Geschikte eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken

Hoofdrapport

A.G. Brinkman
T. Bult

Alterra-rapport 456, ISSN 1566-7197

ALTERRA

RIVO

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/*RIKZ*
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/*RIZA*

Geschikte eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken

Hoofdrapport

ALTERRA
RIVO

A.G. Brinkman
T. Bult

December 2002

Geschikte eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken

Hoofdrapport
voor deelproject F2 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003

Dr. Ir. A.G. Brinkman	Alterra	Pb 167	1790 AD Den Burg
Projectleider	Tel	0222 369728	
	E-mail	a.g.brinkman@alterra.wag-ur.nl	
Dr. Ir. T. Bult	RIVO	Pb 77	4400 AB Yerseke
Deelprojectleider	Tel	0113 672318	
	E-mail	tammo@rivo.wag-ur.nl	

Dit is Alterra rapport 456 (ISSN 1566 - 7197)
Onder dezelfde titel is ook een samenvatting (Alterra rapport 455) verschenen

Het project is uitgevoerd in opdracht van het
Ministerie van landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Directie Wetenschap en Kennisoverdracht
dd 6 februari 2001
Kenmerk TRCDWK/2001/986

Het project is onderdeel F2 van EVA-II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de gevolgen van schelpdiervisserij in de kustwateren 1999-2003.

EVA-II is een gezamenlijk project van het
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Directie Visserij
en het
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Hoofddirectie Water

REFERAAT

Brinkman, A.G. & T. Bult, 2002. *Geschikte eulitorale gebieden in de Nederlandse Waddenzee voor het voorkomen van meerjarige natuurlijke mosselbanken. Hoofdrapport.* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 456. 306 blz.

In het rapport wordt een habitatgeschiktheidskaart voor mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee gepresenteerd; de kaart geeft aan welke delen van het waddengebied het meest geschikt zijn voor het voorkomen van natuurlijke mosselbanken. De basis voor de kaart bestaat uit allerlei omgevingskenmerken; in het rapport wordt uitgebreid ingegaan op de analysemethode en de betekenis van de resultaten.

Trefwoorden: Mosselbank, habitatgeschiktheid, statistische analyse, stabiliteit, waddenzee, visserij, natuurbeheer

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 67,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 456. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

[Alterra-rapport 456/12-2002]

Colofon

Aan het project hebben vele mensen in enigerlei vorm een bijdrage geleverd.
In alfabetische volgorde zijn dit

J. Cremer	Alterra
N. Dankers	Alterra
E. Dijkman	Alterra
Y. Hermes	Alterra
D. de Jong	RIKZ
M. de Jong	Alterra
R. Lanters	RIKZ
L. te Marvelde	Alterra
A. Meijboom	Alterra
P. Molegraaf	RIKZ
D. den Os	RIVO
J. Ruiter	RIKZ
M.R. van Stralen	MarinX
Productschap Vis	Rijswijk

INHOUD

SAMENVATTING ..... -7-

1 INLEIDING ..... -25-

2 MATERIAAL EN METHODEN ..... -29-
2.1 Mosselbanken ..... -29-
2.1.1 Oude 'Dijkema'-gegevens ..... -29-
2.1.2 RIN-onderzoeken 1983-1990. ..... -34-
2.1.3 RIVO-surveys 1994-2001 ..... -34-
2.1.3.1 RIVO-data gebruikt ten behoeve van de kaartversies 1 en 2. ..... -34-
2.1.3.2 Nieuwe RIVO-data opgewerkt ten behoeve van de kaartversie 3. ..... -34-
2.1.4 Alterra-onderzoeken 1994-1999 ..... -35-
2.1.5 Gegevens aanwezig bij vissers en visserijkundig ambtenaren ..... -35-
2.2 Abiotische karakteristieken ..... -35-
2.2.1 Diepte ..... -35-
2.2.2 Droogvaltijden ..... -37-
2.2.3 Afstand van een bank tot aan de geul ..... -40-
2.2.4 Sedimentkarakteristieken ..... -40-
2.2.5 Fysische kenmerken: stroomsnelheden en golfwerking ..... -41-
2.2.5.1 Stroomsnelheden ..... -41-
2.2.5.2 Golfwerking. 1: Berekening met HISWA voor de habitatkaartversies 1 en 2 ..... -41-
2.2.5.3 Golfwerking. 2: Berekening met SWAN voor de habitatkaartversie 3 ..... -41-
2.3 Beoordeling van stabiliteit van mosselgebieden ..... -43-
2.4 Samenvoeging van biotische en abiotische gegevens ..... -43-
2.5 Statistische methodiek ..... -45-
2.5.1 De dataset ..... -45-
2.5.2 Statistische methodiek ..... -46-
2.5.3 Wat verklaart het model? ..... -49-
2.5.4 Discriminatie-index ..... -51-
2.5.5 Rangorde-test ..... -51-
2.5.6 Werkelijke trefkansen en relatieve trefkansen ..... -52-
2.5.7 Trefkansen van banken bij andere totaaloppervlaktes ..... -53-

3 DATAVERWERKING ..... -55-
3.1 Inleiding ..... -55-
3.2 Basisbestanden en GIS-techniek ..... -56-
3.3 Programmatuur ..... -57-

4 RESULTATEN I: COMPOSIETKAART VAN MOSSELGEBIEDEN ..... -61-

5 RESULTATEN II : KARAKTERISTIEKEN VAN WADDENZEE EN VAN MOSSELBANKLOKATIES ..... -63-
5.1 Inleiding ..... -63-
5.2 Karakteristieken van Waddenzee (golfberekeningen met HISWA-model) ..... -63-
5.3 Karakteristieken van de Waddenzee: golfwerking volgens SWAN-berekeningen ..... -65-
5.4 Combinatie van karakteristieken ..... -69-
5.5 Voorkomen van mosselgebieden ..... -74-
RIVO banken ..... -74-
"GPS"-banken, 1995-1998 ..... -76-
"Punt-gegevens", 1980-1990 ..... -81-
"Dijkema-gegevens", 1968-1976, contourdiagrammen ..... -84-
RIVO-gegevens 1994-2001 ("Zaad94", "Zaad96", "Zaad99") ..... -90-

6 RESULTATEN III: ANALYSE VAN GEGEVENS ..... -91-
6.1 Inleiding ..... -91-
6.1.2 Kaartversies 1 en 2 ..... -91-
6.1.2 Kaartversie 3 ..... -92-

6.2 Kaartversies 1 en 2 ... -94-
6.2.1 RIVO4-gegevens ... -94-
6.2.2 GPS-gegevens ... -96-
6.2.3 Punt-gegevens ... -98-
6.2.4 Dijkema-gegevens ... -100-
6.2.5 Overzicht ... -102-
Algemeen ... -102-
Stroomsnelheid ... -103-
Golfwerking ... -103-
Korrelgrootte ... -103-
Droogvaltijden ... -103-
Afstand tot de geulrand ... -103-
Slot ... -104-
6.3 Kaartversie 3 ... -104-
6.3.1 Algemeen ... -104-
6.3.2 Analyses voor afzonderlijke waterstanden ... -105-
6.3.3 Analyses voor maximale orbitaalsnelheden voor een deel van de waterstanden; Dijkema-data ... -105-
6.3.4 Analyse voor maximale orbitaalsnelheden voor een deel van de waterstanden; RIVO-4-data. ... -110-
6.3.5 Analyse voor maximale orbitaalsnelheden voor alle waterstanden; Dijkema-data ... -110-
6.4 Discussie ... -111-
6.5 Verdere berekeningen en coderingen ... -113-

7 RESULTATEN IV: CONSTRUCTIE VAN DE HABITATMODELLEN ... -115-
7.1 Inleiding ... -115-
7.1.1 Kaartversies 1 en 2 ... -115-
7.1.2 Kaartversie 3 ... -117-
7.2 Toelichting grafische weergave van overeenkomst tussen modellen en waarnemingen ... -117-
7.3 Een enkelvoudig model ... -118-
7.3.1 Modellen gebaseerd op RIVO4-data ... -118-
7.3.2 Modellen gebaseerd op Dijkema-data ... -121-
7.4 Combinaties van twee functies ... -121-
7.4.1 Gebruikte combinaties ... -121-
7.4.2 Modellen gebaseerd op RIVO4-data ... -124-
7.4.3 Modellen gebaseerd op Dijkema-data ... -124-
7.5 Combinatie van alle functies ... -125-
7.5.1 Modelcombinaties ... -125-
7.5.2 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de RIVO4-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema ... -125-
7.5.3 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de GPS-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema ... -129-
7.5.4 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de Dijkema-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema ... -131-
7.5.5 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de MP (Punt)-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema ... -133-
7.6 Kaartvoorbeelden voor de berekeningen uit §7.5 ... -134-
7.6.1 Inleiding ... -134-
7.6.2 Toelichting ... -139-
7.7 Verschil tussen de Dijkema- en Punt-modellen, en de RIVO4- en GPS-modellen ... -140-
7.8 De positionering van de zaadval (vooral in 1994) ... -141-
7.8.1 Inleiding ... -141-
7.8.2 Ligging van de zaadbanken, naar de RIVO4- en Dijkema-modelbeschrijving ... -142-
7.8.3 Voorlopige conclusies ... -142-
7.9 Modellen waarbij de stroomsnelheid niet als variabele is meegenomen; een extra test ... -143-
7.10 R^2-waarden en discriminatie van de modellen voor kaartversie 2 ... -144-
7.11 Toevoeging van de SWAN-golfberekeningen aan het model; constructie van kaartversie 3 ... -146-
7.11.1 Inleiding ... -146-
7.11.2 Eén golffunctie voor elke windrichting ... -146-

7.11.3 Het model KDuas12: de vier golfmodellen uit §7.11.2 worden samen gebruikt .... -148-
7.11.4 Het model KDumr12: een maximale orbitaalsnelheid berekend over de meest relevante waterstanden. .... -149-
7.11.5 Het model KDumx12: één maximale orbitaalsnelheid berekend over alle 8 waterstanden. .... -150-
7.11.6 Het model KDmmx12: een maximale orbitaalsnelheid berekend over alle 8 waterstanden, én over alle 4 windrichtingen .... -151-
7.11.7 Keuze voor kaartversie 3 .... -151-
7.12 Het uiteindelijke model .... -152-
7.12.1 Inleiding .... -152-
7.12.2 Het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 1999-2003 (kaartversie 1) .... -152-
7.12.3 Kaartversie 2 .... -152-
7.12.4 Kaartversie 3 (de uiteindelijke versie) .... -153-
7.12.5 Slot .... -153-

8 RESULTATEN V: DE HABITATKAARTEN .... -155-
8.1 Inleiding: voorbeelden van verwante kaarten .... -155-
8.2 De kleurindeling .... -155-
8.3 Discussie .... -160-

9 DISCUSSIE I: ANALYSE VAN DE HABITATKAARTEN MET BETREKKING TOT DE STABILITEIT VAN MOSSELBANKEN .... -163-
9.1 Inleiding .... -163-
9.2 Karakteristieken van de uiteindelijke modellen .... -163-
9.2.1 Model KDD1A2 (kaartversie 2) en RVD1A2 .... -163-
9.2.2 Model KDumr12 (kaartversie 3) .... -166-
9.3 Analyse van de verliezen van de zaadbanken .... -172-
9.3.1 Model KDD1A2 (kaartversie 2) .... -172-
9.3.2 Model KDumr12 .... -178-
9.4 Discussie .... -188-

10 DISCUSSIE II: IN WELKE GEBIEDEN LIGT 1000-4000 HA MOSSELBANK? .... -189-
10.1 Inleiding .... -189-
10.2 Waar is uitbreiding te verwachten .... -189-

11 SLOT .... -193-

BIJLAGE A1 REFERENTIES .... -197-

BIJLAGE A2 BESCHRIJVING VAN MOSSELBANKEN EN MOSSELGEBIEDEN. .... -199-
A2.1 Omschrijving mosselvoorkomens en mosselbanken .... -199-
A2.2 Meetprotocol voor het opmeten van omtrek en oppervlak van een mosselbank .... -200-

BIJLAGE A3: DATAVERWERKING .... -201-

BIJLAGE A4: SAMENGESTELDE KAART VAN MOSSELBANKEN IN DE NEDERLANDSE WADDENZEE 1960- NU .... -207-

BIJLAGE A7: CONSTRUCTIE VAN MODELLEN .... -217-
A7.3.1 Modellen gebaseerd op RIVO-4 gegevens, 1 variabele .... -217-
A7.4.2 Modellen gebaseerd op RIVO-4 gegevens, 2 variabelen .... -222-
A7.4.3 Modellen gebaseerd op Dijkema gegevens, 2 variabelen .... -227-
A7.5.2 Modellen gebaseerd op RIVO-4 gegevens, alle variabelen .... -232-
A7.5.3 Modellen gebaseerd op GPS gegevens, alle variabelen .... -237-
A7.5.4 Modellen gebaseerd op Dijkema gegevens, alle variabelen .... -242-
A7.5.5 Modellen gebaseerd op Punt gegevens, alle variabelen .... -253-
A7.10 R^2- en D-waarden .... -258-
A7.10.1 Inleiding .... -258-
A7.10.2 Modellen gebaseerd op RIVO4-dataset, vergeleken met RIVO4-data en met overige data. .... -258-
A7.10.3 Modellen gebaseerd op MP-(punt)-dataset, vergeleken Punt-data en de overige data .... -260-

A7.10.5 Modellen gebaseerd op KD-(Dijkema)-dataset, vergeleken Dijkema-data en de overige data ..... -262-
A7.11 Kwaliteit van modellen met orbitaalsnelheden volgens SWAN-berekeningen ..... -265-
A7.12 Kenmerken van de nieuwe habitatkaart, naar model KDumr12 ..... -278-
A8a De habitatkaart van 1999, gebruikt bij het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 1999-2003 ..... -280-
A8b De tweede versie van de habitatkaart KDD1A2 ..... -289-

BIJLAGE A9. AUDIT-RAPPORT EN VERWERKING VAN DE OPMERKINGEN DOOR DE AUTEURS ..... -299-

SAMENVATTING

SAMENVATTING

Algemeen

In 1998 zijn de beleidsmaatregelen, voortvloeiend uit de Structuurnota Zee- en Kustvisserij 1993, geëvalueerd. Een van de conclusies van deze evaluatie was dat het herstel van het areaal aan droogvallende mosselbanken in de Waddenzee was achtergebleven bij de verwachtingen.
In het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 1999-2003 werden daarom extra maatregelen aangekondigd om dit doel alsnog te realiseren, waaronder beperkende maatregelen in de vorm van sluiting van delen van de Waddenzee voor schelpdiervisserij.
In dat kader was door het Ministerie, met het Productschap Vis als medebelanghebbende, in het voorjaar van 1999 aan IBN, RIVO en RIKZ gevraagd in kaart brengen welke delen van de Waddenzee het meest geschikt zijn voor het voorkomen van mosselbanken, om zo een zo efficiënt mogelijk sluitingsbeleid te kunnen realiseren.
Om aan deze opdracht te voldoen, is door de genoemde instituten een habitatgeschiktheidsanalyse uitgevoerd, waarbij op basis van lokale fysische kenmerken (droogvaltijd, sedimentsamenstelling, stroomsnelheid en golfwerking) in een mosselhabitatkaart aangegeven werd welke delen van het wad het meest geschikt waren voor mosselbanken, en welke het minst.
De habitatgeschiktheidsanalyse resulteerde in een habitatmodel, dat in februari 1999 werd opgeleverd; het model beschrijft de locale kansrijkheid voor het aantreffen van mosselbanken in de Waddenzee op basis van de genoemde abiotische informatie. Onder kansrijkheid wordt hierbij verstaan de kans dat een mosselbank wordt aangetroffen op een bepaalde locatie in de Waddenzee ten opzichte van alle andere locaties in de Waddenzee.
In het Beheersplan Schelpdiervisserij (1999-2003) is op basis van deze eerste versie van de mosselbankenhabitatkaart naast de reeds gesloten gebieden in de Waddenzee, een additionele sluiting van gebieden voor visserij ingesteld.

Dit model was een eerste versie, en alleen gebaseerd op oude mosselbanken ontstaan als gevolg van de broedval van 1994. Het model was nauwelijks gevalideerd, en de golf- en stromingsgegevens betroffen slechts een NW-stormsituatie. Ook was kennis vanuit de visserijsector niet meegenomen.

In 2001 is het habitatmodel verder ontwikkeld. Dit is gebeurd volgens eenzelfde methodiek als in 1999, met het verschil dat nu ook golfinformatie voor ook andere windrichtingen en waterstanden is ingepast, en alle beschikbare gegevens over het voorkomen van mosselbanken sinds 1968 zo volledig mogelijk gebruikt zijn.
Kennis vanuit de mossel- en kokkelvisserijsector is daarbij gemobiliseerd middels twee workshops, interviews en gedocumenteerde kennis (zaaiboekjes, dagboekaantekeningen, kaarten, etc.).

Het habitatmodel en de weergave op de habitatkaart

De modelontwikkeling en -validatie was in handen van Alterra. Uit een veelheid van deelmodellen, en combinaties van deelmodellen is uiteindelijk het meest geschikte model gekozen.
Bij de model-ijking is gebruik gemaakt van gegevens over mosselbanken uit 1968, 1976 en 1978. Validatie heeft plaatsgevonden op basis van de meest recente gegevens over mosselbanken van het RIVO (periode 1994-2000), en van IBN/Alterra (periode 1994-1998) en met gegevens uit de jaren 1980-1990, verzameld door het toenmalige RIN.
Het RIVO heeft zijn mosselbankgegevens voor de validatie opgewerkt en beschikbaar gemaakt. Al de gebruikte sets zijn beschreven in deze rapportage.
Ten behoeve van de habitatkaart is een indeling gemaakt naar trefkansen of kansrijkheid op mosselbanken. Voor de habitatkaart zijn vervolgens dié gebieden samen genomen die eerst samen de beste 1% van het gehele droogvallende waddengebied betreffen (het 0-1% gebied), de volgende categorie betreft de volgende 1% beste gebied (het 1-2% gebied), daarna de beste 3% (2-5%), enzovoort. De intervallen zijn groter genomen naarmate de trefkansen kleiner worden. Aldus zijn 12 intervallen (ofwel: kwaliteits- of geschiktheidsklassen, of ook: kwaliteitsgebieden) gekozen. Voor de overzichtelijkheid is een aantal van deze gebieden samengevoegd is zodat voor de kaart 8 klassen resteren (0-1%, 1-2%, 2-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30%, 30-50%, 50-100%); deze kaarten zijn bij deze samenvatting gevoegd. In het hoofdrapport zijn de kaartversies 1 (de eerste versie waarop het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 1999-2003 mede gebaseerd is geweest) en 2 ook opgenomen. Op de kaart voor de eerste versie uit 1999 is geen onderscheid gemaakt tussen de minst geschikte klassen (30-50% en 50-100%). Bij de twee latere versies is dat wél gebeurd.

Keuze van het model

Een groot aantal modellen is ontwikkeld en onderzocht. Uiteindelijk is een keuze gemaakt uit deze modellen op grond van een aantal criteria:

a- hoe goed beschrijft het model de trefkansen op een bank. De uitkomsten zijn vergeleken met de basisdata (de data uit 1968 en 1976 waar het model op gebaseerd is, danwel met de RIN- en RIVO- gegevens uit jaren '80 en '90). Alle modellen en deelmodellen die onderzocht zijn, zijn op deze manier getoetst. Die modellen die redelijk tot goed voldeden, zijn verder getest. Vervolgens

b- is onderzocht in hoeverre die modellen ook andere datasets goed beschreven.
De modellen die hieruit als goed naar voren gekomen zijn, zijn vervolgens weer getest op

c- hoe goed een model onderscheid maakt (in berekende trefkans) tussen goede en slechte gebieden. Hoe groter dat onderscheid, des te beter. De trefkansverhouding tussen goede en slechte gebieden heet de discriminatie-index, ofwel DI. Hoe groter DI, hoe beter het gemaakte onderscheid.
Dit wordt ook weergegeven door de fractie van de banken die volgens het model voorkomen in de beste (bijvoorbeeld) 50% van het wad; of omgekeerd: in welk deel van het droogvallende wad bevindt zich volgens het model 50% van alle mosselbanken (dit kental hebben we "N50-model" genoemd). Andere percentages kunnen uiteraard evengoed toegepast worden; we hebben dat niet in een kengetal gevat, maar die kunnen uit de resultaten, zoals die in de hoofdrapportage zijn weergegeven, gedestilleerd worden. Zie ook figuur S1 aan het eind van deze samenvatting.

d- mate van werkelijke discriminatie. Nagegaan is welk deel van de waargenomen banken wérkelijk voorkomt in de -bijvoorbeeld- beste 50% het wad, en in welk deel van het wad 50% van alle banken werkelijk voorkomen (dit laatste kental hebben we "N50-data" genoemd). Deze score is niet alleen afhankelijk van het model, maar ook van de dataset. De banken in

de jaren '70 (de Dijkema-dataset) hebben een veel breder verspreidingspatroon dan die uit de RIVO-dataset van eind jaren '90, wat uit de analyses overduidelijk blijkt. De dataset van Dijkema van 1976 (1) betreft veel meer banken dan de RIVO-dataset, en hij bestaat voor een groot deel, maar niet uitsluitend, uit meerjarige banken. De banken zijn ook in verschillende jaren ontstaan, en derhalve zijn verschillende processen structurerend geweest voor het uiteindelijke bestand.

e- de vólgorde van waargenomen trefkansen. Het kan zijn dat een model de *trefkansen* op een bank voor een bepaalde dataset niet goed beschrijft, maar dat de *rangorde* wel goed is: de waargenomen trefkans op een bank is in een bepaalde geschiktheidsklasse (bijvoorbeeld het 2-5% interval) altijd beter dan in het daarop volgende interval (de klasse 5-10%, in dit geval).

De uiteindelijk als best beoordeelde habitatkaart is in acht deelkaarten bij deze samenvatting gevoegd[1].

Wat zegt de habitatkaart

i- de kaart geeft aan welke gebieden, gemeten naar hun fysische kenmerken

- maximale stroomsnelheid van het water bij extreme omstandigheden,
- mate van expositie wat betreft golven, bij uiteenlopende windrichtingen (NO, NW, WE, ZW) en uiteenlopende waterstanden (+2 NAP - -1.5 NAP),
- sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte)
- afstand tot de geul (als grens is de gemiddelde laagwaterlijn genomen)
- de droogvaltijd,

het meest kansrijk zijn om een mosselbank aan te treffen dan wel geschikt zijn als habitat voor een mosselbank.

Deze kansrijkheid beek afhankelijk van zowel de geschiktheid van gebieden voor zaadval als van de verdere overleving van dit zaad. M.a.w.:

ii- de beste gebieden blijken tevens de gebieden waar de stabiliteit het grootst is: na een zaadval (nieuw ontstane banken) is de kans op uitgroei tot een meerjarige bank in de beste gebieden het grootst.

Wat zegt de habitatkaart *niet*

iii- Het voorspellend vermogen van het model is uiteraard niet absoluut. Dit betekent dat het goed mogelijk is dat in slechte gebieden meerjarige banken kunnen voorkomen of zaad kan vallen.

iv- de kaart geeft niet aan hoeveel hectares het mosselbanken-areaal kan beslaan. Er zijn jaren met weinig of geen litorale mosselbanken, maar er zijn tevens jaren waarin arealen gemeld worden die uitstijgen boven de ± 4.000 ha die de Dijkema-inventarisatie als resultaat had. Uit de kaart volgt dus *niet* hoeveel gebied er gesloten moet gaan worden om een bepaald areaal aan banken te krijgen.

[1] Het model heeft het acronym Kumr12 gekregen, dat inhoudt dat de basis-dataset van mosselbanken waarop het model gestoeld is de Dijkema-dataset betreft, en dat voor elk van de vier windrichtingen (NO, NW, WE en ZW) voor een drietal meest voorkomende waterstanden de maximale orbitaalsnelheid als maat voor de golfwerking gekozen is. Deze vier fysische karakteristieken zijn vervolgens alle vier als deelmodel in het uiteindelijke model meegenomen. Dit bleek bijvoorbeeld beter dan eerst de maximale orbitaalsnelheid over al de vier windrichtingen te berekenen, en die als 1 enkel deelmodel te verwerken. De toevoeging '12', tenslotte, beschrijft de wijze waarop droogvaltijd en afstand tot de geul zijn verwerkt in het uiteindelijke model. Voor een beschrijving van deze en andere details wordt naar de hoofdrapportage [5] verwezen.

Karakteristieken van het habitatmodel

Volgens het model ligt gemiddeld genomen 50% van de banken in de beste 20% van het waddengebied; en bijna 85% van alle banken bevindt zich in de beste 50% van het gebied (zie ook fig. S1, onderaan deze samenvatting).
Wordt niet naar de modelverwachting, maar naar de waarnemingen gekeken, dan wordt dit beeld in de meeste gevallen bevestigd. De zaadval van 1994 en van 1996 liggen voor 50% binnen de beste 24 respectievelijk 27% van de droogvallende platen; na enkele jaren is deze grens verschoven naar 12% respectievelijk 23% van het waddengebied. De zaadval van 1999 voldeed hier niet aan; 50% van de zaadval viel in de 41% beste gebieden; voor dát jaar had het model nauwelijks een voorspellende waarde. Na enige tijd, wanneer banken verloren gaan, blijkt dat de banken in de beste gebieden relatief beter overleven dan in de slechtere. Dat beeld geldt voor alle datasets. Het meest extreme voorbeeld daarbij is de RIVO-dataset; de 4-jarige banken in die dataset zijn overblijfselen van de zaadval van 1994 alleen. 50% van die meerjarige banken bevindt zich in de beste 3.6% van het droogvallende wad.
Dit getal is van betekenis, omdat op deze RIVO-gegevens de eerste habitatkaart geënt is. Het huidige habitatmodel is dus minder discriminerend, en het voorspelt een bredere verspreiding van mosselbanken. De fit met verschillende datasets is echter beduidend beter bij het huidige habitatmodel dan bij de eerste versie van 1999.

De analyses van de bestanden wijzen uit dat ook buiten de als meest kansrijk aangeduide gebieden zaadval mogelijk is. De overlevingskansen zijn evenwel het grootst in die gebieden die volgens de habitatkaart tot de betere behoren. Globaal gesproken lijkt 20-30% van het mosselzaad te vallen in de slechtste 50% van het waddengebied; bij de zaadval van 1999 betrof dit zelfs 40%. Na enige jaren bevonden zich nog enkele procenten (globaal gesproken 5-10%) van het totale bankareaal in dit "slechtste" gebied, hetgeen aangeeft dat mosselbanken ook binnen dit gebied nog enige overlevingskans hebben. De exercities voeden tevens de idee dat een uitgebreid areaal bestaat uit banken gevormd na zaadval in verschillende jaren, waarbij van jaar tot jaar de overlevingskansen anders zullen zijn omdat de fysische omstandigheden (zoals stormrichting) steeds anders zullen zijn.

Verschillen met de eerste versie van de habitatkaart

De meest in het oog springende verschillen tussen de huidige versie en de eerste versie van de kaart uit 1999 zijn vooral te vinden bij het Balgzand, het wad tussen Ameland en de Friese kust, het wad onder Rottumeroog, en de Eems. De onvolkomenheden op het Balgzand, waar volgens de 1e kaartversie hooggelegen gebieden tegen de dijk hoog scoorden, zijn weggewerkt. De verschuiving op het wad onder Ameland, nabij de Friese kust, naar een minder hoge waardering komt overeen met de constatering dat weliswaar zaadval op die plekken plaats vindt, maar dat de stormgevoeligheid eveneens nogal groot is.
De reden van de verschillen tussen beide kaartversies zijn onder andere

- de manier waarop droogvaltijden en afstanden tot de geul zijn verwerkt: in de huidige versie zijn deze factoren belangrijker geworden;
- het belang van de golfwerking; die is in de huidige versie van groter gewicht.

De eerste versie van het habitatmodel is gebaseerd op het voorkomen van meerjarige banken in 1998. Deze banken zijn alle ontstaan bij de zaadval van 1994, en hebben alle min of meer dezelfde structurerende processen doorstaan. Een belangrijke structurerende factor was de zware NW-storm van maart 1995, welke omstandigheid ook vrij precies weerspiegeld werd door de gebruikte dataset. Model en data toonden zeer waarschijnlijk ook daardoor een goede overeenkomst, en een grote mate van discriminatie.
De huidige versie is gebaseerd op de dataset van Dijkema van 1976 (1). Deze dataset betreft veel meer banken dan de RIVO-dataset, en hij bestaat voor een groot deel, maar niet

uitsluitend, uit meerjarige banken. De banken zijn ook in verschillende jaren ontstaan, en derhalve zijn verschillende processen structurerend geweest voor het uiteindelijke bestand. De discriminatie is derhalve geringer, maar de overeenkomst tussen model en data is wel groot.

Inbreng van de visserijsector

Tijdens de twee workshops, die met mosselkwekers en kokkelvissers gehouden zijn, is naar voren gekomen dat de activiteit ter reconstructie van oude mosselbanken, die parallel aan de ontwikkeling van de habitatkaart is ondernomen, geen resultaat opleverde dat bruikbaar kon zijn als extra kwantitatieve validatie voor de ontwikkelde habitatkaart. Wel is een kwalitatieve validatie mogelijk gebleken in die zin dat geconcludeerd is dat de uiteindelijk ontwikkelde kaart overeenkwam met de idee van praktijkmensen over waar de meest gunstige plekken voor mosselbanken gevonden kunnen worden.

Conclusie

De versie van het habitatmodel is een duidelijke verbetering ten opzichte van de eerste versie uit 1999. Een aantal onvolkomenheden uit die eerste versie is weggewerkt , en de beschrijving van verschillende waarnemingen-sets voldoet aan de doelstellingen van dit project.
De overeenkomst tussen waarnemingen en kaart is dusdanig dat ze goed bruikbaar is voor de aanduiding van die gebieden in de Waddenzee boven de gemiddeld laagwaterlijn die het meest geschikt zijn voor het aantreffen van mosselbanken, en waar de kans op uitgroei van zaadbanken tot meerjarige banken het grootst is. Dit was tevens de teneur van de tweede bijeenkomst met kokkel- en mosselvissers.
De discriminatie tussen goede en minder goede gebieden is bij deze laatste versie aanzienlijk kleiner dan bij de eerste versie, wat vooral gevolgen heeft voor het areaal waarbinnen 2000 of 4000 ha banken verwacht wordt.
Er zijn uiteraard nog steeds verbeteringen mogelijk, met name wanneer er betere basisdata beschikbaar komen.
De betekenis van de kaart zal met de tijd afnemen, omdat de Waddenzee in de loop van de tijd verandert.

Slotopmerking

Bij het huidige project is zo goed mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens. Het is goed mogelijk dat in de toekomst door nieuwe berekeningen en inventarisaties de mogelijkheden op een betere kaart vergroot worden. Het is, tot slot, daarbij van belang te beseffen dat de Waddenzee continu verandert, waardoor in de loop van de tijd de betrouwbaarheid van de habitatkaart zal afnemen, en het modelinstrumentarium onderhoud zal blijven behoeven voor toekomstig gebruik; ofwel: ter zijner tijd zal een nieuwe geschiktheidsanalyse nodig zijn.

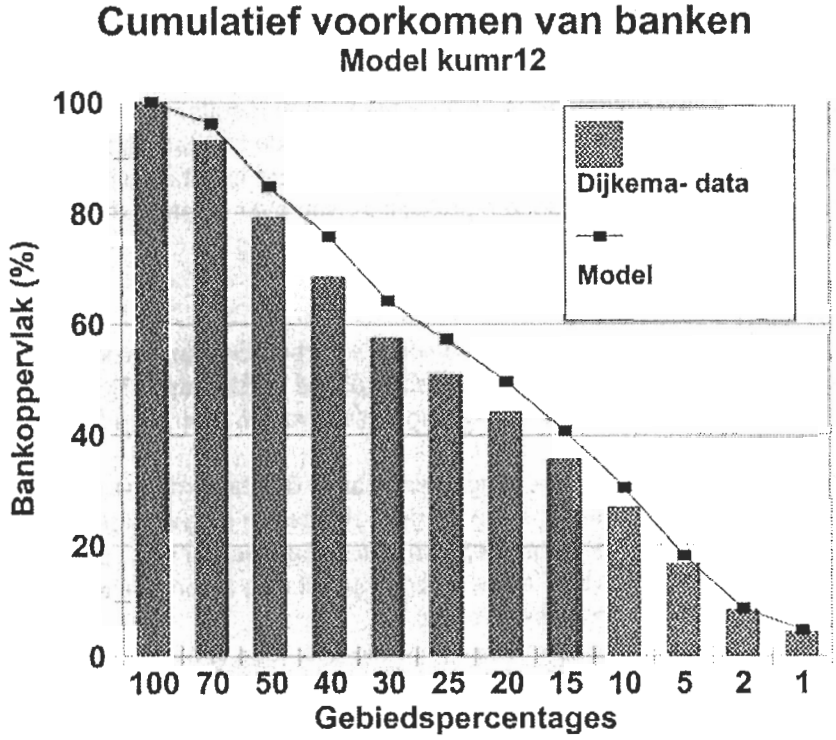
De habitatkaart

De volgende kaarten (een overzichtskaart en 8 detailkaarten) geven de huidige versie van de mosselbankenhabitatkaart weer. Er is een beperkt aantal categorieën weergegeven, en de gekozen kleurstelling is dusdanig dat relatief eenvoudig de geschiktheidsklassen 0-10%, 10-30%, en 30-50% onderscheiden kunnen worden. NB: de klasse 0-1% geeft het **best** geschikte deel van het Waddengebied weer, de klasse 70-100% het **minst** geschikte deel.

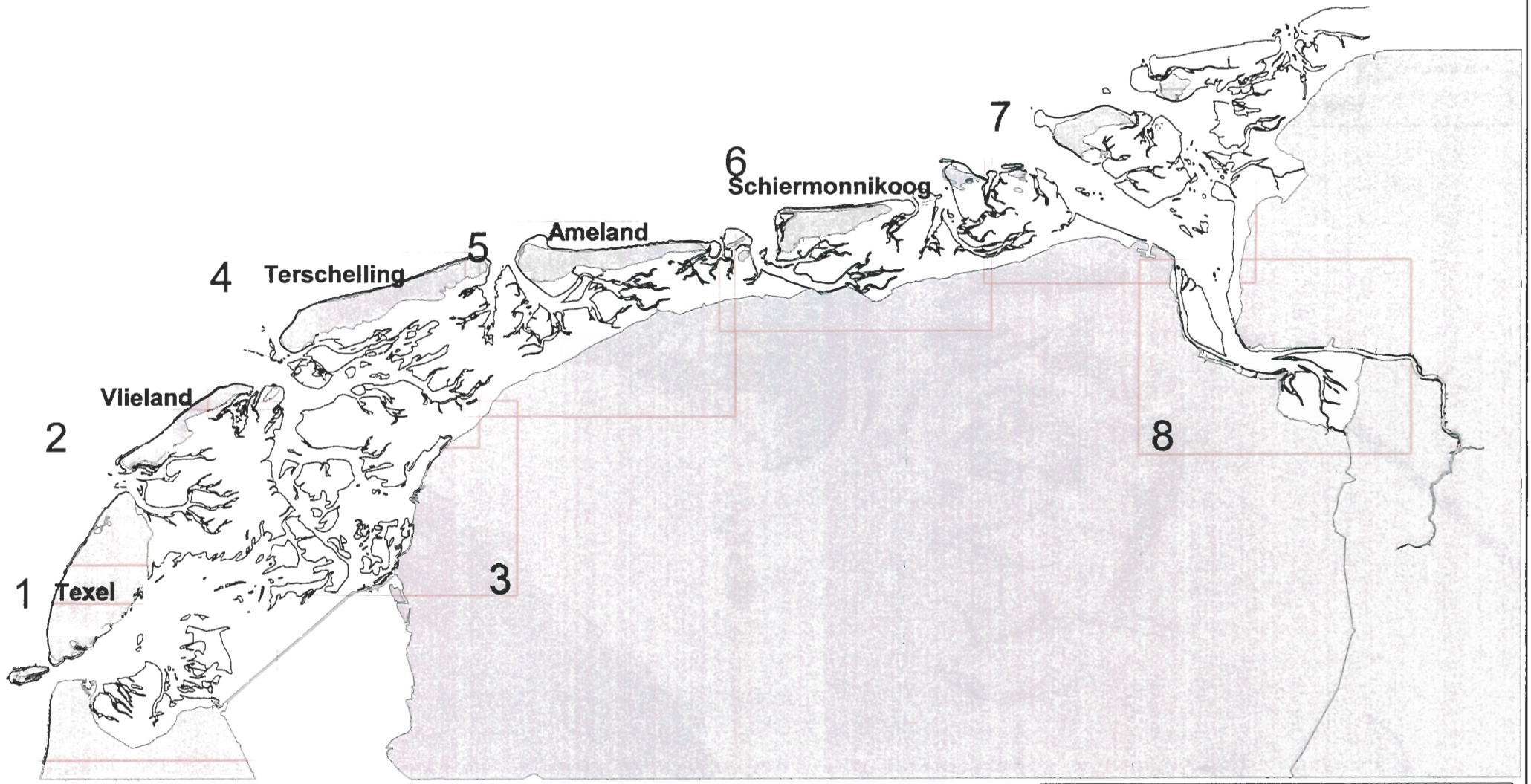
Een belangrijke karakteristiek van de habitatkaart is hieronder gegeven. In figuur S1 staat hoe de verdeling van een bankoppervlak van ongeveer 4000 ha zal zijn over het

droogvallende deel van het Waddengebied, zowel volgens het habitatmodel als volgens de waarnemingen van Dijkema in de jaren 1976 en 1978 (Dijkema et al, 1989).

Figuur S1: verdeling van bankareaal over het wad: in welk deel van het wad komt welk



percentage voor? Hierbij geldt dat '100' staat voor de geschiktheidsklasse 70-100% van het gebied, en '1' voor de geschiktheidsklasse 0-1% van het gebied, enz. Zowel de uitkomst van het habitatmodel, als de waarnemingen van Dijkema zijn aangegeven.



Kansrijkdom voor mosselbanken

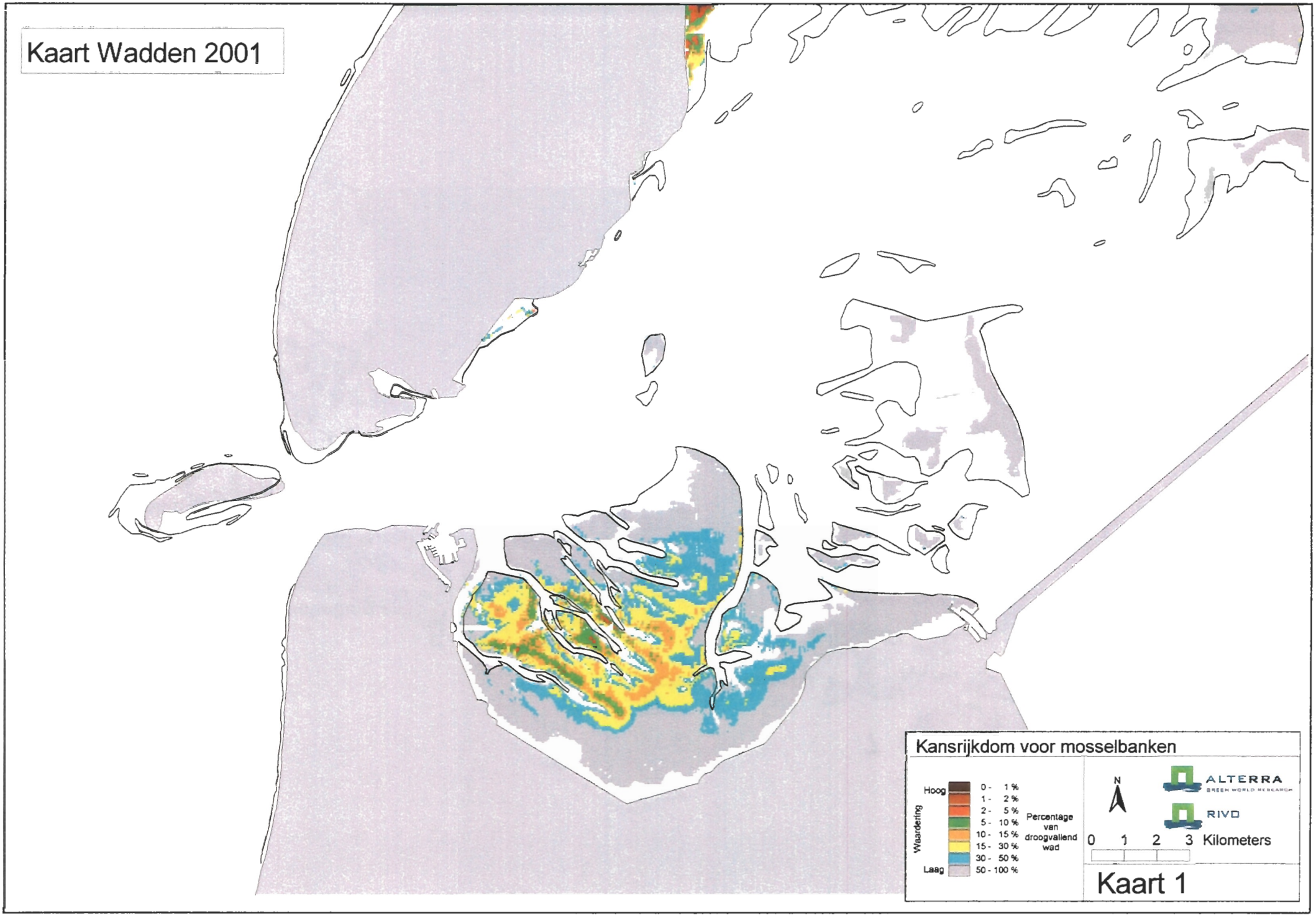
N

ALTERRA

RIVO

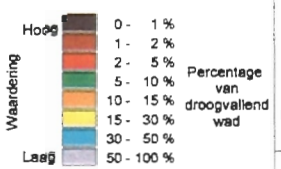
0 5 10 15 Kilometers

Overzichtskaart


Kaart Wadden 2001
Kansrijkdom voor mosselbanken
Hoog
Laag
Waardering
0 - 1 %
1 - 2 %
2 - 5 %
5 - 10 %
10 - 15 %
15 - 30 %
30 - 50 %
50 - 100 %
Percentage van droogvallend wad
N
ALTERRA
RIVO
0 1 2 3 Kilometers
Kaart 1

Kaart Wadden 2001

Kansrijkdom voor mosselbanken



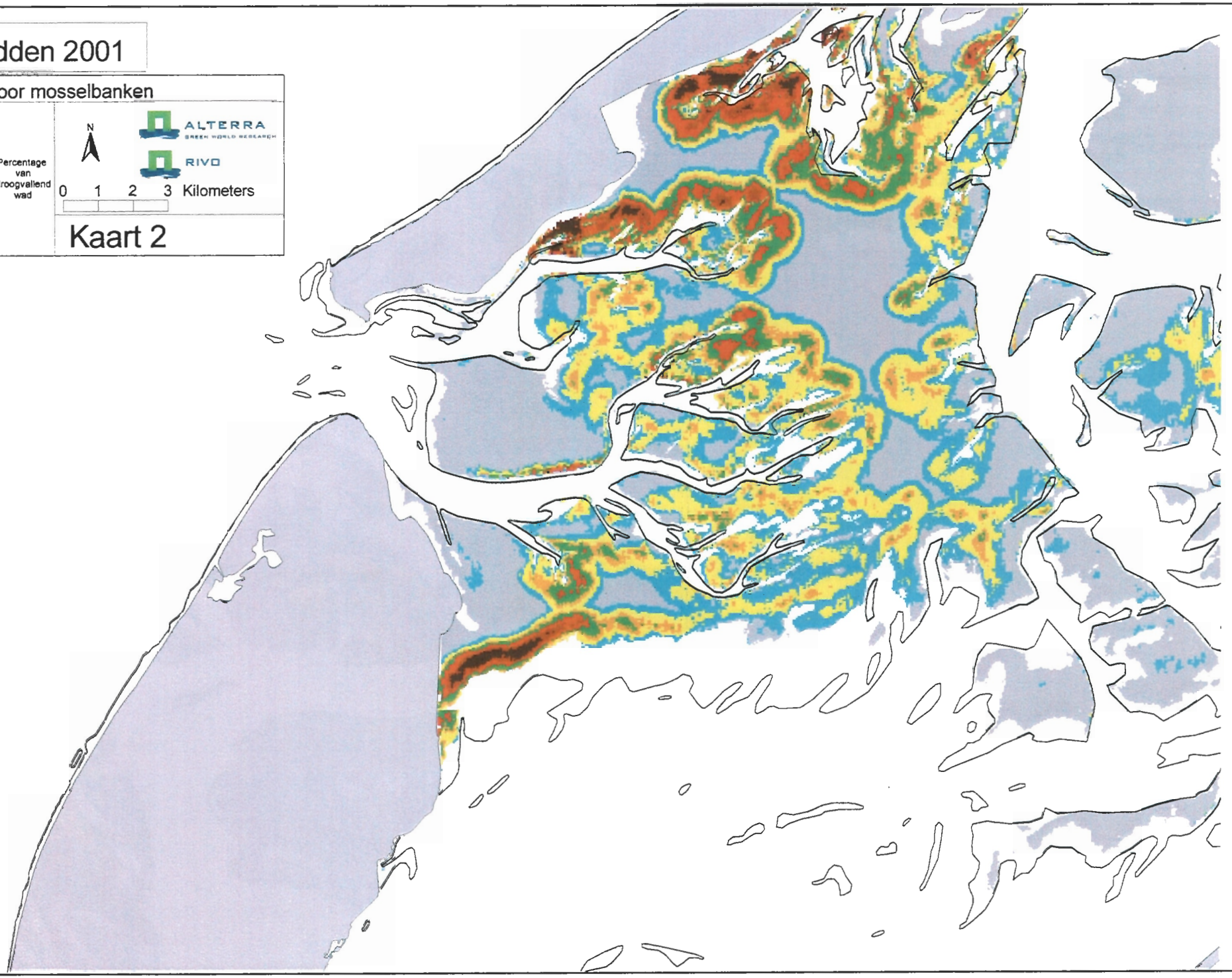
N

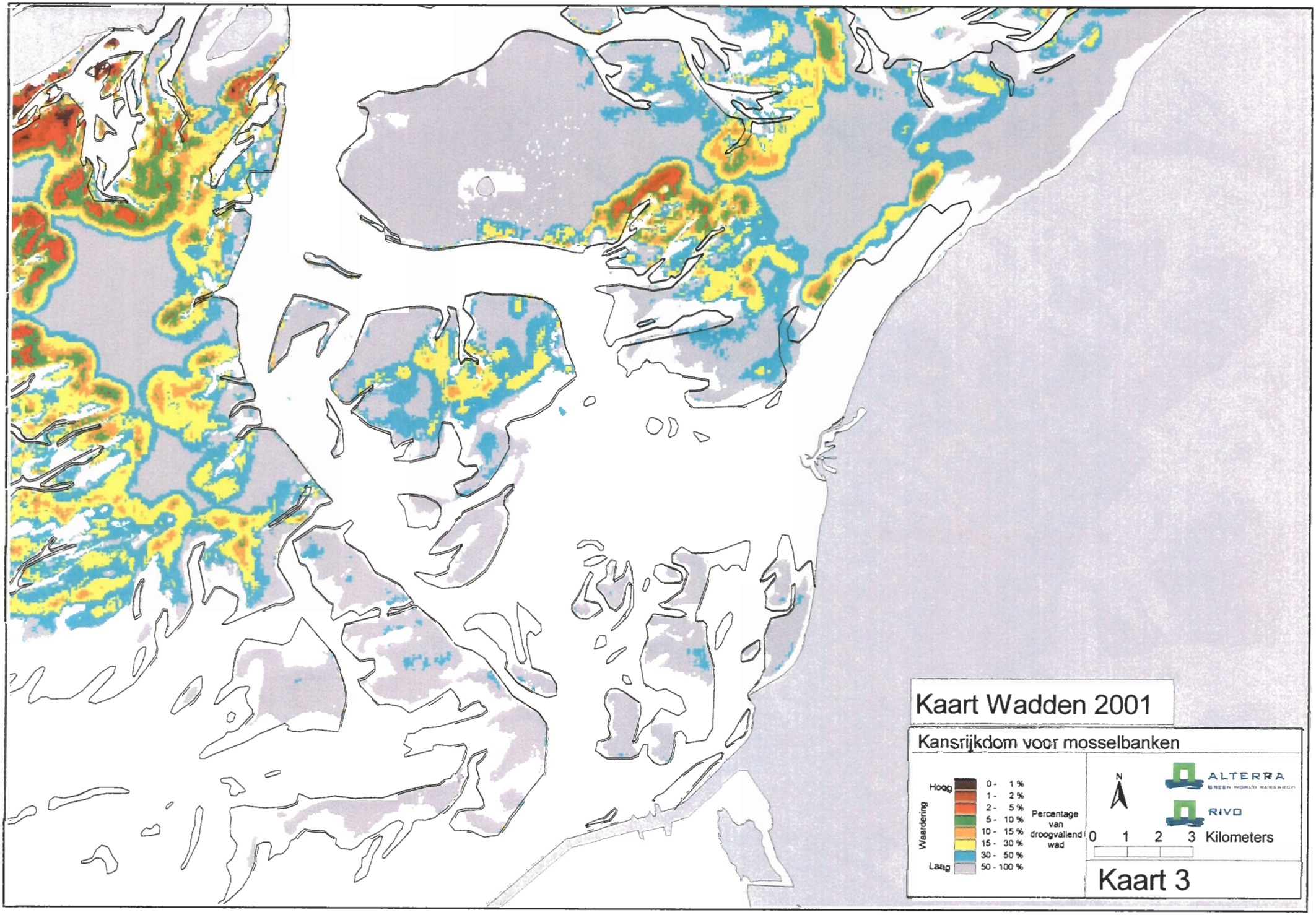
ALTERRA
GREEN WORLD RESEARCH

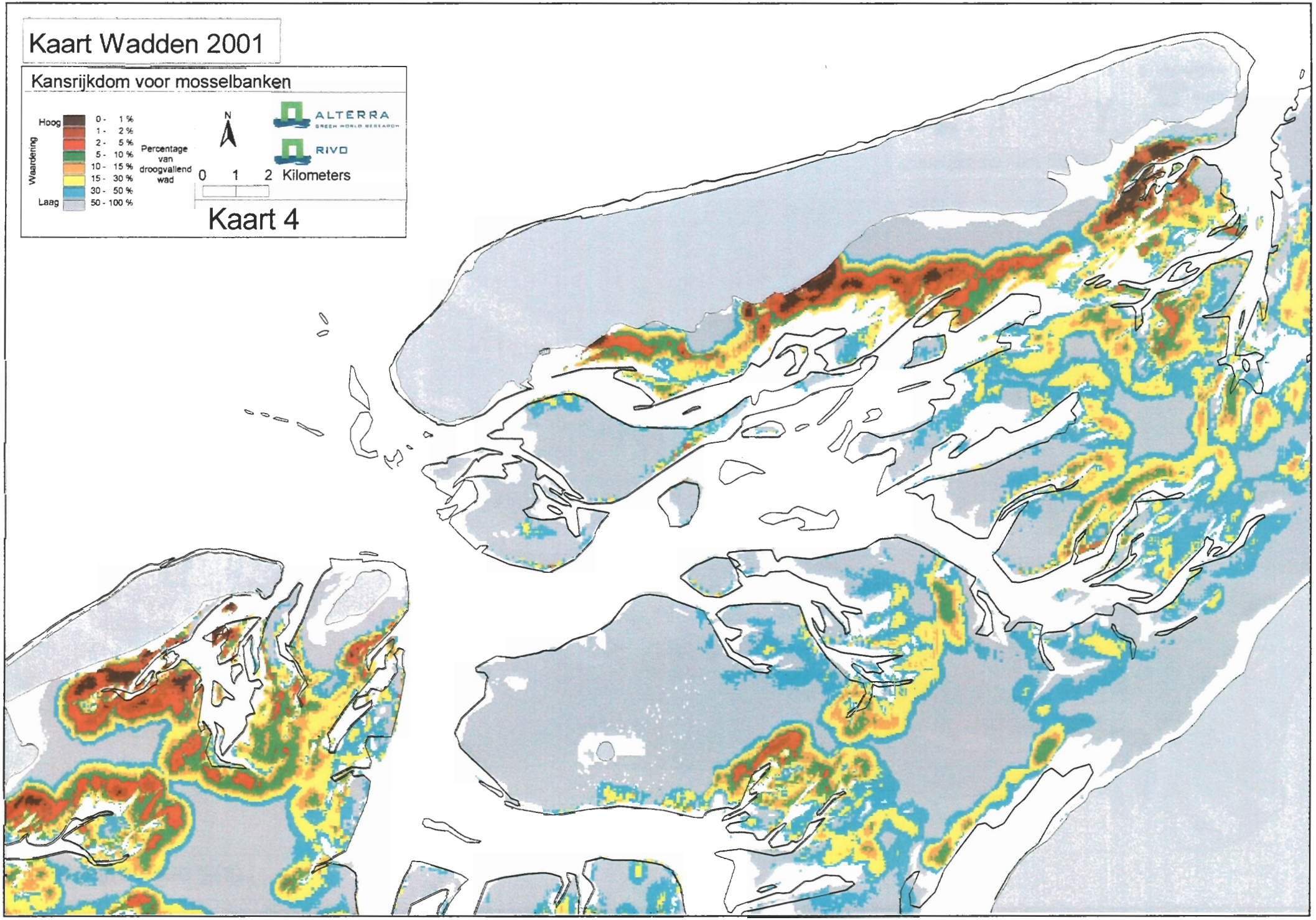
RIVO

0 1 2 3 Kilometers

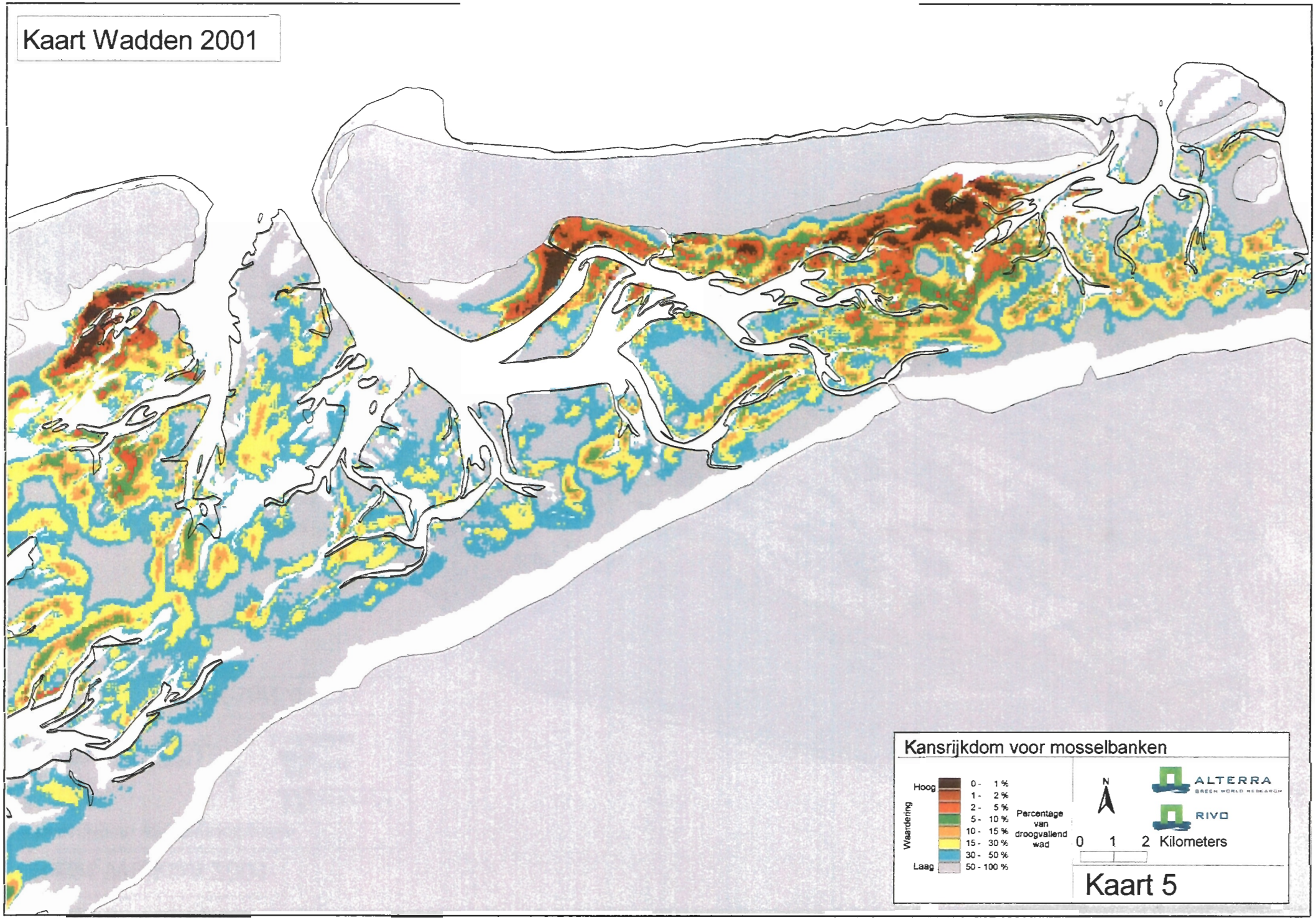
Kaart 2



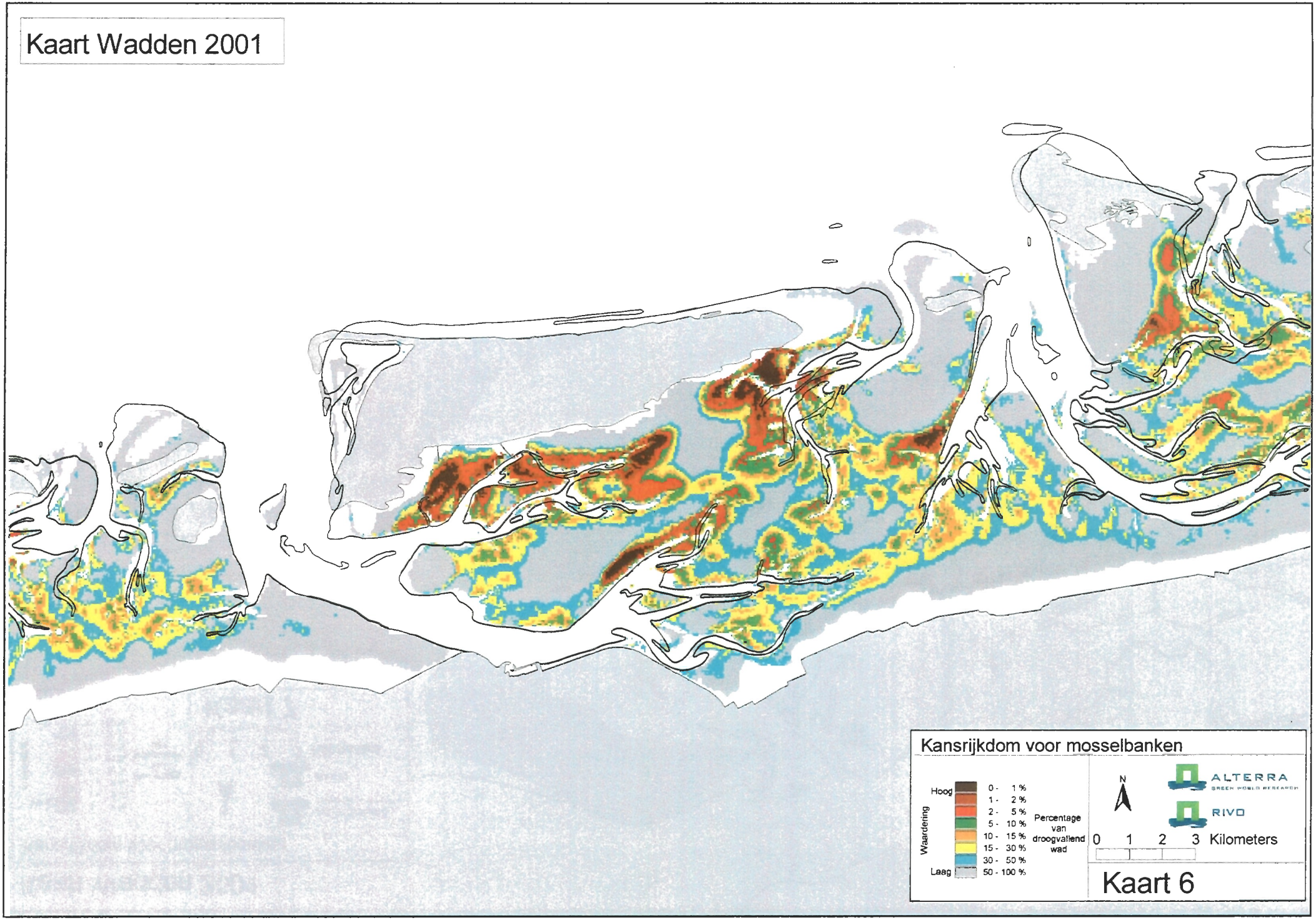

Kaart Wadden 2001
Kansrijkdom voor mosselbanken
Hoog
Laag
Waardering
0 - 1 %
1 - 2 %
2 - 5 %
5 - 10 %
10 - 15 %
15 - 30 %
30 - 50 %
50 - 100 %
Percentage van droogvallend wad
N
ALTERRA
RIVO
0 1 2 3 Kilometers
Kaart 3


