
<i>Juncus compressus</i>	Platte rus	8	1	3	5
<i>Limosella aquatica</i>	Slijkgroen	5	-	6	29
<i>Mentha arvensis</i>	Akkermunt	30	6	19	26
<i>Potentilla supina</i>	Liggende ganzerik	-	1	-	-
<i>Pulicaria vulgaris</i>	Vlooienkruid	-	-	-	3
<i>Quercus robur</i>	Zomereik*	3	-	-	-
<i>Rorippa austriaca</i>	Oostenrijkse waterkers	8	-	2	
<i>Salix triandra</i>	Amandelwilg*	2	-	-	4
<i>Salix fragilis</i>	Kraakwilg*	-	-	1	-
<i>Salix viminalis</i>	Katwilg*	2	-	-	1
<i>Trifolium fragiferum</i>	Aardbeiklaver	3	-	-	-
<i>Veronica catenata</i>	Rode waterereprijs	3	-	20	16
<i>Soortenaantal</i>		16	5	9	10
<i>tot. aantal proefvlakken:</i>		365	279	254	390

<sup>1)</sup> buiten de geïnventariseerde raaien groot veld Engelse alant aanwezig.

\* boomsoorten waarvan zaailingen of jonge exemplaren aanwezig zijn.

### 3.7 Vogels

Voor de vogelbevolking heeft de herinrichting en ontwikkeling van het projectgebied veranderingen in foerageer-, rust- en broedbiotopen teweeg gebracht. Bij de resultaten van de vogeltellingen wordt onderscheid gemaakt tussen jaren voor de herinrichting (1993 en 1994) en jaren na herinrichting (1996 tot en met 2000). In 1992 is alleen in het najaar geteld en 1995 wordt als te verstoord beschouwd om vergelijkbaar te zijn met de andere jaren. De uitgebreide analyse van de gegevens vindt plaats in de (eind)evaluatie van het project die in 2002 zal verschijnen.

#### Broedvogels

De broed- en voedselbiotopen van de aangetroffen vogelsoorten zijn naar Sierdsema (1995) en Schaminée en Jansen (1998) gebruikt om een relatie te kunnen leggen tussen verandering in voorkomen van broedvogels en verandering van de vegetatie.

In de onderzoeksperiode 1993 - 2000 hebben in totaal 34 vogelsoorten gebroed in het projectgebied, met een jaar maximum van 21 soorten in 2000 (tabel 10). Het aantal soorten broedvogels is in de periode 1993 - 2000 constant toegenomen, zowel voor wat betreft het aantal soorten als ook voor het aantal territoria. Het aantal paren per soort is 1 tot 9, waarbij een groot aantal soorten met 1 paar voorkomt. Hierdoor zijn de resultaten zeer gevoelig voor kleine veranderingen (afname of toename met 1 paar kan het aantal soorten dat voorkomt sterk beïnvloeden). Dit is mede het gevolg van het feit dat het projectgebied van beperkte omvang is maar desondanks wel verschillende biotopen kent. Hierdoor is er beperkt ruimte beschikbaar per biotoop en daardoor beperkte draagkracht van het biotoop voor (verschillende) soorten.

Vóór de herinrichting (1993 en 1994) bestaat de vogelgemeenschap uit een beperkt aantal soorten die water, moeras of vochtige tot drassige graslanden prefereren als broedbiotoop (figuur 16). In het Engelse Werk gaat het bij 'open water' om de laagte tussen oeverwal en zomerkade die na hoge afvoeren water bevat en vasthoudt (figuur 15).

Vanaf 1996 vindt een toename van het aantal soorten broedende vogels plaats. Deze toename treedt vooral op bij de vogelsoorten van water- en moeras en in mindere mate door het aantal pioniervogels en vogels van struweel en bos en overige soorten (Witte kwikstaart).

De vogelgroep pioniervogels, bestaat uit vogels van zandplaten en zandstranden bij zoet water. Hier horen vogels als Kleine plevier, Visdief, Oeverloper en Oeverzwaluw thuis. Soorten als Kleine plevier, Visdief en Oeverloper zijn doelsoorten voor herinrichting van de oever bij het Engelse Werk. Voorafgaand aan de herinrichting van de oever kwamen Kleine plevier en Visdief niet voor. Na de herinrichting wel en dat is een positieve ontwikkeling. Oeverloper is nog niet broedend aangetroffen, maar kan in de toekomst met een of enkele broedparen verwacht worden. In 1996 broeden er 3-9 paar oeverzwaluwen. De vestiging van oeverzwaluwen is gekoppeld aan de dynamische steilrand die na verwijdering van de harde oeververdediging tijdelijk is ontstaan. Inmiddels is de steilrand in hoogte afgenomen en daarmee is ook het broedbiotoop voor Oeverzwaluwen afgenomen. Verheugend is wel dat het aantal paartjes van Kleine plevier vanaf 1997, broedend op zandstrandjes al dan niet met pioniervegetatie, is toegenomen. In 1999 en mogelijk ook in '97 en '98 heeft de Visdief ook gebroed op de zandstrandjes.

De toename in water- en moerasvogels wordt vooral bepaald door een toename van het aantal soorten en territoria van ganzen, eenden en Meerkoet (vogels van voedselrijk open water). Voor herinrichting zijn er 3-4 soorten uit deze groep en vanaf 1996 4-10 soorten. Deze soorten stellen relatief weinig eisen en komen algemeen voor in Nederland. Vogels als



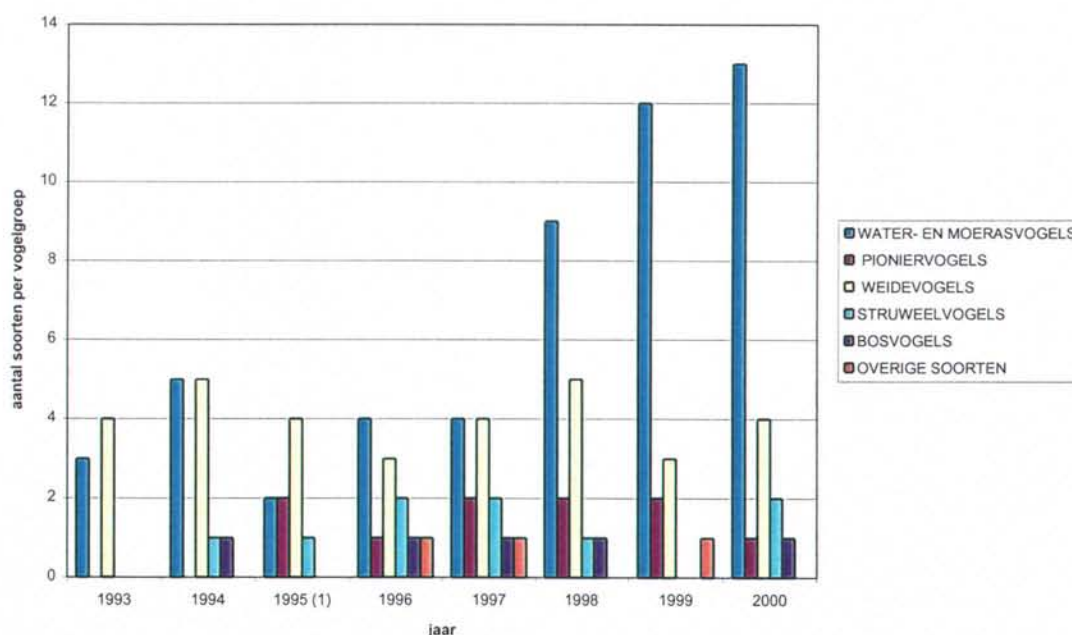
Wintertaling, Krakeend, Zomertaling en Slobeend zijn soorten van kleinschalig ondiep water en zijn (vrij) kritisch. Deze soorten komen vooral vanaf 1998 voor in lage aantallen.

Het aantal vogelsoorten van natte tot droge graslanden is nagenoeg stabiel. Het lijkt of er in het aantal territoria een verschuiving optreedt. Het aantal territoria van de Kievit lijkt af te nemen (5-7 territoria voor herinrichting naar 1-5 na herinrichting). Kievit broedt vooral in kort begraasde graslanden en akkers. Het aantal territoria van Scholekster en Gele kwikstaart is na herinrichting toegenomen van 0-2 en 0-1 tot respectievelijk 1-4 en 3-5. Scholekster profiteert bij het Engelse werk net als de pioniervogels van de zandafzettingen grenzend aan de kribben. Gele kwikstaart is een soort die profiteert van structuurvariatie in de vegetatie die ontstaan is na de herinrichting en deze soort profiteert tevens van de toename van insecten als voedselbron. Deze komen in grotere mate voor als gevolg van de ruigere vegetatie. Het aantal territoria van Grutto en Tureluur, vogels van vochtige tot drassige graslanden, is laag (0-2) en bepaalt hierdoor gemakkelijk het aantal weidevogelsoorten door jaren met aan- of afwezigheid.

Na herinrichting is het aantal vogels van struweel en bos licht toegenomen. De toename van deze zangvogels is waarschijnlijk vooral gekoppeld aan de gunstige voedselsituatie (zaadproductie en insecten in de ontstane ruigte). Door meer variatie in vegetatiestructuur ontstond broedbiotoop voor grasmus en bosrietzanger.

Alle water- en moerasvogels profiteren van de natte strook tussen de zomerkade en de oeverwal. Ze zijn hierdoor afhankelijk van het optreden van hogere waterstanden in de rivier voorafgaand aan het broedseizoen, waarbij het water over de oeverwal in de laagte kan stromen en daar stagneert. In 1996 en 1997 was de waterstand voorafgaand aan en tijdens het broedseizoen laag (zie figuur 8). Het ontbreken van water in de laagte of de toename aan ruigere vegetatie kan een verklaring zijn voor het lage aantal broedparen Grutto en Tureluur in 1996 en 1997. In 1999 stond het water in het broedseizoen wellicht te hoog voor deze vogelsoorten.

Figuur 16 Het aantal soorten broedvogels per vogelgroep. Hierbij zijn alle vogelsoorten opgenomen die op de oever gebroed kunnen hebben (in tabel 10 staat vermeld voor welke vogelsoorten het broeden niet met 100% zekerheid vast is gesteld). (1) In 1993 en 1994 zijn 5, in 1995 3 (als gevolg van hoogwater) en vanaf 1996 7 bezoeken afgelegd voor de monitoring.



Tabel 10 Aantal broedparen per vogelsoort. De soorten zijn ingedeeld in ecologische vogelgroepen op basis van Sierdsema (1995).

	1993	1994	1995 (1)	1996	1997	1998	1999	2000
<b>WATER- EN MOERASVOGELS</b>								
2 Wintertaling							0 tot 1	
2 Krakeend								1
3 Zomertaling	0-1					1	1	1
2 Slobeend					1 tot 2		1	1
? Zwarte zwaan					1			
? Indische Gans	1							3
? Kolgans						1	1	
1 Canadese gans						1	3	2
1 Brandgans							1	2
1 Nijlgans	0-1				1	1	1	1
? Soepgans						9	3	8
1 Bergeend							1	
1 Wilde eend		4		1	2	3	4	4
1 Meerkoeit		5	3	1		2	3	5
1 Waterhoen	1	1	1	1				1
1 Kleine karekiet							1	
1 Rietgors	0-1			1	1	2	3	1
<b>PIONIÉROVOGELS</b>								
2 Kleine plevier			1		2	1	2	3
2 Visdief				0-1	0-1		1	
2 Oeverwaluw			13 tot 9					
<b>WEIDEVOGELS</b>								
2 Gele kwikstaart	10-1		1	4	3	5	3	5
2 Grutto	0-1	1	1			1		
2 Tureluur		1			1	2		1
2 Scholekster	0-1	21 tot 2		1	3	3	4	4
2 Kievit	7	5	2	1	5	3	1	3
<b>STRUWEELVOGELS</b>								
1 Merel		1	1					
2 Bosrietzanger					1	2		1
2 Spotvogel								1
2 Grasmus					1			
1 Fitis				1				
1 Tjiftjaf				1				
<b>BOSVOGELS</b>								
1 Houtduif				2		1		1
1 Ekster		1			1			
<b>OVERIGE SOORTEN</b>								
1 Witte kwikstaart				2	1		1	
<i>eindtotaal territoria</i>	9 tot 12	21-24	12 tot 13	19-26	23	39-41	36	49-50
<i>Eindtotaal soorten</i>	4 tot 7	9 tot 12	9	12	13	17 tot 18	18	20 tot 21



## Niet-broedvogels

Voor de niet-broedvogels zijn alleen de aangetroffen aantallen tussen april en oktober met elkaar vergeleken, omdat vanaf 1996 geen wintertellingen meer zijn verricht.

De soortenrijkdom van vogels in het Engelse Werk in de periode april - oktober, is ieder jaar verder toegenomen van 13 naar 76 soorten (tabel 11). In 1993 hebben geen tellingen plaatsgevonden vanaf juni tot en met september. De herinrichting en de lagere begrazingsdruk is in grote mate verantwoordelijk voor deze ontwikkeling. Het is waarschijnlijk dat het aantal soorten en het aantal individuen van de niet-broedvogels als meeuwen en roofvogels ook beïnvloed wordt door de aanwezigheid en ontwikkeling van de natuur in de uiterwaard (tussen zomerkade en de dijk) en de aanwezige natuur binnendijs bij het Engelse Werk.

De soortgroepen die met de meeste soorten zijn aangetroffen zijn de groepen die gras (zwanen, ganzen, enkele eenden), macro-evertebraten (steltlopers), insecten (zwaluwen, zangvogels) en zaden (zangvogels) eten.

Voor de evaluatie van herinrichting van het Engelse Werk voor de niet-broedvogels zijn steltlopers een belangrijke ecologische groep. Van deze groep foerageert een deel op de zandige oeverstrook en een deel in de moerassige laagte met name op macro-evertebraten. Bij vogelgroep is het aantal soorten na herinrichting hoger dan voor herinrichting. Het aantal individuen lijkt ook hoger te zijn. Een gunstige ontwikkeling. De Scholekster, de Kievit en de Watersnip zijn dominant voor wat betreft het aantal individuen. Het aantal individuen wordt voor een aantal soorten bepaald door de waterstand. Voor de soorten die afhankelijk zijn van de aanwezigheid van water of plas-dras situaties in de laagte tussen oeverwal en zomerkade is de overstroming van de oeverwal van belang. Voor de soorten die foerageren op de zandige oeverstrook is de waterstand in het zomerbed van belang. Ten opzichte van de langjarige afvoer (1901-2000) waren 1993, 1996, 1997 relatief droge jaren, 1994, 1995, 1999 en 2000 relatief natte jaren en 1998 een gemiddeld jaar. Het aantal soorten en het aantal individuen is lager in 1993, 1996 en 1997, de droge jaren. Het aantal soorten en individuen per soort is hoger in de nattere jaren. In 1999 zijn de meeste soorten aangetroffen.

De herbivoren, met name ganzen en soorten als Wintertaling en Wilde eend, zijn fors toegenomen in aantal soorten en aantal individuen na de herinrichting. Ze zijn vooral na 1997 talrijker geworden. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de toename van grazige en moerassige vegetatie (tabel 8 en figuur 14). Vooral de forse toename van de Grauwe gans valt op. In 2000 foerageerden ze vooral in oktober in de moerassige laagte. Het aantal Smienten en Grutto's is afgenomen. Deze soorten prefereren geen ruige vegetaties. De benthos-eters (bijvoorbeeld Tafeleend, Waterhoen) komen in lage aantallen voor. De oever is voor deze soorten niet zo geschikt als foerageergebied, de plas in de uiterwaard wel.

Na herinrichting heeft ook een forse toename plaatsgevonden onder de zangvogels. Deze vogelgroep profiteert van de insecten die afkomen de ruigere vegetatie, de zaden in de ruigte en van de zangplaatsen in de hogere vegetatie. Vooral de insectenetende zangvogels zoals de zwaluwen, de Gele kwikstaart en Witte Kwikstaart domineren deze groep. De zaden etende Ringmus en Rietgors (Reukeloze kamille) vertonen een piek in 1996 en 1997. Ze volgen daarmee de ontwikkeling en afname aan Reukeloze kamille in de vegetatie. De zadenetende Kneu (zuring) en Putter (distels) zijn volgen ook de ontwikkeling van desbetreffende plantensoorten in de vegetatie.

Tabel 11 Aantal vogels (met de maximale aantallen per maand) in de jaren voor en na de herinrichting. Voor een aantal soorten staat in de tabel een + dit betekent dat de soort is aangetroffen, maar dat geen exacte aantallen bekend zijn.

