

Vegetatiekaarten digitaal bekeken

Eindrapport project: Vegetatie Remote Sensing GIS

D.J. de Jong

J.F. Ruiter

RWS-RIKZ/Middelburg/Haren

S.J. Fraikin

R.A. Hartmann

RWS-Meetskundige Dienst

NRSP project 2.2/OP-03

NRSP rapport 96-34

ISBN 90 5411 226 3

augustus 1997

**Dit rapport beschrijft een project dat werd uitgevoerd in het kader van het NRSP-2,
onder verantwoordelijkheid van de Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS).**

INHOUD
(+ overzicht figuren)

SAMENVATTING	I
1. INLEIDING	1
1.1. Voorgeschiedenis project RSGIS	1
1.2. RSGIS wordt VERSGIS	1
1.3. Opzet rapport	2
2. DOELSTELLINGEN VERSGIS	3
3. VEGETATIEKARTERINGEN EN GIS-APPLICATIES	5
3.1. Kwelders en schorren	5
3.1.1. De luchtfotokartering	5
3.1.2. Koppeling vegetatiekaarten kwelders en schorren met GIS	6
3.2. Zeegrassen en macrowieren	7
4. OPBOUW EN WERKING GIS-APPLICATIES	8
4.1. Programma van Wensen	8
4.2. De applicaties	9
4.2.1. Inleiding	9
4.2.2. Algemene structuur	9
4.2.3. Module <u>gebiedskeuze</u>	10
4.2.4. Module <u>bewerkingen</u>	11
4.2.4.1. Module <u>bewerkingen</u> bij ZULTE	11
4.2.4.2. Module <u>bewerkingen</u> bij ZEEGRAS	13
4.2.5. Module <u>diagrammen</u>	14
4.2.6. Module <u>presentatie</u>	14
4.3. Database	15
4.4. Eisen aan de karteringen vanuit GIS	15
4.5. Implementatie	16
5. REMOTE SENSING EN VEGETATIEKARTERINGEN	18
5.1. Inleiding	18
5.2. VERSGIS-projecten; FC-video en satellieten	18
5.2.1. FC-video en schorvegetaties	18
5.2.2. FC-video en zeegras	18
5.2.3. FC-video en groenwierophoppingen	20
5.2.4. Algemene conclusies FC-video	20
5.2.5. Satellieten en groenwierophoppingen	21
5.3. Vliegtuigscanners	21
5.4. Kosten-baten	23
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	26
6.1. GIS	26
6.2. Remote sensing	26
Literatuur	28

Overzicht figuren

Figuren in zwart-wit (opgenomen in de tekst)

Figuur 1. Planning maken vegetatiekaart schor/kwelder.	5
Figuur 2. Opbouw matrixlegenda.	5
Figuur 3. Clustering vegetatietypen en legendaeenheden in zones. . . .	6
Figuur 4. Aandeel aanwezigheid plantensoorten in de vegetatietypen. . .	6
Figuur 5. Standaardlegenda kartering zeegrassen en macrowieren.	7
Figuur 7. Globale opbouw applicatie ZEEGRAS.	10
Figuur 6. Globale opbouw applicatie ZULTE.	10
Figuur 8. Voorbeeld van het maken van een verschilkaart.	12
Figuur 9. Voorbeeld van een "feature space".	19
Figuur 10. Globale vlucht- en personeelskosten (in gulden) per RS- techniek voor 2 voorbeelden	24

Figuren in kleuren (opgenomen achter in het rapport)

Figuur A. Vegetatiekaart Strandkweek Verdrongen Land van Saeftinge . .	29
Figuur B. Verspreiding zeegras Krabbenkreek, 4 jaren	29
Figuur C. Biomassa zeegras Oosterschelde 1984-1992 in 4 kerngebieden .	29
Figuur D. Kaart groeivoorwaarden Zeegras Waddenzee-midden	29
Figuur E. Geclassificeerde false colour video opname van de Schorren (Texel)	29
Figuur F. Geclassificeerde false colour video opname van de Zandkreek (Zeeland)	29
Figuur G. Geclassificeerde false colour video opname van de Vlake van Kerken (Texel)	29

SAMENVATTING

Het project VERSGIS, VEgetatie Remote Sensing GIS, heeft twee doelen:

- 1) het toegankelijk maken van RS-informatie met behulp van GIS-technieken,
- 2) het toetsen van nieuwe, veelbelovende RS-technieken voor vegetatie-onderzoek.

Binnen het eerste kader zijn twee GIS-applicaties ontwikkeld, waarmee vegetatiekaarten kunnen worden geanalyseerd, bewerkt en gepresenteerd: een applicatie voor kwelderkaarten, ZULTE, en een applicatie voor zeegraskaarten, ZEEGRAS. Belangrijk onderdeel van beide applicaties is de mogelijkheid om verschilkaarten te maken en om numerieke informatie te presenteren. ZULTE is gebaseerd op een vast stelsel van vegetatietypen, die zowel afzonderlijk als na klustering (op meerdere wijzen) kunnen worden bewerkt. In de ZEEGRAS is tevens de mogelijkheid opgenomen om habitatkaarten (hier groeivoorwaardenkaarten genoemd) te maken op basis van abiotische kaarten.

Binnen het tweede kader zijn de gebruiksmogelijkheden van False-colour video voor vegetatiekarteringen van kwelders, zeegrassen en groenwieroophoping onderzocht. De voornaamste conclusies zijn dat deze techniek wel goede mogelijkheden lijkt te bieden, maar dat de gevoeligheid voor weersomstandigheden erg groot is. Ook is het voor de geometrische inpassing noodzakelijk dat er voldoende referentiepunten op de grond aanwezig zijn. Voor de kartering van kweldervegetatie lijkt de techniek interessant, omdat kleine verschuivingen kunnen worden gekarteerd. De techniek lijkt minder geschikt voor karteringen van grote oppervlakken, oa in verband met de hoge kosten en de geometrische inpassing. Qua kosten is FC-video vergelijkbaar met CAESAR, maar aanzienlijk goedkoper dan CASI.

1. INLEIDING

1.1. Voorgeschiedenis project RSGIS

Het project RSGIS is gestart in 1991 met een uitgebreide inventarisatie van de mogelijkheden om Remote Sensing in te zetten bij onderzoek in en beheer van de Waddenzee (BCRS 2.2/OP-01; Van den Berg & De Leeuw, 1992). Op basis van deze inventarisatie werd geconcludeerd dat er goede mogelijkheden zijn om RS-technieken in te zetten in de Waddenzee en wel mn op drie gebieden: vegetatie, geomorfologie en bodemsamenstelling. Verder werd geconcludeerd dat de problematiek in de Waddenzee veel overeenkomsten heeft met de problematiek in de Oosterschelde en Westerschelde (ZW Nederland). Aanbevolen werd om verder te gaan met de ontwikkeling van GIS-tools om RS-gegevens te bewerken en te presenteren en om bij het vervolg ook ZW Nederland te betrekken.

Op basis van het rapport van Van den Berg & De Leeuw is een interimprojectgroep gestart met vertegenwoordigers van Meetkundige Dienst, Rijksinstituut voor Kust en Zee en de directies Groningen en Friesland, om te bezien op welke wijze de aanbevelingen konden worden uitgevoerd. In deze interimprojectgroep is besloten om primair verder te gaan met vegetatie, enerzijds omdat op dit terrein reeds veel data beschikbaar waren en anderzijds omdat met betrekking tot de geomorfologie (inclusief hoogteligging) en bodemsamenstelling reeds andere acties werden ondernomen, dan wel op stapel stonden (zie bijvoorbeeld Kokke, 1995 en Calkoen et al, 1995).

1.2. RSGIS wordt VERSGIS

Het besluit om door te gaan op het aspect vegetatie leidde tot de toevoeging VE(vegetatie) aan RSGIS, waardoor het project VERSGIS ontstond met een nieuwe projectgroep. Leden van deze projectgroep zijn het Rijksinstituut voor Kust en Zee (projectleiding), de Meetkundige Dienst (leverancier van vegetatiekaarten en remote sensing specialisten) en de betrokken beheersdirecties Groningen, Friesland (later samen als Noord Nederland), Noord Holland en Zeeland (en dir. Zuid Holland als agendalid).

Besloten werd om het accent te leggen op twee hoofdlijnen:

- 1) de ontwikkeling van GIS-applicaties om vegetatiekaarten van kwelders en zeegras/macrowieren te kunnen bewerken en presenteren;
- 2) de toetsing van een veelbelovende nieuwe RS-techniek, False Colour video, voor vegetatiekarteringen.

Ook werd besloten om een reeds eerder uitgevoerd verkennend onderzoek naar mogelijk gebruik van satellietbeelden voor de kartering van zeesla/groenwier ophopingen verder op te pakken.

Wat betreft airborne scanners (CAESAR/CASI) werd besloten mee te liften met de resultaten uit twee andere projecten, het "Ameland Schalenproject (BCRS 3.4/OP-02)" en het "Zeelandproject (BCRS 3.4/TO-08)", waarin deze technieken uitgebreid worden getoetst.

Bovendien werd besloten om het werkgebied niet te beperken tot de Waddenzee, maar om de getijdenwateren in ZW Nederland op gelijkwaardige wijze mee te nemen.

Om een en ander vorm te geven is het projectplan VERSGIS geschreven en voorjaar 1993 ter goedkeuring ingediend bij de BCRS. Na goedkeuring is het project oktober 1994 van start gegaan als BCRS project 2.2/OP-03.

1.3. Opzet rapport

Na een korte beschrijving en nadere uitwerking van de doelstellingen van VERSGIS in Hoofdstuk 2, wordt in Hoofdstuk 3 beschreven hoe de algemene werkwijze bij luchtfotokarteringen is en hoe deze aan GIS-applicaties gekoppeld kunnen worden, aan welke eisen de karteringen dan globaal moeten voldoen en welke functies de GIS-applicaties globaal moeten hebben. Vervolgens worden in Hoofdstuk 4 de gemaakte applicaties op hoofdlijnen beschreven; in twee aparte rapporten worden de gebruikershandleidingen en de technische handleidingen van de applicaties gepresenteerd (Ruiter & de Jong, 1997a/b). In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van de toetsingen van de twee nader onderzochte RS-technieken beschreven en wordt een overzicht gegeven van de gebruiksmogelijkheden van deze technieken. Hierbij worden tevens enkele andere technieken betrokken. De gedetailleerde resultaten van dit onderdeel worden gerapporteerd in een apart rapport van Hartmann & Fraikin (1997). Tenslotte worden in Hoofdstuk 6 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2. DOELSTELLINGEN VERSGIS

Het project VERSGIS heeft de volgende doelstellingen:

- a) opstellen van GIS-applicaties waarmee vegetatiekaarten van kwelders/-schorren en zeegrassen/macrowieren op een gebruiksvriendelijke wijze kunnen worden bewerkt en gepresenteerd. Primair wordt uitgegaan van kaarten gemaakt met behulp van luchtfoto's (vectorkaarten), maar daarnaast moeten ook kaarten gemaakt met behulp van RS-technieken als satelliet- en vliegtuigscanner en video (rasterkaarten), kunnen worden bewerkt. Waar zinvol moet andere informatie kunnen worden toegevoegd en gebruikt. Er moet een standaard-format voor de te gebruiken kaartbestanden worden opgesteld.
- b) toetsen van enkele andere veelbelovende RS-technieken dan luchtfoto's op hun feitelijke bruikbaarheid voor vegetatieonderzoek en beheer.

ad a) Aangezien luchtfoto's van oudsher de belangrijkste bron zijn van RS-informatie bij vegetatiekarteringen wordt hier bij het maken van de GIS-applicaties de eerste en meeste aandacht aan gegeven. Van deze categorie is ook de meeste informatie beschikbaar, zodat kaartbestanden gereed gemaakt kunnen worden voor gebruik in de applicaties. Van de scanning technieken, uitmondend in rasterkaarten, zijn slechts enkele bestanden beschikbaar uit andere projecten, hetgeen het maken van goed uitgebouwde applicaties in deze richting bemoeilijkt. Daarom worden wel aanzetten gedaan om ook deze rasterkaarten te kunnen bewerken en presenteren, maar is dit deel van de applicatie door gebrek aan voldoende testmateriaal nog niet volledig uitgewerkt.

Waar zinvol moet andere geografische informatie, zoals bodemhoogte, geomorfologie, bodemsamenstelling en waterkwaliteit, kunnen worden toegevoegd aan de vegetatiekaarten. Bij zeegrass/macrowieren moet dit kunnen uitmonden in groeivoorwaardenkaarten, opdat bv potentiële groeiplaatsen voor zeegrass kunnen worden aangegeven.

De te ontwikkelen applicaties moeten een grote gebruiksvriendelijkheid combineren met een grote flexibiliteit (zo min mogelijk hard voorgeschreven) voor de gebruiker en moeten zowel voor de beheerder als voor de onderzoeker dienstbaar zijn.

In de rapporten van Ruiter & de Jong (1997a/b) worden de gebruikers-handleidingen en beheerdershandleidingen van de ontwikkelde applicaties uitvoerig gepresenteerd.

ad b) Luchtfoto's, mn False-Colour luchtfoto's, zijn reeds decennia lang de belangrijkste RS-techniek bij het maken van vegetatiekaarten. De laatste 15-20 jaar is onderzoek gedaan naar digitale remote sensing technieken, maar voor de meeste toepassingen op vegetatiegebied in Nederland zijn deze technieken niet voldoende gebleken. Belangrijke problemen waren de grofheid van het beeld bij satellietbeelden (te grote pixels) en de slechte geometrische inpasbaarheid bij airborne-MSS-scanners. Recent zijn er echter enkele interessante ontwikkelingen geweest waardoor deze technieken opnieuw in beeld komen (mn een betere plaatsbepaling met behulp van dGPS en betere scanners) en zijn er nieuwe technieken bij gekomen (mn FC-video). Aangezien in andere projecten¹ reeds uitvoerig werd onderzocht of en hoe vliegtuig-scanning toegepast zou kunnen worden bij vegetatieonderzoek, is besloten in VERSGIS aandacht te besteden aan twee andere technieken:

¹ Ameland Schalenproject, Janssen & Kloosterman 1996; Zeelandproject, Hobma et al 1996.

= False-Colour-video ten behoeve van de kartering van zeegrassen, groenwierophoppingen en kwelders. Hiertoe zijn in de nazomer van 1995 vluchten uitgevoerd bij Texel en in de Oosterschelde;

= satellietbeelden tbv groenwierophoppingen in de Waddenzee. Hiermee is enkele jaren geleden reeds enige ervaring opgedaan, maar het onderzoek is toen door tijdgebrek niet verder uitgewerkt, hoewel deze toepassing wel voldoende veelbelovend leek om er mee verder te gaan.

De resultaten van deze vluchten worden uitvoerig gerapporteerd in het rapport van Hartmann & Fraikin (1997) en zijn in dit rapport samengevat.

Gaande het project is veel gediscussieerd over de bruikbaarheid van diverse RS-technieken voor vegetatiekarteringen. Daarom is aan het slot van Hoofdstuk 5 een aparte paragraaf gewijd aan de diverse remote sensing technieken en hun bruikbaarheid voor toepassingen bij vegetatiekarteringen.

3. VEGETATIEKARTERINGEN EN GIS-APPLICATIES

3.1. Kwelders en schorren

3.1.1. De luchtfotokartering

De enige, op dit moment operationele Remote Sensing techniek voor het routinematig maken van vegetatiekaarten van kwelders en schorren is die met behulp van False-Colour luchtfoto's (meest gebruikte schalen 1:5.000 en 1:10.000). De werkwijze hierbij is globaal als volgt (zie voor meer details Kloosterman, 1988):

- = van het betreffende gebied worden FC-luchtfoto's gemaakt;
- = binnen worden deze luchtfoto's voorlopig geïnterpreteerd, waarbij wordt gewerkt van grootschalige landschapseenheden naar kleinschalige vegetatieeenheden; tevens worden bemonsteringsplaatsen geselecteerd ten behoeve van de veldverificatie met behulp van vegetatieopnamen;
- = met de luchtfoto's en de voorlopige interpretatie wordt het terrein bezocht, waarbij vegetatieopnamen worden gemaakt en lijnen worden gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd;
- = binnen worden een vegetatietypologie en een legenda opgesteld;
- = tenslotte wordt de definitieve vegetatiekaart gemaakt, voorzien van een matrixlegenda, waarin is aangegeven welke vegetatietypen in welke mate in de onderscheiden legendaeenheden voorkomen.

