

(8437)-3765

doc. remote sensing



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Meetkundige Dienst

ARCHIEF
No. *GAE-*

Kartering van zeegrassen en macrowieren
m.b.v.

False Colour video-opnametechniek

op de Groningse kwelderwerken



Kartering van zeegrassen en macrowieren m.b.v.

False colour video-opnametechniek

op de Groningse kwelderwerken



december 1997
MDGAT-9765

Rapportnummer : MDGAT-9765

Uitgever : Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst
Postbus 5023
2600 GA Delft
tel: 015 - 2 691 111
fax: 015 - 2 618 962

Opdrachtgever : J. van den Bergs, Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland

Vluchtcoördinatie : S.J. Fraikin, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst

Projectleiding : S.J. Fraikin, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst

Coördinatie veld-
bemonsteringen : W. Visser, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor kust en Zee

Auteur : J.A.M. van Dongen, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst

Beeldverwerking : J.A.M. van Dongen, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst

Druk : Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst
Afdeling Grafische Technieken

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
1.1 PROJECTKADER	1
1.2 DOEL PROJECT	1
1.3 OPBOUW RAPPORT	1
2. ANALYSE-TECHNIEK SPECTRALE PATRONEN	3
2.1 FEATURE SPACE	3
2.2 RODE BAND.....	3
2.3 NABIJ INFRARODE BAND	5
3. VERWERKING EN RESULTATEN	7
3.1 OPZET EN UITVOERING	7
3.2 VOORBEREIDINGSFASE.....	8
3.4 PRESENTATIEFASE	18
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	25
4.1 CONCLUSIES.....	25
4.2 AANBEVELINGEN.....	28
5. LITERATUUR	31
6. BIJLAGEN.....	33

Bijlage I: Overzicht gegrabte frames met interessegebied

Bijlage II: Exacte locaties van de gebruikte vegetatieopnamen (3bandsbeeld), schaal 1:2600

Bijlage III: Exacte locaties van de gebruikte vegetatieopnamen (4bandsbeeld), schaal 1:3000

Bijlage IV: Dataset Engels slijkgras (*Spartina anglica*) 'trainingsamples'

Bijlage V: Dataset Klein Zeegras (*Zostera noltii*) 'trainingsamples'

Bijlage VI: Voorstel bemonsteringsformulier t.b.v. Zeegrassenkarteringen met remote sensing technieken

1. INLEIDING

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het operationele beheer van de kustwateren, zoals de in het zuidwestelijk gelegen Scheldebekken en in de Nederlandse Waddenzee voorkomende intergetijdengebieden. In deze gebieden vormt de aanwezigheid van de macrofytobenthos (wieren en zeegrassen) een belangrijke indicator voor de heersende milieu-omstandigheden en wordt daarom jaarlijks gemonitord. De huidige methode van karteren wordt m.b.v. van false colour luchtfotografie uitgevoerd. Deze methode geeft een eenvoudige en betrouwbare weergave van de verspreiding van de macroalgen en zeegrassen en is geschikt om een schatting te maken van de biomassa van de macrofytobenthos in deze gebieden. Uitgangspunten bij deze methode van karteren zijn op de eerste plaats het bestaan van een recht evenredig verband tussen de bedekkingsgraad en de biomassa en op de tweede plaats de relatie tussen de kleurdichtheid (intensiteit reflectie) en de biomassa.

1.1 Projectkader

In verband met het zoeken naar mogelijkheden voor vervangende, minder bewerkelijke, nieuwe remote sensing technieken t.b.v. het karteren van macroalgen en zeegrassen op de droogvallende delen in de intergetijdengebieden, is een door het landelijk programmabureau BCRS gestimuleerd onderzoeksproject VERSGIS II (BCRS 2.2/OP-02) opgestart. Binnen dit kader, is in opdracht van Directie Noord-Nederland van Rijkswaterstaat, deze vegetatiekartering met false colour video-opnametechniek in een proefgebied op de Groningse kwelderwerken uitgevoerd. Dit remote sensing project is een try-out op een goed bemonsterd onderzoeksgebied, waarbij gekeken is of de toegepaste false colour video-opnametechniek een alternatief kan vormen voor de huidig toegepaste false colour luchtfotografie.

1.2 Doel project

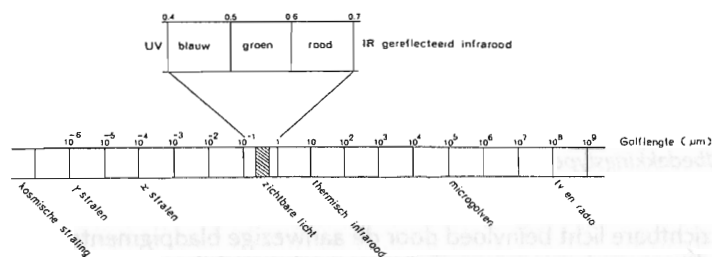
Het onderliggend rapport geeft een beschrijving van de kartering van zeegrassen op basis van false colour video-opnamen. De vegetatiekartering heeft plaats gevonden door middel van het samenstellen van de bedekkingsklassen met behulp van resultaten van lineaire regressie berekeningen. Hierbij is uitgegaan van het verband tussen enerzijds soortspecifieke informatie over de vegetatie in de rode band en anderzijds door de reflectie van EM-straling in de NIR-band van het aanwezige bladoppervlak van deze vegetatie. Het toegepaste beeld van het interessegebied is als een enkelvoudig (één frame) beeld met drie banden (groen, rood en nabij infrarood) en als een enkelvoudig (één frame) beeld met 4 banden geclassificeerd en gekarteerd. Voor het 4bandsbeeld zijn de groene, rode, nabij infrarode banden en het resultaat van de NDVI-berekening gebruikt. Daarnaast is een classificatie en kartering van een uit drie frames bestaand 4bandsbeeld uitgevoerd, waarbij gekeken is hoe de resultaten zich verhouden ten opzichte van de resultaten van de beelden die uit één frame bestaan.

1.3 Opbouw rapport

De opbouw van dit rapport is gebaseerd op de praktische uitwerking van de zeegrassenkartering. Het eerste hoofdstuk is een algemene inleiding, waarin een globale beschrijving over de toegepaste methode van karteren van de macrofytobenthos, het projectkader, het doel van dit project en de opbouw van dit rapport wordt gegeven. Hoofdstuk twee beschrijft de achtergronden van de toegepaste benadering bij de analysetechniek van de spectrale patronen. In hoofdstuk drie komen de opzet en uitvoering van de doorlopen processen aan bod en worden de resultaten weergegeven. Het hoofdstuk wordt afgesloten door de presentatie van de eindresultaten van de karteringen. Hoofdstuk vier geeft de conclusies van het verwerkingsproces en de aanbevelingen voor een eventueel vervolgproject weer. In hoofdstuk vijf is een lijst van de gebruikte literatuur opgenomen en het rapport wordt met hoofdstuk zes afgesloten, waarin relevante bijlagen zijn toegevoegd.

2. ANALYSE-TECHNIEK SPECTRALE PATRONEN

De analyse van spectrale patronen is mogelijk met behulp van zogenaamde gegeneerde 'feature spaces'. Deze patronen worden vastgelegd door de keuze van de gebruikte spectrale banden tijdens de opnamevlucht. In iedere band worden de stralingen van de landschapselementen in een ander gedeelte van het electromagnetisch (EM) spectrum waargenomen en geregistreerd. Voor vegetatiekarteringen worden false colour sensoren toegepast die gevoelig zijn in de groene, rode en nabij infrarode (NIR) banden. Het spectrale bereik van deze bandencombinatie in dit project is 505-570 nm voor de groene band, 575-630 nm voor de rode band en 770-845 nm voor de NIR-band (zie fig. 1).



Figuur 1: Overzicht spectrale verdeling electromagnetisch spectrum (Lillesand/Kiefer 1979)

De twee laatst genoemde banden worden voor de verdere verwerking gebruikt, omdat ze specifieke kenmerken bevatten omtrent de aanwezigheid van bladpigmenten, de grootte en het type bladoppervlak, de vochtgehalten van de bodem en open water. Dit uit zich in patronen van absorptie/reflectie van EM-straling. Absorptie is het proces van uitdoving waardoor EM-straling door een object wordt opgenomen en omgezet wordt in andere energievormen (Buiten & Clevers *et al.*, 1990). De absorptie van EM-straling in deze banden maakt enerzijds de soortspecifieke informatie omtrent de vegetatie en de landbedekkingstypen zichtbaar en anderzijds een vochtgradiënt. Onder reflectie wordt het proces van weerkaatsing van EM-straling door een object verstaan. De reflectie van EM-straling in deze banden maakt de vegetatie met hun bladoppervlak zichtbaar. Met behulp van de 'feature space', een beeld waarin de verspreiding van de spectrale waarden van de zichtbaar rode band tegen de nabij infrarode band wordt weergegeven, kunnen van de aangemaakte klassen bekeken worden hoe de klassen zich spectraal ten opzichte van elkaar verhouden (Hartmann R.A. & Fraikin S.J., 1997). In de nu volgende paragrafen worden respectievelijk het model de 'feature space', de rode en de NIR-band beschreven. Ter illustratie zijn beschikbare gegevens van een in zuidwestelijk Nederland gelegen intergetijdengebied 'de Zandkreek' gebruikt. De beschrijvingen zijn tevens gebaseerd op de verwerking m.b.v. de 'feature space' als regressiemodel.

2.1 Feature space

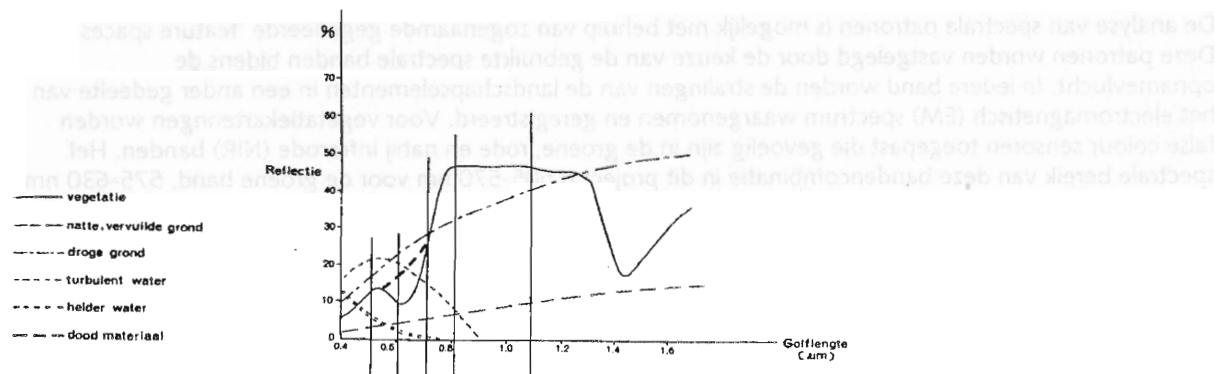
Een 'feature space' is een 2-dimensionale matrix met een xy-assenstelsel. Voor vegetatiekarteringen worden de rode en de nabij infrarode band (NIR) respectievelijk op de x- en y-as tegen elkaar uitgezet (zie afb. 1, blz. 5). Deze - in de afzonderlijke banden - gemeten EM-stralingen krijgen zo een x- en y-waarde. Een pixel in de 'feature space' heeft op deze wijze een xy-coördinaat waaraan unieke specifieke spectrale informatie is gekoppeld. De 'feature space' geeft op deze manier inzicht in het verband tussen de verklarende parameter op de x-as (de soort-/ structuurspecifieke bladpigmenten- en vochtinformatie) de rode band en de afhankelijke parameter op de y-as (de soort-/ structuurspecifieke bladoppervlak- en vochtinformatie) de NIR-band. De kleuren van de pixels indiceren de frequentie waarmee deze pixels voorkomen.

2.2 Rode band

De rode band in dit model bevat de kwalitatieve informatie over de structuur van de landbedekkingstypen en/of vegetatiesoorten. Tevens zitten hier de specifieke gegevens over de standplaatsfactoren (abiotiek) in opgesloten, zoals hydrologische omstandigheden. Een natte bodem heeft b.v. duidelijk een veel lager reflectiepercentage dan een droge bodem. Verder blijkt er een duidelijk contrast in reflectiepercentage te

bestaan tussen kale bodem en vegetatie in het zichtbare (rood en groen) en in het nabij infrarode gebied van het spectrum (Buiten & Clevers *et al.*, 1990).

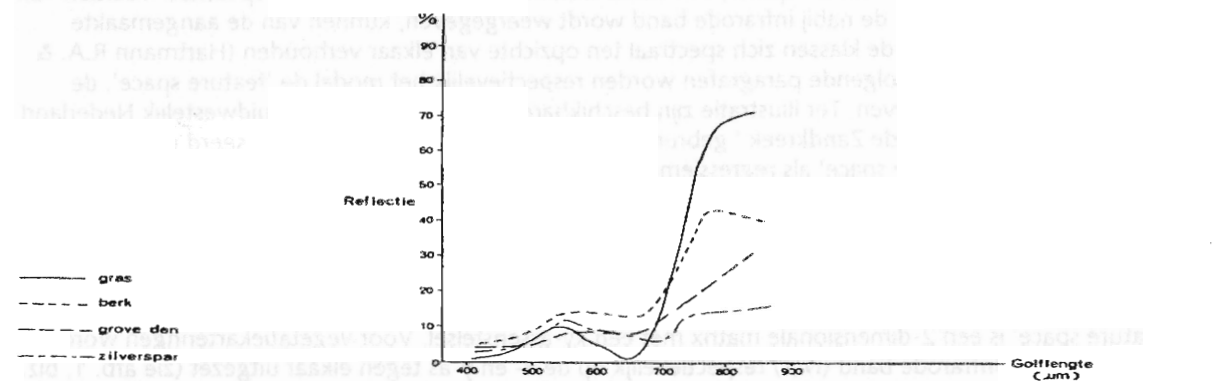
Onderstaand figuur 2 geeft de spectrale curven van de diverse landbedekkingstypen weer. Zo zijn b.v. de vegetatie, natte vervuilde grond, de droge grond en dood materiaal spectraal van elkaar te onderscheiden.



Figuur 2: Spectrale reflectiecurven van diverse landbedekkingstypen (Bron Gils *et al.* naar Hoffnet en Lindenlaub)

Binnen de rode band wordt de straling in het zichtbare licht beïnvloed door de aanwezige bladpigmenten zoals b.v. chlorofyl (a en b). Hiermee worden de aanwezige soortspecifieke kenmerken zichtbaar. Zo geldt dat de reflectie van het zichtbare licht bij vegetatie voornamelijk plaats vindt aan de bovenste bladeren van de vegetatie. De gereflecteerde straling wordt door de meeste planten bepaald door de absorptie van zichtbaar blauw en rood (in mindere mate door groen) licht. Hiermee zegt de rode band iets over de aanwezigheid van bladpigmenten, de structuur en/of vitaliteit van de eventuele aanwezige vegetatie. Door afbraak van chlorofyl of door het ontbreken ervan, zal de absorptie in het rode en blauwe zichtbare licht afnemen en zal de totale reflectie in het zichtbare licht toenemen (Buiten & Clevers *et al.*, 1990).

De rode band bevat daardoor informatie over soortspecifieke spectrale patronen van de aanwezige vegetatie. Deze informatie zegt dus iets over het voorkomen van de aanwezige soorten. Figuur 3 toont de reflectiecurven van een aantal verschillende vegetatiestructuren.