<sup>1</sup> geen data vanaf mei tot oktober 1993 → volgende bladzijden →

soort	1993	1994	1996	1997	1998	1999	2000
Fuut					2	1	1
Aalscholver			3	2	3	4	95
Blauwe reiger		2	1	6	9	22	3
Lepelaar						5	
Ijsvogel							1
Knobbelzwaan			2	5	7	11	2
Kleine zwaan							
Zwarte zwaan		1				1	7
Canadese gans				14	21	29	11
Toendrarietgans					1	2	
Kolgans			2		11	2	20
Brandgans			7	10	7	18	15
Grauwe gans					21	64	180
Indische gans					2	6	8
Nijlgans					8	12	2
Keizergans						1	
Chinese knobbelgans					2	1	1
Soepgans					64	63	76
Smient	120	127	32		30		35
Meerkoet		140	15	4	40	108	27
Mandarijneend						1	
Wintertaling		7	3	44	91	2	30
Wilde eend	2	17	5	41	123	52	13
Zomertaling						2	2
Pijlstaart				5	3		
Slobeend				22	10	3	1
Soepeend							1
Sperwer					1	1	1
Buizerd					1	1	1
Torenvalk					1	1	1
Boomvalk					1	1	1
Fazant					1	1	2
Tafeleend							
Bergeend		1		1		3	
Waterhoen	1	2	1		1	7	1
Scholekster		38	8	15	88	34	108
Kleine plevier		3		1	2	7	6
Bontbekplevier					1		
Zilverplevier						1	
Kluut	2						
Kievit	50	44	10	98	45	40	70
Kleine strandloper						3	
Bonte strandloper						11	
Kemphaan		2		1	1	13	51
Watersnip	40	101	16	8	207	131	79
Zwarte ruiter						1	1
Bokje					1		
Grutto		807	69		2	38	1
Regenwulp							28
Groenpootruiter					1	2	2
Tureluur	6	5	1	4	2	20	3
Witgatje		4		1		2	5



Bosruiter						7	2
Oeverloper	8	17	4	20	8	15	6
Kokmeeuw		350	240	480	161	139	127
Stormmeeuw		2	11	3	7	7	4
Kleine mantelmeeuw	6		2			4	
Zilvermeeuw		1	60	1		2	6
Geelpootmeeuw						1	
Grote mantelmeeuw	2		1	1		3	1
Visdief		4	1	1	6	4	
Koekoek							1
Zwarte stern						2	2
Holenduif							1
Houtduif		2	5	4	2	5	3
Veldleeuwerik			12	1			
Gierzwaluw						10	2
Oeverzwaluw			14				
Boerenzwaluw			10	6	70	130	20
Huiszwaluw			7	3	1	15	1
Graspieper			20	4			7
Gele kwikstaart		2	9	52	10	19	12
Grote gele kwikstaart					1		
Witte kwikstaart		8	12	10	13	15	8
Rouwkwikstaart					2		
Heggemus					1	1	1
Paapje					1		2
Tapuit					1		1
Merel				4	8	6	6
Zanglijster							2
Koperwiek						2	
Kleine karekiet						1	1
Grasmus						1	2
Sprinkhaanzanger					1		
Waterrietzanger					1		
Rietzanger					1		
Bosrietzanger					1		1
Tjiftjaf				4	5	7	2
Fitis					1		
Goudhaan							1
Staartmees						2	
Pimpelmees				6	15	5	8
Koolmees			1	5	2	1	2
Kauw	+	+	2	42		2	3
Ekster						4	1
Roek	+	+					
Zwarte kraai	+	+	4	6	7	5	13
Spreeuw		1	10	60	340	110	40
Huismus				7	1		6
Ringmus		4	200	9	19		3
Groenling						4	4
Putter			3	11	6	2	17
Kneu		22	9	11	16	6	47
Rietgors			12	32	5	7	5
aantal soorten	13	30	34	39	65	75	76

## 4 DISCUSSIE

### 4.1 Morfologische ontwikkeling

#### Uiterwaard

In de uiterwaard heeft in de periode maart 1996-augustus 2000 netto sedimentatie plaatsgevonden (maximaal 0,5 m). In de laagte ter hoogte van krib 979.320 heeft de meeste sedimentatie ( $\pm 0,5-0,75$  m) plaats gevonden. Ten opzichte van december 1994 (Simons *et al.*, 1998) is de hoogteligging van de uiterwaard in augustus 2000 nauwelijks veranderd, ondanks de tussentijds uitgevoerde werkzaamheden.

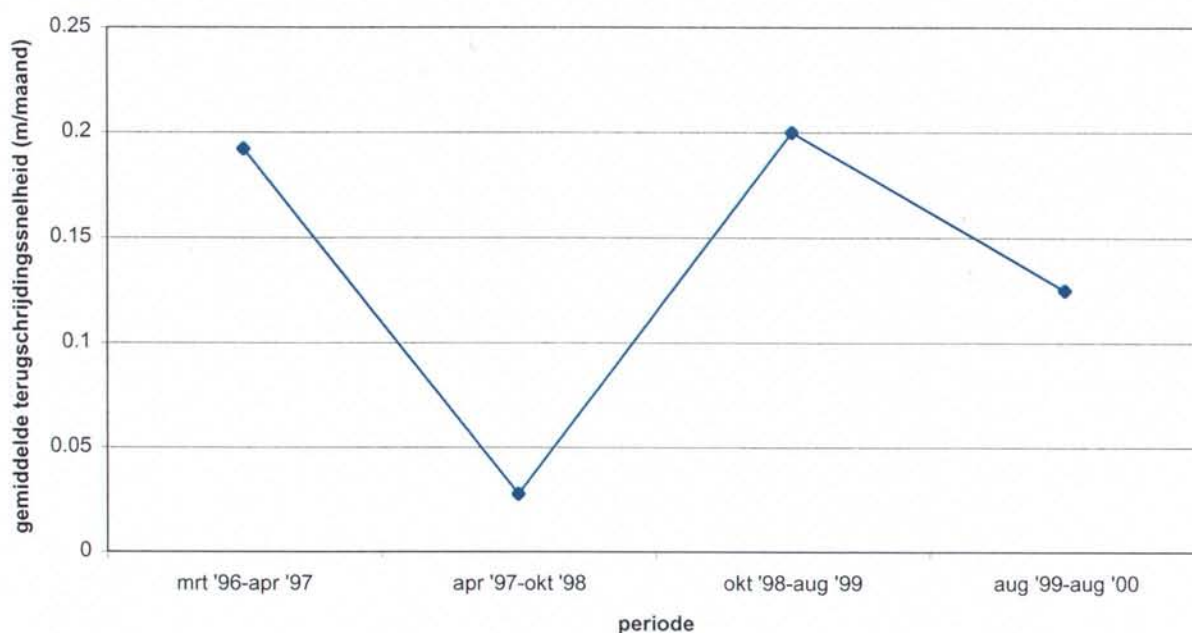
#### Steilrand/oever

Evenals in de perioden maart 1996 (eerste metingen na verwijdering oeververdediging)-april 1997 (Simons *et al.*, 1998) en april 1997-oktober 1998 (Sorber, 1999) heeft in de periode oktober 1998-augustus 2000 oevererosie, ter hoogte van de steilrand en het onderwater talud, plaats gevonden. In de perioden maart 1996-oktober 1998 was de terugschrijding van de steilrand groter dan in de periode oktober 1998-augustus 2000. In de opeenvolgende perioden maart 1996-april 1997, april 1997-oktober 1998, oktober 1998-augustus 1999 en augustus 1999-augustus 2000 is de hoeveelheid oevererosie globaal gezien steeds verder afgenomen (Fig. 10 en 11). Dit is het gevolg van de instelling van een nieuwe evenwichtssituatie na de verwijdering van de oeververdediging. Direct na de verwijdering van de oeververdediging was de aanpassingssnelheid en de hoeveelheid aanpassing van het kribvakprofiel het grootst. Het kribvakprofiel komt steeds dichterbij een evenwichtssituatie en daarom neemt de aanpassingssnelheid met de tijd af. Om dit principe te illustreren is de gemiddelde terugschrijdingssnelheid en de hoeveelheid oeverafslag ( $\text{m}^3/\text{maand}$ ) uitgezet tegen de tijd (Fig. 17). Figuur 17a laat zien dat de terugschrijdingssnelheid in principe afneemt in de tijd. Na de hoge afvoergolf van november 1998 neemt de terugschrijdingssnelheid weer toe als gevolg van de aanzanding. Na het hoogwater van november 1998 neemt de terugschrijdingssnelheid weer langzaam af. Dezelfde trend kan ook worden waargenomen in figuur 17b. Het volume oeverafslag neemt geleidelijk af in de tijd. Echter, na het hoogwater van november 1998 neemt het volume oeverafslag tijdelijk iets toe om daarna weer langzaam af te nemen.



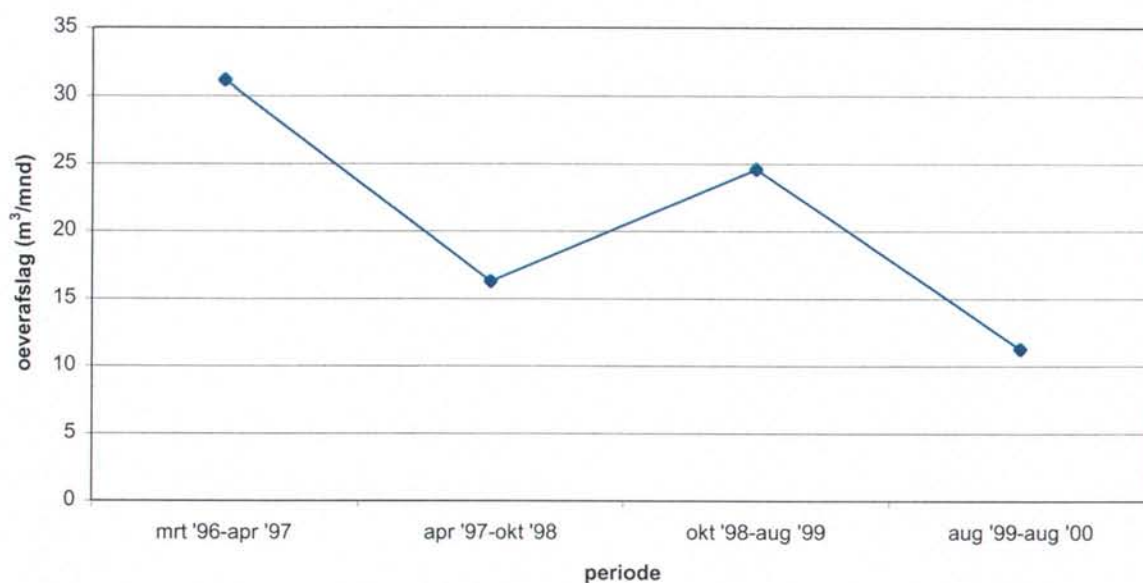
A.

Terugschrijdingssnelheid (m/maand) in de tijd (perioden)



B.

Afname volume oeverslag (m<sup>3</sup>/mnd) in de tijd



Figuur 17 A) Het verloop van de terugschrijdingssnelheid (m/maand) in de tijd (perioden). B) Het verloop van de hoeveelheid oeverslag (m<sup>3</sup>/maand) in de tijd.

De oeverserosie is met name veroorzaakt door de werking van scheepsgolven. De steilrand ligt namelijk op een niveau ongeveer tussen 0 en 1 m + NAP. Dit komt overeen met de hoogtes waartussen het grootste deel van de tijd de waterstand schommelt (Fig. 8) en dus golfwerking plaats vindt.

Het erosieproces van de steilrand wordt sterk gestuurd door de werking van kleine, korte golven. De IJssel wordt voornamelijk door kleinere schepen bevaren. Kleinere schepen varen relatief snel, als gevolg hiervan worden kleine, korte golven opgewekt. Daardoor vindt met name erosie van de bovenlaag (0-1 m +NAP) plaats (foto 3, bijlage 7). De golven concentreren zich net stroomopwaarts van de kribben, waardoor daar de erosie het sterkst is. In het veld is te zien dat op dit niveau bij het passeren van schepen de golven met kracht op de steilrand inwerken. Eind 1998, half maart 1999, januari 2000 en maart 2000 was het hoog water (Fig. 8). De waterstand is zo hoog geweest (minimaal 2,5 tot maximaal 3,5 meter) dat de uiterwaard in ieder geval tot aan de zomerkade onder water heeft gestaan. Als deze hoge afvoerpieken invloed hebben gehad op de oevererosie zou dit in de profielen van augustus 1999 en augustus 2000 te zien moeten zijn. In sommige profielen (bijlage 5, profiel 978.970, 979.195, 979.245, 979.545) is de terugschrijding van de steilrand in de periode oktober 1998-augustus 1999 groter dan in de periode april 1997-oktober 1998. Tussen augustus 1999 en augustus 2000 was de terugschrijding groter dan in de periode oktober 1998-augustus 1999 in de profielen 979.095, 979.145, 979.170, 979.445 en 979.570. Simons *et al.* (1998) vonden ook een sterkere erosie als gevolg van enkele afvoerpieken die eind 1996 en begin 1997 optraden. Hieruit blijkt dat hoge rivierafvoeren de snelheid van oeverafslag hebben vergroot.

De totale terugschrijding van de oever, gemeten over het tijdvak maart 1996 en augustus 2000 (Fig. 12), is het grootst in de kribvakken 4, 5 en 6. Dit zijn precies de kribvakken waar de stroomdraad het dichtst bij de rechter oever komt. In de kribvakken zelf is de terugschrijding het grootst aan de stroomafwaartse kant, net stroomopwaarts van de krib. In het veld is waargenomen dat tijdens scheepspassages de golven zich hier concentreren. In het veld is te zien dat aan de stroomopwaartse kant van de kribben het water ver de oever opstroomt en dat er geultjes ontstaan, met daarachter en in de kommen afzetting van zand en fijner materiaal (foto 5 en 6, bijlage 7). De geulen net stroomopwaarts van de kribben worden voornamelijk veroorzaakt door de hekgolf van passerende schepen.

Verheij en Huyskens (1993) hebben een waarde voor de oeverafslag berekend van 0,25-1,0 meter/jaar. Hiermee vergeleken is de hoogste gemeten waarde (8 m in iets meer dan een jaar in de periode maart 1996-april 1997) erg hoog. Ook de gemiddelde afslag over het hele traject van 700 meter is met 1,5 m in de periode augustus '99-augustus '00 (tabel 2) aan de hoge kant ten opzichte van de waarde van Verheij en Huyskens (1993). Net na de herinrichting kan de hoeveelheid oevererosie extra groot geweest zijn als gevolg van beïnvloeding en sterke sturing van de golven en de stroming door de kribben. Bovendien kan de sterke erosie net na de herinrichting het gevolg zijn van het ontbreken van vegetatie. In augustus 1999 en 2000, 4 jaar na de herinrichtingswerkzaamheden, was dit echter niet meer het geval. De kribben liggen er al ruim 4 jaar en de oevers zijn begroeid. Verheij en Huyskens (1993) hebben de hoeveelheid oeverafslag onderschat. De snelheid van oeverafslag in de tijd neemt af. De verwachting is dat de snelheid van erosie nog verder zal afnemen en dat er uiteindelijk een evenwicht wordt bereikt waarbij het kribvakprofiel en de helling van het talud niet veel meer zullen veranderen.

De oever loopt nu iets geleidelijker op dan in de periode maart 1996-april 1997 en in de periode april 1997-oktober 1998. De oever loopt echter nog niet zo geleidelijk op als in december 1994 in de twee niet verdedigde kribvakken (zie bijlage 3a in Simons *et al.*, 1998). De verwachting is dat de oever zich nog wel in deze richting zal ontwikkelen. De overgang van het zomerbed naar de oever verloopt steeds geleidelijker. De hoogte van de steilranden is afgenomen (nu 0-0,6 m) en soms zijn ze helemaal verdwenen. Vlak naast de kribben, waar geultjes en zandstrandjes liggen, verloopt het stuk tussen 0 en 1 m + NAP vlakker (bijlage 5: 978.925, 979.220, 979.325). De vorm van de oever in november 2000 is te zien op foto 2 in bijlage 7.



### Talud (onder water)

Het talud (met name de bovenkant) in de kribvakken 4, 5 en 6 is gemiddeld verder teruggeschreden dan in de kribvakken 1, 2, 3 en 7. Dit is het gevolg van de ligging van de stroomdraad. De kribvakken 1, 2 en 3 liggen in een binnenbocht en de kribvakken 4, 5, 6 en 7 liggen in een buitenbocht. Dit betekent dat de sterkere erosie van het talud in de kribvakken 4, 5 en 6 beïnvloed wordt door de stroming. De minder sterke erosie in kribvak 7 kan het gevolg zijn van het weer oversteken van de stroomdraad van de rechteroever naar de linkeroever stroomafwaarts van dit kribvak. In de meeste gevallen is de hellingshoek van de bovenkant van het talud afgenomen, dit wordt veroorzaakt door de afvlakking van het profiel als gevolg van de golfwerking en de invloed van de stroming.

### Zomerbed

In het zomerbed lijkt netto sedimentatie te hebben plaats gevonden in de periode maart 1996 en augustus 2000 (paragraaf 3.5). Onderaan het talud, in het zomerbed is in de kribvakken 1, 3, 6 en 7 netto erosie opgetreden (Fig. 6). In de periode maart 1996-april 1997 (Simons *et al.*, 1998) en april 1997-oktober 1998 (Sorber, 1999) was er sprake van netto erosie. Simons *et al.* (1998) verklaarden het optreden van netto erosie in het zomerbed door het kleine aanbod aan extra sediment uit de kribvakken en door het achter blijven van het geërodeerde oevermateriaal in de kribvakken.

De hoeveelheid oeverafslag valt in het niet bij de sedimentatie in het zomerbed. Wanneer van de 937 m<sup>3</sup> oeverafslag per jaar een kwart in het zomerbed terecht zou komen (aannee van Verheij en Huyskens, 1993), betekent dit bij een jaarlijkse zandvracht van 68.000 m<sup>3</sup>/jaar op het traject Wijhe-Katerveer (Verheij en Huyskens, 1993), een toename van 0,3%. Wanneer de erosie van het talud volledig wordt meegerekend, 4625 m<sup>3</sup> (tabel 4: 5562-937=4625), zou de toename ongeveer 8.2% bedragen. Dit heeft echter niet geleid tot structurele sedimentatie in het zomerbed.

Uit bodemhoogtemetingen van de IJssel blijkt dat de rivier aan bodemdaling onderhevig is. Alleen bij hoge afvoeren, zoals in november 1998, kan er zoveel zand afgezet worden dat het enige tijd duurt voordat dit zand weer wordt opgenomen en afgevoerd. Op deze manier kan *tijdelijk* een kleine verhoging (0,15 a 0,20 m) van het zomerbed ontstaan.

