# Monitoring effekten van bodemdaling op Ameland-Oost

eerste evaluatie na 8 jaar gaswinning

januari 1995

**Begeleidingscommissie monitoring bodemdaling Ameland**

Opgesteld door:
Waterloopkundig laboratorium
DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

Opdrachtgever:
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen

# Monitoring effekten van bodemdaling op Ameland-Oost

Eerste evaluatie na acht jaar gaswinning

W.D. Eysink, N. Dankers, K.S. Dijkema,
H.F. van Dobben, C.J. Smit en J. de Vlas

Interimrapport

Januari 1995

DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Wageningen en Texel

H 841

waterloopkundig laboratorium | WL

# Voorwoord

Het rapport dat voor U ligt is het resultaat van 7 jaar onderzoek naar de effecten van bodemdaling als gevolg van aardgaswinning op oost-Ameland. Dit is een tussenrapportage; de effecten van de bodemdaling zullen volgens plan tot het jaar 2000 bestudeerd worden. Op dit moment, in 1994, heeft zich naar schatting ruim 75% van de bodemdaling voltrokken, althans in het centrum van het gebied. Na het jaar 2000 zal de bodem naar verwachting maar weinig meer dalen.

Het onderzoek wordt begeleid door de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Deze bestaat uit vertegenwoordigers van het Fryske Gea, het consulentschap NBLF van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, de Directie Noord-Nederland van Rijkswaterstaat, de Nederlandse Aardolie Maatschappij (opdrachtgever) en de gemeente Ameland. Het voorzitterschap berust bij NBLF, het secretariaat bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij.

De Begeleidingscommissie is accoord gegaan met de opzet van het onderzoek, de wijze van uitvoering en de verslaglegging. Daarbij heeft zij grote waardering voor de manier waarop de onderzoekers van het Waterloopkundig Laboratorium en het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek hun werk hebben uitgevoerd. De onderzoeksinstituten en de schrijvers van de verschillende hoofdstukken hebben uiteraard zelf de verantwoordelijkheid voor het technisch-wetenschappelijke gehalte van hun bijdragen. Tegelijkertijd staat de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland achter de gepresenteerde resultaten en conclusies.

Het is met opzet, dat de Commissie heeft besloten om juist nu, ongeveer halverwege de looptijd van het totale onderzoek, een evaluatie te geven van alle beschikbare resultaten. Niet eerder, want op basis van het WL/RIN-vooronderzoek (Gaswinning op Ameland-oost, effekten van de bodemdaling, april 1987) werd verwacht dat trends in kustontwikkeling, vegetatie en fauna pas in de loop van een aantal jaren zichtbaar zouden kunnen worden. In grote lijnen blijkt dat ook te kloppen. Maar ook niet later, want juist op basis van de nu uitgevoerde analyses kan (en zal) het monitoringsprogramma worden aangepast om in het jaar 2000 met een zo goed en volledig mogelijk eindrapport te kunnen komen.

Het is mij bekend, dat er met enig ongeduld is uitgezien naar dit rapport. Niet alleen vanwege Ameland, maar ook omdat op andere plaatsen in het waddengebied bodemdaling optreedt of verwacht wordt. Bovendien bestaat de kans op versnelde zeespiegelstijging in de toekomst. In beide gevallen zouden vergelijkbare effecten kunnen optreden en zouden vergelijkbare monitoringsprogramma's nodig kunnen zijn. Ik hoop en vertrouw, dat het onderzoek op Ameland hierin een voortrekkersfunctie zal vervullen.

De voorzitter van de begeleidingscommissie,

dr. J. de Vlas

## Een woord van dank

Het monitoringsonderzoek naar de effekten van bodemdaling door gaswinning op Ameland-oost omvat een groot gebied en vele aspekten. Het verzamelen van de vele gegevens, vooral in het veld, was daarom alleen mogelijk dank zij de welwillende medewerking van mensen van verschillende instanties en de enthousiaste inzet van alle medewerkers. Via deze weg willen wij gaarne onze dank betuigen aan de betrokken medewerkers van (in willekeurige volgorde):

- De Vennoot,
- Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland en hun mensen op Ameland,
- Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat,
- It Fryske Gea en in het bijzonder hun opzichter op Ameland de heer R.T. Kiewiet,
- Waterleidingbedrijf Friesland,
- NBLF-Friesland, en last but not least
- de NAM en de door hen ter beschikking gestelde landmeetploeg, ook als dit soms extra werk betekende.

Zonder de bereidwillige medewerking en/of het beschikbaarstellen van gegevens zou dit monitoringsonderzoek niet in deze omvang mogelijk zijn geweest. Hiervoor nogmaals onze hartelijke dank.

Tenslotte willen wij hierbij ook onze waardering en dank betuigen voor de leden van de begeleidingscommissie voor dit onderzoek. Zij hebben het onderzoek kritisch gevolgd, doch zijn hierbij steeds positief en opbouwend te werk gegaan. Op deze wijze was het mogelijk om gezamenlijk tot een optimaal resultaat te komen. Wij hopen dat dit interimrapport voor iedere belanghebbende een goed beeld verschaft van de veranderingen die in het gebied gaande zijn en van de invloed die de bodemdaling door gaswinning hierop heeft.

# Inhoud

**Lijst van tabellen**
**Lijst van figuren**

blz.