Vanwege tijdsaspecten is het bij kwelders en schorren gebruikelijk om de ene zomer de luchtfoto's te maken en de volgende zomer het veldwerk uit te voeren, waardoor de hele procesgang ca 2 jaar is (figuur 1). Dit is hier mogelijk, omdat de veranderingen over het algemeen relatief langzaam gaan.

PERIODE	ACTIVITEIT
zomer jaar 1	vliegen luchtfoto's
winter jaar 1/2	voorlopige interpretatie
zomer jaar 2	veldwerk
winter jaar 2/3	herinterpretatie, maken typologie en legenda

FIGUUR 1.
PLANNING MAKEN
VEGETATIEKAART
SCHOR/KWELDER.

Het eindresultaat is een vegetatiekaart met een matrixlegenda, met een voor dat gebied unieke serie vegetatietypen en een unieke legenda.

Door de toepassing van de matrixlegenda is van ieder deelgebied op de kaart bekend welke vegetatietypen er voorkomen en in welke mate (in procenten); zie figuur 2.

legendaeenheid	a	b	c	d
vegetatietype				
1	80	30	-	-
2	20	60	20	-
3	-	10	70	40
4	-	-	10	60

FIGUUR 2. OPBOUW MATRIXLEGENDA. IN DIT SCHEMA KOMT IN DEELGEBIEDEN MET LEGENDAEENHEID A 80% VEGETATIETIETYP 1 EN 20% VEGETATIETIETYP 2 VOOR.

3.1.2. Koppeling vegetatiekaarten kwelders en schorren met GIS

Zoals hiervoor aangegeven bestaat een vegetatiekaart uit een serie deelgebieden, geclusterd in legendaeenheden, met per legendaeenheid informatie over de erin voorkomende vegetatietypen. Deze vorm van informatie is vergelijkbaar met wat in een GIS-vectorkaart wordt gebruikt: een polygonen-coverage (de vegetatiekaart) met polygonen (de deelgebieden), met per polygoon een ID-nummer (de legendaeenheid) en een infotabel (de matrix-legenda) met de feitelijke inhoud (de vegetatietypen). De vegetatiekaart met matrixlegenda kan dus rechtstreeks worden vertaald in een polygonen-coverage met infotabel, waarbij de vegetatietypen de basisinformatie van de coverage vormen. Op deze wijze kan een vegetatiekaart op verschillende wijzen worden afgebeeld met behulp van GIS: verspreiding van afzonderlijke vegetatietypen of legendaeenheden, alleen of meerdere tegelijk in een kaart, of de vegetatietypen of legendaeenheden geclusterd in grotere eenheden, de vegetatiezones en legendazones (zie figuur 3).

legenda-zone		A		B	
legendaeenheid		a	b	c	d
vegetatietype					
vegetatie-zone I	1	80	30	-	-
	2	20	60	20	-
	3	-	10	70	40
	4	-	-	10	60

FIGUUR 3.

CLUSTERING VEGETATIETYPEN EN LEGENDAEENHEDEN IN ZONES.

IN DIT SCHEMA BESTAAT VEGETATIEZONE I UIT DE VEGETATIETYPEN 1 EN 2, EN LEGENDAZONE B UIT DE LEGENDAEENHEDEN C EN D.

Bij het tekenen van de lijnen op de foto's wordt een hiërarchisch systeem toegepast. Als gevolg hiervan is er in principe een afnemende "hardheid" van de lijnen: op een hoger niveau (bv duin-kwelder) zijn de grenzen meestal harder en duidelijker dan op het laagste niveau (bv de grens tussen 2 beweide vegetatietypen). Hiervan kan gebruik gemaakt worden bij het maken van clusters. Ook bij het opstellen van de vegetatietypologie geldt dit; op een hoog niveau zijn de grenzen tussen de typen veelal vrij hard, maar lager in de verdeling worden de grenzen veelal minder hard.

Vegetatietypen zijn gedefinieerd als een combinatie van een aantal plantensoorten die in een bepaalde verhouding samen voorkomen. Dit maakt het mogelijk om vanuit vegetatietypen "terug te gaan" naar de afzonderlijke plantensoorten die de vegetatietypen kenmerken; zie figuur 4 linkerhelft.

plantensoort				vegetatietype	legendaeenheid			
@	\$	&	£		a	b	c	d
80	10	5	-	1	80	30	-	-
10	40	40	20	2	20	60	20	-
-	10	40	20	3	-	10	70	40
-	-	20	90	4	-	-	10	60

FIGUUR 4.

AANDEEL AANWEZIGHEID PLANTENSOORTEN IN DE VEGETATIETYPEN.

IN DIT SCHEMA KOMT IN VEGETATIETYPE 1 SOORT @ MET 80% VOOR, SOORT \$ MET 10% EN SOORT & MET 5%.

Door de koppeling van de vegetatietypen met de legenda-eenheden is het mogelijk om de verspreiding van een soort weer te geven.

In bovenstaand schema komt soort @ voor in de typen 1 en 2 en via deze in legenda-eenheden a, b en c. De verspreiding op de kaart wordt berekend door het aandeel van soort @ in iedere legenda-eenheid als volgt te berekenen: voor polygonen met legenda-eenheid a:

$$(\text{aandeel in type 1} * \text{aandeel in a}) + (\text{aandeel in type 2} * \text{aandeel in a}) = \\ (80\% * 80\%)/100 + (10\% * 20\%)/100 = 64 + 2 = 66\%.$$

Wanneer van een gebied vegetatiekaarten van verschillende jaren beschikbaar zijn kunnen deze kaarten met behulp van GIS worden vergeleken indien de te vergelijken eenheden dezelfde inhoud hebben. Dat wil zeggen dat in beide jaren de legenda-eenheden en/of de vegetatietypen en/of eventuele clusterings gelijk moeten zijn of gelijkgemaakt moeten kunnen worden. Zijn er gelijke eenheden op een of meer niveaus dan is het mogelijk de vegetatiekaarten voor het betreffende niveau rechtstreeks "van elkaar af te trekken". Indien er echter geen gelijke eenheden zijn dan moet worden volstaan met het "naast elkaar" presenteren van de verschillende jaren, waarna ze visueel vergeleken kunnen worden.

3.2. Zeegrassen en macrowieren

Ook bij de kartering van zeegrassen en macrowieren zijn FC-luchtfoto's (meestal schaal 1:10.000) de enige operationele techniek. De werkwijze is enigszins afwijkend van die van kwelders. Hier is slechts sprake van 3 soortengroepen: zeegrassen (*Zostera spec*), groenwieren (mn *Ulva spec* en *Enteromorpha spec*) en blaaswieren (*Fucus spec*). Het is niet mogelijk gebleken om binnen de soortengroepen de soorten afzonderlijk te detecteren. Van iedere soortengroep afzonderlijk wordt de bedekking (in 6 klassen) aangegeven, alsmede de totale bedekking van de soortengroepen samen. Daardoor kan hier op eenvoudige wijze met een standaard legenda-opbouw worden gewerkt: een 4-cijferige code, waarin de positie van ieder cijfer staat voor een soortengroep en de grootte van ieder cijfer staat voor de bedekkingsklasse van die groep (zie figuur 5).

STANDAARDLEGENDA KARTERING ZEEGRAS/MACROWIEREN			
positie cijfer: soortengroep	waarde cijfer: bedekkingsklasse		
1e: bedekking totaal	1: 0,1 - 5%	4: 41 - 60%	
2e: bedekking zeegrassen	2: 6 - 20%	5: 61 - 80%	
3e: bedekking groenwieren	3: 21 - 40%	6: 81 - 100%	
4e: bedekking blaaswier			

FIGUUR 5.
STANDAARDLEGENDA KARTERING ZEEGRASSEN EN MACROWIEREN.

Omdat de situatie per jaar kan verschillen, mn bij de groenwieren en zeegrassen (mn Groot zeegras), wordt bij deze karteringen het veldwerk gedaan in dezelfde zomer als de luchtfotovlucht, resulterend in een karteercyclus van één jaar.

Het eindproduct is een polygonenkaart met een tabel, waarin per deelgebied informatie is opgenomen over de er voorkomende soortengroepen volgens een standaardlegenda, die eenvoudig in GIS kan worden opgenomen. Tevens kunnen door de standaardlegenda op eenvoudige wijze kaarten worden gemaakt van de afzonderlijke soortengroepen, zowel verspreidings- als verschilkaarten.

4. OPBOUW EN WERKING GIS-APPLICATIES

4.1. Programma van Wensen

Er zijn dus vele mogelijkheden om vegetatiekaarten, hetzij met een matrix-legenda hetzij met een standaardlegenda, te presenteren en te bewerken met behulp van GIS. Deze mogelijkheden zijn in een soort Programma van Wensen opgenomen, waaraan de te maken applicaties zouden moeten voldoen. Zo'n Programma van Wensen is niet iets wat op een bepaald moment wordt vastgesteld, maar is iets wat geleidelijk groeit en evolueert. Tijdens de applicatiebouw ontstaan er nieuwe ideeën en wensen, waarvan telkens moet worden bekeken of ze kunnen worden toegevoegd aan de applicaties. Daarbij kwamen duidelijke verschillen in wensen naar voren tussen de diverse toekomstige gebruikers; een beheerder is vaak meer gericht op presentaties, liefst met zo veel mogelijk standaardinstellingen omdat hem/haar veelal de tijd (en soms ook de kennis) ontbreekt om zich uitvoerig te verdiepen in alle mitsen en maren van keuzes voor clusteringen in zones etc, terwijl de onderzoeker daarnaast ook geïnteresseerd is in analyse-tools in de applicaties en juist applicaties wil met zo veel mogelijk vrijheden bij de instellingen.

De vele wensen vanuit de gebruikers kunnen worden samengevat in het volgende Programma van Wensen:

- ALGEMEEN = de applicatie moet zeer gebruiksvriendelijk zijn, zodat ook onregelmatige/incidentele gebruikers snel met de applicatie kunnen werken zonder moeilijke, tijdrovende cursussen.
- ANALYSE = maken van verschilkaarten voor soorten, vegetatietypen, vegetatiezones en hele kwelder; de laatste drie alleen bij schorkaarten.
 - = standaardinstellingen voor opsplitsen van vegetatietypen in soorten en clustering van vegetatietypen in belangrijke zones.
 - = maken van eigen combinaties en instellingen voor clusteringen en opsplitsingen moet mogelijk zijn.
- PRESENTATIE = 1 kaart en meerdere kaarten op één blad.
 - = papierformaat A₄ en A₃; indien aanwezig ook oplopend tot A₀.
 - = weergave van afzonderlijke vegetatietypen, alleen en meerdere tegelijk in één kaart.
 - = weergave van vegetatiezones (bv hoog, midden, laag), alleen en meerdere tegelijk in één kaart.
 - = weergave van afzonderlijke soorten.
 - = weergave van legendaeenheden.
 - = numerieke informatie op de kaart.
 - = vaste klasseindelingen voor af te beelden bedekkingsklassen, maar ze moeten ook zelf (binnen grenzen) gekozen kunnen worden.
- ONDERHOUD/BEHEER = de applicaties moeten goed beschreven zijn, zodat ze kunnen worden "onderhouden".
 - = er moeten goede procedures zijn voor het invoeren van nieuwe bestanden, incl duidelijk omschreven formats van de bestanden.
 - = er moeten duidelijk aangewezen beheerders voor de applicaties en databases zijn.

4.2. De applicaties

4.2.1. Inleiding

Met als uitgangspunt het Programma van Eisen zijn twee applicaties gemaakt, één voor de presentatie van vegetatiekaarten van kwelders en schorren, ZULTE, en één voor de presentatie van kaarten van zeegras en macrowieren, ZEEGRAS. Beide applicaties zullen hier nader op hoofdlijnen worden omschreven; in twee aparte rapporten zijn gebruikershandleidingen en technische handleidingen van de applicaties opgenomen (Ruiter & de Jong 1997a/b), waarnaar wordt verwezen voor verdere informatie.

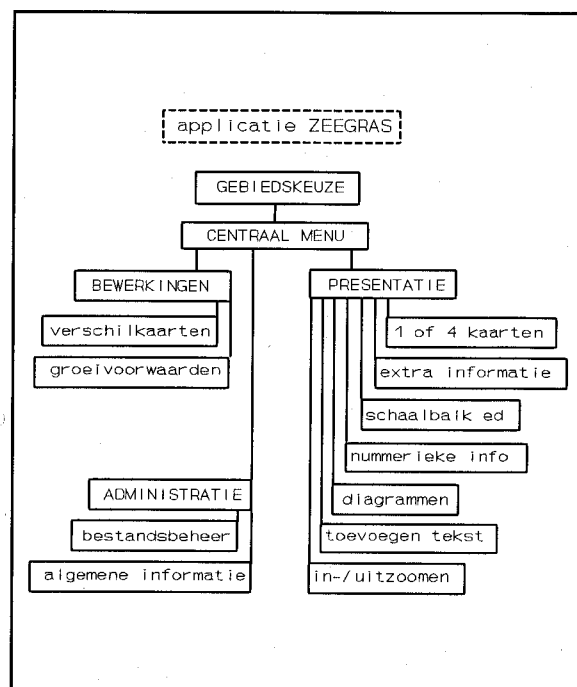
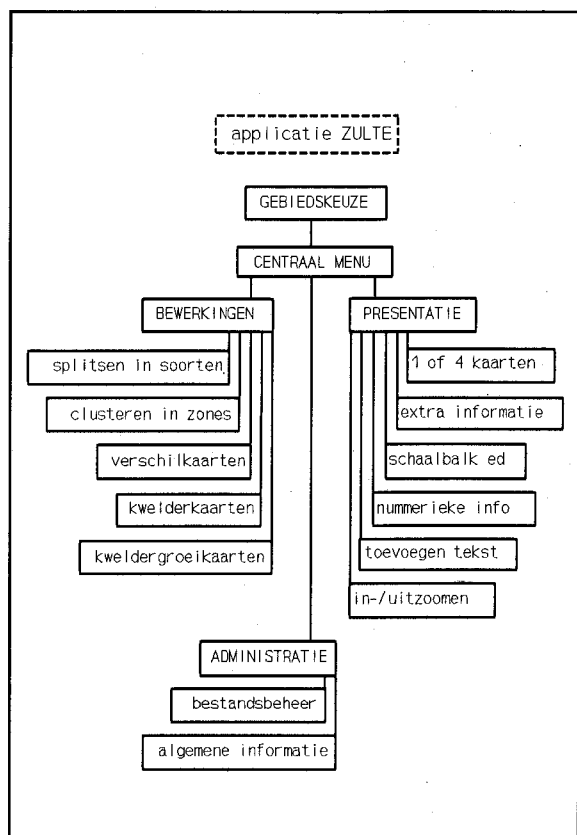
De basisopbouw van de applicaties is gelijk, maar door de verschillende aard van de basisgegevens (zie H3) zijn er mn ten aanzien van de bewerkingsmogelijkheden belangrijke verschillen. Globaal bestaan de applicaties uit een aantal basismodules voor resp. gebiedskeuze, bewerkingen, presentatie en "administratie", met elkaar verbonden via een centraal menu (figuur 6 en 7). De modules voor de gebiedskeuze, de presentatie en de "administratie" zijn voor beide applicaties grotendeels gelijk aan elkaar, maar de module voor de bewerkingen verschilt op diverse punten sterk.