## 4.2 Ecologische ontwikkeling

### Ecologie in relatie tot morfologie

In 1999 is nog steeds een, zij het wat lagere, steilrand aanwezig in een deel van de oever. Hierdoor is nog niet overal sprake van een geleidelijke overgang van water naar land zoals verwacht werd in de hypothese. Na het verwijderen van de oeververdediging breken golven niet meer op de breuksteen maar op de zandige oever en de kribben. Hierdoor wordt een groter deel van de oever door de morfodynamiek beïnvloed dan voorafgaand aan de herinrichting. Dit was ook de opzet van de herinrichting van de oever. De verwachting is dat het ontstaan van een flauw hellend talud, zie ook vorige paragraaf, een kwestie van meer tijd en geduld is. De aanwezigheid van de steilrand en de relatief hoge oeverwal maakt dat de overstromingsduur in de oeverzone abrupt verloopt. In 1999 is de zone met een zandstrand en overstromingstolerante vegetatie (zandige pioniervegetatie) toegenomen ten opzichte van 1996 en 1997 maar nog steeds erg smal. De verwachting is dat deze zone in de toekomst breder zal worden, maar ze zullen niet de breedte bereiken van de zandstranden zoals ze voorkomen in de kribvakoevers langs de Waal.



De achteruitgang van de steilrand en daarmee de vegetatiegrens kan uit figuur 12 en 14 afgelezen worden. In het veld is te zien dat terugschrijding van de vegetatiegrens het gevolg is van erosie van de oeverlijn (bijlage 7, foto 3,4 en 5). De mate van achteruitgang van de vegetatiegrens (figuur 14) en de steilrand (figuur 12) komen redelijk goed met elkaar overeen. De steilrand wordt met name in het midden van een kribvak aangetroffen. In 1996, 1997 en 1999 was de steilrand respectievelijk maximaal 1.0 m, 0.8 m en 0,6 m hoog. Invloed van de vegetatie op het erosie/sedimentatiepatroon op de oever is niet waargenomen.

Het ontbreken van een geleidelijke overgang van water naar land is geen onverwachte of ongewenste ecologische situatie. Het is een gevolg van het besluit om de oever na verwijdering van de oeververdediging bloot te stellen aan de huidige morfologische en hydrologische processen en niet grotendeels vorm te geven door actief menselijk ingrijpen. Of, hoe snel en via welke weg uiteindelijk een geleidelijke overgang van water naar land in de kribvakken ontstaat is onbekend. Een oever waarin ruimte gegeven wordt aan morfologische en hydrologische processen heeft een heel eigen ecologische waarde. Door de relatief hoge dynamiek in de eerste jaren, ontstaan er wisselende standplaatsen en habitats waarvan telkens weer andere planten en dieren profiteren.

### **Vegetatie-ontwikkeling**

De oevervegetatie bevond zich in 1996 en 1997 nog duidelijk in een pionierstadium als gevolg van de herinrichtingswerkzaamheden. In 1999 is de vegetatie op de oever een duidelijker afspiegeling van de overstromingsfrequentie, de morfodynamiek en de begrazing. In 1996 bedekt de structuurrijke ruigte (dominantie van Reukeloze kamille en in mindere mate Akkerdistel en Veenwortel) nagenoeg de gehele oever. In 1997 en 1999 is dit sterk afgenomen en beperkt deze vegetatie zich vooral tot de hogere oeverdelen. In 1999 wordt 33,4% van de vegetatie ingenomen door grazige ruigte en 35,5 % door moerassige vegetatie en voor 14,6% door zandige pioniervegetatie.

Ten opzichte van de gemiddelde waterstand (1901-2000) waren 1996 en 1997 relatief droge jaren. Voorafgaand aan het vegetatiesezoen was de komvormig laagte in 1996 niet geïnundeerd waardoor de omstandigheden voor moerassige vegetatie ongunstig waren. In 1997 was er wel sprake van beperkte inundatie, waardoor de moerassige vegetatie in de komvormige laagte toenam. In 1999, een relatief nat jaar, is deze vegetatie verder toegenomen. De samenstelling van deze vegetatie beweegt zich in de richting van de vegetatie die voor de herinrichting in de komvormige laagte aanwezig was.

### **Vegetatie-ontwikkeling en beheer**

Sinds 1996 grazen er paarden in de oever en wordt de oever niet meer bemest of gemaaid. De beïnvloeding van de vegetatie door het beheer zal pas enige jaren na herinrichting duidelijk te zien zijn als het effect van de herinrichtingswerkzaamheden op de vegetatie afgenomen is. De begrazing door een beperkt aantal paarden zorgt voor gewenste structuurverschillen. Dit komt door de wijze van begrazing en de voorkeur van de paarden voor specifieke plekken. De vegetatie is in 1996 en 1997 veel hoger en structuurrijker dan voor de herinrichting (tot 1,5 meter hoogte). In 1999 is de vegetatie overwegend lager dan 0,5 meter. De paarden hebben in het projectgebied een voorkeur voor de grazige plekken grenzend aan de oeverwal en in kribvak 1 en 2 grenzend aan de zomerkade, die daardoor lager en graziger zijn geworden. De paarden bevinden zich minder vaak in de komvormige laagte. De plekken met Krulzuring en Akkerdistel mijden ze, waardoor deze plekken verruigen. Op de zandstrandjes naast de kribben houden de paarden het zand flink in beweging (ze rollen zich daar). De scheepvaartgolven en de paarden houden gezamenlijk deze plekken open. De paarden verplaatsen zich vooral over de zomerkade en de oeverwal



waardoor er een loopspoor is, met pleksgewijs kale grond. Vooralsnog bestaat er geen aanleiding het beheer te wijzigen.

### **Broedvogels en niet-broedvogels en in relatie tot vegetatie-ontwikkeling en oevermorfologie**

In de onderzoeksperiode is het foerageer-, rust- en broedbiotoop voor vogels sterk veranderd. De vegetatie in 1994 kan getypeerd worden als grasland, een geschikt biotoop voor weidevogels als Kievit, Scholekster, Grutto en Tureluur. De veranderingen in soortensamenstelling en aantallen vogels na herinrichting wordt sterk beïnvloed door de vegetatie op de oever. Deze is veranderd als gevolg van de lage begrazingsdruk en de successie. De veranderingen hebben geleid tot een divers samengestelde vogelbevolking. Het aantal soorten broedvogels, het aantal broedpaartjes en het aantal soorten niet-broedvogels sinds 1993 gestaag toe.

De relatief beperkte omvang van het projectgebied leidt tot grote jaarlijkse fluctuaties in soortensamenstelling en aantallen vogels. Toch kan op basis van de resultaten geconcludeerd worden dat een beperkt aantal soorten broedvogels en niet-broedvogels van kort begraasde natte, vochtige en drogere graslanden (Grutto, Smient en Meerkoet) in aantal achteruit zijn gegaan. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de herinrichting, het veranderde beheer en de beperkte aanwezigheid van plas-dras situaties. Het aantal broedende Grutto's en Meerkoeten lijkt echter stabiel te zijn. Daar tegenover staat dat het aantal soorten broedvogels en niet-broedvogels en het aantal broedparen gestaag toeneemt. Vooral de water- en moerasvogels (herbivoren), de pioniervogels en steltlopers (macro-evertebrateneters) en de zangvogels van ruigere vegetaties en struweel en bos (insecten en zaad-eters) zijn toegenomen. Het ontstaan van de zandafzettingen en stroomgeulen heeft geleid tot strandjes waar Kleine plevier, Vissief en Scholekster broeden. In de steilranden hebben in 1995 en 1996 Oeverzwaluwen gebroed. De andere doelsoorten van dynamische strandjes, Gele kwikstaart, een soort die profiteert van de ruiger geworden vegetatie is sinds de herinrichting continu aanwezig met 3-5 broedparen. De soortensamenstelling lijkt voor de water- en moerasvogels, pioniervogels en weidevogels in hoge mate op de samenstelling van broedvogels in de oeverzone in Opijnen langs de Waal. Daar ligt een kleine nevengeul met zeer flauw oplopende oevers met een brede zone aan zand- en slik en frequent en periodiek overstroomde ruige grazige vegetatie waar de broedvogels op vergelijkbare wijze zijn gevolgd van 1994 tot en met 1998 (Simons et. al., 2000). Het aantal broedparen van Kleine plevier en Vissief is bij het Engelse Werk hoger. Dit kan veel te maken hebben met het feit dat het Engelse Werk niet toegankelijk is voor recreanten. Nadere analyses, relaties met de waterstanden en vergelijkingen met andere gebieden zal plaatsvinden bij de eindevaluatie in 2002.

### **Recreatie**

Er zijn enkele recreanten (kinderen) waargenomen tijdens een veldbezoek in 1999. Ze waren met een boot gekomen en lagen te zonnen op de zandwaaiers. In hoeverre dit regelmatig optreedt is niet bekend. Veel mensen zullen er niet komen omdat er een verbod is om de oever te betreden, de zandstrandjes beperkt in omvang zijn en er grote grazers rondlopen. De vrees van Staatsbosbeheer dat de zandstrandjes in de kribvakken zonaanbidders aantrekken lijkt nog geen waarheid geworden mede omdat zandstrandjes beperkt aanwezig zijn en ook in de toekomst in vergelijking met de kribvakken in de Waal smal zullen zijn.



### 4.3 Toekomstverwachting

De oeverafslag zal steeds verder afnemen. In sommige raaien vond er in de periode augustus 1999-augustus 2000 al geen oeverafslag meer plaats. De steilranden zullen verder in hoogte afnemen en in sommige gevallen geheel verdwijnen. Sommige steilranden zullen blijven bestaan als gevolg van de samenstelling en de vegetatiebedekking van de oever. Kleiig materiaal is resistenter tegen erosie dan zand (foto 4, bijlage 7). De helling van het talud zal waarschijnlijk niet veel verder meer afnemen. Het is onduidelijk of de erosie in de kribvakken op de langere termijn zal leiden tot een karakteristieke kribvakvorm. In augustus 2000 was de oever tussen de kribben nog convex, omdat de oever bij de kribben verder is teruggeschreden dan tussen de kribben. Dit is precies het tegenovergestelde van de verwachte kribvakvorm. Waarschijnlijk zal de huidige vorm van de oever nog relatief lang blijven bestaan, na verloop van tijd ontwikkelt zich mogelijk een concave oever. Het is mogelijk dat de golfoploop aan de stroomopwaartse kant van de kribben leidt tot de vorming van geultjes, zandwaaiers en mogelijk zelfs tot het achterloops raken van de kribben. Voorlopig is er nog geen reden voor ongerustheid. De oever lijkt al ten dele aangepast te zijn aan de nieuwe situatie. De oevererosie als gevolg van de herinrichting heeft niet bijgedragen tot sedimentatie in het zomerbed. De bodem van de IJssel is in de periode 1995-2000 continu gedaald. Na extreem hoge hoogwaters kan er tijdelijk sedimentatie van zand in het zomerbed plaatsvinden. Dit zand wordt echter geleidelijk weer afgevoerd. Er zullen geen brede kribvakstranden, zoals bij de Waal, ontstaan, omdat er door de IJssel niet voldoende sediment aangevoerd wordt om brede stranden te kunnen vormen.

Het is mogelijk dat bij doorgaande erosie de komvormige laagte in directe verbinding met de rivier komt te staan. Bij een enkele krib lopen de scheepsgolven zo ver op dat er rivierwater in de kommen loopt. Dit kan leiden tot versnelde opvulling van de komvormige laagte door sediment. Uit veldwaarnemingen lijkt opvulling plaats te vinden, maar dit is blijkbaar nog zo beperkt dat het niet terug te vinden is in de meetresultaten.

De invloed van het grondverzet en de overige werkzaamheden bij herinrichting van de oever op de soortensamenstelling en structuur van de vegetatie is in 1999 afgenomen. De soortensamenstelling en structuur van de vegetatie is in 1999 enigszins en zal in de toekomst steeds meer een weerslag zijn van de morfologie, hydrologie en het gevoerde beheer inclusief de begrazing. De vegetatie zal zich in de komende jaren verder ontwikkelen tot een structuurrijk grasland (grazige ruigte). Het patroon van ruigte en grasland zal vormgegeven worden door de begrazing. De aanwezigheid van moerassige vegetatie wordt in hoge mate bepaald door het waterstandsverloop en de mate van overstroming van de oeverwal. Indien de oever een geleidelijk talud krijgt, zal de frequent overstroomde oeverzone breder worden. De vegetatiezonering zal dan meer dan nu het geval is een afspiegeling zijn van de hydrologie.

De zangvogels die profiteren van structuurrijke (hoge) ruigten kunnen mogelijk in de toekomst iets gaan afnemen. Bij het ontstaan van een geleidelijker talud kunnen de vogelsoorten van zandstranden en zandplaten toenemen. De watervogels die karakteristiek zijn voor het ondiepe water en soorten die kenmerkend zijn voor nat tot vochtige structuurrijke grasland zullen in het geval van inundatie na hogere waterstanden voorlopig in de oever hun broed- of foerageerbiotoop blijven vinden.

Het meetprogramma voor 2001 is niet gewijzigd (zie hoofdstuk 6).



## 5 CONCLUSIES

### Morfologie

- Sinds de verwijdering van de stenen oeververdediging is de oever ter hoogte van de waterlijn onderhevig geweest aan erosie. De hoeveelheid oeverafslag is sinds de verwijdering van de oeverdediging continu afgenomen. Ongeveer 40 % van de totale oppervlakte en het totale volume oeverafslag heeft plaats gevonden in de periode maart 1996-april 1997. Er zijn steilranden ontstaan op een niveau tussen 0 en 1 meter + NAP. De steilranden waren in april 1997 gemiddeld 0,6 m hoog. In augustus 2000 was de hoogte van de steilranden afgenomen (0-0,6 m).
- De erosie van de steilranden wordt vooral veroorzaakt door secundaire scheepsgolven. Hoge rivierafoeren in maart 1997, november 1998, maart 1999, januari 2000 en maart 2000 hebben de snelheid van oeverafslag vergroot.
- De verschillen in terugschrijding van de oever zijn niet geheel te verklaren aan de hand van de bodemsamenstelling. De erosie lijkt bepaald te worden door de aanwezigheid van de kribben als "obstakels" in de stroming en de golfwerking. De meeste erosie heeft plaats gevonden net stroomopwaarts van de kribben, omdat de golven zich daar concentreren, en in de kribvakken waar de stroomdraad het dichtst bij de oever ligt.
- De onderwateroever (talud) is in alle kribvakken teruggeschreden. In de kribvakken 2 en 3 is het talud nauwelijks teruggeschreden. In de kribvakken 4, 5, 6 en 7 is het talud verder teruggeschreden (maximaal 8 m). Dit is het gevolg van het oversteken van de stroomdraad. Tussen de kribben 979.220-979.620 ligt de stroomdraad bij de rechteroever. De hellingshoek bovenaan het talud is in de meeste gevallen iets afgenomen.
- De oevererosie als gevolg van de herinrichting heeft niet bijgedragen tot sedimentatie in het zomerbed. De bodem van de IJssel is in de periode 1995-2000 continu gedaald. Na extreem hoge hoogwaters kan er tijdelijk sedimentatie van zand in het zomerbed plaatsvinden. Dit zand wordt echter geleidelijk weer afgevoerd.
- De overgang van het zomerbed naar de oever is abrupt; er is (nog) geen geleidelijk oplopend kribvakprofiel ontstaan. Alleen vlak naast de kribben is de overgang geleidelijk, doordat daar geultjes worden gevormd en op de oever zand wordt afgezet.
- De zandafzetting naast de kribben heeft tot gevolg dat de komvormige laagte deels wordt opgevuld. Er is geen sprake van het verdwijnen van de oeverwal door erosie. De komvormige laagte en het zomerbed staan grote delen van het jaar niet in open verbinding met elkaar.
- Ten opzichte van de situatie in december 1994, voor de herinrichting, is er in de uiterwaard lichte sedimentatie opgetreden (gemiddeld 0 m, maximaal 0,5 m).
- De verwachting is dat hoeveelheid oeverafslag als gevolg van de herinrichting verder zal afnemen en dat er uiteindelijk een evenwicht wordt bereikt waarbij het kribvakprofiel en de helling van het talud niet veel meer zal veranderen. De oeverafslag vormt nog geen bedreiging voor de kribben en de zomerkade. Ingrijpen om die reden is dus niet nodig.

### Ecologie

- Omdat er in 1999 nog steeds een steilrandje aanwezig was, is er niet overal een geleidelijke overgang van water naar land. Direct achter de steilrand is nog steeds een hoge oeverwal aanwezig. Hierdoor is de zone met zandstranden met pioniers en frequent overstroomde rivieroevervegetatie smal. De verwachting is dat het ontstaan van een flauw hellend talud een kwestie van tijd is.



- De vegetatie ontwikkelt zich richting een zonering gerelateerd is aan hydro- en morfodynamiek en begrazingsdruk. De invloed van het grondverzet bij herinrichting op de samenstelling van de vegetatie is afgenomen.
- Het terugschrijden van de vegetatiegrens is direct gekoppeld aan erosie van de steilrand.
- Het projectgebied is beperkt van omvang, waardoor kleine verschuivingen in aantallen vogels tot grote veranderingen in soortensamenstelling kan leiden. Na herinrichting is het aantal soorten broedvogels en niet-broedvogels gestaag toegenomen. Het aantal broedparen is ook toegenomen. Deze ontwikkeling wordt in hoge mate bepaald door de ontwikkeling van de vegetatie en de mate van overstrooming van de oeverwal. Vogels die kenmerkend zijn voor water en moeras, zandstranden en ruigere vegetaties zijn toegenomen. Alleen de aantallen voedselzoekende of rustende Smienten, Grutto's en Meerkoeten lijkt te zijn afgenomen. Dit zijn vogels die profiteren van kort begraasde graslanden. Het aantal broedende Grutto's en Meerkoeten lijkt stabiel te zijn.

Het ontbreken van een geleidelijke overgang van water naar land is geen onverwachte of ongewenste ecologische en morfologische situatie. Het is een gevolg van het besluit om de oever na verwijdering van de oeververdediging bloot te stellen aan de huidige morfologische en hydrologische processen en niet grotendeels vorm te geven door actief menselijk ingrijpen. Of, hoe snel en via welke weg uiteindelijk een geleidelijke overgang van water naar land in de kribvakken ontstaat is onbekend. Voor de eerstkomende jaren wordt verwacht dat het patroon van erosie, dat ingezet is na de herinrichting, zich versterkt. Het ontbreken van een geleidelijke overgang van water naar land is naar verwachting een kwestie van tijd. Actief menselijk ingrijpen is niet gewenst en niet nodig.