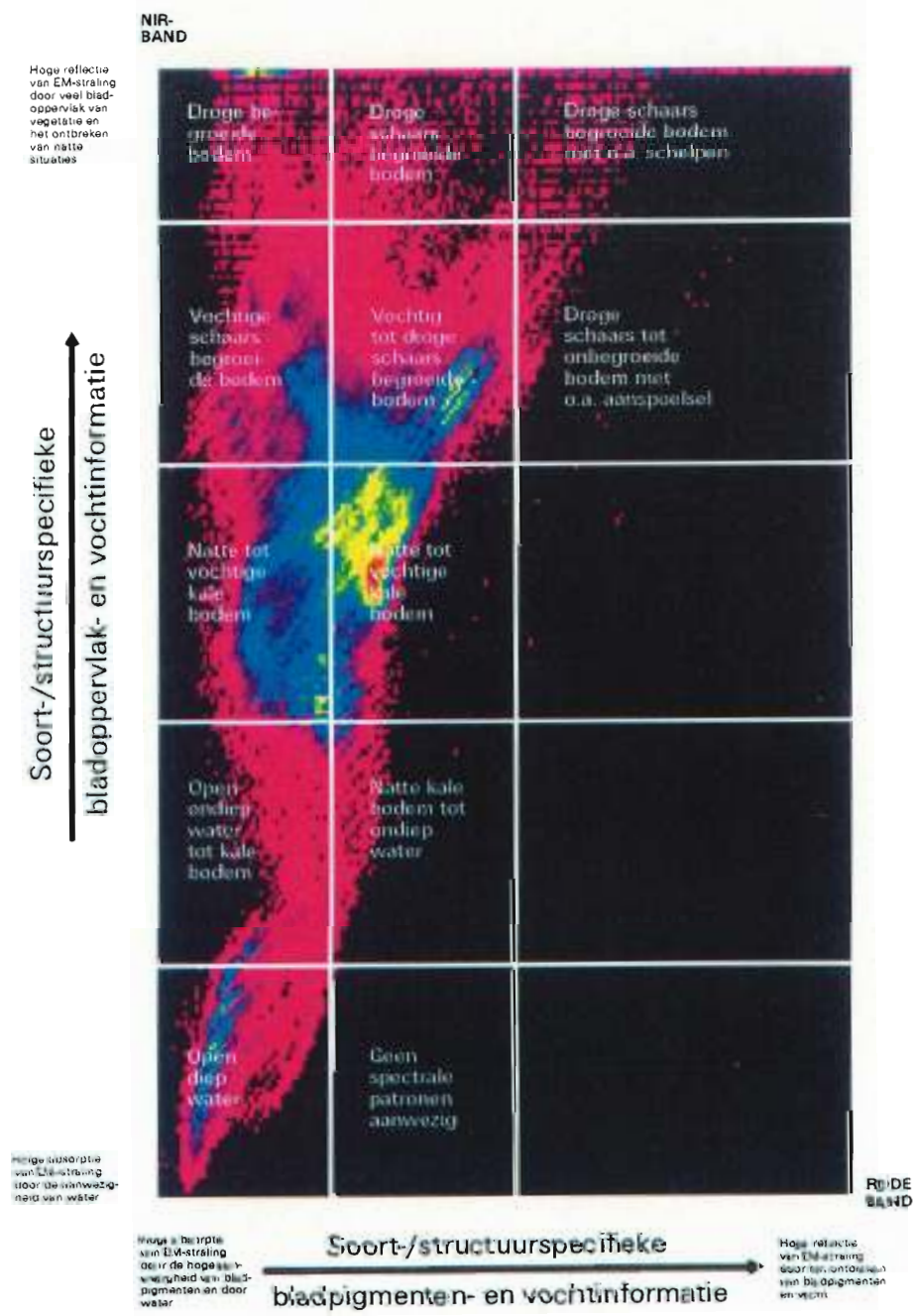
Figuur 3: Spectrale reflectiecurven van diverse bladtypen (Bron Gils *et al.* naar Fritz, 1967)

Daarnaast treedt bij onvolledige bedekking van de bodem met de vegetatie een vermenging met de bodemreflectie op. Deze bodemreflectie wordt sterk beïnvloed door de hydrologische omstandigheden. Dit heeft tot gevolg dat er een spectrale gradiënt in de spectrale 'signatures' optreedt. Een 'signature' is een reflectiekenmerk van een object m.b.t. de relatie tussen golflengte en reflectiepercentage. Bij herhaalde opnamen, waarbij deze reflectieverschillen in diverse banden van het spectrum worden vastgelegd met een sensor, kan dit een determinatiekenmerk zijn t.o.v. andere vegetatietypen. Bij diverse gewassen is, zowel bij veldspectrometersonderzoek als met densiteitsmetingen van luchtfoto's, bij het zichtbare rode licht een hoge correlatie tussen reflectie en bedekkingsgraad van de bodem gevonden (Buiten & Clevers *et al.*, 1990).

2.3 Nabij infrarode band

In het NIR-gebied geldt voor de vegetatie, door het ontbreken van absorptie van EM- straling door de bladpigmenten, dat er EM- straling gereflecteerd wordt. Dit betekent dat de energie door de bovenste bladeren gedeeltelijk gereflecteerd wordt en de rest doorgelaten wordt. Naarmate er meer bladeren op elkaar liggen zal deze reflectie toenemen. Door de toepassing van deze band is het mogelijk om kwantitatieve informatie over het totale bladoppervlak van de aanwezige vegetatie te kunnen geven. Dit wordt meestal gedefinieerd als 'leaf area index (LAI, bladoppervlakte-index)'. Hieronder wordt verstaan het totale bladoppervlak per eenheid bodemoppervlak en geeft de mogelijkheid iets te zeggen over het bladoppervlak van de aanwezige vegetatie via de grootte van de infrarood reflectie. Dit gebeurt dan in combinatie met veldinformatie (Buiten & Clevers *et al.*, 1990). Daarnaast geeft deze waarde een indicatie van de intensiteit waarmee deze straling is opgenomen. De intensiteit van de opgenomen straling geeft informatie over de vitaliteit van de aanwezige vegetatie (Buiten & Clevers *et al.*, 1990).

Afbeelding 1: Schematische weergave van het verband tussen de rode en NIR-band in de 'feature space'.



3. VERWERKING EN RESULTATEN

3.1 Opzet en uitvoering

Vlucht- en cameragegevens

De false colour videovlucht heeft op 20 augustus 1996 plaats gevonden en is uitgevoerd door SYNOPTICS uit Wageningen. Hierbij is gebruik gemaakt van een Silvacam camera met een brandpuntsafstand van 7 mm. Het diafragma stond tijdens de vlucht op automatisch ingesteld en de sluitertijd was op 1/250 vastgezet. Het tijdstip van de vlucht lag tussen 12:15 en 13:00 uur. De vliedsnelheid bedroeg 70 knts en de vlieghoogte lag - behalve voor de overzichtsvlucht (4000 ft) - op 2600 ft.

Het interessegebied is in zes stroken ofwel 'takes' parallel aan de kust gevlogen. Hierbij zijn de kweldervakken dwars opgenomen. Na selectie bleek slechts één 'take' enigszins te voldoen. Voor de kartering is het beeld 00052403.img uit 'take 2' gekozen. De resultaten van de vlucht - waarmee het interessegebied - is vastgelegd zijn te zien in bijlage I.

Vliegomstandigheden

Op het moment van de vlucht was er circa 30 km zicht met een geschatte bedekkingsgraad van 1/8 aan bewolking. De vliegomstandigheden voor de vlucht waren niet optimaal. Op de eerste plaats heeft de aanwezige thermiek beweeglijke beelden veroorzaakt. Op de tweede plaats heeft het tijdstip van de vlucht in een periode gelegen, waarin - door het opkomende tij - de lage delen van het interessegebied geleidelijk met zeewater overspoeld werden. Hierdoor zijn in verschillende 'takes' delen van het interessegebied - met bemonsterde locaties van zeegrasvegetaties - weggevallen.

Globale beschrijving van het interessegebied

Het interessegebied is gesitueerd in de Groningse landaanwinningsgebieden gelegen voor de Linthorst-Homanpolder boven Pieterburen. Het aandachtsgebied ligt op het wad waar de vegetaties met o.a. Klein Zeegras (*Zostera noltii*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*) voorkomen. Op de relatief hoger gelegen delen komen verder nog plaatselijk lage bedekkingen (10% <) van Zeekraal (*Salicornia europaea*) voor. Bemonsterd is het kweldervak tussen dam 390 en 392. De exacte locatie van het interessegebied ligt tussen de x-coördinaten 229.267 en 229.501 en de y-coördinaten 605.000 en 606.200.

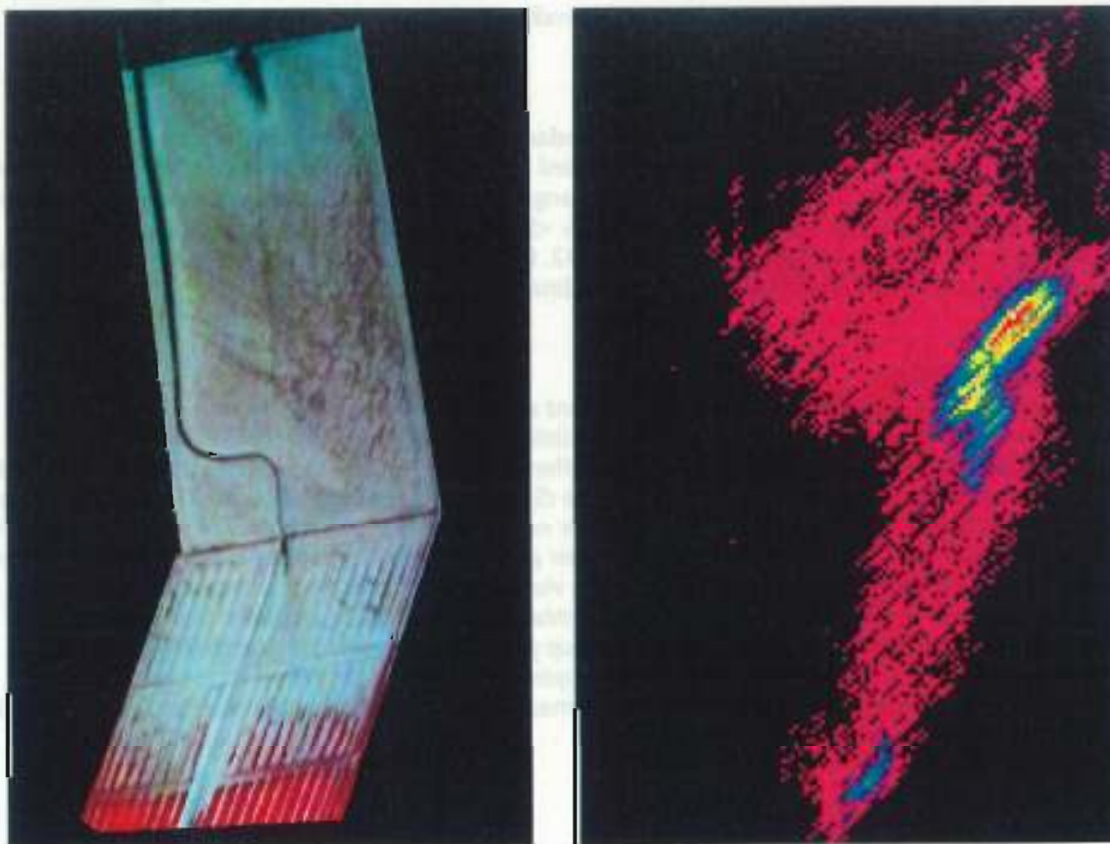
Inwinning veldgegevens

Het veldwerk is door Wim Visser (RIKZ) gecoördineerd en heeft in november / december 1996 plaatsgevonden. Tijdens het veldbezoek zijn de vegetatiesoorten Klein zeegras (*Zostera noltii*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*) bemonsterd. De aangetroffen bedekkingen van Klein zeegras (*Zostera noltii*) lagen binnen een range van 0 tot 5%. Voor Engels slijkgras (*Spartina anglica*) was dit tussen 0 t/m 70% (zie de bijlagen IV en V). In het interessegebied kwam verder nog Zeekraal (*Salicornia europaea*) op de relatief hoge delen van het wad voor. Van deze plantensoort waren geen concrete veldgegevens beschikbaar en is dus geen ijklijn bepaald. Getracht is om aan de hand van vluchtig opgenomen vegetatiebeschrijvingen de eventuele verspreiding van deze plantensoort in het interessegebied aan te geven. De bemonsteringslocaties zijn in het terrein bepaald en de vegetatie is op plaatsen met homogene bedekkingen 'stratified random' opgenomen. Hierbij zijn de bemonsterde oppervlakten in dm² genoteerd en met een draagbaar DGPS-systeem ingemeten (zie bijlagen II en III). Daarnaast zijn markante terreinpunten voor de geometrische correctie van de te bewerken beelden ingemeten.

3.2 Voorbereidingsfase

Het gevolgde karteringsproces is in te delen in een voorbereidings-, classificatie- en een presentatiefase. In iedere fase zijn diverse stappen doorlopen. Zo heeft in de voorbereidingsfase als eerste stap de selectie van de benodigde analoge false colour videotrack plaatsgevonden. Het interessegebied viel exact in één 'track'. Deze 'track' is vervolgens door een framegrabber gedigitaliseerd naar een 'frame' ofwel digitaal beeld. Aan de hand van de berekende transformatie-coëfficiënten is dit ruwe beeld, met behulp van de methode 'nearest neighbour', naar een geometrisch correct beeld 'geresampled'. Daarna is dit beeld geometrisch gevalideerd door het teruglezen van markante - in RD-coördinaten - bekende terreinpunten. Als laatste stap in de voorbereidingsfase hebben de beeldvoorbereidingen t.b.v. de classificatie plaatsgevonden. Hierbij is de eerste handeling het zogenaamd 'afmaskeren' van het interessegebied, waardoor statistisch gezien alleen die waarden tijdens de classificatie worden meegenomen die voor de kartering relevant zijn. Het rekenkundige deel van de classificatie zal hierdoor sneller verlopen. Tevens zullen de resultaten betrouwbaarder zijn (Bakker *et al.*, 1996). De tweede en laatste handeling bestaat uit het zogenaamde 'stretchen' van het beeld. Na het 'stretchen' van een digitaal beeld, waarbij de laagste in het beeld voorkomende pixelwaarden als 0 afgebeeld worden en de hoogste als de waarde 255 en waarbij de tussenliggende waarden lineair worden 'gestretched', zullen de ontstane klassen nauwkeuriger benaderd kunnen worden. Voor het samengesteld (drie frames) 4bandsbeeld geldt, dat de beelden door onderling 'stretchen', beter op elkaar zijn afgestemd. Het nieuw gevormde enkelvoudig (één frame) digitale false colour beeld wordt in de verdere beschrijving van het karteringsproces het '3bandsbeeld' genoemd (zie afb. 2). Tijdens het karteringsproces zijn drie typen beelden gebruikt:

1. enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood en NIR;
2. enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood, NIR en NDVI;
3. samengesteld (drie frames) 4bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood, NIR en NDVI.

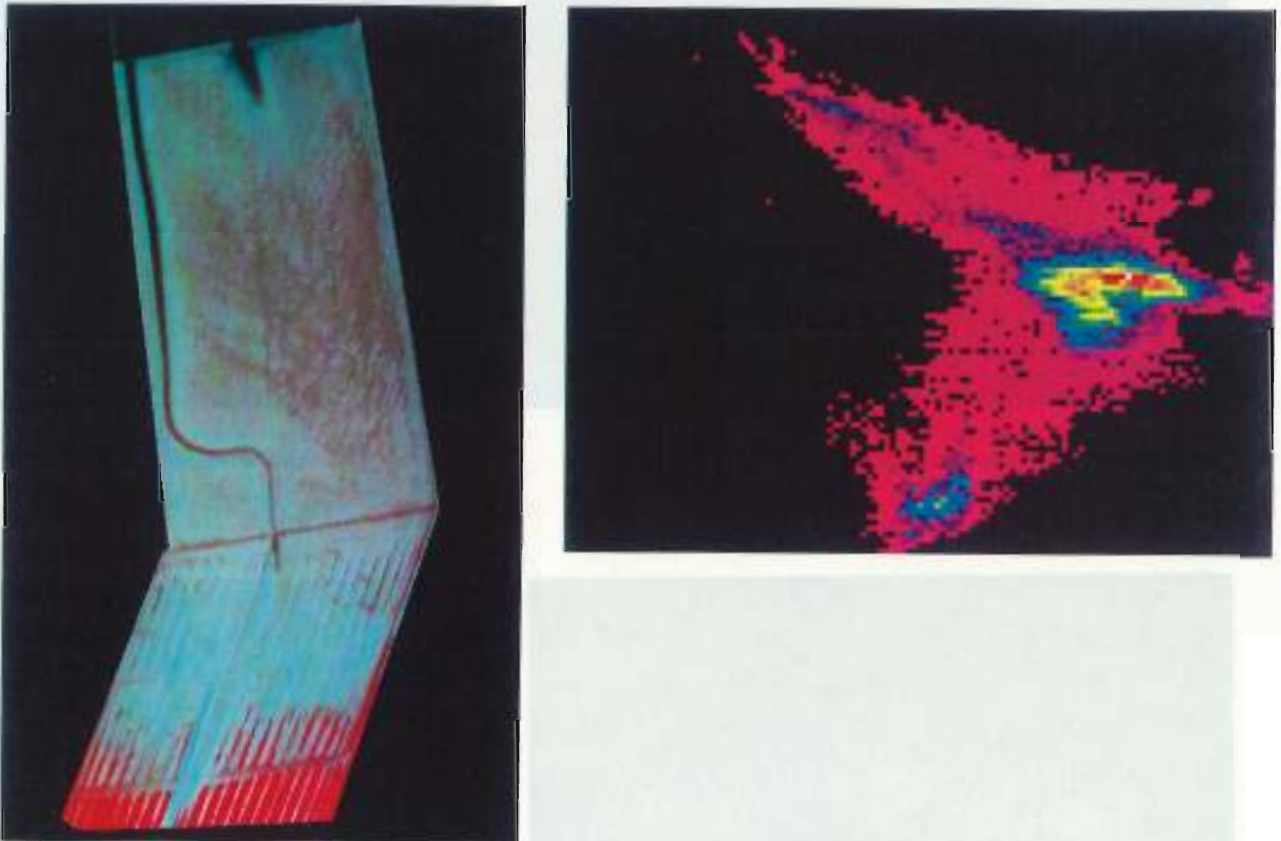


Afbeelding 2: Enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood en NIR met de bijbehorende 'feature space', gegenereerd uit de rode en NIR-band.