Hier zal met name worden ingegaan op de algemene structuur van de applicaties (4.2.2) en op de inhoudelijke modulen, gebiedskeuze (4.2.3), bewerkingen (4.2.4 en 4.2.5) en presentatie (4.2.6). Daarbij wordt met name ingegaan op de opbouw en de keuzes die gemaakt zijn.

4.2.2. Algemene structuur

De algemene structuur van de applicaties is weergegeven in figuur 6 (ZULTE) en 7 (ZEEGRAS). In deze figuren is niet opgenomen de database, een essentieel deel van de applicatie waarin alle bestanden zijn opgeslagen. Deze database is gestructureerd naar gebieden. Daarom begint de applicatie met een gebiedsmodule, waarin het werkgebied gekozen wordt waar men wil werken. Daartoe zijn de Nederlandse kustwateren opgedeeld in een aantal hoofdgebieden, die weer zijn onderverdeeld in kleinere deelgebieden; zie verder 4.2.3.

Na de keuze voor een bepaald hoofd- of deelgebied komt men in het hoofdmenu, waarin gekozen kan worden voor de hoofdmodulen bewerkingen en presentatie. Daarnaast is er een administratieve module, voor bv bestandsbeheer. De module presentatie geeft de mogelijkheid om kaarten te presenteren, op het scherm, met behulp van beschikbare bestanden. Bij ZEEGRAS zijn dit de directe vegetatiekarteringen en bij ZULTE zijn dit de typenkaarten (immers vegetatietypen vormen de basisinformatie van de kaarten). De te maken kaarten kunnen worden voorzien van allerlei extra informatie; zie verder 4.2.6. Indien gewenst kunnen de gemaakte kaarten worden afgedrukt en al dan niet worden opgeslagen als een printfile. Indien men kaarten wenst te maken met andere dan de basisinformatie dan moet eerst de module bewerkingen worden gekozen. Hierin kunnen vegetatietypen en legendaeenheden worden geclusterd in zones, kunnen verschilkaarten worden gemaakt en dergelijke. De bewerkingen resulteren in bewerkingsbestanden die vervolgens via de module presentatie kunnen worden gepresenteerd.



FIGUUR 7. GLOBALE OPBOUW applicatie ZEEGRAS.

FIGUUR 6. GLOBALE OPBOUW applicatie ZULTE.

4.2.3. Module gebiedskeuze

De module gebiedskeuze is de eerste module van de applicaties. In deze module wordt het gebied gekozen waarin gewerkt zal worden. Daartoe zijn de kustgetijden wateren hiërarchisch ingedeeld in:

"GROTE GEBIEDEN"	"MIDDELGROTE GEBIEDEN"	"DEELGEBIEDEN"
bv Oosterschelde	Oosterschelde midden	Zandkreek
		Galgeplaat
		etc
	Oosterschelde west	Roggenplaat
		etc
Waddenzee-west	Rottum	Balgzand
		Slufter
		etc
Waddenzee-midden	Ameland	De Hon
		etc

In ZULTE kan nog uitsluitend worden geopereerd op het laagste niveau, de deelgebieden. In ZEEGRAS kan op alle drie de niveaus worden gewerkt. Hoewel de werking van de module in beide applicaties gelijk is, is de gebiedsindeling, mn op het laagste niveau, aangepast aan de aard van de karteringen. De indeling van de Waddenzee voor ZEEGRAS is toegespitst op die gebieden waar de laatste decennia zeegras is gekarteerd. De volledige gebiedsindeling is opgenomen in Ruiter & de Jong (1997a/b).

De gebiedsselectie kan zowel menu gestuurd als grafisch gestuurd plaatsvinden; in het laatste geval wordt het te selecteren gebied gekozen via aanklikken en inzoomen op een kaart.

Na de keuze voor een bepaald gebied wordt de directory die op dat gebied betrekking heeft geselecteerd voor verder gebruik. Indien men in de loop van het werk naar een ander gebied wil, dan moet eerst teruggegaan worden naar de module gebiedskeuze.

4.2.4. Module bewerkingen

Deze module verschilt voor beide applicaties op vele punten van elkaar, zodat hij voor beide applicaties afzonderlijk behandeld zal worden.

4.2.4.1. Module bewerkingen bij ZULTE

= Soortverspreidingskaarten

Enerzijds kunnen de vegetatietypen worden gesplitst in de voornaamste soorten die er in voorkomen (zie figuur 4: vanuit de centrale kolom vegetatietype naar links gaand). Op de wijze zoals bij de figuur is beschreven is het dan mogelijk om per polygoon (legenda-eenheid) aan te geven in welke mate een bepaalde soort voorkomt. Daartoe zijn standaard-tabellen ontwikkeld, waarin voor alle standaard vegetatietypen is aangegeven welke soorten in welke mate (%) daarin voorkomen. Indien gewenst kan men eigen tabellen maken met zelfbepaalde soortindelingen.

Uit praktische overwegingen is splitsing in soorten alleen zinvol voor de aspectbepalende soorten. Immers, soorten die in geringe mate in een type voorkomen, zullen niet altijd aanwezig zijn in een bepaald polygoon.

Wanneer hier verspreidingskaarten van worden gemaakt, kan een beeld ontstaan waarin een dergelijke soort in grote delen lijkt voor te komen, terwijl hij in werkelijkheid maar in enkele polygonen voorkomt.

= Zonekaarten

Anderzijds kunnen de vegetatietypen worden samengenomen in zones. Op deze wijze kunnen allerlei clusterings worden gemaakt, bv een cluster van vegetatietypen die karakteristiek zijn voor de lage kwelder, of de pionier-zone, of voor verruiging of beweiding, etc. Ook is het mogelijk om bv typen waarin een bepaalde soort een grote rol speelt samen te nemen in soortclusters. In de applicatie zijn standaardtabellen opgenomen voor de meest belangrijke clusterings. Indien gewenst kan men eigen tabellen maken met zelfbepaalde clusterings. (zie kaart A)

= Kwelderkaarten

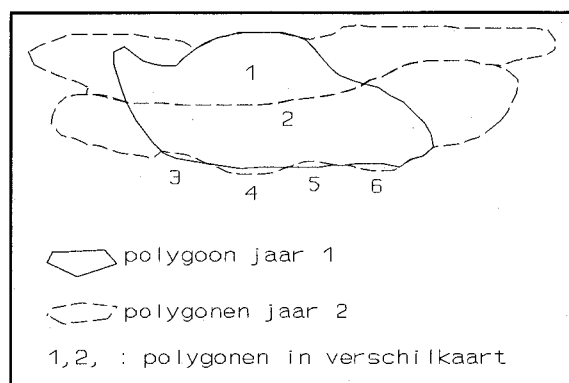
Een volgende stap bij zonekaarten is het maken van kwelderkaarten. Daarbij wordt de kwelder als geheel bekeken, waardoor het mogelijk is om een indruk te krijgen van veranderingen op het niveau van de hele kwelder, bv in oppervlak, in voorkomen van klassen met verschillende bedekkingen.

= Verschilkaarten

Indien van een gebied vegetatiekaarten van meerdere jaren beschikbaar zijn is het mogelijk om verschilkaarten te maken. Daarbij wordt een jongere kaart "afgetrokken" van een oudere kaart. Dit kan zowel voor soortverspreidingskaarten, zonekaarten als kwelderkaarten. Op deze wijze kan een beeld verkregen worden van de veranderingen in de periode tussen de twee kaarten. Door dit voor meerdere kaarten (jaargangen) achter elkaar te doen kan een goed beeld worden verkregen van de ontwikkelingen van bepaalde zones/soorten. (zie kaart A)

Een punt van aandacht hierbij is dat bij "aftrekken" van twee kaarten de lijnenpatronen over elkaar worden gelegd, waarna nieuwe polygonen worden

gevormd; omdat een bepaald polygoon in jaar 1 in jaar 2 vaak is verdeeld over 2 of meer polygonen, zijn dit er altijd meer dan in een van de twee jaren afzonderlijk. Per combinatie wordt dan een nieuw polygoon onderscheiden; zie figuur 8, polygoon 1 en 2.



FIGUUR 8. VOORBEELD VAN HET MAKEN VAN EEN VERSCHILKAART. DE NIEUWE POLYGONEN 1 EN 2 MARKEREN VERANDERINGEN IN DE VEGETATIE, POLYGONEN 3 T/M 6 ZIJN HET GEVOLG VAN EEN "KARTEERFOUT".

Dit fenomeen stelt eisen aan de karteernauwkeurigheid. Immers als een grens tussen twee typen in twee jaren in het veld niet is verschoven, maar door een verschillende nauwkeurigheid bij de fotointerpretatie toch enigszins verschillend op de kaart wordt aangegeven, bv rechter resp kronkeliger of iets verschoven tov elkaar, zal dit door de applicatie worden gezien als verschillende gebieden, en zijn er dus ogenschijnlijk veranderingen opgetreden, die echter geen echte veranderingen zijn, maar "karteerfouten" (zie figuur 8 polygoon 3, 4, 5 en 6).

Bij de interpretatie van verschilkaarten (maar ook bv van kwelder(groei)-kaarten) moet met dit fenomeen van karteeronnauwkeurigheden rekening gehouden worden.

= Kweldergroeikaarten

Een apart type verschilkaart is de kweldergroeikaart. Daarbij worden twee kaarten van elkaar afgetrokken op het niveau van de vier hoofdzones: pionierzone, lage kwelder, middelhoge kwelder en hoge kwelder. Bij deze "aftrekking" wordt echter rekening gehouden met een bepaalde ontwikkelingslijn, de "natuurlijke groei" van een kwelder. In een natuurlijke situatie hoogt een kwelder door opslibbing geleidelijk op, waardoor de vegetatie geleidelijk verschuift van pionierzone via lage en middelhoge kwelder naar hoge kwelder; ook kan er sprake zijn van uitbreiding via de pionierzone. Door de verschillen volgens een bepaalde berekening te bewerken kan de ontwikkeling van de kwelder worden getoond als positieve of negatieve groei, resp. aangevend of de beschouwde kwelder netto omhoog is gekomen dan wel is verlaagd. Hiertoe wordt per nieuw polygoon een berekening uitgevoerd volgens de volgende formule:

$$K_p = (1 * \%pionier) + (1,33 * \%laag) + (1,67 * \%midden) + (2 * \%hoog)$$

waarin:

K_p : vervangingswaarde voor een bepaald polygoon; deze ligt tussen -100 en +100;

$\%pionier$, $\%laag$, $\%midden$, $\%hoog$: relatief verschil (%) voor een bepaalde zone tussen jaar 1 en jaar 2;

1, 1,33, 1,67, 2: vermenigvuldigingsfactoren (empirisch zodanig gekozen dat K_p tussen -100 en +100 valt).

Bv: in een polygoon is het aandeel pionierzone afgenomen van 40% naar 20% en het aandeel lage kwelder toegenomen van 60% naar 80%; K_p wordt dan als volgt met de formule berekend:

$$K_p = \begin{matrix} (1 * 0\%) & + & (1,33 * -20\%) & + & (1,67 * +20\%) & + & (2 * 0\%) & = \\ 0 & + & (-26,6) & + & (33,4) & + & 0 & = 10,8 \end{matrix}$$

Netto vertoont dit polygoon dus een geringe positieve groei.

Op deze wijze kan een globaal beeld worden verkregen over de veranderingen op een kwelder als geheel: progressie (relatieve ophoging) of regressie (relatieve verlaging).

De vermenigvuldigingsfactoren zijn empirisch bepaald en als standaardwaarde opgenomen in de applicatie. Indien gewenst kan de gebruiker zelf eigen factoren invoeren.

4.2.4.2. Module bewerkingen bij ZEEGRAS

Bij ZEEGRAS zijn er twee basisbewerkingen: het maken van verschilkaarten en het maken van groeivoorwaarden kaarten. Splitsen in soorten en samennemen in zones is hier niet aan de orde.

= verschilkaarten

Vergelijkbaar met de schorkaarten kunnen verschilkaarten worden gemaakt door twee jaren van elkaar "af te trekken". Op deze wijze kan een ruimtelijk beeld worden verkregen van de veranderingen tussen twee karteringen.

= groeivoorwaarden kaarten

Speciaal voor ZEEGRAS is de mogelijkheid ontwikkeld om groeivoorwaarden kaarten te maken; dat zijn kaarten waarop door combinatie van diverse abiotische kaarten wordt weergegeven waar potentieel zeegras zou kunnen groeien. Daartoe worden abiotische kaarten, bv bodemsamenstelling, zoutgehalte water, geomorfologie, hoogte, ingedeeld naar mogelijkheden voor zeegras om te kunnen groeien; bv voor hoogte zou in een watersysteem zeegras goed moeten kunnen groeien tussen NAP +0,5m en NAP -0,5m terwijl tussen NAP -0,5m en NAP -1,0m en tussen NAP +0,5m en NAP +0,75m de groei-mogelijkheden geleidelijk afnemen tot 0. Dit kan in een kaartbeeld worden omgezet. Hetzelfde kan worden gedaan voor andere factoren. Door "sommatie" van deze kaarten kan vervolgens een beeld worden verkregen van de groeimogelijkheden op basis van alle gebruikte parameters samen (zie kaart D).

De gebruiksmogelijkheden zijn meervoudig:

- 1) door "te spelen" met de grenzen per parameter kan worden getoetst of de ideeën die men heeft over de groeibeperkende factoren in een bepaald gebied kloppen. Deze toetsing kan uiteraard het best worden gedaan in een watersysteem waar relatief veel bekend is over het voorkomen van zeegras in verleden en heden.
- 2) als een bevredigende set parameters + randvoorwaarden is gevonden kan worden gekeken waar de soort potentieel zou kunnen groeien in andere watersystemen. Tevens kan worden bekeken welke factoren potentieel het meest remmend werken op het eventuele voorkomen.
- 3) indien historische gegevens beschikbaar zijn kan een "hindcast" worden gemaakt als toetsing naar het verleden, en als voor parameters kaart-materiaal kan worden gemaakt voor een te verwachten nieuwe situatie (bv als

gevolg van baggerwerkzaamheden of de aanleg van constructies) kan een voor-spelling worden gemaakt voor de mogelijke consequenties voor zeegras. Uiteraard kan dit onderdeel in principe ook worden gebruikt voor andere organismen dan zeegras.

Voor de parameters zijn standaard klasseindelingen opgenomen in de applicatie. Indien gewenst kan de gebruiker de parameterindelingen aanpassen; dit kan bv nuttig zijn als in een parameterkaart al bepaalde klassen zijn opgelegd of als men de gevoeligheid van een bepaalde grens danwel nieuwe inzichten over relaties tussen voorkomen van zeegras en een parameter wil toetsen.

4.2.5. Module diagrammen

Bij de applicatie ZEEGRAS is een aparte module diagrammen, te gebruiken op het niveau van grote en middelgrote gebieden. Op deze niveaus kan men de aanwezigheid van zeegras of wieren weergeven in pie-diagrammen (relatief) of staafjes-diagrammen (absoluut), zowel tav biomassa als oppervlak. Op deze wijze kan voor een gebied een overzicht worden verkregen van de ontwikkelingen in één of meerdere (te kiezen) jaren (zie kaart C). De presentatie van deze informatie maakt grotendeels gebruik van de mogelijkheden onder presentatie. In dat opzicht kan deze module ook gezien worden als een specifiek onderdeel van de presentatiemodule (in figuur 7 is hij daar ook bij ondergebracht).

4.2.6. Module presentatie

De module presentatie is voor beide applicaties grotendeels gelijk. Er kan gekozen worden voor 1 kaart of 4 kaarten op een pagina en voor afdruk-formaat A₄, A₃ of A₀ (indien een A₀-plotter aanwezig is).