Een oever waarin ruimte gegeven wordt aan morfologische en hydrologische processen heeft een heel eigen ecologische waarde. Door de relatief hoge dynamiek in de eerste jaren, ontstaan er wisselende standplaatsen en habitats waarvan telkens weer andere planten en dieren profiteren. De vegetatie heeft tijd nodig om tot ontwikkeling te komen. Na enige jaren zal de vegetatie en daaraan gerelateerd de samenstelling van vogelgemeenschap een afspiegeling vormen van de toegenomen morfodynamiek en de afname van de begrazingsdruk. De invloed van de herinrichtingswerkzaamheden zal afnemen. Verandering van beheer is niet gewenst.



## 6      VERVOLG MEETPROGRAMMA

In 2001 zal nog een morfologische opname (najaar), een vegetatieopname en een vogelinventarisatie uitgevoerd worden. In 2002 wordt het meetprogramma beëindigd. Het meetprogramma wordt niet gewijzigd.

De aanpassingen van het originele meetplan van Simons *et al.* (1996) naar aanleiding van de eerste monitoring periode (maart 1996-april 1997) staan beschreven in Simons *et al.* (1998).

## 7 LITERATUUR

- Bal, D., Beijer, H.M. en Hoogeveen, Y.R., 1995. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport II, Informatie en Kenniscentrum Natuurbeheer, Wageningen.
- Boer, D. de en Willink, G., 1994. Vegetatie-monitoring Project natuurvriendelijke oevers Engelse Werk; uitgangssituatie oevervegetatie 1994. STL-Ecologisch Adviesbureau in opdracht van RWS Directie Gelderland. STL-rapport 94/11.
- Boer, D. de, 1996. Vegetatie-monitoring Project natuurvriendelijke oevers Engelse Werk 1996. STL-Ecologisch Adviesbureau in opdracht van RWS RIZA. STL-rapport 96/7.
- Boer, D. de, 1997. Vegetatie-monitoring Project natuurvriendelijke oevers Engelse Werk 1997. STL-Ecologisch Adviesbureau in opdracht van RWS RIZA. STL-rapport 97/4.
- CUR 1994. Natuurvriendelijke oevers. Rapport 168, CUR, Gouda.
- De Graaf, M.C.C., Van de Steeg, H.M., Voesenek, L.A.C.J. en Blom, C.W.P.M., 1990. Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn' nr. 16.
- Dijk van, 1993. Handleiding SOVON broedvogelonderzoek. SOVON Beek-Ubbergen.
- Gerritsen, G. J., 1995. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk'; periode 1992-1994. Opdrachtgever Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland.
- Gerritsen, G. J., 1996. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 1995. Opdrachtgever Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland.
- Gerritsen, G. J., 1997a. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 1996. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA.
- Gerritsen, G. J., 1997b. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 1997. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA.
- Gerritsen, G. J., 1999. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 1998. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA.
- Gerritsen, G. J., 2000. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 1999. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA.
- Gerritsen, G. J., 2001. Ornithologische Monitoring van het natuurvriendelijke oeverproject 'het Engelse Werk' in 2000. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA.
- LB&P, 1991. Natuurontwikkeling Engelse Werk.
- Leemans, J.A.A.M. en Boer, D. de, 1997 Uiterwaardvegetaties. Voorstudie begrazingsonderzoek in de uiterwaarden van de grote rivieren. Ecologisch adviesbureau STL. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.
- Leemans, J.A.A.M. en Boer, D. de, 1999. Vegetatie-monitoring Engelse Werk 1999. Ecologisch Adviesbureau STL Nijmegen in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.
- Ministerie Verkeer en Waterstaat, 1989. Derde Nota Waterhuishouding: Water voor nu en later. Tweede Kamer vergaderjaar 1988-1989, 21 250 nrs, 1-2. SDU, Den Haag.
- Rijkswaterstaat Directie Gelderland, 1993. Overture, Inrichtingsplan oevers Rijntakken. Hoofdrapport. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rapport nr. GLD 93/05-01.
- Rijkswaterstaat Directie Gelderland, 1994a. Projectdocument Natuurvriendelijke Oevers Engelse Werk. Projectgroep Natuurvriendelijke Oevers Rijntakken, Arnhem.



- Rijkswaterstaat Directie Gelderland, 1994b. Inrichtingsplan Natuurvriendelijke Oevers Vreugderijkerwaard. Dienstkring IJssel, Zutphen.
- Schaminée, J. en Jansen, A., 1998. Wegen naar Natuurdoeltypen. Ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren voor herstelbeheer en natuurontwikkeling (sporen A en B). Rapport IKC Natuurbeheer nr. 26. Wageningen.
- Sierdsema, H., 1995. Broedvogels en beheer. Het gebruik van broedvogelgegevens in het beheer van bos- en natuurterreinen. SBB-rapport 1995-1, SOVON-onderzoeksrapport 1995/04. SBB/SOVON, Driebergen/Beek-Ubbergen.
- Simons, J., Duizendstra, D. en Boks, G., 1996. Projectplan monitoring en evaluatie verwijdering oeversverdediging IJssel; Engelse Werk en Vreugderijkerwaard. RIZA werkdocument 96.135.X. Rijkswaterstaat, RIZA, Arnhem.
- Simons, J., Sorber, A. en Van Splunder, I., 1998. Verwijdering oeversverdediging Engelse Werk; evaluatie 1994-1997. RIZA werkdocument 98.175X. Rijkswaterstaat, RIZA, Arnhem.
- Simons, J., Bakker C. en Sorber A., 2000. Evaluatie nevengeulen Opijnen en Beneden-Leeuwen 1993-1998. RIZA rapport 2000.040. ISBN 9036953383. Rijkswaterstaat, RIZA Lelystad.
- Sorber, A., 1999. Morfologische ontwikkeling Engelse Werk 1997-1998. RIZA memo WSR-99-034. Rijkswaterstaat, RIZA, Arnhem.
- Ten Brinke, W.B.M., 2000. CD bodemligging + baggergegevens 1900-2000.
- Van Splunder, I., 1998. Floodplain forest recovery: softwood forest development in relation to hydrology, riverbank morphology and management. Proefschrift Universiteit Nijmegen.
- Van Splunder, I. en Leemans, J.A.A.M., 1997. Ooibosontwikkeling op rivieroeveren: interactie tussen vegetatie en oeversmorfologie. RIZA rapport 97.020.
- Verheij, H.J. en Huyskens, R.B.H., 1993. Verwijderen harde oeversverdediging IJssel. Waterloopkundig Laboratorium, rapport Q 1721.

## OVERIGE GEGEVENS

### Boringen

Profielen van de boringen uitgevoerd op 18 oktober 1994 en kaart met de lokaties van de boringen. RWS, DON, afd. ANIM.

### Hoogtemetingen en peilingen

Kaarten en diskettes: december 1994, september 1995, maart 1996, juli 1996, oktober 1996, december 1996, april 1997, juli 1997, december 1997, oktober 1998, augustus 1999 en augustus 2000.

### Stroomsnelheid en -richting

Bundel van meetgegevens en grafieken (handmatig), november 1994.

Meetgegevens en grafieken in rapportvorm, diskettes met meetgegevens: mei 1996, augustus 1996, oktober 1996, april 1997.

### Profielen

Profielen van alle raaien gebaseerd op de bodemhoogtemetingen van maart 1996, juni 1996, oktober 1996, december 1996, april 1997, juli 1997, december 1997, oktober 1998, augustus 1999, augustus 2000.

### Erosie- en sedimentatiegrafieken

Erosie- en sedimentatiegrafieken van alle krib- en zomerbedvakken van de perioden juni '96-maart '96, oktober '96-juni '96, december '96-oktober '96, april '97-december '96, juli '97-april '97, december '97-juli '97, oktober '98-december '97, augustus '99-oktober '98, augustus '00-augustus '99.

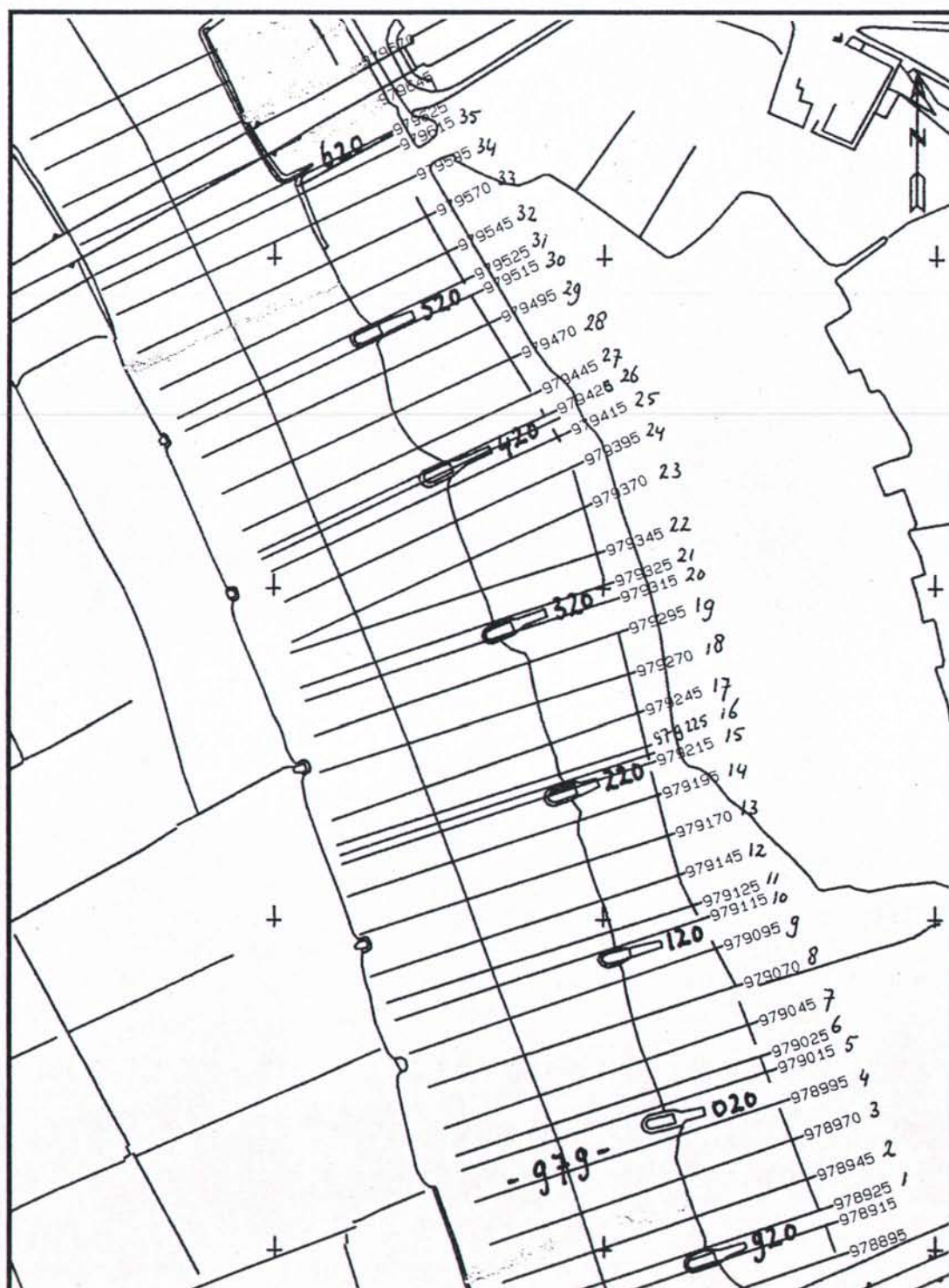
Bovengenoemde gegevens zijn op te vragen bij Jennie Simons, Leonie Bolwidt en Esther Stouthamer (RIZA-WSR (Arnhem)).



## BIJLAGEN

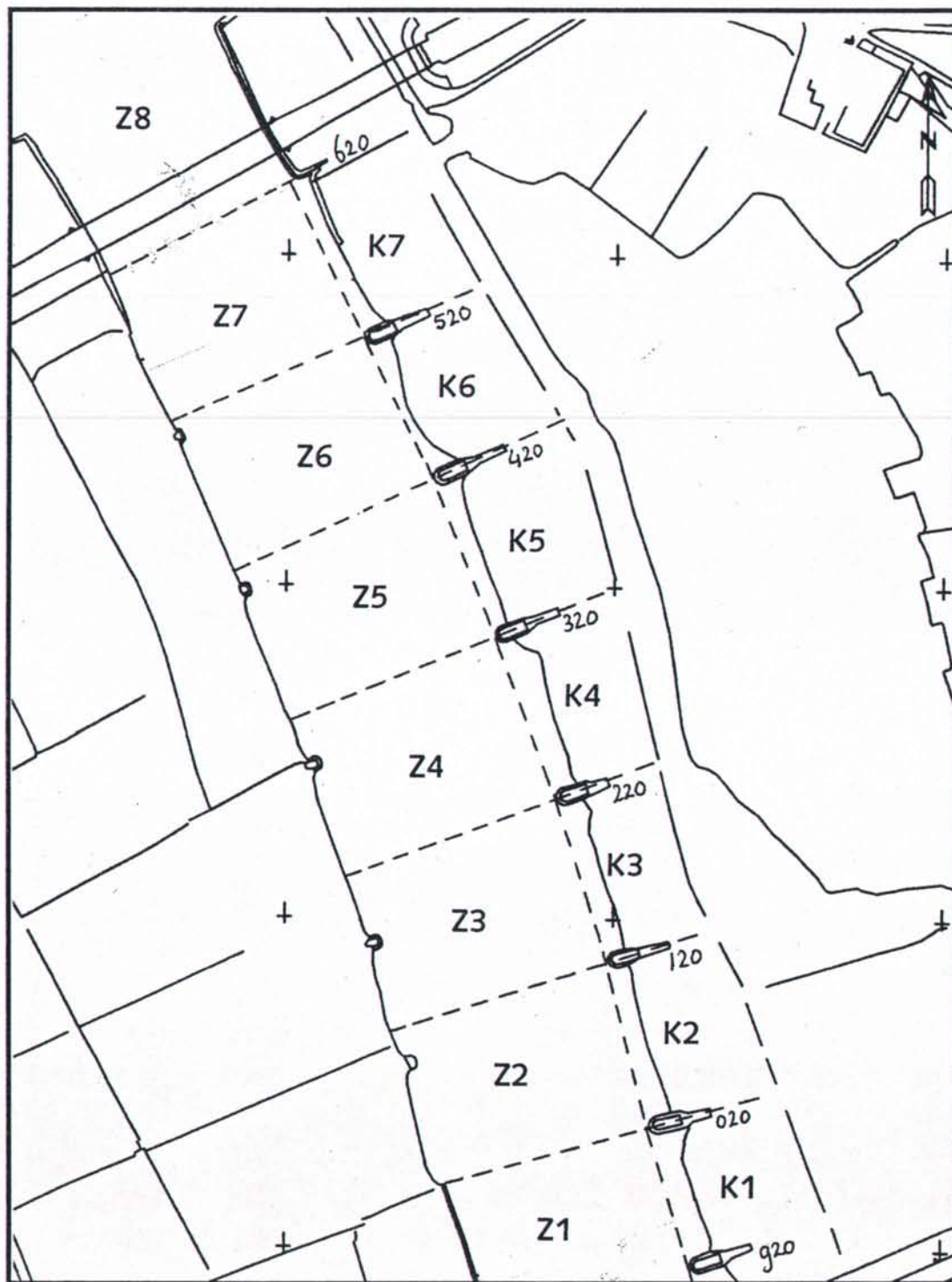
- Bijlage 1 Ligging van de raaien en de nummering van de kribvakken.
- Bijlage 2 Indeling van het traject in 15 vakken.
- Bijlage 3a Bodemhoogtekaart oktober 1998.
- Bijlage 3b Bodemhoogtekaart augustus 1999.
- Bijlage 3c Bodemhoogtekaart augustus 2000.
- Bijlage 4a Verschilkaart hoogteligging oktober 1998-augustus 1999.
- Bijlage 4b Verschilkaart hoogteligging augustus 1999-augustus 2000.
- Bijlage 4c Verschilkaart hoogteligging maart 1996-augustus 1999.
- Bijlage 4d Verschilkaart hoogteligging maart 1996-augustus 2000.
- Bijlage 5 Profielen bodemhoogte.
- Bijlage 6 Hoeveelheid netto erosie en sedimentatie.
- Bijlage 7 Foto's.