Kaart Wadden 2001
Kansrijkdom voor mosselbanken
Waardering
Hoog
Laag
0 - 1 %
1 - 2 %
2 - 5 %
5 - 10 %
10 - 15 %
15 - 30 %
30 - 50 %
50 - 100 %
Percentage van droogvallend wad
N
ALTERRA
RIVO
0 1 2 Kilometers
Kaart 4

Kaart Wadden 2001

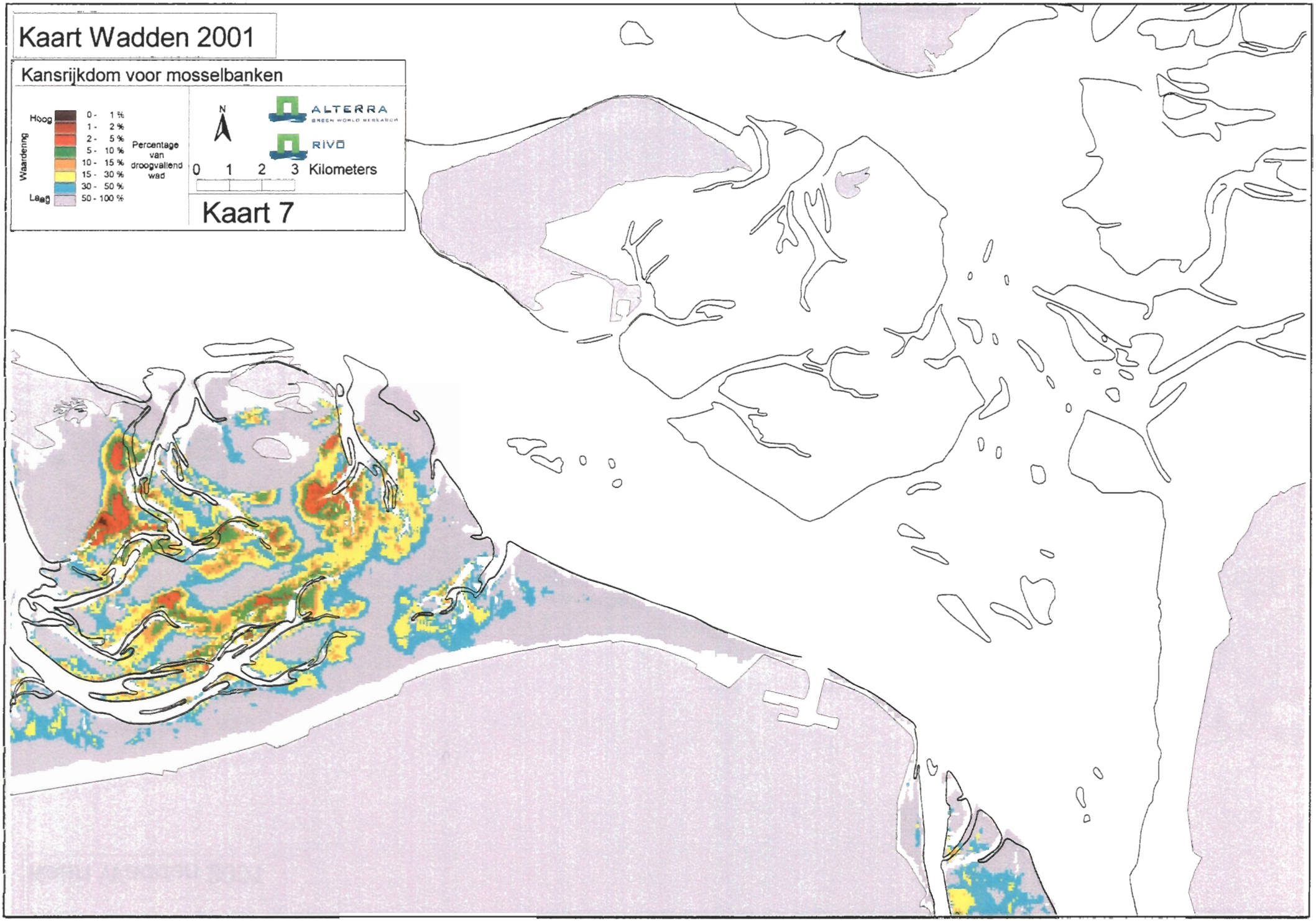


Kaart Wadden 2001

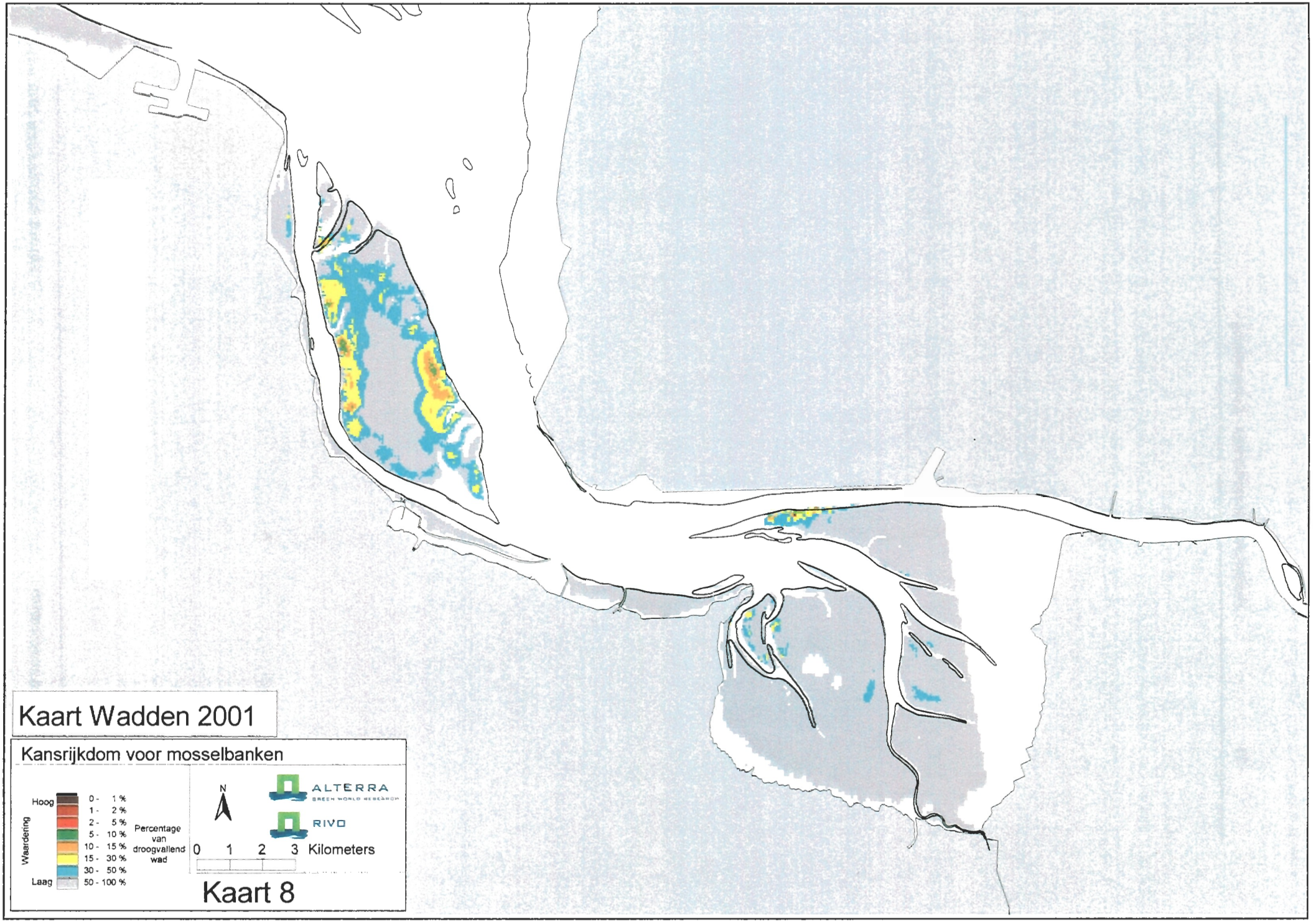


Kaart Wadden 2001

Kansrijkdom voor mosselbanken



Kaart 7


Kaart Wadden 2001
Kansrijkdom voor mosselbanken
Hoog
Laag
Waardering
0 - 1 %
1 - 2 %
2 - 5 %
5 - 10 %
10 - 15 %
15 - 30 %
30 - 50 %
50 - 100 %
Percentage van droogvallend wad
N
ALTERRA
RIVO
0 1 2 3 Kilometers
Kaart 8

INLEIDING

1 INLEIDING

In 1998 is de eerste fase van het beleid voortvloeiend uit de Structuurnota zee en kustvisserij geëvalueerd (LNV, 1998). Een van de conclusies was dat met name doelen ten aanzien van de ontwikkeling van droogvallende stabiele mosselbanken niet zijn bereikt en dat het belang van deze banken als voedselbron voor vogels groter is dan eerst werd ingeschat. Als oorzaken dat nieuwe banken maar in zeer beperkte mate zijn ontstaan in de afgelopen periode worden vooral de zeer onregelmatige broedval en het wegstormen van het merendeel van nieuw ontstane banken aangemerkt.

In het beleidsvoornemen voor de tweede fase van de structuurnota is de wens uitgesproken extra maatregelen te treffen om de ontstaanskansen van stabiele mosselbanken te vergroten.
Voor de onderbouwing van dit beleid is in het voorjaar van 1999 door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij gevraagd een kaart te vervaardigen met daarop locaties die kansrijk zijn voor de aanwezigheid van stabiele banken. Deze kaart, die als eerste versie gebaseerd was op een deel van de beschikbare gegevens, in februari van 1999 opgeleverd. In het voorjaar van 2001 is verzocht de kaart uit 1999 te verbeteren door van alle beschikbare en relevante gegevens gebruik te maken.

Uitgangspunt in dit onderzoek is dat de stabiliteit van een litorale mosselbanken afhangt van de lokale abiotische omstandigheden zoals stroming, storm, hoogteligging etc. Onderzocht is of er een verband bestaat tussen dergelijke lokale abiotische omstandigheden en het voorkomen van stabiele banken. Is dat het geval, dan is met behulp van het resultaat aangegeven hoe alle gebieden in de Waddenzee beoordeeld worden op geschiktheid voor stabiele mosselbanken. Daarbij is gebruik gemaakt van statistische modellen. Of op enig moment op geschikte plaatsen ook banken voorkomen hangt echter af van de broedval, predatie, en eventueel menselijk ingrijpen ter plekke. Dit betekent dat in gebieden waar (lange tijd) geen mosselen voorkomen op zich nog zeer geschikt kunnen zijn voor de vestiging van stabiele banken.

In het voorliggende rapport wordt uitgebreid verslag gedaan van de habitatanalyses op een dusdanige wijze dat de keuzes gedurende het proces traceerbaar zijn.
De eerste kaart uit februari 1999 is indertijd slechts voorzien van een korte toelichting; dit verslag dient ook als achtergrondrapportage bij die kaartversie.
Vervolgens is een tussenversie van de kaart vervaardigd, waarbij van alle relevante gegevens gebruik is gemaakt, die in 1999 beschikbaar waren. Hierbij paste een uitgebreide modelanalyse, om de (on-)bruikbaarheid van allerlei mogelijke deelmodellen te onderzoeken. Voor de eerste kaartversie ontbrak in het voorjaar van 1999 de tijd voor een dergelijke data-analyse. Dit leidde tot een tweede versie van de habitatkaart waarover gerapporteerd werd tijdens het specialistische Sylt-2000 symposium over mosselbanken (begin augustus 2000) en het 10e Internationale Wetenschappelijke Waddenzee Symposium te Groningen van 30 oktober tot 3 november 2000. Een wetenschappelijke bijdrage wordt gepubliceerd in een speciale uitgave van *Helgoland Marine Research* (Brinkman et al, 2002).
Bij beide versies van de habitatkaart kon gebruik worden gemaakt van modelberekeningen naar golfintensiteiten; echter was indertijd de situatie bij slechts één windrichting doorgerekend. Omdat uit de analyses bleek dat juist die golfwerking een cruciale rol vervulde bij de uitkomsten, is ten behoeve van de derde en huidige versie van de habitatkaart ook de golfwerking bij drie andere windrichtingen berekend. Dit is in 2001 gedaan door het bureau Alkyon, in opdracht van het RIKZ. Werden de eerste golfberekeningen uitgevoerd met het model HISWA, in 2001 werd van het model SWAN gebruik gemaakt. Ook werd daarbij van

nieuwere dieptegegevens gebruik gemaakt. Met SWAN zijn ook de berekeningen herhaald voor de toestand die met HISWA doorgerekend is.

Deze opeenvolging van kaartversies en habitatanalyses wordt in het voorliggende rapport teruggevonden: de toevoeging van de SWAN-golfberekeningen uit 2001 is gepresenteerd naast de berekeningen met HISWA. De verschillende versies van de habitatkaarten zijn integraal opgenomen, zodat vergelijking van resultaten mogelijk wordt.

Ook zijn overzichtskaarten toegevoegd, waarop alle bij de analyse gebruikte gegevens over mosselbanken zijn samengevat.

De resulterende habitatmodellen berekenen voor elke gridcel van 50*50 m een trefkans op een mosselbank. Voor de weergave op de habitatkaarten zijn deze trefkansen gerangschikt van hoog (relatief goed) -> laag (relatief slecht). Vervolgens is deze rangschikking in twaalf deeltrajecten onderverdeeld, waarbij de grenzen gelegd zijn bij respectievelijk 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70 en 100% van het waddengebied. Op de habitatkaarten zijn deze 12 groepen of *geschiktheidsklassen* terug te vinden.

Tot slot is in voorliggende studie nagegaan hoe een bepaald areaal (100, 1000, 10000 ha) aan mosselbanken verdeeld zal zijn over deze uiteindelijk onderscheiden geschiktheidsklassen.

TOEGEPASTE TECHNIEKEN

2 MATERIAAL EN METHODEN

3 DATAVERWERKING

2 MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Mosselbanken

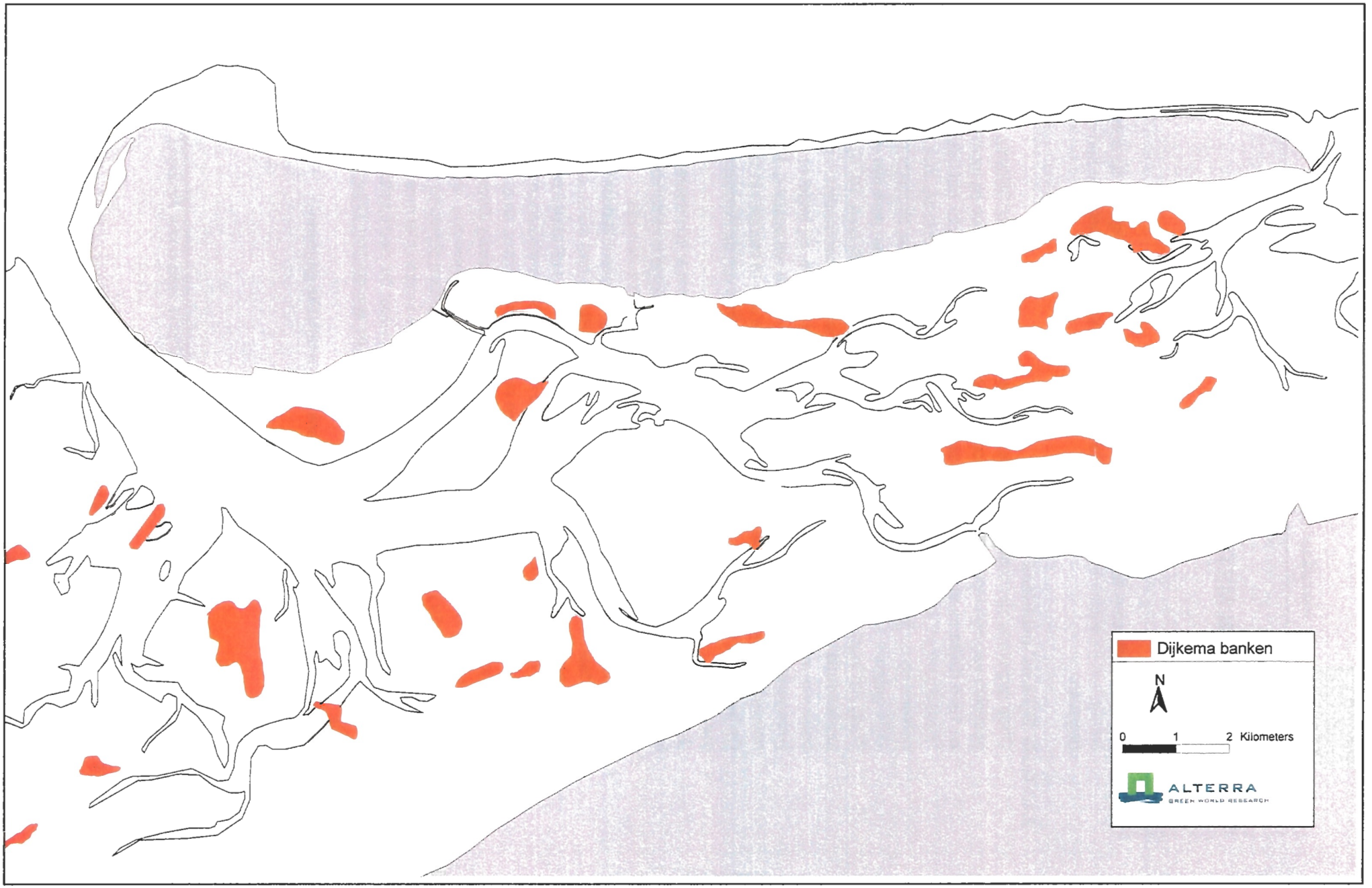
Voor het onderzoek stonden enkele sets gegevens ter beschikking over de aanwezigheid en locatie van mosselbanken of mosselgebieden. In het volgende wordt een kort overzicht gegeven.

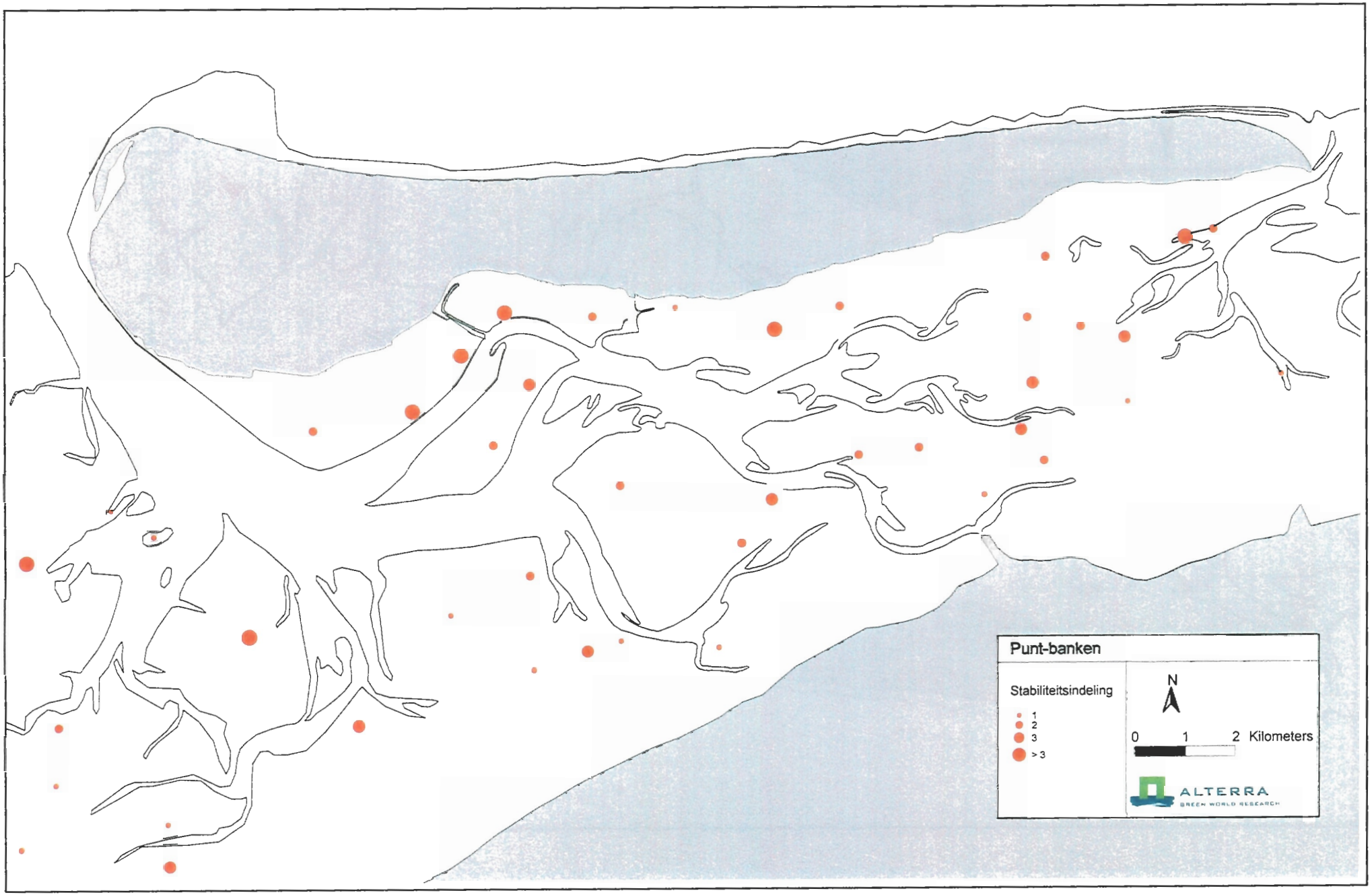
2.1.1 Oude 'Dijkema'-gegevens

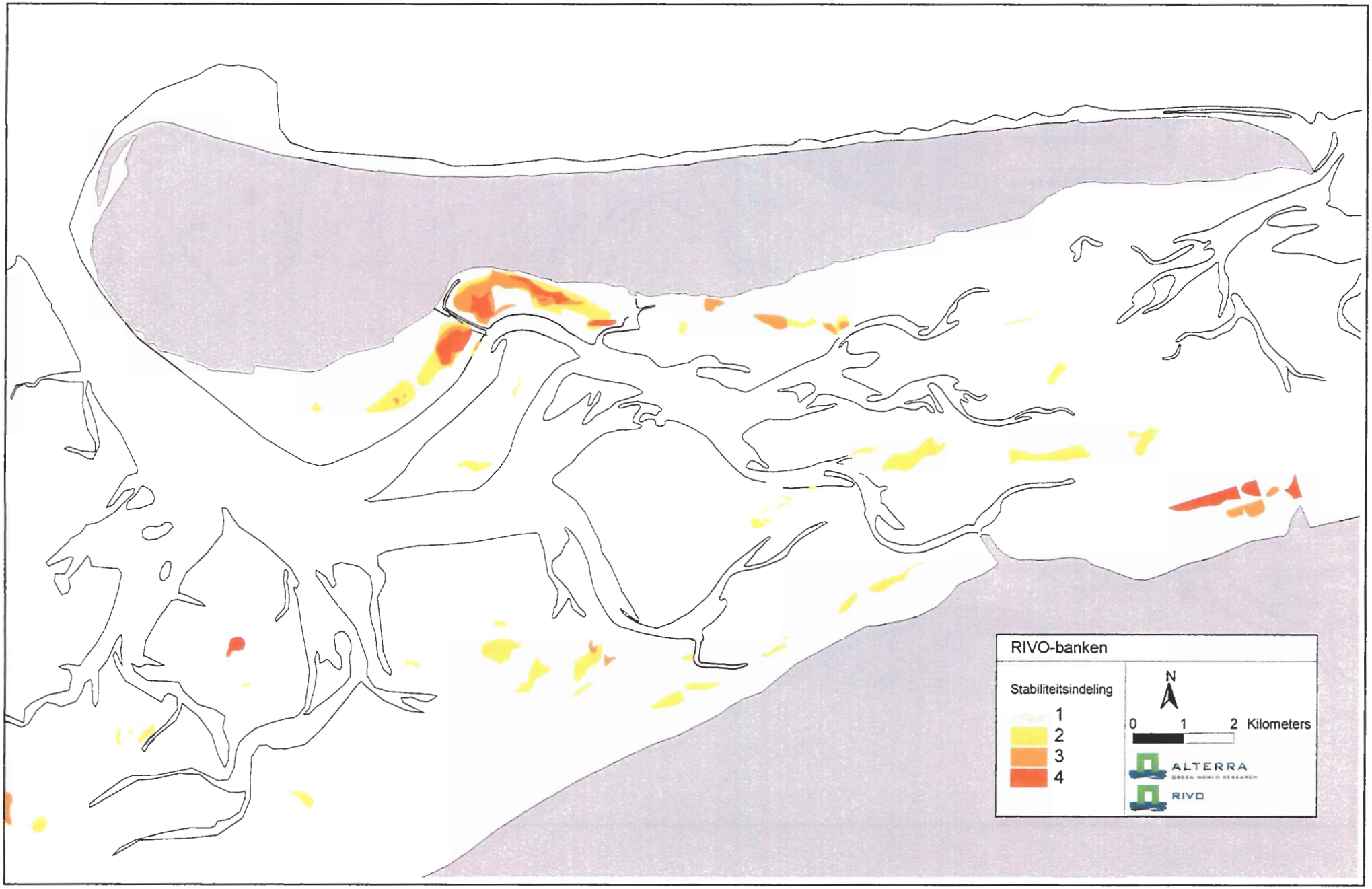
Oude gegevens zijn beschikbaar uit kaartmateriaal vervaardigd door Dijkema. Voor het opstellen van een landschapskaart voor de Waddenzee analyseerde hij luchtfoto's uit 1968 en 1976 (Dijkema et al, 1989; Dijkema, 1991). In deze kaarten is ook het habitat "mosselbanken" ingetekend, waarbij gebieden die met stereoscopie als mosselbank werden herkend op de foto's zijn omcirkeld en in kaart overgebracht. Daarbij zijn primair de foto's uit 1976 gebruikt. Gebieden die niet in 1976 zijn gefotografeerd (een gedeelte van het westelijke Wad) zijn ingetekend op basis van de foto's uit 1968 (zie ook Botzen, 1975). Of de ingetekende gebieden ook werkelijk tot het habitat mosselen behoorden is gevalideerd op basis van visuele inspecties vanuit de lucht en te voet in 1978. Bij twijfel ten aanzien van het (vroegere) bestaan van banken zijn deze niet opgenomen in het bestand. Het is nu nauwelijks meer mogelijk enige stabiliteitsdifferentiatie aan te brengen in dit materiaal.
Op basis van luchtfoto's is ook het Duitse en Deense deel van de Waddenzee door Dijkema gekarteerd.
Door Brinkman et al (2002) is een eerste poging gedaan om te controleren hoe de inventarisatie van toen vergeleken kan worden met de huidige inventarisatiepraktijk; zij concluderen dat de verschillen waarschijnlijk niet erg groot zullen zijn.
De volledigheid van het Dijkema-materiaal wordt vrij groot geschat door Dankers (Alterra). Dit materiaal van Dijkema is volledig gedigitaliseerd. Hierbij trad als moeilijkheid op dat de positionering van oude gegevens naast veel nieuwere data niet altijd klopte. Om het materiaal volledig geschikt te maken voor de nu uit te voeren statistische analyses had in een aantal gevallen 'geschoven' moeten worden met banken. Immers, de bankposities betreffen 20 tot 30 jaar oude waarnemingen; de abiotische gegevens, zoals diepte, betreffen een relatief recente toestand. Op basis van de best mogelijke kennis zou hiermee voorkomen zijn dat banken nu plotseling in geulen of op hoge zandplaten blijken te liggen. Deze correcties zijn niet doorgevoerd, noch is besloten deze banken niet mee te tellen bij de analyses. Dit houdt in dat de uitkomsten vervuild zijn door de discrepantie tussen de leeftijden van abiotische en biotische gegevens. Naamaanduiding: Dijkema-data, afkorting: KD).
In Figuur 0 is een deel van Dijkema's bankeninventarisatie gegeven.

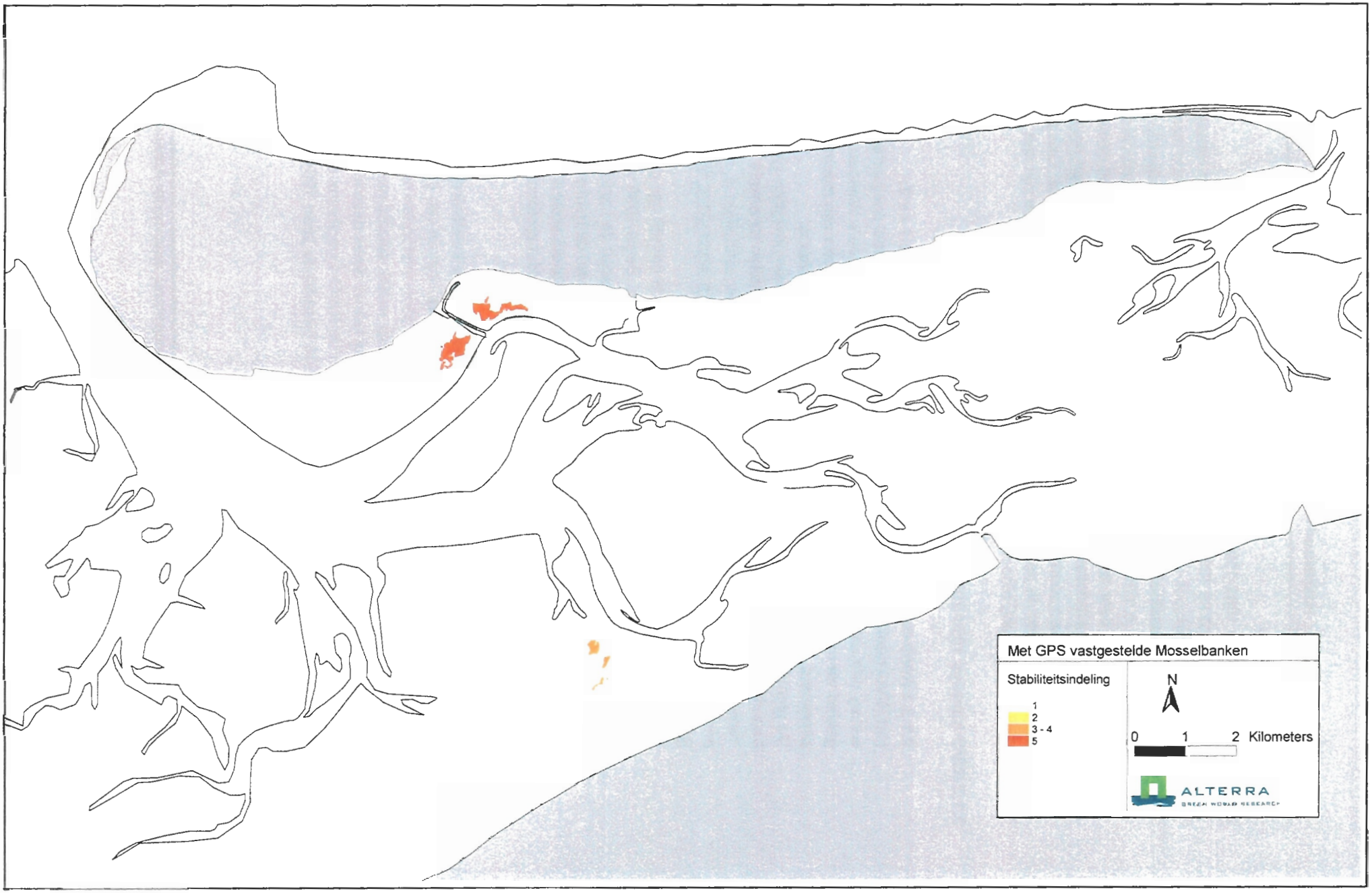
Figuur 2 (volgende blad) Voorbeeld van Dijkema--bankenbestand, wad onder Ameland

Figuur 1 (tweede blad na hier) Voorbeeld van Punt-bankenbestand, wad onder Ameland


Dijkema banken
N
0 1 2 Kilometers
ALTERRA
GREEN WORLD RESEARCH


Punt-banken
Stabiliteitsindeling
1
2
3
> 3
N
0
1
2 Kilometers
ALTERRA
GREEN WORLD RESEARCH


RIVO-banken
Stabiliteitsindeling
1
2
3
4
N
0 1 2 Kilometers
ALTERRA
RIVO


Met GPS vastgestelde Mosselbanken
Stabiliteitsindeling
1
2
3 - 4
5
N
0
1
2 Kilometers
ALTERRA

2.1.2 RIN-onderzoeken 1983-1990.

In de jaren 1983 tot 1990 is er door Alterra (toentertijd Rijksinstituut voor Natuurbeheer, RIN) uitgebreid onderzoek gedaan naar groeiomstandigheden van mosselen op litorale en sublitorale mosselbanken. Hierbij zijn de onderzochte banken gepositioneerd, maar hun oppervlakte en omtrek is niet in kaart gebracht. Voor het huidige onderzoek is dit een groot gemis, temeer daar de gekozen positionering niet noodzakelijkerwijs een gemiddelde abiotische karakteristiek weerspiegelt. Naamaanduiding: Punt-data, afkorting: MP.
In Figuur 1 is een voorbeeld gegeven van deze zogenoemde Punt-data. Elke punt geeft een bank weer, maar de positionering van die punten is niet precies. Ook zijn niet álle banken in die jaren bezocht, alhoewel wel de meeste.

2.1.3 RIVO-surveys 1994-2001

2.1.3.1 RIVO-data gebruikt ten behoeve van de kaartversies 1 en 2.

Het RIVO heeft vanaf het begin van de jaren 90 een of twee maal per jaar een algemene survey verricht naar het voorkomen van schelpdieren in de gehele Waddenzee. Hierbij is het gebied via meerdere raaien doorvaren, en zijn positie en grootte van mosselbanken genoteerd, waarbij de leeftijd van de banken eveneens geschat is.
De plaatsbepaling gebeurde met behulp van een GPS-satelietnavigatie-systeem, dat een beperkte nauwkeurigheid heeft (niet beter dan enkele tientallen tot enkele honderden meters). Sinds in mei 2000 de opzettelijke GPS-storing uitgeschakeld is, heeft dit systeem in principe een nauwkeurigheid in de orde van meters. Naamaanduiding: RIVO-data, afkorting: RV. In Figuur 3 staat een voorbeeld.
Sinds het najaar van 1994 vindt een opname plaats van de omtrek van de banken, waarbij de bepaling in de loop van de jaren preciezer is geworden. Begin 1995 vond nog een globale opname plaats, waarbij deels vanaf vaartuigen geschat is waar de banken zich bevonden; in latere jaren is nauwkeuriger waargenomen wat de omtrek van de banken was. Hierbij is een (niet-beschreven) protocol aangehouden dat globaal gesproken overeenkomt met het protocol zoals dat ook in Brinkman et al (2002) gegeven is. Het protocol is in bijlage A2 opgenomen.

2.1.3.2 Nieuwe RIVO-data opgewerkt ten behoeve van de kaartversie 3.

In 2001 is door Den Os (RIVO-Yerseke) nagegaan welke banken van de zaadvaljaren 1994, 1996 en 1999 er 1, 2, enz. jaren later nog lagen. Hierdoor ontstonden nieuwe categorieën banken, die aangeduid zijn met Zaad94, Zaad96 en Zaad99, waarbij een toevoeging 1,2,3 en 4 nog eens een stabiliteitsaanduiding aangeeft. Het betreft deels dezelfde gegevens als die welke onder 2.1.3.1 beschreven zijn. Waar echter de RIVO-1 gegevens een combinatie betroffen van de zaadval van 1994 tot en met 1998 (waarbij de jaren 1994 en 1996 veruit de

Figuur 3 (voor-vorige bladzijde) Voorbeeld van RIVO-bankenbestand, wad onder Ameland

Figuur 4 (voorgaande bladzijde) Voorbeeld van GPS-bankenbestand, wad onder Ameland

belangrijkste waren), betreft Zaad94 uitsluitend de zaadval van 1994 en de jaren erna. Zaad99 is een geheel nieuwe dataset die in de RIVO1 tot en met RIVO-4 data niet voorkomt. Naamaanduiding: Zaad94, Zaad96 en Zaad99; de gebruikte afkortingen voor deze data zijn F4, F6 en F9. In Figuur 5 is een voorbeeld gegeven. Bij de rekensessies zijn als alternatieve namen Fin94grd, Fin96grd en Fin99grd gebruikt.

2.1.4 Alterra-onderzoeken 1994-1999

Vanaf 1994 heeft Alterra (toentertijd Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek IBN) van een aantal mosselbanken de grootte en ligging (randen) in kaart gebracht. Onderzoekers zijn rond elke onderzochte bank gelopen, en met een DGPS-satelietnavigatie-systeem is hun positie voortdurend genoteerd. De DGPS-fout is van de orde van meters. Deze gegevens zijn in het Alterra-GIS-systeem ingevoerd. Naamaanduiding: GPS-data, afkorting: GP.
Omdat de opnames gericht waren op het in kaart brengen van de bankstructuren is detaillering van de opnames in het algemeen groter dan die bij de RIVO-surveys. Voor het overige is een (eveneens niet-beschreven) protocol aangehouden dat min of meer overeenkomt met het protocol zoals dat in Brinkman et al (2001) gegeven is (bijlage A2). Een voorbeeld is in Figuur 4 gegeven.

2.1.5 Gegevens aanwezig bij vissers en visserijkundig ambtenaren

Er is inmiddels (Van Stralen, 2002) een onderzoek verricht naar gegevens aanwezig bij visserijkundig ambtenaren en vissers. Dat speurwerk heeft veel gegevens opgeleverd over de bestandsontwikkelingen en -schommelingen in de loop van de jaren, maar voor een toetsing van de uiteindelijk geproduceerde habitatkaarten zijn de resultaten niet geschikt.

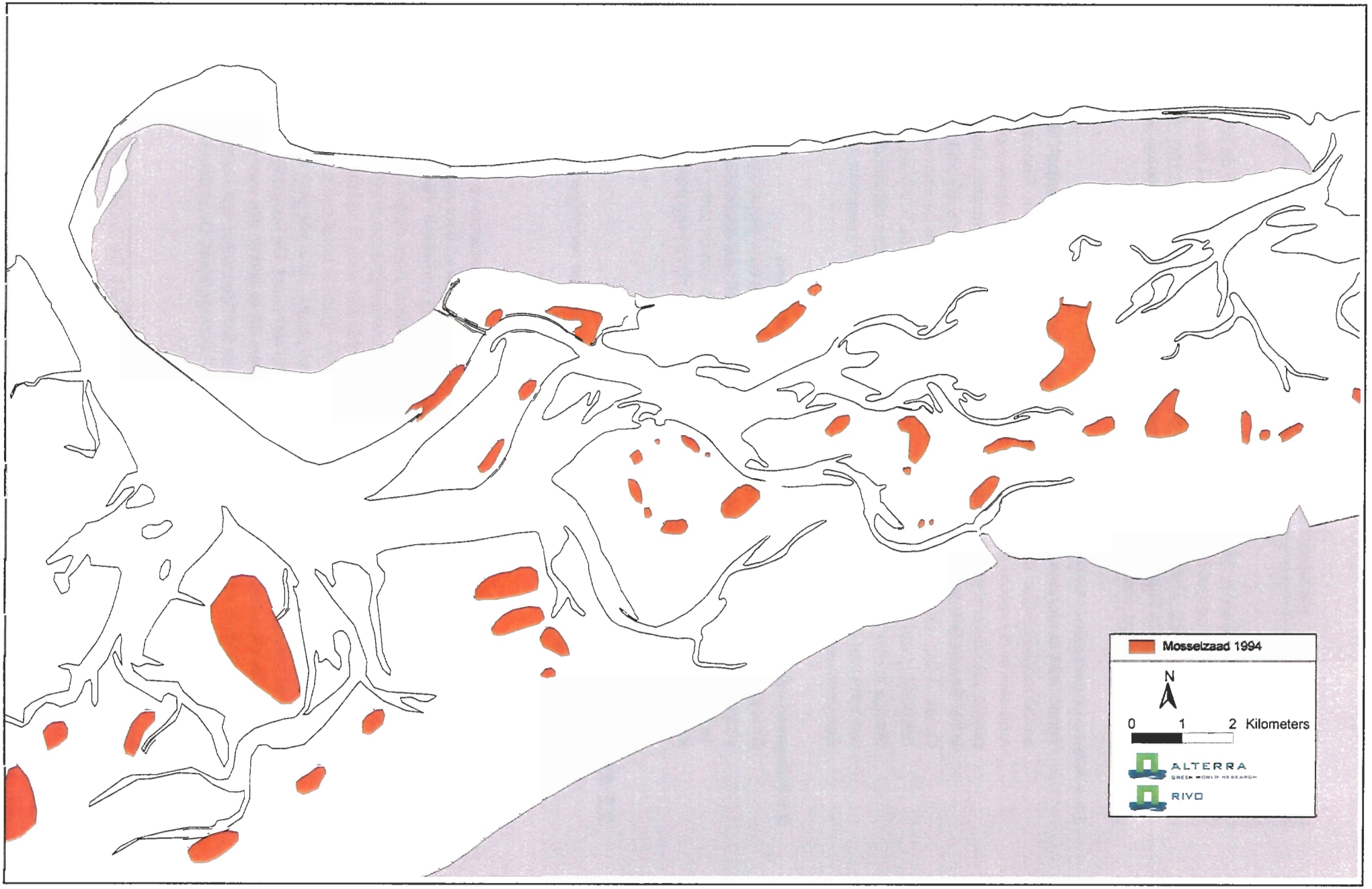
2.2 Abiotische karakteristieken

Gegevens over de abiotische omgevingskarakteristieken zijn verkregen uit het GIS-systeem van het RIKZ te Haren.

2.2.1 Diepte

De ligging van de waterbodem ten opzichte van NAP is grotendeels verkregen door lodingen, uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat en door regionale diensten. Deze gegevens worden door Rijkswaterstaat regelmatig vernieuwd, steeds in opeenvolgende delen van de Waddenzee. Zo wordt het gegevensbestand nooit ouder dan ongeveer 5 jaar, een klein aantal uitzonderingen daargelaten. Onnauwkeurigheden in deze meting worden veroorzaakt doordat de meeste metingen vanaf schip zijn verricht, waarbij dus de afstand bodem-waterlijn de meetwaarde betrof; de feitelijke diepte is berekend door te corrigeren voor het getij. Omdat het getijde afhankelijk is van plaats, tijd in het getij, tijd ten opzichte van dood- en springtij en vooral wind is deze correctie niet exact. De hoogteligging van normaliter droogvallende delen, en die delen van het systeem die te ondiep zijn voor peilingen vanaf een schip is (veel minder frequent) opgemeten via lodingen vanaf een kleine boot of via waterpassing door regionale Dienstkringen van Rijkswaterstaat. Deze data worden lang niet alle structureel verzameld.

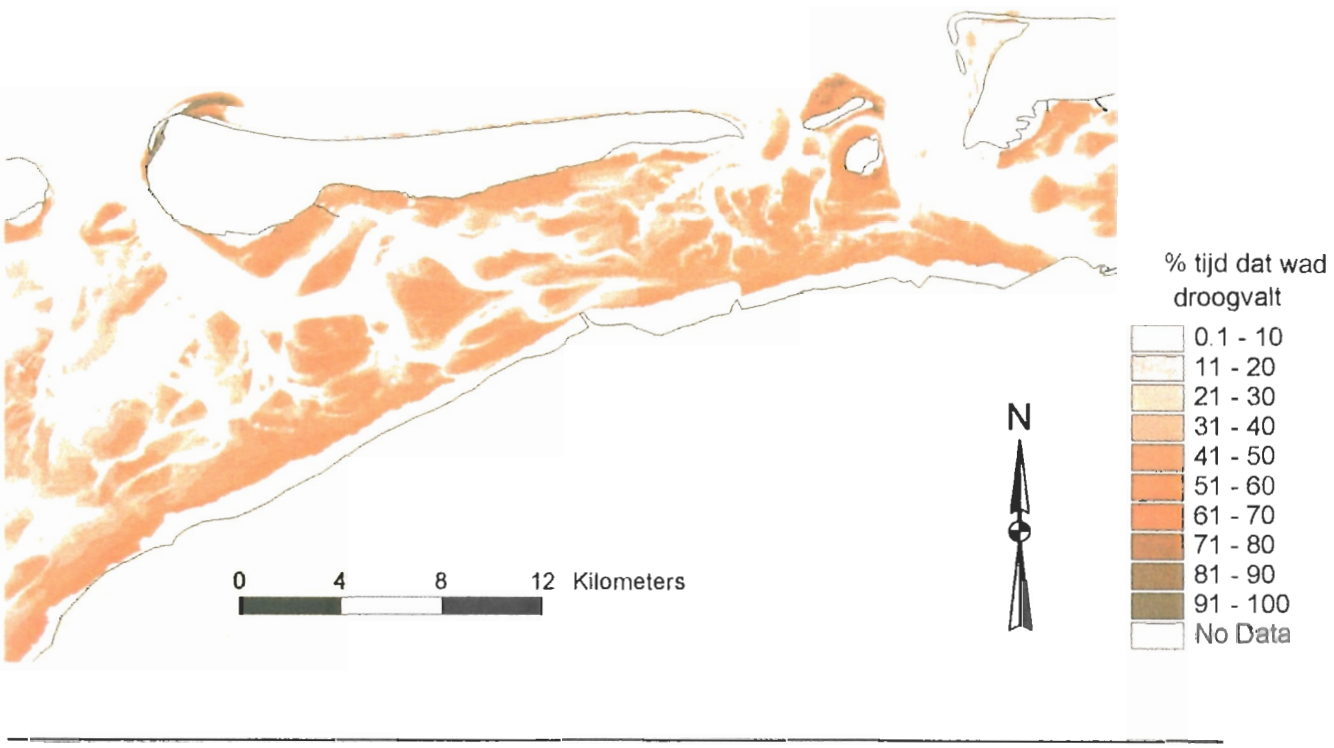
Figuur 5 (volgende bladzijde) Voorbeeld van bankenbestand Zaad94. De stabiliteitsklasse is een maat voor het aantal jaren dat de bank bestaan heeft. Wad onder Ameland


Mosselzaad 1994
N
0 1 2 Kilometers
ALTERRA
RIVO

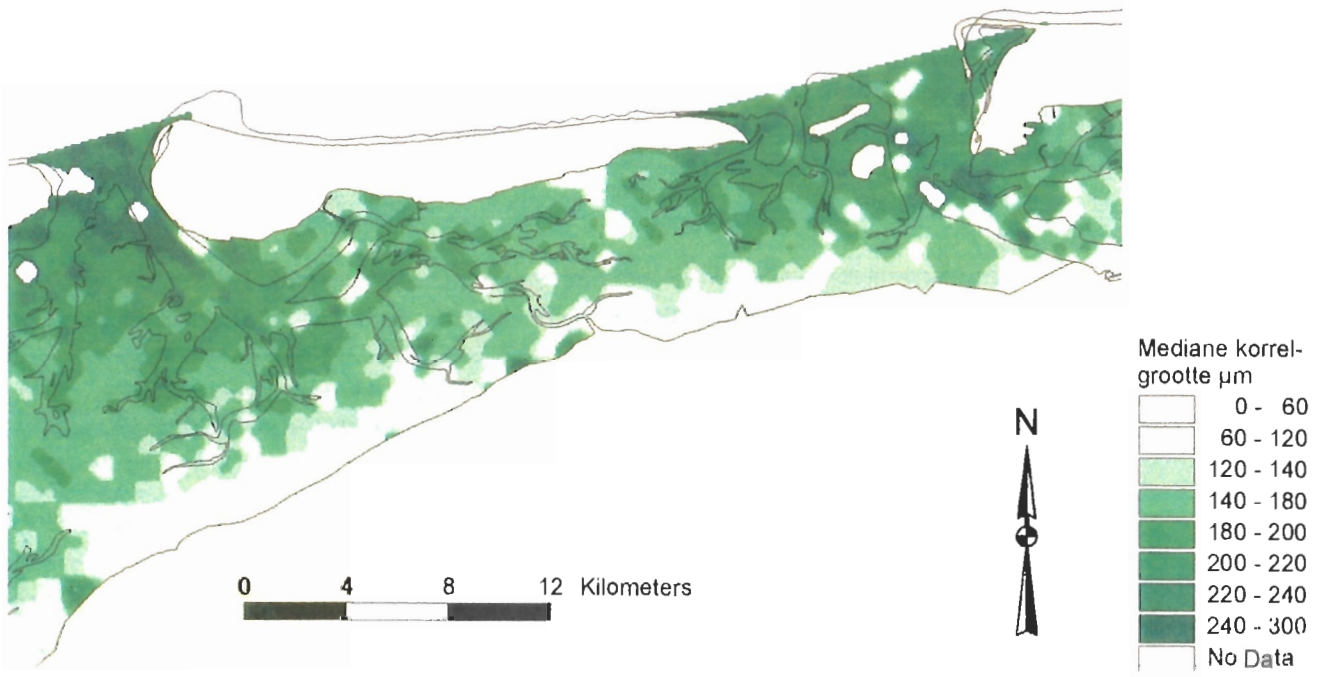
Deze gegevens zijn als rasterbestand beschikbaar, en voor dit project door het RIKZ te Haren geïnterpoleerd naar een 50*50 m grid-bestand. De resolutie van de metingen (die van plaats tot plaats nogal kan verschillen) is overigens niet altijd voldoende is om bijvoorbeeld prielen en geultjes te onderscheiden bij zo'n interpolatie. In sommige gevallen (precieze kennis van het betreffende gebied is vereist) kan eventueel handmatig gecorrigeerd worden, maar dat is niet gedaan. Lokaal zullen daardoor fouten ontstaan, maar aangenomen is dat die voor het totaalbeeld niet doorslaggevend zullen zijn.