Voor de constructie van het enkelvoudige (één frame) en het samengestelde (drie frames) 4bandsbeeld zijn de 'Normalized Difference Vegetation Index' (NDVI) berekend, met als doel de ongewenste invloeden van de optredende verschillen door de aanwezige bodemreflectie of door de atmosferische omstandigheden op de resultaten te corrigeren. Dit soort verstoringen zijn ongewenst bij ruimtelijke en multitemporale analyses (Buiten & Clevers *et al.* 1990). Het door Erdas Imagine 8.2 toegepaste berekeningsalgoritme is:

$$\text{NDVI} = (\text{infrarode band} - \text{rode band}) / (\text{infrarode band} + \text{rode band})$$

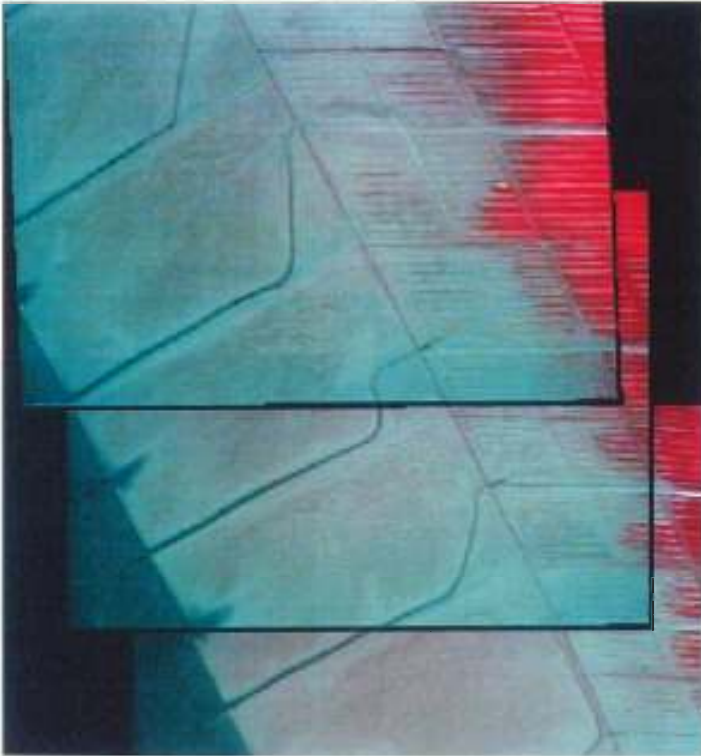
Het resultaat van de NDVI-berekening is als een vierde spectrale band aan deze beelden toegevoegd (zie afb. 3). In de verdere beschrijving van het verwerkingsproces worden deze beelden de 4bandsbeelden genoemd.



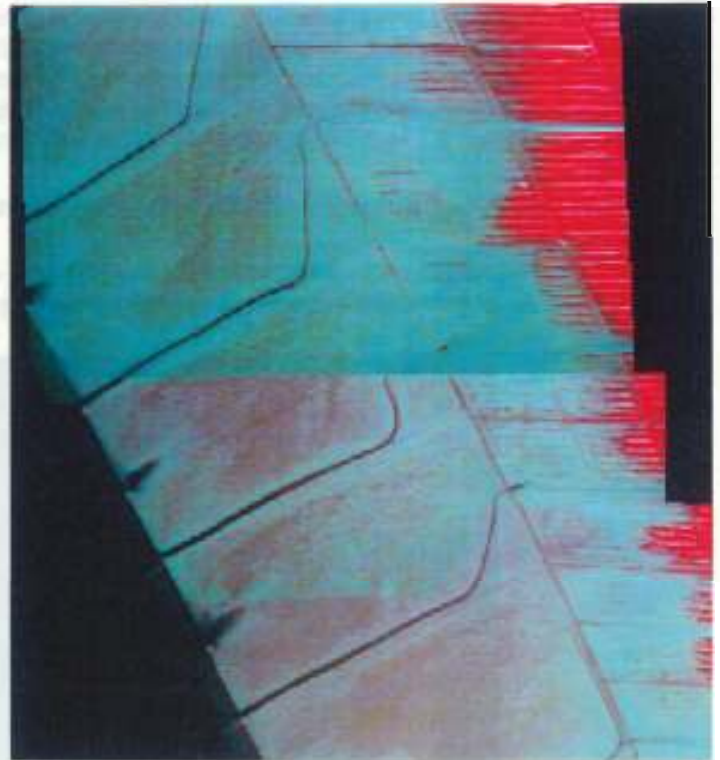
Afbeelding 3: Enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood, NIR en NDVI met de bijbehorende 'feature space', gegenereerd uit de rode en NDVI band.

Bij de enkelvoudige 3- en 4bandsbeelden valt het interessegebied in één frame. Dit betekent dat deze op zichzelf staande beelden spectraal homogeen opgebouwd zijn en daardoor relatief betrouwbare resultaten kunnen geven tijdens een classificatie. Zodra een te karteren gebied een grote oppervlakte bestrijkt, zullen meerdere frames aan elkaar gemonteerd moeten worden. Hierdoor zullen de onderling spectraal verschillende beelden, de radiometrie van het nieuwe samengestelde beeld sterk bepalen. In verband met de beoordeling van de toepasbaarheid van deze false colour video-opnametechniek voor de zeegraskartering, waarbij zeer lage bedekkingen gekarteerd moeten worden bij uitgestrekte lange kuststroken, is een samengesteld beeld geconstrueerd waarbij de naastliggende frames van het interessegebied gebruikt zijn om het te karteren gebied uit te breiden (zie afb. 4 en 5, blz. 10). De benodigde frames zijn volgens de eerder beschreven methode tot 4bandsbeelden beelden verwerkt en in laatste instantie aan elkaar gemonteerd (zie afb. 6, blz. 10).

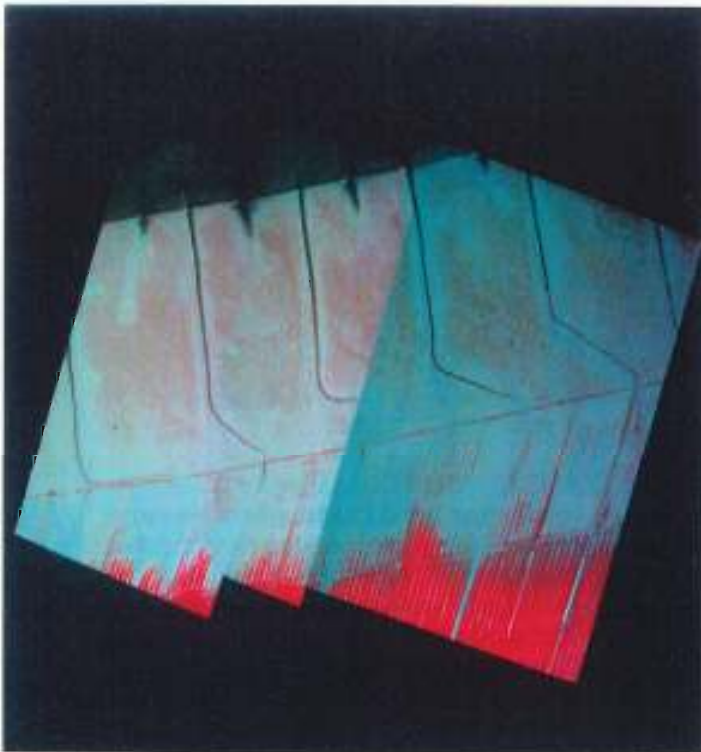
PROCESGANG BEELDVERWERKING VAN LOSSE FRAMES NAAR EEN SAMENGESTELD 4BANDSBEELD



Afbeelding 4: Losse enkelvoudige geometrisch ongecorrigeerde 3bandsbeelden



Afbeelding 5: Losse enkelvoudige geometrisch ongecorrigeerde 4bandsbeelden

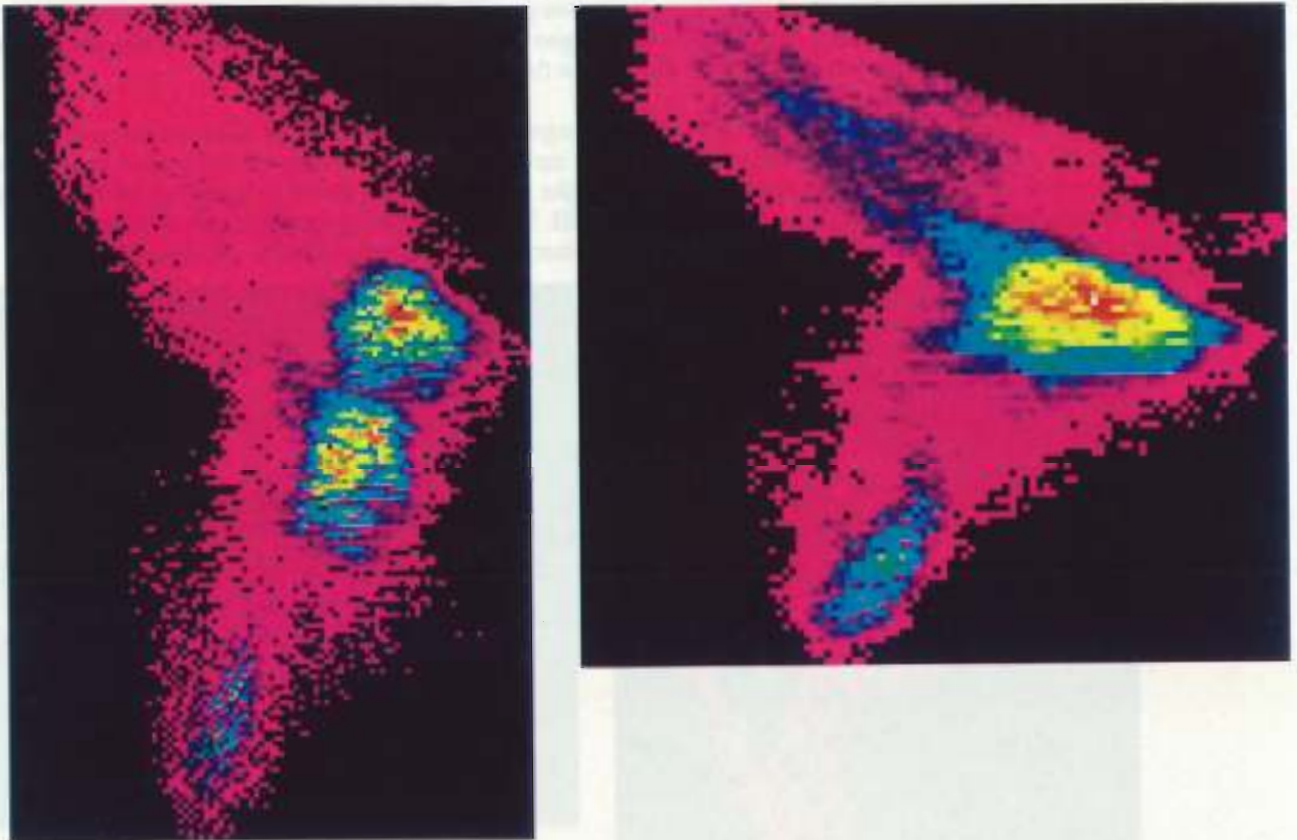


Afbeelding 6: Samengesteld geometrisch correct 4bandsbeeld.



Afbeelding 7: Samengesteld 4bandsbeeld bestaand uit de banden groen, rood, NIR en NDVI. De beelden zijn onderling spectraal naar elkaar toegerekend.

Het nieuw ontstane beeld heeft daarna - i.v.m. de slechte radiometrie (zie afb. 8)- een bewerking ondergaan waarbij de afzonderlijke beelden onderling spectraal naar elkaar toe zijn gerekend en daardoor beter op elkaar afgestemd zijn (zie afb. 7, blz. 10). Dit beeld geeft een 'feature space' die voldoet aan het in hoofdstuk twee beschreven logische patroon van de EM-stralingskarakteristieken.

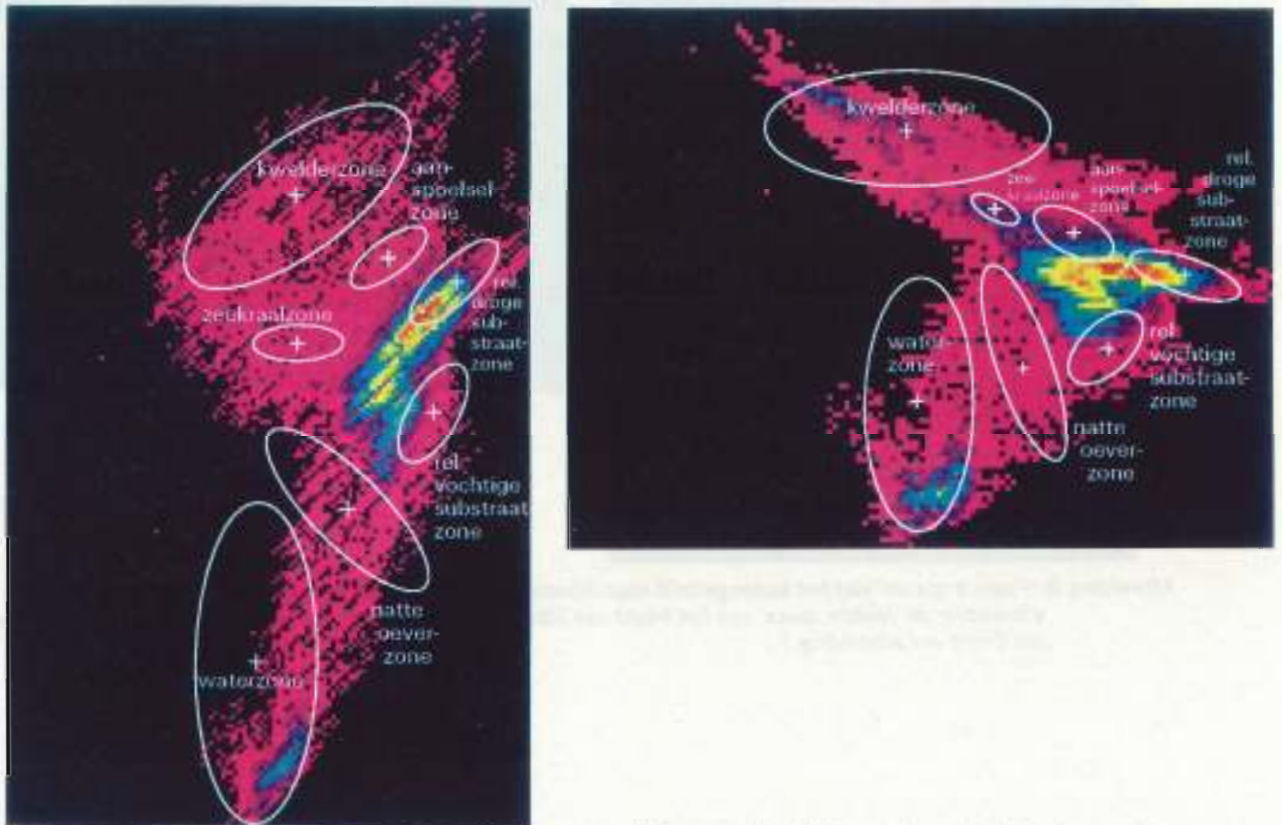


Afbeelding 8: 'Feature spaces' van het samengesteld 4bandsbeeld met de banden rood en NDVI, waarbij de linkse afbeelding de 'feature space' van het beeld van afbeelding 6 weergeeft en de rechter de 'feature space' van het beeld van afbeelding 7.

3.3 Classificatiefase

De classificatiefase bevat zeven stappen. De eerste stap bestaat uit een selectie van geschikte ingemeten veldbemonsteringsgegevens voor de toe te passen trainingsgebieden ofwel 'trainingsamples'. Deze 'trainingsamples' worden gebruikt voor de berekeningen van de ijklijnen, de classificatie en de validatie van het eindresultaat. De gebruikte datasets zijn als bijlagen IV en V toegevoegd.

Tijdens de tweede stap zijn de 'feature spaces layers' gegenereerd van het enkelvoudige (één frame) 3bands- en 4bandsbeeld. Daarna zijn deze false colour beelden op landschappelijk niveau visueel geanalyseerd. Hierbij zijn de in het interessegebied aanwezige landschappelijke componenten - die bij de kartering betrokken zijn - met behulp van 'areas of interests' vastgelegd (zie afb. 9). Van deze 'trainingsamples' zijn de spectrale 'signatures' bepaald, waarna deze als spectrale 'invloedszones' in de 'feature spaces' zichtbaar zijn.