Bijlage 1 Ligging van de raaien



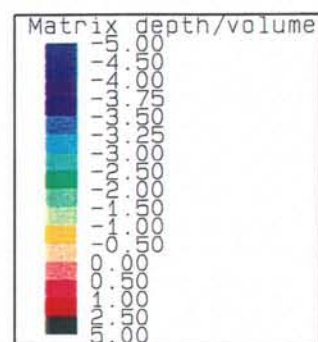


Bijlage 2      Indeling van het traject in 'krib-' en 'zomerbedvakken'

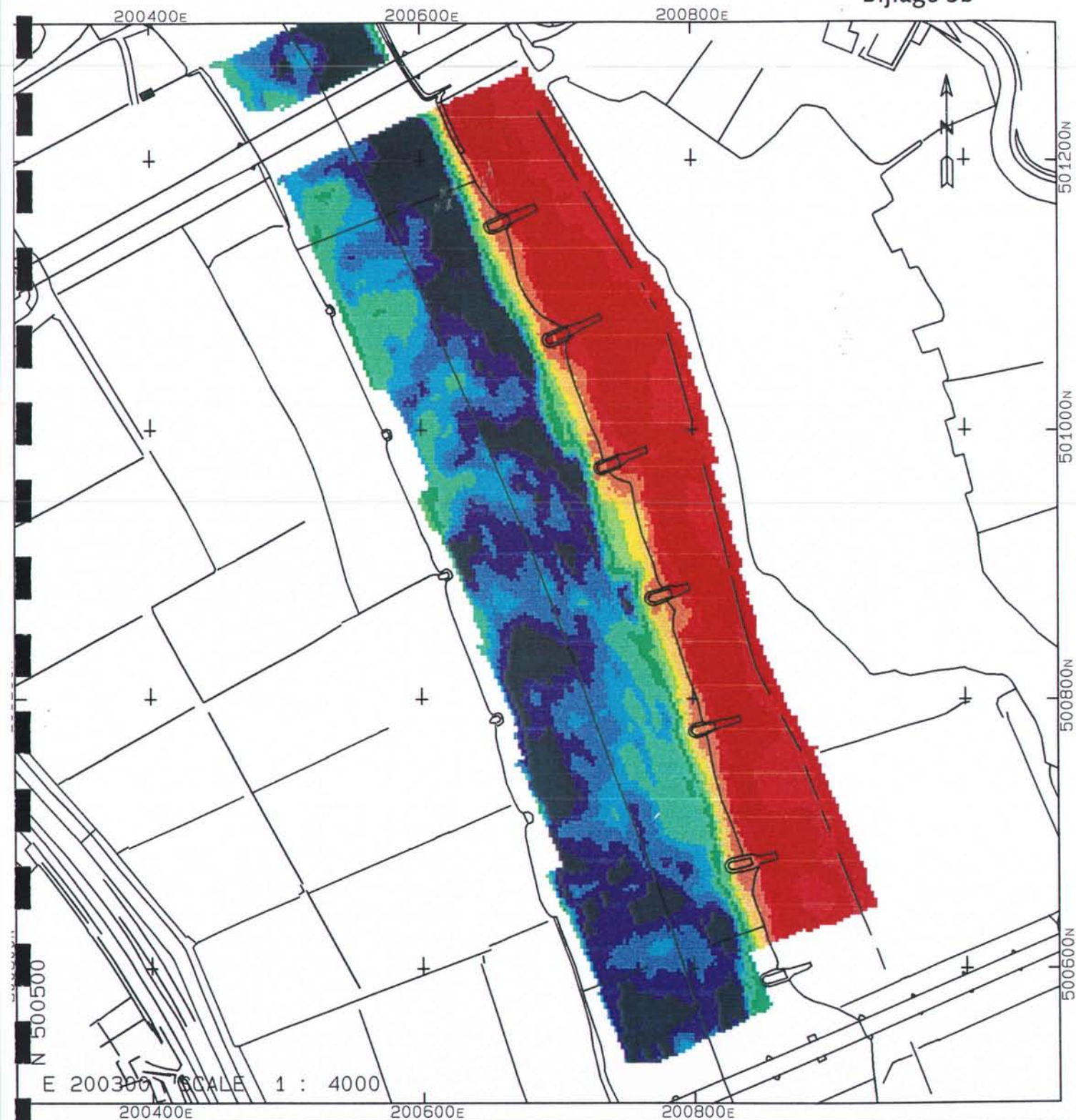




28/05/99







# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

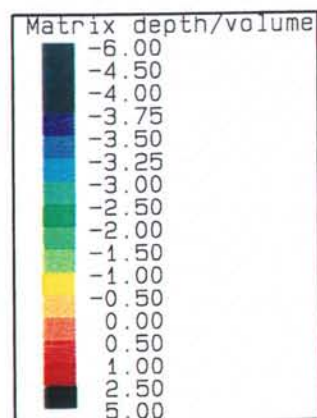
Situatie augustus '99

Hoogte in meters tov NAP

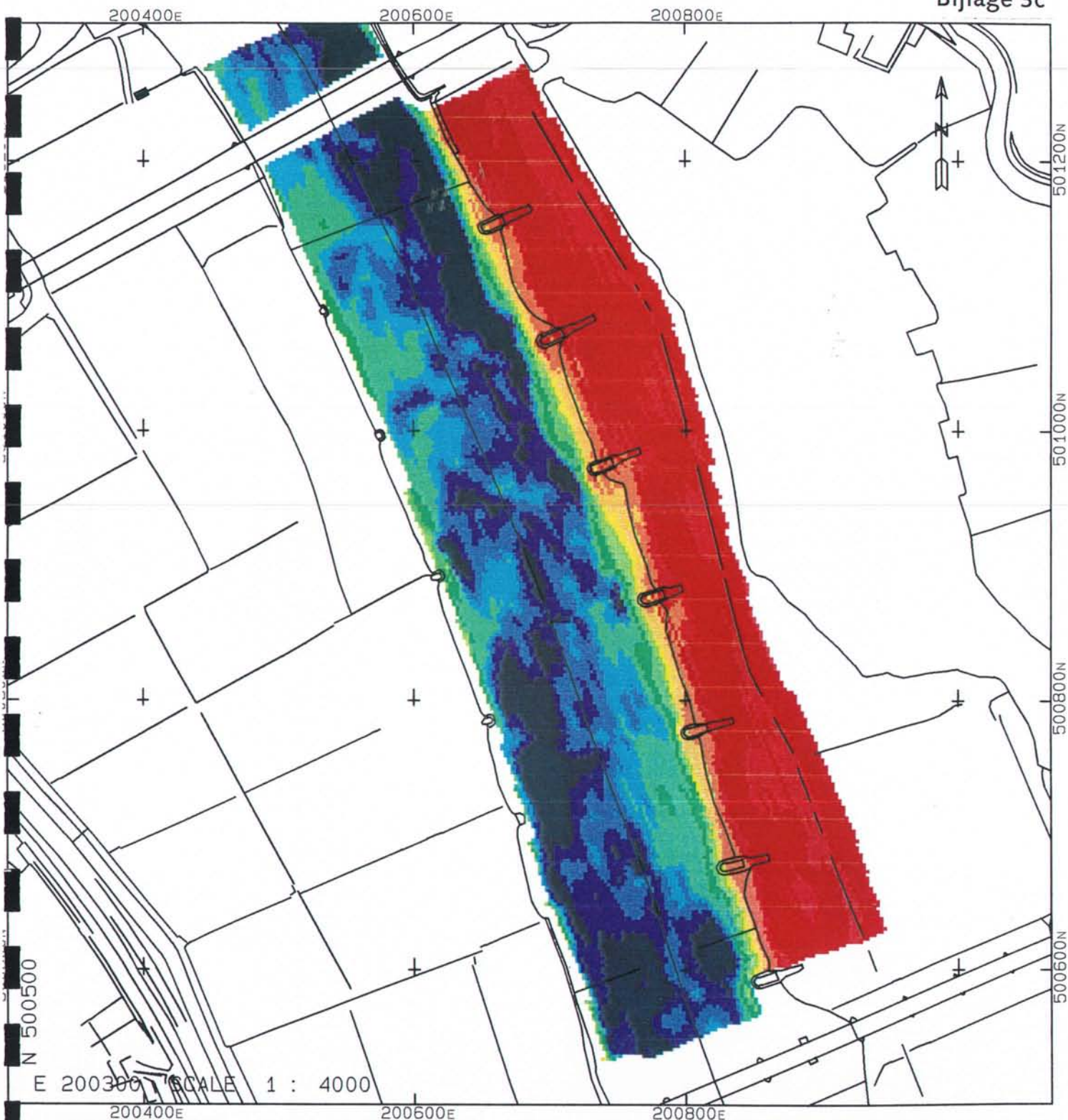
Verwerking : J. Stoelers

RWS DON ANIC

11/09/00







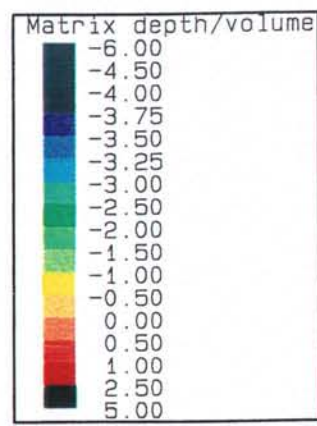
# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