2.2.2 Droogvaltijden

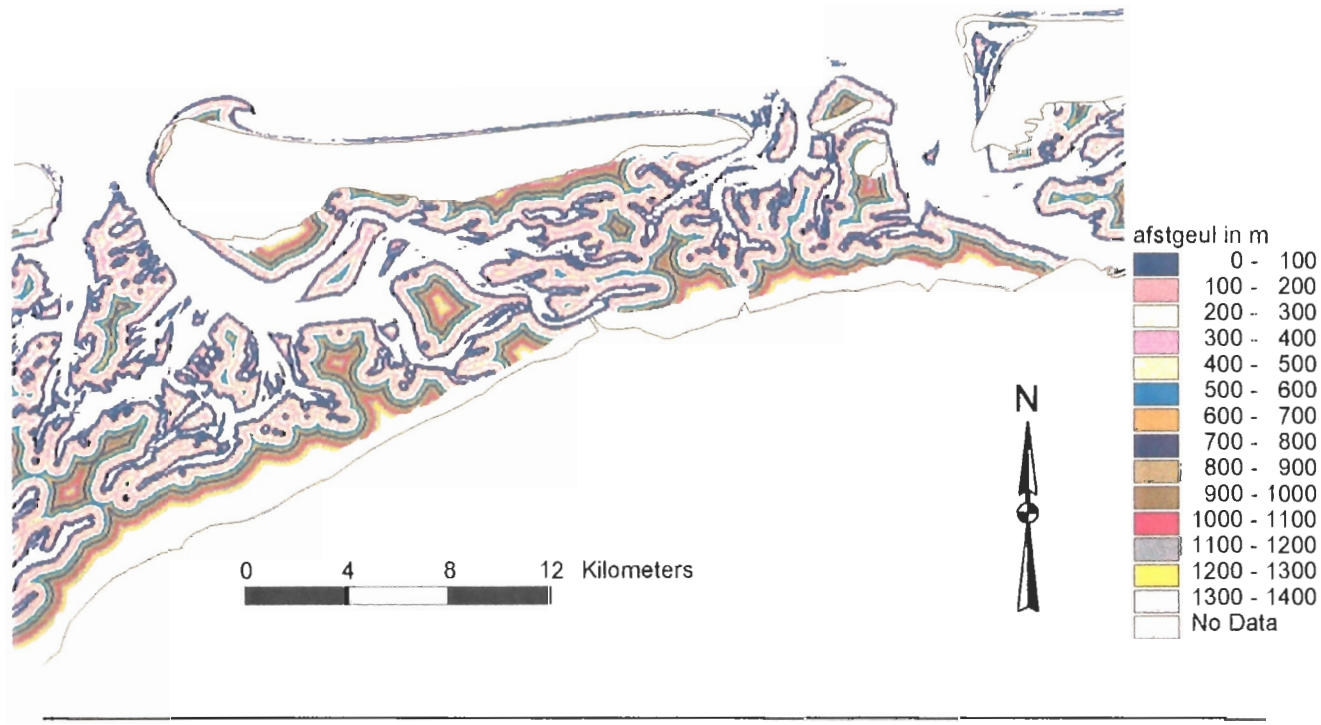
Uit de dieptegegevens is door het RIKZ met behulp van bekende getijdekrommen, die per locatie in de Waddenzee verschillend zijn, berekend wat de droogvaltijd is voor elk gridpunt. Dit betreft gemiddelde omstandigheden, dus een gemiddeld getij. Effecten van spring- of doodtij, of wind, zijn niet in de berekening verdisconteerd. Een gebied dat volgens deze gegevens een droogvaltijd van 0 minuten per getijde scoort, kan best af en toe droog komen te liggen. Gridgrootte: 50*50 m. Voorbeeld: Figuur 6



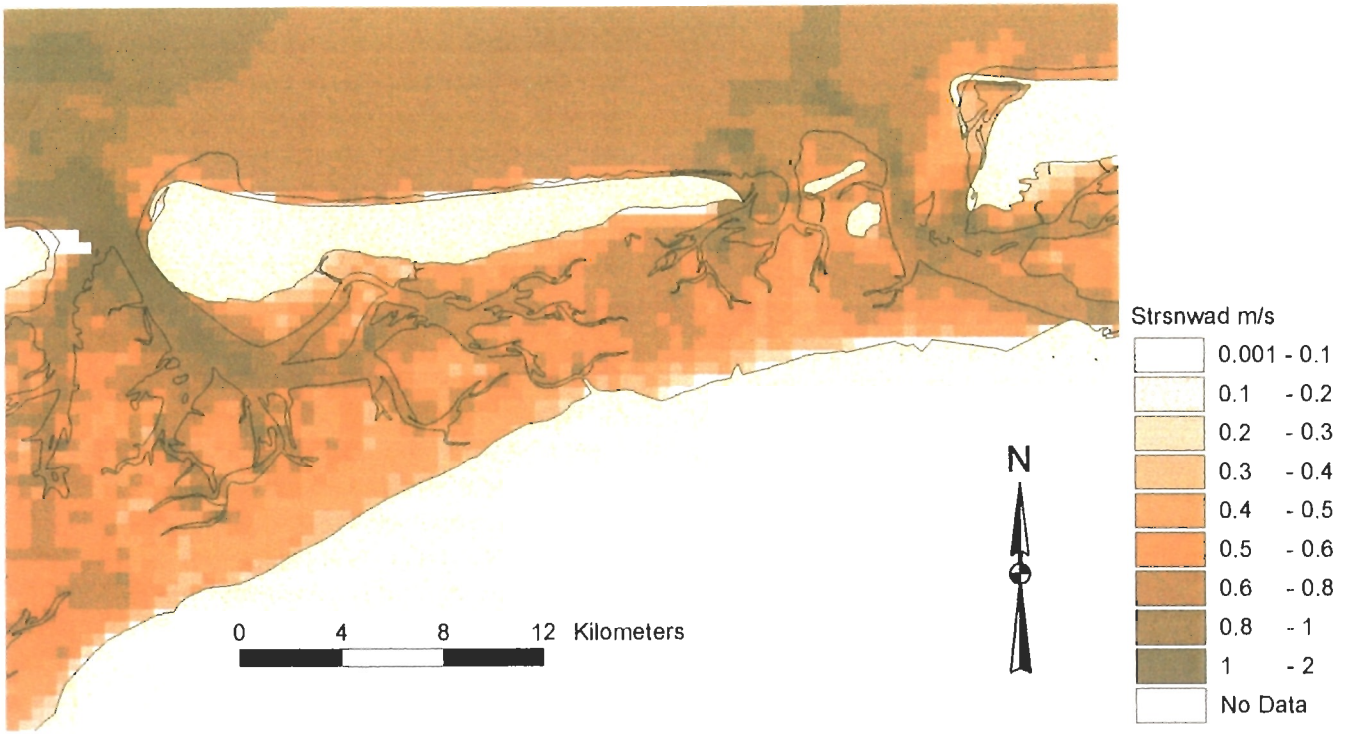
Figuur 6 Voorbeeld van droogvaltijdenkaart



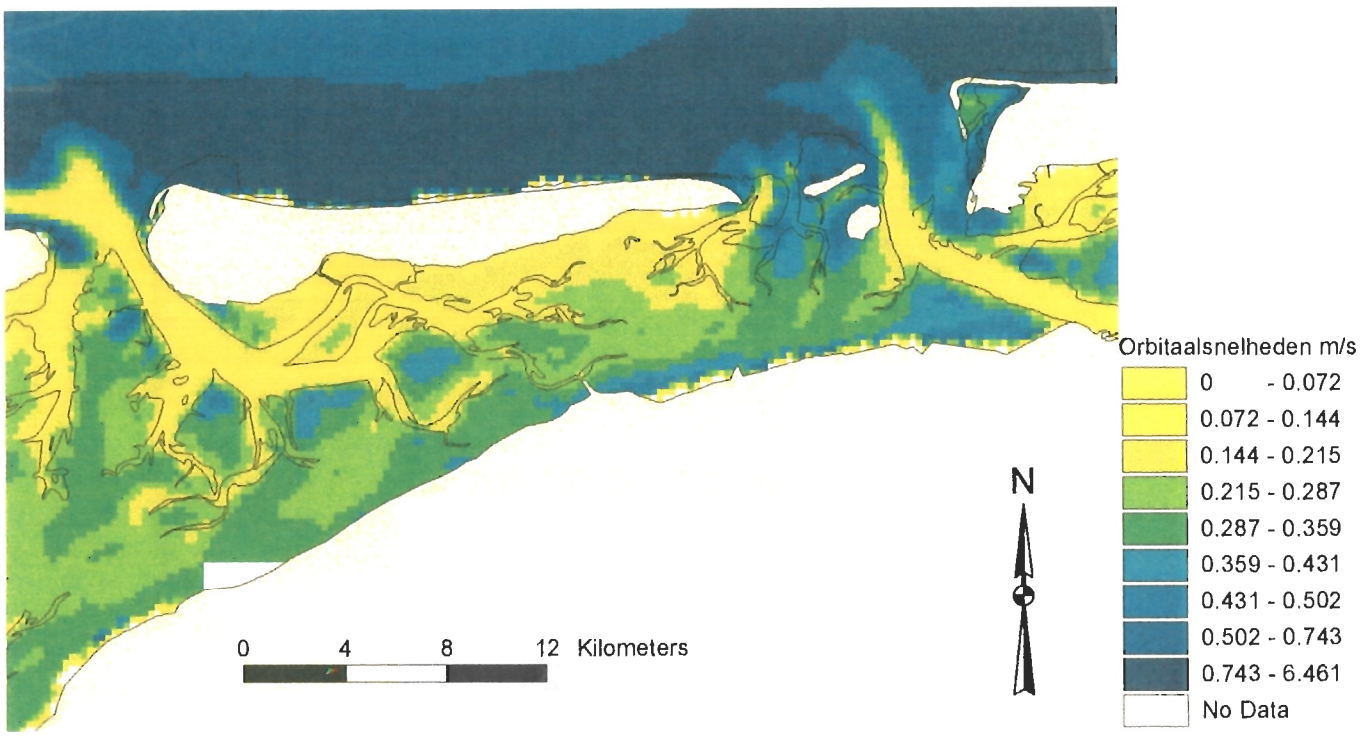
Figuur 7 Voorbeeld van kaart: mediane korrelgrootte sediment



Figuur 8 Voorbeeld van kaart: afstanden tot de geulrand



Figuur 9 Voorbeeld van kaart: maximale stroomsnelheid



Figuur 10 Voorbeeld van kaart: maximale orbitaalsnelheden

In de periode 1989-1997 zijn met een 'Van Veen'-bodemhapper in totaal ruim 7000 sedimentmonsters genomen verdeeld over de gehele Waddenzee (RIKZ/RWS). Hieruit is uit de bovenste 10 cm een mengmonster genomen. Gezeefd is over een 2 mm zeef om de grove delen te verwijderen. Deze monsters zijn vervolgens geanalyseerd met een Malvern 2600L Laser Particle Sizer (GeoSea Consulting Ltd, UK). De monsters zijn **niet** voorbewerkt om kalk en organische deeltjes te verwijderen. Daarom geeft deze methode een onderschatting te zien van de fijne fractie. Dit is een nadeel wanneer het slibgehalte gekend moet worden, of wanneer een gemiddelde korrelgrootte berekend wordt in een monster dat relatief slibrijk is. Immers, dan zijn de fouten het grootst. De standaarddichtheid was 1 monster per km^2; daar waar de variatie groot werd verondersteld zijn 2 monsters per km^2 genomen.

1 Toelichting sedimentbemonstering door RIKZ / GeoSea Consulting Ltd, UK

2.2.3 Afstand van een bank tot aan de geul

Een mogelijke variabele die van invloed kan zijn is de afstand van een bank tot aan de geul. De oorzaak kan zijn dat mosselen voedsel moeten kunnen filtreren, en daarbij afhankelijk zijn van aanvoer van water. Langs een geul is deze aanvoer beter dan verder van een geul vandaan.
Als predictor variabele is gekozen de afstand (m) tussen elk gridpunt en de lijn van 0% droogvaltijd. Dit is in het GIS-systeem eenvoudig te berekenen. Locaties beneden de 0% droogvaltijd (sublitorale gebieden bij een gemiddeld getijde) zijn buiten beschouwing gelaten. Het betreft een afgeleide grootheid, en de gridgrootte is dus gerelateerd aan de resolutie die uiteindelijk gekozen is voor de analyses. Voorbeeld: Figuur 8

2.2.4 Sedimentkarakteristieken

In de periode 1989-1997 zijn ruim 7000 sedimentmonsters genomen verdeeld over de gehele Waddenzee (RIKZ/RWS, zie tekstblok; RIKZ, 1998). Van de gegevens is uiteindelijk alleen de mediane korrelgrootte gebruikt. We hebben geen gebruik van het slibgehalte gemaakt omdat dat in dit geval minder discriminerend was dan de korrelgrootte.

Overzicht bemonsteringen sediment RWS/RIKZ. Bron: Sedimentatlas Waddenzee Min VenW (1998)	
Eems-Dollard	oktober-december 1989
Vlie	mei-augustus 1991
Marsdiep, Eyerlandse Gat	april-juli 1993
Friesche Zeegat	april-juli 1994
Borndiep	april-juli 1995
Lauwers, Schild	april-juli 1996
Extra bemonsteringen	
Dollard	september-oktober 1991
Kustzone Terschelling	mei-juni 1995

2.2.5 Fysische kenmerken: stroomsnelheden en golfwerking

Met behulp van computermodellen is een schatting te geven van de intensiteit van stroming en golven in het Waddengebied. Deze gegevens hebben de beperking dat ze alleen geldig zijn voor de omstandigheden waarvoor de berekeningen verricht zijn, en beslist geen gemiddelde toestand weerspiegelen, noch een gemiddelde van uitersten zijn.

2.2.5.1 Stroomsnelheden

Stroomsnelheden zijn met het model WADPLUS berekend voor de getijden op 13-15 februari 1989, bij NW-storm (15 m s^{-1}) een verhoging van het waterniveau. De resolutie van het model bedroeg 500*500 meter, het maximum verhoging te Harlingen bedroeg 2.80 m voor hoogwater en 3.3 m voor laagwater. De gebruikte getallen betreffen de maximale snelheden (m s^{-1}) die voorkwamen. Effecten die naar verwachting een rol kunnen spelen bij de vestiging en overleving van mosselen zijn

- een hoge (maximum) stroomsnelheid: wegspoelen van sediment, waarmee vestiging van mosselen verhinderd wordt, en een extra hoge opwerveling van zand en slib, wat de filtratie van water nadelig beïnvloedt.
- een erg lage maximumsnelheid: er is nauwelijks verversing van water en dientengevolge is er een slechte aanvoer van voedsel boven een bank, waardoor er uitputting van voedseldeeltjes kan optreden; dit kan de groei van mosselen eveneens nadelig beïnvloeden.

Voorbeeld: Figuur 9

2.2.5.2 Golfwerking. 1: Berekening met HISWA voor de habitatkaartversies 1 en 2

Als maat voor de intensiteit van de golfinwerking wordt vaak de maximale orbitaalsnelheid aan de bodem gebruikt. Een ander maat is de schuifspanning die door golven op het sediment wordt veroorzaakt (= de impulsflux door het sediment/water grensvlak). Deze impulsflux hangt niet-lineair af van de orbitaalsnelheid. Belangrijk is dat een hoge orbitaalsnelheid opwerveling van slib of zand tot gevolg heeft, waardoor hetzij vestiging van mosselzaad, stabiliteit van mosselbanken, dan wel de filtratiemogelijkheden van mosselen beïnvloed wordt. Verwacht wordt dat een hoge golfinwerking (hoge orbitaalsnelheid, en dus een sterke 'blootstelling') nadelig is voor het voorkomen van banken. Voor de habitatkaartversies 1 en 2 zijn de resultaten gebruikt die met het model HISWA berekend zijn. De omstandigheden waren gelijk aan die voor de stromingsberekeningen, NW-storm (15 m s^{-1}). Dit is ongeveer 7 Beaufort, maar gemiddeld 7 Beaufort gedurende 48 uur impliceert 10 minuten-gemiddelden van bij benadering Beaufort 10 . Gridgrootte: 500*500 m.
Voorbeeld: Figuur 10

2.2.5.3 Golfwerking. 2: Berekening met SWAN voor de habitatkaartversie 3

Na de habitatanalyses die leidden tot de habitatkaartversies 1 (Brinkman & Van Stralen, 1999) en 2 (Brinkman et al., 2001) werd het nodig gevonden ook de effecten van stormen uit andere richtingen dan alleen NW in de analyses te betrekken. In opdracht van RIKZ zijn door het bureau Alkyon voor vier windrichtingen (NO, NW, WE en ZW) orbitaalsnelheden berekend, dus ook de al beschikbare windrichting (NW) is nog eens doorgerekend. Hierbij is van het model SWAN gebruik gemaakt (Holthuijsen et al; 2000). Dit is voor 8 waterstanden gedaan (--1.5 m NAP, -1, -0.5, 0, +0.5 +1, +1,5, +2). De windsnelheden hierbij zijn weergegeven in tekstblok 3. Maximale orbitaalsnelheden aan de bodem zijn gebruikt voor de analyse.

	y (m) t.o.v. Parijs	x (m) t.o.v. Parijs			
		< 106000	106000	206000	>206000
U-componenten	500000	14,1	14,1	15,6	15,6
	700000	14,1	14,1	15,6	15,6
V-componenten	500000	14,1	14,1	15,6	15,6
	700000	14,1	14,1	15,6	15,6

Tabel met windcomponenten voor wind uit het zuidwesten

	y (m) t.o.v. Parijs	x (m) t.o.v. Parijs			
		< 106000	106000	206000	>206000
U-componenten	500000	21,0	21,0	22,0	22,0
	700000	21,0	21,0	22,0	22,0
V-componenten	500000	0,0	0,0	0,0	0,0
	700000	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel met windcomponenten voor wind uit het westen

	y (m) t.o.v. Parijs	x (m) t.o.v. Parijs			
		< 106000	106000	206000	>206000
U-componenten	500000	12,7	12,7	14,8	14,8
	700000	12,7	12,7	14,8	14,8
V-componenten	500000	-12,7	-12,7	-14,8	-14,8
	700000	-12,7	-12,7	-14,8	-14,8

Tabel met windcomponenten voor wind uit het noordwesten

	y (m) t.o.v. Parijs	x (m) t.o.v. Parijs			
		< 106000	106000	206000	>206000
U-componenten	500000	-10,6	-10,6	-10,6	-10,6
	700000	-10,6	-10,6	-10,6	-10,6
V-componenten	500000	-10,6	-10,6	-10,6	-10,6
	700000	-10,6	-10,6	-10,6	-10,6

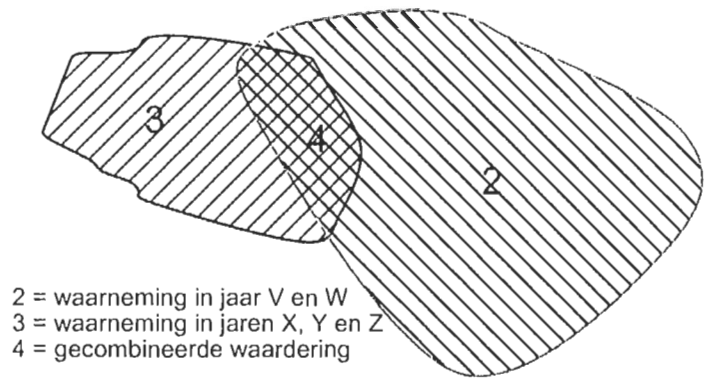
Tabel met windcomponenten voor wind uit het noordoosten

2 Windkarakteristieken gebruikt bij de SWAN-berekeningen

Voor de SWAN-berekeningen zijn ook de nieuwste morfologische gegevens gebruikt. Die komen vrijwel overeen met de gegevens die aan de droogvaltijdenberekening ten grondslag hebben gelegen.

2.3 Beoordeling van stabiliteit van mosselgebieden

De mosselbanken die waargenomen zijn (en dan ook als polygoon in het GIS-systeem zijn opgenomen), zijn niet alle even stabiel. Sommige banken kunnen jaren achtereen aanwezig zijn, andere gegevens hebben betrekking op gebieden waar bij slechts één survey mosselen worden waargenomen, waarna de schelpen weggespoeld blijken te zijn. Door Van Stralen (RIVO-Yerseke), Dankers en Meijboom (IBN-Texel) is, op basis van de waarnemingen in de loop der jaren, en op basis van hun expertise, aan alle gebieden een stabiliteitscijfer toegekend.

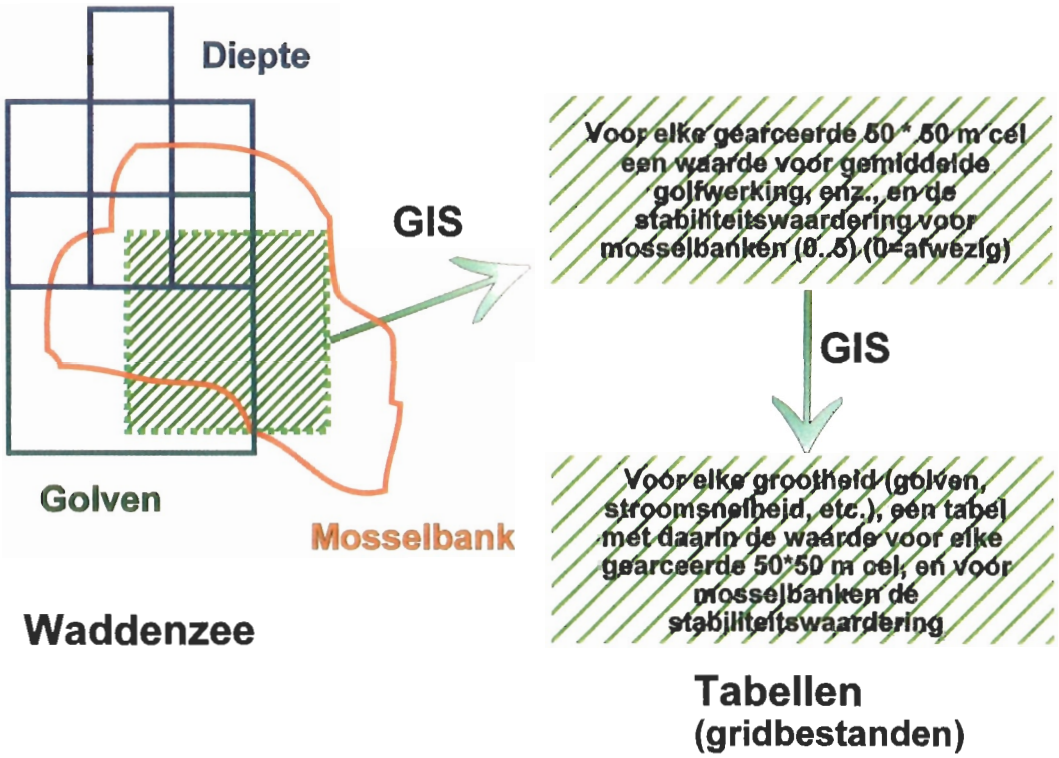


Figuur 11 Mosselbankwaardering

Hierbij is vooral uitgegaan van de opgetekende gegevens: zijn er maar kort mosselen waargenomen in een gebied, dan is aan de betreffende polygoon een laag waarderingscijfer toegekend (1). Ligt een bank 4 jaar of langer, dan is een 4 toegekend (2). Dit is gedaan voor elk van de 4 typen data (RIVO, GPS, Punt-gegevens, Dijkema-data, zie §2.1), waarbij de Dijkema-gegevens alleen de waarde 5 toegekend hebben gekregen. Dit is gedaan omdat het moeilijk bleek deze data te classificeren; er bestaan te weinig data over. Ook de idee dat de meeste banken die op de Dijkema-kaarten voorkomen er langer dan een jaar hebben gelegen, wat door het onderzoek van Van Stralen (2001) ondersteund wordt, heeft een rol gespeeld bij deze beslissing. Overigens zijn alle gegevens over mosselbanken uitsluitend afzonderlijk geanalyseerd, niet gecombineerd (dus geen combinatie Dijkema+GPS-data, bijvoorbeeld).
In 2001 is door Den Os (RIVO-Yerseke) nagegaan welke banken van de zaadvaljaren 1994, 1996 en 1999 er 1, 2, enz. jaren later nog lagen. Hierdoor ontstond een nieuwe categorie banken, die aangeduid werd met Zaad94, Zaad96 en Zaad99, waarbij een toevoeging 1,2,3 en 4 de stabiliteitsaanduiding aangeeft.

2.4 Samenvoeging van biotische en abiotische gegevens

Met behulp van een GIS-systeem (PC-ArcInfo/ArcView + de tool Spatial Analyst, ESRI) zijn de abiotische gegevens gekoppeld aan de waardering voor de stabiliteit van mosselbanken. De gegevens betreffende al deze grootheden zijn Waddenzee-dekkend, al zijn er enkele 'blinde vlekken', die niet voor alle grootheden dezelfde zijn. Worden grootheden gecombineerd, dan neemt het aantal 'blinde vlekken' iets toe.



Figuur 12 Uit de combinatie van abiotische en mosselbankgegevens worden met behulp van GIS per grootheid aparte tabellen (gridbestanden) gemaakt. Zie verder §3.

De detaillering van de aangeleverde gegevens verschilt per grootheid. Om ze te kunnen combineren is een raster van 50*50 m gedefinieerd. Voor elke cel in dit raster is vastgesteld wat de waarde van elke grootheid is. Hierbij is de mate van overlap tussen deze 50*50 m cel en de oorspronkelijke gegevenscel meegewogen. In Figuur 12 is dit geïllustreerd.

Zodoende zijn voor elk van de gebruikte grootheden nieuwe bestanden gecreëerd volgens precies hetzelfde grid.

Dit is ook gedaan voor elk van de typen mosselgegevens:
a- RIVO, met stabiliteitaanduidingen 1, 2, 3 en 4.
b- Zaad94, Zaad96 en Zaad99, ook met stabiliteitaanduiding 1, 2, 3 en 4
c- GPS, ook met stabiliteitaanduiding 1, 2, 3 en 4
d- Puntgegevens RIN jaren 80, met stabiliteitaanduidingen 1, 2, 3 en 4
e- "Dijkema"-gegevens 1968-1976. Stabiliteitaanduiding 5.
zodat ook bekend is of een gridcel wel of niet een mosselbank (of mosselgebied) betreft. Hierbij is eveneens gewogen: is minder dan de helft van de oppervlakte bezet dan krijgt de cel de waarde: "afwezig", en omgekeerd. Mosselgegevens zijn weliswaar niet als grid-

informatie, maar als vectorinformatie opgeslagen, maar dat is hier niet echt van belang. Er zijn dus 4 (a,c,d,e) + 3 (b)=7 bestanden met biotische gegevens, voor elke 50*50 m gridcel[2].

Omdat de bestanden groot zijn (enkele tientallen Mb), zijn de tabellen gecombineerd en verwerkt met aparte programma's. Het gehele traject is in §3 nader toegelicht.

2.5 Statistische methodiek

2.5.1 De dataset

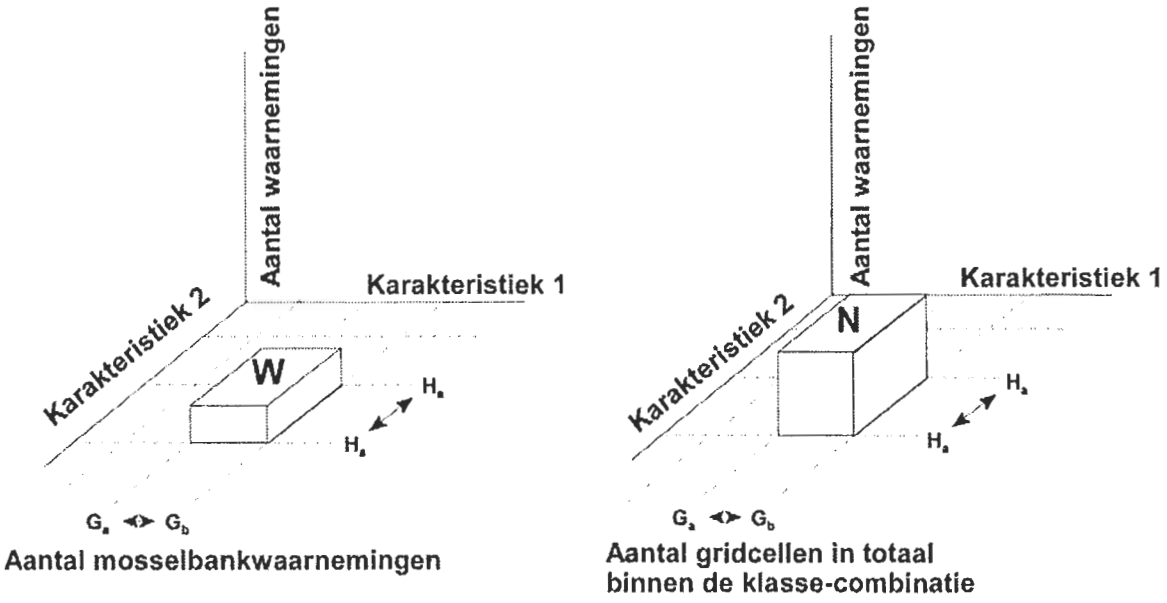
Bij dit onderzoek zijn twee datatypen voorhanden: eerst de karakterisering van de (a-)biotische omgeving in termen van korrelgrootte en dergelijke, en ten tweede de aanwezigheid of afwezigheid van een mosselbank op een zeker plek. Deze plekken bestaan, zoals hiervoor aangegeven is, uit cellen van 50*50 m, waardoor er in de Waddenzee dus vele waarnemingen van 'nieten' zijn, en slechts enkele positieve waarnemingen. Er zijn globaal gesproken relevante 550.000 gridcellen, die dus betrekking hebben op een stuk droogvallend wad; dit weerspiegelt ongeveer 125.000 ha. Daarvan betreffen er maximaal 14.000 een mosselbank (Dijkema-data); maar in het geval van de RIN-data (MP) gaat het om niet meer dan 80 gridcellen.

Er zijn eerst pogingen gedaan om de gehele dataset in eens te verwerken met behulp van het pakket Genstat (Oude Voshaar, 1994), versie 5.41 (NAG,1997). De gedachte hierachter was dat de programmatuur in staat zou zijn voor de opgegeven verbanden de parameters te berekenen. Dit bleek niet te lukken.

Vervolgens zijn van al de mosselvoorkomens de omgevingskarakteristieken getabelleerd, en op die set kan een analyse worden toegepast. Hierbij zou echter voorbij worden gegaan aan de eigen frequentieverdeling van deze omgevingsfactoren binnen het systeem. De omgevingsfactoren waar absoluut géén banken voorkomen ontbreken in deze dataset.

Uiteindelijk is per karakteristiek (golfwerking, droogvaltijd, etc) een klasse-indeling gemaakt, en is de frequentieverdeling van de gridcellen gescoord; tevens is het voorkomen van een mosselbank geteld. De verhouding tussen beide leverde de relatieve aanwezigheid van een mosselbank op binnen elke deelklasse. Na enkele testen bleek dat een onderscheid in 11 klassen werkbare uitkomsten gaf (10 klassen plus een rest-klasse); een grovere indeling leverde te weinig onderscheid op, en veel fijnere indeling onwerkbaar lage trefkansen en een onregelmatige verdeling ervan.

[2] Oorspronkelijk was de idee 20*20 m gridcellen te gebruiken, maar op het moment van uitvoering leverde dat uitvoeringsproblemen op. De 50*50 m-bestanden zijn circa 40 Mb groot; de 20*20 m-bestanden ongeveer 200 Mb.



Figuur 13 Uit de score voor het aantal waarnemingen van een mosselbank binnen een combinatie van klassen van karakteristieken 1 en 2, en het aantal gebieden in totaal met zulke karakteristieken wordt het relatieve voorkomen (ofwel trefkans) berekend

Elke waarnemingen bestaat aldus uit een gemiddelde aanwezigheid (=trefkans) op een mosselbank, berekend uit het aantal mosselbanken in een zeker interval [G_a .. G_b] van de onafhankelijke grootheid G, gedeeld door het totaal aantal gebieden dat bij dit interval hoort. Dit is ook zo gedaan voor elke combinatie van twee onafhankelijke grootheden G en H (Figuur 13), zodat gecontroleerd kon worden in hoeverre er een interactie optrad. Het totaal aantal gebieden dat voorkomt in zo'n klassegroep kan eventueel als weegfactor dienen. Immers, een waarneming (≡ gemiddelde) is belangrijker wanneer het een groter aantal gebieden betreft.

2.5.2 Statistische methodiek

Bij de statistische analyse spelen, zoals gewoonlijk, twee aspecten een rol. Ten eerste is er een dataset met onafhankelijke (X_i) en afhankelijke grootheden of variabelen (Y) waartussen een zeker verband verondersteld of gezocht wordt. Dus

$$Y = f^{ie}(X_1, X_2, ..., X_N) \qquad (1)$$

Elke analyse is begonnen met een inspectie van de waarnemingen (in dit geval dus de relatieve voorkomens van de banken, de waarden W/N uit Figuur 13), waaruit op voorhand al een eerste conclusie getrokken is over het type verband dat verwacht wordt. Hierbij is

duidelijk geworden dat het te verwachten verband nietlineair zal zijn, en in een aantal gevallen een optimum zal bevatten. Ook bestaand inzicht in eventuele oorzakelijke verbanden kan een rol spelen; maar dit aspect is in de voorliggende habitatanalyse eigenlijk niet aan de orde geweest.

De afhankelijk variabele is in dit onderzoek de trefkans op een (stabiele) mosselbank, als onafhankelijke variabelen zijn, zoals boven al aangegeven, onder meer de mediane korrelgrootte M_{16} en de droogvaltijd van een gebied mogelijk van belang. De eerste is een voorbeeld van een variabele waarbij een zeker optimum verwacht wordt: een uiterst grof sediment (een grote M_{16}-waarde) is in de Waddenzee geassocieerd met zeer sterke turbulentie en stroming, en onwaarschijnlijk als substraat voor mosselen (dit kan overigens in andere situaties -in compleet andere gebieden met hard substraat zoals rotsen- weer anders zijn). Maar ook is zeer fijn substraat niet waarschijnlijk.
Bij droogvaltijd wordt een zekere maximumgrenswaarde verwacht, omdat dit samenhangt met het foerageergedrag van de schelpdieren: zij filteren voedsel uit het bovenstaande water, en kunnen bij grote droogvaltijden eenvoudig niet in hun voedselbehoefte voorzien. Maar bij lagere droogvaltijden lijkt het op voorhand niet waarschijnlijk dat er een maximum wordt aangetroffen; in het sublitoraal komen immers ook mosselen voor.

Een tweede aspect is hoe de parameters, die de functie uit vgl **(1)** bevat, gevonden kunnen worden. Wanneer de functie lineair is in de parameters, kan een eenvoudige multipele regressie worden uitgevoerd; er vindt een minimalisatie van de kwadratensom KS

$$KS = \sum_{i=1}^{N} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \qquad (2)$$

plaats. Y_i zijn de waarnemingen, $\hat{Y}_i$ de geschatte (met de regressievergelijking **(1)** berekende) waarden voor Y. Hierbij is rechtstreekse berekening van de parameters mogelijk.

Is de functie niet-lineair, dan
1- moet normaliter een iteratieve procedure gevolgd worden om de parameters te schatten, of
2- kan transformatie plaats vinden opdat alsnog een vergelijking ontstaat die lineair in de parameters is.
De keuze wordt bepaald door de foutenstructuur in de waarnemingen en de berekeningen, en door de natuurlijke variatie van een grootheid Y bij een bepaalde X. De meetfout kan soms wel klein zijn, maar als de verschillen in Y, die van nature (kunnen) worden aangetroffen bij een zekere X overheersend zijn, dan is dát bepalend voor de transformatiekeuze. Het is immers zaak dat bij het vergelijken van waarnemingen en schattingen alle punten (ongeveer) even belangrijk zijn. Anders wordt het resultaat van de parameterschatting door een deel van de gegevensset onevenredig sterk beïnvloed. Omdat bij de huidige dataset de gemiddelde waarnemingskans de afhankelijk variabele is (Y_0=aantal maal afwezig, Y_1=aantal maal aanwezig, en de 'meetwaarde' is de gemiddelde waarnemingskans $Y_m=Y_1/(Y_0+Y_1)$ [3]), is vooral het aantal waarnemingen (Y_0+Y_1) van betekenis

[3] Dit is gelijk aan de verhouding W/N uit fig.8.

voor de nauwkeurigheid van Y_m. In feite is dit aantal waarnemingen geschikt als weegfactor. Gewoonlijk wordt hiervoor $\sqrt{(Y_0+Y_1-1)}$ voor gebruikt (immers, de variantie om een gemiddelde bij n waarnemingen hangt eveneens af van $1/\sqrt{(n-1)}$.

In een aantal gevallen, waarbij enerzijds de functie niet-lineair is in de parameters, en anderzijds toch een evaluatie van de parameterkeuzes gebaseerd dient te zijn op niet-getransformeerde functies, kan van een Gegeneraliseerde Lineaire Modelleringstechniek (GLM) gebruik worden gemaakt (Dobson, 1990; McCullagh & Nelder, 1989).

De waargenomen dichtheden ρ_i moeten vergeleken worden met de verwachte dichtheden $E\rho_i$ ($\hat{Y}_i$ in vgl. **(2)**). De koppeling (schaaltransformatie) tussen het niet-lineaire model en de waarnemingen heet de link-functie. In GLM-termen: het argument van de exponentiële functie heet het model; de link-functie beschrijft het verband tussen model en de verwachting. Deze link-functie is logaritmisch in het geval van een Poisson of normale verdeling van ρ :

$$\ln(E\rho) = MODEL \qquad (3)$$

Een (deel-)model luidt, wanneer een Poisson-verdeelde dichtheid beschreven moet worden:

$$\rho = \exp(a + bX + cX^2) \qquad (4)$$

waarin ρ natuurlijk de trefkans-dichtheid weergeeft wanneer X reële getallen betreft. Het kan ook zijn dat een model met c=0 ook goed is. Als twee modellen met elkaar vergeleken worden, dan is de residuele deviance (rd, ofwel: afwijking) van belang:

$$rd = -2 \ln\left(\frac{P(\textit{gerealiseerde uitkomsten onder het model})}{P(\textit{gerealiseerde uitkomsten onder verzadigd model})}\right) \qquad (5)$$

Een verzadigd model is dat model dat perfect past. Deze deviance wordt ook vaak de log likelihood ratio genoemd. Ze is altijd te gebruiken om aan te geven hoe goed de fit is, onafhankelijk van het type van de verdeling van de respons. Is de respons normaal verdeeld, dan is de deviance gelijk aan de restkwadraatsom (en wordt die gebruikt). Voor andere verdeling neemt de deviance de rol van de restkwadraatsom over.
Als het model goed past, is deze residuele deviance bij benadering χ^2 verdeeld. Als de deviance groter is dan de rechter kritieke waarde van deze verdeling, moet geconcludeerd worden dat het model niet goed past.
Omdat van een χ_v^2-verdeling (met aantal vrijheidsgraden df=v) de verwachtingswaarde =v, geldt ook de vuistregel dat een model goed past als de gemiddelde deviance (=deviance/df) niet veel groter is dan 1.
Wordt de deviance gebruikt om twee modellen te vergelijken, dan is het verschil tussen de residuele deviances de waarde die veroorzaakt wordt door de (extra toegevoegde) predictor.

Omdat de macht waarmee X voorkomt in vgl.**(4)** niet van belang is voor de oplossing ervan kan nog een iets andere vorm van de uiteindelijke curve gevonden worden.

Aanpak
Wanneer de verbanden tussen het voorkomen van mosselbanken en de afhankelijk variabelen (M16, orbitaalsnelheid, etc) onderling onafhankelijk zijn, mag het uiteindelijke

habitatmodel gezien worden als een product van een N-tal deelmodellen. Dat zou betekenen dat het model geschreven kan worden als

$$\rho = \prod_{i=1}^{N} \rho_i \qquad (6)$$

met voor ρ_i , voor elke onafhankelijke grootheid X:

$$\rho_i = \exp(a_i + b_i X_i + c_i X_i^2) \qquad (7)$$

waarbij X_i staat voor een van de mogelijke verklarende grootheden, en ρ_i voor de te berekenen trefkans van een mosselbank. Dus wordt de GLM-benadering voor elk van deze deelmodellen toegepast:

$$\ln(E\sigma_i) = MODEL_i \qquad (8)$$

Worden meerdere onafhankelijke grootheden tegelijkertijd meegenomen worden in de berekening (bijvoorbeeld droogvaltijd ET en mediane korrelgrootte M_{16}):

$$\rho = \exp(a + bM_{16} + cM_{16}^2 + dET + eET^2 + fM_{16} * ET + g(M_{16} * ET)^2) \qquad (9)$$

Vgl. **(9)** kan desgewenst uitgebreid worden naar alle N grootheden, waardoor er van deelmodellen geen sprake meer is. Dit is evenwel niet meer hanteerbaar, maar ook niet bruikbaar. Immers, wordt steeds één grootheid gebruikt, dan moeten de trefkansen voor de toegepaste klasse-indeling (zeg: 10 klassen) berekend worden. Worden twee grootheden gebruikt, dan wordt het aantal combinaties van klassen 10*10 = 100. Enzovoort; als alle vijf grootheden tegelijkertijd worden meegenomen in een vergelijking als vgl.**(9)**, dan zijn er al 10^5 verschillende combinaties van klassen mogelijk. Gezien het aantal waarnemingen aan mosselbanken maakt zo'n uitgebreide analyse geen kans van slagen (in ongeveer 450-500 vakken bevond zich een mosselbank bij de RIVO4-waarnemingen en bij de GPS-waarnemingen). Daarom is eerst zo goed mogelijk gekeken hoe het voorkomen van mosselbanken eruit ziet; eerst per grootheid, en vervolgens voor elke mogelijke combinatie van grootheden. Eigenlijk is een analyse waarbij meer dan twee omgevingskarakteristieken betrokken zijn, gedoemd te mislukken. Dit beperkt de flexibiliteit, maar resulteert in een veel eenvoudigere analyse, én een veel eenvoudiger model.

Programmatuur

Om de parameters van de deelmodellen (naar vgl. **(7)** en **(9)**) te vinden is gebruik gemaakt van het statistisch pakket Genstat (Oude Voshaar, 1994), versie 5.41 (NAG, 1997).

2.5.3 Wat verklaart het model?

De GLM-methode is geschikt om de parameters te vinden voor de deelmodellen, maar maakt niet erg inzichtelijk hoe goed het totale model en de waarnemingen bij elkaar passen. De uitkomsten van de beschrijving, die neerkomen op een trefkans-dichtheid van banken (of: waarnemingskansdichtheid), kunnen worden vergeleken met de waarnemingen. Deels is dit

natuurlijk al gedaan bij de analyse zelf, waarbij het nadeel speelt dat dit alleen maar apart voor elke grootheid gedaan worden.
Daarom zijn de uitkomsten van trefkansen zo gegroepeerd dat er een indeling ontstaat in een twaalftal klassen, waarbij elke klasse een bepaalde gebiedsgrootte omvat. De hoogste trefkansen worden samengenomen totdat deze 1% van het gebied omvatten, daarna de iets geringere trefkansen totdat het totale oppervlak 2% van het (droogvallende) Wadengebied omvat, enzovoort. De grenzen zijn gelegd bij: 1, 2 , 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, en 100%.
Vervolgens kan ook gekeken worden hoeveel banken er in die gebieden voorkomen (of: gedeeld door het oppervlakte: wat de gemiddelde waarnemingskans is op een bank in zo'n deel van het Waddengebied). Nu zijn er weer 12 waarnemingen (Y_i) en 12 voorspellingen (modelberekeningen $\hat{Y}_i$) voor elk gebied met totaal oppervlakte A_i. Als de gemiddelde waarneming Y_g is, met

$$Y_g = \frac{1}{A_{tot}} \sum_{i=1}^{12} Y_i \cdot A_i \qquad (10)$$

dan is de kwadratensom zonder enig model

$$KS_g = \sum_{i=1}^{12} (Y_i - Y_g)^2 \qquad (11)$$

terwijl, wanneer het model gebruikt wordt, voor de kwadratensom KS_m geldt

$$KS_m = \sum_{i=1}^{12} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \qquad (12)$$

Als maat voor hoe het model de waarnemingen beter beschrijft dan wanneer er van geen model gebruik wordt gemaakt geldt

$$R^2 = 1 - \frac{KS_m}{KS_g} \qquad (13)$$

Omdat in het onderhavige geval het probleem speelt dat niet precies duidelijk is hoeveel vrijheidsgraden en hoeveel onafhankelijke datapunten er eigenlijk zijn, is een verdere betrouwbaarheidsanalyse niet erg zinvol. We dienen daarom tevreden te zijn met een vergelijking tussen verschillende R^2-waarden als de eindresultaten van twee of meer modelberekeningen met elkaar vergeleken moeten worden.

De manier die hier gebruikt wordt om voorspelling en waarneming te toetsen heeft een belangrijk nadeel. Het model geeft namelijk aan hoe goed een gebied genoemd is, en vervolgens wordt gekeken of de verdeling van banken over het gebied in overeenstemming is met de berekende trefkans. Stel namelijk dat er geen énkel onderscheid voorspeld wordt: elke klasse bevat dan precies de gemiddelde dichtheid aan banken (het model heeft dan eigenlijk maar één parameter, namelijk die gemiddelde dichtheid). En de verdeling van banken over het gehele gebied is precies conform deze modelvoorspelling. Dan lijkt het model prachtig; het model is echter niet alleen volstrekt onbruikbaar, maar dit voorbeeld illustreert tevens dat niet alleen de overeenkomst tussen modelvergelijking en waargenomen bankverdeling een rol moet spelen, maar ook de mate waarin het model discrimineert tussen beste en slechtste plek.
De R^2-toets (welk deel van de variantie wordt verklaard door het model) alléén is derhalve niet goed toepasbaar, al kan het wel mede gebruikt worden.

Daarom wordt tevens een discriminatiegetal gebruikt: het verschil in trefkans tussen voorspelling (model) en het gemiddelde over alle punten. Omdat de verhouding een rol speelt en die verhoudingen zowel groter als kleiner dan 1 kunnen zijn, is de absolute waarde van de logaritme van die verhouding de bepalende grootheid.
Dus, stel dat de gemiddelde dichtheid (trefkans) Y_g is, en de berekende voor elk interval i $\hat{Y}_i$, dan is het discriminatiegetal $\bar{D}$ gedefinieerd door

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} ABS[\ln(\frac{\hat{Y}_i}{Y_g})] \qquad (-) \quad (14)a$$

3 Beschrijving van de discriminatie-index

In het bovenstaande zijn de Y-waarden niet-gewogen. Wanneer de grootte van het interval (in dit geval het %-interval) meegenomen wordt, en dus grotere intervallen zwaarder wegen bij de berekening van het gemiddelde, wordt in het *aantal* waargenomen en voorspelde banken met elkaar vergeleken.

2.5.4 Discriminatie-index

Naast een R^2-waarde, die dus aangeeft hoe goed het model presteert vergeleken met een toestand zónder model, is ook gezocht naar hoe goed het model goede en slechte gebieden van elkaar kan onderscheiden. Dit is uitgedrukt in een discriminatie-index (tekstblok 3). Deze discriminatie-index is steeds berekend voor alle 12 intervallen, én voor de 'beste' 50 % van het wad (die dus 10 intervallen omvat).

In het verlengde hiervan ligt de bepaling welk deel van de banken in de beste 50% van het wad voorkomt. Dit deel kan gevonden worden op basis van het model, en op basis van de waarnemingen. De eerste karakteristiek wordt weergegeven met het G50_model getal, de tweede met het G50_data getal.
Ook kan aangegeven worden in welk deel van het wad 50% van alle banken voorkomt; ook dat kan weergegeven worden zoals het model dat voorspelt (het N50_model getal), en ook zoals de waarnemingen aangeven (het N50-data getal).

2.5.5 Rangorde-test

Bij de berekeningen bleek dat soms de R^2-waarden of de discriminatie-indexen niet al te hoog scoorden, maar dat de volgorde van de %-gebieden wél overeenkwam met de rangorde van de waarnemingen. Ofwel: in de beste gebieden volgens de habitatkaart komt inderdaad ook de hoogste dichtheid aan banken voor. Dit kan met de Spearman-rangcorrelatietest worden weergegeven. De rangorde van de n (n=12) onderscheiden %-intervallen is RI_i, die van de waarnemingen RW_i. Het verschil per combinatie i is $d_i = RI_i - RW_i$. Hiermee kan weer de kwadratensom berekend worden, wat tevens de toetsingsgrootheid is:

$$R = \sum_i d_i^2 = \sum_i (RI_i - RW_i)^2 \qquad \textbf{(14)b}$$

De verdeling van R heeft een gemiddelde

$$\mu(R) = n(n^2 - 1) / 6 \qquad \textbf{(15)}$$

en de rangcorrelatiecoëfficiënt is gedefinieerd als

$$r_R = 1 - \frac{6R}{n(n^2 - 1)} \qquad \textbf{(16)}$$

Wanneer r_R=1, dan is er een volledige vereenstemming in rangorde (en R=0); is r_R=0 (R=μ(R)), dan is er volledige onafhankelijkheid tussen de modelvoorspelling en de waarnemingen, en als r_R=-1 hebben de reeksen een tegengesteld verloop.
Voor grote n (n>10, volgens Zijp, 1974) is de verdeling van de rangcorrelatiecoëfficiënt bij benadering normaal, en zal de grootheid

$$T = \frac{r_R - \mu(r)}{\sigma(r)} = r_R\sqrt{n-1} \quad ook:= \frac{6R - n(n^2 - 1)}{n(n+1)\sqrt{n-1}} \qquad \textbf{(17)}$$

bij benadering een normale verdeling volgen met gemiddelde 0 en variantie 1. Aldus kan ook aangegeven met welke kans beide verdeling aan elkaar gelijk zijn of niet; de kritieke waarde voor T van een normale verdeling met n-1 vrijheidsgraden en een onzekerheid α kan met de waarde van T zelf vergeleken worden.

2.5.6 Werkelijke trefkansen en relatieve trefkansen

Met behulp van de gevonden parameterwaarden kan de gecombineerde regressievergelijking **(6)** gevonden worden. Dit vraagt enig rekenwerk, omdat elke vergelijking **(7)** de waarnemingskansverdeling beschrijft, met X als een van de genoemde grootheden. Daarom is elke deelfunctie **(7)** geschaald naar een maximum van 1. Dit maximum wordt immers gevonden als het argument ($a+bX+cX^2$) maximaal is. En dat is het geval als

$$X = -\frac{b}{2c} \qquad \textbf{(18)}$$

als er een kwadratische term voorkomt; als er in plaats van de kwadratische een vierde macht voorkomt (dit bleek nuttig in één geval):

$$X = -\left(\frac{b}{4c}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad \textbf{(19)}$$

en gevallen zonder hogere orde term: X=0.

Nu levert het (geschaalde) product volgens vgl. **(6)** een waarnemingskans-verdeling op, die een maximum van 1 heeft. Dit is natuurlijk ook niet correct; er geldt immers dat de som van alle waarnemingskansen over alle gridcellen maal het aantal gridcellen precies het aantal cellen met een mosselbank moet zijn. Ofwel:

$$\frac{Y_1}{Y_0 + Y_1} = \sum_{i=1}^{Y_0+Y_1} \rho_i \qquad (20)$$

waarin Y_1 het aantal cellen met mosselbankwaarneming is, en Y_0 het aantal zonder. Dit levert een correctie op, waarmee de feitelijke trefkans kan worden aangegeven.

Nu wordt bij de berekeningen niet de feitelijke trefkans berekend, maar de trefkans, geschaald naar 1, als hoogst mogelijke waarde. Voor het vervaardigen van de habitatkaarten is dit ook voldoende; immers daar is de rangorde (welk gebied is goed, welk minder goed) van belang; niet de absolute trefkans.
Voor het vergelijken van aantal aangetroffen en aantal voorspelde banken is wél een dergelijke correctie in de berekening meegenomen. Dit is gedaan door eenvoudig het totale bankoppervlak te berekenen (met de naar een maximum van 1 geschaalde regressievergelijking), en dat te delen op het werkelijke; dit quotiënt is te gebruiken om voor elke gridcel de naar 1 geschaalde trefkansen naar echte trefkansen om te rekenen.

4 Hoe wordt omgegaan met berekende trefkansen

2.5.7 Trefkansen van banken bij andere totaaloppervlaktes

Hoe zijn de trefkansen wanneer er meer dan wel minder bankoppervlak aanwezig is?

Uit de gevonden trefkansen ρ_i voor elk oppervlakte-interval i volgt natuurlijk weer het totale oppervlakte aan banken:

$$Opp_{totaal} = \sum_{i=1}^{N} \rho_i \cdot A_i \qquad (21)$$

waarin A_i het oppervlak (ha) is aan waddengebied binnen het i° interval. Dit Opp_{totaal} is voor een analyse gelijk aan het oppervlakte aan banken dat ook feitelijk aanwezig is in het gehele gebied. Vgl. **(21)** is niet anders dan een herleide vorm van vgl. **(20)**.
Omdat het van belang is dat deze trefkansen vergeleken worden met de waarnemingen wanneer er veel minder of veel meer banken aanwezig zijn, moet uit de gevonden trefkansen afgeleid worden hoe de verspreiding van banken is wanneer er meer, dan wel minder totaal-oppervlak aanwezig is. En eveneens is dit van belang wanneer de ligging van toekomstige banken voorspeld moeten worden; interessant bij bijvoorbeeld een uitbreiding van de 100 ha bank uit 1998 als basis naar bijvoorbeeld 4000 ha eulitorale mosselbank.
Stel nu dat de trefkans ρ_i is wanneer slechts een zeer klein deel bezet is van een gebied. Dan geldt vgl. **(21)**. Worden extra banken "toegevoegd", dan geldt in de basissituatie dat het 'lege' gebied $(1-\rho_i)$ A_i groot is. De trefkans bij een nieuwe toevoeging is daarin dan weer ρ_i, ofwel de grootte van het resterende 'lege' gebied is $(1-\rho_i)^N$, waarin N het aantal 'toevoegingen' is; het gevulde deel is dan $[1-(1-\rho_i)^N)]$. De goede gebieden worden weliswaar aanvankelijk sneller gevuld dan de slechtere, maar op het laatst is er weinig meer vrij van

zo'n goed gebied, en worden de nieuwe vestigingsplaatsen in minder goede gebieden gevonden. Kortom, het is kunst, steeds die N te vinden, waarvoor geldt dat

$$Opp_{totaal} = \sum_{i=1}^{N} [1-(1-\rho_i)^N] \cdot A_i \qquad (22)$$

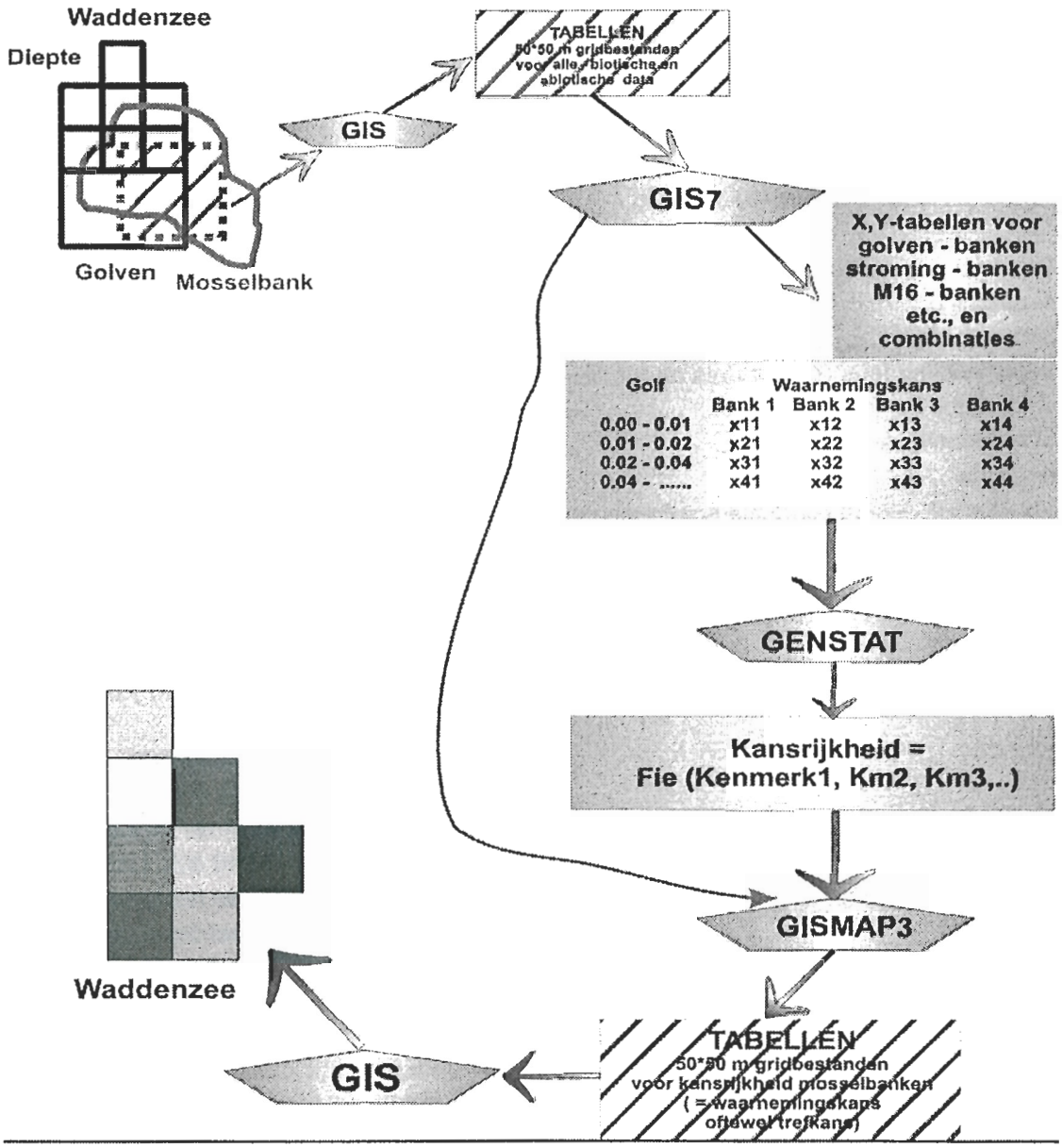
Zijn de ρ_i-waarden gevonden in een situatie met veel banken, en moet berekend worden waar in een arme situatie de weinige nog overgebleven banken verwacht worden, dan kan die N (N<<1) gezocht worden waarvoor Opp_{totaal} voldoet aan die kleine waarde. Deze N kan alleen via een iteratie gevonden worden. Is Opp_{totaal} groter dan in de analyse-situatie, dan is N juist groter dan 1.0.
Dit berekeningen zijn toegevoegd aan het programma GIS9 (zie H3). Dit levert een eenvoudig tabelletje op waarin de trefkansen per oppervlakte-interval voor verschillende, op te geven, totaal-oppervlaktes gegeven worden. Dit is gebruikt in Hoofdstuk 7, waarin de kwaliteit van de gevonden regressievergelijkingen wordt afgemeten aan de overeenkomst tussen berekende en gevonden trefkansen (voor de verschillende waarnemingsbestanden met elk hun eigen waarden van Opp_{totaal}). En het is gebruikt in Hoofdstuk 10, waarin onder meer wordt weergegeven waar de extra banken verwacht worden wanneer het mosselbankenbestand een andere gewenste oppervlakte heeft[4].