= Typen kaarten

Alle kaarten, die met "bewerkingen" kunnen worden gemaakt, kunnen in deze module worden afgebeeld: bij ZULTE zijn dat verspreidingskaarten per soort, per type, per zone (ook meerdere zones tegelijk) en de kwelderkaart, alsmede verschilkaarten van soorten, typen en zones en de kweldergroei-kaart. Bij ZEEGRAS zijn dat de numerieke kaarten (met de diagrammen, zie kaart C), verspreidingskaarten (zie kaart B) en verschilkaarten per groep (zeegras, groenwier, blaaswier) en groeivoorwaardenkaarten.

= Gebiedsgrootte

Het is mogelijk om in te zoomen op het afgebeelde gebied van de kaart. Bij 4 kaarten op één blad is daarbij de mogelijkheid om bij het inzoomen een of enkele gebieden volgend te maken aan één kaart, zodat de uitsnede gelijk is. Ook kan gekozen worden voor een zelf te bepalen schaal. Bij inzoomen bij vier kaarten op een blad is er ook de mogelijkheid om het in te zoomen gebied af te beelden in een ander kaartje met een groter gebied (uitsnede) (kaart A).

= Extra informatie

Standaard wordt een Noord-pijl afgebeeld (de kaarten zijn altijd Noord-georiënteerd). Er is de keuze voor wel of niet een schaalbalk en/of een numerieke schaal. Bij ZEEGRAS kan er extra informatie worden toegevoegd in de vorm van abiotische kaarten, zoals hoogte, bodemsamenstelling en geomorfologie. Bij ZULTE is dat niet het geval, mn omdat deze info zelden aanwezig is in de vereiste mate van gedetailleerdheid.

Verder kan numerieke informatie worden toegevoegd aan de legenda over het oppervlak dat soorten, typen of zones innemen of over de veranderingen (per bedekkingsklasse).

= Teksten

Er kunnen korte teksten worden toegevoegd op diverse plaatsen op het blad. De legendaopbouw is standaard; wel is er de mogelijkheid om te kiezen welke bedekkingsklassen worden afgebeeld; er kunnen zowel klassen worden samen genomen (door ze met dezelfde kleur af te beelden) als worden weggelaten.

= Printen

Uiteraard kunnen alle kaarten worden afgedrukt op een plotter. Daartoe wordt een plotfile aangemaakt, die naar keuze wordt bewaard of direct na afdrukken wordt weggegooid.

4.3. Database

De database is een essentieel onderdeel van de applicatie. Om deze goed te kunnen benaderen moet alle informatie op een standaard wijze worden opgeslagen. In het kader van VERSGIS is een aantal bestanden reeds opgenomen in de database. In de naaste toekomst zullen, in overleg met de gebruikers, geleidelijk aan alle relevante kaarten worden toegevoegd, zodat een complete database ontstaat. Deze moet vervolgens worden bijgehouden met nieuwe kaarten.

4.4. Eisen aan de karteringen vanuit GIS

Uit het voorgaande is reeds gebleken dat, wil men vegetatiekaarten (en ook andere kaarten) met behulp van GIS kunnen bewerken en presenteren, deze kaarten aan een aantal basiseisen moeten voldoen. Belangrijke eisen zijn:

= de lijnen op de kaarten moeten zo betrouwbaar mogelijk zijn.

Dit is bij vegetatiekaarten een moeilijke eis omdat er bij de interpretatie een zekere mate van subjectiviteit te pas komt die niet te vermijden is. Deze subjectiviteit speelt zowel bij de vraag óf een lijn moet worden getrokken (is er wel of niet een grens herkenbaar op de foto) als bij de vraag hoe de lijn precies moet worden getrokken (recht/kronkelig, iets meer naar links/iets meer naar rechts). Dit probleem is alleen op te lossen door bij nieuwe karteringen terug te kijken naar vorige karteringen: hoe zijn de lijnen toen getrokken. Verder zal er een soort protocol gemaakt moeten worden waarin voor een bepaalde kartering is aangegeven welke richtlijnen zijn gevolgd.

= de inhoud van de polygonen moet zo homogeen mogelijk zijn.

a) Idealiter bevat iedere legenda-eenheid één vegetatietype. In de praktijk zijn er echter vaak 2 of meer typen aanwezig in een bepaalde legenda-eenheid, omdat door de karteerschaal gebieden met een meer homogene inhoud moeten worden samengevoegd. Als het aantal typen in een legenda-eenheid oploopt tot boven de 4 à 5 leidt dit tot een sterke versnippering van de informatie, hetgeen met name bij de opsplitsing naar soorten bij ZULTE tot problemen kan leiden; in een dergelijk geval komen veel soorten nog maar met hele kleine percentages in een polygoon voor (bv in een polygoon komt een vegetatietype met 20% voor en in dat type komt een soort voor met 25%; in dat polygoon komt die soort dan nog met 5% voor). In een dergelijk geval is het beter om de verspreiding van soorten weer te geven met behulp van

zonekaarten, waarbij de zones rond soorten worden gekozen (zgn. "soort-zones", bv een Roodzwenkgras-zone of een Gewone zoutmelde-zone).

b) Wanneer men kaarten van verschillende jaren (of verschillende gebieden) met elkaar wil vergelijken, is een identieke legenda gewenst. In de praktijk is dat zelden mogelijk. Het alternatief is dat de onderdelen van de legenda, de vegetatietypen, identiek zijn. Door de gekozen werkwijze in ZULTE, vegetatietypen als de basisinformatie per polygoon, kunnen kaarten dan toch goed met elkaar worden vergeleken, zij het niet op het niveau van de legendaeenheden, maar op het niveau van de onderliggende bouwstenen. Dit betekent dat er een standaard vegetatietypologie moet worden gehanteerd. Bij de zeegras/wierkarteringen is deze vanaf het begin gehanteerd, hetgeen mogelijk was door de overzichtelijkheid van de problematiek (3 soort-groepen).

Bij de kwelders ligt dit gecompliceerder, doordat er veel meer soorten (>100) bij betrokken zijn en doordat de gebieden vrij sterk van elkaar verschillen, ondanks dat het allemaal kwelders en schorren zijn. Toch is het gelukt om een bevredigende standaard vegetatietypologie op te stellen voor alle kwelders en schorren in Nederland. Deze is gebaseerd op een vegetatieindeling voor de kwelderwerken in de Waddenzee van Dijkema (Dijkema & Bossinade, 1990) die is aangepast voor de andere Waddenzee-kwelders en de schorren in de Delta (de Jong et al, 1997 in prep). Omdat oudere kaarten niet volgens deze standaard typologie zijn gemaakt is er tevens een procedure ontwikkeld om deze oudere typologieën om te zetten naar de standaardtypologie. Daarbij wordt uitgegaan van de synoptische (= gemiddelde) opnames van de oudere typen; deze synoptische opnamen worden mbv een computerprogramma ingedeeld in de nieuwe standaardtypologie.

Aan de andere kant kan door het gebruik van GIS een eis vervallen, die gesteld moest worden bij de klassieke presentatiewijze van vegetatiekaarten op papier, nl dat het uit oogpunt van overzichtelijkheid slechts mogelijk was om een beperkt aantal legendaeenheden te onderscheiden. Deze eis had onder andere als gevolg dat veel nuancering, zoals die in het veld aanwezig is, verloren ging. Bijvoorbeeld een polygoon met vegetatietype A=80% + vegetatietype B=20% en een polygoon met vegetatietype A=70% + vegetatietype B=30% werden in de praktijk samengevoegd. Door de presentatie via GIS is het echter mogelijk deze nuancering in stand te houden.

4.5. Implementatie, onderhoud en beheer

= implementatie

De applicaties zijn geïnstalleerd bij alle betrokken Rijkswaterstaat directies. Daarbij is tevens per directie de reeds aanwezige database geplaatst voor zover van belang voor de betreffende directie. De aanvullingen op de database worden in samenspraak met de beheersdirecties gemaakt en toegevoegd aan de database.

= onderhoud en beheer

Het basisbeheer van de applicatie ligt bij RIKZ, zijnde de maker van de applicatie. Aanvullingen en algemene veranderingen kunnen alleen bij RIKZ of in overleg met RIKZ worden gemaakt, teneinde de applicaties overzichtelijk te houden. Ook wijzigingen aan de standaardinstellingen, zoals de standaard-clusterindelingstabellen of de standaard-soortsplittingsstabellen kunnen alleen door of na overleg met RIKZ worden gemaakt.

Bij de betrokken directies wordt de applicatie beheert door de lokale GIS-coördinatoren. Deze verzorgen de aanpassingen aan nieuwe apparatuur ter

plaatse ed.

De database wordt beheerd door de betrokken directies. Daarnaast wordt door de Meetkundige Dienst, als kaartproducent, een centraal archief van de database bijgehouden, waarop kan worden teruggevallen.

5. REMOTE SENSING EN VEGETATIEKARTERINGEN

5.1. Inleiding

In het kader van het project VERSGIS zijn twee Remote Sensing technieken nader bekeken, False-Colour² video en satellietbeelden. Over deze onderzoeken wordt uitvoerig gerapporteerd door Hartmann & Fraikin (1997). Onderstaand wordt op basis van dit rapport een korte beschrijving gegeven van doel en uitvoering van het onderzoek en de voornaamste conclusies. Airborne-scanning (CAESAR/CASI) wordt uitvoerig onderzocht in andere projecten (Janssen & Kloosterman, 1996; Hobma et al, 1996). De voor VERSGIS voornaamste conclusies uit deze onderzoeken zullen hier eveneens kort worden vermeld.

5.2. VERSGIS-projecten; FC-video en satellieten

5.2.1. FC-video en schorvegetaties (De Slufter en De Schorren, Texel)

In het kader van VERSGIS is een vlucht uitgevoerd met FC-video van de Schorren op Texel; deze vlucht was aanvullend op een vlucht in een ander kader van de Slufter op Texel. De aanvulling is gedaan omdat de vegetatie van de Slufter een heel ander karakter heeft qua patronen en afmetingen dan die op De Schorren. Doel is te onderzoeken of het mogelijk is om schorvegetaties op een betrouwbare en effectieve manier te kunnen karteren met behulp van FC-video.

Er is op zodanige wijze gevlogen dat de beelden een pixelgrootte hebben van ca 1x1m². Om nog onduidelijke redenen zijn de beelden van de Slufter niet van een goede kwaliteit, maar zijn die van de Schorren wel goed.

De voornaamste conclusies met betrekking tot de kartering (mn op basis van de Schorren, zie figuur E) zijn:

- = de hoofdeenheden van de kwelder (pionierzone, lage kwelder en de middelhoge kwelder) kunnen in de FC-videobeelden goed van elkaar worden onderscheiden; de klassen uit de classificatie van de videobeelden komen sterk overeen met de klassen uit de vegetatiekaart.
- = met behulp van een vegetatiekaart van het gebied is het mogelijk binnen deze hoofdeenheden complexen van vegetatiesoorten aan te wijzen die karakteristiek zijn voor een bepaalde hoogte in de kwelder.
- = er zijn nog, tot op heden, onduidelijke problemen met het maken van goede FC-video beelden van schorvegetaties. Deze zullen eerst moeten worden opgelost alvorens deze techniek nader onderzocht kan worden op verdere mogelijkheden.

5.2.2. FC-video en zeegras (Zandkreek en Krabbenkreek, Oosterschelde)

In het kader van VERSGIS is in de Zandkreek en de Krabbenkreek (beide Oosterschelde) een vlucht uitgevoerd met FC-video. Doel is te onderzoeken of het mogelijk is om zeegras en groenwieren op een betrouwbare en

² Bij false colour video (en luchtfoto's) worden reflecties in het groene-, rode- en nabij infrarode deel van het electromagnetisch spectrum geregistreerd. Met name chlorofyl reflecteert in het nabij infrarode deel van het electromagnetisch spectrum, waardoor verschillen in vegetatie veel duidelijker waarneembaar zijn met false colour techniek dan met bijvoorbeeld true colour (gewone kleuren).

effectieve manier te kunnen karteren, zowel hoge bedekkingen als lage bedekkingen.

Er is op zodanige wijze gevlogen dat de beelden een pixelgrootte hebben van ca 0,5 x 0,5 m². Omdat er gevlogen is met wisselende bewolking zijn de afzonderlijke beelden ("frames") slecht aan elkaar te passen. In de Zandkreek komt hier nog bij dat het door het ontbreken van voldoende harde herkenningspunten onvoldoende mogelijk bleek om de afzonderlijke beelden geometrisch correct aan elkaar te passen. Daarom zijn uit het beschikbare materiaal twee kleine proefgebieden in de Zandkreek (zie figuur F) en een in de Krabbenkreek nader uitgewerkt.

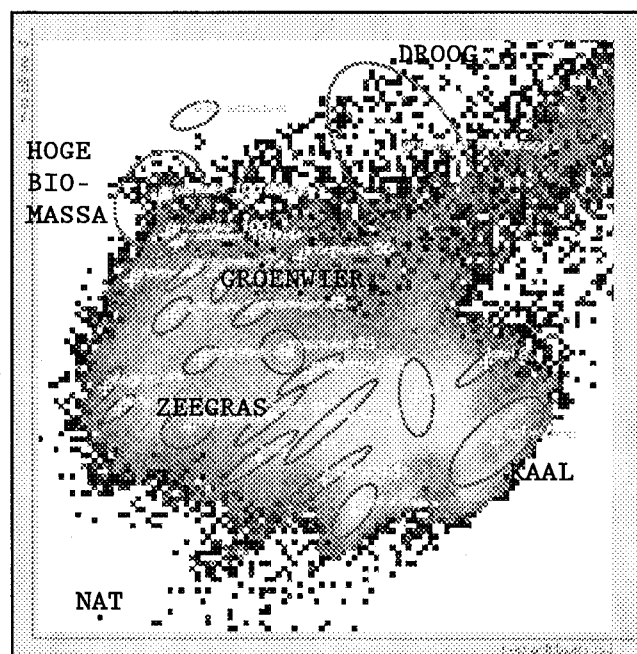
De voornaamste conclusies zijn:

- = doordat slechts enkele kleine delen zijn uitgewerkt vallen slechts enkele vegetatieopnamen in de beelden; door de slechte geometrische inpassing van de beelden kunnen deze opnamen bovendien niet goed in het beeld worden ingepast. Omdat er onvoldoende harde grondinformatie (referentiepunten en vegetatieopnamen) beschikbaar was, was het moeilijk om tot een betrouwbare classificatie te komen. De beelden zijn grotendeels geclassificeerd met behulp van de veldkennis van twee veldonderzoekers.

- = het is zeer goed mogelijk om zowel zeegras als groenwieren te onderscheiden, waarbij tevens goed onderscheid gemaakt kan worden in diverse bedekkingsklassen. De soorten kunnen zowel afzonderlijk als gezamenlijk goed worden onderscheiden.

- = tevens lijkt het goed mogelijk om verschillende typen bodem te onderscheiden, nat/vochtig/droog, zand/kleibank. Dit zou goede mogelijkheden kunnen bieden voor nauwkeurige karteringen van bodemverschijnselen in het kader van andere onderzoeken (bv ruimtelijke verdeling stabiele/onstabiele bodems).

- = de lokalisatie van de onderscheiden vegetatieklassen en bodemtypen in de "feature-space" (zie figuur 9) vertoont een logisch verloop.



FIGUUR 9. VOORBEELD VAN EEN "FEATURE SPACE". EEN "FEATURE SPACE" IS HET BEELD WAARIN DE VERSPREIDING VAN DE SPECTRALE REFLECTIEWAARDEN VAN TWEE VERSCHILLENDE BANDEN, IN DIT GEVAL BIJVOORBEELD DE ZICHTBARE RODE BAND TEGEN DE INFRARODE BAND, WORDT WEERGEGEVEN (ZANDKREEK).

5.2.3. FC-video en groenwierophoppingen (Vlakte van Kerken, Texel)

In het kader van VERSGIS is van een strook slik langs de dijk van Texel een vlucht uitgevoerd met FC-video. Doel is te onderzoeken of het mogelijk is om groenwierophoppingen op een betrouwbare en effectieve manier te kunnen waarnemen, zowel grote hopen als lage bedekkingen.