Situatie augustus '00

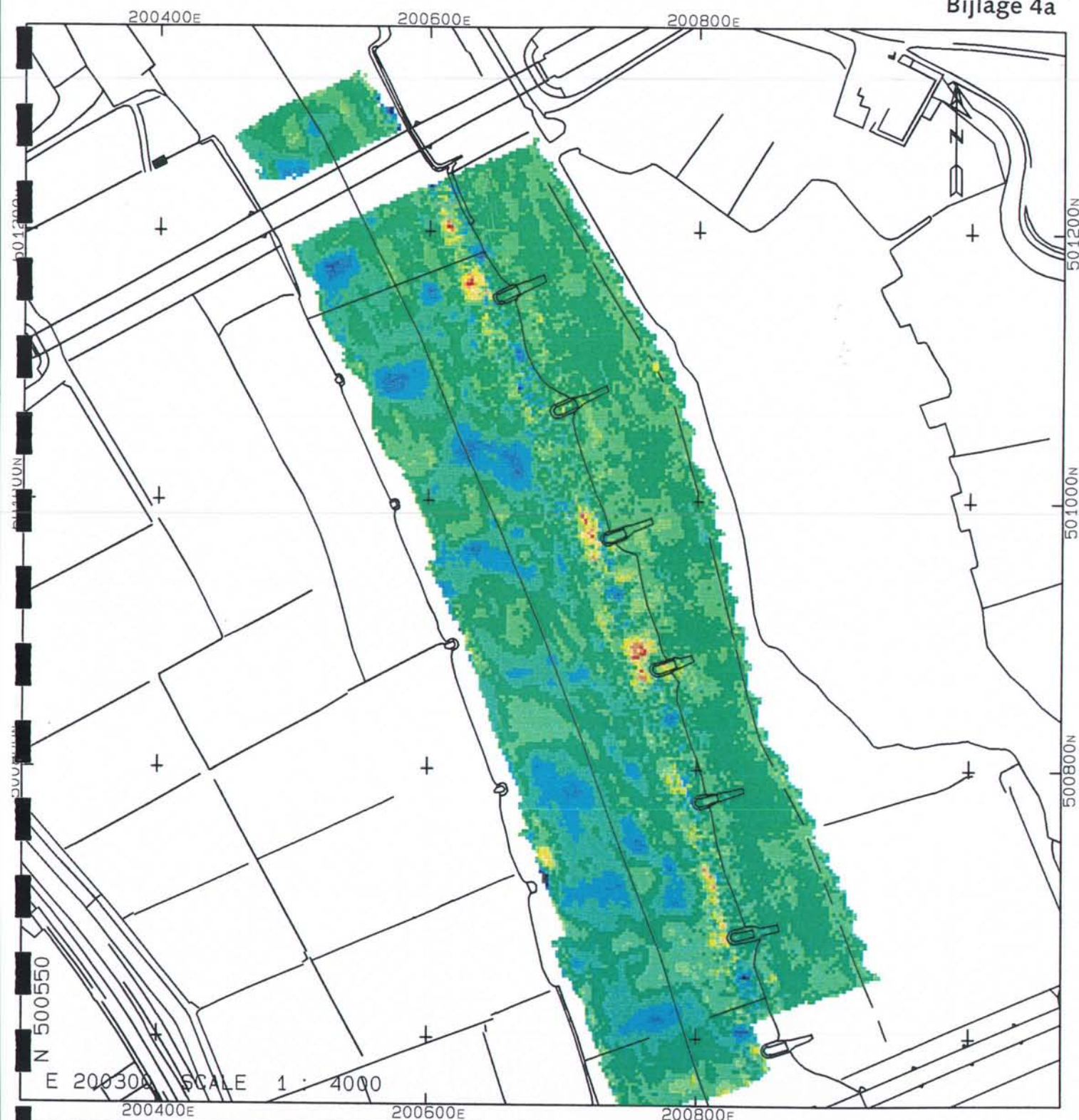
Hoogte in meters tov NAP

Verwerking: J. Stoelers  
RWS DON ANIC

11/09/00







# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

Verschilkaart augustus '99 - oktober '98

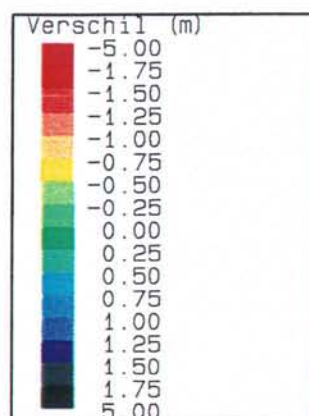
Hoogteverschil in meters

Erosie is rood

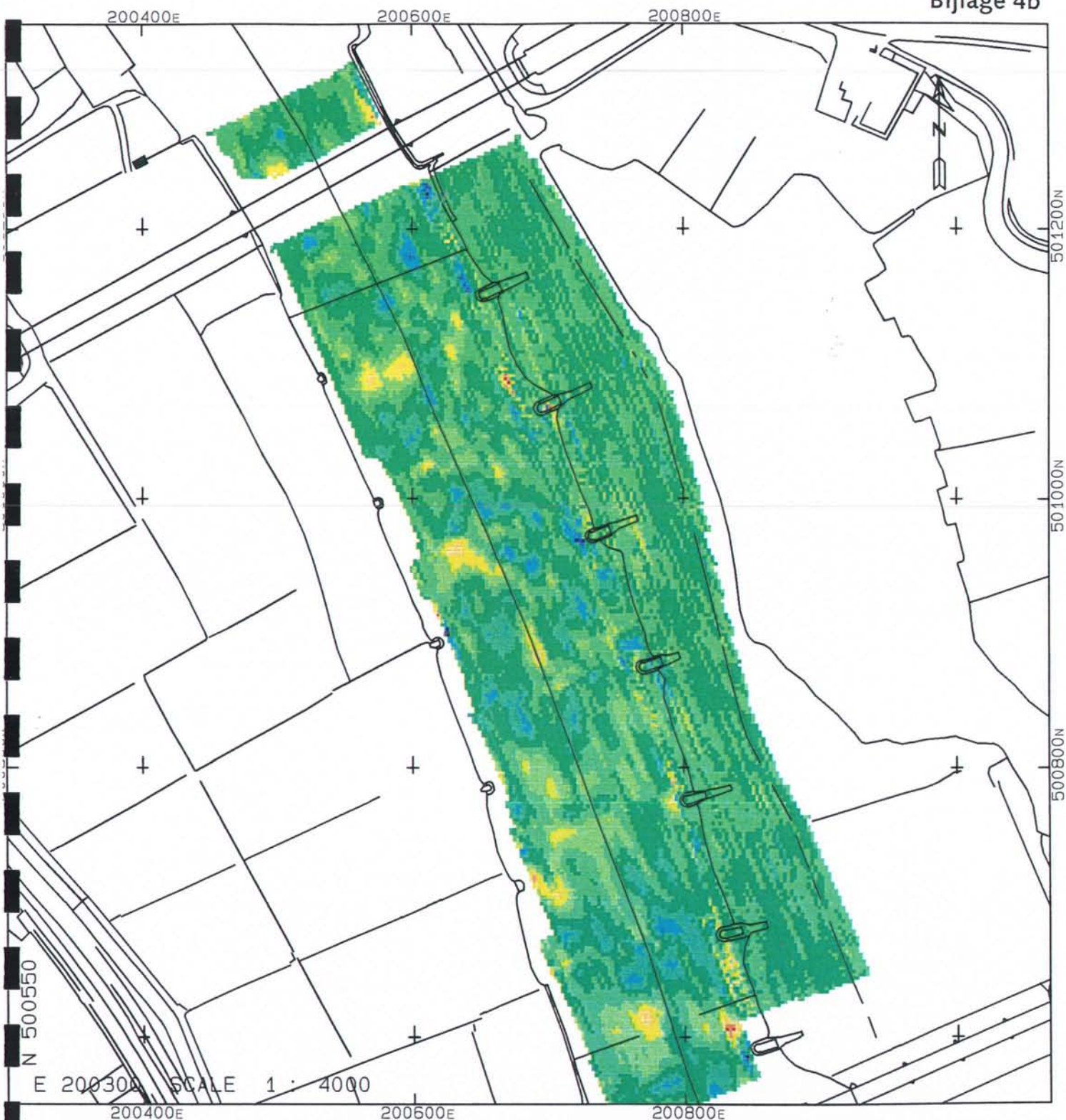
Sedimentatie is blauw

Verwerking : J. Stoelers  
RWS DON ANIC

11/09/00







# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

Verschilkaart augustus '00 - augustus '99

Hoogteverschil in meters

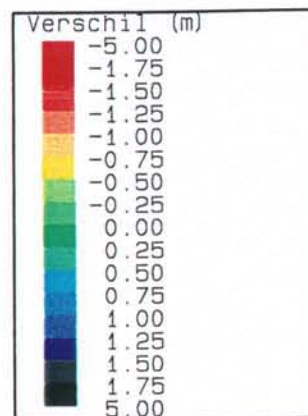
Erosie is rood

Sedimentatie is blauw

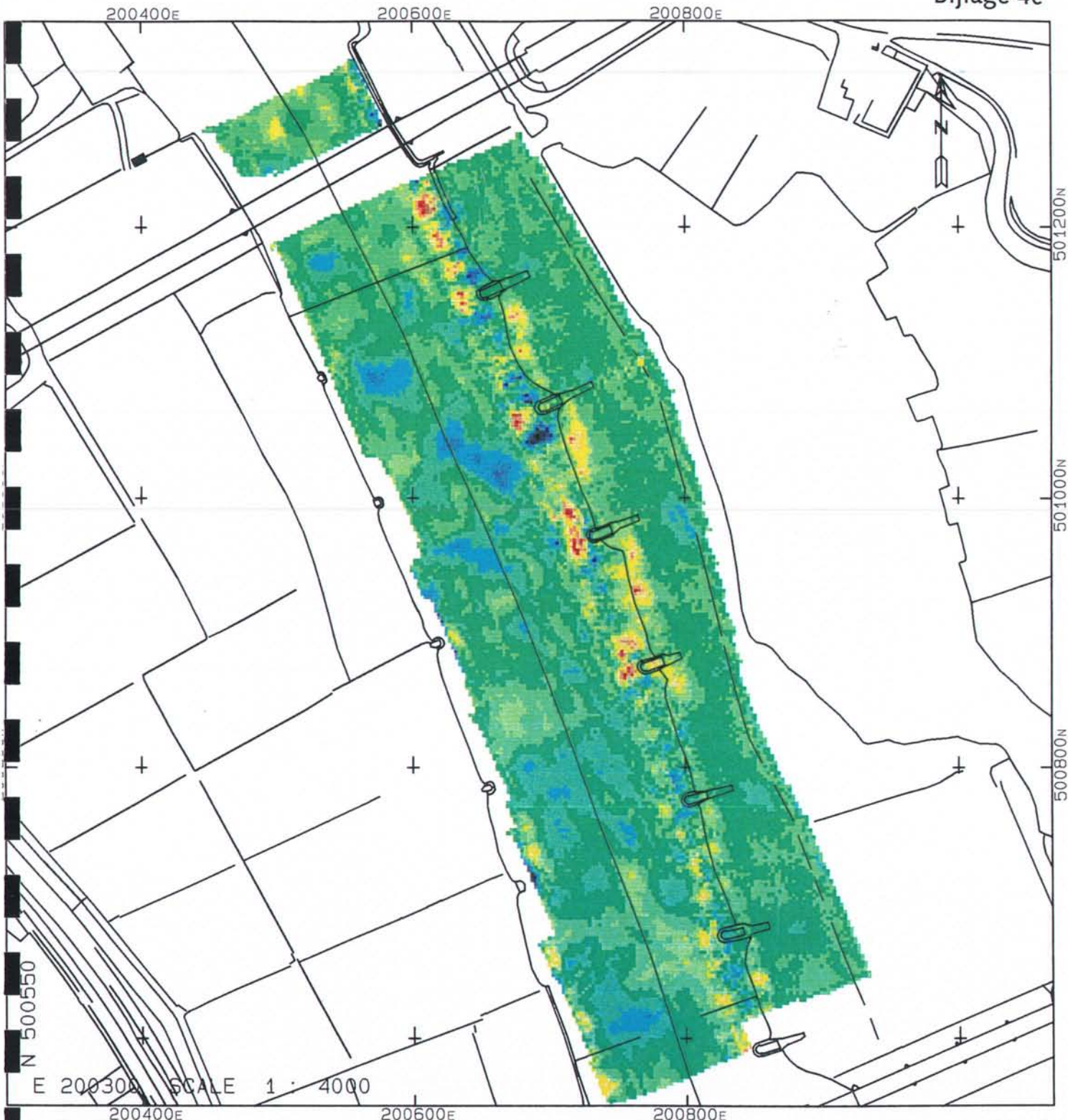
Verwerking : J. Stoelers

RWS DON ANIC

11/09/00







# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

Verschilkaart augustus '99 - maart '96

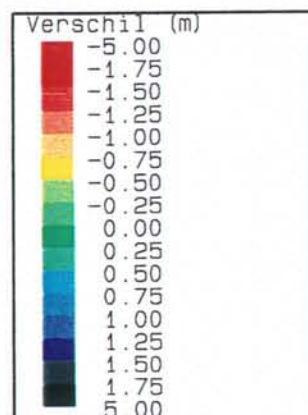
Hoogteverschil in meters

Erosie is rood

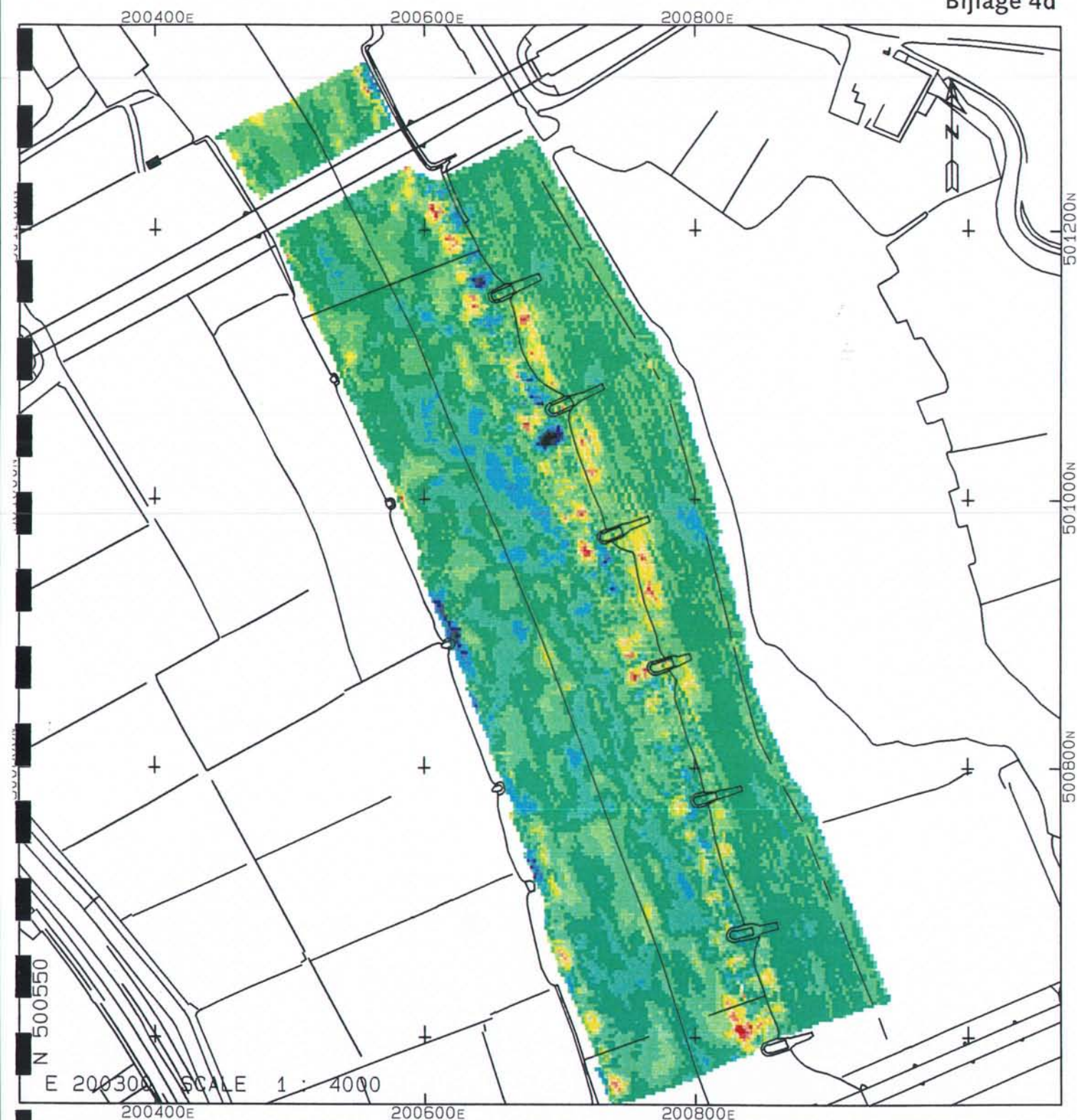
Sedimentatie is blauw

Verwerking : J. Stoelers  
RWS DON ANIC

11/09/00







# Monitoring en evaluatie verwijdering oeververdediging IJssel Engelse Werk

Verschilkaart augustus '00 - maart '96

Hoogteverschil in meters

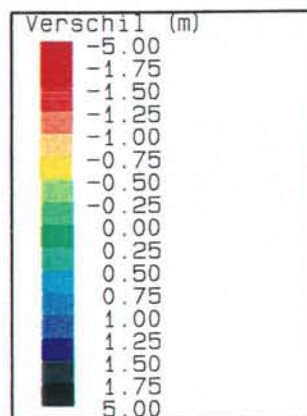
Erosie is rood

Sedimentatie is blauw

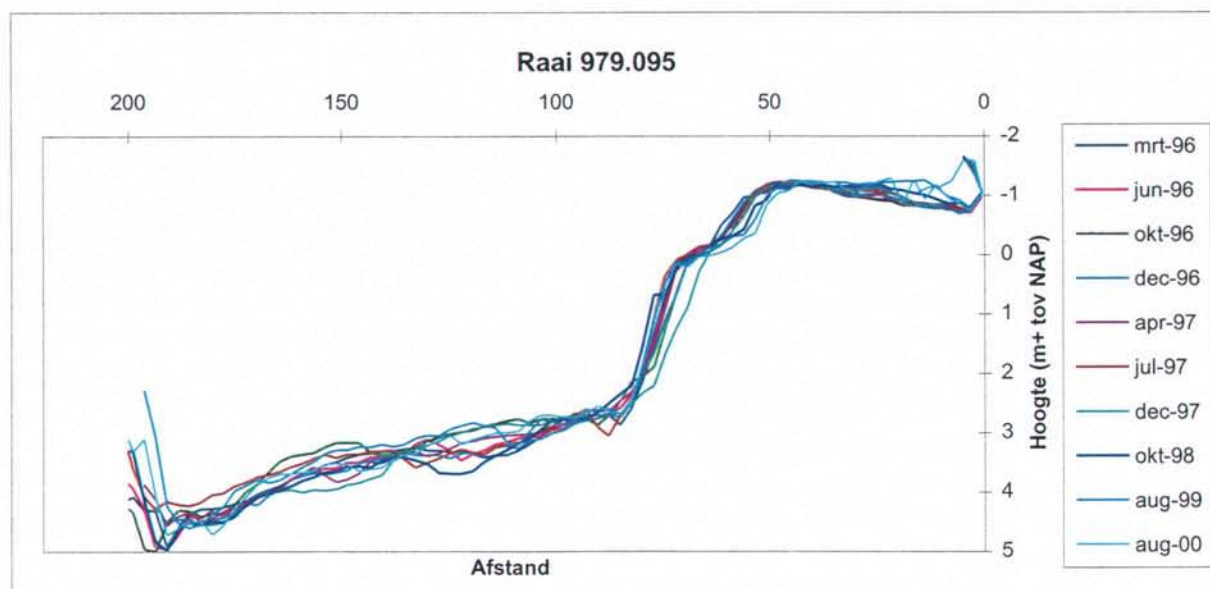
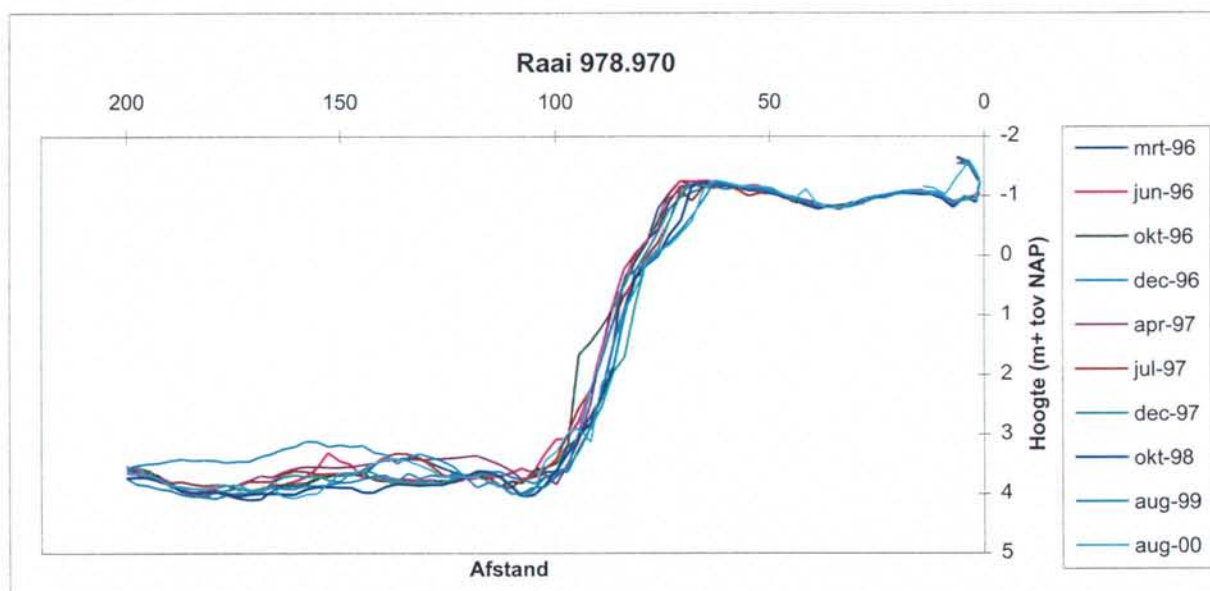
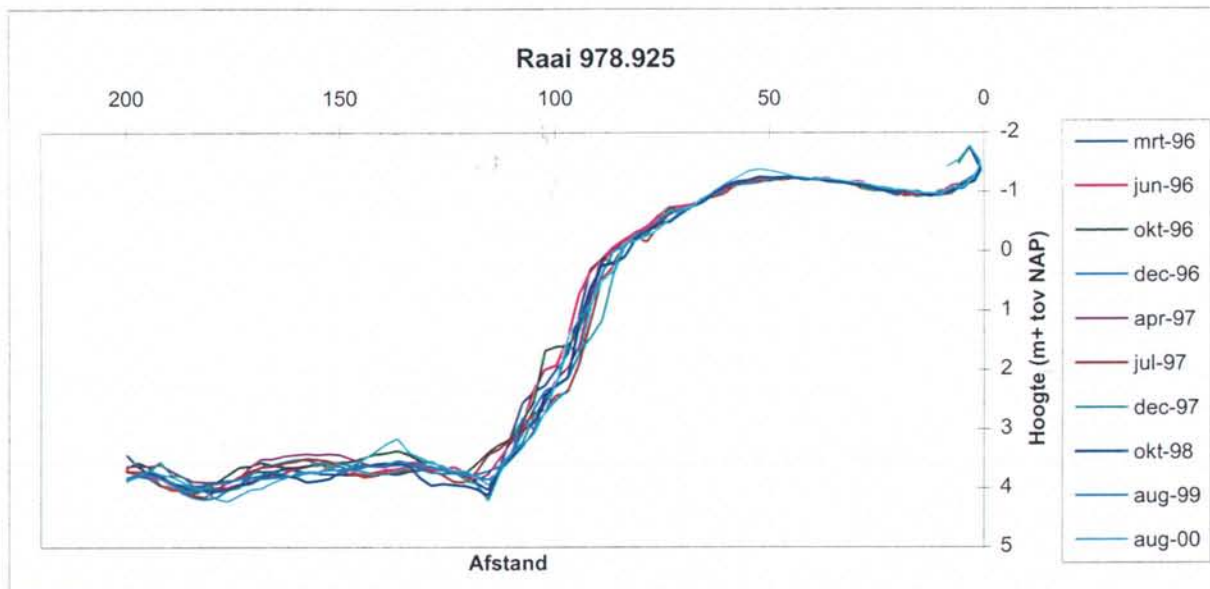
Verwerking : J. Stoelers