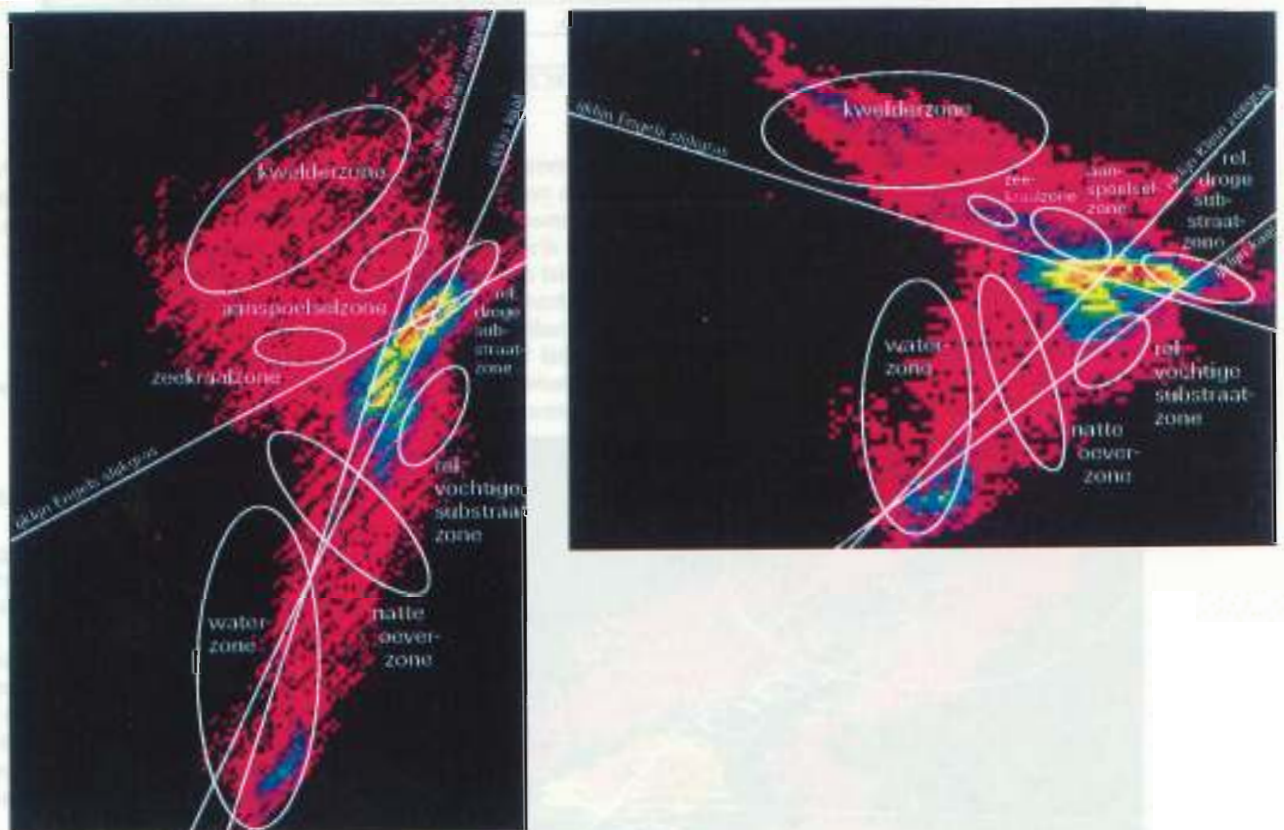
Afbeelding 9: Feature spaces van de enkelvoudige (één frame) beelden, waarbij het linker patroon de 'invloedszones' met hun 'means' van de te karteren landbedekkingstypen uit het 3bandsbeeld weergeven en het rechter patroon die van het 4bandsbeeld.

Deze 'invloedszones' zijn als ellipsen zichtbaar en geven statistisch - afhankelijk van de standaardafwijking - een minimaal en maximaal bereik van de vastgelegde spectrale 'signatures'. Tevens zijn van deze 'invloedszones' de 'means' ofwel gemiddelde reflectiewaarden berekend. Deze worden door een kruissymbool in het centrum van de ellipsen aangegeven. In de 'feature space' is op deze wijze zichtbaar gemaakt waar zich de waterzone, vloedmerkzone en de kwelderzone bevinden. Ook zijn de te karteren klassen; rel. nat substraat, rel. droog substraat en de rel. natte oeverzone op deze wijze vastgelegd. De kleuren waarmee de afzonderlijke pixels uit het grid van de 'feature space' gevuld zijn, geven een indruk van de frequentie waarmee de reflectiewaarden in het beeld voorkomen. Ze zeggen iets over de aangetroffen onderlinge verhoudingen tussen de verschillende aanwezige landbedekkingstypen. De kleurenrange roze - blauw - groen - geel - oranje - rood geeft de toename in frequentie van het voorkomen van de spectraal unieke pixels weer.

In de derde stap van de classificatiefase zijn de geselecteerde veldbemonsteringslocaties van Klein zeegras (*Zostera noltii*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*) met behulp van 'areas of interests' in het false colour beeld vastgelegd. De ingemeten xy-coördinaten van de opnameplaatsen hebben steeds het centrum van de 'trainingsamples' bepaald. Hierbij is getracht het aantal 'counts' (aantal pixels) in verband met de objectiviteit en de reproduceerbaarheid in een 'trainingsample' zo klein mogelijk te houden. Van deze

'trainingsamples' zijn de spectrale 'signatures' bepaald, waarna deze als 'invloedszones' met hun gemiddeld berekende waarden in de 'feature spaces' zichtbaar zijn. De 'trainingsamples' zijn zowel in het 3bands- als in het 4bandsbeeld (zie bijlage II en III) geplaatst, zodat ze met hun eigen specifieke spectrale 'signatures' in de beide beelden zijn vastgelegd.

In de vierde stap van de classificatiefase vinden de lineaire regressieberekeningen ter bepaling van de ijklijnen van de vegetatiesoorten en 'kaal' plaats. Het doel van de ijklijnen is het verwezenlijken van bedekkingsklassen met een glijdende schaal. Door de geringe spreiding in bedekkingen van de opgenomen vegetatie was het niet mogelijk om met de bestaande informatie een range van bedekkingsklassen te construeren. Daarnaast geeft een 'signature' van een opnamelocatie slechts puntinformatie, waardoor een vegetatie met een net iets afwijkende bedekking zonder een glijdende schaal niet weergegeven kan worden. De spectrale 'signatures' van de vegetatieopnamenlocaties en kale bodem kunnen in de 'feature space' zichtbaar gemaakt worden. Deze vormen met hun 'means' puntenwolken die gerelateerd zijn aan de assenstelsels van de 'feature spaces'. Deze assenstelsels zijn als regressiemodellen gebruikt. De tabellen met de xy-posities van de 'means' zijn uit het systeem geëxporteerd en statistisch verwerkt in Microsoft Excel. Op deze manier zijn de ijklijnen voor de Klein zeegras (*Zostera noltii*), het Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en 'kaal' bepaald en in de 'feature spaces' van de te classificeren beelden geploot.



Afbeelding 10: Feature spaces van de enkelvoudige beelden, waarbij het linker patroon de 'invloedszones' van de te karteren landbedekkingstypen met de ijklijnen van Klein zeegras, Engels slijkgras en 'kaal' uit het 3bandsbeeld weergegeven en het rechter patroon die van het 4bandsbeeld.

Uitgangspunt voor de benadering is dat er een lineair verband bestaat tussen de betrokken parameters, zoals geformuleerd in hoofdstuk 2. Dit verband wordt beschreven met een lineaire functie $y = ax + b$. Deze lijn biedt de mogelijkheid om binnen de 'invloedszones' van de 'signatures' m.b.v. de 'means' de gewenste bedekkingsklassen met een glijdende schaal te construeren. Zonder deze benadering is het bepalen van een bedekkingsklasse subjectief en heeft het een toevallig karakter. Daarnaast geeft het toepassen van ijklijnen een reproduceerbare methode van classificatie, waarbij globaal een uitspraak gedaan kan worden over de gebruikte nauwkeurigheden. De berekende ijklijnen geven van de aanwezige 'means' de best passende regressielijn (in de zin van het kleinste kwadraten-criterium), waarmee het verloop van deze 'means' aangegeven kan worden. De geldigheid van de ijklijn geldt alleen tussen de meest uiterst gelegen 'means'. Voor deze vegetatiekartering zijn drie ijklijnen bepaald.

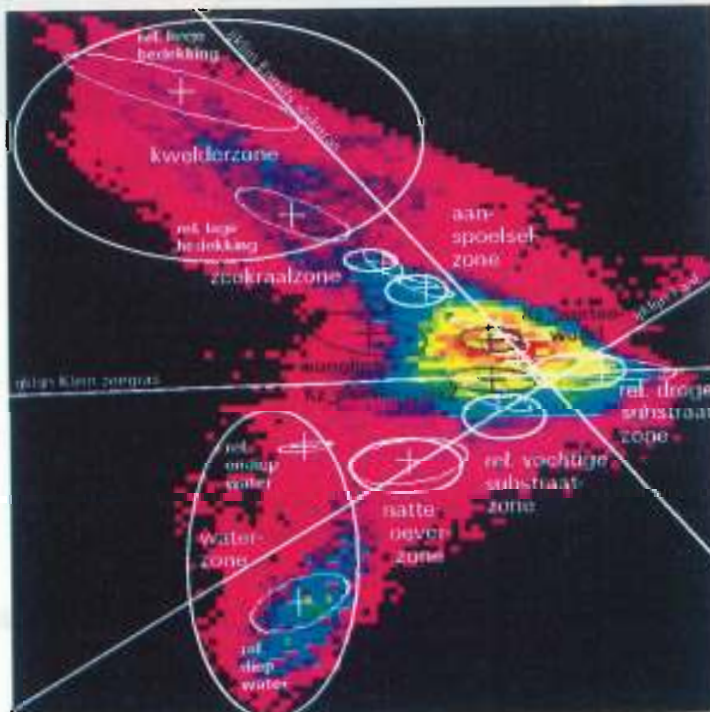
In dit rapport zal slechts de ijklijn van de Kleine zeegrassen (*Zostera noltii*) voor het karteren van het aanwezige bedekkingspatroon gedetailleerd uitgewerkt worden (zie afb. 10, blz. 13). De resultaten van de uitgevoerde berekeningen zijn in de onderstaande tabel 1 vermeld. In de grafieken 1 en 2 worden deze resultaten grafisch - met de geldende betrouwbaarheidsintervallen - weergegeven. Wegens de zeer slechte resultaten (zie r en r^2) van het samengestelde (drie frames) 4bandsbeeld is de grafiek van dit beeld niet weergegeven.

Statistische gegevens: Klein zee gras (<i>Zostera noltii</i>)			
Aantal spectrale banden	3 (één frame)	4 (één frame)	4 (drie frames)
Richtingscoëfficiënt (a)	3,32	1,02	0,04
Snijding met de y-as (b)	-3114277	-100200	128399
Standaardafwijking van a	0,70	0,29	0,21
Standaardafwijking van b	1000361	410457	295425
Toetsingsgrootte F	22,25	12,47	0,03
Correlatiecoëfficiënt (r)	0,66	0,55	0,17
Kwadraat correlatiecoëfficiënt (r^2)	0,44	0,30	0,00
r%	44%	30%	0%
Aantal vrijheidsgraden (n)	28	29	29

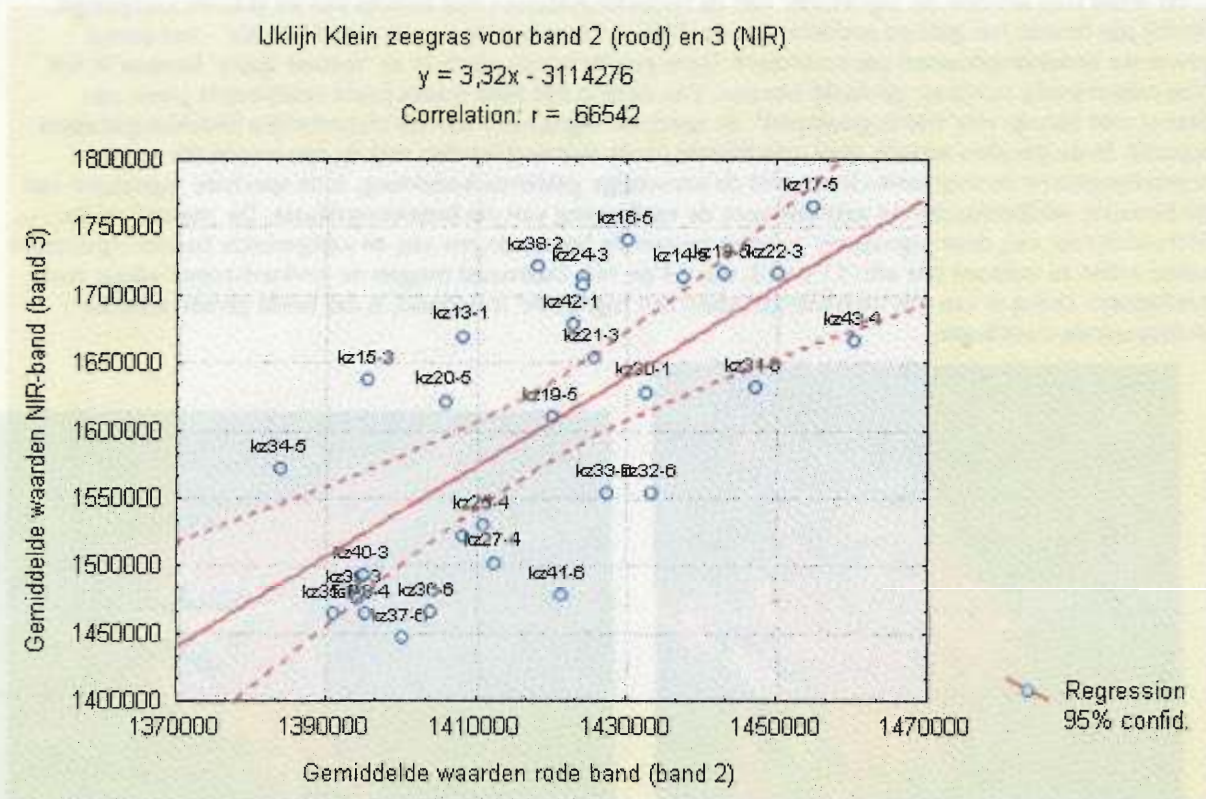
Tabel 1: Berekeningsresultaten van de functie LIJNSCH (EXCEL) voor Klein zee gras (*Zostera noltii*).

Toelichting op bovenstaande tabel:

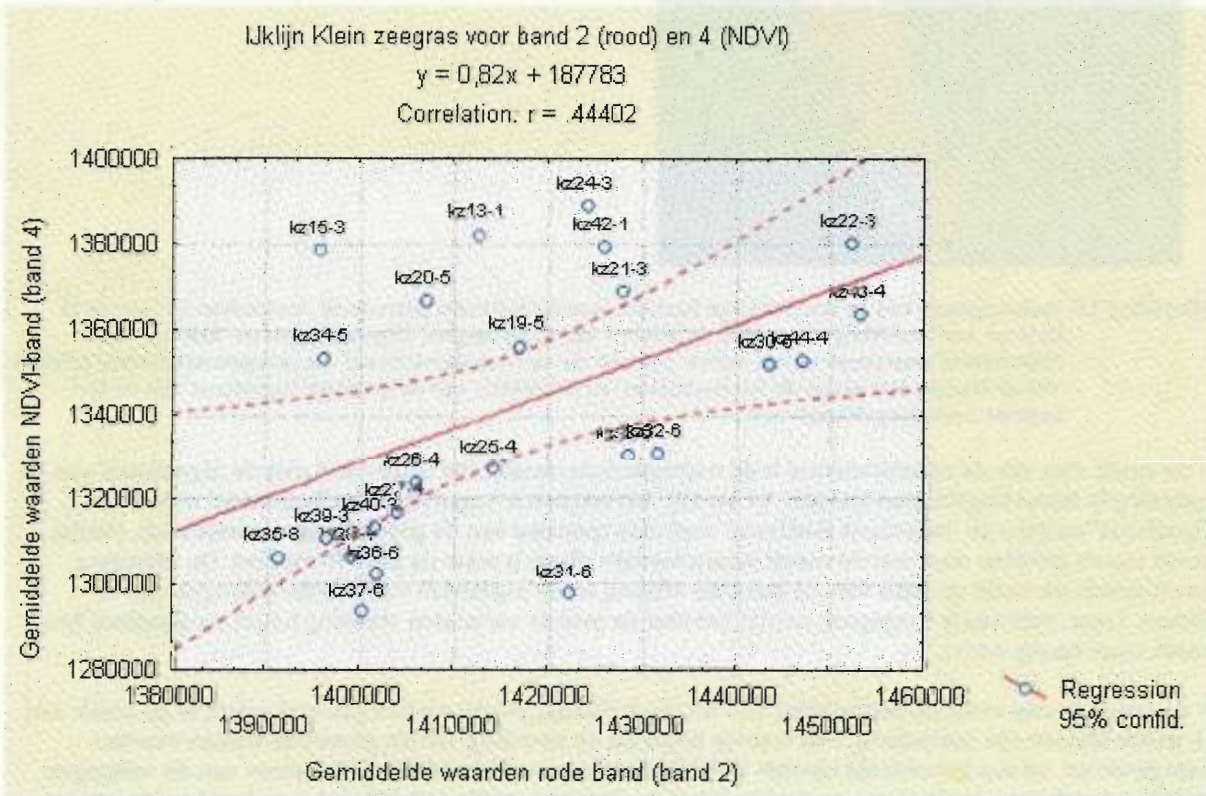
De opnamegegevens van Klein zee gras (*Zostera noltii*) kenmerken zich door de zeer lage bedekkingspercentages. Voor de berekeningen van de ijklijnen van Klein zee gras (*Zostera noltii*) geldt dat er 28 tot 29 vrijheidsgraden waren. Deze punten vertonen grafisch 2 apart van elkaar liggende krommes en vormen zo 2 verschillende puntenwolken (zie afb. 11). De grafische weergave van deze gebruikte gegevens geeft al aan dat de uitgangssituatie niet optimaal is (zie graf. 1 en 2, blz.15). In de berekeningen (zie tabel 1) zien we dan ook dat de lineaire regressieberekeningen zeer lage correlatiecoëfficiënten (0,17 t/m 0,66) geven. De kwadraatcorrelatiecoëfficiënten (r^2) geven aan hoe goed de vergelijkingen, die uit de lineaire regressie volgen, de verhouding tussen de variabelen beschrijven. Dit wordt in percentages uitgedrukt (r%). Uit de gegevens blijkt (zie tabel 1) dat het samengestelde 4bandsbeeld, dat uit 3 afzonderlijke aan elkaar gemonteerde frames bestaat, de slechtste resultaten gaf. Het samengestelde beeld heeft een correlatiecoëfficiënt van 0,17. Er is dus geen verband aangetroffen (zie afb.11).