Er is op zodanige wijze gevlogen dat de beelden een pixelgrootte hebben van ca 1 x 1 m². Uit het beschikbare materiaal zijn twee proefgebieden nader uitgewerkt (zie figuur G).

De voornaamste conclusies zijn:

- = het is goed mogelijk om zeesla te karteren; er kan onderscheid worden gemaakt in verse, uitgedroogde en rottende zeesla.
- = bij opeenhopingen is het niet mogelijk om de biomassa van de hopen te bepalen; in het videobeeld kan geen onderscheid worden gemaakt tussen een enkele flap zeesla of een dik pakket. De kartering blijft in dat opzicht beperkt tot de kartering van aan- en afwezigheid van zeesla. Bij verspreide voorkomens is er wel iets te doen met biomassa, maar de betekenis hiervan voor de kartering van zeeslaophoppingen is beperkt.
- = het is ook mogelijk om gereduceerde bodems, zgn "zwarte vlekken" (zwart ten gevolge van verrotting) te karteren, voorzover deze dagzomen (dat wil zeggen direct aan het oppervlak zichtbaar zijn).
- = door de lastige inpassing van beelden is de methodiek mn geschikt voor gebruik in gebieden met een beperkte omvang, waar duidelijke herkenningspunten aanwezig zijn in de vorm van punten op de dijk of vliegschijven.

5.2.4. Algemene conclusies FC-video

Naar aanleiding van de FC-video vluchten kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken:

= er moeten hoge eisen worden gesteld aan de weersgesteldheid tijdens de FC-video vlucht. Het is vooral belangrijk dat er een egale lucht is, dat wil zeggen òf egaal dun bewolkt (het best), òf geheel onbewolkt. Aanwezigheid van enige wolken geeft problemen bij het samenvoegen ("mozaïeken") van beelden en bij de interpretatie, omdat de licht-intensiteit in het beeld mede wordt bepaald door de aanwezige wolken. Enerzijds geeft schaduw op zich al intensiteitverschillen, en anderzijds reageert de sluiters van de videocamera op grotere schaduwplekken, als ook op felle glinstering door de zon in het water ("hotspots").

= het is essentieel dat er voldoende, nauwkeurig in X en Y bekende, veldinformatie beschikbaar is, enerzijds om de afzonderlijke beelden geometrisch in te passen en aan elkaar te passen, anderzijds om voldoende informatie te hebben over de exacte ligging van opnamegegevens om deze te kunnen koppelen aan de juiste pixelclusters.

= FC-video lijkt geschikt om in kleinere, goed herkenbare gebieden te worden ingezet in een monitorprogramma voor zeeslaophoppingen, bv langs de kust van de Waddeneilanden. De mogelijkheid om zwarte plekken waar te nemen is daarbij erg interessant.

= FC-video lijkt zeer geschikt om zeegras en wieren te karteren in getijdengebieden.

= voor zeeslaophoppingen in kleine gebieden is de FC-video techniek voldoende betrouwbaar om desgewenst ingezet te kunnen worden.

= voor zeegras/groenwierkarteringen is de techniek nog niet voldoende uitgewerkt, mn door het ontbreken van voldoende grondinformatie, waardoor de indeling niet "geijkt" kon worden.

5.2.5. Satellieten en groenwierophoppingen (Vlakte van Kerken, Texel)

Begin jaren '90 is reeds twee maal eerder geprobeerd om zeeslaophoppingen op het wad bij Texel te karteren (interne memo's MD aan RIKZ). De resultaten hiervan waren vrij goed, maar door tijdgebrek is het onderzoek toen niet voortgezet. In het kader van VERSGIS is het onderzoek weer opgepakt, omdat het wordt gezien als de enige methode om op grote schaal een beeld te krijgen van de verspreiding en omvang van zeeslaophoppingen. Daartoe is allereerst een inventarisatie gemaakt van beschikbare satellietbeelden van de westelijke Waddenzee in 1995. Daaruit bleek dat slechts één beeld (juli) voor dit onderzoek kon worden gebruikt (ongeveer onbewolkt én voldoende laagwater). Dit beeld is bewerkt via de NDVI-methode, een algemene methode om biomassa te bepalen in een satellietbeeld met behulp van de verhouding rood/infrarood; het resultaat is te zien in figuur H.

De voornaamste conclusies zijn:

= satellietbeelden zijn goed te gebruiken voor detectie van zeeslaophoppingen. Omdat hierbij gewerkt wordt met grote pixels (LANDSAT TM 30 x 30 m² of SPOT XS 20 x 20 m²) en met wierhopen die meestal aanzienlijk kleiner zijn, kan er een globaal beeld worden verkregen van de hoeveelheid opgehoopt wier uitgedrukt in "oppervlak wierhopen per pixel"; dit is dus een relatieve maat voor de hoeveelheid biomassa.

= de zogenoemde "zwarte vlekken" (gereduceerde bodems) die door de gereduceerde omstandigheden onder wierhopen kunnen ontstaan, zijn niet voldoende zichtbaar op satellietbeelden met deze pixelgroottes. Mogelijk biedt de komende generatie satellieten, met een kleinere pixelgrootte, hiervoor wel mogelijkheden.

= de huidige satellieten hebben een te geringe "overkomst-frequentie" om een enigszins betrouwbare meetreeks van enkele beelden per zomer te kunnen maken. Mogelijk biedt de komende generatie satellieten, die veel frequenter zullen overkomen, hierin uitkomst.

= aanbevolen wordt om, zodra de nieuwe generatie satellieten operationeel is, een nieuw experiment te doen, om te zien of deze inderdaad beter voldoen. Belangrijke vraag daarbij is of het nodig is om gebruik te maken van de kleine pixelgrootte (ca 5 x 5 m²) van deze satellieten, danwel of het praktischer is om de pixels in het satellietbeeld te aggregeren naar een grotere pixelgrootte (in verband met de mogelijkheid dat bij een grotere pixelgrootte het beter mogelijk is om een relatieve biomassamaat te verkrijgen. Tevens zal dan moeten worden bekeken of deze nieuwe generatie satellieten in staat zijn om zwarte plekken waar te nemen (dat zal waarschijnlijk wel met een kleine pixelgrootte moeten).

5.3. Vliegtuigscanners

Binnen het VERSGIS-project is geen gebruik gemaakt van vliegtuigscanners, omdat hieraan in andere projecten uitvoerig aandacht werd besteed.

Gebaseerd op de informatie uit deze projecten (Ameland schalenproject,

Zeelandproject) is het nu volgende overzicht opgesteld van de gebruiksmogelijkheden van vliegtuig-scanners ten behoeve van vegetatiekarteringen (kwelders, zeegras en macrowieren).

Vliegtuigscanners welke voor vegetatiekarteringen in aanmerking komen zijn onder andere de CAESAR- en de CASI-scanner. Voor een vlucht met deze scanners zijn stabiele, gunstige weersomstandigheden (wolkenloos, weinig wind) noodzakelijk. Het is tevens noodzakelijk om ground control points ofwel referentiepunten ten tijde van de vlucht uit te zetten zodat de digitale opname geometrisch gecorrigeerd kan worden. De vlieghoogte bepaald de resolutie van de opnamen, deze kan variëren van 50 cm tot enkele meters. Het spectrale bereik van de scanner is over het algemeen groter dan dat van satellieten. Het is mogelijk de scanner in te stellen voor bepaalde toepassingen, als van het object van interesse de reflectiewaarde bekend is. Met behulp van veldgegevens is het dan mogelijk een scannerbeeld te classificeren tot een vegetatiekaart. Vliegtuigscanners zijn niet geschikt voor het opnemen van grote gebiedsdekkende vluchten (bv de westelijke Waddenzee), maar wel voor relatief smalle stroken die zijn gesitueerd langs een dijk of waarin andere goed herkenbare structuren aanwezig zijn tbv de oriëntatie en inpassing.

De vlieggkosten voor een CAESAR-opname bedraagt ongeveer f 16.000,-, de kosten voor de voorbewerking van de data wordt op f 6000,- per kilometer geraamd (de genoemde prijzen gelden voor 1996 en zijn inclusief BTW). De vluchten kunnen op afroep, in overleg met de opdrachtgever, worden uitgevoerd. De organisatie van dergelijke vlucht wordt door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) uitgevoerd.

De vlieggkosten voor een CASI-opname zijn minder eenvoudig te berekenen. Omdat de CASI-sensor niet op afroep beschikbaar is (de sensor moet vanuit Engeland of Canada worden over gevlogen), wordt een stand-by periode in rekening gebracht. Een stand-by periode van 16 dagen bedraagt f 73.150,-. Verder wordt per vlieguur een bedrag van f 4.000,- (inclusief preprocessing) in rekening gebracht (de genoemde prijzen gelden voor 1996 en zijn exclusief BTW). De organisatie van dergelijke vlucht kan door KLM Aerocarto worden uitgevoerd.

Met beide scanners is alleen gekeken naar de mogelijkheden voor het karteren van kweldervegetaties: de CAESAR-scanner voor de kwelder de Hon - Ameland- (Janssen & Kloosterman, 1996) en het schor bij Rattekaai - Oosterschelde- (Hobma et al, 1996) en de CASI-scanner voor het schor van Saeftinge - Westerschelde- (Hobma et al, 1996).

De voornaamste conclusies uit beide onderzoeken zijn dat beide technieken in principe bruikbaar lijken voor de kartering van kweldervegetaties. De resultaten zijn echter niet direct vergelijkbaar met die van een klassieke luchtfoto-kartering. Bij de vliegtuigscanners is in principe een beperkter aantal "vegetatietypen" te herkennen, voornamelijk gekenmerkt door dominante soorten, die slechts gedeeltelijk overeenkomen met de vaste vegetatietypen zoals die binnen dit project zijn onderscheiden (de Jong et al, 1997). Dit bemoeilijkt een directe vergelijking van vliegtuigscanning-beelden met luchtfoto's.

Bij de scanner-methoden worden de typen op pixelniveau weergegeven; dit biedt in principe de mogelijkheid om met behulp van scannerbeelden van verschillende jaren kleine verschuivingen in de verhouding tussen "vegetatietypen" waar te nemen. Daarmee is deze techniek waarschijnlijk gevoeliger voor het waarnemen van kleine, geleidelijke verschuivingen in de vegetatie dan luchtfoto's. Samengevat: vergeleken met luchtfoto's kunnen met CAESAR en CASI minder vegetatietypen worden waargenomen, maar deze

kunnen wel nauwkeuriger gevolgd worden in ruimte en tijd. Daarmee lijken beide scanners een goede mogelijkheid te bieden om te worden ingezet bij het volgen van geleidelijke ontwikkelingen als gevolg van een ingreep, bijvoorbeeld bij een monitorprogramma naar de effecten van bodemdaling (Waddenzee) of zeespiegelstijging (bv door baggerwerken in de Westerschelde).

Voor het karteren van zeegras en macrowieren zijn beide scanners nog niet getest. Gezien de ervaringen bij de kwelders en de gedeeltelijke vergelijkbaarheid van deze scanners met FC-video lijken er ook goede mogelijkheden te zijn voor karteringen van deze groepen met vliegtuig-scanners. Een eerste inschatting daarbij is dat de scanners mogelijk gunstiger "scoren" ten aanzien van geometrische inpassing (DGPS aan boord) en dat de opname in absolute waarden, in plaats van relatieve waarden zoals bij FC-video, kan leiden tot een betere vergelijkbaarheid van beelden van verschillende gebieden en/of verschillende jaren. Daartegenover staat dat FC-video beelden vermoedelijk beter visueel interpreteerbaar zijn. Nader onderzoek zal hierover uitsluitsel moeten geven.

5.4. Kosten-baten vergelijking van de genoemde RS-technieken

De onderzochte RS-technieken zijn alle bruikbaar voor vegetatiekarteringen. Daarbij bepaalt het beoogde doel welke techniek(en) de beste is (zijn). Verder spelen ook de kosten een belangrijke rol bij de keuze. In figuur 10 is voor twee mogelijke karteringen, van resp. een zeegrasgebied en een kwelder, globaal aangegeven wat de huidige kosten zouden zijn voor de verschillende technieken. Hieruit blijkt dat verschillende onderdelen van de kosten sterk kunnen verschillen. Bij de interpretatie van deze tabel moet rekening worden gehouden met de operationaliteit van de verschillende technieken. Vegetatiekarteringen op basis van luchtfoto's wordt al vele jaren toegepast, in tegenstelling tot karteringen op basis van vliegtuigscanner data. Dat betekent dat vliegtuig-scanner data (nog) relatief kostbaar is en dat de verwerking van deze data zich in een onderzoeksstadium bevindt. Tijdwinst is vooral te behalen door het verder ontwikkelen van de karteermethode op basis van digitaal ingewonnen data. Met de aanschaf van een nieuwe scanner op het vliegtuig van Directie Noordzee (EPS-a), die zeer waarschijnlijk 1998 operationeel zal zijn, kan tegen een aantrekkelijk tarief data worden ingewonnen.

Kwelderkartering De Hon	FC-lufo	FC-video	CEASAR	CASI	EPS-a
Vluchtkosten	5900	17000	22000	77000	2500
Vorbereiding	808	808	808	808	808
Veldwerk	8080	8080	8080	8080	6464
Interpretatie	6464	8080	4848	5656	4848
Nabewerking tot GIS-bestand	1616	1616	1616	1616	1616
Totaal	22868	35584	37352	93160	16236

Zeegraskartering Zandkreek	FC-lufo	FC-video	CEASAR	CASI	EPS-a
Vluchtkosten	4000	16500	16000 + 6000	77000	1700
Vorbereiding	808	808	808	808	808
Veldwerk	1616	1616	1616	1616	808
Interpretatie	808	1616	808	808	808
Nabewerking tot GIS-bestand	2424	2424	1616	1616	808
Totaal	9656	22964	26848	81848	4932

FIGUUR 10.

GLOBALE VLUCHT- EN PERSONEELSKOSTEN (IN GULDEN) PER RS-TECHNIEK VOOR 2 VOORBEELDEN:
EEN KWELDERKARTERING (DE HON, AMELAND) EN EEN ZEEGRASKARTERING (ZANDKREEK, OOSTERSCHELDE)

De inhoudelijk voor- en nadelen van de verschillende technieken zijn kort samengevat per te karteren onderwerp.

Zeegras/wieren

= FC-luchtfoto's geven een goed visueel interpreteerbaar beeld, dat geometrisch eenvoudig is in te passen. Biomassametingen uit de foto's zijn tijdrovend en de nauwkeurigheid is onbekend. Vrij grote vlucht-betrouwbaarheid.

= FC-videobeelden zijn in principe goed te classificeren; voor een voldoende geometrische inpassing zijn voldoende paspunten nodig (min. 4 per beeld) en is nauwkeurig veldwerk noodzakelijk, bij voorkeur zo dicht mogelijk rond de vliegdatum (logistiek lastig). Biomassa is in principe eenvoudiger te meten, maar mogelijk alleen relatief. Het lijkt ook goed mogelijk om verschillen in vochtgehalte en type bodem te onderscheiden. Gevoelig voor minder goed weer, waardoor de vluchtbetrouwbaarheid kleiner is.

= Vliegtuigscanners zijn vermoedelijk grotendeels vergelijkbaar met FC-video; geometrische inpassing is mogelijk eenvoudiger (DGPS) en vergelijkbaarheid door de jaren heen is mogelijk eveneens beter (absolute meetwaarden).

= Satellietbeelden zijn te grof-korrelig.

Algemeen:

De spectrale scheiding tussen groenwier en zeegras is bij hogere bedekkingen minder duidelijk. Bij hogere bedekkingen kan het zeegras worden afgedekt door groenwier waardoor de spectrale reflectie van groenwier gaat overheersen. Voor de lage bedekkingen is de spectrale scheiding duidelijker, omdat de losse slierten groenwier het zeegras niet volledig afdekken.