4 In veel beleidsdiscussies wordt over een wenselijkheid gesproken van 2000-4000 ha mosselbank. Wat echt gewenst wordt, is hier niet relevant; voor andere dan de onderzochte oppervlaktes kan de verwachte verdeling over het Waddengebied geschat worden.

3 DATAVERWERKING

3.1 Inleiding

In Figuur 14 is geschetst hoe de data verder zijn verwerkt: na de koppeling van de biotische en abiotische basisgegevens tot gridbestanden (zie Figuur 12) worden deze laatste met enkele hulpprogramma's omgezet naar score-tabellen waarin de karakteristieken in



Figuur 14 Dataverwerking mosselgegevens en abiotische karakteristieken. Het grijsgearceerde linkerbovendeel is in iets meer detail gegeven in Figuur 12. GENSTAT is het gebruikte statistische pakket; met GIS wordt PC-ArcInfo/ArcView aangeduid, en GIS7 en GISMAP3 zijn voor dit doel geprogrammeerde programma's

categorieën zijn ingedeeld en het relatieve voorkomen van mosselbanken is aangegeven. Deze gegevens zijn statistisch geanalyseerd met behulp van GENSTAT 5.4.1 (NAG, 1997), zodat parameters uit de vgl. 8 en 10 gevonden worden. Hiermee zijn dan de (statistische) verbanden bekend tussen het voorkomen van banken en de kenmerken van de abiotische omgeving.
Met behulp van deze verbanden zijn weer GIS-bestanden geconstrueerd waarin de kansrijkheid met een getalswaarde aangeduid is; élke gridcel krijgt aldus een trefkans toegekend.
Ten behoeve van de kaart is een indeling gemaakt naar trefkansen; dié gebieden zijn samen genomen die eerst samen de beste 1% van het gehele droogvallende waddengebied betreffen (het 0-1% gebied), de volgende categorie betreft de volgende 1% beste gebied (het 1-2% gebied), daarna de beste 3% (2-5%), enzovoort. De intervallen zijn groter genomen naarmate de trefkansen kleiner worden. Aldus zijn 12 intervallen gekozen. Grenzen zijn : 1%, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70 en 100%. Voor de overzichtelijkheid kunnen categorieën samengevoegd worden.

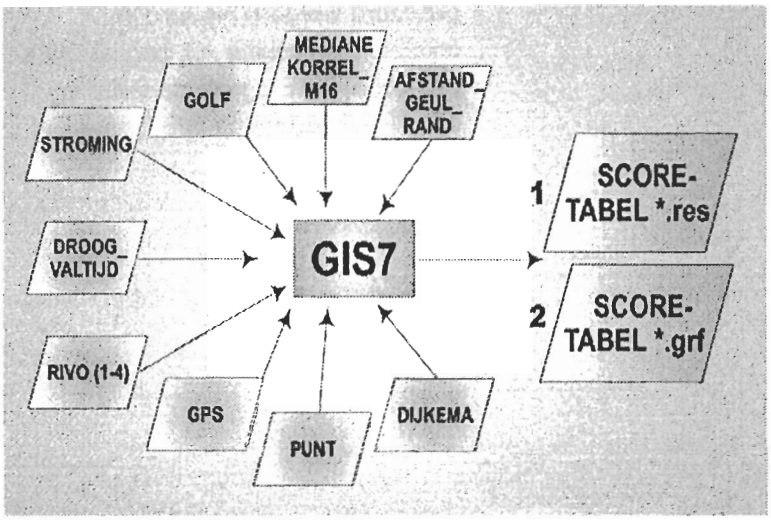
3.2 Basisbestanden en GIS-techniek

De gegevens die door het RIKZ zijn aangeleverd, betreffen, zoals al aangegeven:
1- stroming
2- droogvaltijd
3- golfwerking (met HISWA-data en SWAN-data)
4- mediane korrelgrootte
5- slibgehalte sediment
6- diepte
Vanwege de sterke correlatie tussen diepte en droogvaltijd, en tussen mediane korrelgrootte en slibgehalte is van (6) en (5) afgezien bij het uitvoeren van de statistische analyses. Afgeleid van droogvaltijd is de afstand tot de geulrand. Dit is de vijfde grootheid die bij de regressies is meegenomen.

ncols	3600
nrows	1600
xllcorner	100000
yllcorner	540000
cellsize	50
NODATA_value	-9999
-2500 -2500 -2500 -2500	

5 Opbouw grid-bestanden

De databestanden zijn opgebouwd volgens een vast patroon (zie textblok 5):
het gehele grid bestaat uit 3600 kolommen en 1600 rijen (van 50 m breedte en hoogte elk). De linkerbenedenhoek heeft als X-positie 100.000, en als Y-positie 540.000. Dit is de afstand in m ten opzichte van het 0-punt van het Parijse coördinatenstelsel dat voor de Nederlandse topografische kaarten gebruikt wordt. De "NODATA_value" is het getal dat gebruikt wordt om aan te geven dat een gegeven ontbreekt. Vervolgens worden de 3600*1600 = 5.760.000 data gegeven. Elk bestand is globaal 30-40 Mb groot. Slechts ongeveer $1/10^e$ van het bestand bevat data die op de droogvallende delen van de Waddenzee zelf betrekking hebben (ongeveer 550.000 getallen); de overige gegevens betreffen Noordzee, waddeneilanden, IJsselmeer, het vaste land, en uiteraard de sublitorale delen van de Waddenzee.

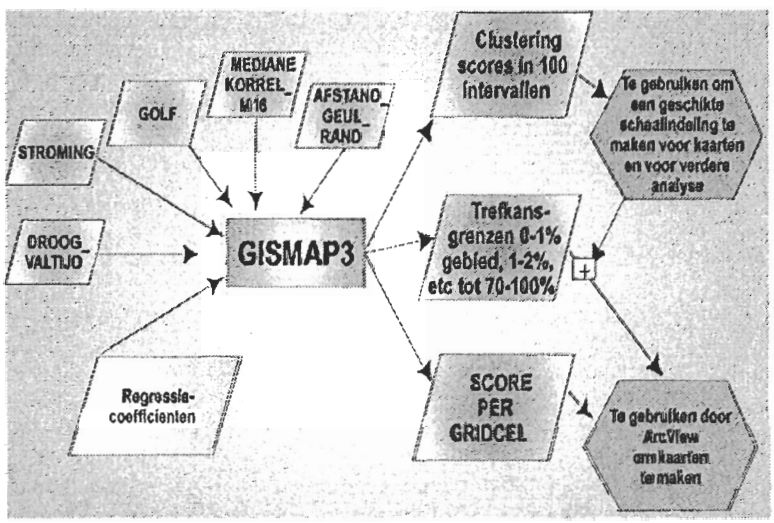


Figuur 15 Schema hulpprogramma GIS7, om vóórkomen van banken te scoren

3.3 Programmatuur

Om de RIKZ-gegevens te rangschikken is een hulpprogramma gemaakt (GIS7, geschreven in Modula-2; Logitech, 1987; Verhulst, 1986) (Figuur 15).Dit programma voert de indeling in categorieën uit, en scoort tevens hoe vaak er in een categorie een mosselbank (-gebied) aangetroffen wordt. Dit hangt natuurlijk af van het mosselbestand dat gebruikt wordt.
In bijlage A3 (tekstblok 25, pagina 202) is een voorbeeld van een aanroep gegeven.

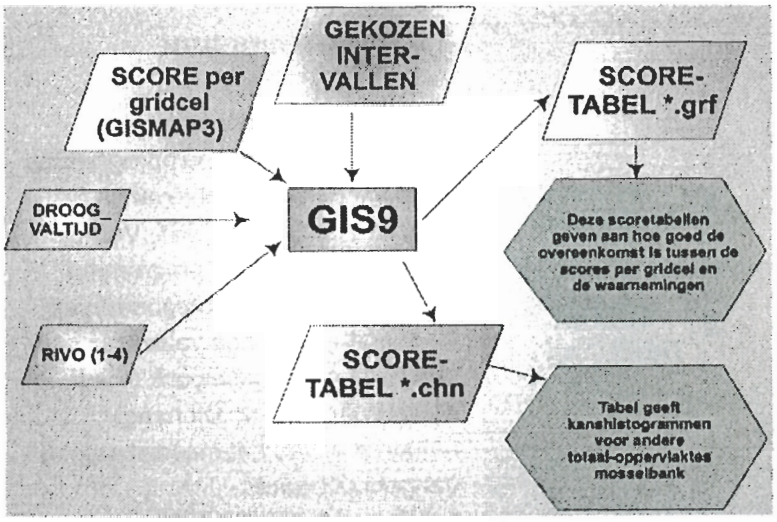
Na de regressie-analyse zijn de coëfficiënten van de regressievergelijking bekend, en kan de trefkans op een bank (onder de huidige omstandigheden) worden berekend. Dit is uiteraard weer gebaseerd op dezelfde abiotische gegevens, dus de bestanden die door GIS7 ook gebruikt werden. Het hulpprogramma hiervoor heet GISMAP3 (geschreven in Modula-2 (Logitech, 1987), zie Figuur 16), een voorbeeld van een aanroep is gegeven in tekstblok 27 (bijlage A3, pag. 204).



Figuur 16 Schema van GISMAP, om kaartbestanden te maken als de regressievergelijking bekend is

Het kaartenbestand dat door GISMAP3 gemaakt wordt is van precies dezelfde opbouw als de oorspronkelijke databestanden (voor droogvaltijd, M16, enz., zie textblok 5). GISMAP3 berekent tevens, op basis van een lineaire interpolatie, welke trefkansgrenzen aangehouden moeten worden om de rangorde-indeling 0-1% waddengebied met de hoogste trefkansscore, 1-2% waddengebied met de volgende hoogste-% trefkansscore, etc. te verkrijgen.

Wanneer het GISMAP3-resultaat (inclusief de hierboven gevonden intervalgrenzen) weer gekoppeld wordt aan een databestand waarin het voorkomen van mosselbanken staat, kan de overeenkomst tussen berekende trefkans en dit waargenomen voorko men van banken



Figuur 17 Gebruik van GIS9 om berekende trefkans van mosselbank ("Score per gridcel") en de waarnemingen ("RIVO (1-4)" in dit voorbeeld) met elkaar te vergelijken.

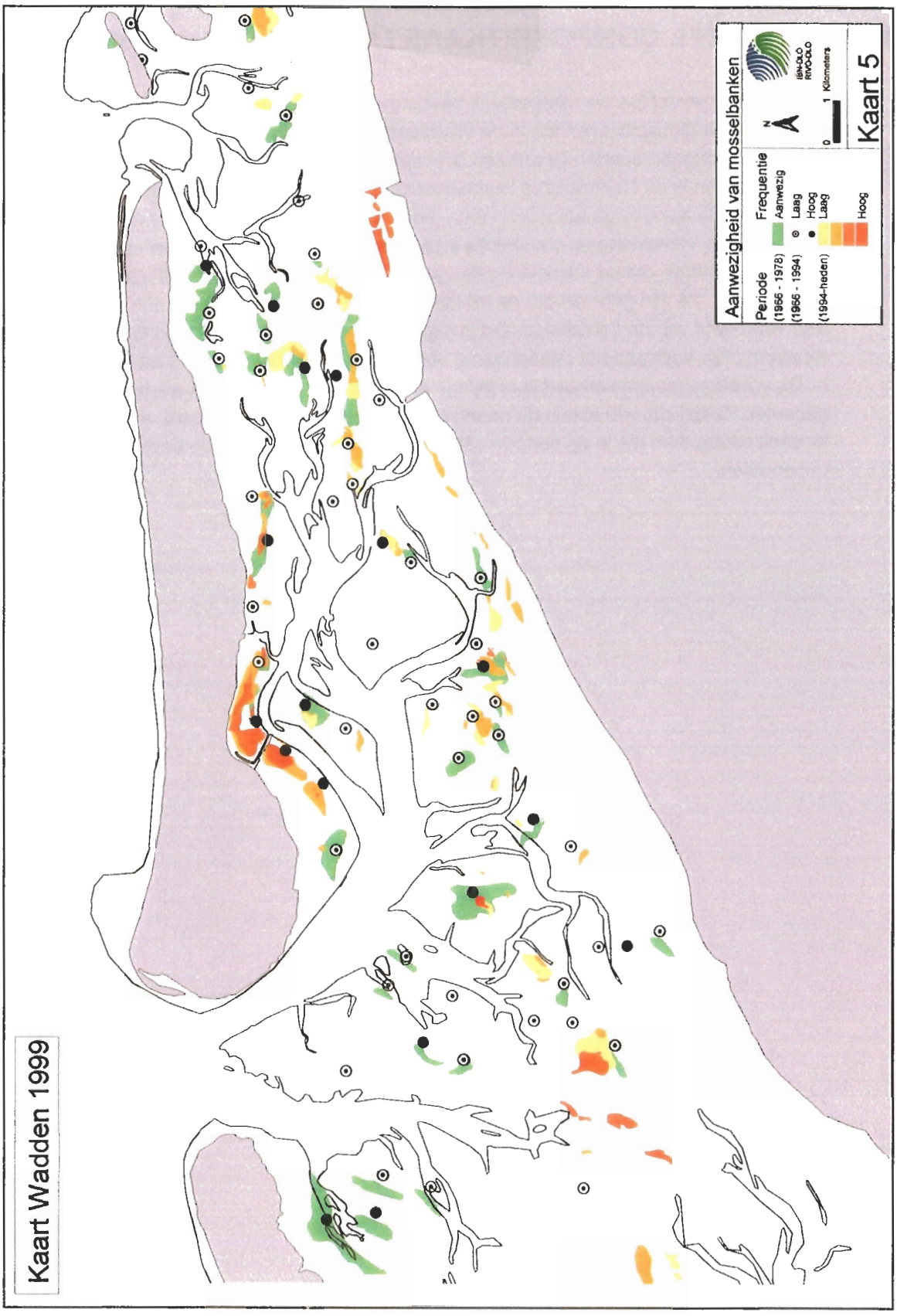
gescoord worden (Figuur 17), tekstblok 28, bijlage A3, pagina 205). Het gebruikte programma GIS9 is een kleine variant op GIS7.

RESULTATEN

4 RESULTATEN I: MOSSELGEBIEDEN
5 RESULTATEN II: KARAKTERISTIEKEN VAN WADDENZEE EN VAN MOSSELBANKLOKATIES
6 RESULTATEN III: ANALYSE VAN GEGEVENS
7 RESULTATEN IV: CONSTRUCTIE VAN DE HABITATMODELLEN
8 RESULTATEN V: TREFKANSEN VAN BANKEN

4 RESULTATEN I: COMPOSIETKAART VAN MOSSELGEBIEDEN

Het zevental verschillende mosselbank-bestanden is samengevat, om zo een overzicht te geven van de mosselbanken die in de Waddenzee aanwezig zijn geweest.
De aldus verkregen kaarten geven een overzicht over de aanwezigheid en locatie van mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee in de afgelopen 40 jaar. Deze gegevens, samen met de aanwezige abiotische data (hoofdstuk 2), zijn de basis voor de verdere rekenkundige verwerking en constructie tot mathematische beschrijvingen van de voorkeurshabitats van de stabiele mosselbanken in het Nederlandse deel van de Waddenzee. Ze zijn gebruikt om de modelvergelijkingen uit H3 te ijken, dan wel te valideren.
Een voorbeeld van de composietkaart is gegeven voor het waddengebied ten zuiden van Ameland (19), waaraan het relatief ruime voorkomen van mosselbanken en -gebieden debet is. De volledige composietkaart is in bijlage A4 pag. 207 - 214 in een aantal deelkaarten gegeven. Hierbij zijn wel alleen de meest stabiele banken gepresenteerd; niet de mosselzaadbanken die in de periode 1994-nu als aparte banken in de bestanden zijn opgenomen.



Figuur 18 Voorbeeld van composietkaart voor het wad ten zuiden van Ameland

5 RESULTATEN II : KARAKTERISTIEKEN VAN WADDENZEE EN VAN MOSSELBANKLOKATIES

5.1 Inleiding

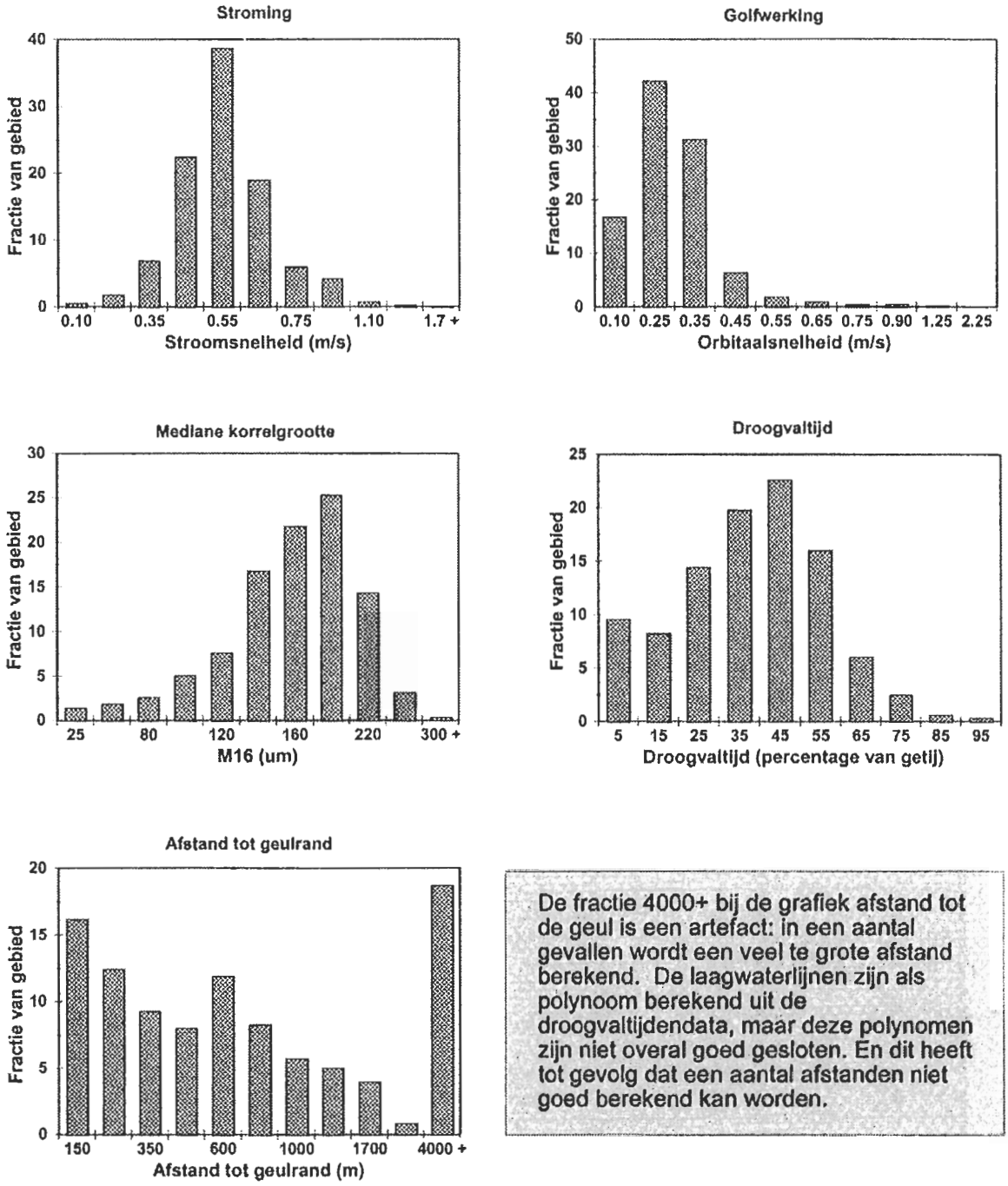
In deze sectie komt aan de orde hoe de abiotische en biotische gegevens er uit zien, en welke kwalitatieve samenhang er lijkt te zijn tussen de abiotische gegevens onderling en tussen abiotische kenmerken en het voorkomen van mosselbanken. De kwantitatieve uitwerking is in H6 aan de orde.
De reden om eerst de globale analyse uit te voeren is dat er uit de veelheid van aandachtsmogelijkheden keuzes moeten worden gemaakt. In dit hoofdstuk wordt ook aangegeven in hoeverre data onafhankelijk zijn.

5.2 Karakteristieken van Waddenzee (golfberekeningen met HISWA-model)

Opgedeeld in 11 klassen zijn de abiotische karakteristieken van de 50*50 m gridcellen gegroepeerd. In onderstaande tabel zijn de gebruikte klasse-indelingen gegeven. De frequentieverdeling van voorkomen van elk klasse-interval is in Figuur 19 weergegeven.

Tabel 2: groepering van abiotische karakteristieken. Let wel: de klasse-indeling geldt voor élke karakteristiek apart.

Klasse	Stroomsnelheid (maximum)	Golven (maximale orbitaalsnelheid)	Mediane korrelgrootte (M16)	Droogvaltijd	Afstand tot geulrand
Eenheid	m/s	m/s	µm	% van getij	m
0	0.0 - 0.2	0.00 - 0.05	0 - 50	0 - 10	0 -200
1	0.2 - 0.3	0.05 - 0.1	50 - 70	10 - 20	200 - 300
2	0.3 - 0.4	0.1 - 0.2	70 - 90	20 - 30	300 - 400
3	0.4 - 0.5	0.2 - 0.3	90 - 110	30 - 40	400 - 500
4	0.5 - 0.6	0.3 - 0.4	110 - 130	40 - 50	500 - 700
5	0.6 - 0.7	0.4 - 0.5	130 - 150	50 - 60	700 - 900
6	0.7 - 0.8	0.5 - 0.6	150 - 170	60 - 70	900 - 1100
7	0.8 - 1.0	0.6 - 0.7	170 - 200	70 - 80	1100 - 1400
8	1.0 - 1.2	0.7 - 0.8	200 - 240	80 - 90	1400 - 2000
9	1.2 - 1.7	0.8 - 1.0	240 - 300	90 - 100	2000 - 4000
10	1.7 +	1.0 +	300+	100+ (nvt)	4000+

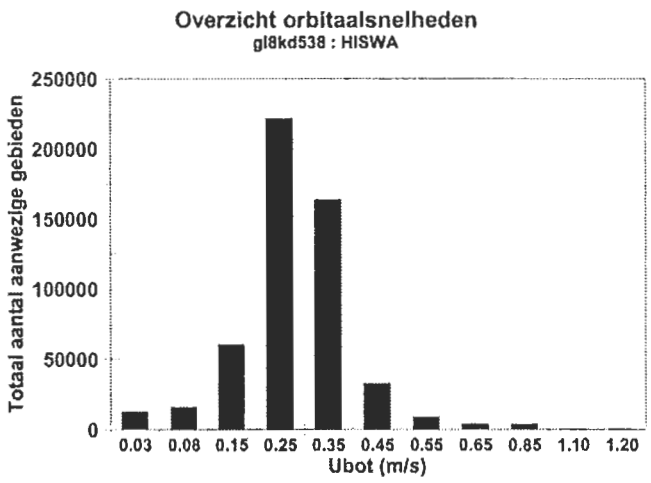


De fractie 4000+ bij de grafiek afstand tot de geul is een artefact: in een aantal gevallen wordt een veel te grote afstand berekend. De laagwaterlijnen zijn als polynoom berekend uit de droogvaltijdendata, maar deze polynomen zijn niet overal goed gesloten. En dit heeft tot gevolg dat een aantal afstanden niet goed berekend kan worden.

Figuur 19 Karakteristieken van de droogvallende platen in de Waddenzee, gescoord naar een vijftal grootheden, ingedeeld in 10 intervallen. Golfwerking is volgens de HISWA-berekening.

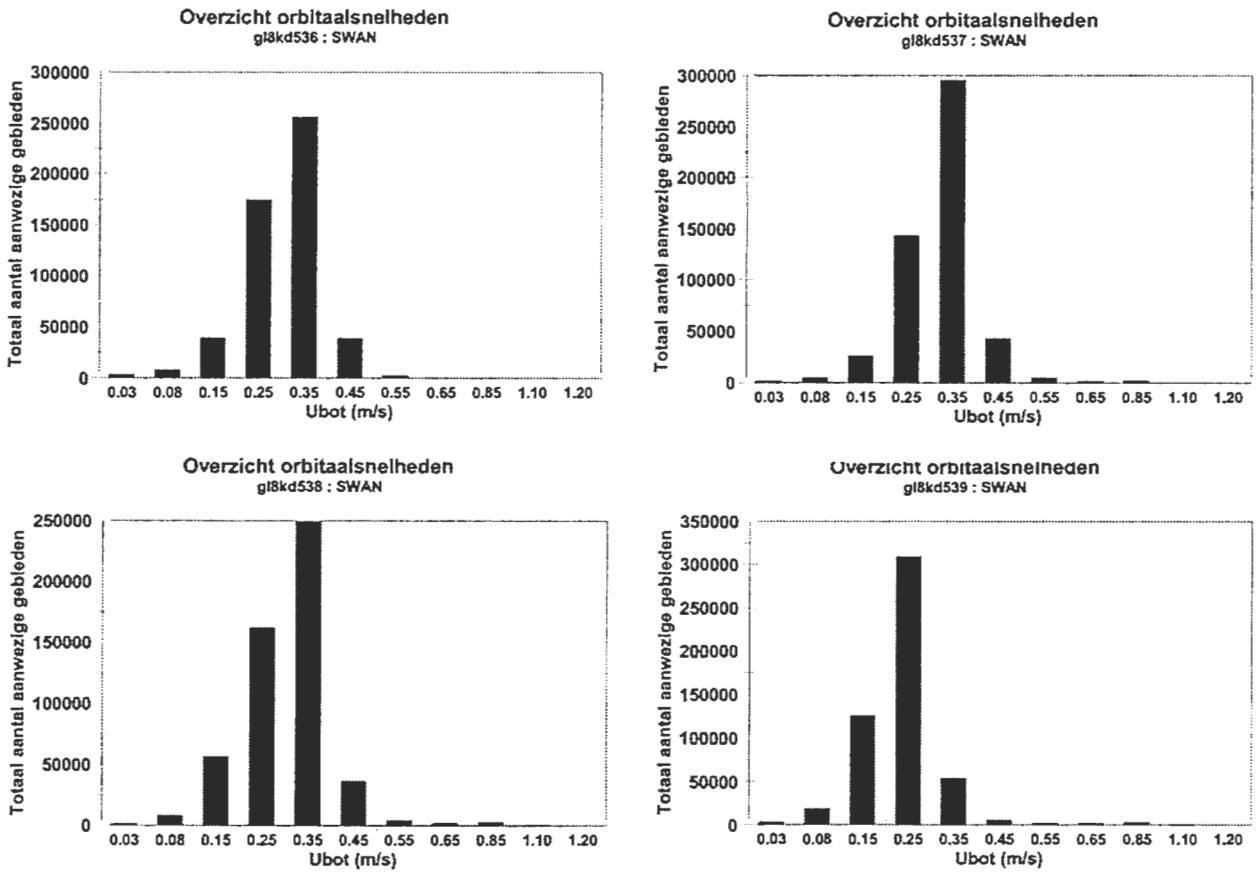
Duidelijk is dat met name stroming, golfwerking en mediane korrelgrootte een Poisson-achtige verdeling vertonen, al dan niet enigszins scheef. Er komen blijkbaar relatief weinig gebieden voor die heel lang droog liggen, en er is een relatief groot gebiedsdeel dat 15-25% van de tijd droogvalt. Hoe verder van de geulrand verwijderd, hoe minder gebieden het betreft. De weer grotere fractie gebieden die ver van de geulrand verwijderd is (4000+), duidt op een onregelmatigheid bij de verwerking met GIS naar de karakteristieken voor elke 50*50-gridcel, veroorzaakt doordat in het GIS-bestand de geulrand niet door goed gesloten dan wel goed berekende polygonen worden voorgesteld. Bij de verdere analyse zijn deze waarden weggelaten.

5.3 Karakteristieken van de Waddenzee: golfwerking volgens SWAN-berekeningen

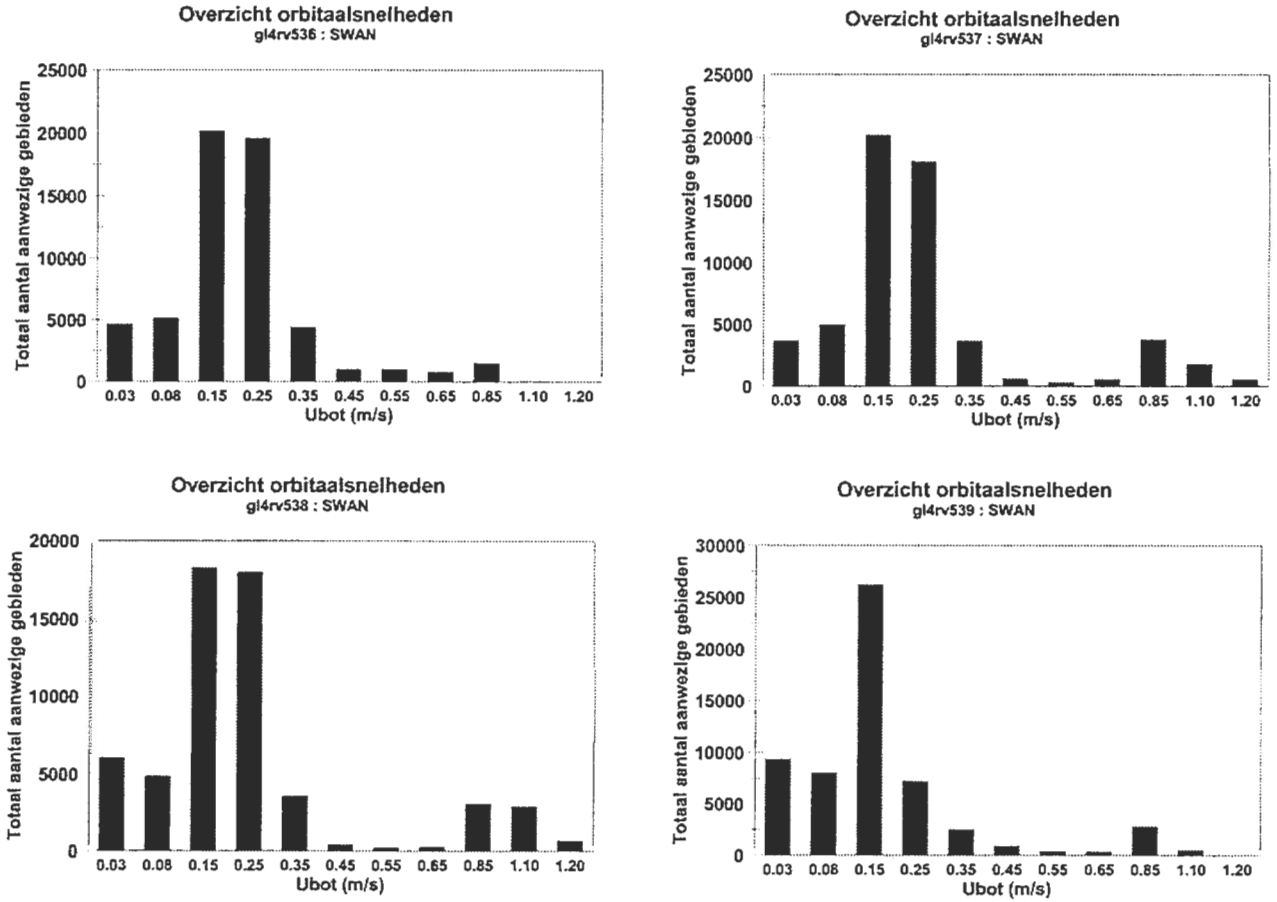


Figuur 20 Frequentieverdeling orbitaalsnelheden volgens HISWA-berekening. Deze figuur is analoog aan die uit Figuur 19, maar de klasse-indeling is hier anders; en wel in overeenstemming met tabel 2

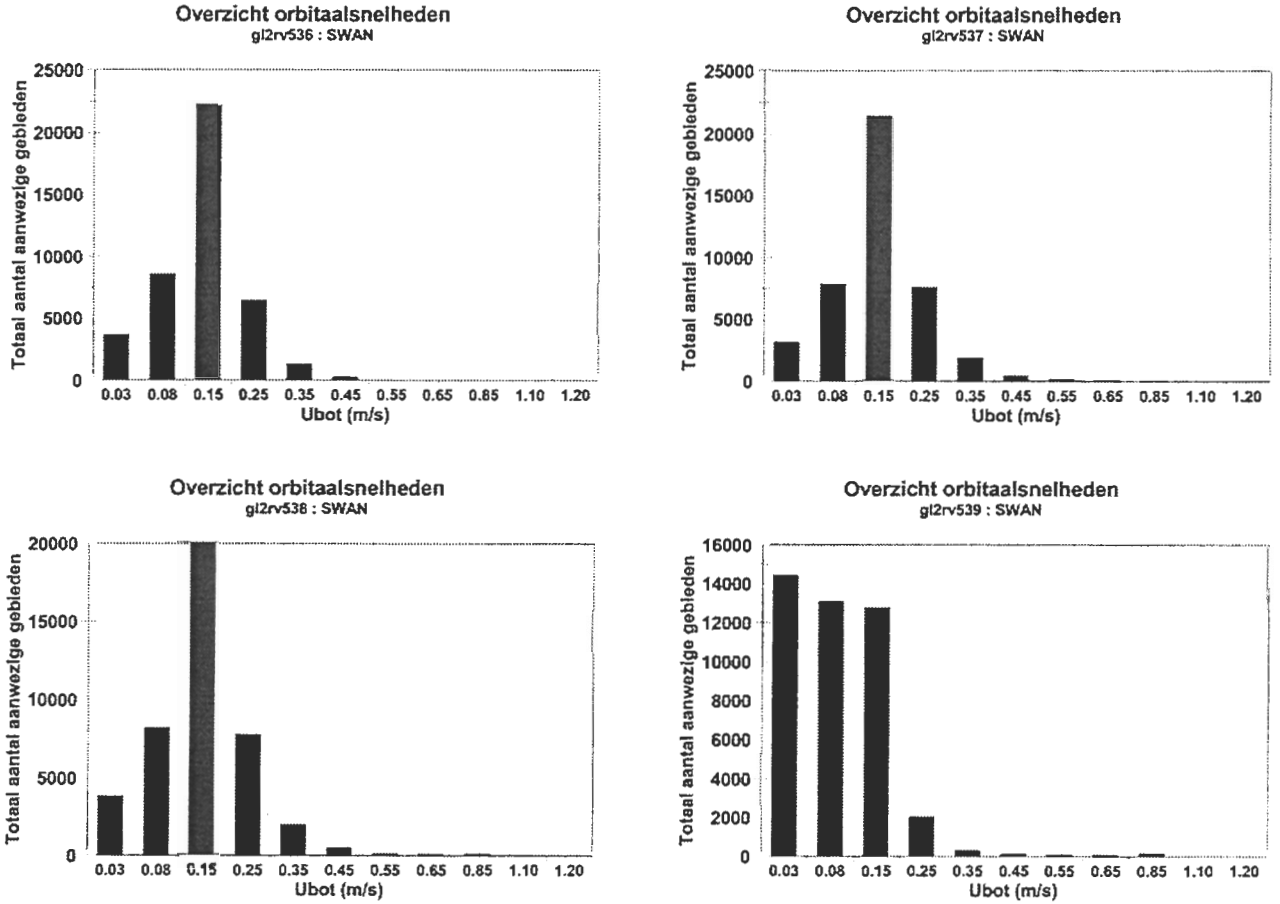
Eerder is al aangegeven dat de berekening van maximale orbitaalsnelheden met het HISWA-model, gebruikt voor de kaartversies 1 en 2 (Brinkman en Van Stralen, 1999; resp. Brinkman et al., 2001) gevolgd is door een nieuwe berekening van orbitaalsnelheden met het SWAN-model (Holthuijsen et al, 2000). De klasse-indeling is gelijk aan die voor de HISWA-berekeningen (tabel 2).
In Figuur 20 is weergegeven hoe de maximale orbitaalsnelheden volgens de HISWA-modelberekeningen verdeeld zijn. In Figuur 21 is de verdeling geschetst voor de maximale orbitaalsnelheden volgens de SWAN-berekeningen bij de hoogste waterstand (+2 m NAP). De verdeling bij ongeveer gemiddeld waterniveau (0 m NAP) is in Figuur 22 gegeven; en bij een lage waterstand (-1.0 m NAP) in Figuur 23. Het aantal relevante cellen neemt van Figuur 21 -> Figuur 23 af, omdat alléén die cellen zijn meegeteld die bij laag water droogvallen.



Figuur 21 Frequentieverdeling orbitaalsnelheden volgens SWAN-berekeningen. 536: windrichting zuidwest; 537 = west; 537 = noordwest, 539: noordoost
Waterniveau: + 2 m NAP



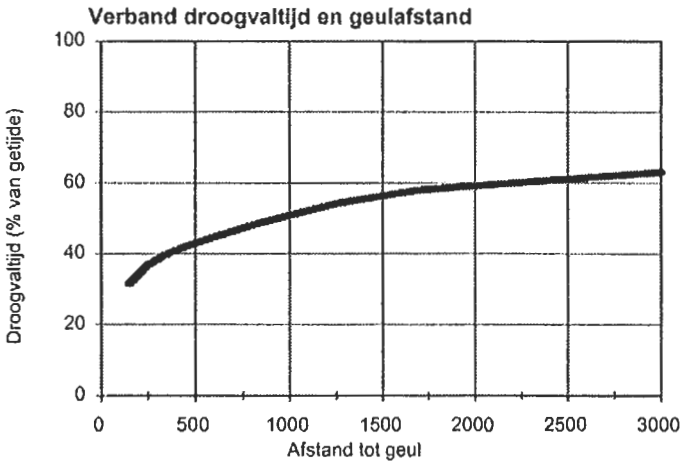
Figuur 22 Frequentieverdeling orbitaalsnelheden volgens SWAN-berekeningen. 536: windrichting zuidwest; 537 = west; 537 = noordwest, 539: noordoost
Waterniveau: + 0 NAP



Figuur 23 Frequentieverdeling orbitaalsnelheden volgens SWAN-berekeningen. 536: windrichting zuidwest; 537 = west; 537 = noordwest, 539: noordoost
Waterniveau: -1 m NAP

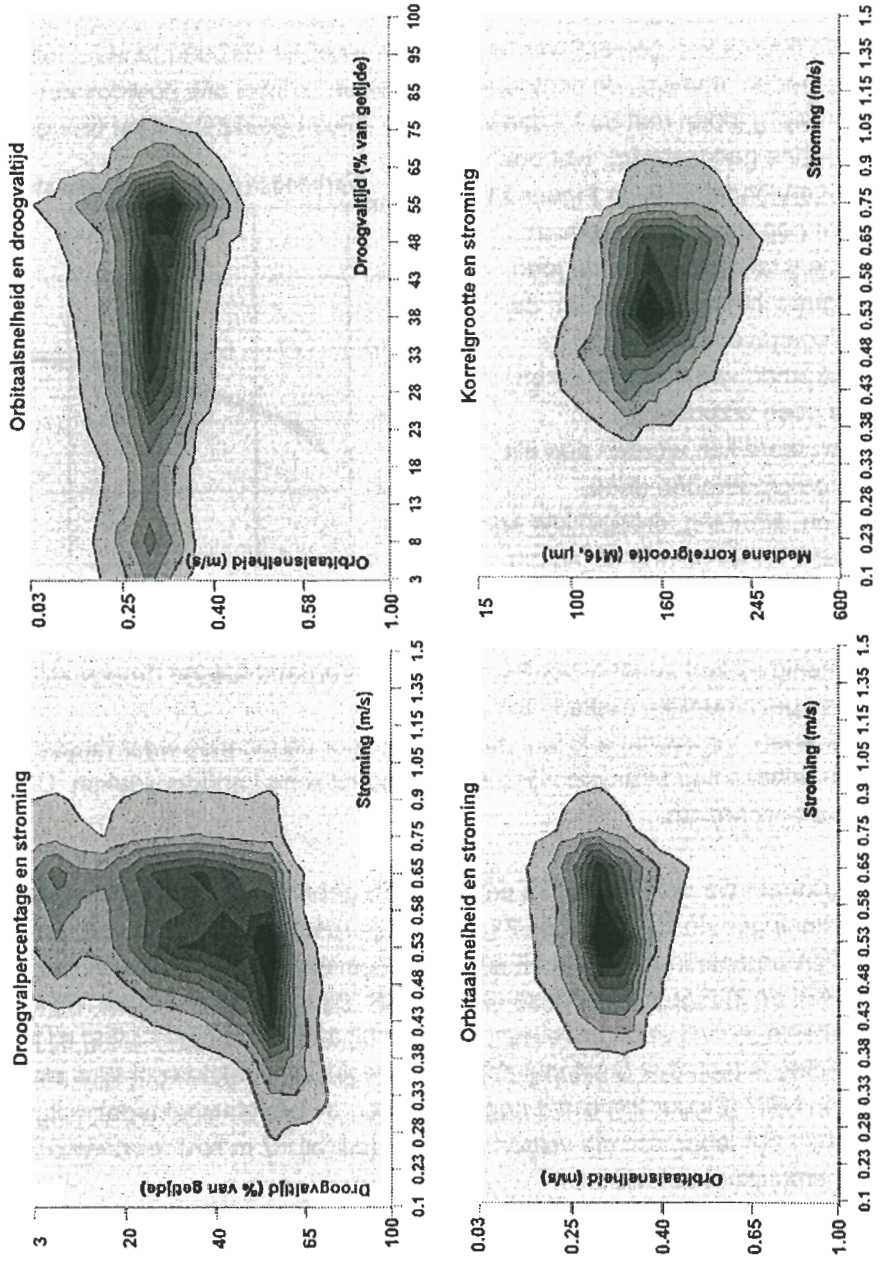
5.4 Combinatie van karakteristieken

Zijn in §5.2 de karakteristieken per grootheid gegeven, in deze sectie zijn ze gecombineerd. Per combinatie van twee grootheden, nu ingedeeld in 15 intervallen, zijn de frequentieverdelingen als contourdiagrammen gepresenteerd in Figuur 25 en Figuur 26. Uit beide figuren kan geleerd worden dat er nauwelijks verband bestaat tussen de verschillende grootheden. Immers, de contourfiguren hebben vrijwel alle hoofdassen die ongeveer evenwijdig lopen met de X- dan wel Y-as. Alleen geulafstand en droogvalpercentage zijn enigszins gecorreleerd, wat ook niet verwonderlijk is. In Figuur 24 is dat nog eens weergegeven. De constatering dat er zo goed als geen interactie is tussen de basisgegevens maakt dat de voorkomen van mosselbanken heel goed afzonderlijk gerelateerd kan worden aan elk van de grootheden (M16, golven, stroming, droogvaltijd en afstand tot de geulrand), en dat achteraf deze verbanden, zoals in vgl. **(6)** gedaan is, met elkaar vermenigvuldigd kunnen worden om de gezamenlijke trefkans te berekenen. Voorwaarde is wel dat ook het voor de locaties waar mosselbanken voorkomen geen relaties aan te geven zijn tussen de abiotische karakteristieken. Dit is in de volgende sectie beschreven.

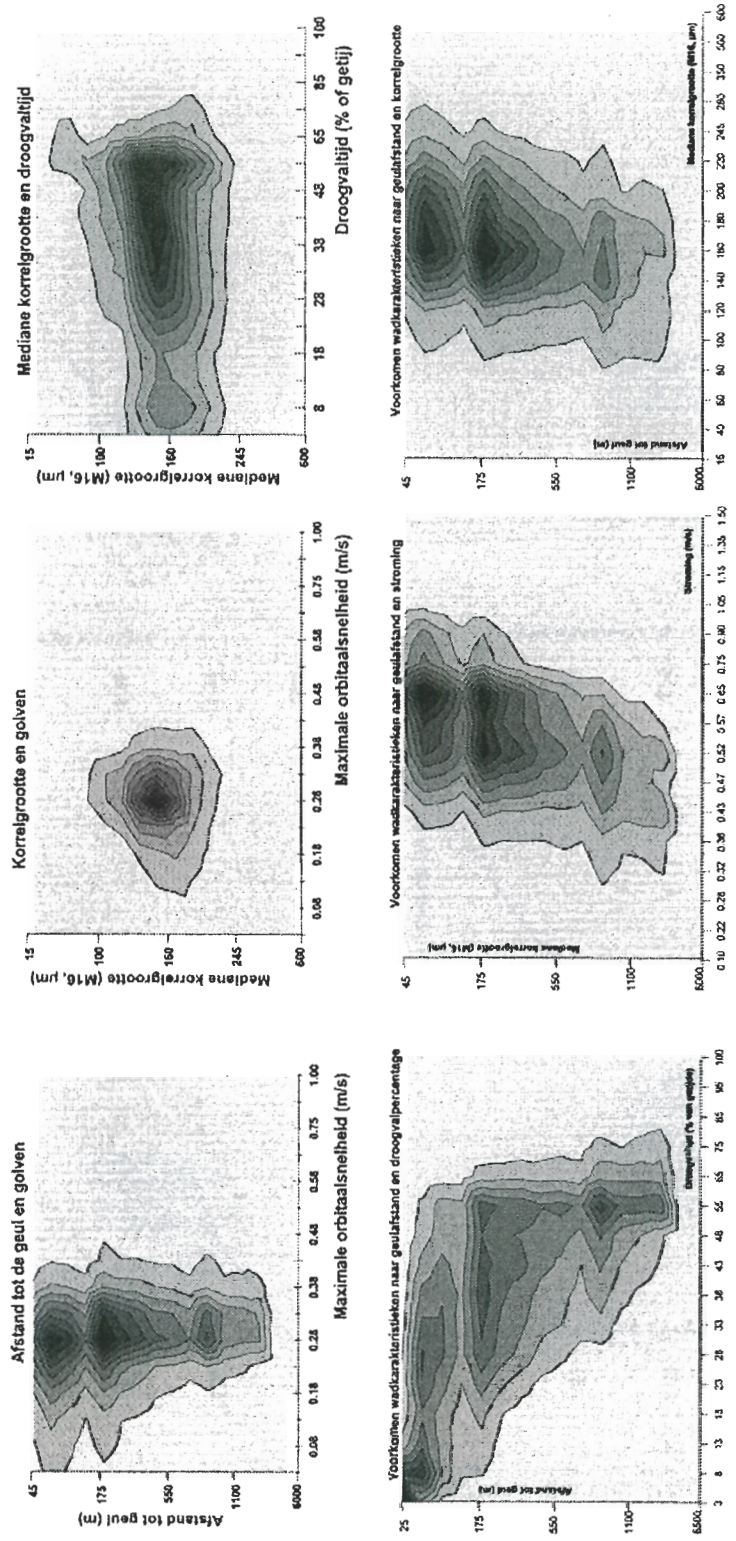


Figuur 24 Verband tussen droogvaltijd en afstand tot de geul.

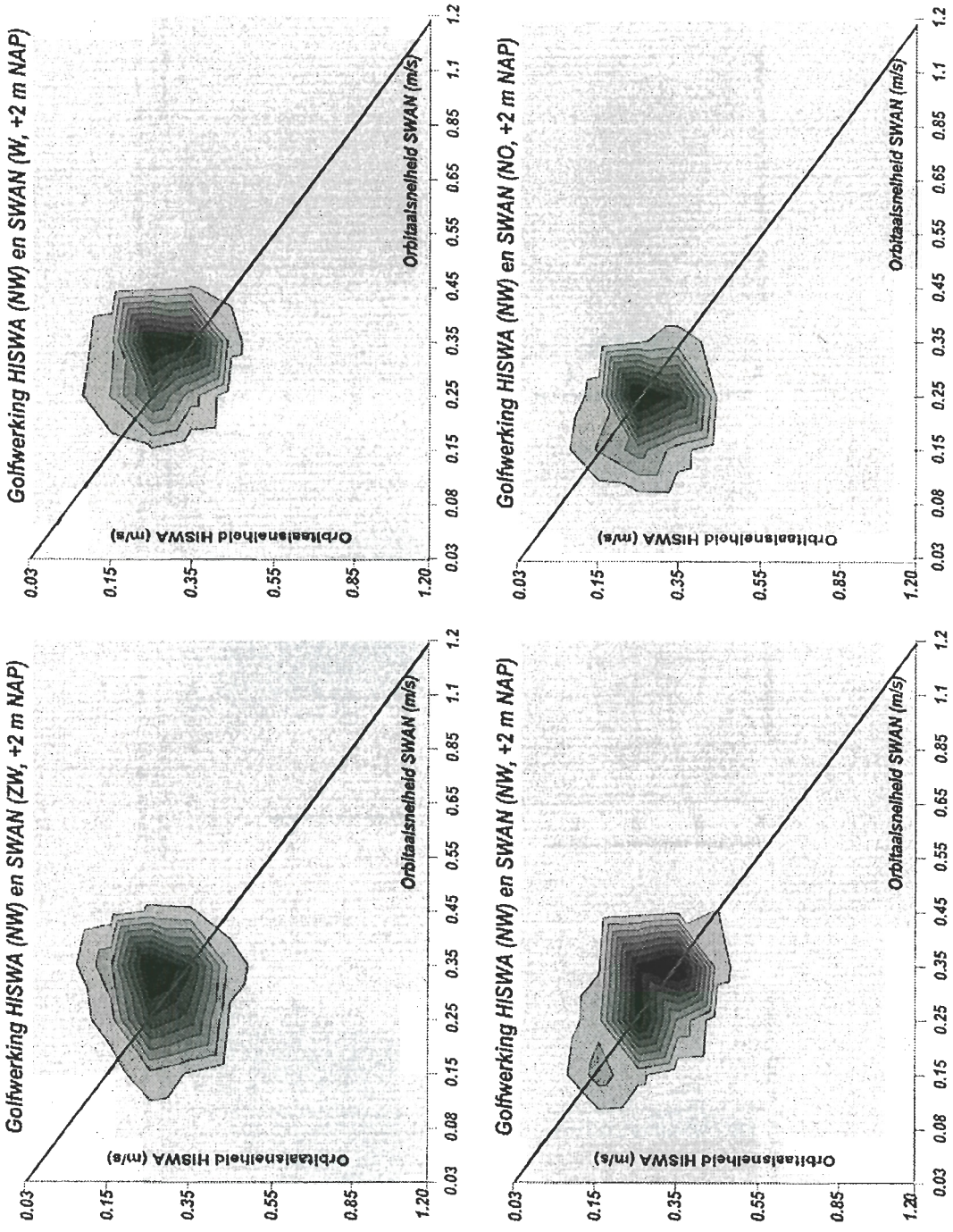
De golfdata die voor Figuur 25 en Figuur 26 gebruikt zijn, zijn resultaten van HISWA-berekeningen. In Figuur 27 en Figuur 28 zijn resultaten van SWAN-berekeningen en van HISWA-berekeningen naast elkaar weergegeven. Figuur 27 betreft een waterstand van +2 m NAP, en in Figuur 28 is deze -0.5 m NAP. Bij +2 m NAP (Figuur 27) komen beide berekeningen vrij aardig overeen, het best bij de SWAN-berekening bij NW-wind. Maar de spreiding is toch ook dusdanig dat er wel degelijk lokaal aanzienlijke afwijkingen ontstaan. Bij -0.5 m NAP (Figuur 28) is dat nog duidelijker: de orbitaalsnelheden volgens SWAN (bij -0.5 m NAP) zijn lager dan die volgens HISWA (die bij +2 m NAP berekend zijn), bij NO-wind is dat verschil het duidelijkst.