RWS DON ANIC

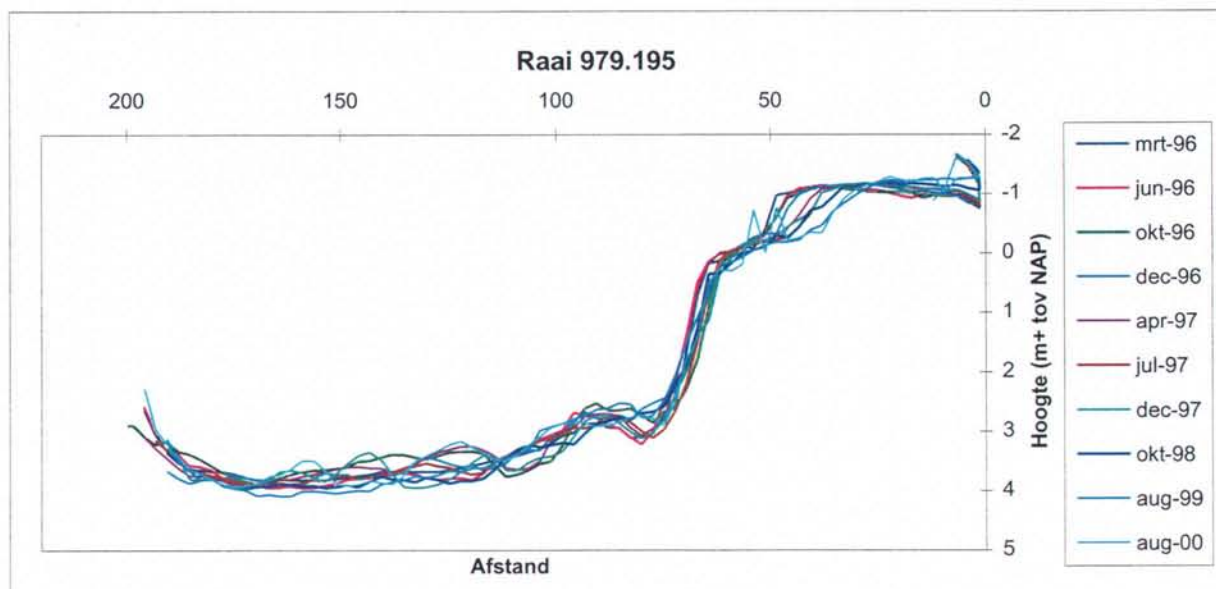
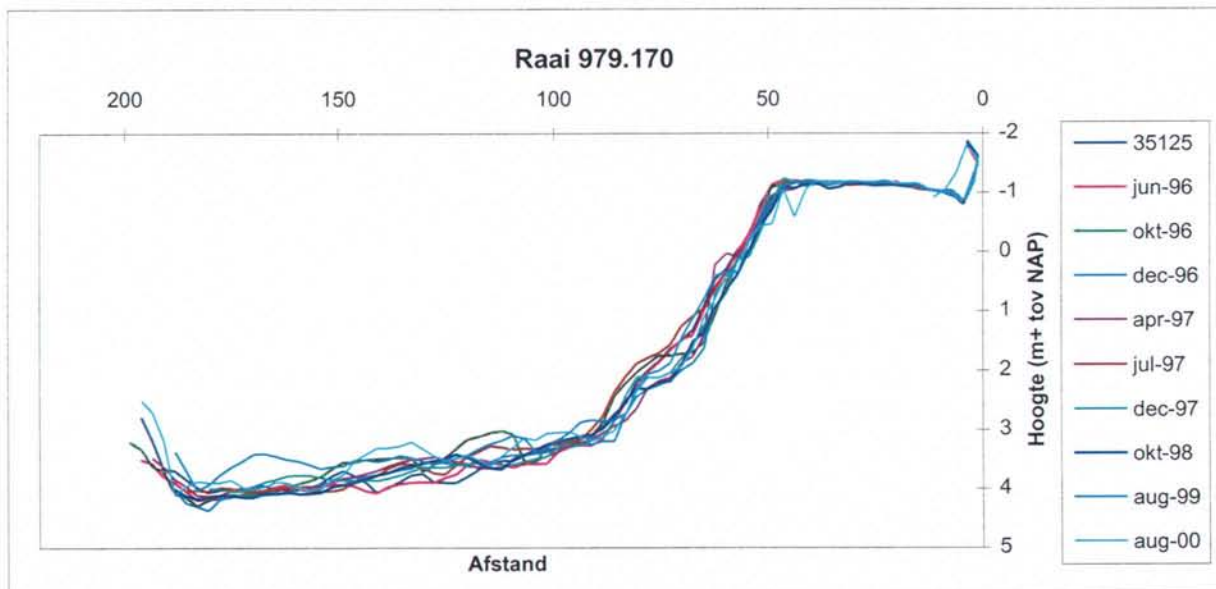
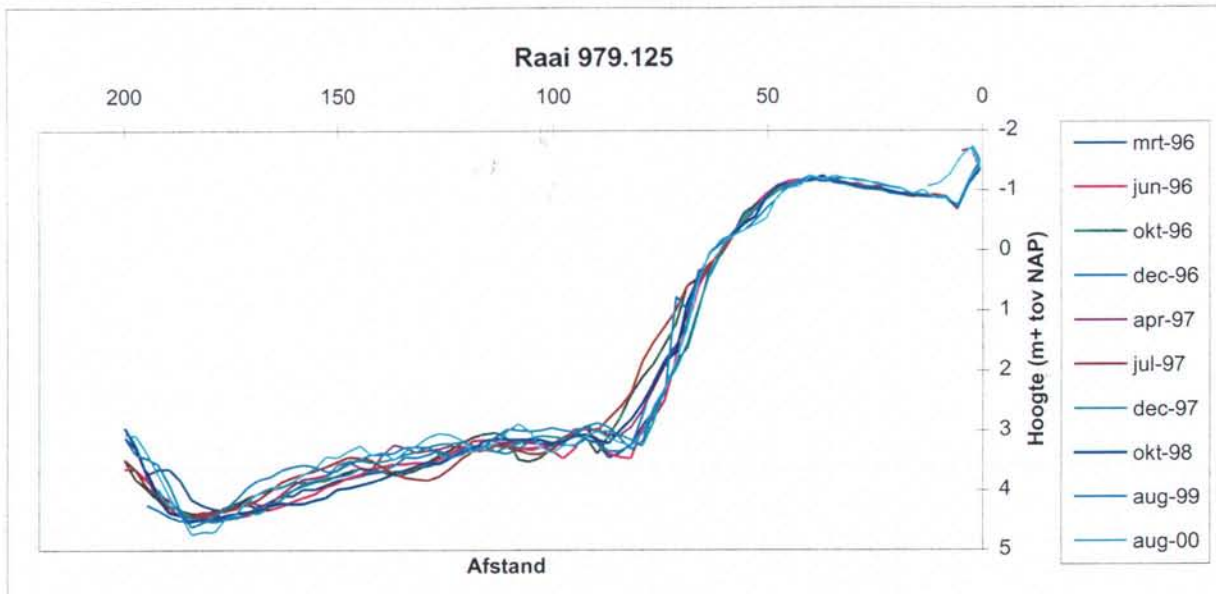
11/09/00



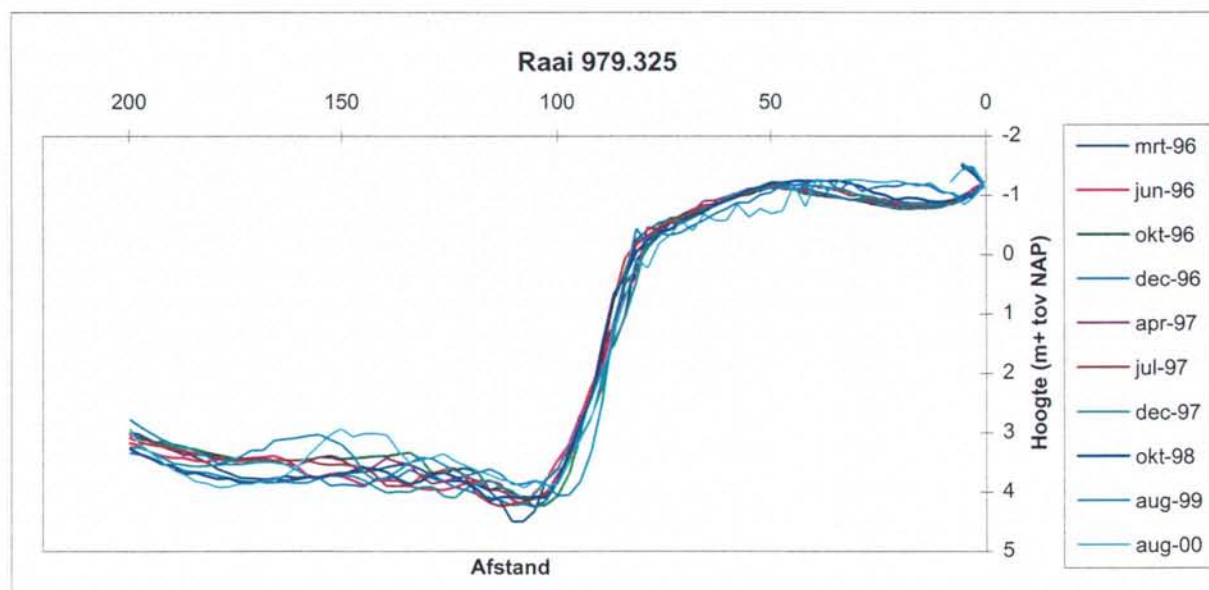
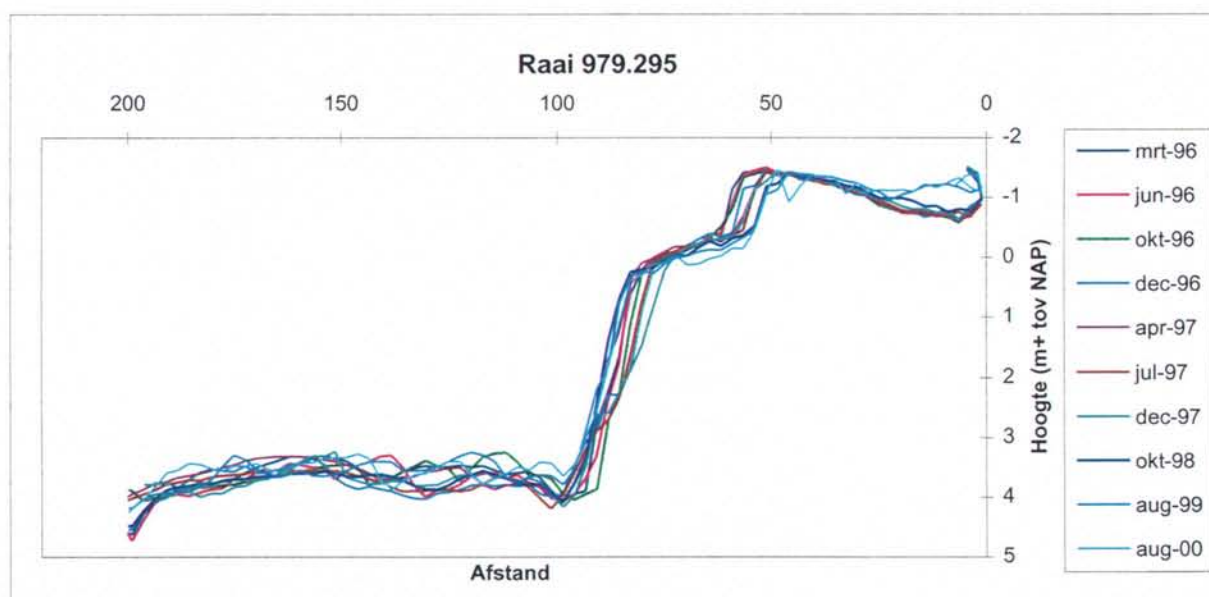
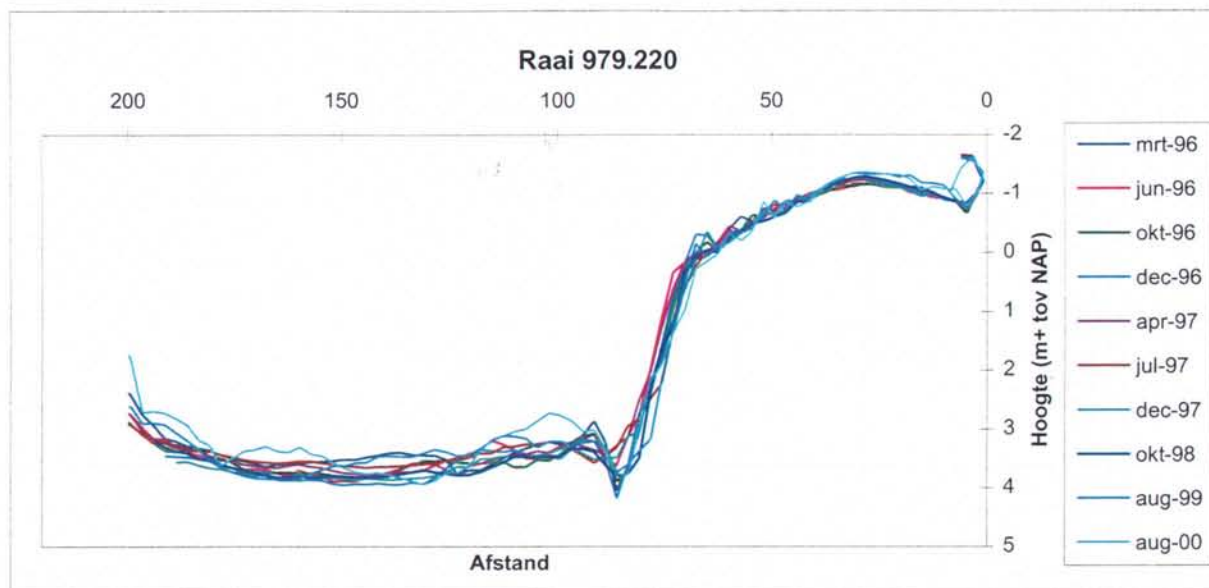


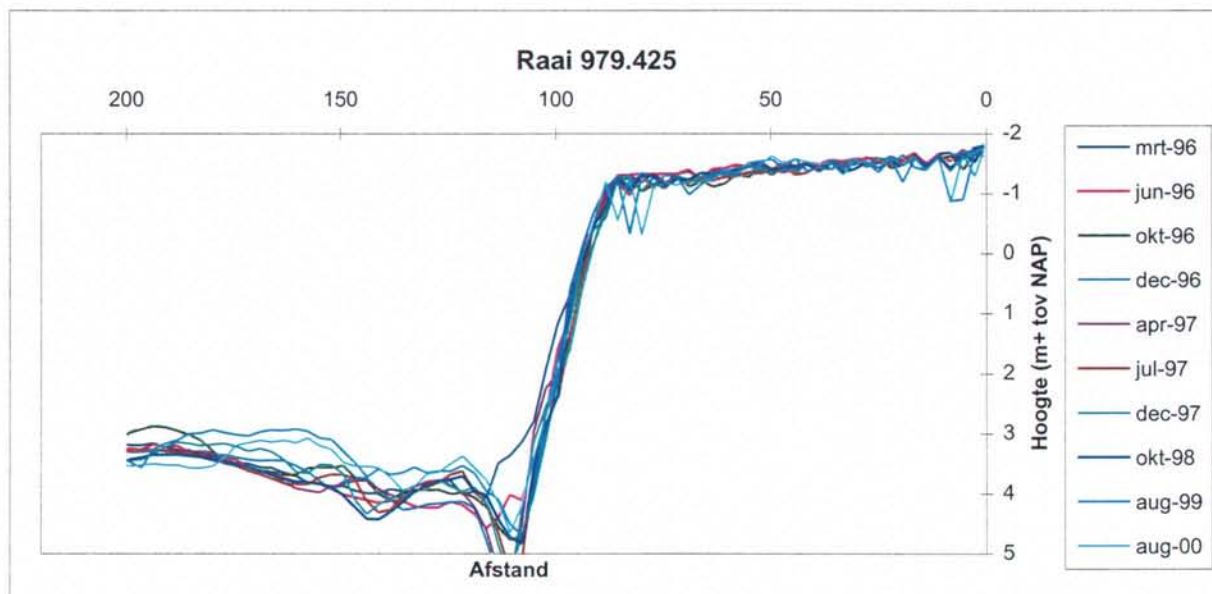
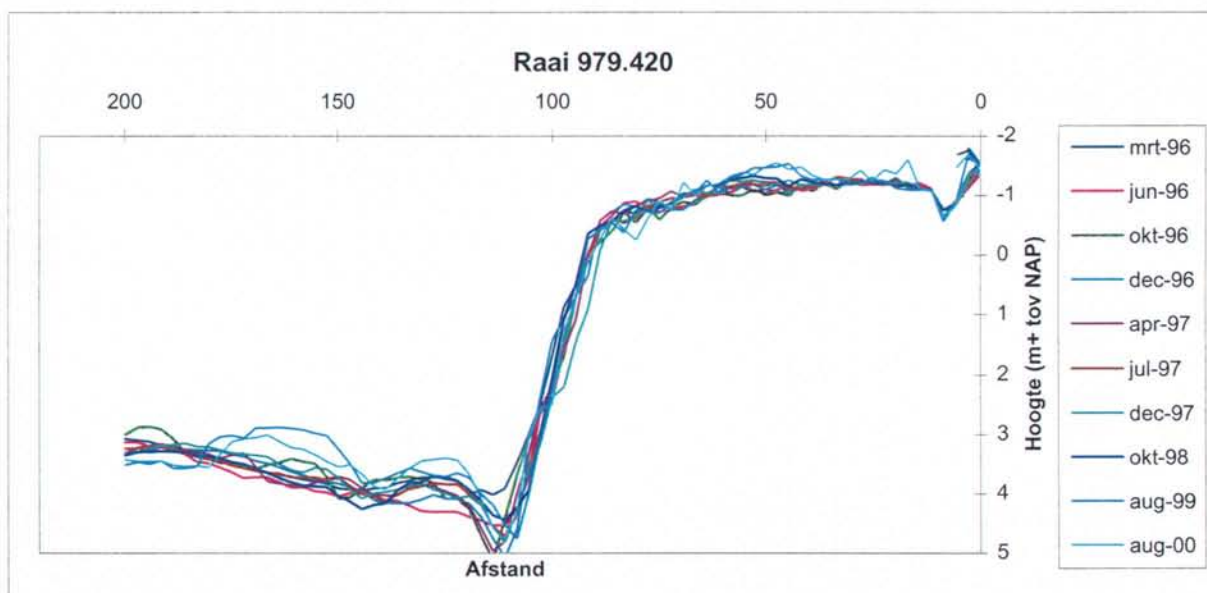
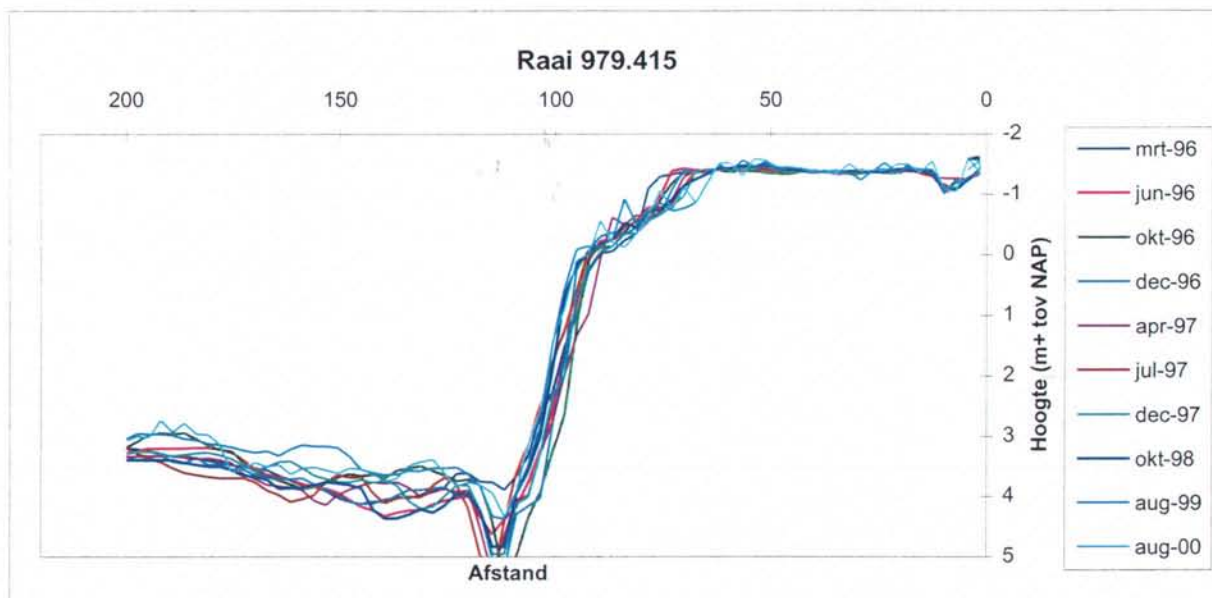