Groenwierophoppingen

a) beperkt gebied

= FC-luchtfoto's geven een goed visueel interpreteerbaar beeld, dat geometrisch eenvoudig is in te passen. Vrij grote vluchtbetrouwbaarheid (mogelijk kan ook true-colour worden gebruikt).

= FC-video geeft een goed beeld in kleine gebieden. Paspunten zijn vereist. Zwarte vlekken zijn waarneembaar. Mogelijk kan ook True-Colour worden gebruikt (is in principe sneller inzetbaar dan FC-video door inzet van het vliegtuig van Directie Noordzee).

= Vliegtuig-scanners zijn in het kader van VERSGIS niet getest. De toepasbaarheid voor het lokaliseren van groenwierophoppingen is vermoedelijk vergelijkbaar met FC-video.

= Satellietbeelden zijn te grof-korrelig en de vluchtbetrouwbaarheid is (te) gering.

Algemeen:

De in dit project gebruikte remote sensing technieken zijn niet geschikt gebleken voor het bepalen van biomassa, door koppeling van biomassa-monstergegevens aan het remote sensing beeld, in verband met het "afdek-effect". Het is niet bekend of er andere remote sensing technieken bestaan die wel geschikt zijn voor biomassametingen van groenwierophoppingen.

b) grote gebieden

Hiervoor komen alleen satellietbeelden in aanmerking in verband met de bewerking en de inpasbaarheid van de beelden.

Kwelders

= FC-luchtfoto's zijn een beproefde en vrij betrouwbare techniek om vegetatiekaarten te maken. Doordat lijnenkaarten worden gemaakt moeten veelal in de afgegrensde gebiedjes vegetatietypen worden geclusterd tot gemengde legenda-eenheden. Dit kan beperkend zijn voor monitoringonderzoek van geleidelijk voortschrijdende processen.

= FC-video is nog niet voldoende betrouwbaar in deze gebieden. Wel kunnen hiermee waarschijnlijk kaarten worden gemaakt, die zowel richting Lufo-kaarten gaan als richting scanning-kaarten; waarschijnlijk is slechts een beperkt aantal vegetatietypen te onderscheiden, maar doordat ook visueel geïnterpreteerd kan worden zijn dit vermoedelijk meer typen dan bij vliegtuigscanning. Voor een dergelijke toepassing moeten hoge eisen aan de weersomstandigheden worden gesteld.

= Vliegtuigscanning levert rasterkaarten op met een beperkt aantal vegetatietypen, maar deze kunnen waarschijnlijk wel nauwkeurig gevolgd worden; dit is bv belangrijk bij langzame processen (bv bodemdaling).

= Vliegtuigbeelden zijn te grof-korrelig voor zeer gedetailleerde vegetatiekarteringen zoals met FC-luchtfoto's wordt gedaan.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1. GIS

Ten behoeve van de bewerking en presentatie van vegetatiekaarten van zeegrassen en kwelders zijn twee GIS-applicaties gemaakt, ZEEGRAS resp Zulte. Beide applicaties zijn enerzijds gebruiksvriendelijk en hebben anderzijds een grote mate van flexibiliteit. Beide applicaties zijn, hoewel nog niet geheel klaar, al wel goed bruikbaar voor bewerkingen en presentaties.

De applicatie ZEEGRAS is grotendeels gereed; de mogelijkheid om rasterkaarten te bewerken is echter nog zeer beperkt, mn door het ontbreken van voldoende kaartmateriaal. Eveneens door het ontbreken van voldoende kaartmateriaal is er nog geen module ontwikkeld om overzichtskaarten met zeoslaverspreiding (uit satellietbeelden) te verwerken.

De database met de vegetatiegegevens is grotendeels gereed. Aan de database met aanvullende gegevens (hoogte, bodem ed) ontbreekt echter nog het een en ander; hieraan zal de komende tijd nog veel aandacht gegeven moeten worden.

Aanbevelingen:

- = beide databases completeren.
- = een database met gescande bestanden opbouwen, zodat de applicatie ook voor dit type kaarten kan worden afgerond.
- = een database met bewerkte satellietbestanden opbouwen, zodat aan de applicatie een module voor het maken van zeoslaverspreidingskaarten kan worden toegevoegd.

De applicatie ZULTE is eveneens voor een groot deel gereed. De mogelijkheid om ook kaarten te presenteren op basis van de legenda-eenheden ontbreekt nog. De ontwikkeling van een vast stelsel van vegetatietypen is een essentieel onderdeel voor de GIS-analyses, maar dit aspect is nog niet 100% afgerond. Door het ontbreken van voldoende kaartmateriaal is de optie om ook rasterkaarten te bewerken en presenteren nog onvoldoende uitontwikkeld. De bijbehorende database met vegetatiegegevens is nog slechts gedeeltelijk aanwezig, omdat veel bestanden nog moeten worden gedigitaliseerd. Tevens moeten de oudere kaarten nog alle worden omgezet naar het ontwikkelde vaste typenstelsel.

Aanbevelingen:

- = de database met oude vegetatiekaarten aanvullen.
- = de applicatie uitbreiden met een optie om ook via de legenda presentatie te kunnen maken.
- = het stelsel van vaste vegetatietypen definitief afronden.
- = een database met gescande bestanden opbouwen, zodat de applicatie ook voor dit type kaarten kan worden afgerond.

6.2. Remote sensing

False-colour video is een techniek die goede perspectieven biedt voor de kartering van zeegrassen en zeelsla in kleinere gebieden. Daarbij is het tevens mogelijk gebleken om "zwarte vlekken" en verschillende bodemtypen te onderscheiden. Door het ontbreken van voldoende veldinformatie zal dit echter nog nader (definitief) getoetst moeten worden.

Satellietbeelden bieden een goede mogelijkheid om zeelslavoorkomens in een

groot gebied te karteren. Het is een snelle en relatief eenvoudige bewerking waarbij het resultaat relatief eenvoudig is te vergelijken met overzichten uit andere jaren en van andere gebieden. De geringe overkomst-frequentie van de huidige satellieten is nog een probleem, maar mogelijk kunnen nieuwe satellieten hier in voorzien.

Hoewel in dit project niet meegenomen, lijken vliegtuigscanners zoals CAESAR en CASI eveneens goede mogelijkheden te bieden voor kartering van zowel kwelders als zeegrassen en zeesla (in kleine gebieden). Op kwelders lijkt vooral de mogelijkheid om kleinere verschuivingen in dominantie/aanwezigheid van vegetatietypen te karteren een aantrekkelijke optie.

In het algemeen is gebleken dat voor een goede, kwantitatieve kartering van kwelders en zeegras- en groenwiergebieden met video of vliegtuigscanning goede veldmetingen, waaronder paspuntmetingen, vegetatie-opnamen en nauwkeurige positiebepaling van de vegetatieopnamen, zeer belangrijk zijn; de opnamen moeten daarbij zo dicht mogelijk rond de vliegdatum worden gemaakt. Hiermee kunnen de beelden worden geijkt mbt soortensamenstelling en bedekkingspercentages (en ook bodemsamenstelling) en kunnen ze beter geometrisch worden ingepast. Wanneer er hogere eisen aan de weers-omstandigheden worden gesteld is het mogelijk grotere gebieden in één keer te classificeren met behulp van grotere mozaïeken bestaande uit meerdere videobeelden. Hoger vliegen tijdens de opname zal, ondanks de afname in geometrische resolutie (pixelgrootte), de beeldkwaliteit ten goede komen; meer terreinherkenning en een rustiger beeld als gevolg van een grotere afstand tussen de grond en de camera.

Een nadeel is de relatief grote gevoeligheid voor weersomstandigheden, waardoor er een grotere onzekerheid is óf in een bepaalde periode wel een opname gemaakt kan worden. Een tweede nadeel is de stringenter eis om het veldwerk zo dicht mogelijk rond de vliegdatum uit te voeren alsmede de noodzaak om voldoende vliegschijven in het gebied te hebben. Wel is het mogelijk gebleken om met een gebiedsdeskundige deze beelden redelijk betrouwbaar (maar relatief) te interpreteren.

Aanbevelingen:

- = opbouwen van een databestand met geïnterpreteerde satellietbeelden van bv de westelijke Waddenzee om de betreffende GIS-module te kunnen ontwikkelen.
- = toetsten of het inderdaad mogelijk is om kleinere verschuivingen in de kweldervegetatie waar te nemen mbv vliegtuigscanning.
- = (definitief) toetsen of FC-video inderdaad bruikbaar is voor kwantitatieve analyses van zeegras en groenwieren.
- = toetsen of vliegtuigscanning hierbij eveneens kan worden ingezet en deze techniek vergelijken met FC-video. (voldoende veldwerk is hierbij essentieel)
- = zodra de nieuwe generatie satellieten operationeel is de mogelijkheden hiervan toetsen voor de kartering van zeesla, zowel in grote gebieden als in kleinere gebieden. Hierbij moet tevens gekeken worden naar de mogelijkheid om zeegrasvoorkomens in kaart te brengen (van belang voor de Waddenzee).

Literatuur

- Berg, J. van den, & A.J. de Leeuw, 1992. Remote Sensing en GIS ten behoeve van het beheer van en onderzoek in de Waddenzee: een inventarisatie. RWS-MD Delft, werkdocument MDLK-R-9241/BCRS-rapport NRSP-2/92-20.
- Calkoen, C.J., G.J. Wensink, J. Vogelzang & P.F. Heinen, 1995. EIBERS; Efficiency Improvement of Bathymetric surveys with ERS-1. BCRS report NRSP-2/95-01.
- Dijkema, K.S. & J. Bossinade, 1990. Vegetatieclassificatie van Waddenzeekwelders volgens een vast typenstelsel. RIN, afd Estuariene ecologie/RWS-Dir Groningen, rapport 90/15.
- Jong, D.J. de, J.A.M. Janssen, K.S. Dijkema, J. Bossinade & P.J.M. Melman, 1997. Standaard typologie voor de kwelders en schorren in Nederland ten behoeve van monitoring karteringen. RWS-RIKZ Middelburg/RWS-MD Delft/IBN-DLO Texel, RWS-DNN Leeuwarden, (in prep).
- Hartmann, R.A. & S.J. Fraikin, 1997. Rapportage project VEgetatie Remote Sensing GIS; Mogelijkheden van videovluchten ten behoeve van de kartering van zeegras, groenwierophoping en kweldervegetaties. Rapport RWS-Meetskundige Dienst Delft, MDGAR-9729.
- Hobma, T.W., S. van Zanten, L.L.F. Janssen & R. Allewijn, 1996. Remote sensing, GIS & Environmental Modelling for Integrated Water and Nature management; a study in four lowland ecosystems. RWS-MD Delft, Vrije Universiteit Amsterdam. BCRS-rapport in prep.
- Janssen, J.A.M. & E.H. Kloosterman, 1996. Het Ameland Schalenproject: de mogelijkheden van remote sensing technieken voor vegetatiemonitoring ten behoeve van het natuurbeheer. RWS-MD Delft. BCRS-rapport NRSP-2/95-16.
- Kloosterman E.H., 1988. Algemene methodiek voor luchtfotovegetatie-karteringen. RWS/MD.
- Kokke, J.M.M., 1995. Mapping of sediment distribution in intertidal areas with optical remote sensing. BCRS report NRSP-2/94-15.
- Ruiter, J.F. & D.J. de Jong, 1997a. Handleidingen VERSGIS-applicatie ZEEGRAS. RIKZ, werkdocument RIKZ/OS-97.817x.
- Ruiter, J.F. & D.J. de Jong, 1997b. Handleidingen VERSGIS-applicatie ZULTE. RIKZ, werkdocument RIKZ/OS-97.818x.

Figuren in kleuren, korte toelichting

Figuur A. Vegetatiekaart Strandkweek Verdronken Land van Saeftinge. De kaart laat zien dat Strandkweek tussen 1979 en 1992 meer langs de rand van het schorgebied is afgenomen en in het centrum sterk is toegenomen.

Figuur B. Verspreiding zeegras Krabbenkreek, 4 jaren. Uit de kaarten blijkt duidelijk dat zeegras (hier mn Klein zeegras) tussen 1977 en 1983 ongeveer gelijk is gebleven, en tussen 1983 en 1992 sterk is achteruitgegaan.

Figuur C. Biomassa zeegras Oosterschelde 1984-1992 in 4 kerngebieden. De diagrammen laat zien dat er op de platen rond 1987 een korte opleving was, waarna in alle gebiedn een gestage daling in gang kwam.

Figuur D. Kaart groeivoorwaarden Zeegras Waddenzee-midden. Hierbij is gebruik gemaakt van kaarten met golfkracht (orbitaalsnelheid aan de bodem) en stroomsnelheid (beide berekend mbv modellen) en droogvalduur (op basis van lodingkaarten en gemiddeld getijverschil)

Figuur E. Geclassificeerde false colour video opname van de Schorren (Texel), opnamedatum 23 september 1995. Het beeld toont duidelijk de gezoneerde vegetatieopbouw van kreek (Strandkweek en Gewone zoutmelde) naar kom (Engels slijkgras).

Figuur F. Geclassificeerde false colour video opname van de Zandkreek (Zeeland), opnamedatum 14 september 1995. Het beeld toont het zeegrasveld (in bruin) met daarin plekken van aangespoeld groenwier (groen en donkerblauw) en aangespoeld groenwier tegen de schorrand.

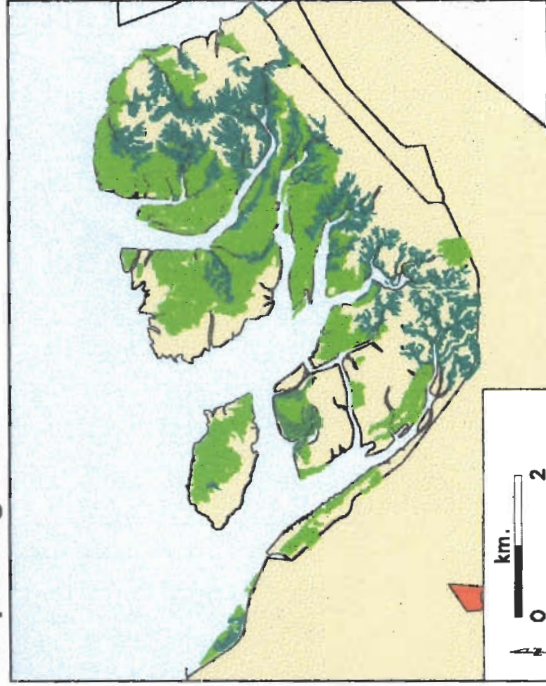
Figuur G. Geclassificeerde false colour video opname van de Vlake van Kerken (Texel), opnamedatum 23 september 1995. Het beeld toont een aangespoelde hoop Zeesla met daar omheen een zone met gereduceerd zand, een zgn "zwarte vlek", die zich uitstrekt tot onder het water in de priel ernaast.

Figuur H. Vegetatie-index van de Westelijke Waddenzee, op basis van een Landsat-TM satellietopname van 11 juli 1995. Het beeld toont grote zeeslaophopingen onder Vlieland en kleinere ophopingen elders op het wad. Aan de noordzijde van de kust van Texel is de zeeslaophoping van figuur G te zien.