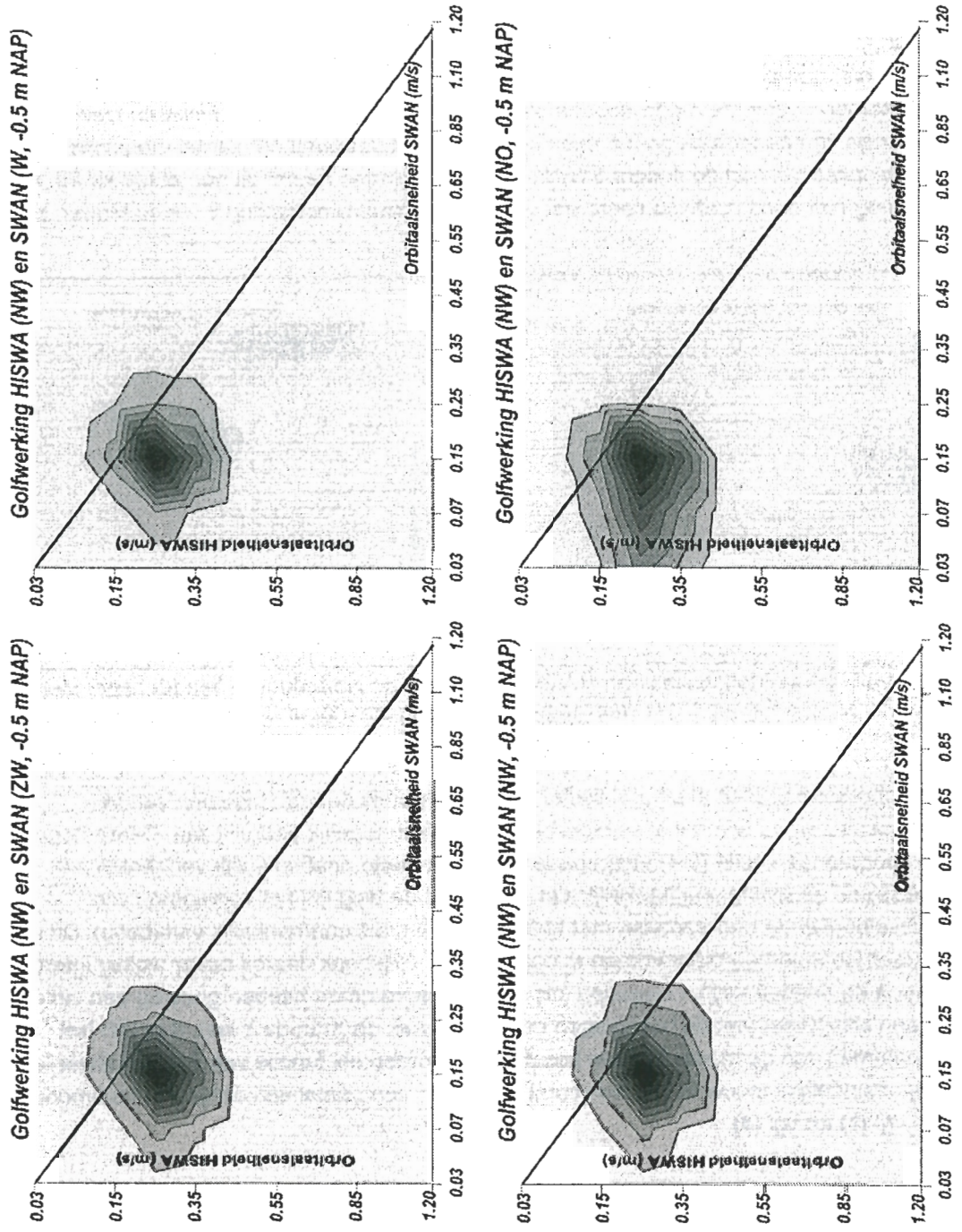
Figuur 25 Contourdiagrammen van voorkomen van combinaties van abiotische karakteristieken in de Nederlandse Waddenzee. Alleen de droogvallende platen zijn meegenomen.
Vervolg zie Figuur 25



Figuur 26 Contourdiagrammen van voorkomen van combinaties van abiotische karakteristieken in de Nederlandse Waddenzee. Alleen de droogvallende platen zijn meegenomen. Vervolg van Figuur 24



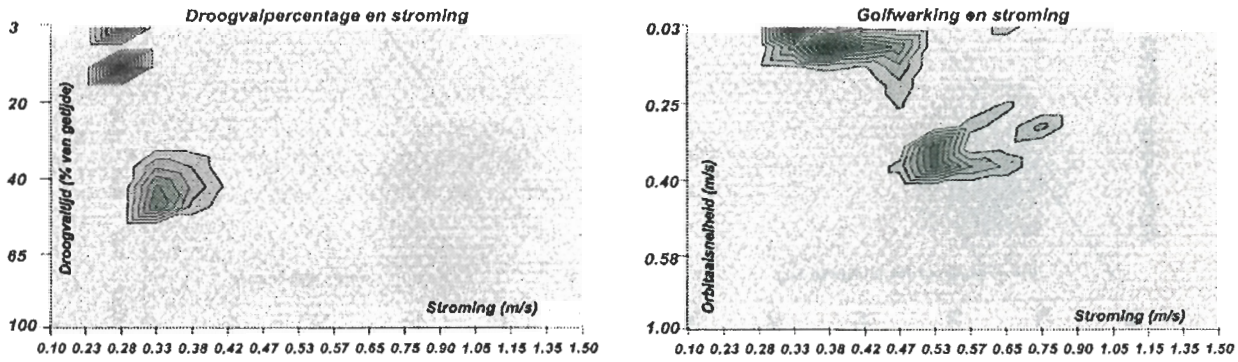
Figuur 27 Contourdiagrammen van maximale orbitaalsnelheden in de Waddenzee volgens HISWA en volgens SWAN (+2 m NAP). Alleen die delen van het gebied zijn meegenomen, die gedurende een getijde bij gemiddeld laagwater droogvallen. De rechte in elke figuur geeft aan waar SWAN=HISWA. Vervolg zie Figuur 28



Figuur 28 Contourdiagrammen van maximale orbitaalsnelheden in de Waddenzee volgens HISWA en volgens SWAN (-0.5 m NAP). Alleen die delen van het gebied zijn meegenomen, die gedurende een getijde bij gemiddeld laagwater droogvallen. De rechte in elke figuur geeft aan waar SWAN=HISWA. Vervolg van Figuur 27

5.5 Voorkomen van mosselgebieden

Voor de verdere analyse zijn alleen de relatieve voorkomens van mosselgebieden van belang, die dus berekend zijn zoals in Figuur 13 is aangegeven.
Het is niet doenlijk om voor alle bank- en gegevenstypen (zie §2.3: 11 typen gegevens) het voorkomen voor al de mogelijke combinaties van abiotische karakteristieken weer te geven. Op basis van de HISWA-golfberekeningen alleen al bedraagt het aantal mogelijke combinaties 10; met de 4 extra SWAN-golfberekeningen neemt dit aantal toe tot 28. Hierin is dan nog niet eens verdisconteerd dat voor elke SWAN-windrichting 8 waterstanden zijn

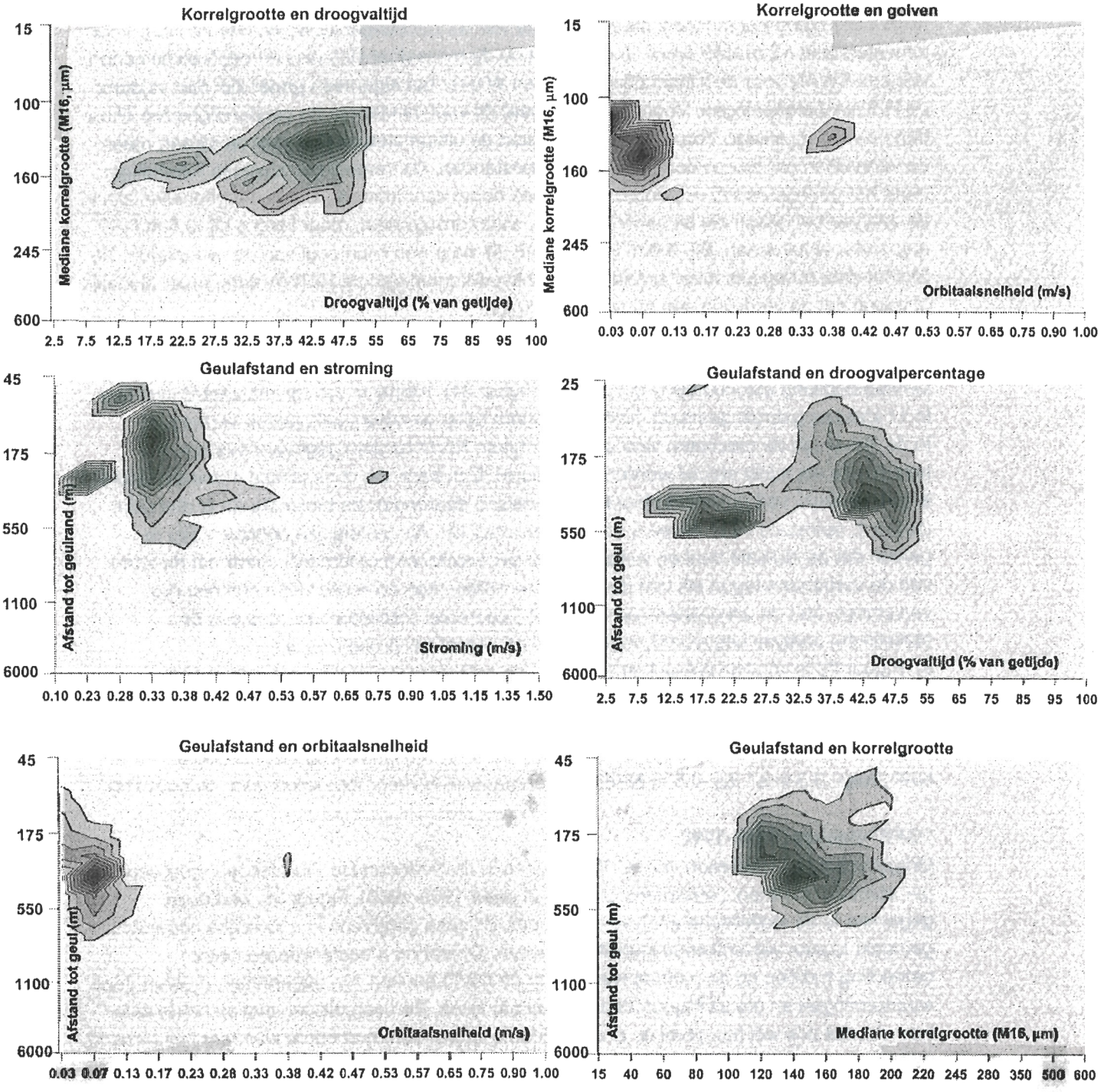


Figuur 29 Omgevingskarakteristieken van RIVO-4 banken in de Nederlandse Waddenzee. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg zie Figuur 30

doorgerekend. Alleen al uit praktische overwegingen is daarom afgezien van een gegevensanalyse waarbij alle abiotische kenmerken tegelijk gebruikt zijn. Daarentegen is in de voorgaande sectie (5.4) aangegeven dat de meeste onafhankelijk variabelen ook goeddeels *onderling* onafhankelijk zijn. Dit maakt de weg vrij het voorkomen van mosselbanken te onderzoeken met twee variabelen als onafhankelijk variabelen. Dit is gedaan door contourdiagrammen te construeren. Blijkt ook daarbij dat er weinig interactie is tussen de onafhankelijk variabelen (de contourdiagrammen hebben grofweg een cirkelvorm of een ellipsvorm met de hoofdassen evenwijdig aan de X-en de Y-as), dan kan het voorkomen van de mosselbanken beschreven worden als functie van één variabele tegelijk. Het uiteindelijke model is dan een combinatie van een aantal van dergelijke deelmodellen. Zie vgl **(7)** en vgl **(6)**.

RIVO banken

Weergegeven zijn contouren (in 15 klassen van waarnemingskansen) van de meest stabiele banken uit de surveys van het RIVO (Figuur 29 en Figuur 30). Deze worden met "RIVO-4" aangeduid, omdat "4" de hoogste waarderingsklasse is in deze categorie. Het betreft overigens ruim 100 ha banken; er zijn 406 gridcellen die als mosselbank benoemd zijn. Op het totaal van 528.000 gridcellen geen hoog aantal. Uit de grafieken is in elk geval afteleiden dat er voor korrelgrootte een favoriete waarde is; evenzo worden alleen bij lage orbitaalsnelheden banken aangetroffen. Er zijn uit deze grafieken nauwelijks aanwijzingen te halen die moeten leiden tot een multipele niet-lineaire regressie; het geringe aantal



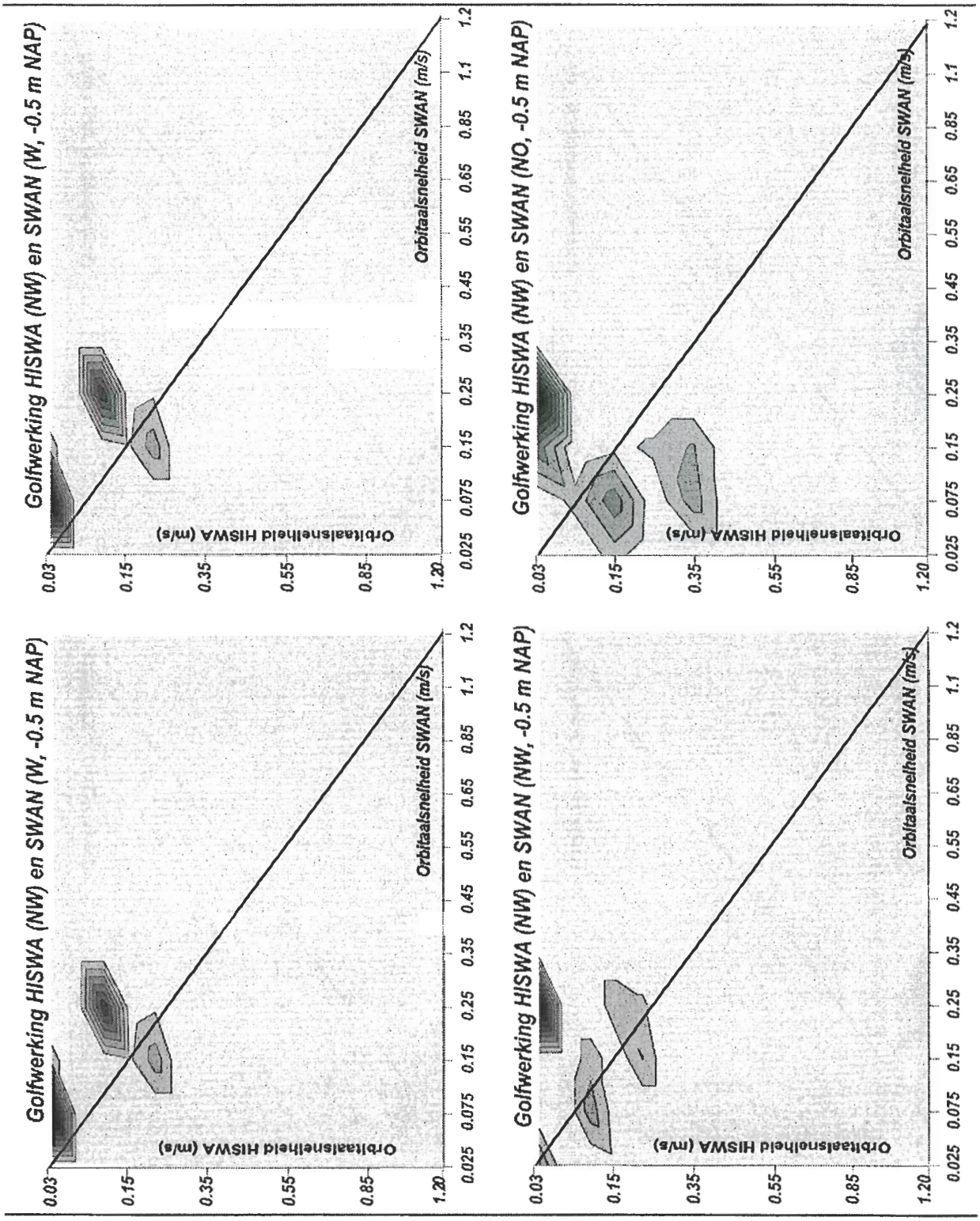
Figuur 30 Omgevingskarakteristieken van RIVO-4 banken in de Nederlandse Waddenzee. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg van Figuur 29

waarnemingen is daar ook debet aan. Het aantal van 15 klassen blijkt aan de hoge kant; later is dit tot 11 (10 + een rest-klasse) teruggebracht. In Figuur 29 en Figuur 30 is uitgegaan van de HISWA-resultaten waar het golfwerking betreft. In Figuur 31 en Figuur 32 zijn de resultaten van de SWAN-berekeningen gebruikt om de verdeling van RIVO4-banken aan te geven over het wad, met de HISWA-golfberekeningen als tweede variabele. In Figuur 31 zijn resultaten voor een lage waterstand getoond (-0.5 m NAP), in Figuur 32 resultaten voor een hoge waterstand (+2 m NAP), steeds voor de vier windrichtingen (ZW, W, NW en NO). Voor de waterstand +2 m NAP wordt duidelijk dat op de mosselbanklocaties de orbitaalsnelheden volgens SWAN voor de windrichtingen ZW en W over het algemeen groter zijn dan volgens de HISWA-berekeningen. Voor NW-storm gaat dit veel minder op; de omstandigheden lijken dan ook erg op elkaar. Voor de NO-storm lijken de uitkomsten relatief veel op elkaar; maar de verschillen worden evident bij lagere waterstanden. De verdeling is sowieso rommeliger, maar het geringe aantal celpunten is daar ook debet aan. Immers, alleen die gridcellen zijn in de analyse betrokken die bij gemiddeld laag water droogvallen, maar tevens bij -0.5 m NAP nog onder water staan. Bij -0.5 m NAP betreft dit maar een klein deel van de wadplaten. De SWAN-data tonen iets meer spreiding in bankvoorkomen dan de HISWA-data, maar duidelijk is vooral dat de verdeling een andere vorm krijgt.

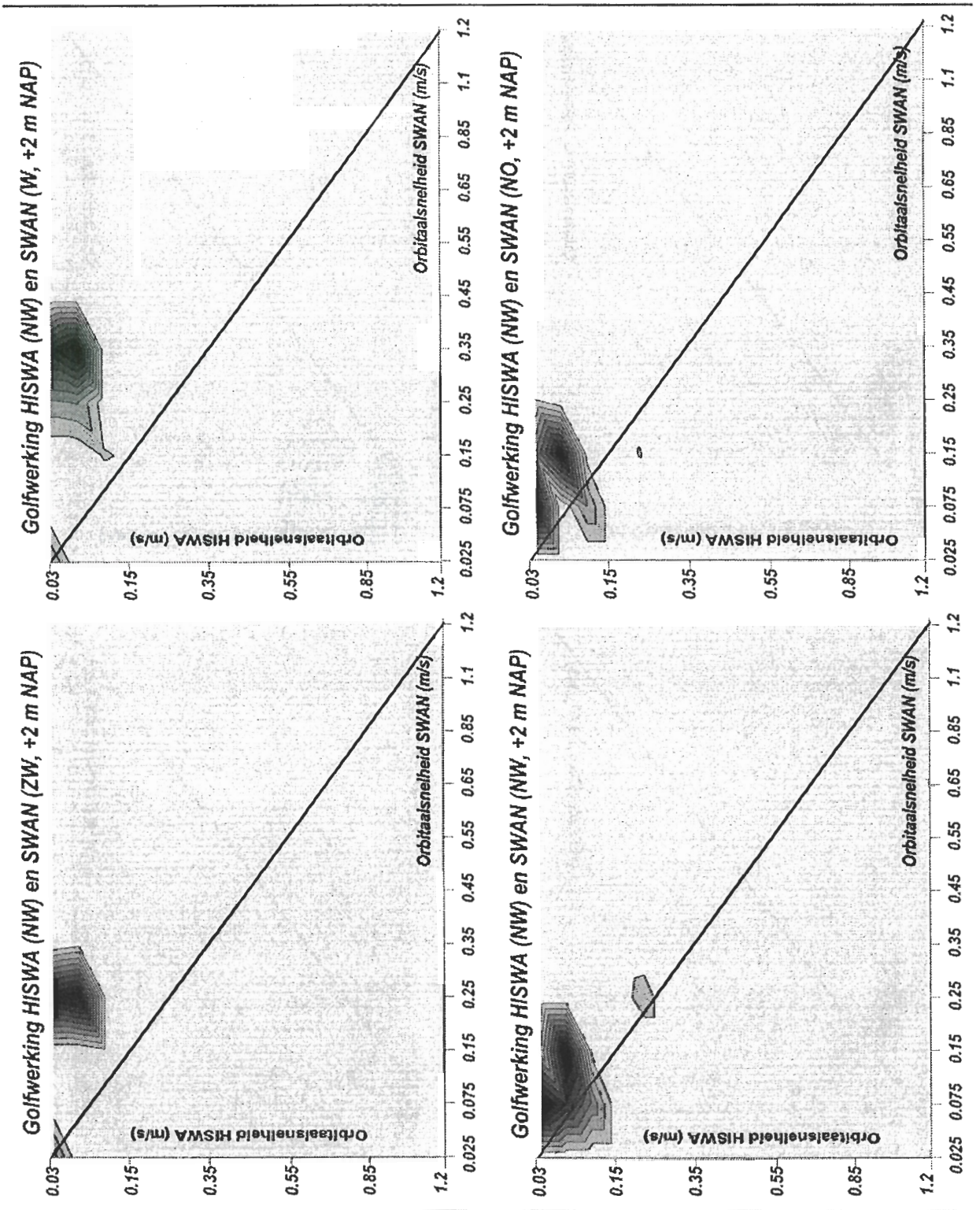
Naast een aantal contourplots, kan de waarnemingskans ook weergegeven worden tegen elk kenmerkindeling afzonderlijk (Figuur 33 en Figuur 34). Hierbij is van de 'standaard'-indeling in 11 klassen gebruik gemaakt, hierdoor worden beter werkbare uitkomsten verkregen.
In de figuur zijn de resultaten voor al de vier typen RIVO-banken gegeven, dus ook die banken die als minst stabiel worden beschouwd. Een bank die in de klasse 4 (meest stabiel) is geklasseerd, valt automatisch ook in de klassen daaronder; de bovenste lijn is dus altijd klasse 1, oplopend naar klasse 4 voor de onderste lijn. Als belangrijke conclusie lijkt te gelden dat de stabiele banken weliswaar minder voorkomen (uiteraard), maar dat de vorm van de verbanden tegen elk van de abiotische kenmerken voor alle vier typen niet erg verschillen. Met de uitkomsten voor klasse 4 (de meest stabiele banken) is ook de statistische analyse uitgevoerd, welke in § 6 en verder besproken wordt.
In Figuur 33 is van HISWA-uitkomsten voor de golfwerking gebruik gemaakt; in Figuur 34 zijn SWAN-rekenuitkomsten gebruikt. Twee waterstanden en vier windrichtingen, zoals hierboven voor de contourplots al toegelicht is. De negatieve invloed van hoge orbitaalsnelheden is ook hier duidelijk: boven 0.5 m s^{-1} maximale orbitaalsnelheid (bij +2 m NAP) resp. 0.3 m s^{-1} (bij -0.5 m NAP) worden nauwelijks meer mosselbanken aangetroffen.

"GPS"-banken, 1995-1998

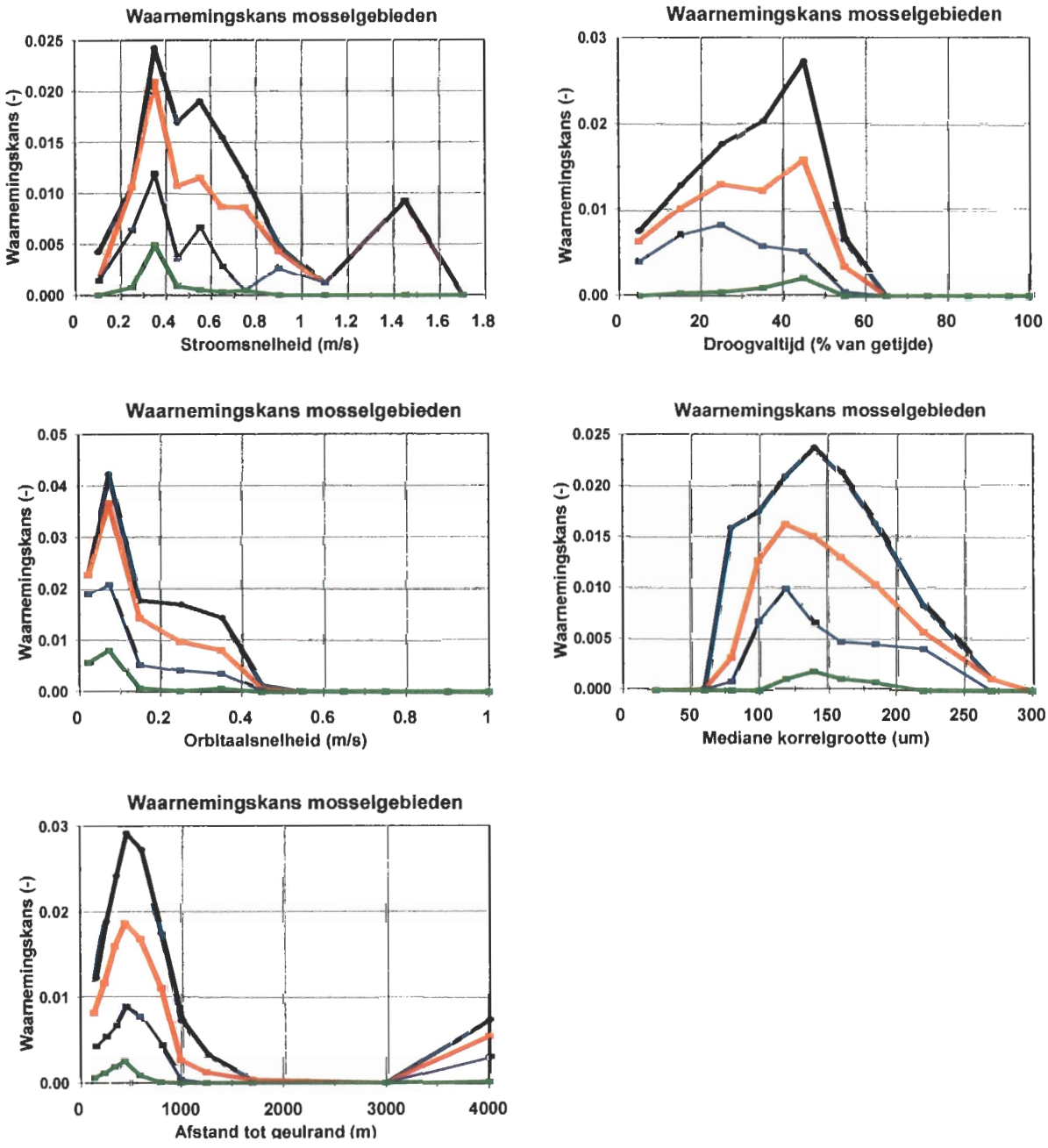
Omgevingskarakteristieken van "GPS"- banken in de Nederlandse Waddenzee, gegroepeerd per abiotisch kenmerk (waarnemingen IBN in jaren 1995-1998), Figuur 35. Met deze gegevens is de statistische analyse uitgevoerd. Bij deze gegevens is nauwelijks onderscheid gemaakt tussen verschillende stabiliteitsklassen. Omdat de meeste waarnemingen betrekking hebben op de periode waarin ook de RIVO-banken zijn opgemeten, moeten deze waarnemingen en die uit Figuur 33 erg op elkaar lijken. Een vergelijking tussen beide sets leert dat dat ook wel het geval is, al zijn er kleine verschillen, met name wanneer het verband met de stroomsnelheid van het water beschouwd wordt.



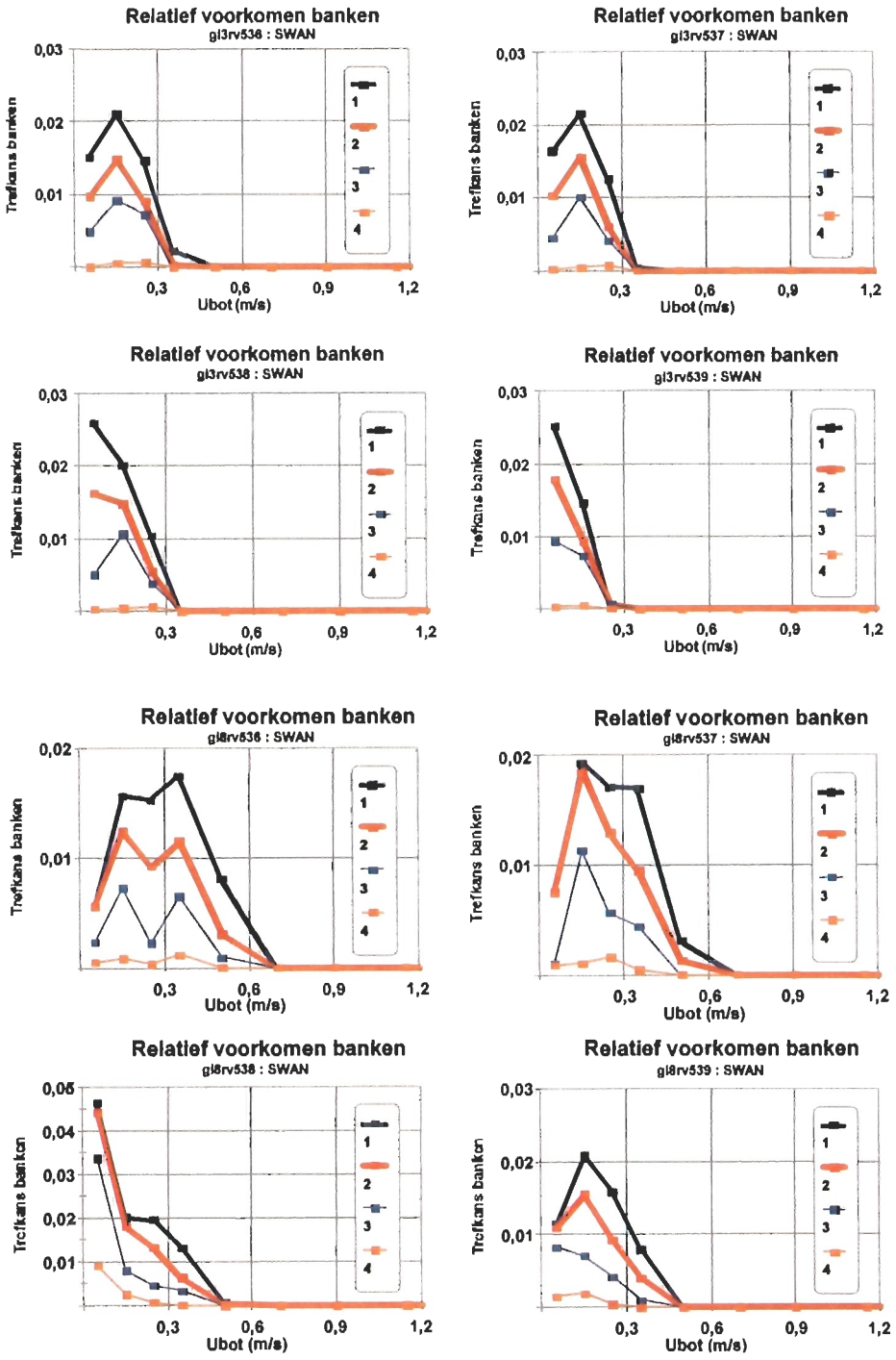
Figuur 31 Omgevingskarakteristieken (als contourdiagrammen) van RIVO-4 banken in de Nederlandse Waddenzee; SWAN-resultaten voor vier windrichtingen en waterstand -0.5 m NAP. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg zie Figuur 32. De rechte lijn in elk van de figuren geeft gelijke orbitaalsnelheden voor SWAN en HISWA aan.



Figuur 32 Omgevingskarakteristieken (als contourdiagrammen) van RIVO-4 banken in de Nederlandse Waddenzee; SWAN-resultaten voor vier windrichtingen en waterstand +2 m NAP. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg op Figuur 31. De rechte lijn in elk van de figuren geeft gelijke orbitaalsnelheden voor SWAN en HISWA aan.



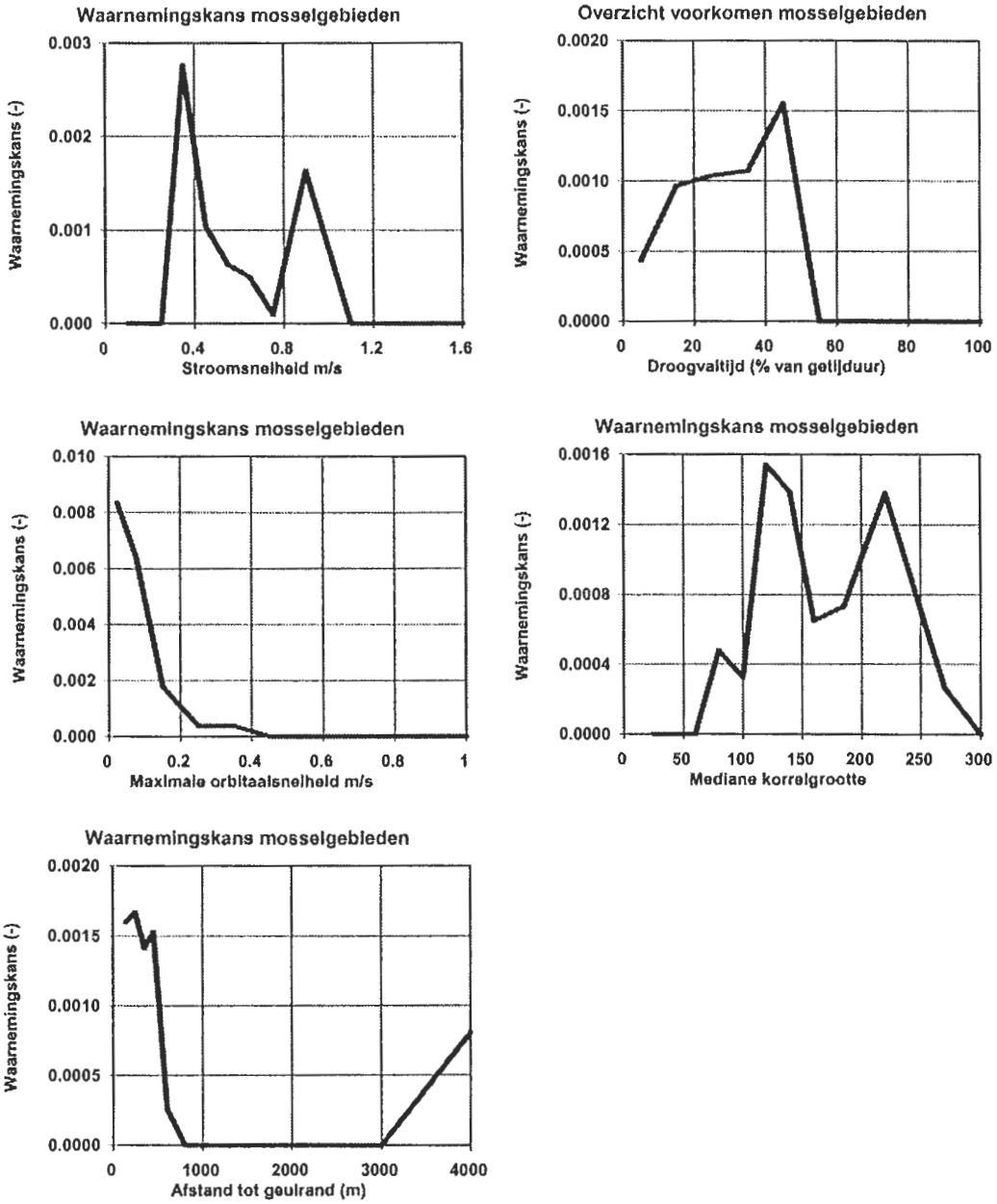
Figuur 33 Omgevingskarakteristieken van RIVO-4 banken in de Nederlandse Waddenzee, gegroepeerd per abiotisch kenmerk. Met deze gegevens is de statistische analyse uitgevoerd. De resultaten voor al de vier typen RIVO-banken zijn gegeven, dus ook die banken die als minst stabiel worden beschouwd. Een bank die in de klasse 4 (meest stabiel) is geklasseerd, valt automatisch ook in de klassen daaronder; de bovenste lijn is dus altijd klasse 1, oplopend naar klasse 4 voor de onderste lijn



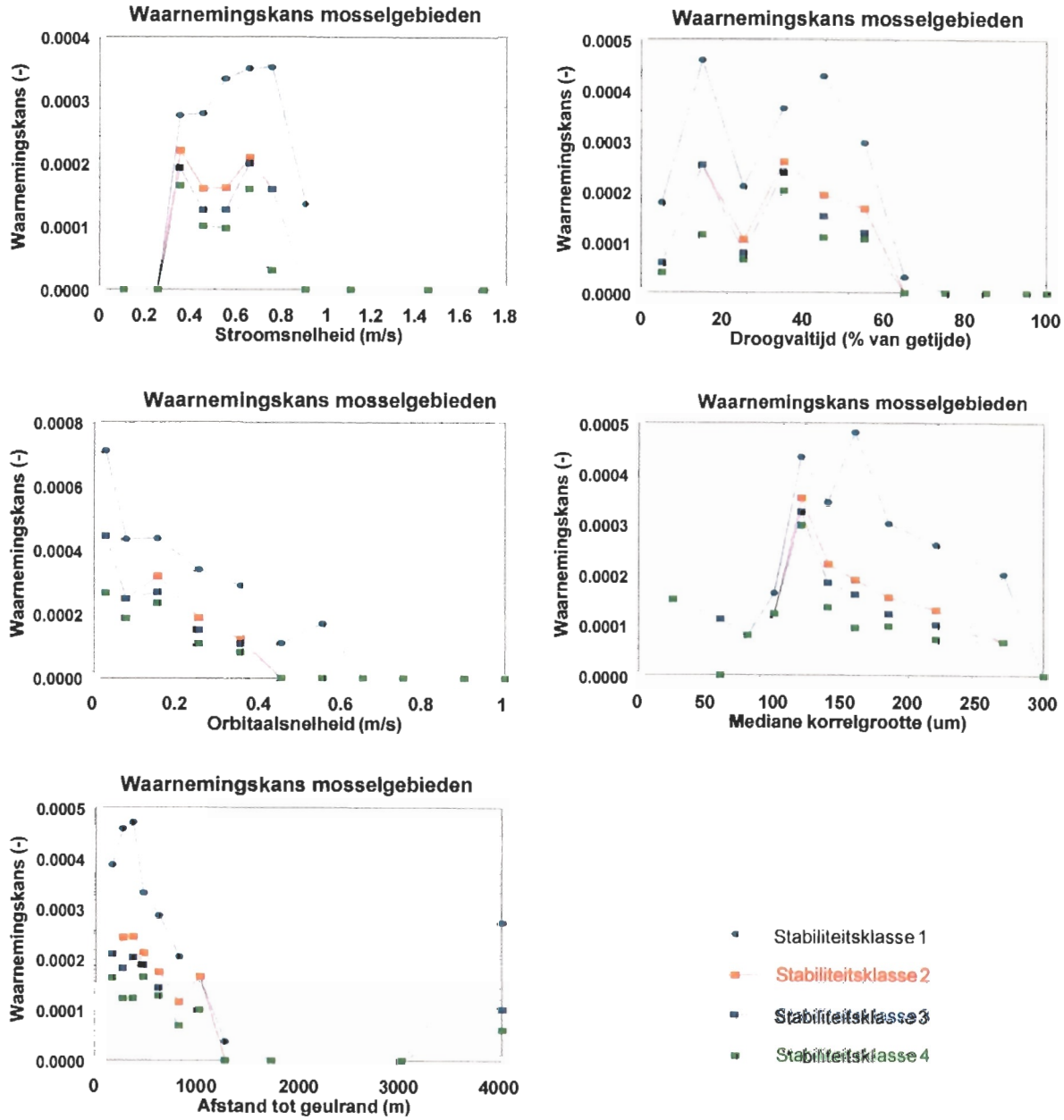
Figuur 34 Omgevingskarakteristieken van RIVO banken in de Nederlandse Waddenzee; SWAN-resultaten voor vier windrichtingen en twee waterstanden zijn weergegeven. GI3 = -0.5 m NAP, gl8= +2 m NAP. RV= RIVO; x36= SWAN-ZW (6); x37 = SWAN- W (7), etc. 8= SWAN-NW, 9= SWAN-NO. RIVO-1 banken is bovenste lijn, en aflopend naar RIVO-4 als onderste lijn.

"Punt-gegevens", 1980-1990

Omgevingskarakteristieken van de RIN-gegevens uit de jaren '80. Bij deze gegevens is evenals voor de "RIVO"-banken onderscheid gemaakt tussen verschillende stabiliteitsklassen. In de jaren '80 was het areaal aan mosselbanken aanzienlijk groter dan in het decennium erop volgend, waardoor de gegevens in feite veel geschikter zijn om bewerkt te worden. Omdat toentertijd slechts een 'gemiddelde' positionering is genoteerd, bestaat het 'punten'-bestand uit slecht 55 waarnemingen. Dat wil zeggen: 55 gridcellen hebben een waarneming in stabiliteitsklasse 4. Bij deze gegevensset is een klasse 5 onderscheiden, wanneer een klasse 4 samenviel met een "Dijkema"- waarneming, maar deze top-waardering is in Figuur 36 niet opgenomen. Ondanks de lage trefkansen (er zijn immers maar weinig waarnemingen als naar het aantal gridcellen gekeken wordt) lijkt de vorm van de verbanden met omgevingskarakteristieken erg op die bij beide vorige gegevenssets. Met deze gegevens voor klasse-4 gebieden is een statistische analyse uitgevoerd.



Figuur 35 Omgevingskarakteristieken van "GPS"- banken in de Nederlandse Waddenzee, gegroepeerd per abiotisch kenmerk (waarnemingen IBN in jaren 1990-1998). Met deze gegevens is de statistische analyse uitgevoerd. Bij deze gegevens is nauwelijks onderscheid gemaakt tussen verschillende stabiliteitsklassen. Omdat de meeste waarnemingen betrekking hebben op de periode waarin ook de RIVO-banken zijn opgemeten, moeten deze waarnemingen en die uit Figuur 33 erg op elkaar lijken.

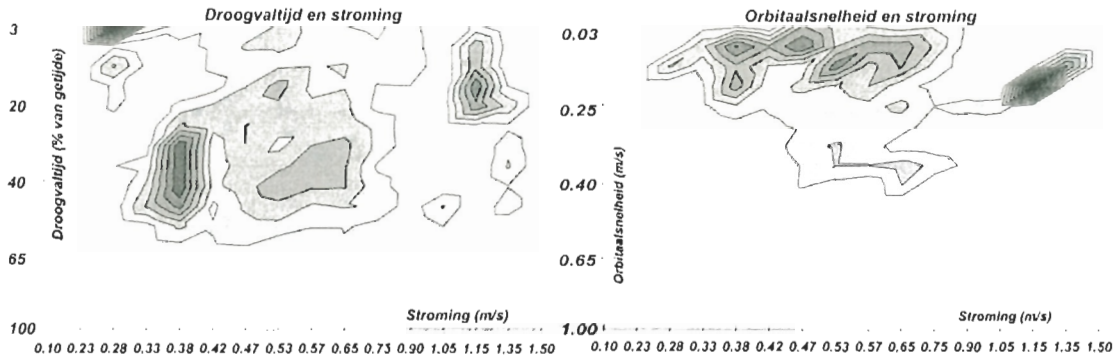


Figuur 36 Omgevingskarakteristieken van "Punt-gegevens"- banken in de Nederlandse Waddenzee, gegroepeerd per abiotisch kenmerk (waarnemingen RIN in jaren 1980-1990). Met deze gegevens is de statistische analyse uitgevoerd. Bij deze gegevens is onderscheid gemaakt in vier verschillende stabiliteitsklassen. De gegevens die de ligging ten opzichte van de geulrand noch die welke het verband aangeven met de droogvaltijden, zijn betrouwbaar. Dat komt omdat steeds het centrum (ongeveer) van een bank genoteerd is; en dat zal meestal niet de positie vlak naast de laagwaterlijn betreffen. Wat die variabelen aangaat zullen de posities aan de rand van een mosselbank in de dataset ontbreken.

"Dijkema-gegevens", 1968-1976, contourdiagrammen

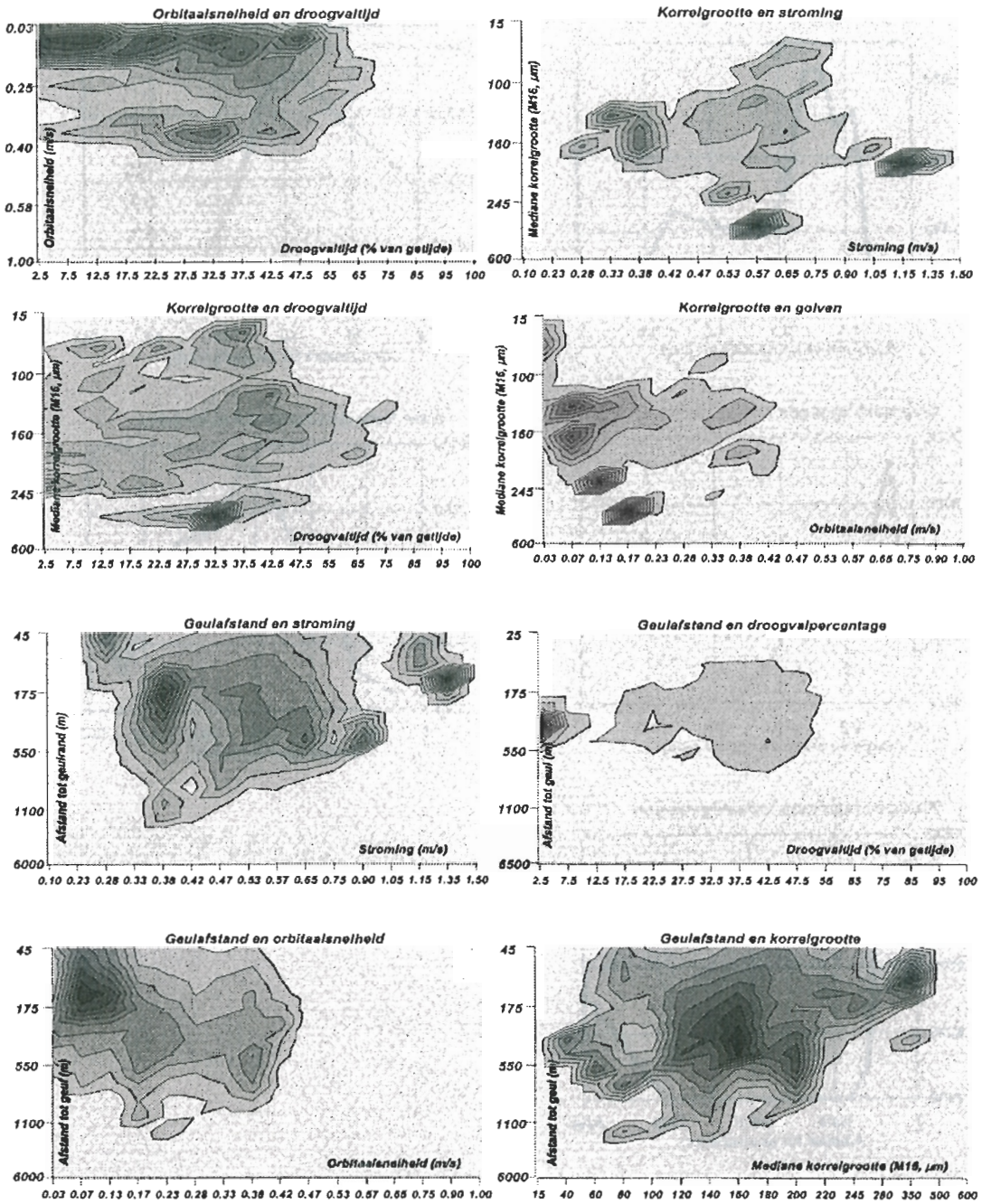
Het relatieve voorkomen van Dijkema-banken (jaren '68+'76) is in de figuren Figuur 37 en Figuur 38 als contourdiagram gegeven. Bij deze gegevens is evenmin als voor de GPS-gegevens onderscheid gemaakt tussen verschillende stabiliteitsklassen. De reden is al in H2 genoemd: door de aard van de gegevens was het nauwelijks te achterhalen hoe lang een bank ergens gelegen had.

Uit de contourdiagrammen valt niet af te leiden dat het combineren van twee variabelen noodzakelijk is bij de analyse.
Omdat het hier oude bank-gegevens betreft, die gecombineerd zijn met relatief nieuwe data wat de omgevingsfactoren aangaat, zullen er lokaal verschillen kunnen bestaan tussen de omstandigheden toen en nu. Het beste voorbeeld is het Rif, ten noorden van de Engelsmanplaat. Indertijd lag daar een mosselbank aan een geul; door verplaatsing van geulen en platen is op diezelfde positie een zandbank ontstaan, die nauwelijks nog onder water verdwijnt. De condities op die plek zijn voor mosselbanken absoluut ongunstig; bij de

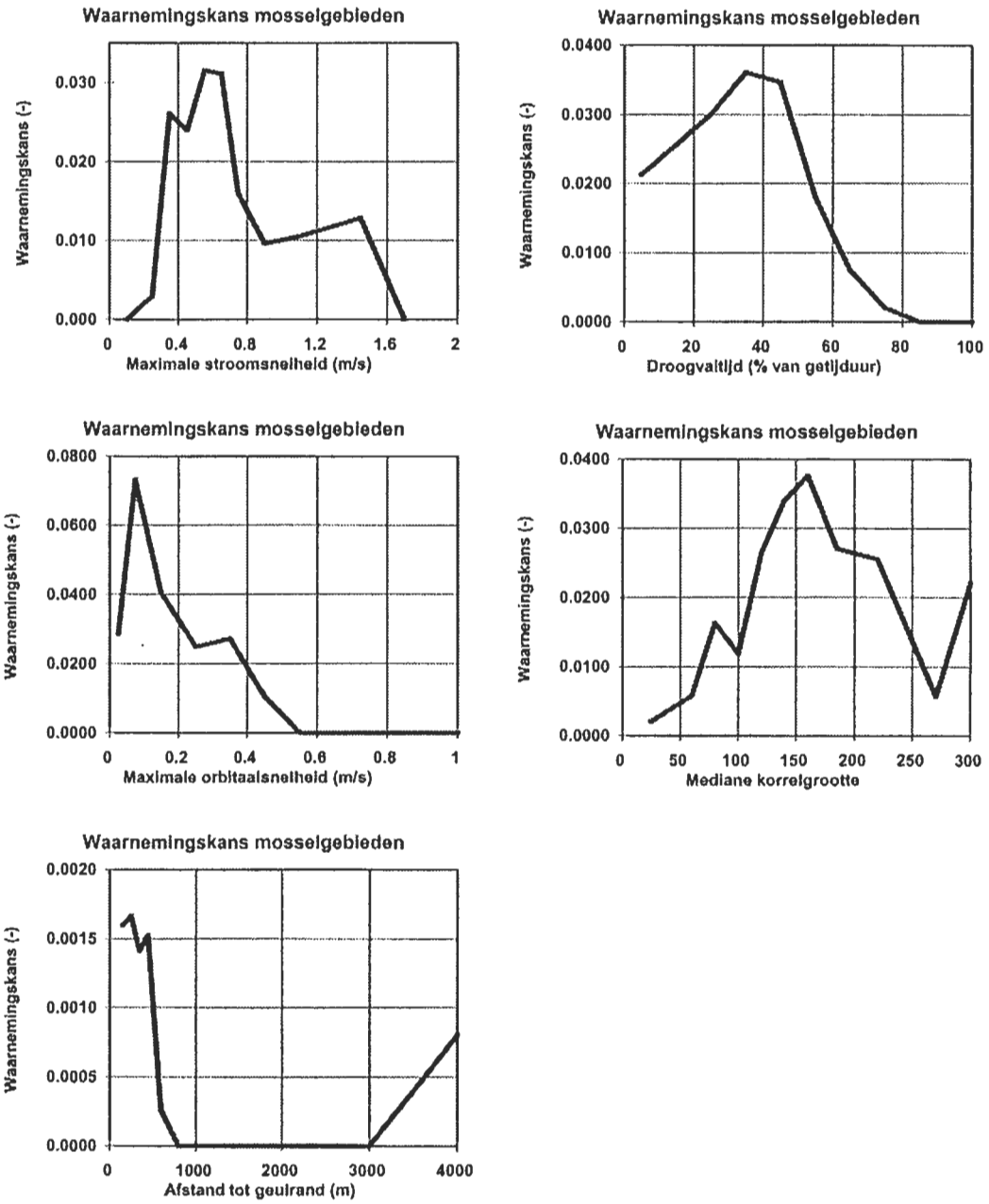


Figuur 37 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg zie Figuur 38

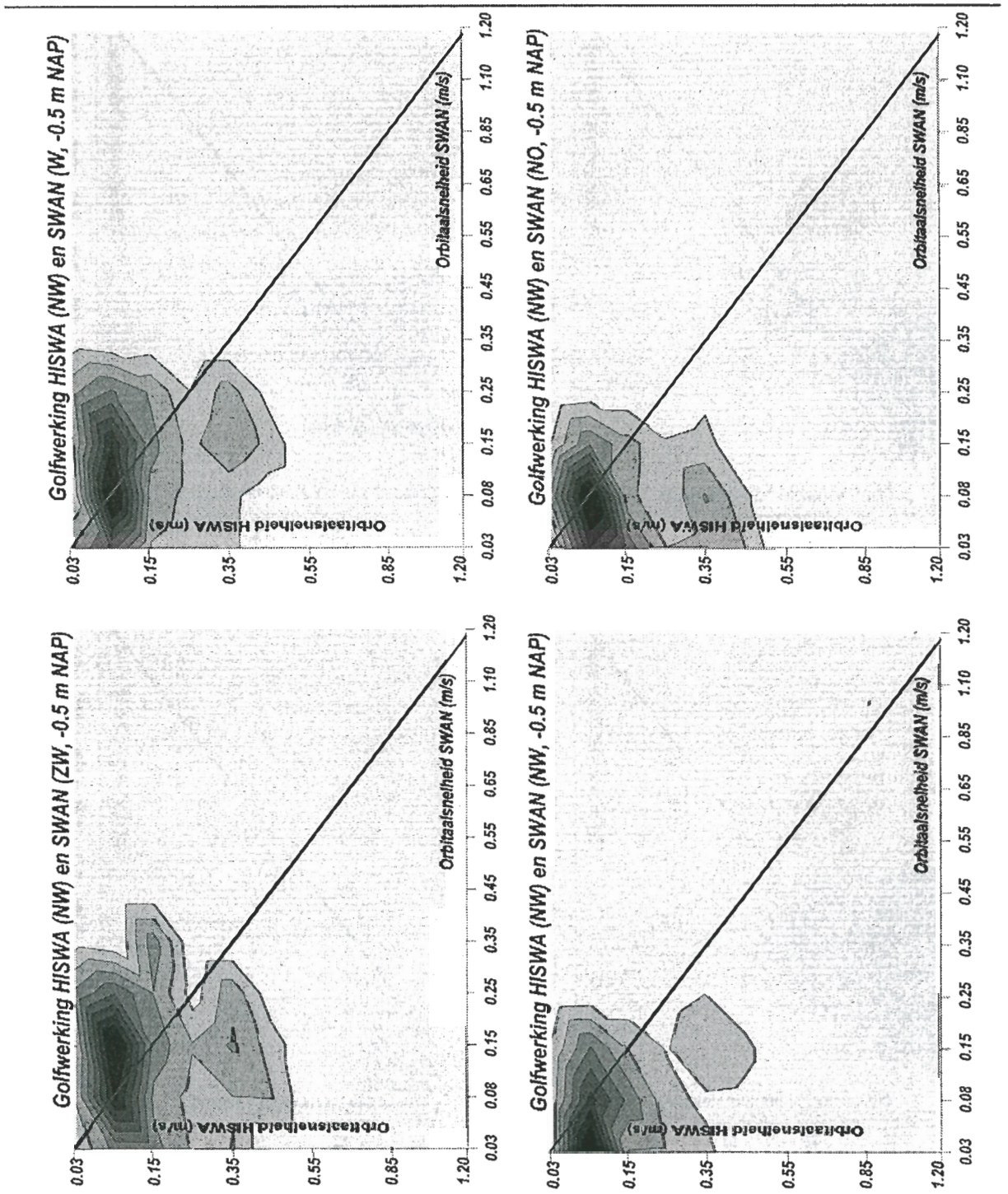
analyse levert dat derhalve ruis op in de beschrijving. Het blijkt dan ook wel (Figuur 37 en Figuur 38) dat de spreiding in kenmerken is bij deze gegevens-set veel groter dan bij de drie andere. Dit wordt ook bevestigd in Figuur 39, waarin het voorkomen van de Dijkema-banken voor elk van de abiotische kenmerken apart gegeven is.
In Figuur 37 , Figuur 38 en Figuur 39 is voor de orbitaalsnelheden van HISWA-rekenresultaten uitgegaan. SWAN-uitkomsten zijn de basis geweest voor Figuur 40 en Figuur 41 (contourdiagrammen) en Figuur 42 (trefkansen als functie van de orbitaalsnelheden bij elke SWAN-windrichting, twee waterniveau's). Juist bij die windrichtingen die afwijken van NW (die geldt voor de HISWA-berekeningen) zijn de karakteristieken anders; vooral de spreiding is groter. Bij +2 m NAP (voor SWAN) worden de Dijkema-banken aangetroffen in gebieden met lage orbitaalsnelheden, dat geldt zowel voor SWAN als voor HISWA. De SWAN-orbitaalsnelheden zijn nog wat lager dan die volgens HISWA. Voor NO- en NW-wind ligt het zwaartepunt juist bij iets hogere SWAN-orbitaalsnelheden; naar de resultaten bij een ZW-wind zijn de SWAN-orbitaalsnelheden



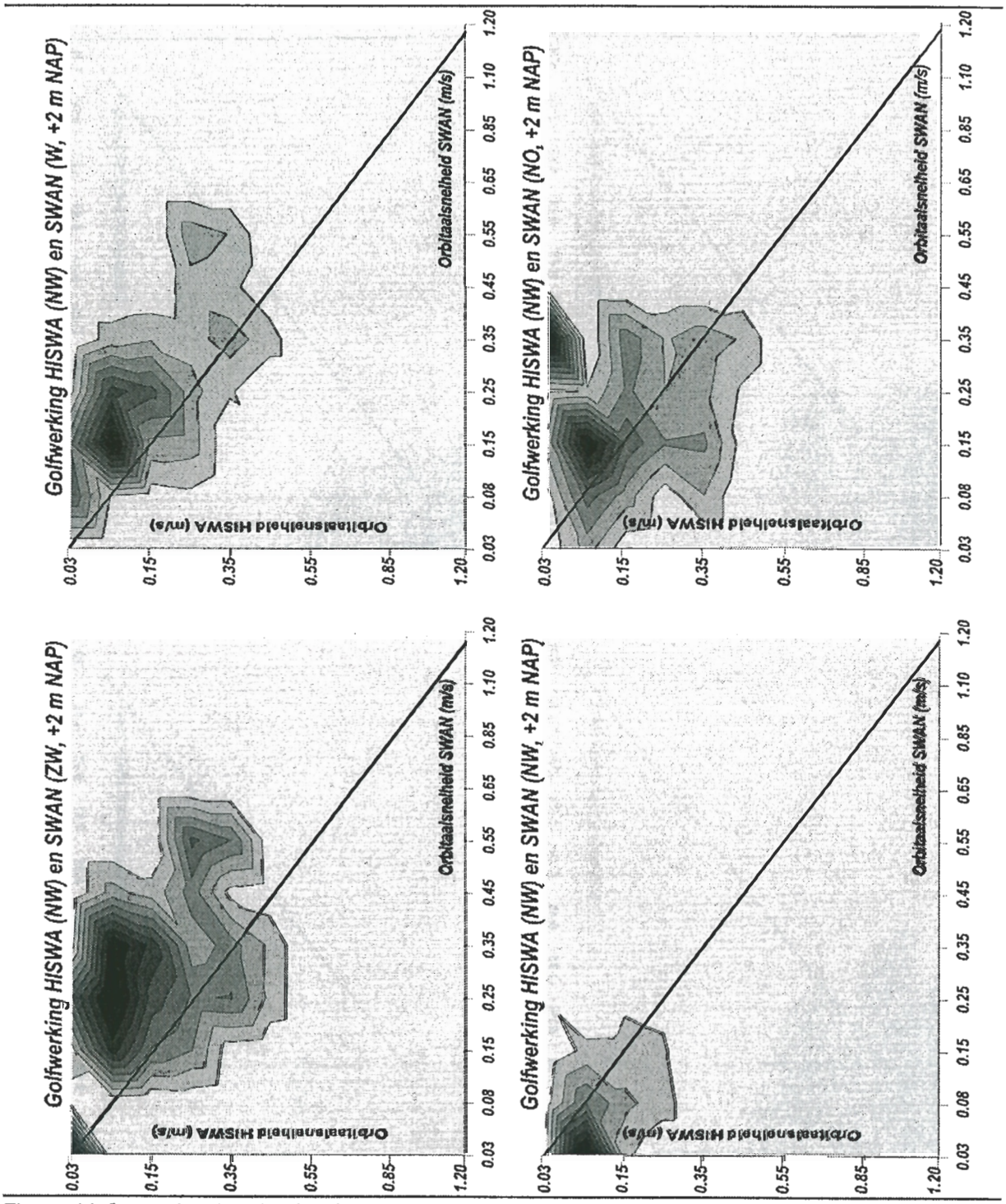
Figuur 38 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. Vervolg van Figuur 37



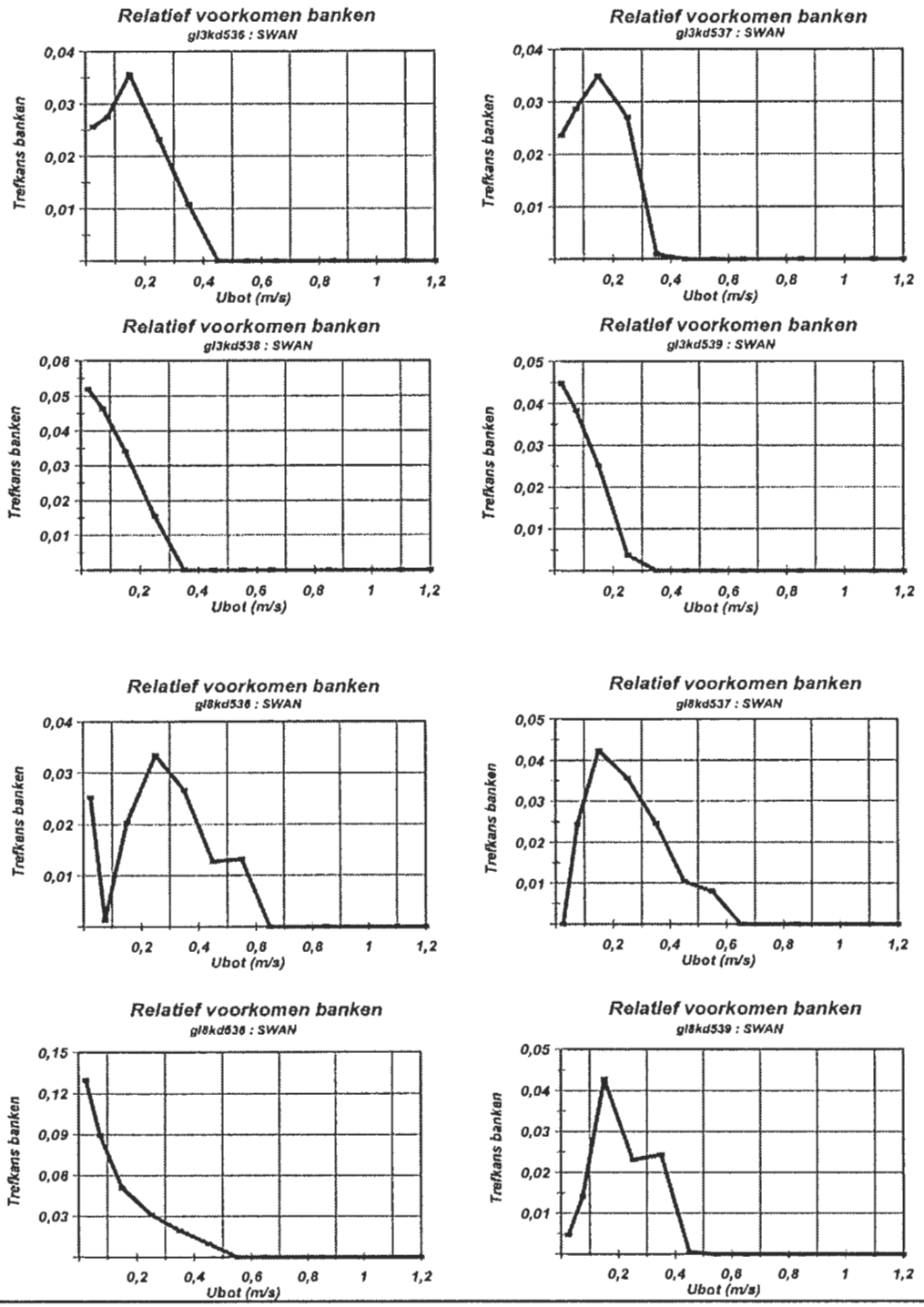
Figuur 39 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee.