Afbeelding 11: Feature spaces van het samengestelde 4bandsbeeld, waarbij de 'invloedszones' van de te karteren landbedekkingstypen met de ijklijnen van Klein zee gras, Engels slijkgras en 'kaal' zijn weergegeven. Tevens zijn de opnamegegevens die de Kz_puntenwolken 1 en 2 vormen samen met de effecten van 'sunglint' te zien in zwarte ellipsen.

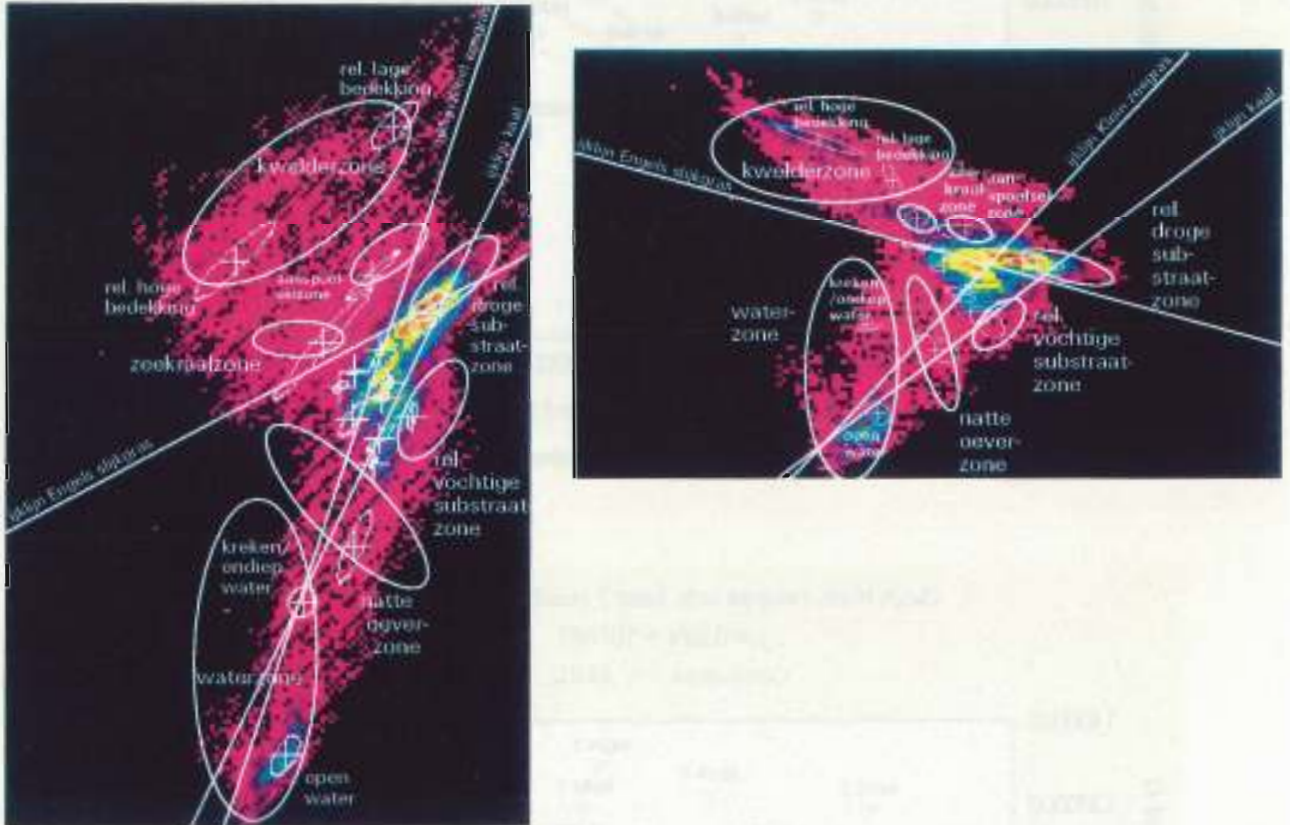


Grafiek 1: IJklijn Klein zeegras (*Zostera noltii*) in 3bandsbeeld.



Grafiek 2: IJklijn Klein zeegras (*Zostera noltii*) in 4bandsbeeld.

In de vijfde stap worden de 'signatures' van de bedekkingsklassen met behulp van de ijklijnen vastgelegd. Hierbij zijn binnen het geldige gedeelte van de ijklijnen - met behulp van 'areas of interest' - het aantal gewenste bedekkingsklassen geconstrueerd. Deze geselecteerde pixels in de 'feature space' kunnen in het false colour beeld zichtbaar gemaakt worden. Van deze in het false colour beeld oplichtende pixels zijn daarna met behulp van 'trainingssamples', de spectrale 'signatures' van de afzonderlijke bedekkingsklassen bepaald. In de gevallen waarbij deze oplichtende pixels overeenstemden met de opnamelocatie van een vegetatieopname en overeenkwamen met de aanwezige geldende bedekking, is de spectrale 'signature' van die bewuste veldbemonstering gebruikt voor de vastlegging van die bedekkingsklasse. De 'means' en de 'invloedszones' van deze 'signatures' moeten binnen de begrenzingen van de vastgestelde bedekkingsklassen vallen willen ze voldoen (zie afb. 11 en 12, blz. 14 en 16). Daarnaast mogen de 'invloedszones' elkaar niet overlappen. Zodra er van alle bedekkingsklassen een 'signature' is bepaald, is dat beeld gereed voor de multispectrale classificatie.



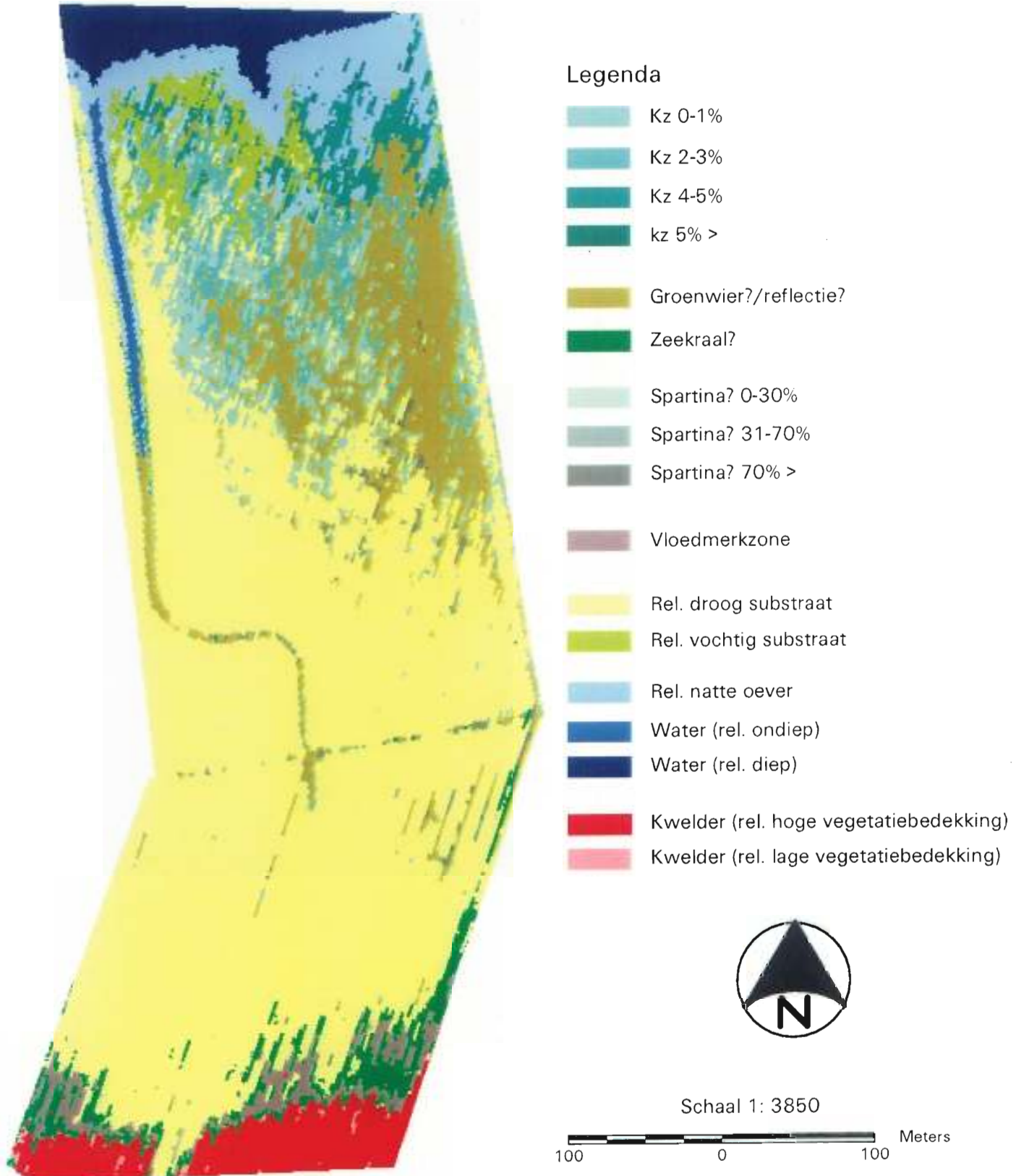
Afbeelding 12: Feature spaces van de enkelvoudige beelden, waarbij het linker patroon de 'invloedszones' van de te karteren landbedekkingstypen met de ijklijnen van Klein zee gras, Engels slijk gras en 'kaal' uit het 3bandsbeeld weergeven en het rechter patroon die van het 4bandsbeeld. De onregelmatige witte ellipsen met de kruisjes erin geven de 'invloedszones' en de 'means' van de spectrale 'signatures' van de te karteren bedekkingsklassen weer.

In de zesde stap van de classificatiefase is de multispectrale classificatie uitgevoerd met de 'signatures' van de vastgelegde bedekkingsklassen (zie afb. 11 en 12). Vervolgens is 'supervised' geclassificeerd m.b.v. de 'signatures' volgens de 'maximum likelihood' methode (principe van de grootste aannemelijkheid). Hierbij wordt steeds gekeken naar wat de meest waarschijnlijke plaats is waar de pixel thuishoort. De afweging wordt steeds gemaakt op basis van de spectrale afstand en de ingestelde standaardafwijkingen van de klassen. Deze methode is toegepast, omdat het met de meeste variabelen rekening houdt en daardoor het meest nauwkeurig werkt.

In de zevende stap vindt de beoordeling van het eindresultaat plaats, waarin getoetst wordt of de pixels aan de goede klassen zijn toebedeeld. Het nieuwe beeld zal de spreiding van de gewenste klassen moeten weergeven en zal dus beoordeeld moeten worden op zijn betrouwbaarheid. Het toetsen van de verkregen bedekkingspatronen heeft plaats gevonden door visuele interpretatie van het verkregen eindresultaten en door terugkoppeling met de opdrachtgever of de mensen uit het veld.

3.4 Presentatiefase

Als eerste resultaat wordt de kartering met behulp van het enkelvoudige (één frame) 3bandsbeeld weergegeven. Daarna volgt het resultaat van het enkelvoudige (één frame) 4bandsbeeld en als laatste volgt het resultaat van het samengesteld 4bandsbeeld. De classificatie van het enkelvoudige (één frame) 4bandsbeeld geeft een resultaat dat de realiteit het meest benaderd.

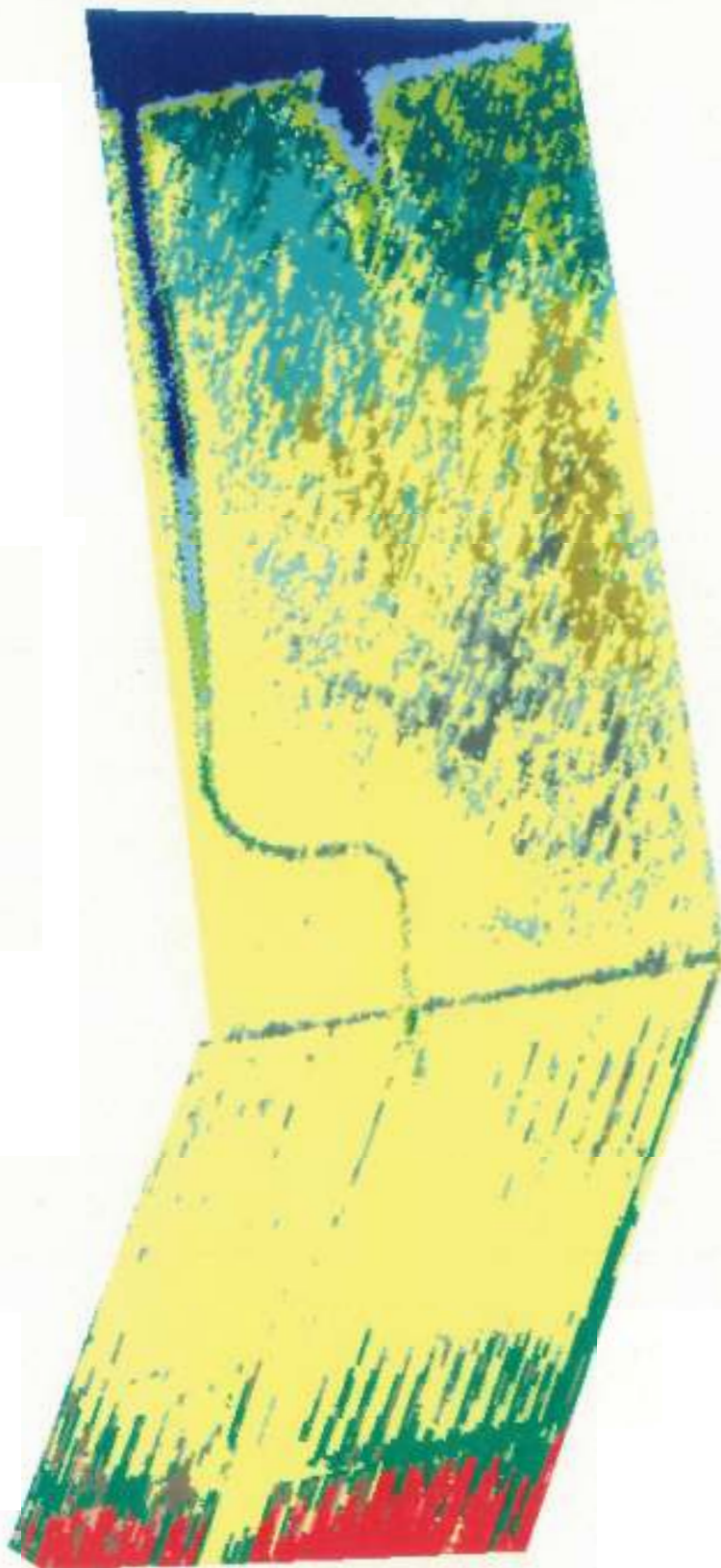


False-colour beeld : Groningse kwelderwerken
 Locatie: Kweldervak tussen dam 390 en 392
 Banden: 1, 2 en 3 (groen, rood en nabij infrarood)
 Techniek: False colour video
 Opnamedatum: 20 aug. 1996





Meetkundige Dienst
 Rijkswaterstaat
 Delft



MULTISPECTRALE CLASSIFICATIE LANDBEDEKKINGSTYPEN



Legenda

-  Kz 0-1%
-  Kz 2-3%
-  Kz 4-5%
-  Kz 5% >
-  Groenwier?/reflectie?
-  Zeekraal?
-  Spartina? 0-30%
-  Spartina? 31-70%
-  Spartina? 70% >
-  Vloedmerkzone
-  Rel. droog substraat
-  Rel. vochtig substraat
-  Rel. natte oever
-  Water (rel. ondiep)
-  Water (rel. diep)
-  Kwelder (rel. hoge vegetatiebedekking)
-  Kwelder (rel. lage vegetatiebedekking)