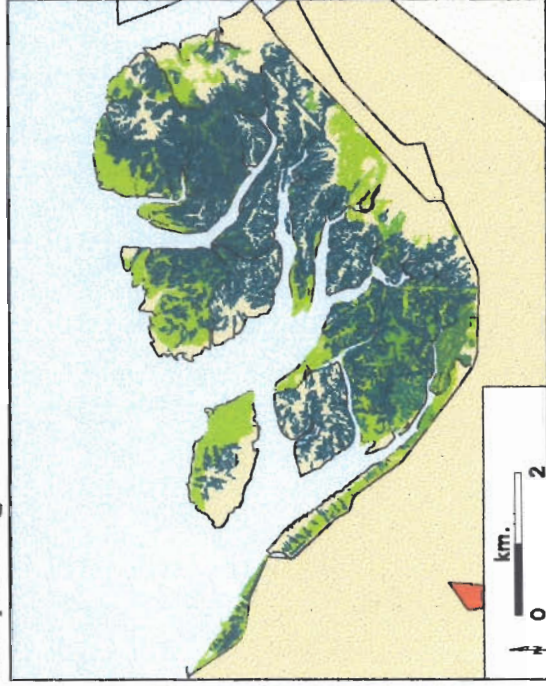
Westerschelde, Verdrongen Land van Saeftinghe

verspreiding Strandkweek (mbv zone Strandkweek)

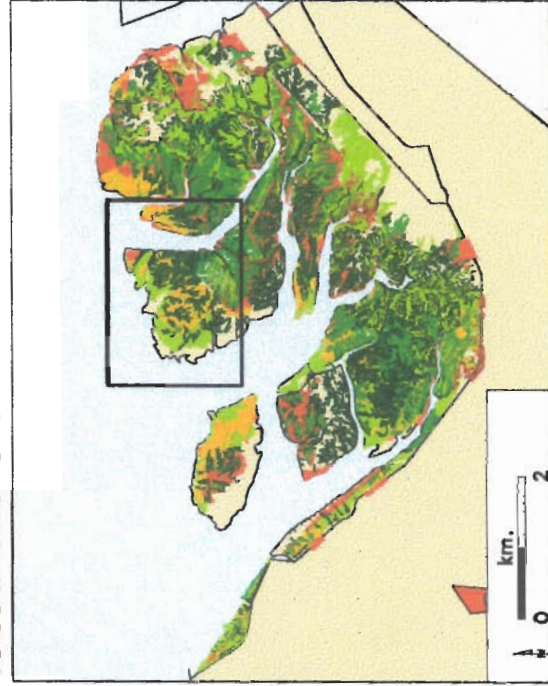
verspreiding 1979



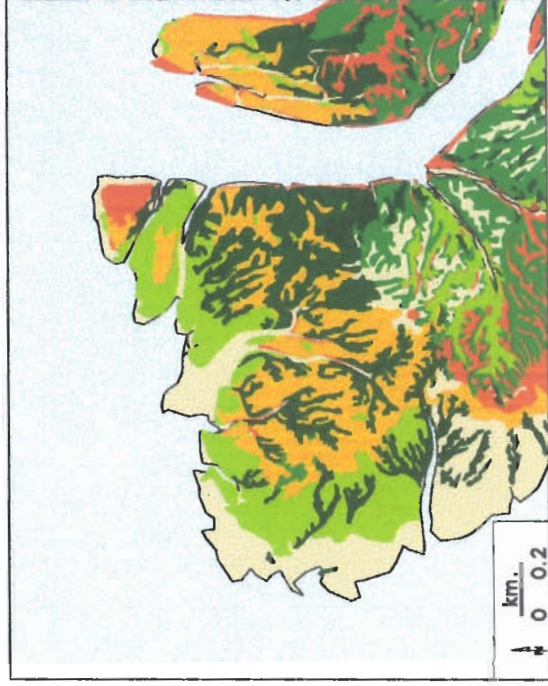
verspreiding 1992



verschilkaart 1979 - 1992



detail verschilkaart



rapport VERSGIS

"vegetatiekaarten
digitaal bekeken"

Legenda

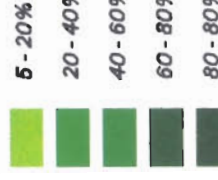
Vegetatie afname.



40 - 60%
60 - 80%
80 - 100%

Onveranderd

Vegetatie toename.



Vegetatie bedekking.



Kartering: Meetkundige Dienst
Veldwerk: Meetkundige Dienst
Kaartproductie: RIKZ-Middelburg
Applicatie: RIKZ, Ing. J.F. Ruiter

Rijkswaterstaat

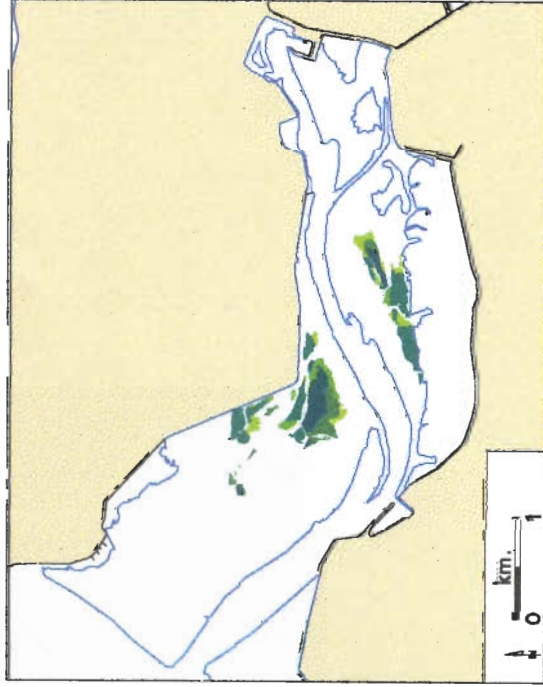
Rijksinstituut voor Kust en Zee

KAART A

Oosterschelde, Krabbenkreek

Verspreiding Groot en Klein zeegras

1977 (NW-deel ontbreekt)



1983



1987



1992

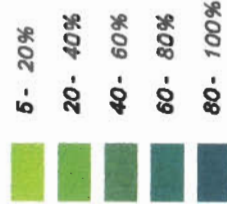


Rapport VERSGIS

"vegetatiekaarten
digitaal bekeken"

Legenda

Zeegras bedekking



Lijnen.

GLW.

Kartering:

Veldwerk: Drs. D.J. de Jong

Kaartproductie: RIKZ-Middelburg

Applicatie: RIKZ, Ing. J.F. Ruiter

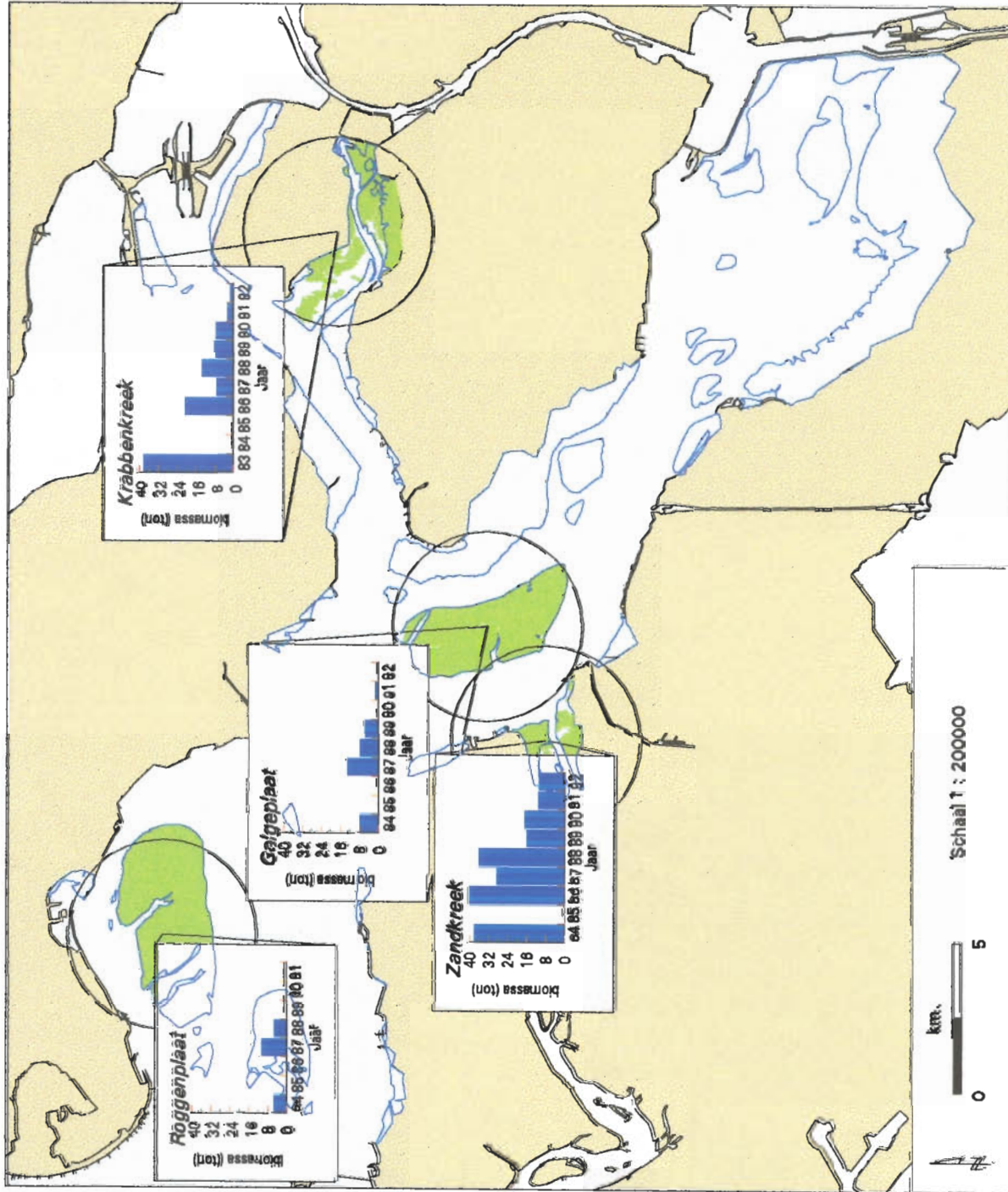
Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee

KAART B

Oosterschelde

biomassa Groot + Klein zeegras



Rapport VERSGIS

"vegetatiekaarten
digitaal bekeken"

Informatie over de diagrammen.

Datumeerjaren: 1983 - 1992

Vegetatieprij: zeegras

Kartering:

Veldwerk: Drs. D.J. de Jong

Kaartproductie: RIKZ-Middelburg

Applicatie: RIKZ, Ing. J.F. Ruiter



Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee

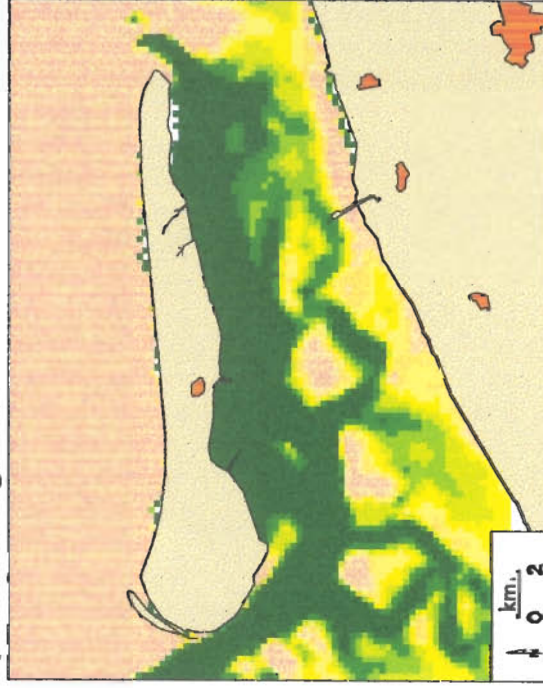
KAART C

groeimogelijkheden zeegras; Ameland combinatiekaart op basis van "laagste waarde"

op basis van droogligging



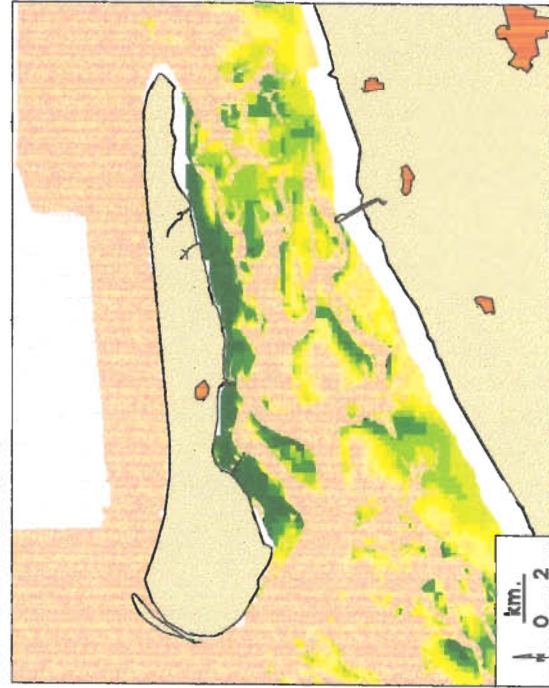
op basis van golven



op basis van stroomsnelheid



combinatiekaart

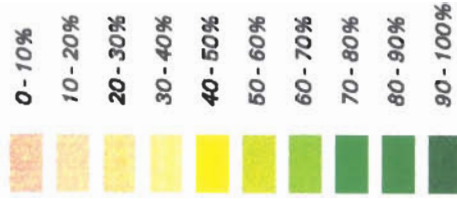


Rapport VERSGIS

"vegetatiekaarten
digitaal bekeken"

Legenda

Zeegras groeimogelijkheden



Kartering:

Veldwerk:

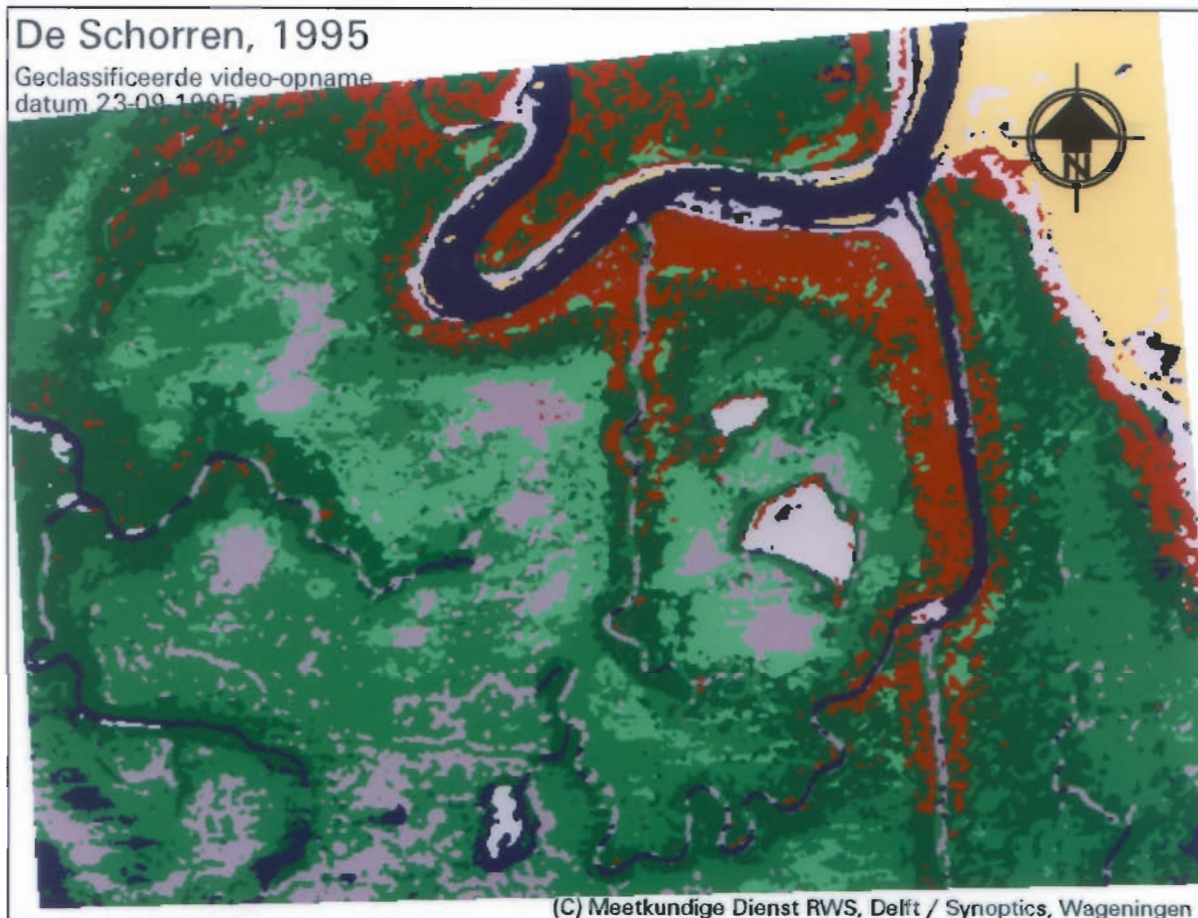
Kaartproductie: RIKZ-Middelburg

Applicatie: RIKZ, Ing. J.F. Ruiter

Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee

KAART D



LEGENDA

- Kaal
- Water

Kwelder

Pionierzone

- Kaal + 1% Complex met Engels slijkgras en Zeekraal
- Complex met Engels slijkgras en Zeekraal