Figuur 40 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee, met berekende orbitaalsnelheden volgens SWAN als basis, bij een waterstand van -0.5 m NAP. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. De rechte lijn geeft aan waar de orbitaalsnelheden volgens SWAN= die volgens HISWA



Figuur 41 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee, met berekende orbitaalsnelheden volgens SWAN als basis, bij een waterstand van +2.0 m NAP. Het relatieve voorkomen (zie Figuur 13) is weergegeven. De rechte lijn geeft aan waar de orbitaalsnelheden volgens SWAN= die volgens HISWA



Figuur 42 Omgevingskarakteristieken van "Dijkema"- banken in de Nederlandse Waddenzee: SWAN-orbitaalsnelheden voor vier windrichtingen en twee waterstanden. Gl3 = -0.5 m NAP, gl8= +2 m NAP. RV= RIVO; x36= SWAN-ZW (6); x37 = SWAN- W (7), etc. 8= SWAN-NW, 9= SWAN-NO.

aanzienlijk groter dan de HISWA-waarden. Bij een waterstand van 0.5 m NAP leveren de SWAN-berekeningen ruwweg vergelijkbare orbitaalsnelheden in de gebieden die relatief veel mosselbanken bevatten als de HISWA berekeningen.

RIVO-gegevens 1994-2001 ("Zaad94", "Zaad96", "Zaad99")
Het voorkomen van deze banken is na het overzicht van de RIVO-banken hierboven niet nog eens bekeken. Het RIVO-bestand bestaat uit de banken die uit de zaadval van 1994 en van 1996 zijn voortgekomen. Zoals gezegd heeft een aantal banken een leeftijd van ongeveer 4 jaar bereikt in 1998, en daarmee de stabiliteitsscore 4 (RIVO-4) gekregen. Dit betreft uiteraard alleen banken die in 1994 al ontstaan zijn. Daarnaast heeft de *som* van de zaadbanken van 1994 en 1996 de score 1. RIVO-1 betreft dus twee jaargangen, RIVO-4 maar een. Daardoor is het gebruik van de bestanden Zaad94, Zaad96 en Zaad99 beter; ook hier zijn verschillende stabiliteitsscores aan toegekend al naar gelang de levensduur die uiteindelijk bereikt is.

6 RESULTATEN III: ANALYSE VAN GEGEVENS

6.1 Inleiding

6.1.2 Kaartversies 1 en 2

Volgens de methode aangegeven in §2 zijn de waarden bepaald voor de parameters in de regressievergelijkingen. Hierbij is steeds gekeken naar één grootheid tegelijk. Bewerkt hierbij zijn, zoals in §5 is aangegeven, de sets:
"RIVO-4", "GPS", "Punt-gegevens met stabiliteit 4", en "Dijkema". Steeds is dit gedaan voor de parameters zoals aangegeven in tekstblok 6; in tekstblok 7 is dit nog eens nader toegelicht.

Grootheid	X	X^2	X^4
	a	b	c	d
VWat	■	■		
DVT	■			■
Golf (HISWA)	■			
M16	■	■		
Afstand	■	■		
Afstand *)	■			

6 Parameters voor de regressiemodellen, apart per grootheid (Vwat, DVT, etc.). Voor "Afstand tot geulrand" zijn twee sets gegeven, een waarbij een optimum aangenomen is, en een waarbij de geschiktheid verder van de geulrand vandaan steeds minder wordt (c=0).

Gevallen I, II en III:

$\rho_{Vwat} = \exp(a + b\,Vwat + c\,Vwat^2)$
$\rho_{DVT} = \exp(a + b\,DVT + d\,DVT^4)$
$\rho_{Golf} = \exp(a + b\,Golf + c\,Golf^2)$
$\rho_{M16} = \exp(a + b\,M16 + c\,M16^2)$

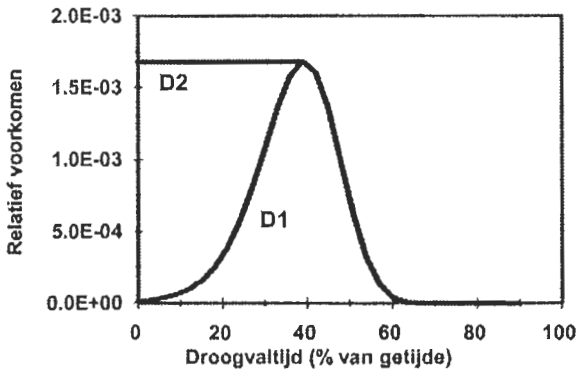
Alleen de beschrijving van de afhankelijkheid van de afstand tot de geulrand is anders per geval:

Geval 0
$\rho_{Afst} = 1$ (dus: afstand niét meegenomen)

Geval 1
$\rho_{Afst} = \exp(a + b\,Afst)$

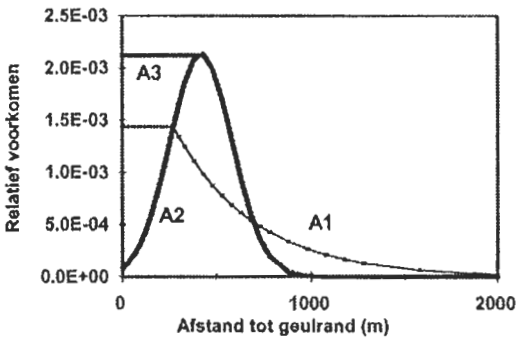
Geval 2
$\rho_{Afst} = \exp(a + b\,Afst + c\,Afst^2)$

7 Beschrijving van de mogelijke gevallen.



Figuur 43 Toelichting bij gevallen D1 en D2

Daarbij is nog een aantal aparte gevallen onderscheiden: de dalende delen van de regressievergelijkingen voor "afstand" en voor "droogvaltijd" (bij kleine afstanden tot de geul, respectievelijk kleine droogvaltijden) zijn vervallen: Figuur 44 en Figuur 43. In dit gebied wordt een maximale trefkans verondersteld. De achterliggende gedachte is dat op basis van "expert-judgement" het niet duidelijk is waaróm dichterbij een geulrand de omstandigheden voor mosselbanken slechter zouden zijn. Dit levert aldus per set gegevens een aantal mogelijkheden, die gecodeerd zijn opdat de uitkomsten herkenbaar blijven (tekstblok 8).



Figuur 44 Toelichting bij gevallen A1, A2 en A3

DVT : tweede orde, zonder plateau	: D1
DVT : tweede orde, met plateau	: D2
Afstand : niet meegenomen	: A0
Afstand : 1e orde, altijd plateau	: A1
Afstand : 2e orde, geen plateau	: A2
Afstand : 2e orde, met plateau	: A3

8 Codering van rekenvarianten

Omdat, zoals in hoofdstuk 2, pag.49, is aangegeven, de regressievergelijkingen voor elke grootheid al dan niet met elkaar vermenigvuldigd worden, is een dusdanige a-waarde gekozen dat de maximale trefkans 1.0 wordt.
Bij de modelconstructie (H7) zijn uiteindelijk modellen gemaakt met 1 variabele als stuurgrootheid, met 2 en met 4 of 5; om resultaat met waarnemingen te vergelijken zijn de trefkansen weer getransformeerd naar echte trefkansen. Dit is in H7 nader toegelicht.

6.1.2 Kaartversie 3

Voor de kaarversies 1 en 2 stonden alleen HISWA-golfberekeningen voor een NW-storm ter beschikking; voor kaartversie 3 is een uitgebreid pallet aan windrichtingen plus waterstanden doorgerekend. Allerlei mogelijkheden zijn hierbij aan de orde geweest: de orbitaalsnelheid bij één waterstand, de maximale orbitaalsnelheid bij alle waterstanden voor elke windrichting apart, de maximale orbitaalsnelheden bij een aantal 'meest belangrijke' waterstanden, gekozen op basis van persoonlijke inschatting van Dankers en Dijkema (beiden Alterra-Texel). Modellen zijn gemaakt met een van deze afgeleide variabelen als enig deelmodel (dat de invloed van de orbitaalsnelheid beschrijft), of als product van deelmodellen. Tenslotte is als afgeleide variabele de maximale orbitaalsnelheid van álle vier windrichtingen samen bij de al genoemde 'meest belangrijke' waterstanden, én de maximale voor álle waterstanden

gebruikt. In tekstblok 17 is een overzicht gegeven, en is de naamgeving uitgelegd.

Bij de HISWA-berekeningen voor de kaartversies 1 en 2 was steeds maar één situatie aan de orde: NW-storm. De berekeningen met SWAN leverden maximale orbitaalsnelheden op voor vier windrichtingen en 8 waterstanden. Hieruit is een selectie gemaakt voor de constructie van deelmodellen, waarbij ook combinaties van windrichtingen aan de orde zijn.
De combinatie uvw wordt gebruikt als code. Deze code wordt verderop (hoofdstuk 7) ook toegepast als het om de benaming van de habitatmodellen gaat (alleen de derde versie). De betekenis van uvw luidt:

uvw de code voor golven
er zijn deelmodellen per windrichting en per waterhoogte. De manier waarop deze gebruikt en/of gecombineerd zijn bepaalt de combinatie uvw

u:
u (1) Wanneer er vier deelmodellen zijn, die ook alle vier benut zijn, dan is de eerste letter een u
s (1) Is 1 enkel deelmodel gebruikt, dan is de eerste letter een s
m (1) Zijn de maximale waarden samengenomen, dan wordt dat nog eens meet een m aangegeven

v
- s zuidwest
- w west
- n noordwest
- o noordoost

w de waterhoogte (volgens de lijst, 1=-1.5 m NAP, ..enz.., 8 = +2 m NAP)

Wordt met een maximale orbitaalsnelheid gerekend, per windrichting,
dan is de derde letter (w) een
- x Er is met een maximale orbitaalsnelheid gerekend voor alle waterstanden
- r Er is met een maximum gerekend voor een beperkt aan waterstanden
- s Er is met een representatieve waterstand gerekend, per windrichting.

Is met maximale orbitaalsnelheid gerekend voor alle windrichtingen samen,
dan is de tweede letter (v) een
- m Er is met een maximale orbitaalsnelheid over alle windrichtingen en alle waterstanden samen gerekend.
  Er zijn 2 of 3 parameters voor alle windrichtingen **samen**
- a Er is met alle windsnelheden apart gerekend (voor elk een representatieve waterstand.
  Er zijn **per** windrichting dus 2 of 3 parameters

Voor de deelmodellen kunnen de modelparameters a, b en c (zie tekstblok 7) alle drie een waarde <>0 hebben.

9 Codering van de berekeningen met de golfdata volgens SWAN

6.2 Kaartversies 1 en 2

6.2.1 RIVO4-gegevens

In tekstblok 10 zijn de gevonden parameterwaarden gegeven, waarbij de parameterwaarden gevonden zijn door met Genstat de waarnemingskansen volgens vergelijking (7) te

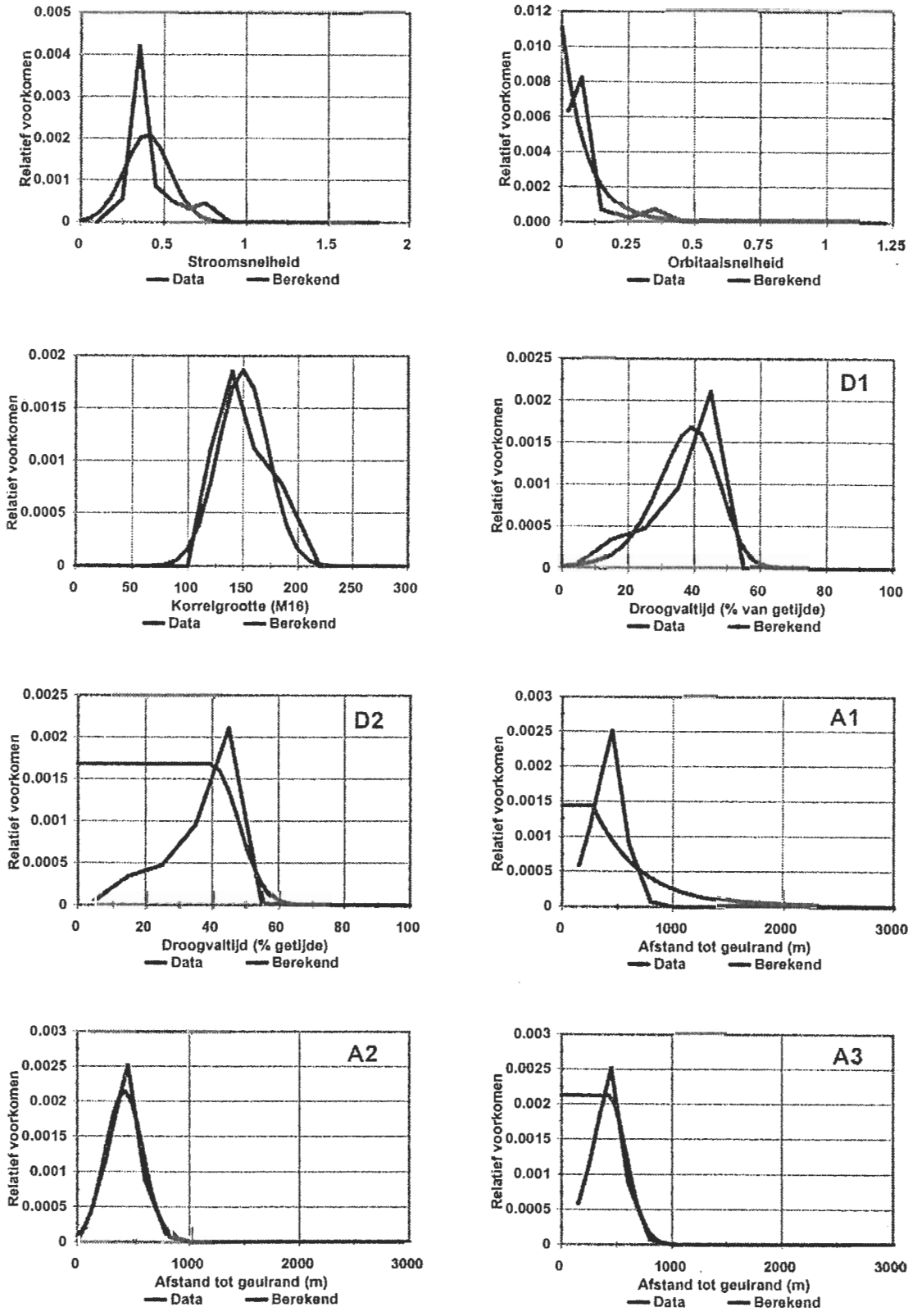
Parameterwaarden voor analyses RIVO-gegevens. Er is niet gewogen voor het aantal waarnemingern. Geval: RVSUM_NW						Eventuele minimum waarde	Gecorrigeerde a"
Parameter		**a**	**b**	**c**	**d**		
VWat		-10.520	21.900	-27.500			-4.360
DVT		-11.080	1.59e-01		-6.55e-07	40	-4.694
Golf (HISWA)		-4.504	-1.12e+01				0.000
M16		-28.380	2.95e-01	-9.86e-04			-22.095
Afstand		-9.340	1.53e-02	-1.83e-05		440	-3.194
						SOM:	-34.343
Alternatief							
Golf"	#	-4.584	-9.21e+00	-6.30e+00			
Afstand"		-5.902	-2.37e-03			270	0.000
Afstand"	#	-6.270		-2.67e-06		270	0.000
Geen afstand						**SOM:**	-31.149

houdt in: niet verder bij de berekeningen betrokken
Gecorrigeerde a" betekent dat met deze waarde voor a de maximum trefkans 1.0 wordt. Dit is gebruikt om te normeren.

10 Parameters voor de regressiemodellen voor RIVO-data ("type-4"), apart per grootheid (Vwat, DVT, etc.). Voor "Afstand tot geulrand" zijn twee sets gegeven, een waarbij een optimum aangenomen is (b#0, c#0), en een waarbij de geschiktheid verder van de geulrand vandaan steeds minder wordt (c=0).

berekenen. Voor de afhankelijkheid van de droogvaltijden bleek het gunstig niet DVT^2, maar DVT^4 te gebruiken.

In 10 zijn de resultaten van de analyse weergegeven. De uitkomsten van de regressieberekeningen, en de waargenomen trefkansen, zijn in Figuur 45 weergegeven. Hierin staan ook de coderingen (D1, D2, A1..A3) vermeld. Blijkbaar komen de RIVO-mosselbanken met name voor in gebieden die een geringe invloed van golven ondervinden. De overige verbanden tonen alle een maximumfunctie. Blijkbaar is een erg lage maximale stroomsnelheid niet gunstig, evenmin als een plaats dicht bij de geulrand.



Figuur 45 Berekende en gemeten frequentieverdelingen van mosselbankwaarnemingen. Monitoringgegevens van RIVO ("type 4") in jaren 90. D1, D2, A1..A3 geven verschillende mogelijke verbanden aan die gebruikt zijn om habitatkaarten te maken. Geval A0: er wordt niet met de afstand tot de geulrand rekening gehouden. Vloeiende lijnen: model.

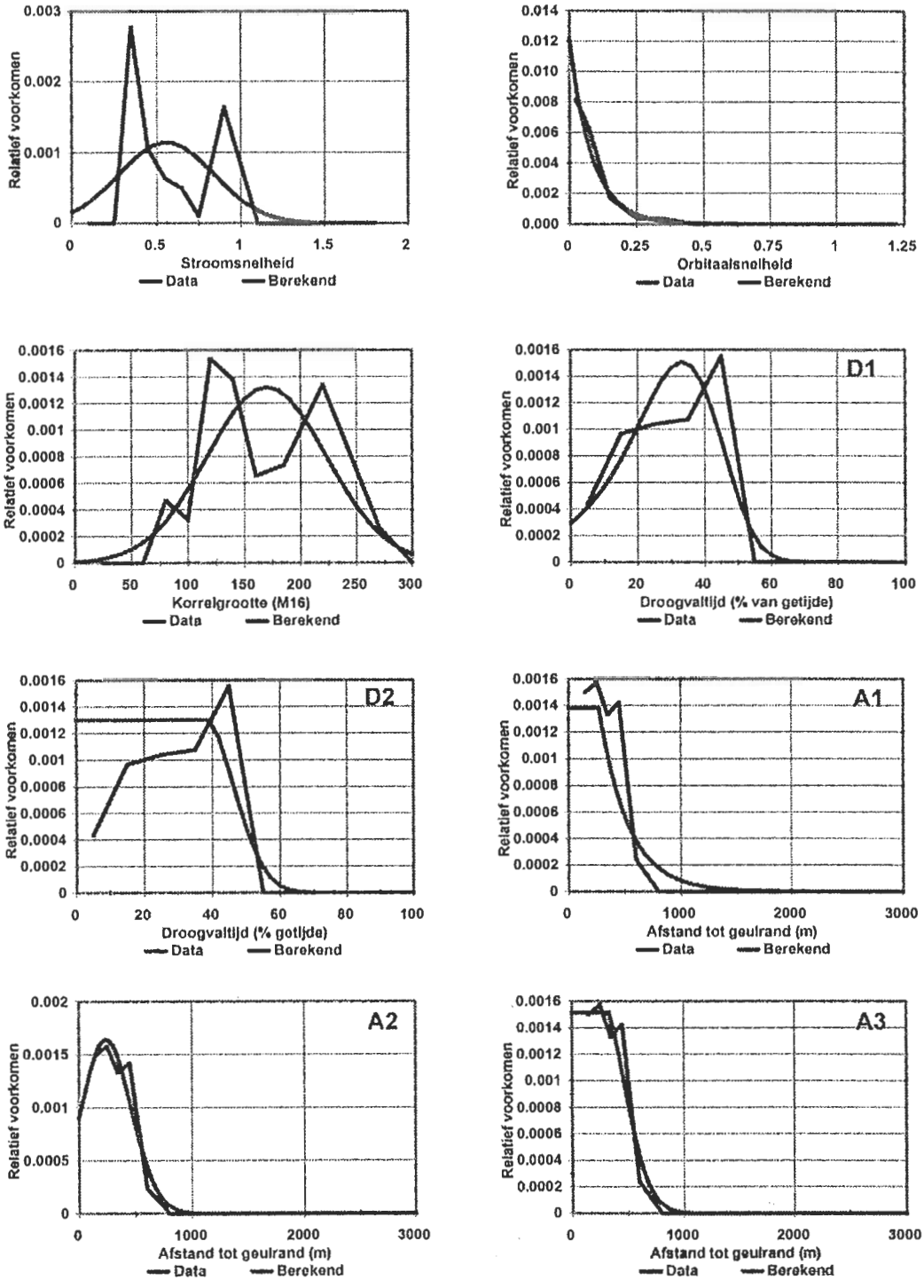
6.2.2 GPS-gegevens

In tekstblok 11 zijn de gevonden parameterwaarden gegeven.
Met behulp van deze parameterwaarden zijn de modelconstructies uitgevoerd, zie H7. De a-waarde kan dusdanig aangepast worden dat de maximale trefkans 1.0 wordt. Dit is in tekstblok 11 ook weergegeven. De uitkomsten van de regressieberekeningen, en de waargenomen trefkansen, zijn in Figuur 46 weergegeven. Hierin staan ook de coderingen (D1, D2, A1..A3) vermeld.

Parameterwaarden voor analyses GPS-gegevens. Er is niet gewogen voor het aantal waarnemingern. Geval: GPSUM_NW						Eventuele minimum waarde	Gecorri-geerde a"
Parameters		**a**	**b**	**c**	**d**		
VWat		-8,79e+00	7,22e+00	-6,46e+00			-2,017
DVT		-8,12e+00	6,50e-02		-4,00e-03	40	-1,625
Golf		-4,40e+00	-1,21e+01				0,000
M16		-1,18e+01	6,05e-02	-1,78e-04			-5,141
Afstand		-7,01e+00	4,97e-03	-1,03e-05		330	-0,602
						SOM:	-9,385
Alternatief							
Golf"	#	-4,49e+00	-9,80e+00	-7,92e+00			-3,032
Afstand"	#	-5,54e+00	-3,87e-03			270	0,000
Afstand"	#	-6,13e+00		-4,90e-06		270	0,000
Geen afstand						SOM	-6,783

houdt in: niet verder bij de berekeningen betrokken
Gecorrigeerde a" betekent dat met deze waarde voor a de maximum trefkans 1.0 wordt. Dit is gebruikt om te normeren.

11 Parameters voor de regressiemodellen voor GPS-data, apart per grootheid (Vwat, DVT, etc.)



Figuur 46 Berekende en gemeten frequentieverdelingen van mosselbankwaarnemingen. GPS-gegevens van IBN in jaren 90. D1, D2, A1..A3 geven verschillende mogelijke verbanden aan die gebruikt zijn om habitatkaarten te maken. Geval A0: er wordt niet met de afstand tot de geulrand rekening gehouden. Vloeiende lijnen: model.

6.2.3 Punt-gegevens

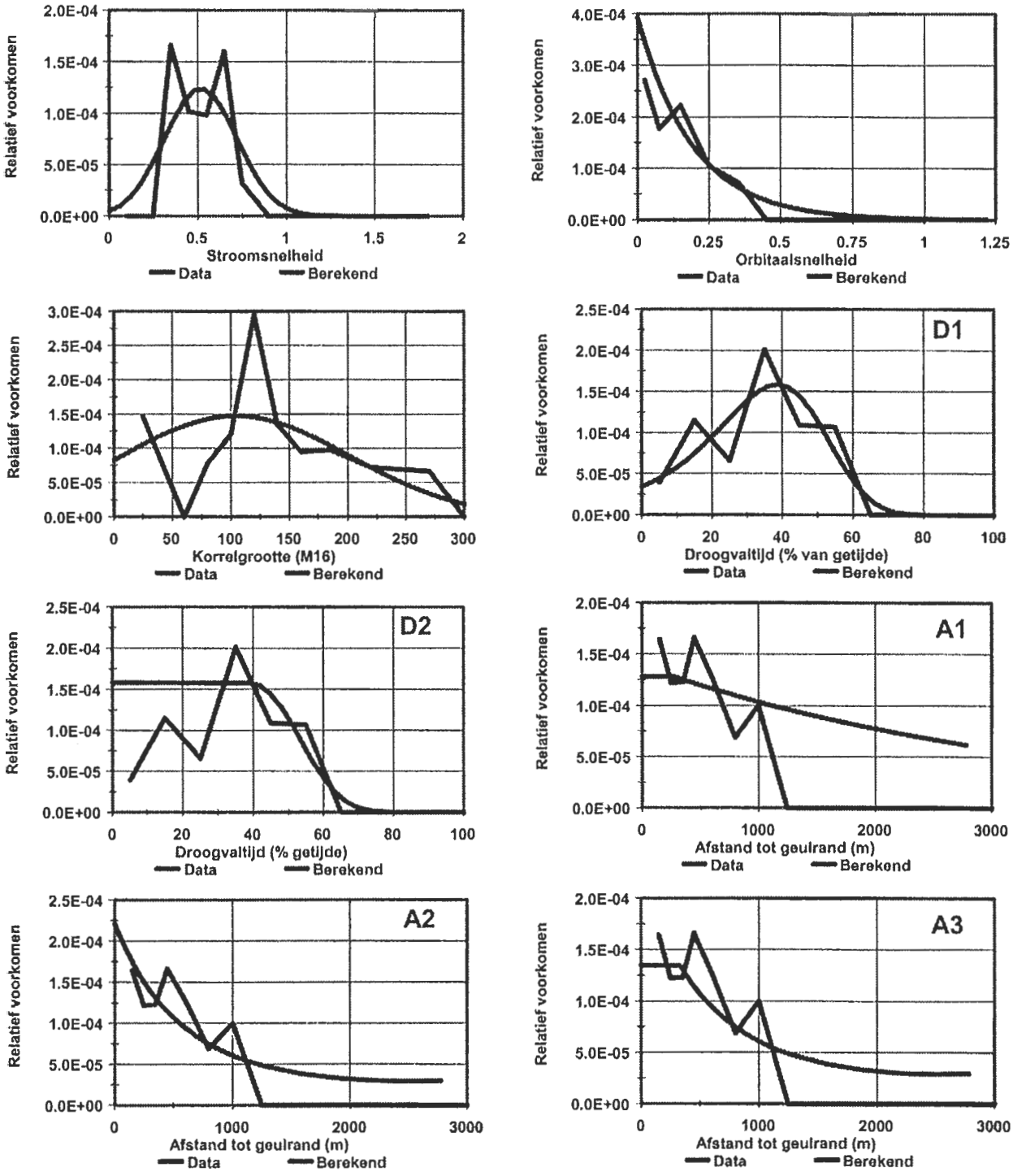
In tekstblok 12 zijn de gevonden parameterwaarden gegeven. Met behulp van deze parameterwaarden zijn de modelconstructies uitgevoerd, zie H7. De a-waarde kan dusdanig aangepast worden dat de maximale trefkans 1.0 wordt.
Dit is in tekstblok 12 ook weergegeven. De uitkomsten van de regressieberekeningen, en de waargenomen trefkansen, zijn in Figuur 47 weergegeven. Hierin staan ook de coderingen (D1, D2, A1..A3) vermeld.

Parameterwaarden voor analyses mosselpunt-gegevens. Er is gewogen voor het aantal waarnemingern. Geval: MPSUM_W						Eventuele minimum waarde	Gecorrigeerde a"
Parameter		**a**	**b**	**c**	**d**		
VWat		-1.22e+01	1.24e+01	-1.20e+01			-3.206
DVT		-1.03e+01	5.31e-02		-2.30e-07	40	-1.539
Golf		-7.84e+00	-5.22e+00				0.000
M16		-9.40e+00	1.11e-02	-5.33e-05			-0.578
Afstand	#	-8.42e+00	-1.61e-03	3.19e-07		330	2.026
						SOM:	-3.297
Alternatief							
Golf"	#	-8.32e+00	3.00e-01	-1.27e+01			
Afstand"		-8.88e+00	-2.91e-04			270	0.000
Afstand"		-9.03e+00		-5.20e-08		270	0.000
Geen afstand						SOM:	-5.323

Merk op dat voor deze gegevens-set de 'gewone' afstands-parameters niet gebruikt zijn omdat hierbij de c-waarde positief is. Dit zou voor grote afstanden eigenaardige uitkomsten opleveren. Daarom is de andere combinatie (a,c), b=0, gebruikt voor geval A2 en A3

houdt in: niet verder bij de berekeningen betrokken
Gecorrigeerde a" betekent dat met deze waarde voor a de maximum trefkans 1.0 wordt. Dit is gebruikt om te normeren.

12 Parameters voor de regressiemodellen, apart per grootheid (Vwat, DVT, etc.).



Figuur 47 Berekende en gemeten frequentieverdelingen van mosselbankwaarnemingen. Puntgegevens (MP-data) van RIN in jaren 80. D1, D2, A1..A3 geven verschillende mogelijke verbanden aan die gebruikt zijn om habitatkaarten te maken. Geval A0: er wordt niet met de afstand tot de geulrand rekening gehouden. Vloeiende lijnen: model

6.2.4 Dijkema-gegevens

In tekstblok 13 zijn de gevonden parameterwaarden gegeven.

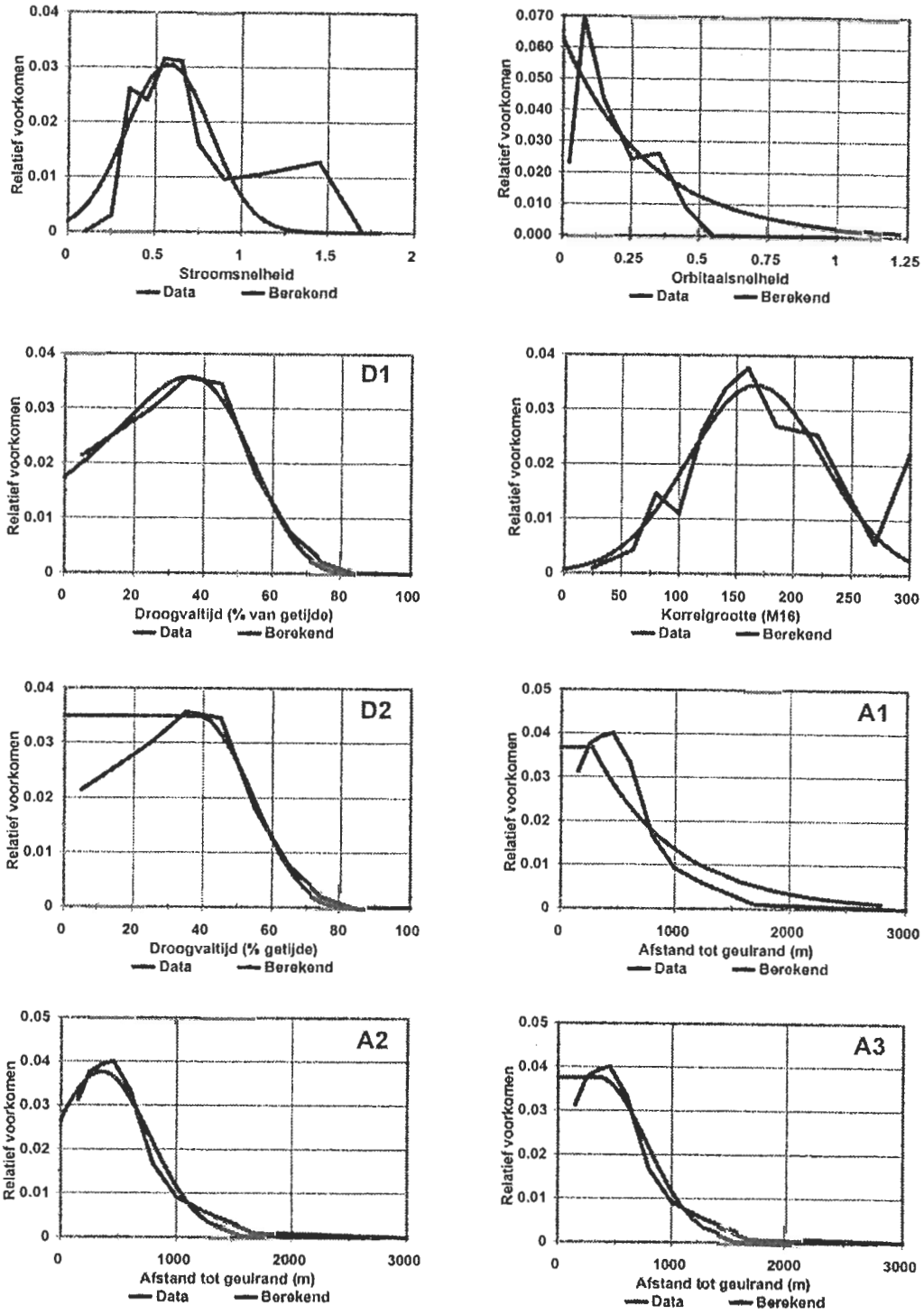
De uitkomsten van de regressieberekeningen, en de waargenomen trefkansen, zijn in Figuur 48 weergegeven. Hierin staan ook de coderingen (D1, D2, A1..A3) vermeld.

Parameterwaarden voor analyses Dijkema-gegevens. Er is gewogen voor het aantal waarnemingern. Geval: KDSUM_W						Eventuele minimum waarde	Gecorri-geerde a"
Parameters		**a**	**b**	**c**	**d**		
VWat		-6.29e+00	9.77e+00	-8.51e+00			-2.804
DVT		-4.05e+00	2.70e-02		-1.50e-07	40	-0.719
Golf		-2.77e+00	-3.18e+00				0.000
M16		-7.39e+00	4.83e-02	-1.45e-04			-4.028
Afstand		-3.63e+00	1.97e-03	-2.81e-06		330	-0.346
						SOM:	-7.897
Alternatief							
Golf"	#	-3.07e+00	-2.90e-01	-5.85e+00			-0.004
Afstand"	#	-2.94e+00	-1.37e-03			270	0.000
Afstand"	#	-3.20e+00		-1.17e-06		270	0.000
Geen afstand						**SOM:**	-7.551

houdt in: niet verder bij de berekeningen betrokken

Gecorrigeerde a" betekent dat met deze waarde voor a de maximum trefkans 1.0 wordt. Dit is gebruikt om te normeren.

13 Parameters voor de regressiemodellen, apart per grootheid (Vwat, DVT, etc.). Voor "Afstand tot geulrand" zijn twee sets gegeven, een waarbij een optimum aangenomen is, en een waarbij de geschiktheid verder van de geulrand vandaan steeds minder wordt (c=0).



Figuur 48 Berekende en gemeten frequentieverdelingen van mosselbankwaarnemingen. Gegevens verzameld door Dijkema uit jaren 60-70. D1, D2, A1..A3 geven verschillende mogelijke verbanden aan die gebruikt zijn om habitatkaarten te maken. Geval A0: er wordt niet met de afstand tot de geulrand rekening gehouden. Vleoiende lijnen: model

6.2.5 Overzicht

Algemeen

De regressies tonen twee beelden. De Dijkema (KD)- en de RIN (MP)-data vertonen min of meer overeenkomstige karakteristieken, en hetzelfde geldt voor de GPS- en de RIVO-4 data. Het laatste is ook enigszins te verwachten, omdat het opnames uit dezelfde periode van ongeveer dezelfde banken betreft. De RIN-data stammen evenwel uit de jaren '80, de Dijkema-data uit de jaren '70; daarnaast hebben de RIN-data betrekking op alleen geschatte locaties van de banken, zonder dat contouren beschikbaar waren. Blijkbaar bevinden de RIN-banken zich op dezelfde dan wel op vergelijkbare locaties als de Dijkema-banken.
De analyses op de Dijkema-data wordt verstoord door het tijdverschil tussen de biotische en de abiotische opnames wat uiteindelijk tot een breder verspreidingspatroon leidt dan strikt genomen realiteit is geweest: banken lijken te liggen op plekken waar ze beslist niet voor kunnen komen, en op plekken waar ze voor hádden kunnen komen ligt niets. De Gauss-krommen uit Figuur 48 zijn vlakker dan ze behoren te zijn.
Uit al de regressieresultaten komt naar voren dat een geringe golfwerking gunstig lijkt te zijn voor het voorkomen van banken, maar dat een al te lage maximale stroomsnelheid dat niet is. Gezien de geringe data-afhankelijkheid wordt dat niét veroorzaakt doordat een lage maximale stroomsnelheid samenvalt met een hoge droogvaltijd. Een droogvaltijd groter dan 50% van de tijd is eveneens ongunstig; een conclusie die algemeen gevonden wordt voor *Mytilus edulis* (McCrorty et al,1993). Ook is een geringe droogvaltijd (de locaties vlak aan de waterrand) niet gunstig; voor RIVO-4 banken is de trefkans aan de waterrand erg laag, voor GPS- en Dijkemabanken is ze iets minder laag. Omdat de RIN-data alleen min of meer centra van banken voorstellen is te verwachten dat een dergelijke dataset een lage trefkans aan de waterrand zal opleveren: daar zal het centrum normaliter niet gelegd worden.
De voorkeur voor mediane korrelgroottes is in alle gevallen 150 (RIVO-4) - 180 (GPS, Dijkema) µm, een waarde die iets lager is dan het gemiddelde van de Waddenzee zelf (ongeveer 190 µm). De afstand tot de geulrand is niet groter dan 800 m (RIVO-4, GPS) tot 1200 m (Dijkema, RIN).

Als de verschillende parametersets met elkaar vergeleken worden (tabellen 10, 11, 12 en 13) valt op dat de individuele parameterwaarden fors van elkaar kunnen verschillen. De vorm van de krommen (Figuur 45, Figuur 46, Figuur 47 en Figuur 48) verschilt evenwel veel minder, iets wat vaker waargenomen kan worden: de afzonderlijke parameterwaarden zijn minder betrouwbaar dan het gezamenlijke resultaat. Aan de gevonden parameters kan niet (althans niet eenvoudig) een fysische of biologische betekenis worden toegekend.
In het algemeen zijn de uitkomsten voor RIVO4 en GPS het meest 'duidelijk': er wordt een relatief heldere voorkeursomgeving gevonden. De uitkomsten voor de RIN (MP)-gegevens zijn wat dat betreft wat minder specifiek; dit is ook te verwachten omdat a) het aantal gegevens klein was (totaal 54 punten), en b) de positionering van de punten globaal gebeurde ("ongeveer in het midden van de bank"). De uitkomsten voor de Dijkema-gegevens is eveneens minder specifiek, maar dat is in ieder geval ten dele te wijten aan de deviantie tussen opnamemoment van de banken en dat van de abiotische gegevens: de banken krijgen af en toe minder juiste, of zelfs geheel onjuiste kenmerken toebedeeld. Dit veroorzaakt (een deel van) de vrij grote spreiding.

Stroomsnelheid
Voor de RIVO4-data volgt een maximum trefkans bij een stroomsnelheid van 0.4 m s^{-1}, voor de punt-gegevens van 0.5 m s^{-1}, voor de Dijkema- en de GPS-gegevens van 0.55- 0.6 m s^{-1}. Alle vier sets resulteren in een slechte verwachting bij een erg lage stroomsnelheid, en eveneens bij een stroomsnelheid hoger dan 1 m s^{-1} (RIVO4: 0.7 m s^{-1}).
De uitkomsten betekenen dat dié gebieden die, onder de omstandigheden waarvoor de berekeningen gelden, een maximale stroomsnelheid van ongeveer 0.5 m s^{-1} hadden, het meest gunstig lijken te zijn voor mosselbanken. Het wil dus niét zeggen dat 0.5 m s^{-1} voor mosselen de optimale stroomsnelheid is.

Golfwerking
Alle vier data-sets lijken aan te geven dat een sterke golfwerking niet door mosselen wordt geprefereerd. Ofwel: de golfluwte lijkt het meest geschikt. Ook hier kan niét gezegd worden dat mosselen boven een maximale orbitaalsnelheid van 0.5 m s^{-1} niet voorkomen; alleen op dié plekken die bij de huidige berekening dergelijk hoge orbitaalsnelheden hebben blijken weinig mosselbanken voor te komen.
Daarbij moet bedacht worden komt ook nog dat de maximale orbitaalsnelheden maar voor één windrichting berekend is.

Korrelgrootte
Omdat korrelgrootte een grootheid is die niet van dag tot dag verandert, maar zelfs als een soort resultante van allerlei fysische effecten op het bodemmateriaal beschouwd kan worden, mag een wat grotere absolute betekenis aan het resultaat worden toegekend. Dijkema- en GPS-gegevens tonen beide een maximum bij een M_{16}=170, RIVO4 bij M_{16}= 150, en Punt-gegevens bij M_{16}=100. Maar deze laatste uitkomst is vaag, zie Figuur 47. De RIVO4-data tonen veruit de meest nauwe band rond het gemiddelde.

Droogvaltijden
De Dijkema-data tonen de meeste spreiding. Het al eerder genoemde verschil tussen de positie indertijd, en de opnames van karakteristieken van deze tijd is daarbij zeker van invloed. Zo bevinden enkele banken uit het Dijkema-bestanden zich op plekken die tegenwoordig nauwelijks meer onder water komen te staan. Maar er blijkt boven 40% droogvaltijd toch een forse afname in geschiktheid te ontstaan, wat door de drie overige sets bevestigd wordt.
Waar minder duidelijkheid over bestaat is de afname van geschiktheid bij kortere droogvaltijden. De idee is dat een hoge droogvaltijd betekent dat de mossel minder tijd heeft om voedsel uit het water te filtreren, en daarom bij hoge droogvaltijden geen levenskansen meer heeft. Maar bij lage droogvaltijden gaat deze redenering niet op. Nu is bij de RIVO4-dataset deze trefkansafname het meest in het oog springend, maar de overige drie sets tonen dezelfde trend, zij het in iets mindere mate. Wij zijn er niet zeker van of meeteigenaardigheden uit te sluiten zijn; een reden om geval D2 (tekstblok 8) aan de verificatietest toe te voegen.

Afstand tot de geulrand
De afstand tot de geulrand is een karakteristiek die deels met de droogvaltijd verbonden is; dit is in Figuur 24 ook getoond, al is de spreiding groot. Daarom is in ieder geval bij de verificatie ook het geval meegenomen dat deze karakteristiek verwaarloosd is (geval A0).

Wordt naar de resultaten gekeken, dan valt op dat mosselbanken bij GPS, RIVO4 en Punt-gegevens niet voorkomen verder dan 1000 m verwijderd van de geulrand. De Dijkema-data tonen iets meer spreiding wat dat betreft (de grens ligt globaal bij 1500 m), maar het beeld is niet wezenlijk anders. De RIVO-data tonen een duidelijke afname van trefkans dichtbij de geulrand, maar bij GPS en Punt-gegevens ontbreekt een dergelijke afname. De Dijkema-data tonen een lichte teruggang in trefkans. RIVO4- en GPS-gegevens tonen een vrij abrupte overgang tussen goede trefkans en lage trefkans; wat met de tweede-orde vergelijkingen goed is weer te geven. De idee bestaat evenwel dat deze overgang wel eens erg abrupt zou kunnen zijn, en daarom is een eerste orde afname ook gekalibreerd (geval A1). Dit levert een wat geleidelijker afname van trefkans met stijgende afstand op. Hierbij is altijd een plateau aangehouden, omdat anders de trefkans bij kleine afstand erg groot zou worden ten opzichte van die bij bijvoorbeeld 500 m, iets wat door de waarnemingen ook in het geheel niet gestaafd wordt. De tweede-orde vergelijkingen zijn zonder (A2) en mét plateau (A3) gebruikt bij de modelconstructie (hoofdstuk 7).

Slot

Gezien de uitkomsten van deze analyse is in de volgende extra analyses, die betrekking hebben op de golfwerking bij andere windrichtingen dan NW alleen, alleen naar RIVO en naar Dijkema-data gekeken.

6.3 Kaartversie 3

6.3.1 Algemeen

Omdat voor de derde versie van de habitatkaart alleen de golfwerking nader is berekend, zijn de analyseresultaten wat betreft korrelgrootte, droogvaltijden, afstand tot de geulrand en maximale stroomsnelheid niet veranderd. Ook zijn de analyses beperkt tot de RIVO-4 data en de Dijkema-data. De modellenlijst (zie tekstblok 17) is evenwel uitgebreid vanwege het ruime aantal deelmodellen en combinatiemogelijkheden. Totaal zijn er 41 verschillende combinaties van golfdata verwerkt.

Omdat de analyses met de (nieuwe) data over Zaadbanken (Zaad94, Zaad96) niet tot een model geleid hebben, zijn die hier verder niet in de bespreking opgenomen. Omdat uiteindelijk ook niet gekozen is voor een model op basis van de RIVO (RV)-data, zijn die hier

Uitgevoerde analyses.
Gekeken is welke verbanden er te vinden zijn tussen het voorkomen van RIVO-4 banken (RV), Zaad94 (f4), Zaad96 (f6) banken en Dijkema (KD)-banken en de verschillende SWAN-golfdata (6= W, 7= W, 8= NW, 9=NO wind), bij een aantal waterhoogtes (l=1 : -1.5 m NAP, ... , l=8: + 2m NAP). Deze coderingen zijn conform die uit tabel ....
De orbitaalsnelheden zijn soms die bij 1 waterhoogte, soms zijn 3 waterhoogtes gecombineerd (mr-data: die bij +1, .., +2 m NAP), soms is het maximum van alle waterstanden genomen (mx-data), en eenmaal is het maximum van alle windrichtingen en waterstanden tegelijk genomen
Voorbeeld: An6f4539 : waterstand 6, biota-data f4. De '5' geeft aan dat er 10 verschillende categorieën (klassen) onderscheiden worden), de 3 geeft aan dat ook de HISWA-golfdata zijn meegenomen. De 9 geeft de windrichting aan. In geval van alle windrichtingen samen is deze door 'a' vervangen.

14 Toelichting bij naam van de uitgevoerde analyses

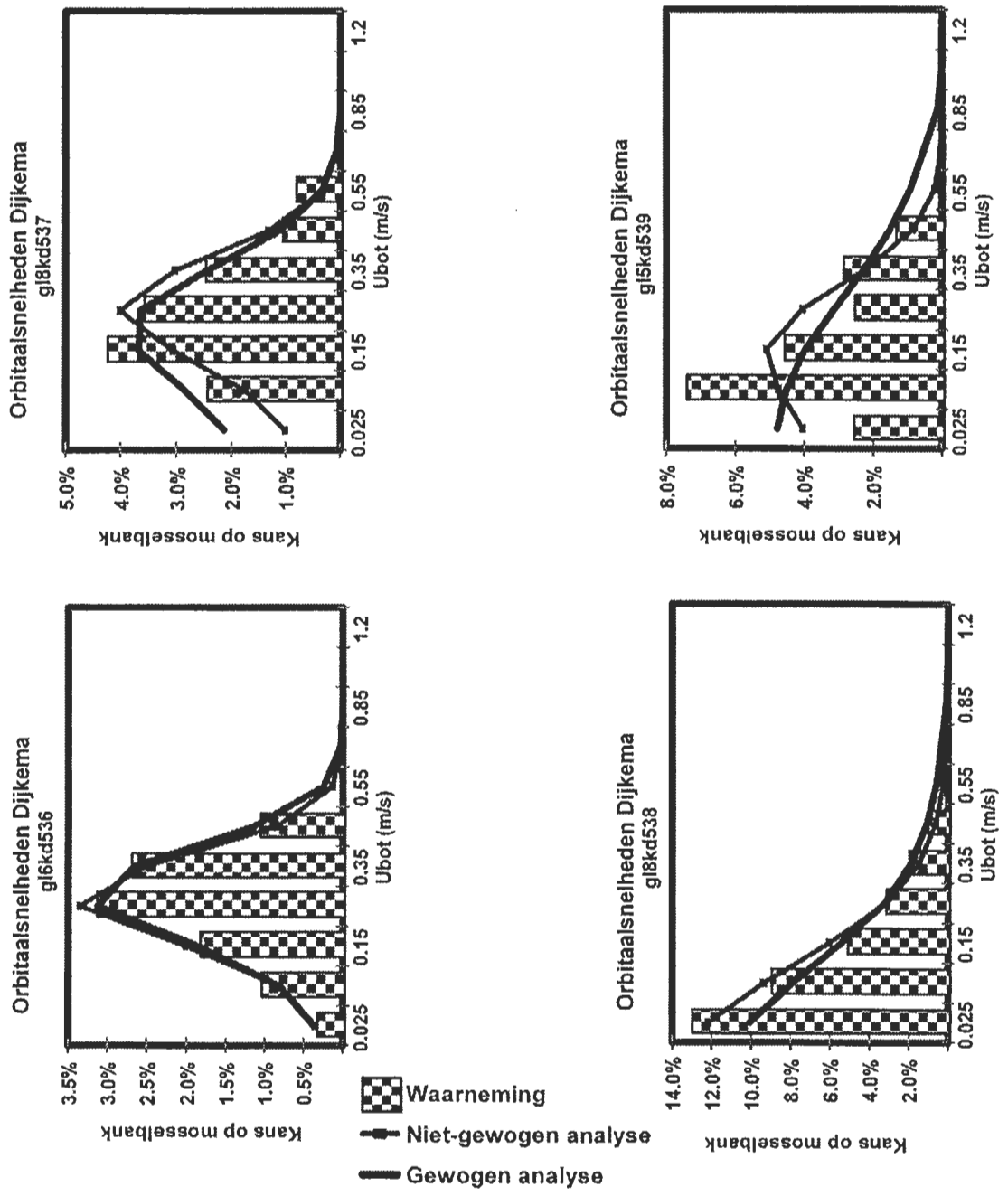
maar beperkt besproken.
NB: in de volgende analyses en figuren wordt steeds gesproken over een 3-parameter deelmodel (kans=exp(a+b*Ubot+c*Ubot^2). In een enkel geval is ook een twee-parametermodel aan de orde geweest bij de analyse (b dan wel c=0), maar die opties worden hier niet besproken omdat ze in vrijwel geen enkel geval resultaat hebben opgeleverd.
In de volgende figuren is steeds sprake van een gewogen en van een niet-gewogen analyse. Bij de eerste worden alle waarnemingen een zwaar meegeteld; bij de laatste heeft elke waarnemingen een gewicht meegekregen ter grootte van het aantal gridcellen waarop de waarneming gebaseerd is.
In tekstblok 15 zijn de uiteindelijk gebruikte parameters samengevat.