Schaal 1: 3850

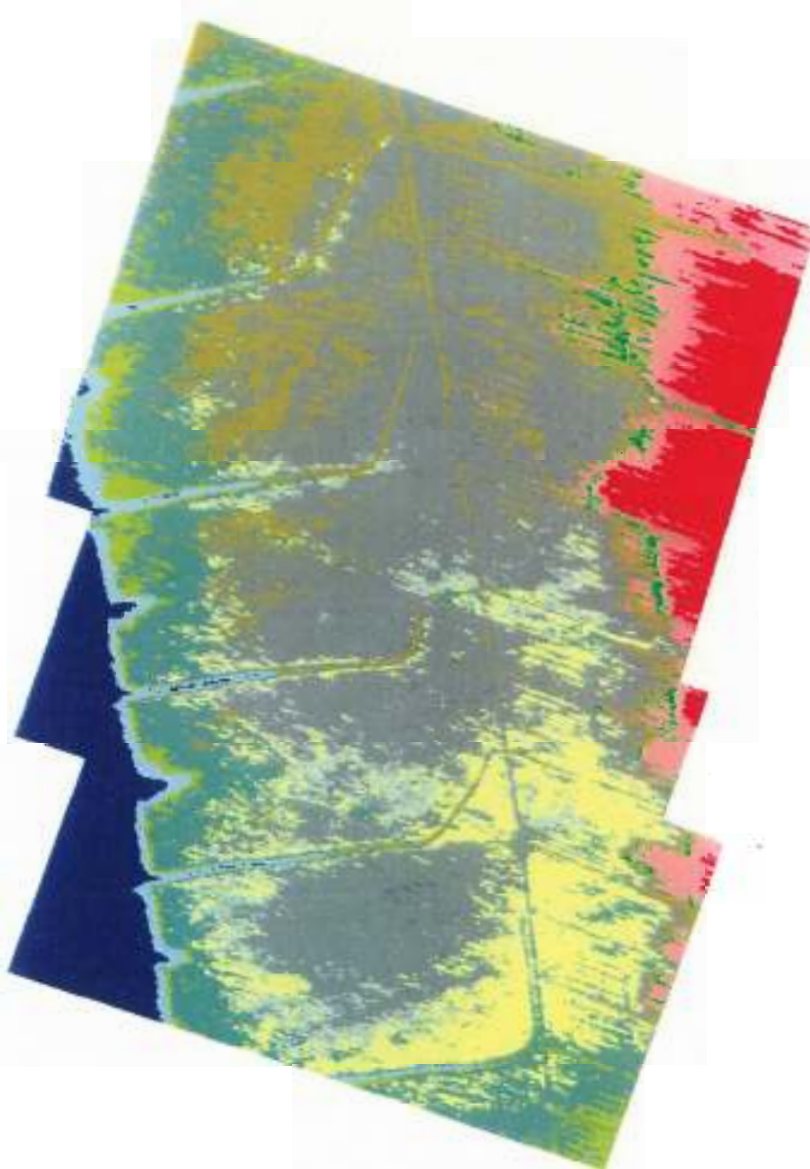
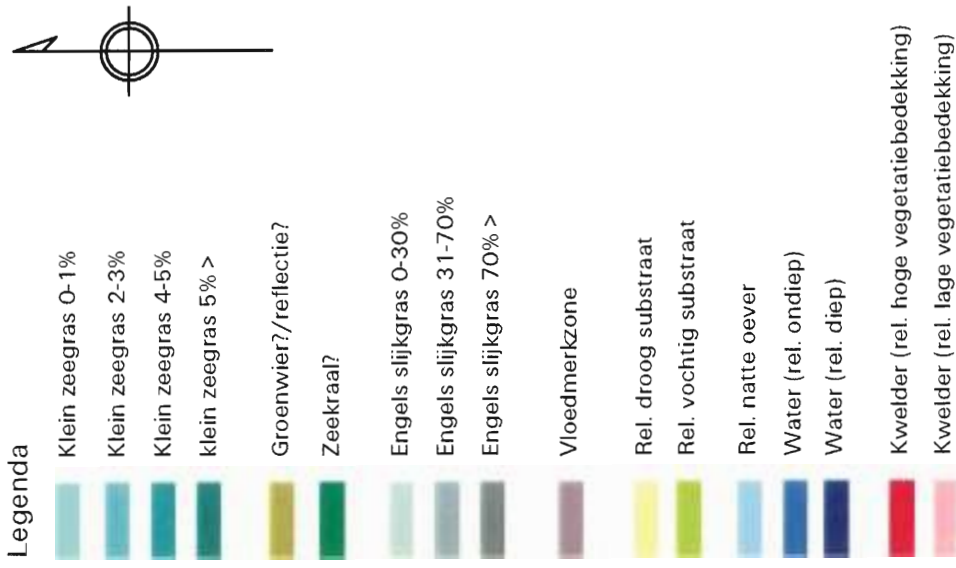


False colour beeld : Groningse kwelderwerken
 Locatie: Kweldervak tussen dam 390 en 392
 Banden: 1, 2, 3 en 4(groen, rood, NIR en NDVI)
 Techniek: False colour video
 Opnamedatum: 20 aug. 1996

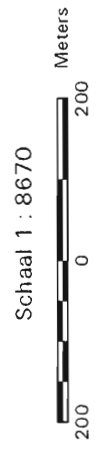
Meetkundige Dienst
 Rijkswaterstaat
 Delft



MULTISPECTRALE CLASSIFICATIE VAN HET INTERESSEGEBIED MET DE TWEE NAASTLIGGENDE VIDEO-FRAMES



Meekundige Dienst
Rijkswaterstaat
Delft



Samengesteld FC-beeld, Groningse kwelderwerken
Locatie: Kweldervakken tussen de dammen 388 en 394
Spectrale banden: 1, 2, 3 en 4 (groen, rood, NIR en NDVI)
Techniek: False colour video
Opnamedatum: 20 aug. 1996

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

Veldwerk

De inwinning van de data heeft op een consistente wijze plaatsgevonden, waardoor deze eenduidig te verwerken was. De vegetatieopnamen zijn op grond van de vooropgestelde criteria volkomen willekeurig gekozen. Opvallend was dat de opgenomen bedekkingen van de bemonsterde Klein zee gras (*Zostera noltii*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*) vegetaties niet in alle gevallen met de verwachte bedekkingspatronen in de 'feature spaces' overeenkwamen. Dit wordt ondersteund in het totale beeld van de spreiding in de opgenomen bedekkingen van deze vegetaties, zoals deze in de vegetatieopnamen staan vermeld. Veel bedekkingen zijn in het terrein op eenzelfde percentage geschat.

De opnameplaatsen vormen met de lage bedekkingen van de vegetaties een mengvorm met de bodem die vochtig tot droog is. Deze menging van vegetatie en bodem wordt 'mixels' genoemd. Dit betekent dat het spectrum van de vegetatie door de lage bedekkingsgraad veel invloed van de aanwezige bodemreflectie heeft ondervonden en daardoor gradiëtsituaties in de 'feature space' veroorzaakt. De gegevens over de verhoudingen (in percentages) van de abiotische factoren met de aanwezige vegetatie zijn bij de bemonsteringen en de selectie van de 'trainingssamples' niet mee genomen.

Tijdens de verwerking is tevens gebleken dat de relatie tussen de aanwezige biomassa van de vegetatie en het opgenomen beeld discutabel is. De video-opnamevlucht en de vegetatieopnamen zijn niet gelijktijdig opgenomen. De in het gebied aanwezige dynamiek van water kan in de tussenliggende periode b.v. tijdens springvloed, de aanwezige relatie tussen de vegetatie en de opgenomen reflectiewaarden, verstoord hebben.

De bemonsterde oppervlakten van de zeegrassen zijn klein van afmeting. De gemiddelde oppervlakten liggen ongeveer op 0.30 m x 0.30 m. Het toegepaste plaatsbepalingssysteem is in staat om met een nauwkeurigheid van circa 0.30 tot 1.50 m deze punten in te meten. De verdere verwerking geeft na het grabben van de frames en de 'resampling' naar een geometrisch correct beeld een resolutie van 1.0 m x 1.0 m. De gewenste geometrische nauwkeurigheid om een homogeen trainingsgebied vast te leggen wordt dus niet bereikt. Hierdoor kan geconcludeerd worden dat het niet mogelijk is kwantitatieve en kwalitatieve gegevens van de opgenomen bedekkingen van de vegetatiesoorten met de gewenste hoge nauwkeurigheid te koppelen.

False colour video als inwintechniek

De toegepaste inwintechniek kan gebruikt worden bij het interpreteren van ecologische patronen in het landschap. Door de gebruikte bandencombinatie is het mogelijk om informatie over de landbedekkingstypen, de aanwezige structuren en de spreiding hiervan uit de 'feature space layers' te verkrijgen. In ecologische zin hebben de biotische en abiotische factoren in een (sub)landschap een relatie met elkaar. Op deze wijze kunnen door het gebruik van directe of afgeleide informatie deze ecologische patronen in een 'feature space layer' vastgelegd worden. Videotechniek is echter geometrisch en radiometrisch niet geschikt om subtiele patronen van lage bedekkingen correct vast te leggen. Dit effect wordt versterkt indien meerdere frames aan elkaar gemonteerd worden.

Geometrische nauwkeurigheid

Het ruwe, analoge beeld ondergaat na de opnamevlucht een aantal stappen waardoor de geometrische nauwkeurigheid beïnvloed wordt. De framegrabber geldt hierbij als de beperkende factor en bepaalt uiteindelijk de nauwkeurigheid van het beeld. De geometrische nauwkeurigheid van het beeld komt op 1 m x 1 m te liggen. De zogenaamde 'output cell size' voor het nieuwe beeld (raster) zijn daardoor op 1 m x 1 m gezet.

Geconcludeerd kan worden dat in theorie alle stappen qua nauwkeurigheden voldoende met elkaar overeenkomen. Het is echter de vraag of de gewenste nauwkeurigheden wel gehaald worden. Hierbij spelen de opgenomen kwadranten van de vegetatie een grote rol. De beschrijvingen dekken gemiddeld de bemonsteringsoppervlakten met een lengte en breedte die varieert tussen de 0.40 en 0.50 m. Een afwijking van één pixel bij een perfecte transformatie maakt het 'trainingssample' reeds ongeldig. Zodra de 'trainingssamples' niet op de juiste locaties geplaatst zijn zullen ze dus niet het juiste patroon in biomassa en/of standplaatsfactoren aangeven waardoor het patroon van spreiding en bedekking niet betrouwbaar is.

Vastlegging van spectrale 'signatures'

De betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de kartering worden ondermeer bepaald door de vastlegging van de spectrale 'signatures'. Er kunnen een tweetal conclusies getrokken worden omtrent de nauwkeurigheid van het enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld en enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld:

1. Het met een NDVI-band gekoppelde 4bandsbeeld lijkt - i.v.m. de gestelde classificatievoorwaarden door het beeldverwerkings-programma - t.o.v. het 3bandsbeeld meer 'counts' per 'trainingssample' nodig te hebben voor bruikbare 'signatures'. I.v.m. het objectieve karakter van de vastlegging van de spectrale 'signatures' is gestreefd steeds het minimale aantal 'counts' per 'trainingssample' vast te leggen. Erdas kan tijdens een 'maximum likelihood classificatie' van een 'signature' van een 'trainingssample' met een hoog aantal exact dezelfde pixels geen covariantiematrix bepalen en deze inverteren. Hiervoor is een zekere heterogeniteit van de pixels in de 'trainingssamples' nodig. Het groter aantal benodigde pixels in een 'trainingssample' voor een bruikbare 'signature' geeft aan dat de terreinomstandigheden, zoals die zijn opgenomen, overeenkomsten vertonen. Dit uit zich weer in de spectrale patronen van de 'feature spaces'.
2. De 'signatures' kunnen een indicatie geven over de betrouwbaarheid van de spectrale patronen. Naarmate het aantal 'counts' per 'trainingssample' groter is, zullen de vastgelegde 'signatures' groter homogenere terreinomstandigheden vastleggen. Via de berekende ijklijnen zullen hierdoor 'signatures' van de bedekkingsklassen geconstrueerd kunnen worden, waardoor de resultaten van de classificatie de omstandigheden beter zullen representeren.

Lineaire regressie als determinatie-instrument

Aan de hand van de verkregen resultaten blijkt uit de 'feature spaces' met de berekende ijklijnen dat het bij deze opdracht niet gelukt is om de lage bedekkingsklassen van Klein zee gras (*Zostera noltii*) te karteren. De correlatiecoëfficiënten van de ijklijnen geven, zowel in de resultaten van het enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld, enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld en het samengestelde (drie frames) 4bandsbeeld, met hun lage waarden aan, dat er géén significant verband is aangetroffen. Dit wil zeggen dat er vrijwel geen verband is gevonden tussen de rode band als verklarende parameter met EM-karakteristieken (absorptie door bladpigmenten) van de vegetatiebedekkingen met Klein zee gras (*Zostera noltii*) en de NIR-/ NDVI-band als afhankelijke parameter met EM-karakteristieken (reflectie door het bladoppervlak) van aanwezige vegetatie. Dit geeft aan dat er vrijwel geen absorptie van zichtbaar rood en blauw licht door de bladpigmenten heeft plaatsgevonden in de rode band.

Geconcludeerd mag worden dat de 'means' van de 'signatures' meer informatie geven over de standplaatsfactoren. Door de lage bedekkingsgraad van de vegetatie is de bodemreflectie dominant en zorgt deze in de rode band voor een toename in reflectie van EM-straling. De hydrologische omstandigheden hebben samen met het vochthoudend vermogen van de bodem door absorptie van EM-straling in de rode band voor een gradiënt gezorgd. Zowel het enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld als het enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld geven dit als resultaat. Geconcludeerd mag worden dat de hellingshoeken van de ijklijnen, die gebaseerd zijn op het verband tussen de rode en NIR-/ NDVI-band, gradiëntsituaties van vocht en bodem op de bemonsterde plaatsen met de lage bedekkingen van Klein zee gras (*Zostera noltii*) weergeven. Door de smalle ecologische amplitude van Klein zee gras (*Zostera noltii*) - in ecologische zin - zeggen de ijklijnen iets over de standplaatsfactoren en daarmee iets over het voorkomen van Klein zee gras (*Zostera noltii*) of over de mogelijke aanwezigheid van Klein zee gras (*Zostera noltii*).

Het uiteindelijke resultaat is dus een voorspellingsmodel, waarmee aan de ene kant lage bedekkingen van Klein zee gras (*Zostera noltii*) gevonden kunnen worden en aan de andere kant de geschikte standplaatsen aangeven kunnen worden waar deze plantensoort zich in de toekomst zou kunnen gaan vestigen. Aan het discutabele resultaat van de ijklijnen kan niet volledig de conclusie worden verbonden dat een

vegetatiekartering van lage zeegrasbedekkingen niet mogelijk is. Het is de vraag of er een relatie tussen de opgenomen vegetatie en het gebruikte videobeeld was. De datum van de video-opnamevlucht lag op 20 augustus '96 en veldgegevens zijn eind november begin december 1996 ingewonnen.

Het karteren met behulp van lineaire regressie is eenvoudig toepasbaar, controleerbaar en minder subjectief, dus reproduceerbaar. Tijdens de verwerking is steeds getracht om persoonlijke beïnvloeding achterwege te laten. Daarnaast biedt deze benadering de mogelijkheid om met het principe van de glijdende schaal voor iedere gewenste bedekkingsklassen vast te leggen. De toepasbaarheid hoeft zich niet te beperken tot de vegetatiebedekkingen, maar kan b.v. ook gebruikt worden voor het in kaart brengen van diverse substraten en hydrologische omstandigheden.

Correctie door het toevoegen van een vegetatie-index (NDVI) als 4^e band in het totaal beeld

Het koppelen van de berekende NDVI aan de andere drie banden (groen, rood en NIR) is na enige startproblemen zonder problemen verder verlopen. Bij visuele controle bleken geen significante wijzigingen in het nieuwe enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld aanwezig te zijn t.o.v. het enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld. Na het genereren van de 'feature space layer' over de rode en NDVI band was het aanwezige patroon beduidend afwijkend t.o.v. van het patroon van de 'feature space' van het enkelvoudig (één frame) 3bandsbeeld. Duidelijk is te zien dat in het enkelvoudig 3bandsbeeld de spectrale 'signature' van de kwelderzone met de hoge vegetatiebedekking rechts boven in de 'feature space' valt. Dit betekent dat het bladoppervlak van de vegetatie in de NIR-band normale EM-stralingskarakteristieken aangeeft. Echter in de rode band (zie afb. 1, blz. 5) zorgen in principe de bladpigmenten voor absorptie, maar in deze 'feature space' reflecteert de vegetatie in de rode band de EM-straling meer dan dat deze wordt geabsorbeerd door de aanwezige bladpigmenten van de vegetatie van de kweldervegetatie. Het aanwezige open water in het beeld geeft wel de normale EM-stralingskarakteristieken van absorptie aan. De 'feature space' van het enkelvoudig (één frame) 4bandsbeeld voldoet wel aan de EM-stralingskarakteristieken, zoals deze zijn weergegeven in afbeelding 1 op blz. 5.