Bijlage 5

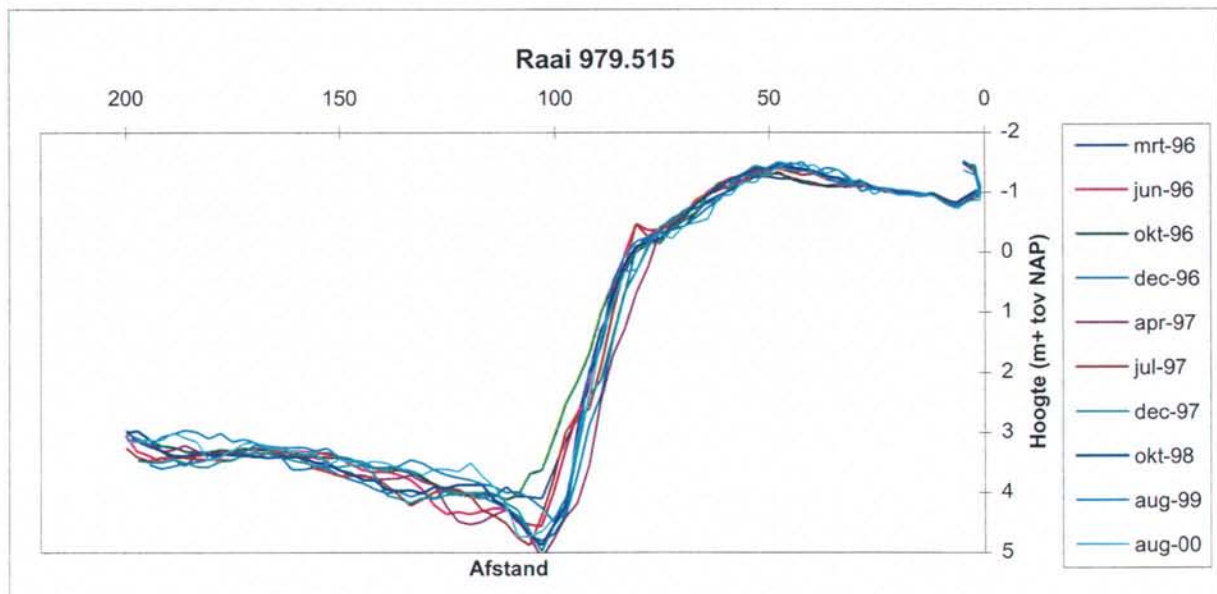
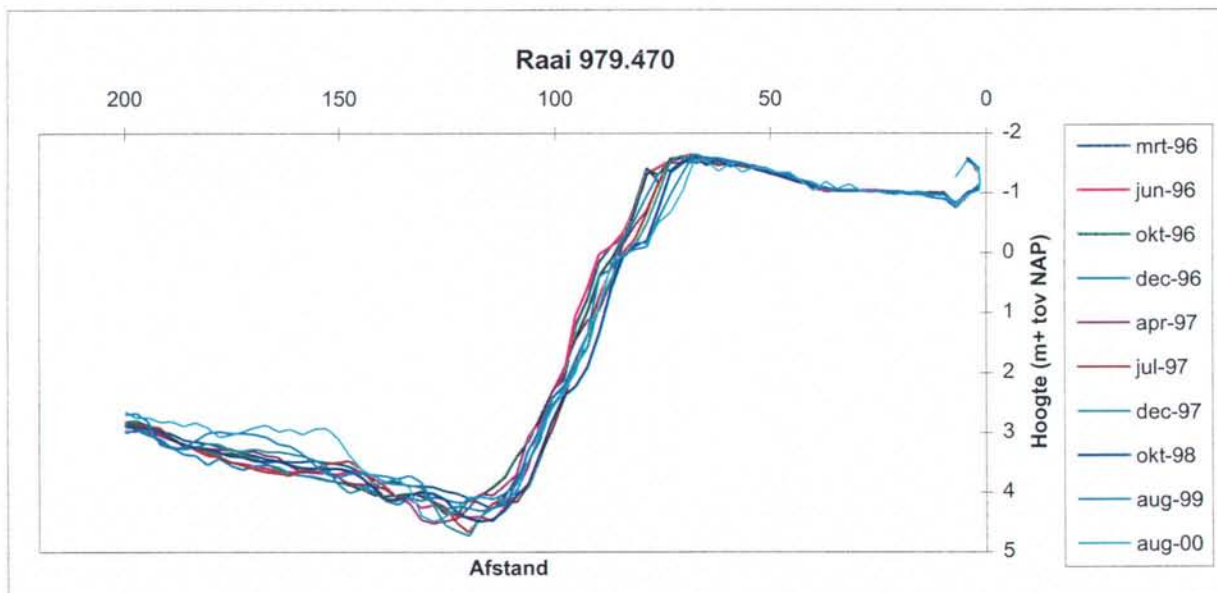
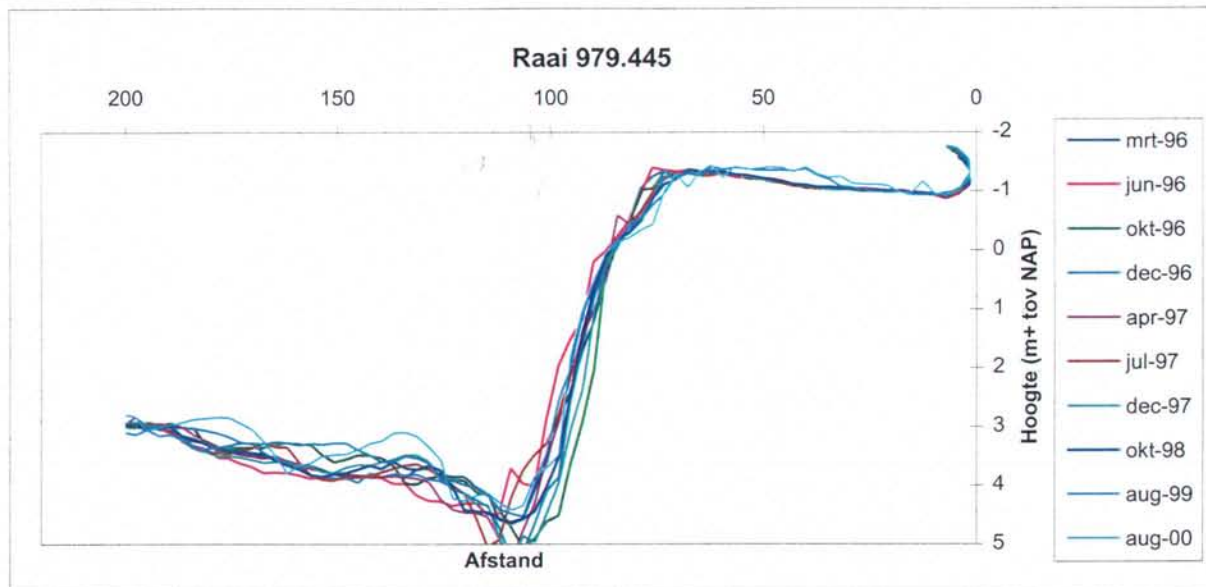


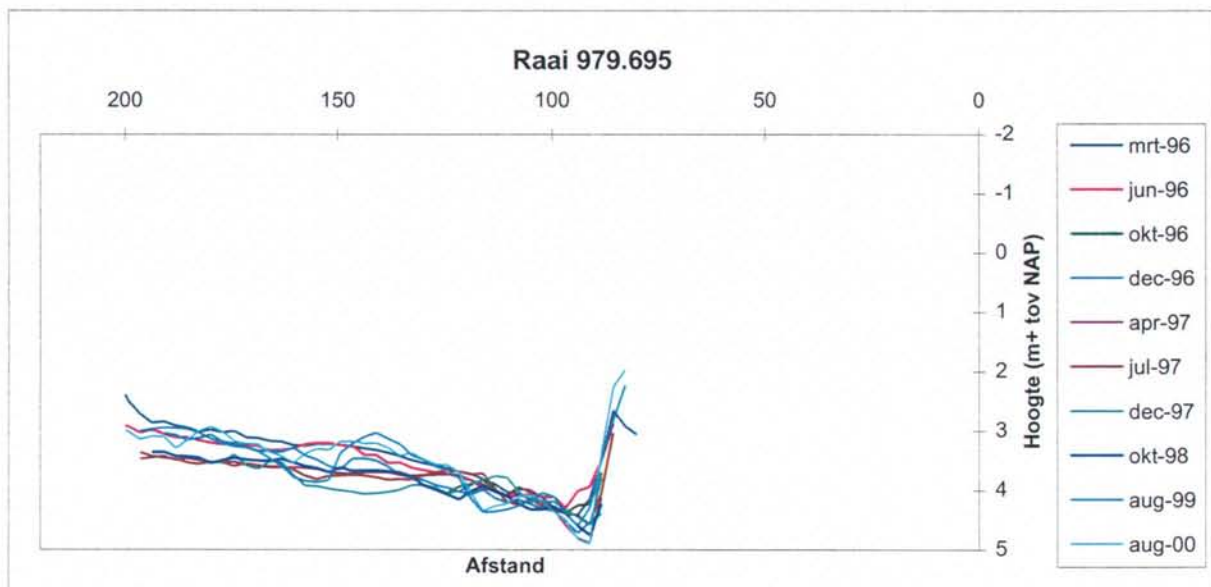
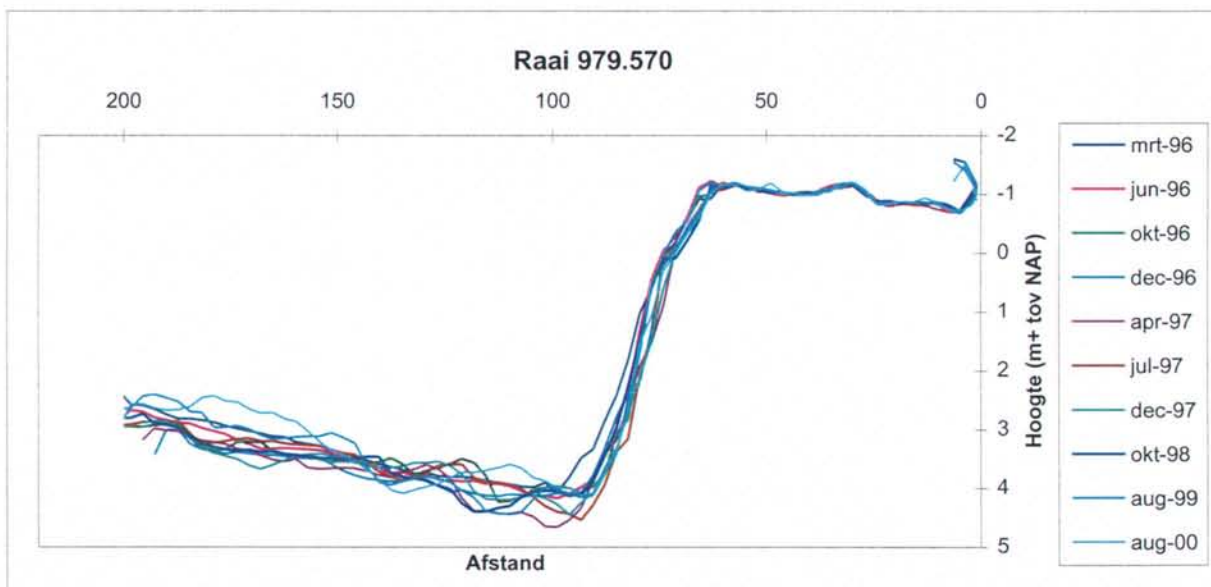
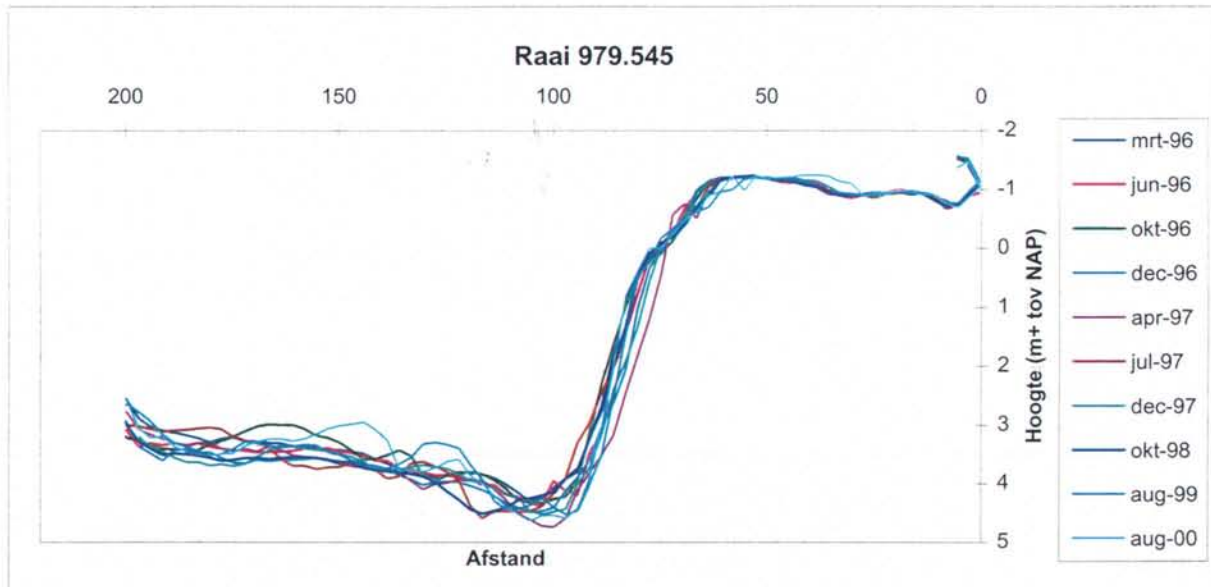




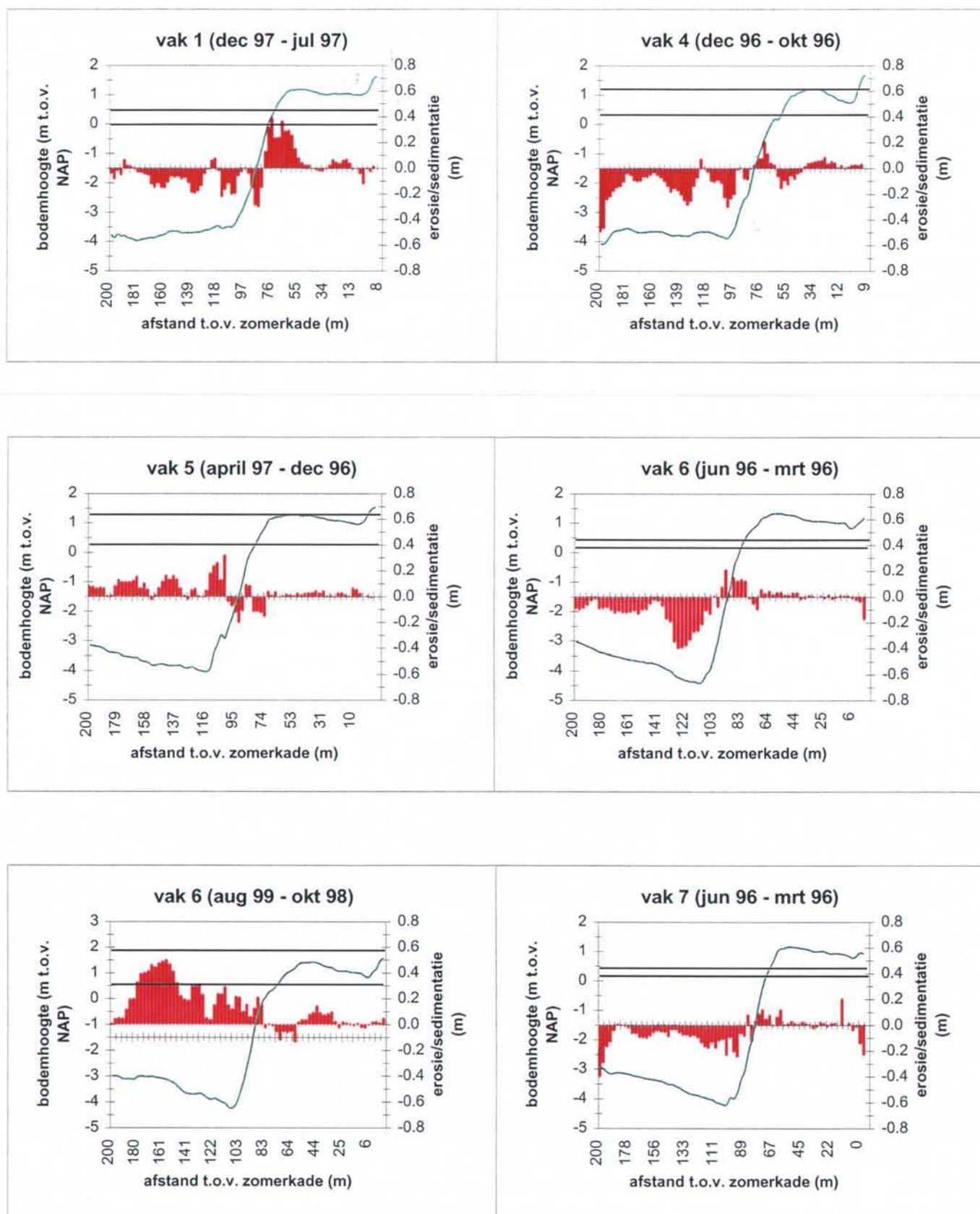












Bijlage 7



Foto 1: Het Engelse Werk (rechter oever) vóór de herinrichting (maart 1994).



Foto 2: Het Engelse Werk (rechter oever) in juli 1999.



Bijlage 7



Foto 3: Terugschrijding van de steilrand en de vegetatiegrens (juni 2000).



Foto 4: Klei is resistenter tegen erosie dan zand (juni 2000).



Bijlage 7



Foto 5: Erosie in de geul net stroomopwaarts van krib 979.320 (augustus 1999).



Foto 6: Geul net stroomopwaarts van krib 979.320. De oever loopt hier geleidelijker op. In de geul is zand afgezet (juli 1999).