6.3.2 Analyses voor afzonderlijke waterstanden

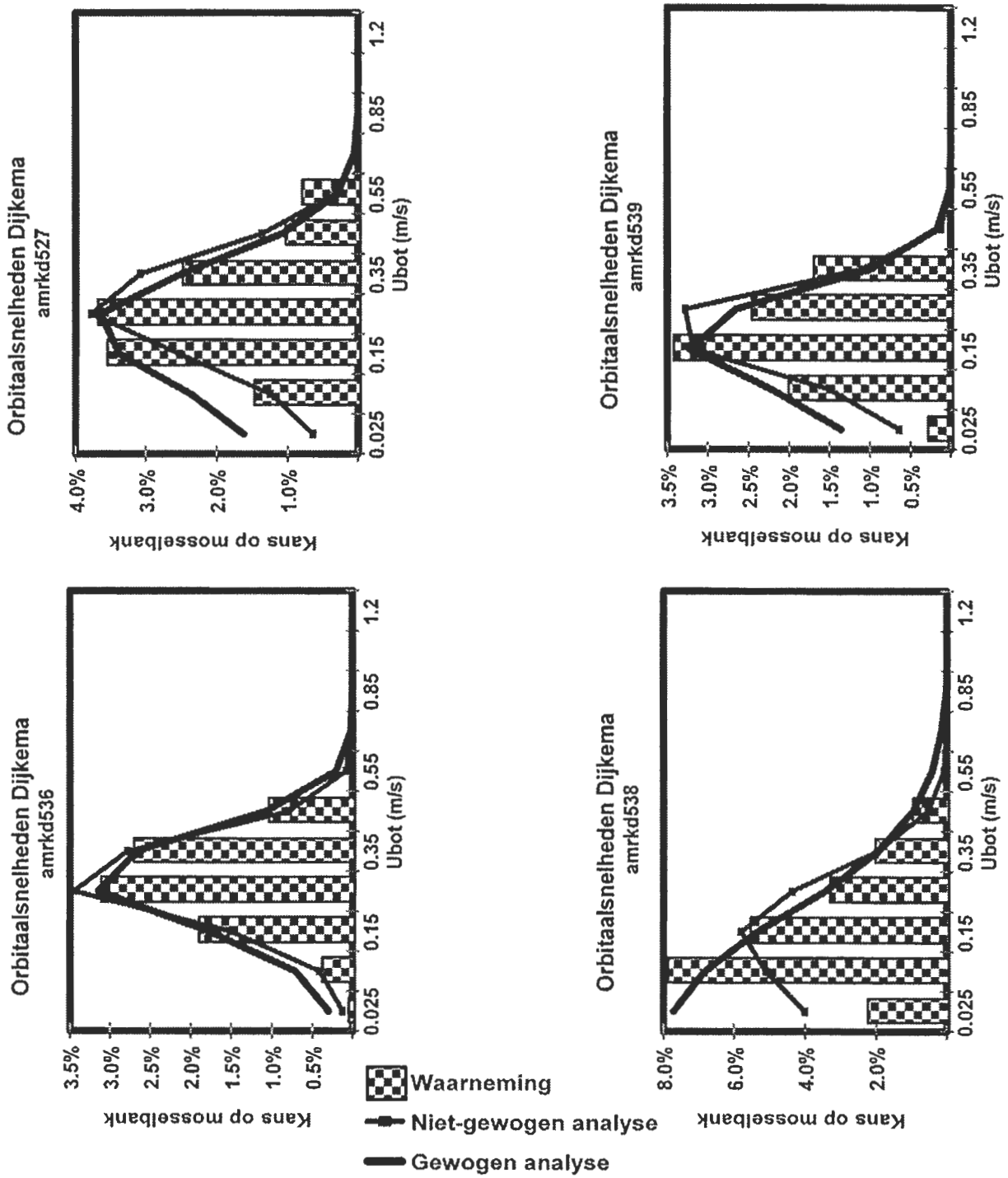
Een viertal waterstanden is als 'representatief' gekozen voor elk van de vier windrichtngen: ZW: +1 m NAP, W en NW: +2 m NAP, en NO: +0.5 m NAP (n SWAN-hoogtecode . 6, 8, 8 resp. 5). In Figuur 49 is aangegeven hoe de trefkans op mosselbanken (Dijkema-banken) verdeeld is over de 11 onderscheiden trajecten, en welke modelberekening daar het best bij past.
De trefkansen bij NO en bij ZW-wind zijn in het algemeen lager dan die bij W en NW-wind, omdat door de lagere waterstand bij de eerste twee gevallen er minder litoraal gebied meedoet bij de mosselbankenscore. Voor de dan nog droogliggende delen is geen orbitaalsnelheid berekend, en tellen de daar voorkomende mosselbanken niet mee. Omdat de meeste banken niet boven NAP voorkomen blijft het verschil wel beperkt.
Duidelijk is dat de krommen een ander uiterlijk hebben dan het verband tussen orbitaalsnelheden en bankvoorkomens zoals dat in sectie 6.2 getoond is. Alleen de grafiek gl8kd538 vertoont grote gelijkenis: het betreft hier dezelfde windrichting (NW) en een vergelijkbare waterstand (+2m NAP). Bij deze SWAN-resultaten is het voorkomen bij lage orbitaalsnelheden zelfs nog nadrukkelijker dan bij de HISWA-resultaten uit sectie 6.2. Bij de overige drie windrichtingen is er eveneens een voorkeur voor lage orbitaalsnelheden, maar is er een afname van de trefkans te zien wanneer die orbitaalsnelheden ->0 naderen. De modelanalyse met gewogen data bevestigt dit, al wordt deze afname bij NO-wind uitgefilterd.

6.3.3 Analyses voor maximale orbitaalsnelheden voor een deel van de waterstanden; Dijkema-data.

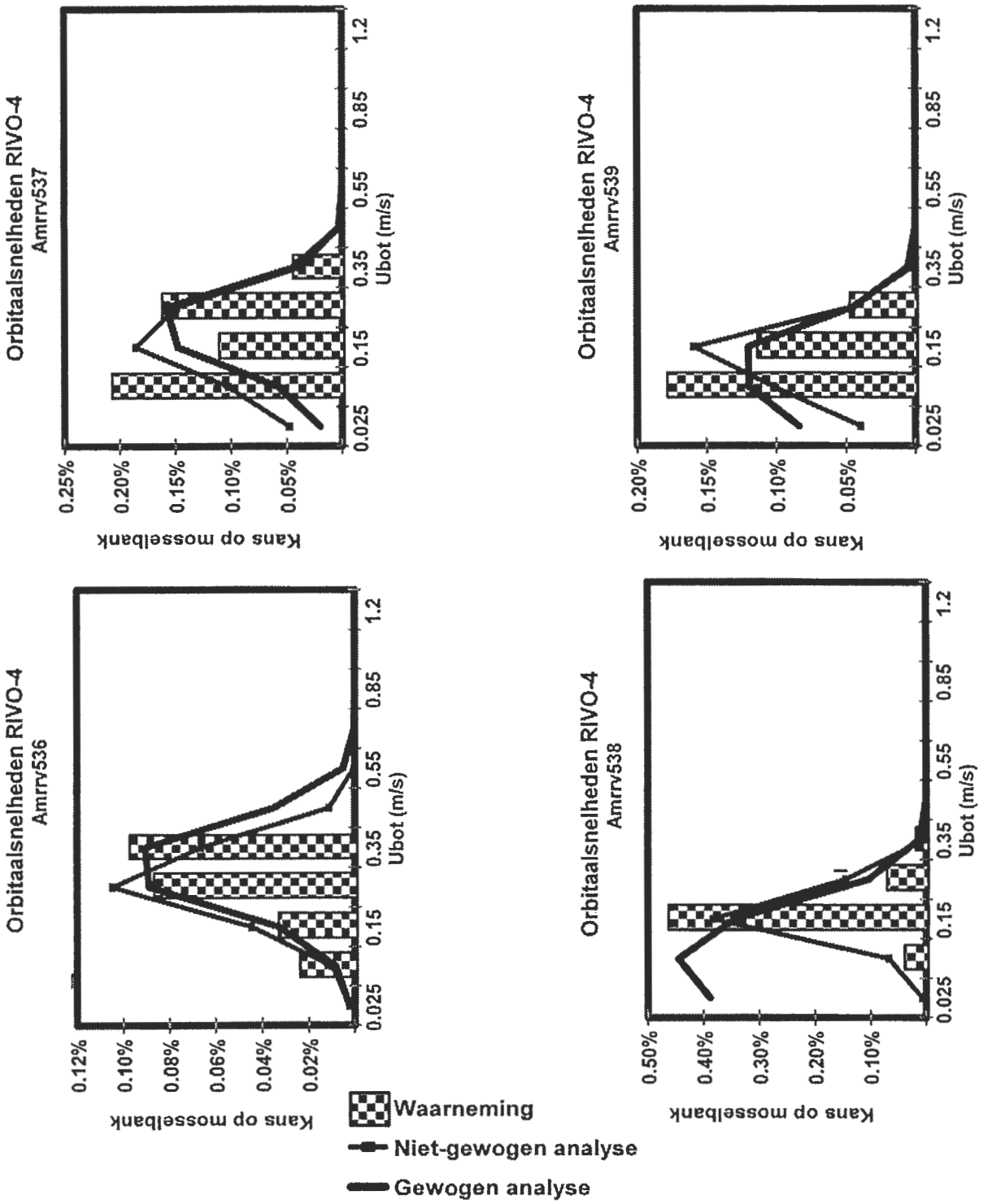
In een tweede analyse is voor een aantal cruciaal geachte waterstanden de maximale orbitaalsnelheid berekend, en die is vervolgens aan de bankvoorkomen gerelateerd.
ZW en NO-wind: waterstanden -0.5 - +1 m NAP, W en NW-wind: +0.5 - +2 m NAP.
Het beeld uit 6.3.2 wordt voor de windrichtingen ZW en W ook nu gevonden (Figuur 50); de situatie bij NW-wind is iets anders in die zin dat bij de allerlaagste orbitaalsnelheden de



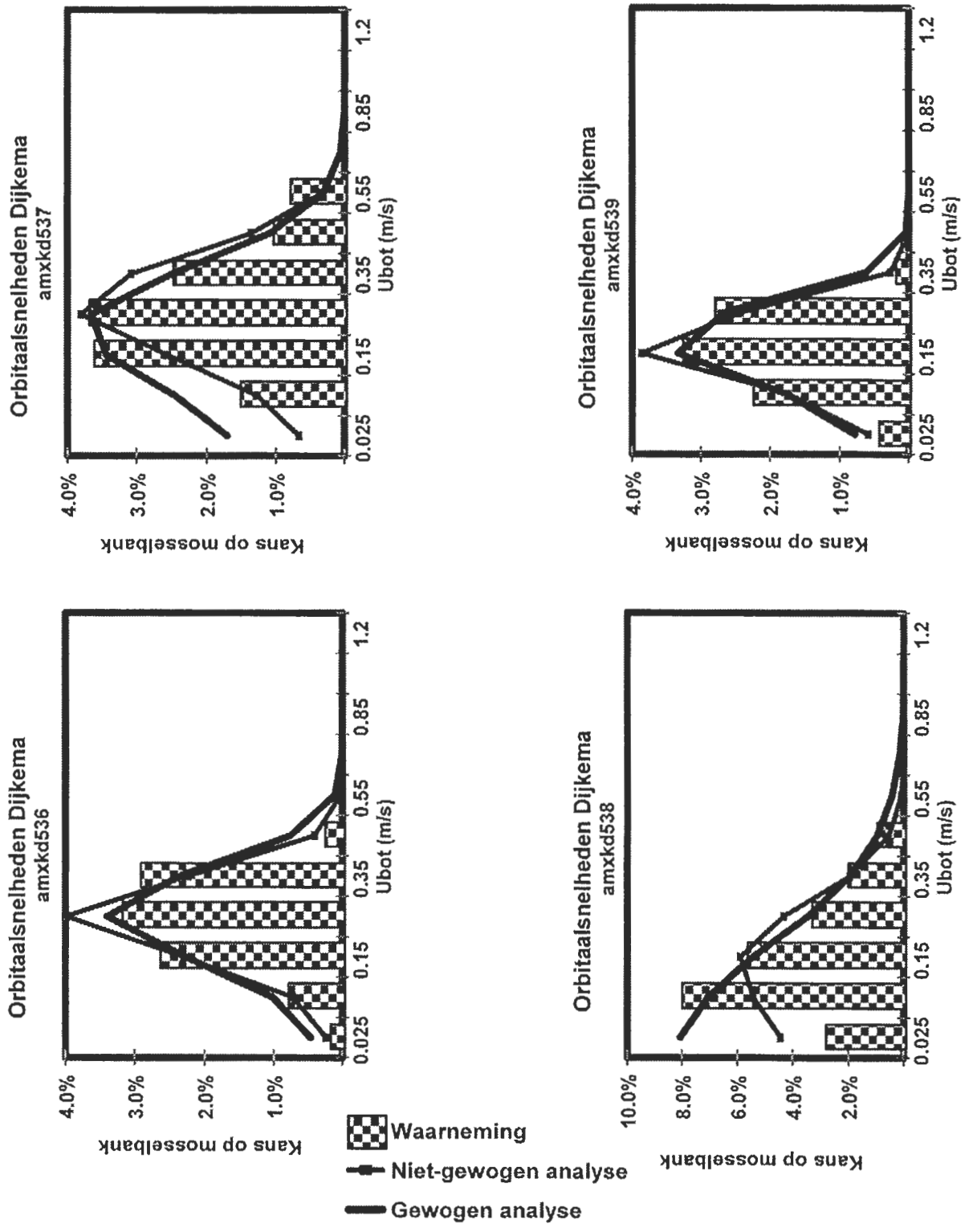
Figuur 49 Deelmodellen voor golfwerking. Eén waterstand is bij de analyse betrokken: ZW +1 m NAP, W en NW: +2m NAP, NO +0.5 m NAP. Biotische data: Dijkema (KD). Bij de gewogen analyse bepaalt het aantal gridcellen dat betrekking heeft op het betreffende traject de weging van dié waarnemingen.



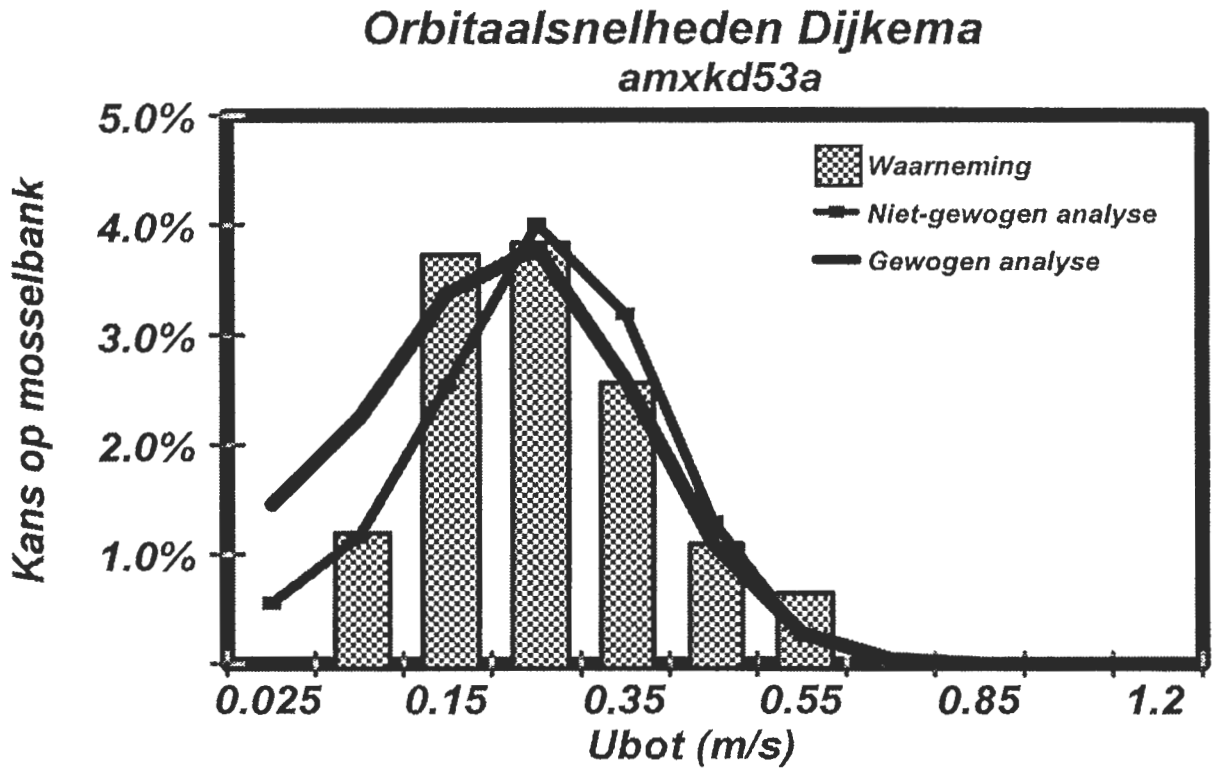
Figuur 50 Deelmodellen voor golfwerking. De maximale orbitaalsnelheid voor de meest representatieve waterstanden is bij de analyse betrokken: ZW -0.5, +0.5 en +1 m NAP, W en NW: +0.5, +1, +1.5 en +2m NAP, NO -0.5, +0.5 en +1 m NAP. Biotische data: Dijkema (KD). Bij de gewogen analyse bepaalt het aantal gridcellen dat betrekking heeft op het betreffende traject de weging van dié waarnemingen.



Figuur 51 Deelmodellen voor golfwerking. De maximale orbitaalsnelheid voor de meest representatieve waterstanden is bij de analyse betrokken: ZW -0.5, +0.5 en +1 m NAP, W en NW: +0.5, +1, +1.5 en +2m NAP, NO -0.5, +0.5 en +1 m NAP. Biotische data: RIVO-4 (RV). Bij de gewogen analyse bepaalt het aantal gridcellen dat betrekking heeft op het betreffende traject de weging van dié waarnemingen.



Figuur 52 Deelmodellen voor golfwerking. De maximale orbitaalsnelheid voor alle waterstanden is bij de analyse betrokken: ZW, WE, NW, NO -1.5, ..., +2.0 m NAP. Biotische data: Dijkema (KD). Bij de gewogen analyse bepaalt het aantal gridcellen dat betrekking heeft op het betreffende traject de weging van dié waarnemingen.



Figuur 53 Deelmodel voor golfwerking. De maximale orbitaalsnelheid voor alle waterstanden tezamen is bij de analyse betrokken: ZW, WE, NW, NO -1.5, ..., +2.0 m NAP. Biotische data: Dijkema (KD). Bij de gewogen analyse bepaalt het aantal gridcellen dat betrekking heeft op het betreffende traject de weging van dié waarnemingen.

trefkansen wat afnemen. De modelanalyse met gewogen data geeft bij NW-wind ongeveer hetzelfde resultaat als bij de waterstand +2.0 m (6.3.2); bij NO-wind laat de modelanalyse nu ook een afname van de trefkans bij lage Ubot zien.

6.3.4 Analyse voor maximale orbitaalsnelheden voor een deel van de waterstanden; RIVO-4-data.

Analoog aan 6.3.3 is de analyse ook uitgevoerd voor de trefkansen op RIVO-4 banken. In Figuur 51 zijn de resultaten gegeven. Het beeld komt met dat uit de vorige sectie 6.3.3 in grote lijnen overeen. De relatie met NW-wind lijkt op die uit de analyse gebaseerd op HISWA-data (sectie 6.2): het model toont een lichte afname bij de laagste orbitaalsnelheden. Bij de constructie van het uiteindelijke model is die afname niet meegenomen; nu zou dat dus ook niet of nauwelijks gebeuren. Dit beeld wordt ook gevonden voor NO-wind; het verband met ZW- en W-wind laat zien dat in die gebieden waar lage orbitaalsnelheden gevonden worden ook relatief weinig banken gevonden worden.

6.3.5 Analyse voor maximale orbitaalsnelheden voor alle waterstanden; Dijkema-data

In Figuur 52 zijn, per windrichting, trefkansen tegen de maximale orbitaalsnelheden voor alle waterstanden samen weergegeven .De analyse bevestigt ook nu het beeld uit Figuur 50, zij het dat de frequentieverdeling wat breder geworden is. Bij NW-eind blijft de beste omgeving er een waar de maximale orbitaalsnelheid laag is. Daar waar bij NO, en ZW-wind een erg lage orbitaalsnelheid wordt aangetroffen worden weinig mosselbanken waargenomen.

De situatie bij W-wind ligt daar tussen in.

6.3.6 Analyse voor maximale orbitaalsnelheden voor alle waterstanden en alle windrichtingen samen; Dijkema-data

In Figuur 53 is het beeld geschetst da ontstaat als de maximale waarden van orbitaalsnelheden voor álle waterstanden en ál de vier windrichtingen samen worden genomen. Daar waar erg lage orbitaalsnelheden worden gevonden, worden weinig mosselbanken aangetroffen; een maximum bevindt zich bij 0.15 m s^{-1}.

6.4 Discussie

De analyses in de secties 6.2 en 6.3 hebben een statistisch verband opgeleverd tussen abiotische kenmerken en trefkansen van mosselbanken.

Het verband met droogvaltijd is in goede overeenstemming met McCrorty et al (1993): niet alleen hoger gelegen delen van de platen zijn vrij van mosselbanken, maar ook de platen laag bij de laagwaterlijn bevatten bijna geen mosselbanken. De statistische verbanden geven geen oorzaak en gevolg. Voedseltekort lijkt de meest plausibele reden waarom op hogere plaatdelen bijna geen banken voorkomen, en daarnaast speelt de langdurige predatie door vogels ongetwijfeld een rol. Gesuggereerd als oorzaak voor de lagere dichtheden bij de laagwaterlijn isn de predatie op mosselen door krabben en zeesterren. Seed (1992) en Saier (2001) noemden dat predatie door zeesterren de mosseldichtheden kunnen beïnvloeden, en soms kunnen deze dieren zelfs als 'keystone-predator' optreden (dus structuurbepalend in het subtidal). Van de Kam et al (1999) en Van der Meer study (Van der Meer, 1991) komen ook met analoge verbanden tussen voorkomen en lage ligging, maar kqantitatieve relaties werden niet gegeven.

Ook het verband tussen mosselbankvoorkomen en sedimentstructuur is in overeenstemming met McGrorty et al (1993) en van der Meer (1991). In erg grof zand, noch in erg slikkige omgevingen worden banken aangetroffen. Maar het grootste deel van de Waddenzee kent relatieve gunstige sedimentomstandigheden voor mosselen.

Het veband met de afstand naar een geulrand is ook gebruikt door Ballhausen & Holzapfel (1997) voor de Oostfriese Waddenzee. Ze vonden een maximum bij een afstand van 100-300 m vanaf een geulrand voor mosselzaad, in het geval er nog geen banken lagen. Lagen er wél banken, dan werd het maximum bij een afstand van 2000-500 m gevonden. Dit klopt aardig met de huidige waarneming van ongeveer 500 m als maximum.

Kwantitatieve verbanden tussen bankvoorkomens en golfwerking (orbitaalsnelheden) en/of stroomsnelheid van het water waren tot op nu niet beschikbaar, wat voornamelijk een gevolg was van het ontbreken van geschikte modelberekeningen. Uit alle berekeningen volgt dat de meest geëxposeerde gebieden vrij zij van mosselbanken. Ook volgt dat echt lage maximale orbitaalsnelheden een voorkeur hebben, al zijn in een aantal gevallen de gebieden waar bij ZW en W-wind (en in mindere mate NO-wind) een maximale orbitaalsnelheid van bijna 0 gevonden wordt minder gunstig.

Als alle berekende orbitaalsnelheden samen worden genomen (en daarvan de maximumwaarde als variabele wordt aangehouden) dan wordt een maximum voorkomen bij 0.25 m s^{-1} gevonden.
De beste omgeving wat betreft maximale stroomsnelheden zijn volgens de analyse ongeveer 0.5 m s^{-1}. Snelheden van ongeveer 0 m s^{-1} zijn ongunstig, snelheden boven >1 m s^{-1} zijn dat ook. Deze waarden hebben géén verband met dat wat vaak bij waterleidingen geconstateerd wordt, namelijk dat bij watersnelheden > 1.0 m s^{-1} zich geen mosselen hechten op de wanden van de leidingen. Immers, gedurende een getij is de feitelijke stroomsnelheid altijd wel eens laag (tot bijna 0), en zouden jonge schelpjes altijd wel een hechtmogelijkheid krijgen. Echter, een hoge stroomsnelheid zal de bestendigheid van de hechting negatief beïnvloeden: de ondergrond is niet stabiel genoeg, en daardoor worden mosseltjes weggevoerd en/of begraven.
Een erg lage maximum stroomsnelheid mag wel een hoge stabiliteit met zich meebrengen, maar tevens een lage waterverversing en dus voedseltoevoer. Tevens zijn de meest rustige gebieden ook de beste sedimentatiegebieden, en zou een te hoge sedimentatie van fijn materiaal het functioneren van mosselen negatief kunnen beïnvloeden. Deze op zich plausibele verbanden zijn beredeneerd en niet aangetoond.

Model	a	se	b	se	c	se	Analyse-naam
_za6	-6.043E+00	1.340E-01	1.884E+01	1.020E+00	-3.412E+01	1.910E+00	gl6kd536
_wa8	-4.028E+00	3.290E-01	7.740E+00	2.350E+00	-1.950E+01	4.160E+00	gl8kd537
_na8	-2.176E+00	1.770E-01	-4.750E+00	1.420E+00	-1.180E+00	2.730E+00	gl8kd538
_noa5	-3.018E+00	4.140E-01	-7.700E-01	3.210E+00	-4.080E+00	6.240E+00	gl5kd539
_zrd	-6.279E+00	2.380E-01	2.054E+01	1.800E+00	-3.703E+01	3.360E+00	amrkd536
_wrd	-4.357E+00	2.870E-01	9.880E+00	2.000E+00	-2.280E+01	3.430E+00	amrkd537
_nrd	-2.513E+00	2.230E-01	-1.760E+00	1.760E+00	-6.640E+00	3.330E+00	amrkd538
_ord	-4.628E+00	4.410E-01	1.387E+01	4.690E+00	-3.950E+01	1.190E+01	amkd539
_zmx	-5.830E+00	4.520E-01	1.940E+01	4.050E+00	-3.844E+01	9.110E+00	amxkd536
_wmx	-4.296E+00	2.800E-01	9.500E+00	1.950E+00	-2.222E+01	3.340E+00	amxkd537
_nmx	-2.461E+00	2.130E-01	-2.060E+00	1.680E+00	-6.220E+00	3.160E+00	amxkd538
_omx	-5.370E+00	3.540E-01	2.237E+01	3.910E+00	-6.160E+01	1.030E+01	amxkd539
_mma	-4.489E+00	3.860E-01	1.104E+01	2.570E+00	-2.471E+01	4.24	amxkd53a

15 Overzicht van parameterwaarden en nauwkeurigheid (+/- se) voor de verschillende deelmodellen, gebaseerd op Dijkema-data. De modellen _?rd zijn steeds tot het KDumr12-model samen genomen, de modellen _?a? zijn apart gebruikt voor de modellen KDza612, etc., én ze zijn samen gebruikt voor het model KDuas12. De modellen _?mx zijn alleen samen gebruikt in het model KDumx12. Het model _mma is in het model KDmmx12 toegepast.

De sedimentsamenstelling kan gedurende een jaar variëren. Áls er al een meetbare variatie aanwezig is, dan betreft dat het slibgehalte, en dat is niét meegenomen in de analyse vanwege zijn geringe discriminerende kracht voor wat de ligging van mosselbanken betreft. Omdat het slibgehalte in het gebied vrij laag is, is het uiteindelijke effect op de mediane korrelgrootte -ook bij een substantiële variatie in het slibgehalte gedurende een jaar- klein, en zal het geen noemenswaard effect hebben op de analyses.

6.5 Verdere berekeningen en coderingen

De besproken parametersets worden verder gebruikt om habitatgeschiktheidskaarten te berekenen. Voor elke 50*50 m gridcel wordt met trefkansvergelijking (gebaseerd op 1 variabele, 2, of alle) geschat wat de trefkans op een bank is. Hierboven is al aangegeven dat die trefkans zodanig geschaald dat de maximumwaarde 1.0 is. In H7 is aangegeven welke codering toegepast is voor welke combinatie van deelmodellen. In H7 worden al de conceptmodellen getoetst en wordt het uiteindelijk te gebruiken habitatmodel geconstrueerd.

Elke berekening krijgt een code mee:
XX...

XX geeft aan op welke dataset de parameters gebaseerd zijn:
- RV : RIVO4
- GP : GPS
- KD : Dijkema
- MP : Punt

Er zijn modellen gebruikt, gebaseerd op 1 enkele variabele.
Naam : **XXyy** : XX zie boven, yy is:
- M16 : mediane korrelgrootte
- Golf : orbitaalsnelheden
- Vwat : stroomsnelheden
- Dvt1 : droogvaltijden, als D1
- A2 : afstand, als geval A2

De modellen met een plateau (de deelmodellen A1,A3, D2) zijn hier niet relevant, omdat ze niet goed getest kunnen worden: er is veel oppervlak dat exact dezelfde score heeft.

Er zijn modellen gebruikt, gebaseerd op 2 variabelen.
Naam : **XXyz** : XX zie boven, y en z zijn:
- M : mediane korrelgrootte
- G : orbitaalsnelheden
- Vw : stroomsnelheden (soms ook alleen met V aangeduid)
- D1 : droogvaltijden, als D1 Zie hieronder bij XXDyAz
- D2 : droogvaltijden, als D2 ,,
- A1 : afstand, als geval A1 ,,
- A2 : afstand, als geval A2 ,,
- A3 : afstand, als geval A3 ,,

D1, D2, A1..A3 komen alleen in combinatie met de andere 3 mogelijkheden (M, G, Vw) voor. Een combinatie D? en A? ontbreekt.

Er zijn modellen gebruikt, gebaseerd op alle 5 (soms 4) variabelen.
Naam : **XXDyAz**
Dy geeft aan of de geschiktheidsrelatie naar droogvaltijd een maximum vertoont of niet
- D1 : wel maximum en wel afname bij kleinere DVT, dus geen plateau
- D2 : geen maximum, dus wel een plateau bij lage DVT-waarden

Az geeft aan welke relatie met de afstand tot de geul is meegenomen.
- A0 : geen relatie
- A1 : eerste orde, plateau bij kleine afstand
- A2 : tweede orde, geen plateau bij kleine afstand, dus een afname
- A3 : als A2, maar met plateau bij kleine afstand, dus geen afname

Elk deelmodel levert een trefkansverdeling op die een maximumwaarde van 1.0 heeft, en dat geldt dan ook voor elke combinatie.
Om deze relatieve trefkansen (met de maximumwaarde=1.0) te kunnen vergelijken met de feitelijke trefkansen op een mosselvoorkomen in een willekeurige gridcel, zijn voor deze vergelijkingen de trefkansen zó omgerekend dat de som van alle (trefkans * oppervlakte) steeds in de juiste mosselbankomvang (voor de gehele Waddenzee) resulteert.

16 Codering van parametercombinaties; in tekstblok 17 wordt de toegevoegde codering voor kaartversie 3 (nieuwe golfberekeningen) verklaard

7 RESULTATEN IV: CONSTRUCTIE VAN DE HABITATMODELLEN

7.1 Inleiding

7.1.1 Kaartversies 1 en 2

In het vorige hoofdstuk is onderzocht in hoeverre het verband tussen voorkomen van mosselbanken in de Waddenzee en een vijftal specifieke abiotische omgevingskarakteristieken afzonderlijk kan worden beschreven. Hierbij konden twee conclusies getrokken worden. De mosselgebieden die geïnventariseerd zijn in de periode 1994-1998 ("GPS"- en "RIVO4"-banken) lijken het best gecorreleerd met de orbitaalsnelheden, de droogvaltijden en de afstand tot de geulrand. Stroomsnelheid en mediane korrelgrootte lijken iets minder goede predictors. Daarnaast lijken juist de banken uit de voorgaande perioden (1960-1990, de "Dijkema"- en de "Punt"-data) beter door orbitaalsnelheden, gevolgd door korrelgrootte, droogvaltijd en afstand tot de geulrand, beschreven te worden.

De idee is evenwel dat een combinatie van deelmodellen een betere voorspelling oplevert dan elk van de deelmodellen afzonderlijk. In dit hoofdstuk wordt onderzocht welke combinatie het best voldoet, en hoeveel deelmodellen er überhaupt gecombineerd moeten worden. Omdat het aantal mogelijke combinaties nogal oploopt omdat ook de "plafonds" daarbij meetellen (de mogelijkheden D1 en D2, plus A1-A3 uit het voorgaande hoofdstuk) is in het volgende een keuze uit de mogelijkheden gemaakt. Uitgaande van de twee of drie beste resultaten worden nieuwe combinaties gemaakt, en zo wordt het uiteindelijke model gevonden. Hierbij wordt niet alleen onderzocht hoe goed zo'n model-in-wording de 'eigen' dataset goed voorspelt, maar ook in hoeverre dit de ligging van de mosselgebieden uit de andere dataseries goed beschrijft.
Ook wordt aandacht besteed aan de mate waarin een deelmodel discriminerend is. Zo kan een model wel precies passen op de data, maar als dat geen groot verschil tussen goede of slechte gebieden oplevert is zo'n resultaat hier niet interessant. Een iets minder goede overeenkomst en een veel betere discriminatie kan zelfs sterk te prefereren zijn.
In tekstblok 16 is een overzicht gegeven van de gebruikte benamingen.
Voor de modelvorming is geen gebruik gemaakt van de vergelijkingen uit hoofdstuk 5 voor de datasets "Punt" en "GPS"; wel zijn deze sets gebruikt ter vergelijking. Er is vanuit gegaan dat dezelfde abiotische kenmerken sturend zullen zijn voor "GPS" en "RIVO4", evenals deze voor "Punt" en "Dijkema" min of meer overeen zullen komen.

Kaartversie 1

Voor de eerste versie van de habitatkaart zijn indertijd (voorjaar 1999) alleen de verbanden voor RIVO-4 banken gebruikt. Er is toen ook geen onderzoek gedaan naar allerlei deelmodellen; slechts een beperkt aantal combinaties van deelmodellen is getest, en die welke het best voldeed is gekozen. In de voorliggende rapportage wordt maar kort ingegaan op de kwaliteit van dat model. Ná de bespreking van de tweede kaartversie wordt hier kort op terug gekomen. Ten behoeve van die tweede versie is de kwaliteit van allerlei combinaties

Omdat het aantal combinaties uitgebreid is, was het nodig de codering uit tekstblok 16 te veranderen.
Daarom is de code d1a2 vervangen door 12, dus zonder d en zonder a
De golfcodes daarentegen worden uitgebreider
Er geldt dat een model nu heet:
NNYuvwzz

- Y de code voor de biotische data (K=Dijkema, G= gps, M=punt, R=rivo)
- zz de code voor d1a2, etc, maar dan zonder d en a, wel in die volgorde
- uvw de code voor golven
  er zijn deelmodellen per windrichting en per waterhoogte. De manier waarop deze gebruikt en/of gecombineerd zijn bepaalt de combinatie uvw

u:

- u (1) Wanneer er vier deelmodellen zijn, die ook alle vier benut zijn, dan is de eerste letter een u
- s (1) Is 1 enkel deelmodel gebruikt, dan is de eerste letter een s
- m (1) Zijn de maximale waarden samengenomen, dan wordt dat nog eens meet een m aangegeven

v

- s zuidwest
- w west
- n noordwest
- o noordoost

w de waterhoogte (volgens de lijst, 1=-1.5 m NAP, ..enz.., 8 = +2 m NAP)

Wordt met een maximale orbitaalsnelheid gerekend, per windrichting,
dan is de derde letter (w) een

- x Er is met een maximale orbitaalsnelheid gerekend voor alle waterstanden
- r Er is met een maximum gerekend voor een beperkt aan waterstanden
- s Er is met een representatieve waterstand gerekend, per windrichting.

Is met maximale orbitaalsnelheid gerekend voor alle windrichtingen samen,
dan is de tweede letter (v) een

- m Er is met een maximale orbitaalsnelheid over alle windrichtingen en alle waterstanden samen gerekend.
  Er zijn 2 of 3 parameters voor alle windrichtingen **samen**
- a Er is met alle windsnelheden apart gerekend (voor elk een representatieve waterstand.
  Er zijn **per** windrichting dus 2 of 3 parameters

Voor de deelmodellen kunnen de parameters a, b en c (zie tekstblok 7) alle drie een waarde <>0 hebben.

Vergelijking van modellen met data:
de eerste twee karakters NN worden daarvoor gebruikt.
C = comparison
Tweede N geeft aan met welke data vergeleken i:

N (2)	biotische data	file:
r	Met RIVO-data	nwrivo.asc
k	Met dijkema-data	nwdijkem.asc
m	met Punt -data	mspnt2.asc
g	met GPS-data	nwgps.asc
4	met RIVO-94-data	fin94grd.asc
6	met RIVO-96-data	fin96grd.asc
9	met RIVO-99-data	fin99grd.asc

De habitatmodellen hebben als uitgang .exp, en .int (er zijn steeds twee resultatenfiles). De .exp-files geven de e-log waarde van de trefkansen voor elk van de 550.000 gridcellen; de .int-files geven als integer de klasse waarin de betreffende gridcel valt. Daartoe moet in de invoer-configuratiefile opgegeven worden wélke klassen onderscheiden moeten worden.

17 Codering van modellen en berekeningen met de golfberekeningen volgens SWAN. Dit is een toevoeging op de uitleg in tekstblok 16

van deelmodellen onderzocht. Omdat diezelfde deelmodellen ook ten grondslag liggen aan de eerste kaartversie wordt hiermee dat eerste model ook doorgelicht.

Kaartversie 2

Eerst ná de constructie van de eerste versie van de habitatkaart kon de vraag aan de orde komen in hoeverre zo'n combinatie van álle deelmodellen samen beter was dan die deelmodellen an sich, dan wel een combinatie van twee of drie deelmodellen.
Om die vraag te beantwoorden zijn eerst de deelmodellen zelf getest, vervolgens alle mogelijke combinaties van twee deelmodellen, en vervolgens zijn de beste van die combinaties gebruikt om verder te combineren met de overige deelmodellen. Op deze wijze werd de hoeveelheid deelmodellen nog enigszins beperkt. Zie tekstblok 16 voor een toelichting op de codering. Er zijn 32 finale modellen getest, waarbij alle 5 deelmodellen gebruikt zijn. Omdat het deelmodel voor droogvaltijd twee vormen kende, en die voor afstand tot de geulrand drie, waren er acht mogelijkheden voor die vijf deelmodellen. Omdat ze zijn gemaakt op basis van én de Dijkema-data, én de RIVO-4 data, én de GPS-data én de MP-data, levert dat dus 32 modellen op. Een aantal van deze mogelijkheden bleken zinloos, zodat van alle combinaties er uiteindelijk 20 zijn getest, voor zowel de Dijkema-data als voor de RIVO-4-data als uitgangspunt.

7.1.2 Kaartversie 3

Voor de derde versie van de kaart is uitsluitend de meerwaarde van de extra golfberekeningen getest. Er is een keuze gemaakt, en uiteindelijk zijn 8 golfmodellen doorgerekend. Deze 8 zijn steeds in de plaats gekomen van de deelmodel voor golfwerking uit de vorige twee kaartversies. Vier modellen hebben betrekking op modellen voor een van de vier windrichtingen alléén als vervanger (bij één representatieve waterstand), één als combinatie (product) van die vier deelmodellen, één model waarbij de maximum orbitaalsnelheden bij 3 meest waarschijnlijke waterstanden als maat genomen is en één model waarbij de maximale orbitaalsnelheden bij álle waterstanden gebruikt is. Tenslotte is een model gemaakt waarbij die maximale orbitaalsnelheden voor álle waterstanden en ál de vier windrichtingen samengenomen zijn. In dit laatste geval ontstaat, als bij de eerste vier gevallen, weer één deelmodel voor golven; de overige gevallen zijn er dus vier deelmodellen die alle vier samen gebruikt worden. Omdat die vier dan als product in het habitatmodel voorkomen wordt daardoor het gewicht van die golffuncties versterkt ten opzichte van de deelfuncties voor korrelgrootte, droogvaltijden, geulafstand en maximale stroomsnelheid.

7.2 Toelichting grafische weergave van overeenkomst tussen modellen en waarnemingen

Omdat elk model uiteindelijk feitelijke trefkansen voorspelt, kunnen berekeningen en waarnemingen met elkaar vergeleken worden. Hiertoe zijn de berekende trefkansen (volgens het model, dus) gerangschikt van hoog naar laag, en vervolgens zijn de hoogste waarden van de trefkansen samengenomen zodanig dat die cellen samen 1% van het droogvallende Waddengebied betreffen (het 0-1% gebied). Vervolgens zijn de volgende 1% weer samengevoegd tot het 1-2% gebied. Dit is zo herhaald, waarbij de grootte van de groep steeds iets is uitgebreid. Zo zijn de 12 klassen ontstaan die in tekstblok 18 zijn genoemd.

Op de volgende pagina's is steeds weergegeven hoe per oppervlakte-interval het model de trefkans voorspelt, en er is gescoord hoeveel banken daadwerkelijk liggen in de gridcellen die

Een model berekent voor elke gridcel van de Waddenzee (50*50 m) een trefkans. Elke gridcel weerspiegelt aldus 0.25 ha wadgebied. Al die scores zijn vervolgens gerangschikt van hoog naar laag, en er zijn grenzen gekozen bij 1% van het waddengebied, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 70%, en tenslotte 100% van het plaatoppervlak.
Dus het 'beste' wadgebied is te vinden in het interval 0-1%, het 'slechtste' in het interval 70-100%. Het is van belang te beseffen dat hiermee voorbij wordt gegaan aan hóe goed of hóe slecht zo'n deel van het waddengebied is. De trefkansen, die voor zo'n %-interval berekend worden, geven aan dat de modellen soms maar weinig verschil kunnen maken tussen het 'beste' gebied en de slechtere gebieden.
In een vervolgstap wordt opgeteld hoeveel banken er blijken te liggen in elk van de oppervlakte-intervallen. En hierdoor is een vergelijking model-waarneming mogelijk.

18 Berekening van gebieden met hoge en lage trefkansen

bij zo'n interval horen. De vergelijkingen **(13), (14a en 14b), (16)** en ook **(17),** evenals de beschrijving in tekstblok 3, zijn gebruikt om aan te geven hoe goed waarnemingen en model overeenstemmen, en hoe groot het onderscheid is in trefkansen tussen 'goede' en 'slechte' gebieden. Die vergelijkingen tussen model en waarneming is uitgevoerd voor de data waarop het model betrekking heeft, én voor de andere bankdata[5].

7.3 Een enkelvoudig model

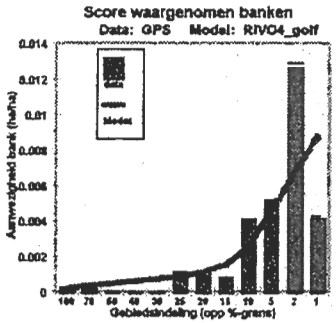
Eerst is onderzocht hoe goed modellen die gebaseerd zijn op één variabele alleen de mosselbankvoorkomens kunnen beschrijven. Dit is gedaan voor Dijkema- en RIVO4-data als basis van de biotische datasets, waarbij bij de test ("hoe goed is het model") steeds al de vier datasets betrokken zijn. De figuren worden niet alle hier gegeven; een deel is in bijlage 7.3 verwerkt.

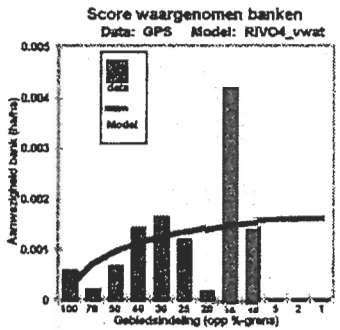
7.3.1 Modellen gebaseerd op RIVO4-data

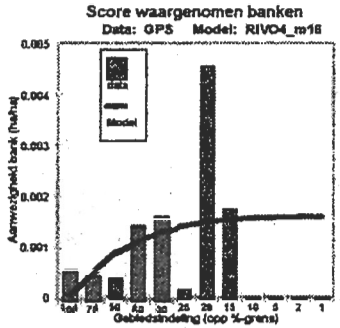
Uit de grafische weergave (Figuur 54) blijkt dat de afstandsfunctie (A2) en de golffunctie het beste het voorkomen van RIVO4- en GPS-banken beschrijven. Evenwel zijn golven veel meer discriminerend dan de afstand; dit is bij de voorspelling én bij de data het geval. Droogvaltijden en mediane korrelgrootte scoren wat lager; de stroomsnelheidsfunctie produceert de minst goede voorspelling.

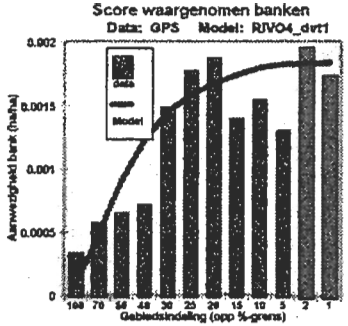
Figuur 54 (volgende bladzijde) Modelberekeningen met slechts één variabele als stuurgrootheid, op basis van RIVO4-data. Vergelijking met waarnemingen van RIVO4, GPS, Punt en Dijkema

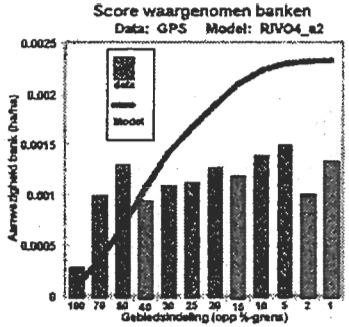
[5] *een consequentie van de gekozen vergelijkingen (de trefkans = exp[a+bx+cx²+dy+ey²....] , waarbij x,y,. etc. de omgevingskarakteristieken voorstellen) is dat de ene omgevingskarakteristiek niet expliciet meer of minder gewicht heeft dan een andere. De vorm van de regressiekromme samen met de frequentieverdeling van de betreffende omgevingskarakteristiek bepaalt of die karakteristiek veel of weinig discriminerend is. En dat wordt getest door met de gevonden regressiekromme een habitatmodel te maken, en vervolgens te onderzoeken in welke mate dat model onderscheid maakt tussen goede en minder goede mosselbankgebieden (én of dat onderscheid ook gestaafd wordt door de ligging van de banken zelf).*

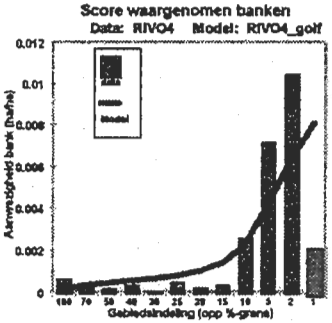

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: RIVO4_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

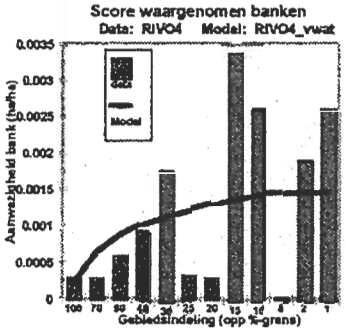

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: RIVO4_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

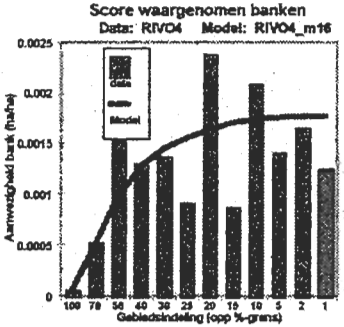

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: RIVO4_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

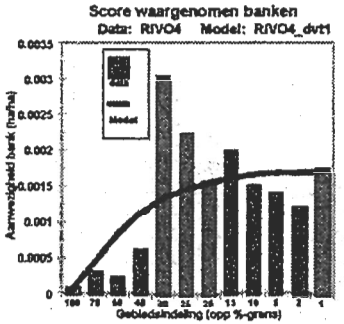

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: RIVO4_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

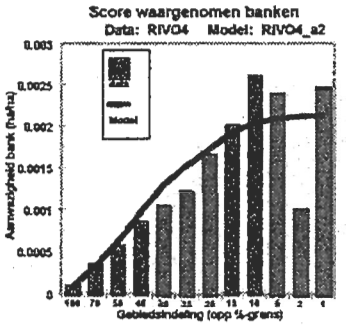

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: RIVO4_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

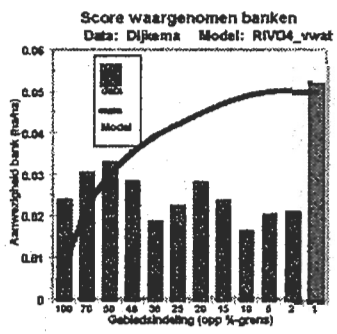

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

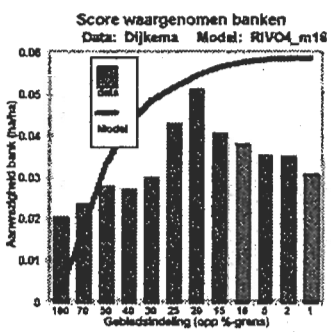

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

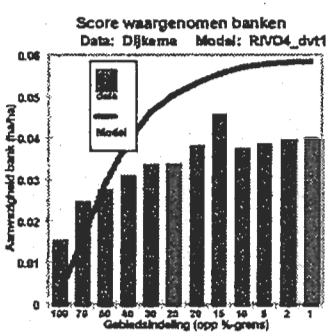

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

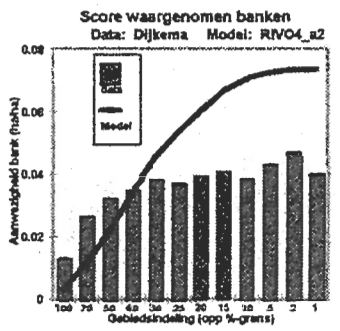

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

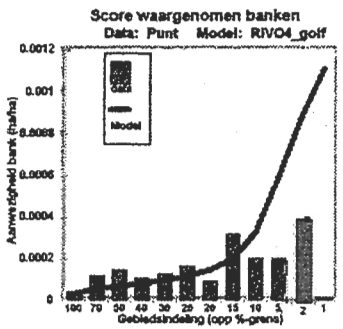
Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: RIVO4_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

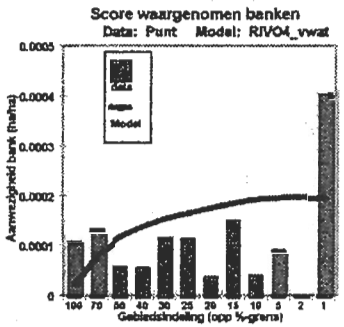

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: RIVO4_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

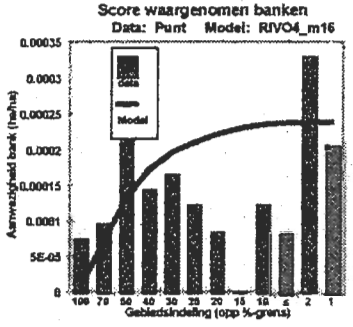

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: RIVO4_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

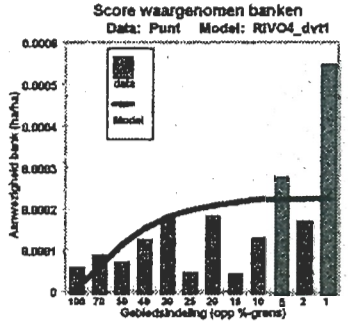

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: RIVO4_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

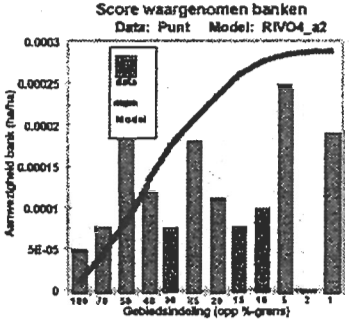

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: RIVO4_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

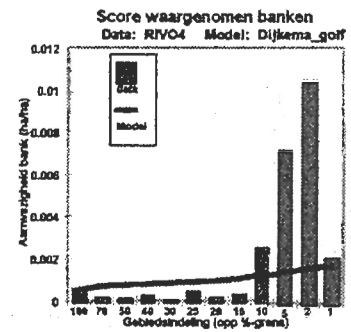

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: RIVO4_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

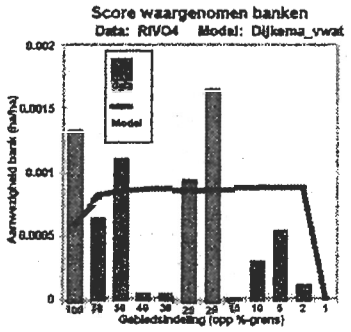

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: RIVO4_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

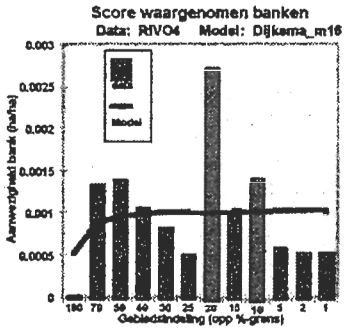

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: RIVO4_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

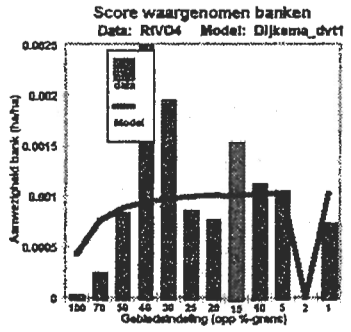

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: RIVO4_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

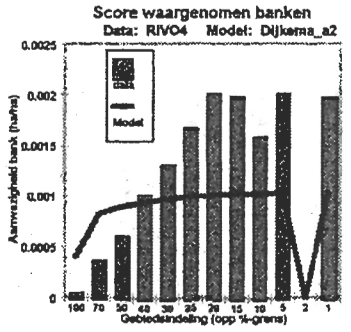

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: RIVO4_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

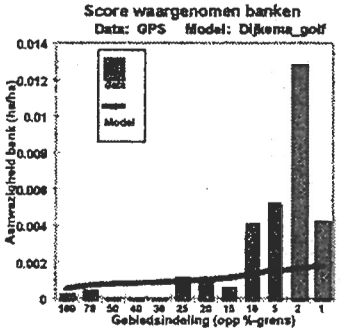

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: Dijkema_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

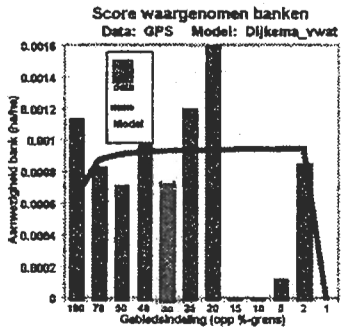

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: Dijkema_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

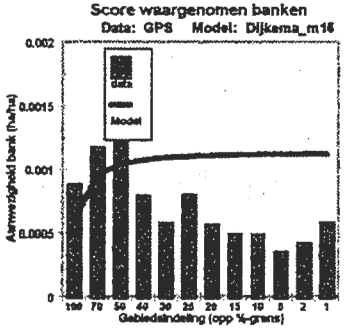

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: Dijkema_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

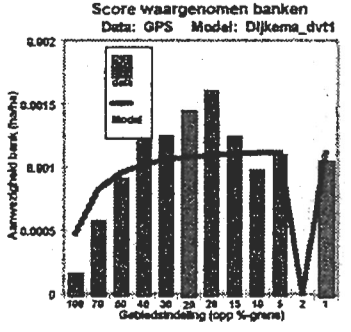

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: Dijkema_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

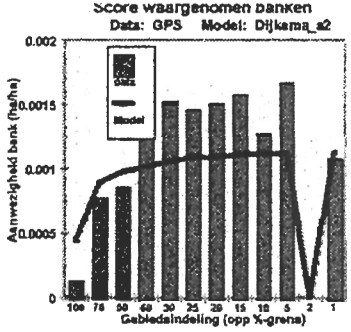

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: Dijkema_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

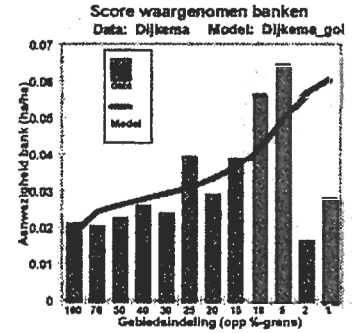

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: Dijkema_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

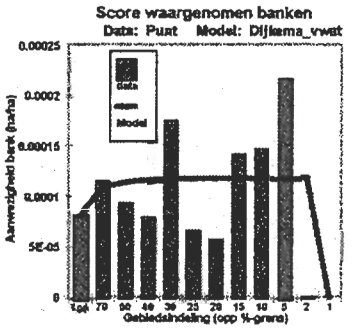

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: Dijkema_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

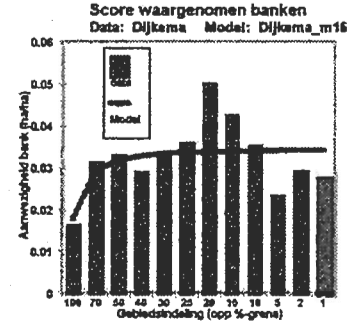

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: Dijkema_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

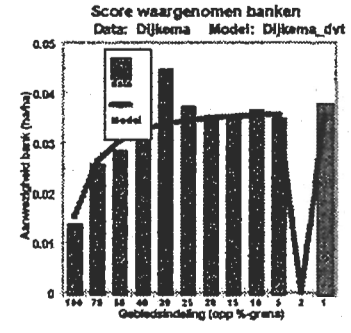

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: Dijkema_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

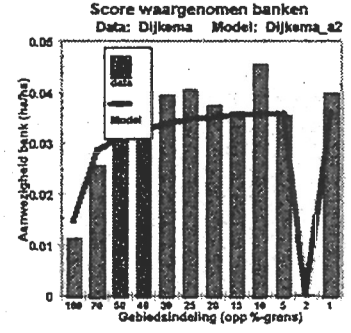

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: Dijkema_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

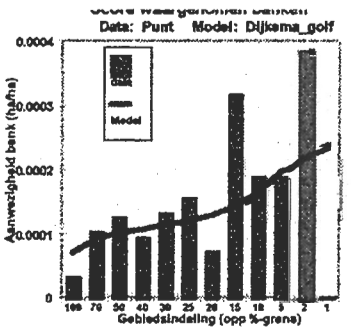

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_gol
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

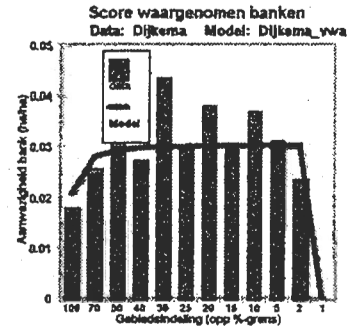

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Dijkema_vwat
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

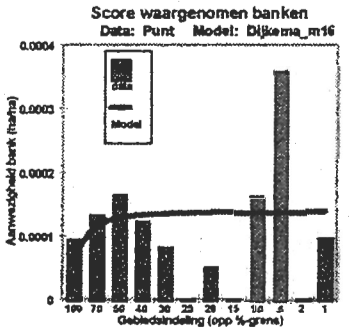

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

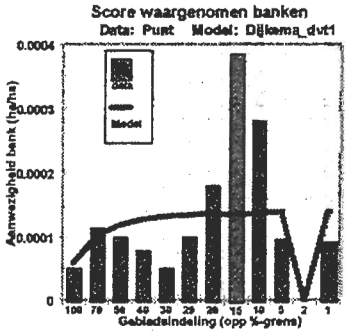

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_dvt
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

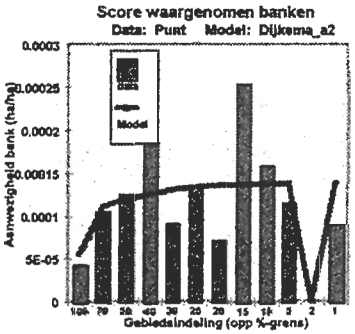

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Dijkema_golf
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_vwa
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Dijkema_m16
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Dijkema_dvt1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Dijkema_a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)

Dit zijn overigens uitkomsten die uiteraard ook al meerdere of mindere mate in H6 naar voren gekomen zijn. "Dijkema"- en "Punt"-gegevens worden veel minder goed beschreven. Droogvaltijden lijken hier het belangrijkst, maar dit moet dan vooral bij een analyse op basis van de Dijkema-gegevens naar voren komen. Op basis van afstand (A2), droogvaltijden (D1) en golfwerking (G) worden combinaties met andere trefkansbeschrijvingen onderzocht, zie sectie 7.4. Zie tevens bijlage A.7.3.1.