Geconcludeerd kan worden dat inderdaad een gedeelte van de vervormende ongewenste (bodem)reflectie geëlimineerd is. Het eindresultaat van de 4bandsbeeld-classificatie, dat met een NDVI berekeningsresultaat bewerkt is, geeft de ecologische logische patronen in het gebied realistisch weer. Het beeld in de 'feature space' bevestigt deze conclusie en vertoont een theoretisch logisch patroon met minder spectrale vervorming.

Constructie van de bedekkingsklassen

Een zeer groot deel van de bedekkingsklassen matchen niet met geschatte bedekkingen van de bemonsterde locaties. Dit geldt met name voor het uit meerdere frames opgebouwde beeld. Dit kan verschillende oorzaken hebben:

1. Het ontbreken van een verband tussen de vegetatie en het opgenomen false colour beeld;
2. De subjectiviteit van de bemonsteringen en de wisseling van personen die de bemonstering uitvoeren;
3. De kwaliteit van de gebruikte beelden;
4. De geometrische nauwkeurigheid;
5. Een onnauwkeurigheid die geïntroduceerd wordt door regressieberekeningen met te weinig waarnemingen.

Verbeteringsvoorstellen i.v.m. het vastleggen van de terrestrische informatie

Voor een nauwkeurige en betrouwbare vegetatiekartering zijn goed omschreven bemonsteringen noodzakelijk. Deze bepalen samen met de remote sensing inwintechniek grotendeels de kwaliteit van het eindresultaat. De aangeleverde gegevens waren voldoende, maar misten met name de beschrijvingen van de aangetroffen verhoudingen van de significante abiotische factoren, zoals b.v. de aanwezigheid in percentages van zandig substraat (i.v.m. vochthoudend vermogen). Daarnaast hebben de bemonsteringen met wisselende personen op wisselende tijdstippen plaatsgevonden, hetgeen het consistent schatten van de zeer lage vegetatiebedekkingen sterk kan beïnvloeden.

4.2 Aanbevelingen

Voor toekomstige karteringen van lage bedekkingen van Klein zeegras (*Zostera noltii*) worden de volgende aanbevelingen gedaan. Als eerste onderdeel wordt de voorbereidingsfase behandeld. Daarna volgt de classificatiefase en dit onderdeel wordt afgesloten met aanbevelingen omtrent de presentatie van het eindresultaat.

Voorbereiding

Vliegomstandigheden

Temeer omdat de zeegrassen altijd op de grens van land/water voorkomen, zijn de weersomstandigheden een belangrijke parameter bij de beslissing om de opnamevlucht uit te voeren. Het is belangrijk om rekening te houden met de heersende windrichting en windsterkte tijdens het moment van de opnamen. Door schommelingen van het opname-platvorm is het mogelijk dat delen van het onderzoeksgebied wegvallen en/of dat de geometrie van het beeld beïnvloed wordt. Dit geeft dan complicaties bij de geometrische nauwkeurigheid van de gevonden patronen in bedekkingsklasse van de zeegrassen. Ook de wisselende lichtintensiteit heeft door de wisselende verhoudingen tussen water/land op de automatische belichtingsinstelling van de camera invloed gehad. Het verdient de aanbeveling deze te fixeren tijdens de vlucht. Daarnaast is het tijdstip van de vlucht in verband met de getijdenwerking belangrijk. De gegrabte frames zijn beïnvloed door het opkomend tij. Hierdoor zijn belangrijke delen van het interessegebied onbruikbaar geweest voor de classificatie. Het verdient de aanbeveling de vlucht in de periode uit te voeren als het gebied volkomen droog ligt. Om gelijksoortige producten in vergelijkbare gebieden enigszins vergelijkbaar te maken is het verstandig om bij het vliegen een standaard optimale uitgangssituatie vast te stellen.

Terrein identificatie

Om tijdverlies te voorkomen tijdens de voorbereidingen voor deze kartering, is het nuttig om naast het specifieke interessegebied tevens de naastliggende topografische informatie mee te nemen. Dijk situaties zijn een uitstekend hulpmiddel bij de terreinidentificatie.

Veldwerk

De inwinning van de terestische informatie zoals vegetatiebemonsteringen en DGPS-inmetingen is zeer belangrijk. Het vormt de basis van het eindresultaat. Uit de opnamengevens blijkt dat het niet eenvoudig is lage bedekkingen te schatten. Het subjectieve karakter van de veldbemonstering moet gereduceerd worden. De kwaliteit van de vegetatieopnamen is bepalend voor de kwaliteit van de kartering. Naast de vegetatie zullen de standplaatsfactoren goed moeten worden omschreven. De nauwkeurigheid van de kartering kan worden verhoogd door een verbeterde selectie van de 'trainingsamples'. Om een directe relatie te hebben tussen de vegetatiegegevens en de te bewerken beelden moet de tijdstip tussen de opnamen van de vegetatie en de opnamevlucht zo kort mogelijk te zijn.

Het toepassen van een gedetailleerd standaard opnameformulier kan hierbij uitkomst brengen (zie bijlage VI). Om de onnauwkeurigheden die in de geschatte bedekkingen voorkomen te reduceren verdient het de voorkeur om:

1. de waarnemingen te verrichten op een tijdstip dat de doelvegetatie optimaal aanwezig is;
2. de waarnemingen zoveel mogelijk door dezelfde personen te laten verrichten;
3. de waarnemingen zonder grote tussentijdse tijdverschillen te verrichten;
4. de standplaats van de aangetroffen vegetatie op zijn abiotische factoren te beschrijven;
5. de opgenomen kwadranten, met homogene vegetatiebedekkingen, aan te passen aan de verdere verwerkingsnauwkeurigheid van minimaal 2 x 2 m (zie beschrijving geometrische nauwkeurigheid bij de aanbevelingen);
6. het tijdstip van bemonstering samen te laten vallen met het tijdstip de opnamevlucht;
7. toepassing van een veldspectrometer, waardoor de EM-stralingen over de opnamenplaatsen eenduidig vast gelegd kunnen worden;
8. de inwinning van de vegetatiegegevens af te stemmen op het doel van de vegetatiekartering d.w.z. rekening houden met de gewenste indeling van de bedekkingsklassen;

- de opnamengegevens te standarisieren m.b.v. een veldcomputer. Hierbij zou tevens een koppeling met een DGPS-plaatssysteem mogelijk moeten zijn. Hierdoor is het mogelijk om tijdswinst behalen tijdens het veldwerk.

False colour video vluchtopnamen

Om tot een succesvolle zeegrassenkartering te komen zijn er een aantal randvoorwaarden, waaraan voldaan moet worden om een goed te verwerken beeld te verkrijgen. Deze moeten als bepalende opnameneisen in het vliegplan opgenomen worden. Deze voorwaarden zijn:

- Het te karteren gebied moet volledig droog liggen i.v.m. de getijdenwisselingen van eb en vloed;
- De vliegomstandigheden moeten gunstig zijn. Dit betekent dat het zoveel mogelijk windstil moet zijn om scherpe beelden te krijgen en het wolkendek dient zo minimaal mogelijk te zijn i.v.m. lichtintensiteitsverschillen;
- Het reduceren van lichtintensiteitsverschillen boven de grens water/land door het vastzetten van het diafragma van de camera en deze water/land grens subtiel aanvliegen. Indien b.v. het interessegebied met de zon in de rug wordt aangevlogen zullen de resultaten ook beter zijn.

Geometrische nauwkeurigheid

De opgenomen bemonsteringsvlakken variëren in afmetingen tussen 0.40 tot 0.50 m. Ze zijn ingemeten met een DGPS-systeem dat een nauwkeurigheid kan behalen van 0.30 tot 1.50 m. Dit betekent dat als er een perfecte transformatie van de beeldcoördinaten naar RD-coördinaten plaatsvindt, er een exacte bepaling van het monsteringsvlak kan plaatsvinden. De nauwkeurigheid van de DGPS-plaatsbepaling kan echter tot 1.50 m afwijken. Dit betekent dat in het gedigitaliseerde beeld de locatie één pixel kan opschuiven. Om bij een perfecte transformatie een optimale relatie met de terrestische gegevens te krijgen, moet de opnamelocatie dus groter zijn. Dit betekent dat de bemonsteringsvlakken een minimale grootte moeten hebben van 2.00 bij 2.00 m bij digitale beelden waarbij de resolutie op 1 x 1 m ligt. De resolutie van het beeld wordt bepaald door de framegrabber. Als daadwerkelijk oppervlakten van 0.40 tot 0.50 m verwerkt moeten worden, verdient het de aanbeveling om een framegrabber met een hogere resolutie te gebruiken. Ook moet de benodigde vlieghoogte hierbij betrokken worden.

Tijdens de opnamenvlucht worden de bewegingen van het vliegtuig niet in de opgenomen beelden gecorrigeerd. Het gevolg is dat door deze bewegingen het vliegtuig, met de camera, niet loodrecht boven het aardoppervlak zijn opnamen maakt. De opgenomen beelden zullen intern geometrisch als ondefinieerbare vierhoeken vervormd zijn. Na het grabben zijn ze in een plat vlak gebracht en worden dan met deze ingebakken fouten getransformeerd. Het effect van onnauwkeurigheden bij video wordt nog vergroot als het te classificeren beeld uit meerdere frames opgebouwd moet worden. Daarnaast hebben de video-opnamen nog interne vervormingen door een onnauwkeurige radiometrie (Bakker *et al*, 1996). Dit betekent dat de geometrie voor zulke gedetailleerde patronen met video onbetrouwbaar is. Voor een betrouwbare karteringen moet een medium gebruikt worden zoals b.v. een CAESAR scanner.

Classificatie

Analyse 'feature space layer'

De resultaten van de analyse laten zien we dat het spectrale patroon in de 'feature space' van het 3bandsbeeld vervormd is. Het gecorrigeerde 4bandsbeeld daarentegen voldoet aan het 'normale' spectrale patroon dat we kunnen aantreffen in een intergetijdengebied. Het is daarom aan te bevelen om een NDVI correctie toe te passen op beelden van deze soortgelijke gebieden en deze als extra band t.b.v. de classificatie aan deze beelden toe te voegen. Dit zal de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van het eindresultaat verhogen.

Lineaire regressie

Uit de resultaten van de berekeningen komt vooral het slechte resultaat van het samengestelde 4bandsbeeld naar voren. Het beeld blijkt door de interne heterogeniteit een slechte radiometrie te hebben. Dit maakt deze toepassing met false colour video zeer twijfelachtig. De patronen komen er op landschapsniveau wel uit, maar voor een vegetatiekartering met lage bedekkingen van zeegrassen, in een situatie van een intertijdengebied, is deze techniek niet goed bruikbaar. Het verdient de aanbeveling om voor zo'n kartering een alternatief te zoeken. Daarnaast verdient het de aanbeveling om de ijklijnen met meer vegetatieopnamen te berekenen. Deze opnamen moeten tevens representatief zijn voor de te construeren bedekkingsklassen. Indien er met meerdere frames in één beeld geclassificeerd gaat worden, moet getracht worden de

vegetatieopnamen van iedere gewenste bedekkingsklasse in ieder frame van het beeld te laten vallen. Hiermee worden dan de bedekkingsklassen over het totale beeld geïjkt.

Constructie van de bedekkingsklassen

Door het toepassen van false colour video-opnametechniek t.b.v. een vegetatiekartering kunnen op een groot aantal momenten in het proces fouten geïntroduceerd worden. Hierdoor kunnen tussen de beelden onderling significante spectrale verschillen ontstaan. Voor een betrouwbare en nauwkeurige classificatie moeten de onderlinge frames spectraal in overeenstemming met elkaar zijn. Het verdient de aanbeveling om deze frames met in principe vastgelegde standaardberekeningen spectraal naar elkaar toe te rekenen.

Eindresultaat

Presentatie

De presentatie van de eindresultaten vindt nu plaats d.m.v. een hardcopy die gemaakt wordt met hoge resolutie kleurenprinter. Dit is een methode die goed aansluit bij rapportages van onderzoeken. Om de resultaten echter toe te kunnen passen tijdens lopende onderzoeken, zoals b.v. bij een milieu effect rapportage, is het efficiënt om ook aan te sluiten aan een GIS-omgeving waarbij de resultaten in digitale vorm gebruikt kunnen worden bij analyses. Hierdoor zullen de operationele toepassingen van remote sensing producten toe kunnen nemen.

5. LITERATUUR

Hartmann R.A. & Fraikin S.J., Rapportage project Vegetatie Remote Sensing Gis; Mogelijkheden van videovluchten ten behoeve van de kartering van zeegras, groenwierophoppingen en kweldervegetaties, Deelrapport 1 Mogelijkheden van videovluchten ten behoeve van de kartering van zeegras, groenwierophoppingen en kweldervegetaties, MDGAR-9729, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, 1997.

BCRS-Programme Bureau '96, Project proposal, NRSP 1990-2000 (aangepaste versie 31/5/96), BCRS, Delft, 1996.

Buiten H.J. en Clevers (red) J.G.P.W., Remote sensing, theorie en toepassingen van landobservatie, Dynamiek, inrichting en beheer van landelijke gebieden 2, Pudoc, Wageningen, 1990.

Philippart C.J.M., Dijkema K.S. en Dankers N., De huidige verspreiding en de mogelijke toekomst van het litoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee, RIN-rapport 92/10, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (ibn-dlo), Texel, 1992.

De Jong D.J. en Meulstee C., Wieren en weiden in de Oosterschelde, de verspreiding van zeegrassen en wieren in de Oosterschelde en de gevolgen van de afbouw van de Oosterscheldekering hierop, Dienst Getijdenwateren, Den Haag/Middelburg en Meetkundige Dienst Delft, 1989.

Kloosterman E.H., Procedure en methodiek voor de vegetatiekartering, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, z.j.

Kartering van macroalgen en zeegrassen in de Oosterschelde, Productfolder Meetkundige Dienst no. 5, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, z.j.

Biomassaschatting wieren en zeegrassen in het Oosterscheldebekken, Productfolder Meetkundige Dienst no. 8, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, z.j.

Bakker J.G.M., Cartoscan, Braam B.M., et al., Airborne CCD-video monitoring, Performance and application of a colour infra-red video system, BCRS project 3.4/CO-3, BCRS rapport 92-30, Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS), Delft, 1993.

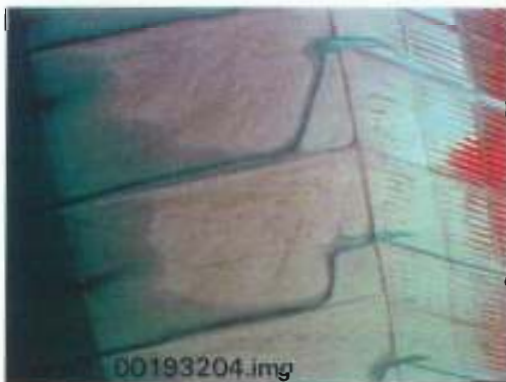
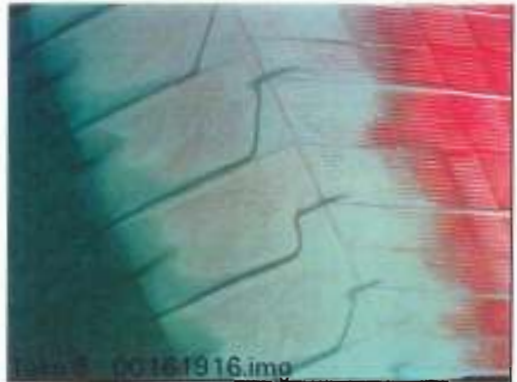
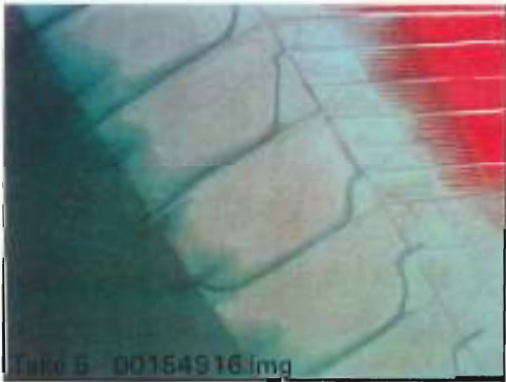
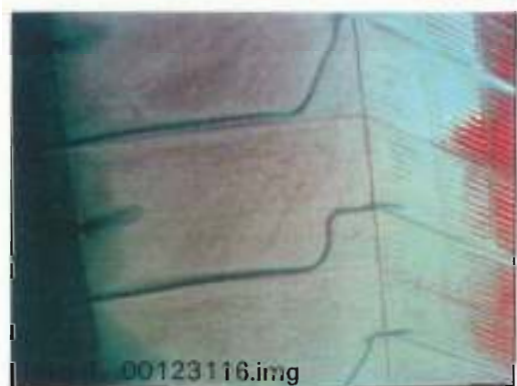
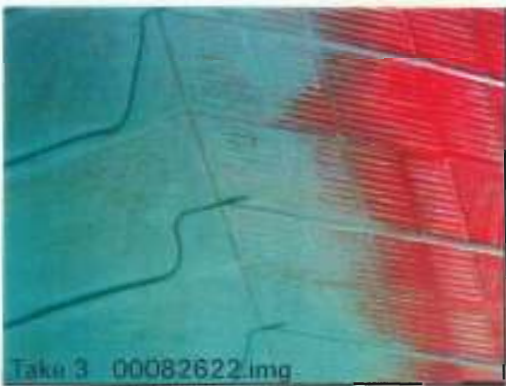
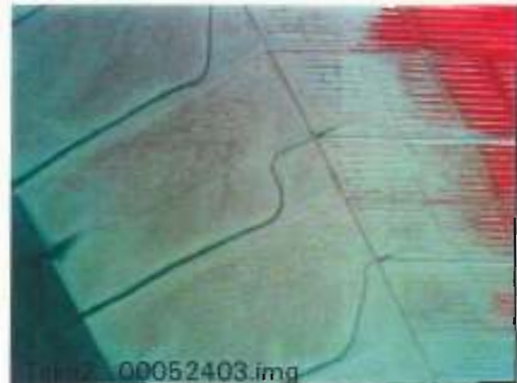
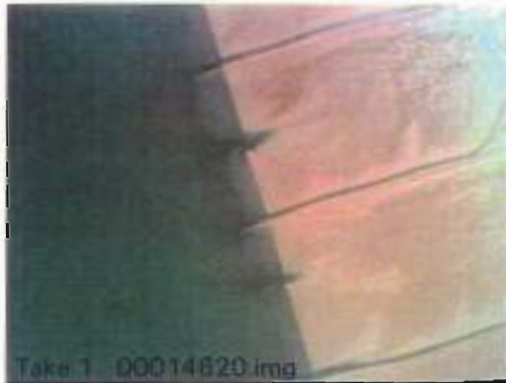
Bakker J.G.M., Schouten L.S.M. en Huisling E.J., Monitoren van kroosbedekking in binnenwateren met behulp van video luchtopnamen, BCRS project 2.3/CO-4, BCRS rapport 95-18, Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS), Delft, 1996.