Lage kwelder

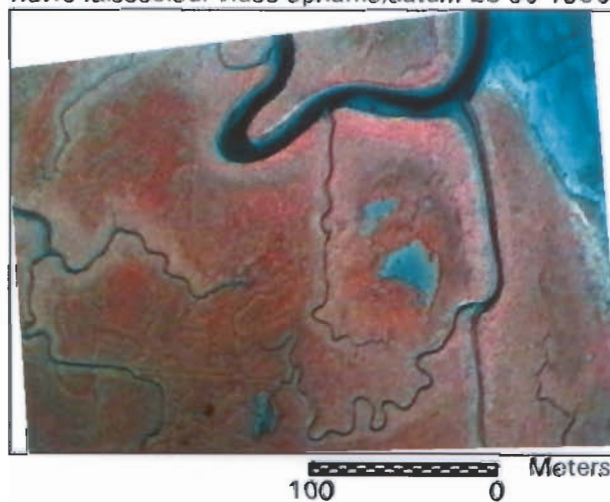
- Complex met Engels Slijkgras dominant
- Complex met Gewone Zoutmelde dominant
- Gemeenschap van Gewone Zoutmelde

Middelhoge kwelder

- Gemeenschap Strandkweek

50 0 50 100 Meters
 Schaal 1 : 2000

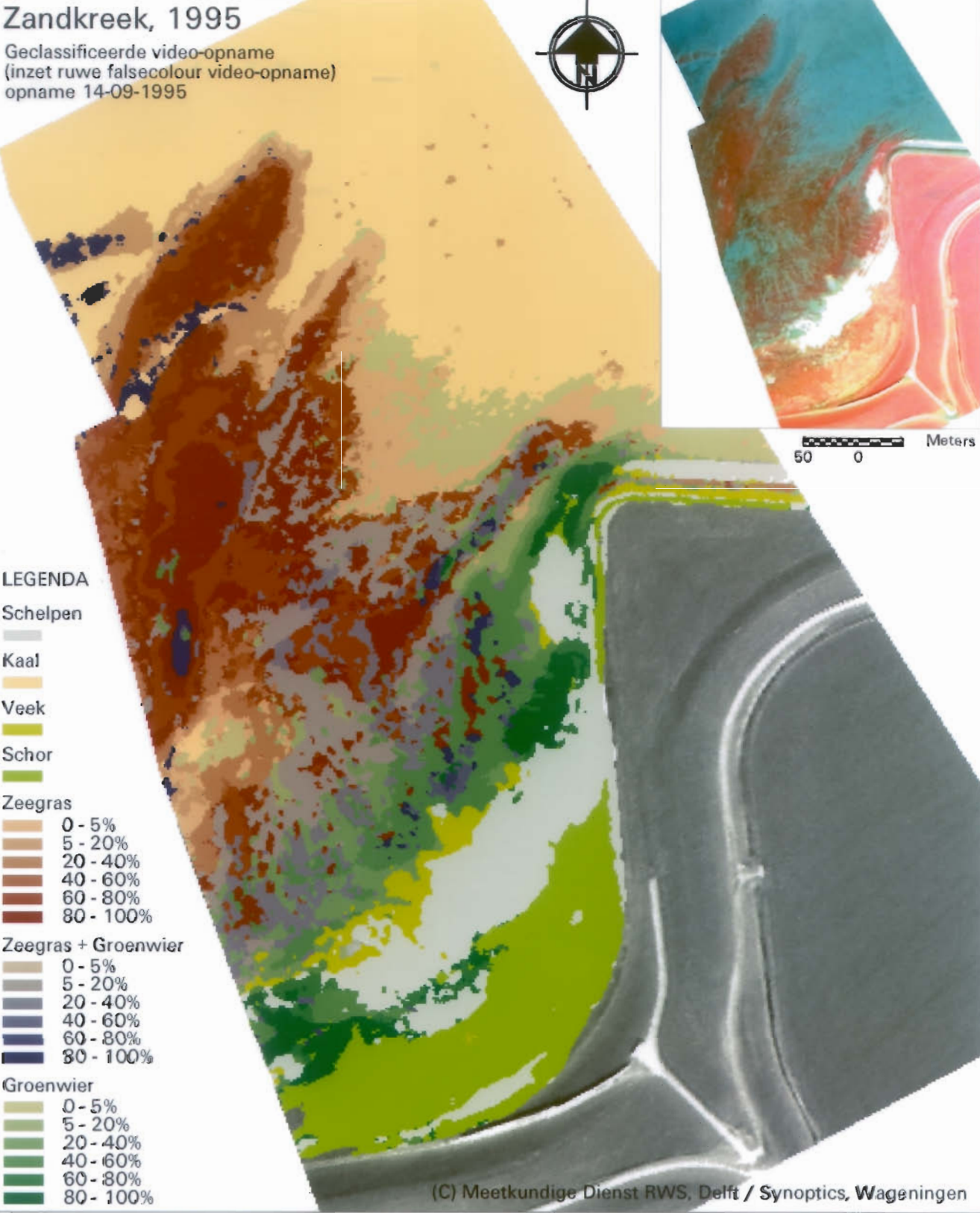
Ruwe falsecolour video-opname, datum 23-09-1995



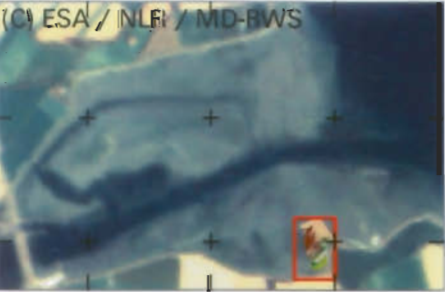
Meetkundige Dienst
 Rijkswaterstaat, Delft

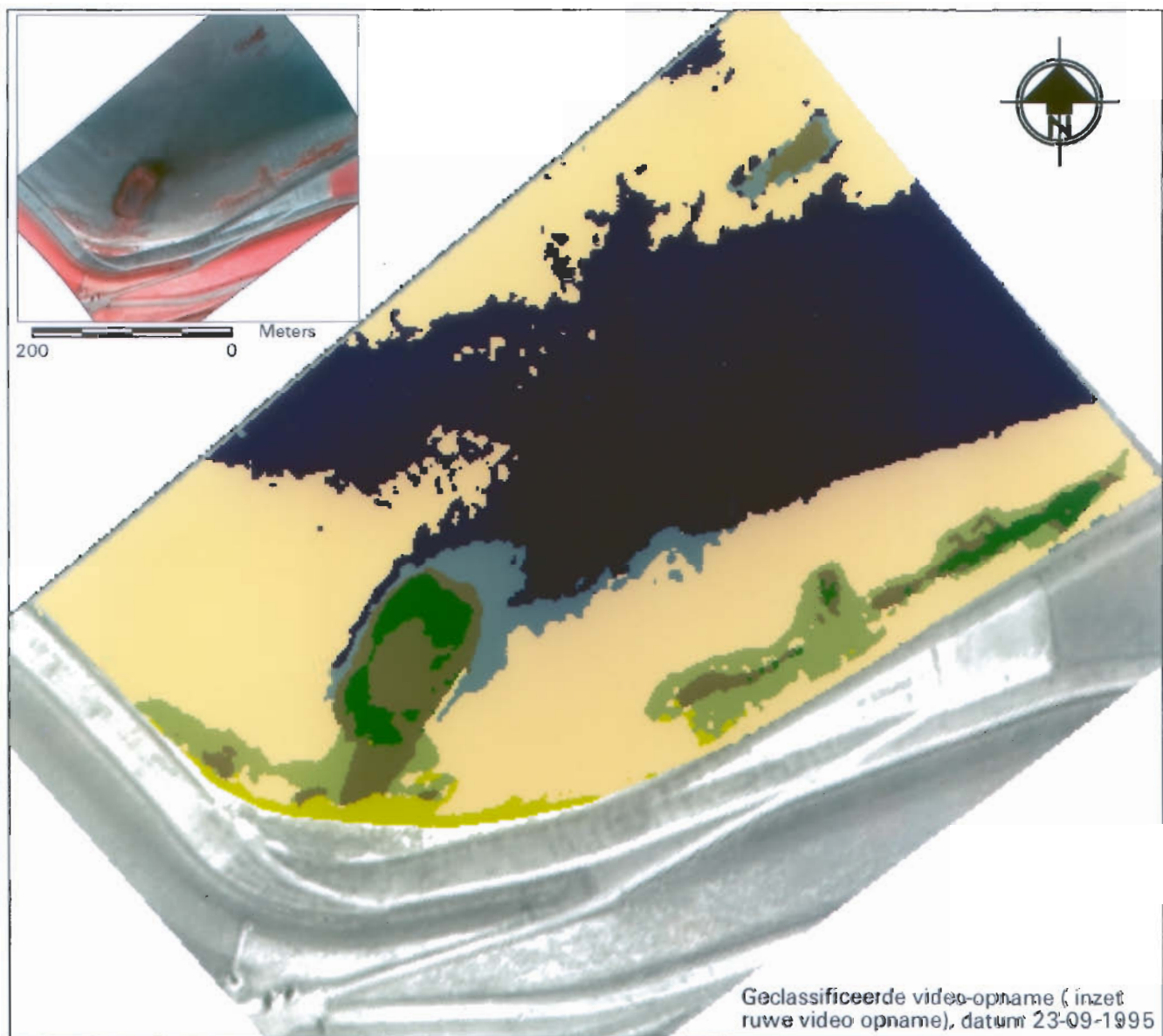
Zandkreek, 1995

Geclassificeerde video-opname
(inzet ruwe falsecolour video-opname)
opname 14-09-1995



(C) Meetkundige Dienst RWS, Delft / Synoptics, Wageningen





(C) Meetkundige Dienst RWS, Delft / Synoptics, Wageningen

Schaal 1 : 2000

50 0 50 100 Meters

LEGENDA

- Kaal zand
- Water
- Gereduceerd zand
- Zeesla losse stukjes
- Zeesla rottende laag
- Zeesla relatief vitale laag
- Zeesla opgedroogd

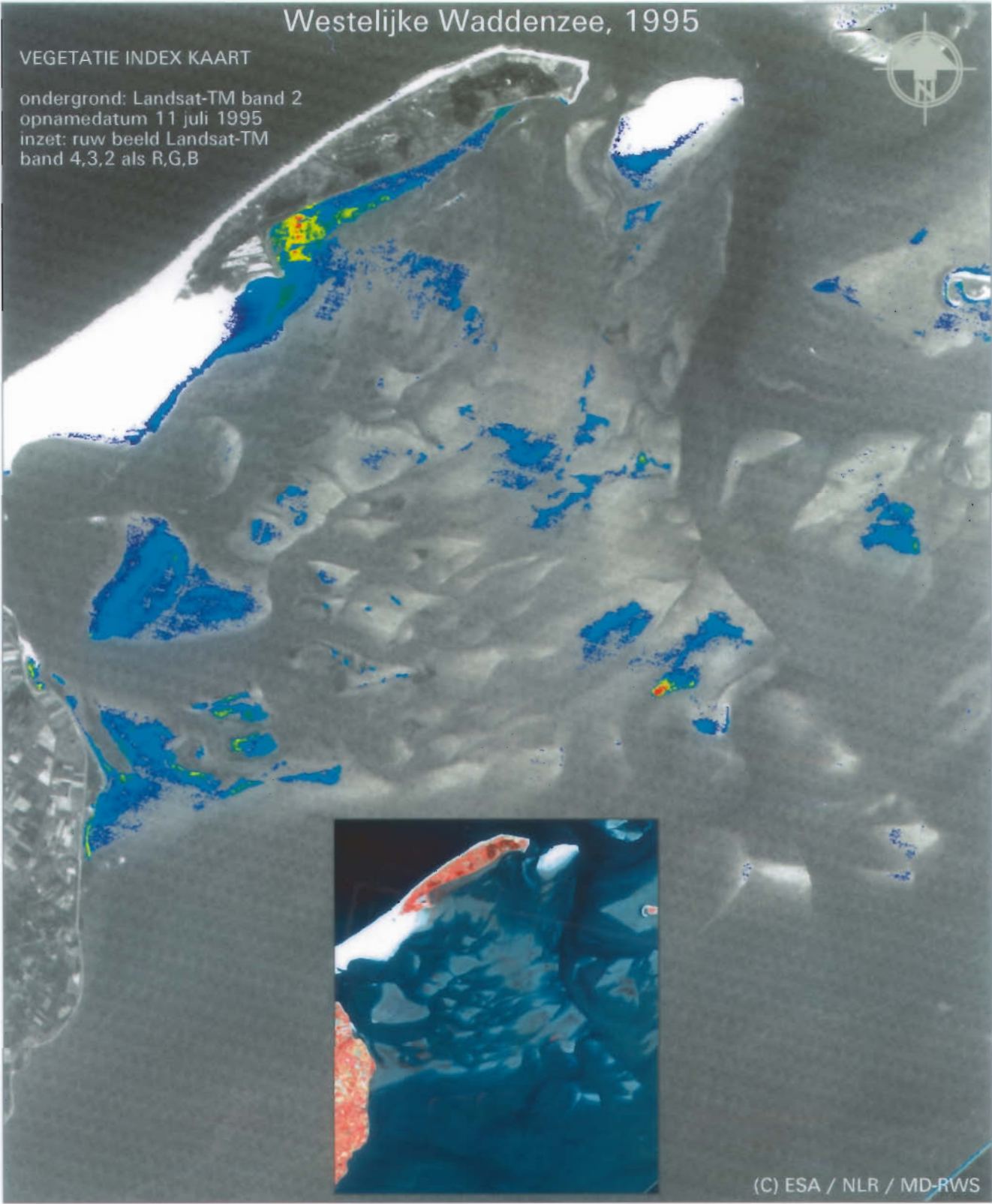


Meetkundige Dienst.
Rijkswaterstaat, Delft.

Westelijke Waddenzee, 1995

VEGETATIE INDEX KAART

ondergrond: Landsat-TM band 2
opnamedatum 11 juli 1995
inzet: ruw beeld Landsat-TM
band 4,3,2 als R,G,B

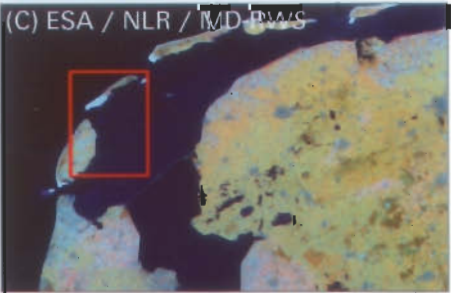


(C) ESA / NLR / MD-RWS

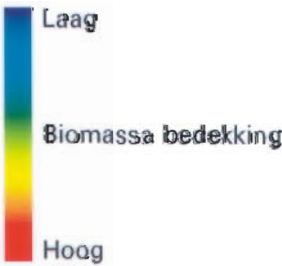
Schaal



1 : 150.000



(C) ESA / NLR / MD-RWS



Meetkundige Dienst
Rijkswaterstaat, Delft