7.3.2 Modellen gebaseerd op Dijkema-data

Bij deze analyse (Figuur 55) lijken afstand tot de geul, en droogvaltijd het best voorspellend te zijn, maar de discriminatie tussen de goede en slechte gebieden is slecht. Alleen de slechte gebieden (70-100% gebied) scoren zowel volgens het model als in de werkelijkheid laag. De mediane korrelgrootte en de maximale stroomsnelheid geven nog minder differentiatie tussen de gebieden. De golfwerking lijkt te discrimineren (volgens het model) maar doet dat volgens de data veel minder. Wel is opvallend dat volgens het golf-model er niet veel verschil is tussen de goede' en 'slechte' gebieden, maar dat de waarnemingen zeer geprononceerd in die gebieden liggen die volgens het model ook de hoogste trefkans moeten hebben.
Bij de voorspelling gekoppeld aan de droogvaltijden kan nog worden opgemerkt dat het 70%-100% gebied ruwweg samenvalt met een droogvaltijd van 50% of meer.
Op basis van afstand (A2), droogvaltijden (D1) en golfwerking (G) worden combinaties met andere trefkansbeschrijvingen onderzocht, zie sectie 7.4.

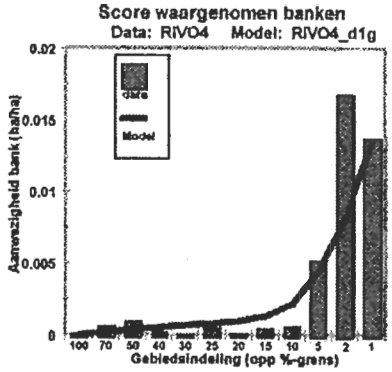
7.4 Combinaties van twee functies

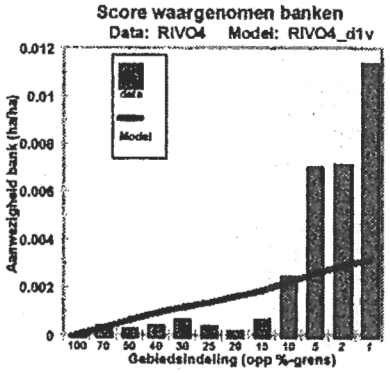
7.4.1 Gebruikte combinaties

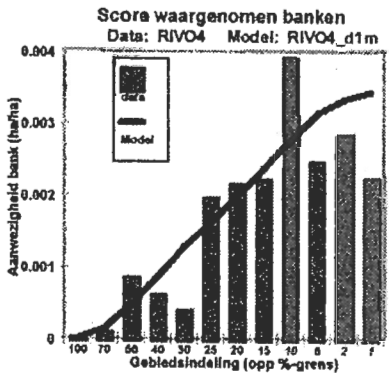
Ondanks de verschillende uitkomsten van de analyse van de RIVO4- en de Dijkema-data zijn beide volganalyses gebaseerd op de A2, D1 en G-formules. Combinaties met Vwat (Vw), M16 (M) zijn onderzocht. De formules A1, A3 en D2 kwamen bij §7.3 niet aan bod, maar zijn nu in combinatie met andere vergelijkingen wél uitgetest. Aldus zijn de combinaties ontstaan: D1G, D1V, D1M, A2G, A2Vw, A2M, A2D1, D2G, D2M, D2V, A3G, A3M, A3Vw (zie ook Figuur 43 en Figuur 44 en tekstblok 16 voor een toelichting en een overzicht van de benamingen).

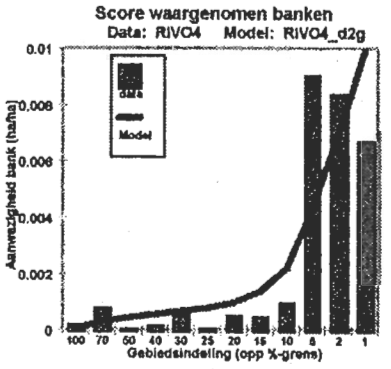
Figuur 55 (vorige bladzijde) Modelberekeningen met slechts één variabele als stuurgrootheid, op basis van Dijkema-data. Vergelijking met waarnemingen van RIVO4, GPS, Punt en Dijkema

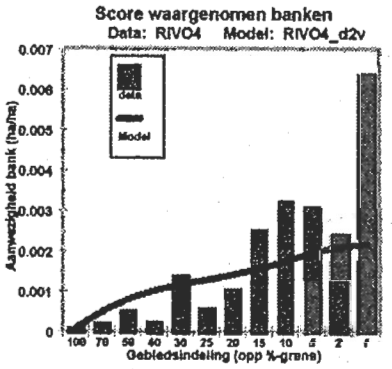
Figuur 56 (volgende bladzijde) Modelberekeningen met twee variabelen als stuurgrootheid, op basis van RIVO4-data. Vergelijking met waarnemingen van RIVO4, overige zie bijlage 7.4

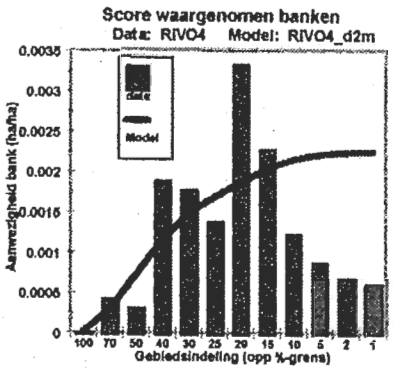

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

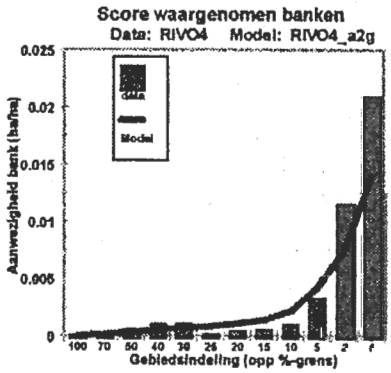

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

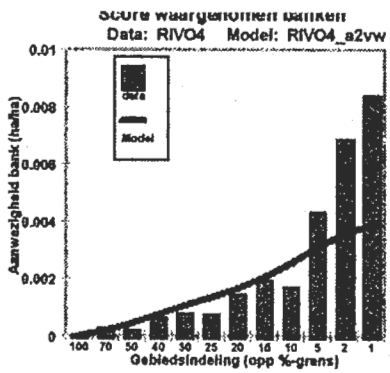

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

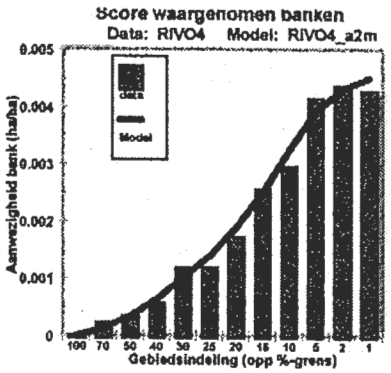

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

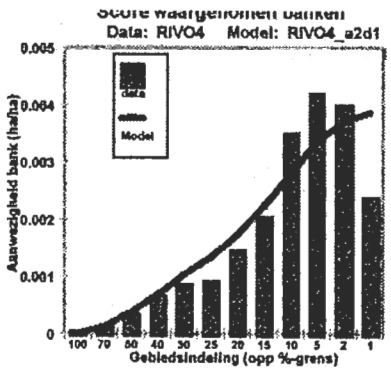

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

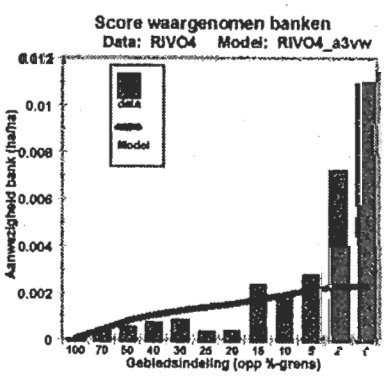

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

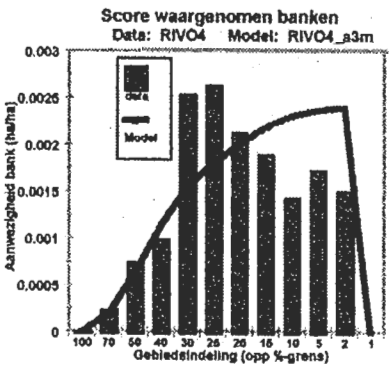

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a2g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

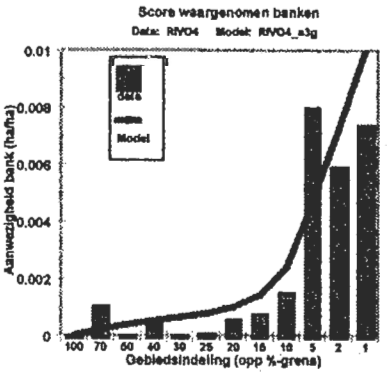

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a2vw
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

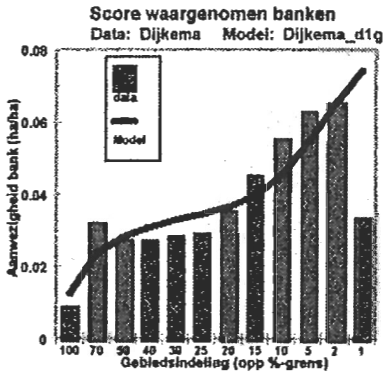

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a2m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

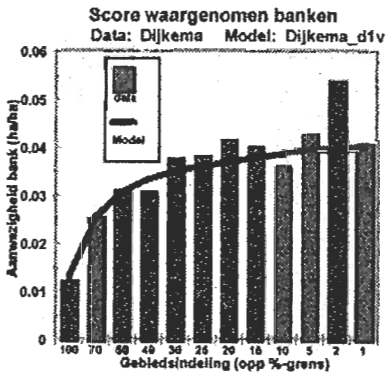

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a2d1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

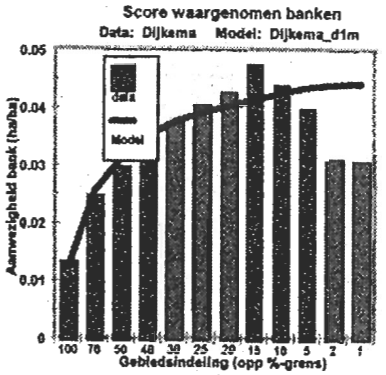

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a3vw
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

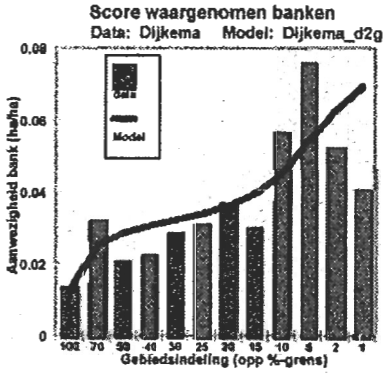

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a3m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

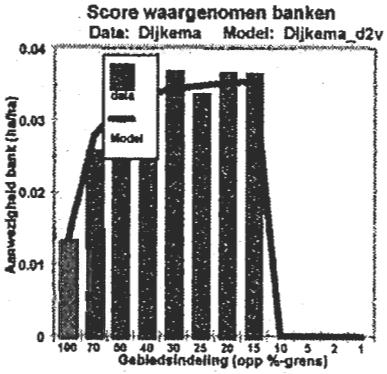

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_a3g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
data
Model
Gebiedsindeling (opp %-grens)

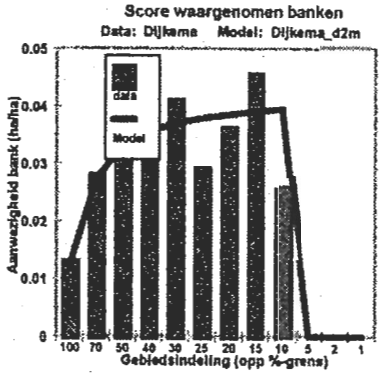

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

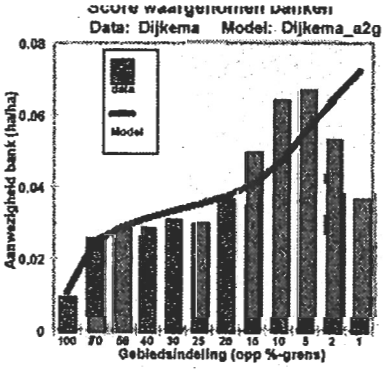

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

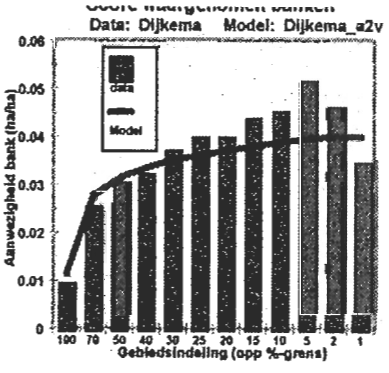

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

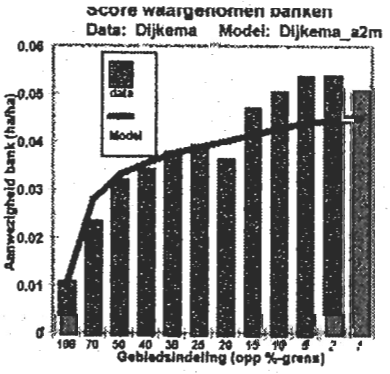

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

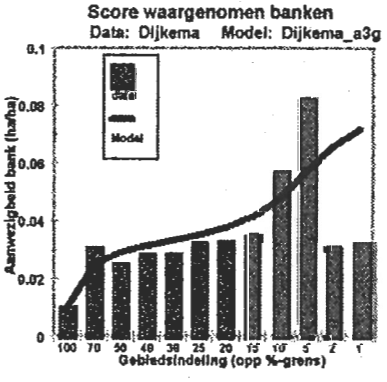

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

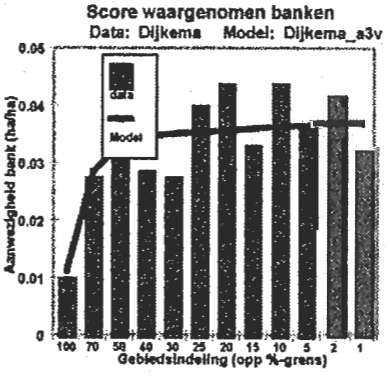

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

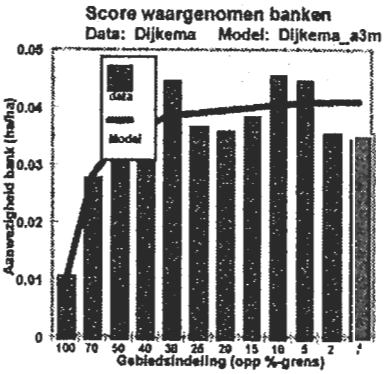

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a2g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a2v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a2m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a3g
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a3v
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_a3m
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

7.4.2 Modellen gebaseerd op RIVO4-data

RIVO-waarnemingen, Figuur 56

Vrij goed passende modellen zijn A2M, A2D1 en A2G, waarbij vooral model A2G ook goed discrimineert tussen 'slechte' en 'goede' gebieden. Een wat minder goede overeenkomst tonen de modellen D1G, D2G en A3G, maar zij discrimineren wel beter dan A2M en A2D1. Duidelijk is dat een of andere combinatie van een parameter met een die in de eerste test al vrij goed voldeed, hier ook hoog scoort, en de combinatie van de twee beste in de eerste test is nu nog beter (A2G). Blijkbaar heeft de berekening naar mediane korrelgrootte en stroomsnelheid nog weinig toegevoegde waarde. In vier combinatiefiguren zijn de resultaten weergegeven.
Wel is goed te zien dat een toevoeging van M (M16) of Vw (Vwat) aan A2 of D1 (Dvt1) een soms zelfs forse verbetering te zien geeft.

Overige waarnemingen (zie bijlage A7.4.2 voor de figuren)

Voor de 'GPS'- waarnemingen geldt hetzelfde als hierboven, met de toevoeging dat de overeenkomst tussen voorspelling en waarnemingen in het algemeen er nog beter uitziet dan die bij de 'RIVO4'-waarnemingen. Voor 'Dijkema'- en 'Punt'-waarnemingen geldt dat er een behoorlijk grote discrepantie bestaat tussen waarnemingen en voorspelling van de trefkansen. Alle functies discrimineren meer tussen de verschillende trefkansen dan de waarnemingen toelaten.

7.4.3 Modellen gebaseerd op Dijkema-data

Dijkema-waarnemingen, Figuur 57

De modellen A2M, A2V, D1V, A3M en A3V voldoen alle vijf vrij redelijk, maar zij tonen vrij weinig verschil in trefkans tussen de goede en slechte gebieden. De vier functies waarbij met de golfwerking (G) gecombineerd is, tonen een veel betere discriminatie, maar een slechtere overeenkomst tussen voorspelling en waarneming voor de beste gebieden.
Ook geldt dat een combinatie van functie in het algemeen beter voldoet dan elk van de functies alleen.

Overige waarnemingen (zie bijlage A7.4.3 voor de figuren)

De Punt-waarnemingen volgen in grote lijnen het hierboven geschetste beeld. RIVO4-data en GPS-data worden slecht voorspeld, waarbij evenals in §7.3 gezien kan worden dat de combinaties met de golffunctie volgens het model veel minder discrimineren dan volgens de waarnemingen. Bij de GPS-data is dat nog mooier te zien dan bij de RIVO4-data. A2M voldoet ook goed, maar toont relatief weinig verschil tussen de beste en de slechtste gebieden.

Figuur 57 (vorige bladzijde) Modelberekeningen met twee variabelen als stuurgrootheid, op basis van Dijkema-data. Vergelijking met waarnemingen van Dijkema, overige zie bijlage 7.4

7.5 Combinatie van alle functies

7.5.1 Modelcombinaties

Uit de secties 7.3 en 7.4 is duidelijk geworden dat de beschrijvingen waarbij de golfwerking werd meegenomen het duidelijkst onderscheid te zien geeft tussen goede en slechte gebieden. De beschrijvingen waarin afstand tot de geulrand dan wel droogvaltijden een rol spelen leveren de mooiste overeenkomst tussen model en waarnemingen op, maar discrimineren veel minder goed. In alle gevallen voegen de mediane korrelgrootte en de maximale stroomsnelheden wat toe aan de beschrijvingen, maar het zijn niet de primair sturende variabelen.

De reden om de afname van trefkans te overrulen bij kleiner wordende afstand tot de geul (A1, A3) en kleiner wordende droogvaltijd (D2) is dat er door ons mee rekening gehouden werd dat dit óf op de een of andere manier een artefact was in de waarnemingen, óf dat het werkelijk wel bestond (en dat is ook wel de meest reële veronderstelling) maar dat dit nú weliswaar het geval was, maar dat dit voor mosselbanken zelf (door de tijden heen, en over alle wadgebieden gezien) mogelijk een minder normale situatie genoemd mag worden. Het ging er in eerste instantie immers om aan te geven welke gebieden het meest kansrijk moesten worden genoemd, en dan is een dergelijke aanpassing in de modelvergelijkingen niet onrealistisch. Overigens wordt hierop in de discussie (§7.8.3) op terug gekomen

19 Opmerkingen bij de gebruikte modellen

Omdat het aantal combinaties wanneer drie variabelen worden meegenomen erg groot wordt, en er slechts een geringe verbetering ten opzichte van de in sectie 7.4 besproken gevallen verwacht wordt, zijn hier alleen de 'volledige' modellen besproken. Dit zijn de acht mogelijke combinaties, waarbij er twee zijn waarbij de afstand tot de geulrand geen rol speelt (D1A0 en D2A0), en zes waarbij dat wel het geval is (D1A1, D2A1, D1A2, D2A2, D1A3, D2A3). Zo'n combinatie van 8 bestaat er voor elke dataset (RIVO4, etc); er zijn dus 32 verschillende gevallen onderzocht. De aanduidingen G, M en Vw zijn niet langer vermeld. Voor alle modellen is onderzocht in hoeverre ze in staat zijn te discrimineren tussen gebieden van verschillende geschiktheid voor mosselbanken, en hoe goed de ligging van de mosselbanken beschreven wordt.

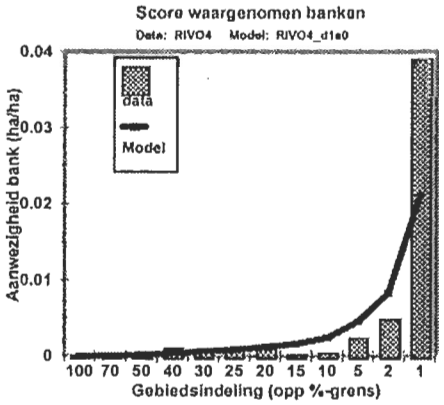
7.5.2 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de RIVO4-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema

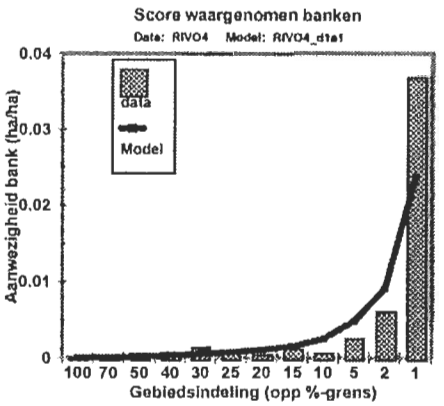
In Figuur 58 is weergegeven hoe goed de 8 geproduceerde modellen die gebaseerd zijn op de "RIVO-4"-gegevens passen bij de waargenomen waarnemingskansen op een mosselgebied.

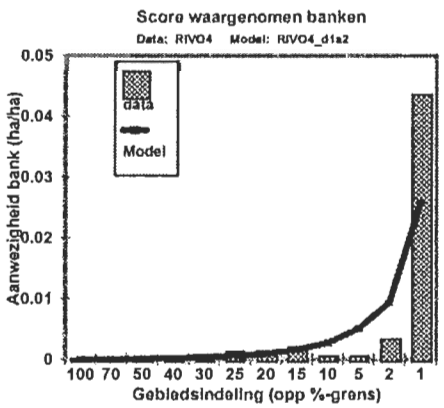
Al de modellen wijzen op een concentratie van mosselgebieden in de beste 5% van het Waddengebied; de RIVO-4-waarnemingen wijzen zelfs nog sterker in die richting.

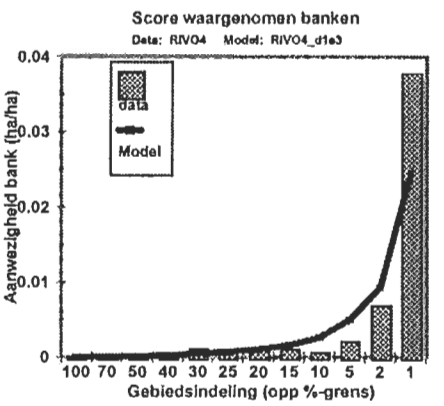
Voor de "GPS"-data (bijlage 7.5) geldt min of meer hetzelfde; dit was uiteraard ook te verwachten omdat de bestanden grotendeels betrekking hebben op het zelfde banken-bestand. Omdat het totaal GPS-gebied 110 ha, en het RIVO4-gebied 101.5 ha omvat zijn de berekende trefkansen in bijlage 7.5 iets hoger dan in Figuur 58.

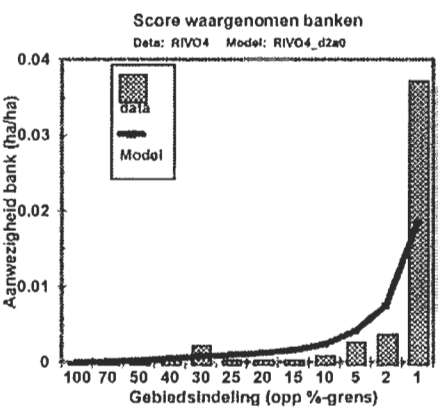
Figuur 58 (volgende pagina) Modelberekeningen met alle variabelen als stuurgrootheid, op basis van RIVO4-data. Vergelijking met waarnemingen van RIVO4, overige zie bijlage 7.5

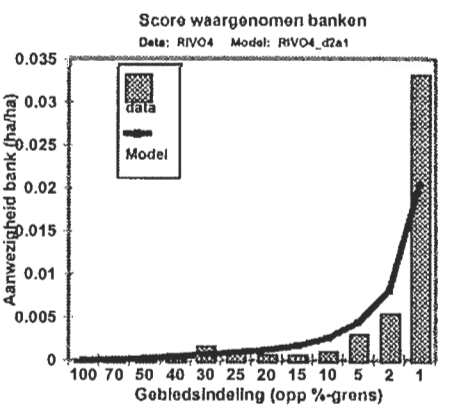

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

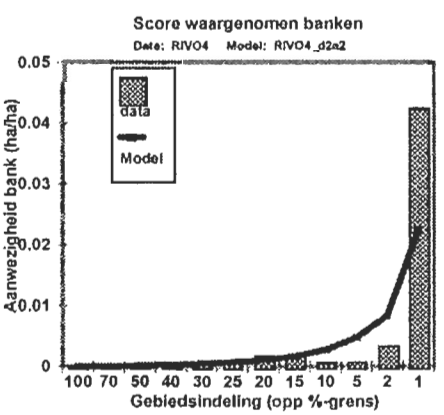

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

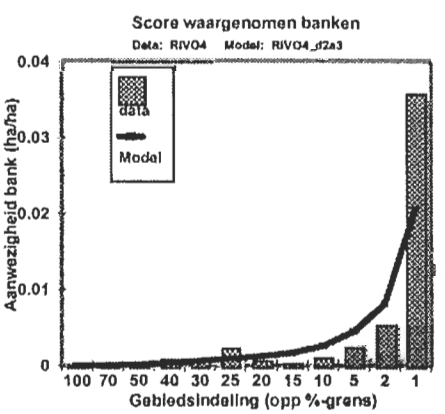

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d1a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

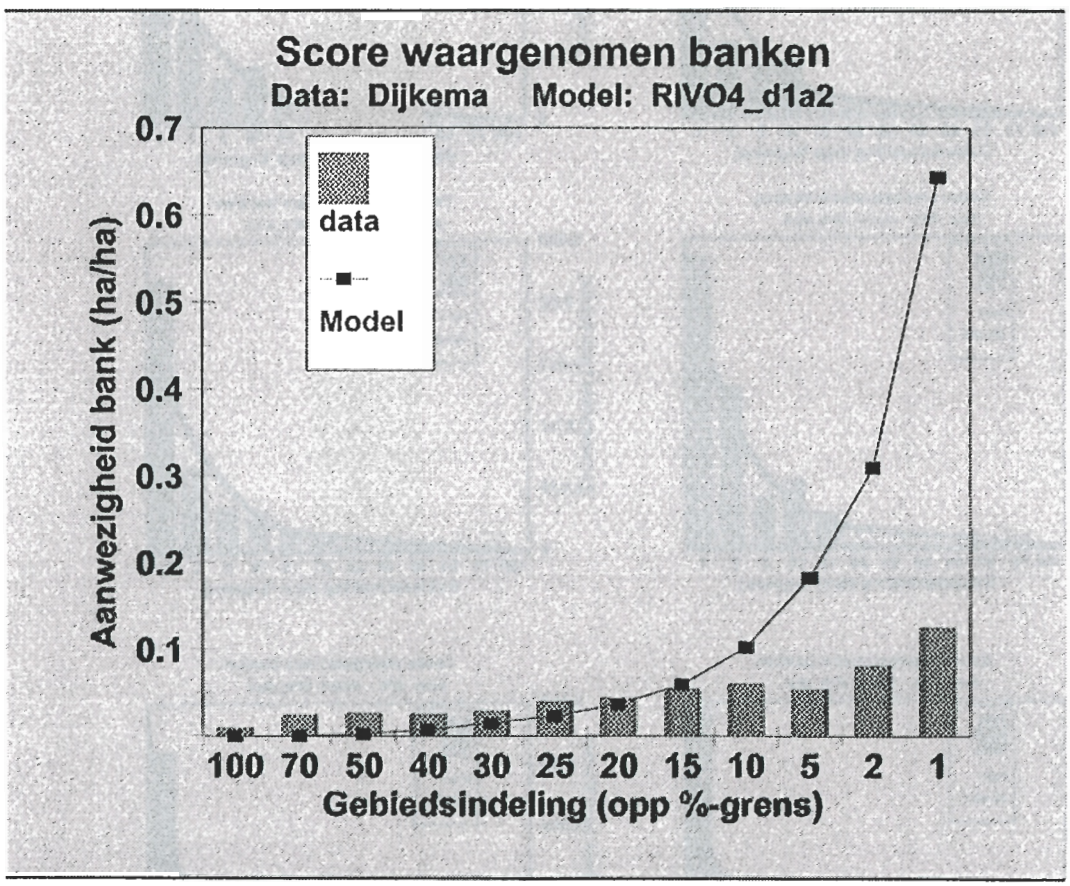

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

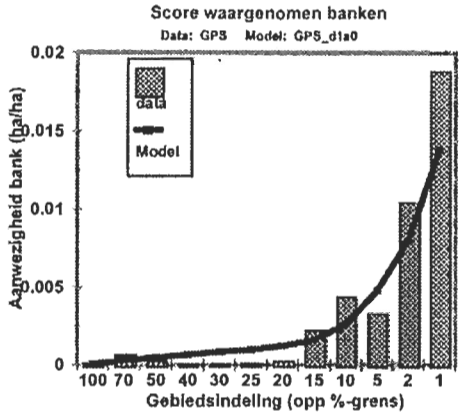

Score waargenomen banken
Data: RIVO4 Model: RIVO4_d2a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

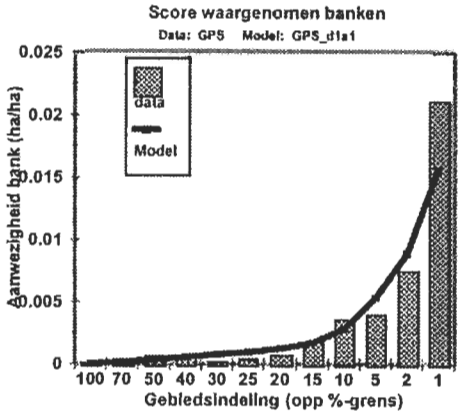
Geheel anders ziet het beeld eruit wanneer naar de Dijkema- en de Punt-data gekeken wordt. In Figuur 59 is de "beste" overeenkomst RIVO4-model <-> Dijkema-data weergegeven (de overige zijn in de bijlage 7.5 opgenomen). Hieruit blijkt dat de rangorde wel vrij redelijk voorspeld wordt, maar dat de trefkans hogelijk overschat wordt: de modellen discrimineren vele meer dan de waarnemingen toestaan. De D1A?-modellen voldoen iets beter dan de D2A?-modellen. Dat beeld is uit de Punt-data minder duidelijk te halen; het lijkt allemaal min of meer even slecht of goed.
De oorzaken van deze verschillen moeten vooral gezocht worden in de veel 'bredere' verspreiding van de Dijkema- en Punt-data (vergelijk Figuur 45 - Figuur 48): een veel groter deel van het Waddengebied zal geschikt worden bevonden.

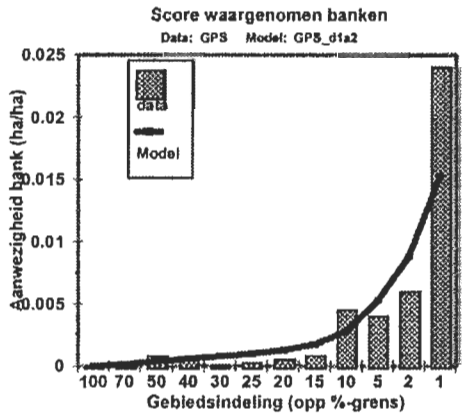
Tussen D?A?-gevallen onderling is ook verschil te zien. Zo is bij de RIVO4-data duidelijk dat dichtbij de geulrand en bij lage droogvaltijden er relatief weinig banken voorkwamen. Bij de D2-, A1- en A3-berekeningen is dit verschijnsel verwijderd, waardoor verwacht mag worden dat een aantal relatiefhooggewaardeerde gebieden weinig banken zullen bevatten; dit is inderdaad ook te zien in Figuur 58 en bijlage 7.5.

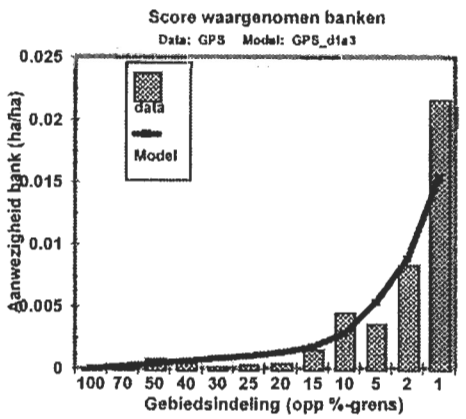


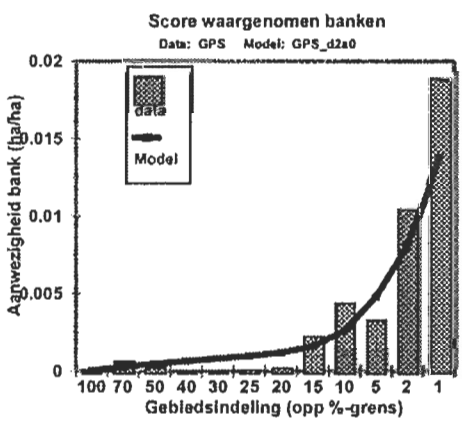
Figuur 59 Vergelijking van de gebiedsindeling zoals berekend met het model RVD1A2 (gebaseerd op RIVO-4 data) en het voorkomen van Dijkema-banken in de onderscheiden geschiktheidsklassen

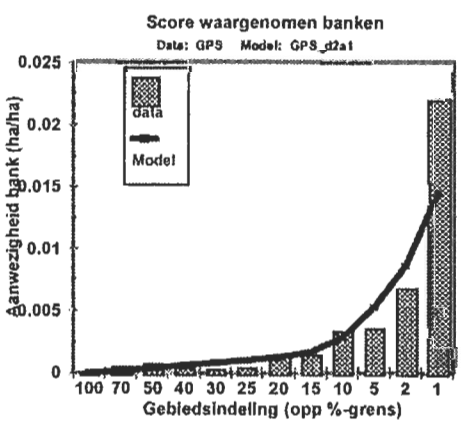

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d1a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

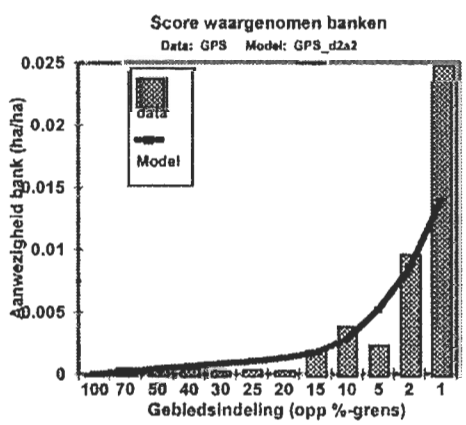

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d1a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

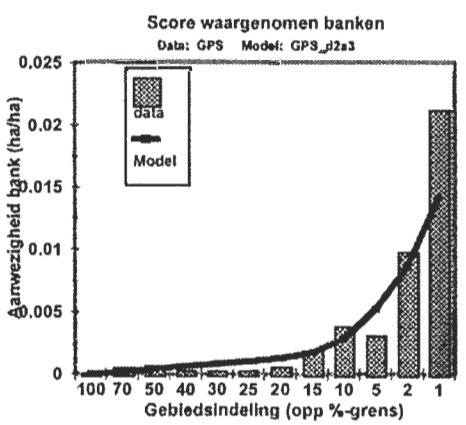

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d1a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d1a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d2a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d2a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d2a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

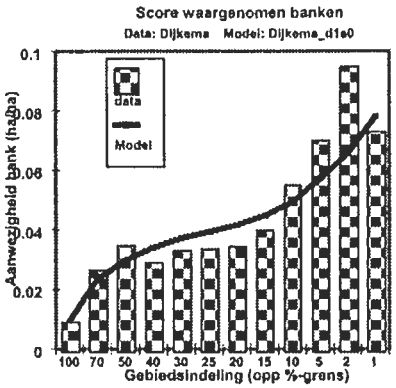

Score waargenomen banken
Data: GPS Model: GPS_d2a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
data
Model
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

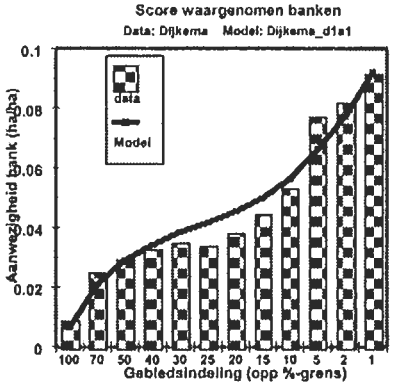
Vooruitgang ten opzichte van de modellen die in sectie 7.4 besproken zijn.
De vraag moet natuurlijk beantwoord worden of het gebruik van een model waarin vier of zelfs al de vijf deelmodellen zijn opgenomen een meerwaarde heeft ten opzichte van een model met twee deelmodellen (zoals in sectie 7.4). De meerwaarde van deze laatste ten opzichte van een enkelvoudig model (sectie 7.3) is overduidelijk; daarom is een vergelijking met die resultaten verder niet relevant.
Omdat in ál de combinatiemodellen de golfwerking is opgenomen, ontstaat er een grote discriminatie tussen gebieden met een grote en een kleine trefkans. Maar blijkbaar versterken stroomsnelheid (Vw) en sedimentsamenstelling (M16) deze discriminatie ook nog eens, want er is een duidelijk verschil te zien met de modellen uit §7.4. Deze extra discriminatie was al duidelijk toen de modellen A2G, A2Vw en A2M met elkaar vergeleken worden (Figuur 56): elke combinatie versterkt het enkelvoudige model A2 (Figuur 54). Op basis van een R^2-analyse (zie vooral §7.9 en bijlage A7.9) zou de voorkeur aan een A2M-model worden gegeven, maar gecombineerd met het discriminatiecriterium (tekstblok 3, pag. 51) resulteert een voorkeur voor een D1A1, D1A3 OF D2A1-model. Hooguit het A2g-model zou een alternatief kunnen zijn.

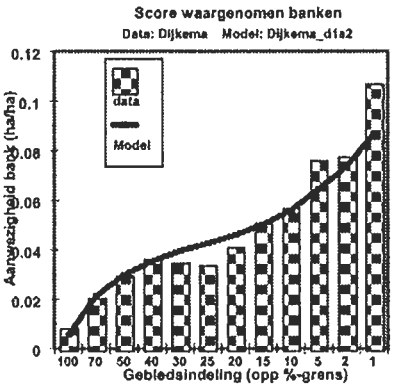
7.5.3 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de GPS-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema

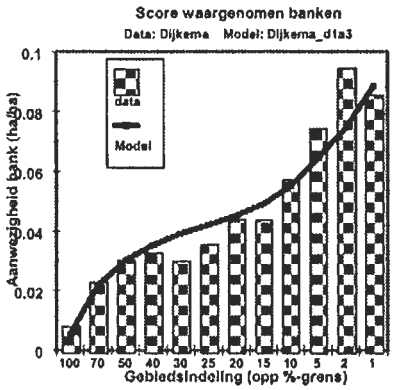
Voor de GPS-data geldt min of meer hetzelfde als voor de RIVO4-analyses; dit was uiteraard enigszins te verwachten omdat de waarnemingen voor een belangrijk deel op dezelfde banken betrekking hebben.
Een vergelijking met modellen uit §7.4 is niet mogelijk omdat daar de GPS-modellen niet aan de orde zijn geweest.
Uit Figuur 59 is duidelijk dat met name model GPS_D1A1 hoog scoort als het er om gaat hoe goed data en model samenvallen; de discriminerende kracht is voor de meeste modellen ongeveer gelijk.
Uit de bijlage 7.5 is eveneens duidelijk dat het GPS-model (net zoas de RIVO4-modellen) niet echt goed in staat is het voorkomen van Dijkema of Punt-banken te voorspellen. De rangorde klopt ongeveer (echter niet precies), maar de discriminatie is maar matig.

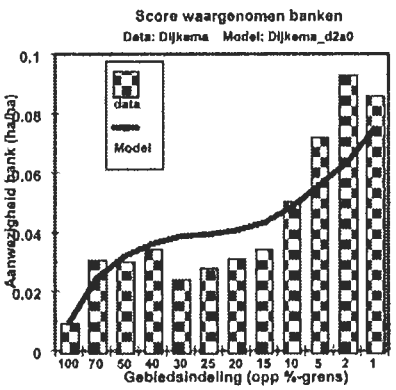
Figuur 60 (vorige pagina) Modelberekeningen met alle variabelen als stuurgrootheid, op basis van GPS-data. Vergelijking met waarnemingen van GPS, overige zie bijlage 7.5

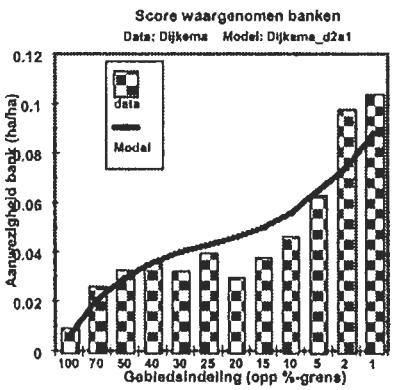

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

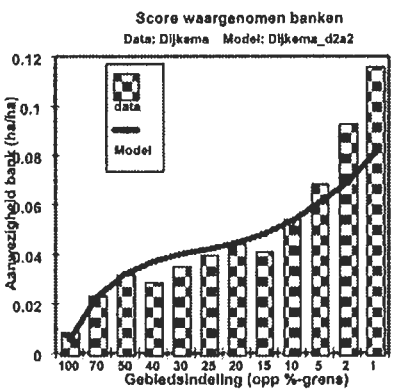

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

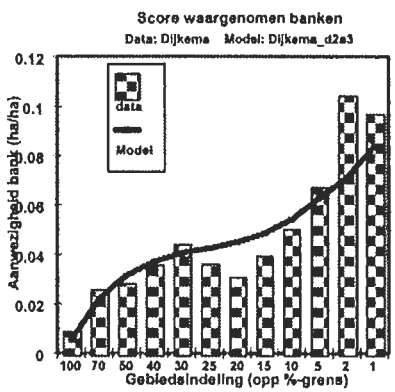

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d1a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2a0
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

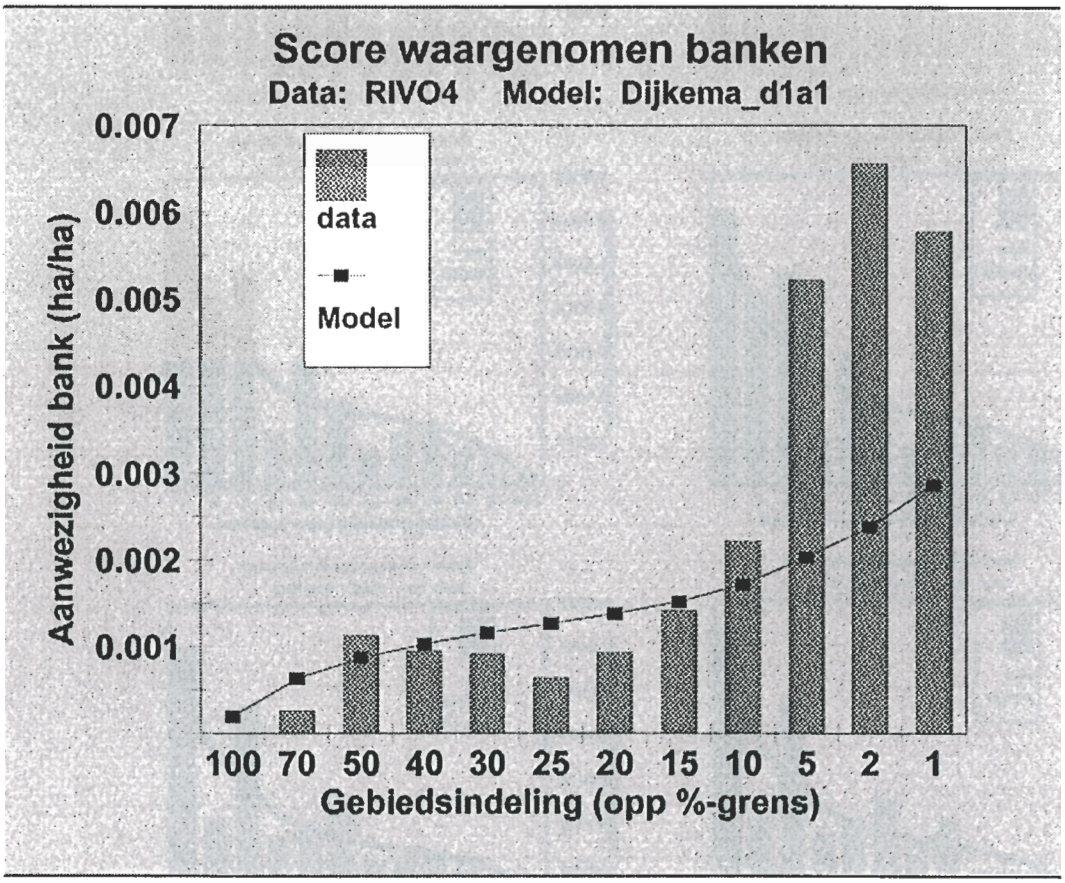

Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2a1
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2a2
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model


Score waargenomen banken
Data: Dijkema Model: Dijkema_d2a3
Aanwezigheid bank (ha/ha)
Gebiedsindeling (opp %-grens)
data
Model

7.5.4 Kwaliteit van de modellen gebaseerd op de Dijkema-data, gerelateerd aan de waarnemingen RIVO4, GPS, MP (Punt) en Dijkema

De modellen gebaseerd op de Dijkema-data (Figuur 62) leveren een heel ander beeld dan de vorige twee groepen. De discriminatie tussen goede en slechte gebieden is aanzienlijk kleiner, maar de overeenkomst tussen voorspelling en feitelijk verdeling van banken over het gebied is heel behoorlijk (onder meer modellen Dijkema_D1A3, -D1A2, -D2A2). Deze drie

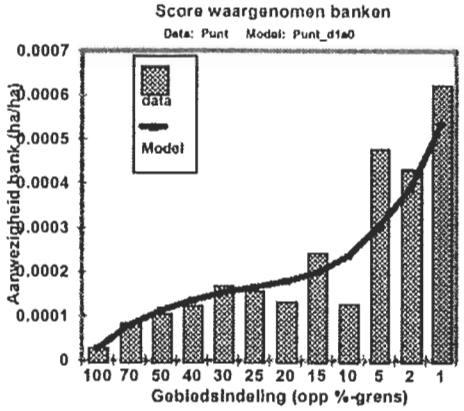


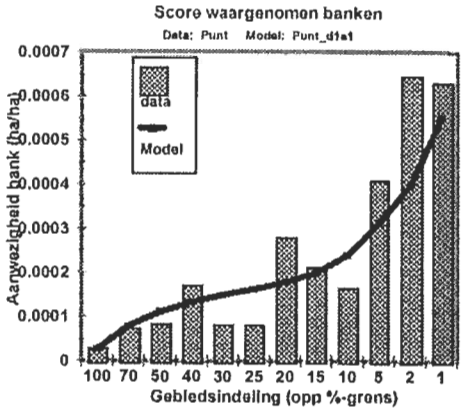
Figuur 61 Vergelijking van de gebiedsindeling zoals berekend met het model KDD1A1 (gebaseerd op Dijkema-data) en het voorkomen van RIVO-4 -banken in de onderscheiden geschiktheidsklassen

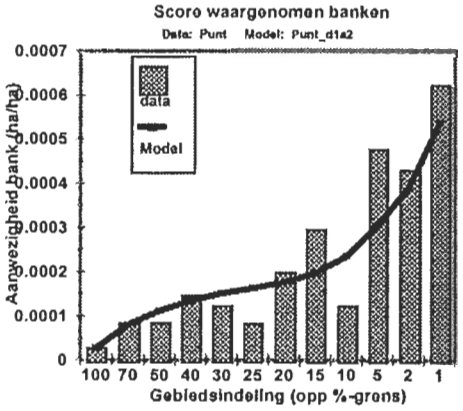
modellen presteren ook redelijk met betrekking tot de Punt-data.

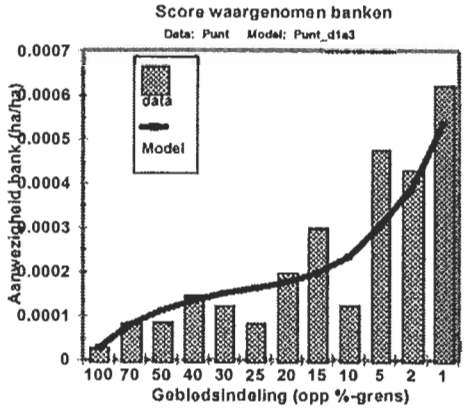
Wordt naar de RIVO4- (Figuur 60 en bijlage 7.5) en de GPS-data (bijlage 7.5) gekeken, dan valt op dat het model veel minder discrimineert dan de verdeling van banken toelaat. De rangorde is evenwel vrij goed. Dit is met name het geval bij het model D1A1 (GPS-data, RIVO4-data).

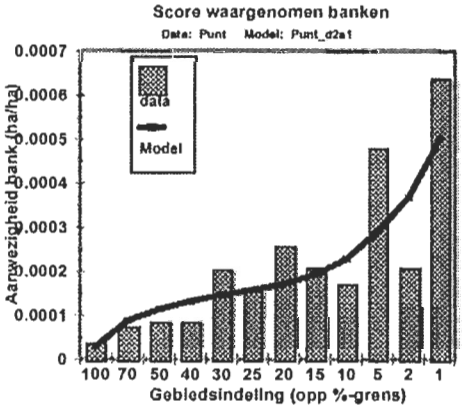
Figuur 62 (vorige pagina) Modelberekeningen met alle variabelen als stuurgrootheid, op basis van Dijkema-data. Vergelijking met waarnemingen van Dijkema, overige zie bijlage 7.5

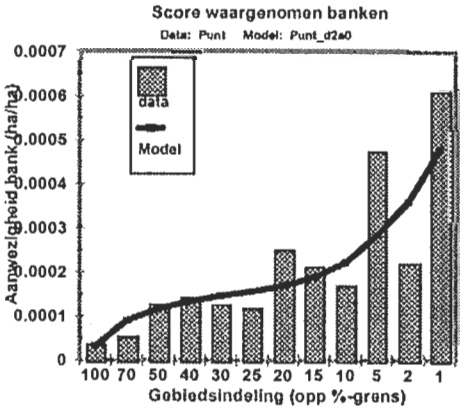

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d1a0
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

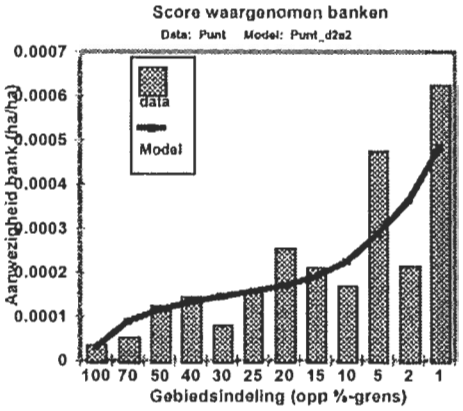

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d1a1
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)

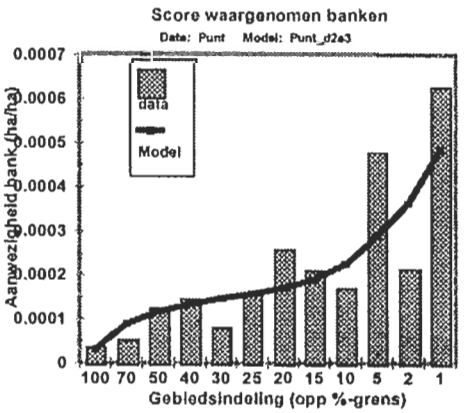

Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d1a2
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d1a3
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d2a1
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d2a0
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d2a2
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)


Score waargenomen banken
Data: Punt Model: Punt_d2a3
data
Model
Aanwezigheid bank (ha/ha)
0.0007
0.0006
0.0005
0.0004
0.0003
0.0002
0.0001
0
100 70 50 40 30 25 20 15 10 5 2 1
Gebiedsindeling (opp %-grens)