Janssen J.A.M., Kloosterman, van den Bergs J. en Zonneveld L.M.L., Het Ameland Schalenproject, De mogelijkheden van remote sensing technieken voor vegetatiemonitoring ten behoeve van het natuurbeheer, BCRS project 3.4/OP-02, NRSP rapport 95-16, BCRS Beleidscommissie Remote Sensing, Delft, 1996.

Tongeren O.F.R. van., Methoden voor toewijzen van vegetatieopnamen aan typen, Overzicht en beschouwing van beschikbare methoden, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, 1996.

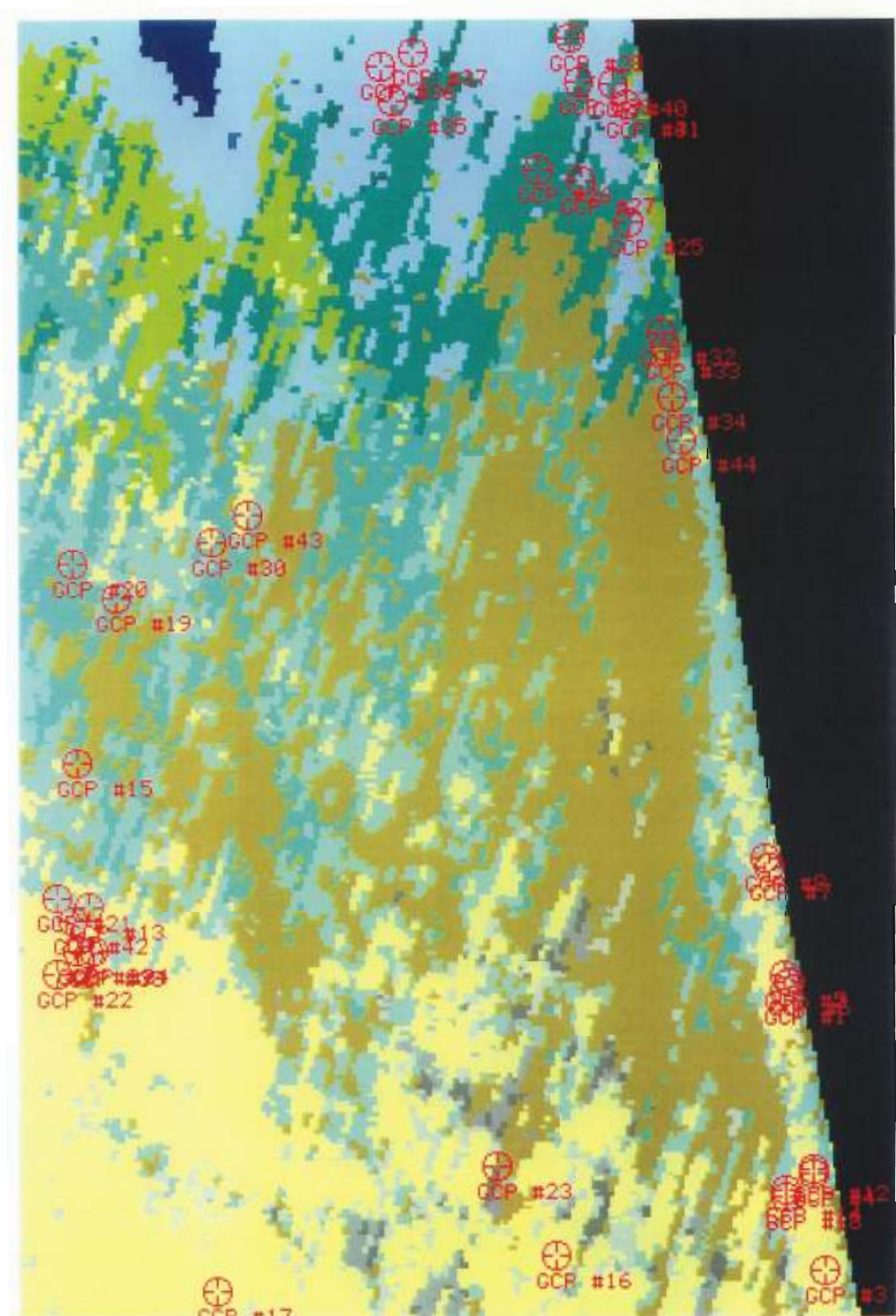
6. Bijlagen

Bijlage I: Overzicht gegrabte frames met interessegebied



Gedigitaliseerde onbewerkte videobeelden met het centraal gelegen onderzoeksgebied in het kweideveld tussen dam 390 en 392.

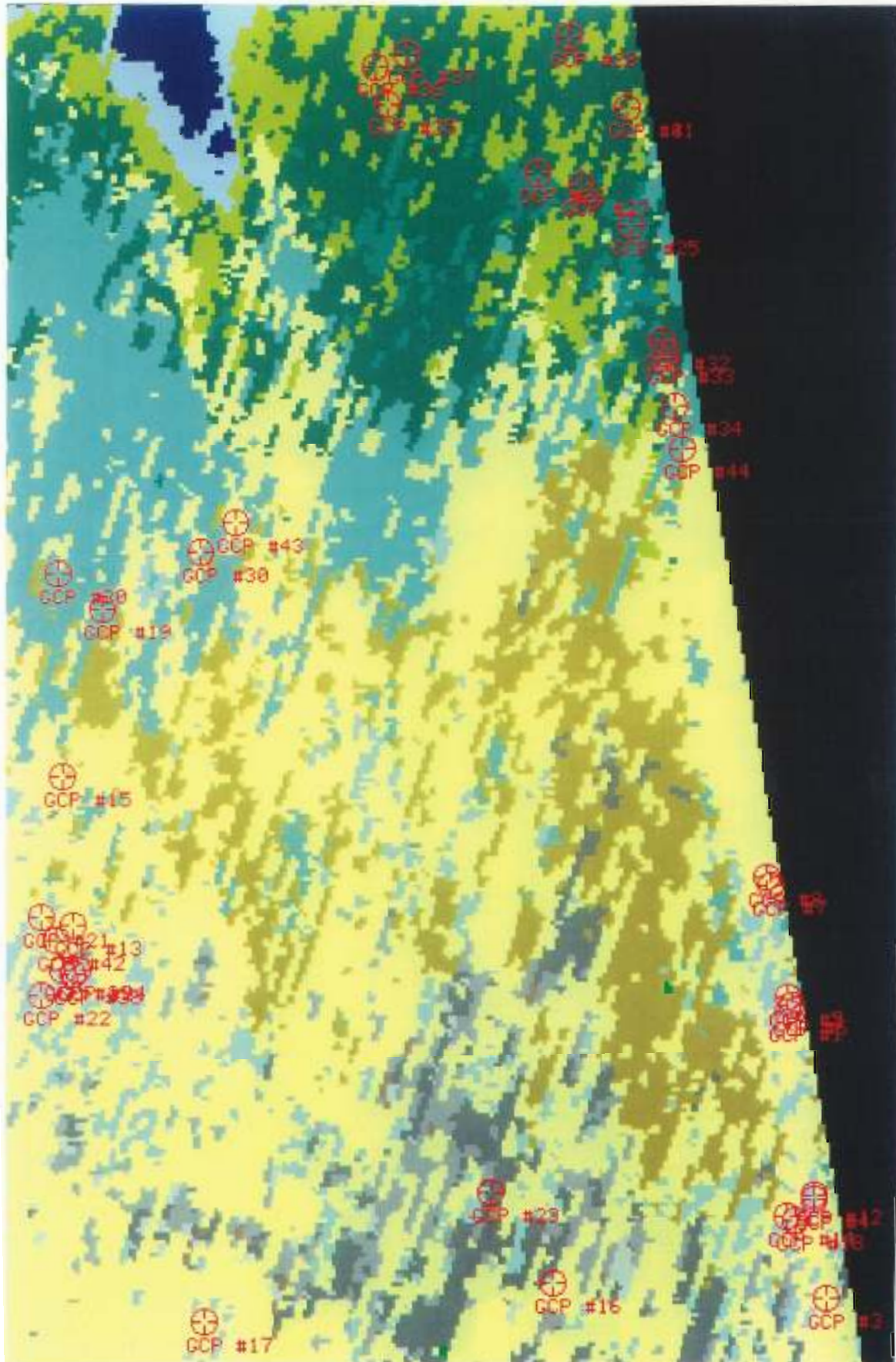
Bijlage II: Exacte locaties van de gebruikte vegetatieopnamen (3bandsbeeld), schaal 1:2600.



Groningse kwelderwerken
 Locatie: Kweldervak tussen dam 390 en 392

Spectrale banden beeld: 1,2 en 3 (groen, rood en NIR)
 Opnamedatum: 20 augustus 1996

Bijlage III: Exacte locaties van de gebruikte vegetatieopnamen (4bandsbeeld), schaal 1:3000.



Groningse kwelderwerken
Locatie: Kweldervak tussen dam 390 en 392

Spectrale banden beeld: 1,2 ,3 en 4(groen, rood, NIR en NDVI)
Opnamedatum: 20 augustus 1996

Bijlage IV: Dataset Engels slijkgras (*Spartina anglica*) 'trainingsamples'

No	Bemonsterings- opp.		Bede- kings- graad	Lengte planten	Kleur	Con- ditie	RD-coördinaten		Hoogte t.o.v. maai- veld	Sedi- ment soort	Hydro- logische toestan d
	lang (dm)	breed (dm)					(%)	(cm)			
1	3	3	5	25	groen	vitaal	229541	605874	5	s/z	droog
2	8	5	5	35	groen	vitaal	229541	605878	5	s/z	droog
3	3	3	30	30	groen	vitaal	229551	605804	1	s/z	droog
4	3	5	50	40	groen	vitaal	229548	605828	2	s/z	droog
5	7	3	70	40	groen	vitaal	229541	605878	5	s	droog
6	4	2	70	30	groen	vitaal	229542	605876	5	s	droog
7	15	6	70	40	groen	vitaal	229537	605905	5	s	droog
8	9	3	70	40	groen	vitaal	229536	605907	5	sl	droog
9	15	30	70	30	groen	vitaal	229567	605627	5	s/z	droog
10	15	30	70	40	groen	vitaal	229567	605630	5	s/z	droog
11	30	60	70	40	groen	vitaal	229567	605630	5	s/z	droog

Tabel 1: Dataset Engels slijkgras (*Spartina anglica*) 'trainingsamples'

Bijlage V: Dataset Klein Zeegrass (Zostera noltii) 'trainingsamples'

No	Bemonsterings- opp.		Bede- kings- graad	Lengte planten	Kleur	Con- ditie	RD-coördinaten		Hoogte t.o.v. maai- veld	Sedi- ment soort	Hydro- logische toestand
	lang (dm)	breed (dm)					(%)	(cm)			
13	2	2	1	4	groen	vitaal	229365	605896	0,5	s/z	droog
14	2	2	5	8	groen	vitaal	229541	605824	1	s/z	droog
15	3	3	3	4	groen	vitaal	229362	605932	0	s/z	droog
16	4	4	5	8	groen	vitaal	229483	605808	1	s/z	droog
17	4	4	5	8	groen	vitaal	229397	605799	1	s/z	droog
18	4	2	5	8	groen	vitaal	229543	605823	1	s/z	droog
19	2	3	5	4	groen	vitaal	229372	605973	2	s/z	droog
20	3	3	5	4	groen	vitaal	229361	605982	0	s/z	droog
21	1	3	3	3	groen	vitaal	229357	605898	1	s/z	droog
22	1	2	3	3	groen	vitaal	229357	605879	0,5	s/z	droog
23	3	3	5	4	groen	vitaal	229468	605830	1	s/z	droog
24	2	2	3	5	groen	vitaal	229366	605885	0,5	s/z	droog
25	2	2	4	5	groen	vitaal	229502	606067	1	s/z	droog
26	2	2	4	5	groen	vitaal	229479	606080	0	s/z	droog
27	2	2	4	5	groen	vitaal	229490	606077	1	s/z	droog
28	2	2	4	5	groen	vitaal	229487	606113	0,5	s/z	droog
29	2	2	1	4	groen	vitaal	229362	605885	0	s/z	droog
30	3	4	5	4	groen	vitaal	229396	605987	1	s/z	droog
31	2	4	6	6	groen	vitaal	229501	606096	3	s/z	droog
32	6	6	6	6	groen	vitaal	229510	606039	2	s/z	droog
33	5	3	6	6	groen	vitaal	229511	606036	2	s/z	droog
34	10	10	5	5	groen	vitaal	229513	606023	2	s/z	droog
35	4	7	8	5	groen	vitaal	229442	606097	1	s/z	droog
36	4	7	6	5	groen	vitaal	229439	606106	1	s/z	droog
37	6	6	6	5	groen	vitaal	229447	606109	0,5	sl	droog
38	1	1	2	4	groen	vitaal	229365	605884	0	s/z	droog
39	2	4	3	5	groen	vitaal	229489	605102	0,5	s/z	droog
40	4	4	3	5	groen	vitaal	229498	606101	3	s/z	droog
41	2	4	6	6	groen	vitaal	229501	606096	3	s/z	droog
42	2	2	1	4	groen	vitaal	229360	605893	0	s/z	droog
43	6	3	4	5	groen	vitaal	229405	605994	1	s/z	droog
44	2	2	4	5	groen	vitaal	229515	606012	1	s/z	droog

Tabel 2: Dataset Klein Zeegrass (Zostera noltii) 'trainingsamples'

Bijlage VI: Voorstel bemonsteringsformulier t.b.v. Zeegrassenkarteringen met remote sensing technieken

PROJECT:		MEETKUNDIGE DIENST, RIJKSWATERSTAAT, DELFT AFDELING GAE: REMOTE SENSING PRODUCTIE (RSP)			
Gebied:	Bemonsteringsdoel:				
Datum:	Opnamen:	Auteur(s):	Afmetingen: x dm	
Coördinaten:	X waarde:	Opmerkingen:			
	Y waarde:	Bedekkingsklasse bemonsteringsdoel: %			

BESCHRIJVING TERREIN

Beschrijving landbedekkingstypen:				
Landschapsvorm:		Geomorfologische kenmerken:		
Verdeling landbedekkingstypen:	Hoogte landschapsvorm:		Opmerkingen:	
	relatief	geschat		
water:	%	vlak:	m	
kale bodem:	%	bijna vlak:	m	
vegetatie:	%	zwak golvend:	m	
dood materiaal:	%	matig golvend:	m	
schelpen:	%	heuvelachtig:	m	

BESCHRIJVING IN SITU

Beschrijving abiotische factoren binnen de bemonsteringsplaats:					
Bodem:		Hydrologie:		Dood materiaal:	
Substraat:		nat:		Processen: (w)weinig, (m)atig en (v)eel	
	%	%	plantenresten:	%	overstuiving:
klei:	%	plas-dras:	schelpen (nat):	%	aanslibbing:
	%	%	schelpen (droog):	%	erosie (water):
savel:	%	vochtig:	aanspoelsel:	%	erosie (wind):
	%	%			
Opmerkingen:					

LANDBEDEKKING IN SITU

Beschrijving vegetatiestructuur binnen de bemonsteringsplaats:					
Totale reële bedekking vegetatie:		%		Totale oppervlakte kaal:	
		%			
Bedekkingsklassen:		1 = 1-5%, 2 = 5-10%, 3 = 10-25%, 4 = 25-50%, 5 = 50-75% en 6 = 75-100% of de reële bedekkingen van de vegetatie			
Soortnaam:			Conditie:		Code:
1					
2					
3					
Opmerkingen:					