**1 Inleiding** . . . . . 1

1.1 Doel van het onderzoek . . . . . 1
1.2 Opdracht . . . . . 1
1.3 Samenvatting en konklusies . . . . . 3

**2 Bodemdaling** . . . . . 9

2.1 Voorspellingsmethode . . . . . 9
2.2 Berekende bodemdaling . . . . . 10
2.3 Meettechnieken en waargenomen bodemdaling . . . . . 11
2.4 Vergelijking voorspelde en gemeten bodemdaling . . . . . 12

**3 Overige relevante abiotische faktoren** . . . . . 15

3.1 Algemeen . . . . . 15
3.2 Waterstanden . . . . . 15
3.3 Neerslag en verdamping . . . . . 19
3.4 Grondwaterstanden en PQ's . . . . . 20
3.5 Grondwaterkwaliteit . . . . . 22
3.6 Konklusies . . . . . 24

**4 Effekten bodemdaling op de morfologie** . . . . . 25

4.1 Algemeen . . . . . 25
4.2 Noordzeekust . . . . . 26
4.3 Friesche Zeegat en De Hon . . . . . 28
4.4 Waddenzee . . . . . 29
4.5 Kwelders Nieuwlandsrijd en De Hon . . . . . 30
4.6 Duingebieden . . . . . 32
4.7 Stormvloedgeulen op Ameland-oost . . . . . 32
4.8 Konklusies . . . . . 34

**5 Effekten bodemdaling op de ecologie** . . . . . 37

5.1 Algemeen . . . . . 37
5.2 Ontwikkeling van vogelstand en bodemfauna in de Waddenzee . . . . . 38
5.2.1 Methode . . . . . 38
5.2.2 Aantalsveranderingen in de tijd . . . . . 39
5.2.3 Veranderingen in habitat en geomorfologie . . . . . 42
5.2.4 Konklusies . . . . . 43

# Inhoud (vervolg)


blz.

5.3 Vegetatieontwikkeling op de kwelders . . . . . 44
5.3.1 Algemeen . . . . . 44
5.3.2 Methode kweldermonitoring . . . . . 45
5.3.3 Veranderingen in hoogte en vegetatie . . . . . 45
5.3.4 Veranderingen in overvloedingsfrekwentie, weer en vegetatie 46

5.4 Vegetatieontwikkeling in de duingebieden . . . . . 48
5.4.1 Materiaal en methoden . . . . . 48
5.4.2 Resultaten en konklusies . . . . . 49

5.5 Vergelijking van de vegetatiekaarten . . . . . 53
5.5.1 Basiskaarten . . . . . 53
5.5.2 Vergelijking van de basiskaarten . . . . . 53
5.5.3 Resultaten . . . . . 54

**6 Bijzondere aspekten** . . . . . 57

6.1 Hogere overvloedingsfrekwentie Nieuwlandsrijd . . . . . 57
6.2 Polder Buurdergrie (Zwartwoude) . . . . . 58
6.3 Drinkwaterwinning in Buurderduinen . . . . . 59
6.4 Konklusies . . . . . 61

**Referenties**

**Tabellen**

**Figuren**

**Appendices:**
1 - **Methode Makkink; berekeningsmethode voor potentiële evapotranspiratie**
2 - **Veranderingen in vogelaantallen in het bodemdalingsgebied Ameland in vergelijking tot omringende wadgebieden**
3 - **Vegetatietypen op de kwelder**
4 - **Multivariate analyse van de kwelder-pq's**
5 - **Statistische methoden**
6 - **Multivariate analyse**

# Lijst van tabellen


1.1 Voorstel monitoringsprogramma Ameland
1.2 Tijdschema van het onderzoek (indeling per onderwerp)

2.1 Gekorrigeerde en herleide nulnivo's voor bodemdaling

3.1 Hoogwateroverschrijdingsgegevens Nes
3.2a-j Neerslag en verdamping voor Ameland, 1984-1993
3.3 Filterdiepten van grondwaterbuizen
3.4 Resultaten van beperkte analyse per grondwatermonster
3.5 Resultaten van de uitgebreide analyse van grondwatermonsters van geselekteerde lokaties

4.1 Meetgegevens van opslibbingsplaten in de kwelders

5.1 Overzicht gegevensbestand van de permanente kwadraten (pq's) in de kwelders van Ameland-oost
5.2 Procedures voor het berekenen van maaiveldhoogtes
5.3 Ondergrenzen van de vegetatiezones op Ameland (in mm) volgens de effekten-prognose in Dankers et al. 1987
5.4 Samenvatting van veranderingen in de kwelder-pq's
5.5a Veranderingen in de pq's in de pionierzone van de kwelder
5.5b Veranderingen in de pq's in de lage kwelder
5.5c Veranderingen in de pq's in de middenzone van de kwelder
5.5d Veranderingen in de pq's in de hoge kwelder
5.6 Schalen gebruikt voor abundantieschattingen in het veld
5.7 Konversietabel van de in het veld gebruikte abundantieschalen naar de bij de verwerking gebruikte abundantieschaal
5.8 Namen en kodes voor de soorten, met aantallen vondsten in de drie jaren
5.9a Vegetatietabel van de pq's in 1992
5.9b Verklaring van de pq-nummers en het volgnummer uit Tabel 5.10A
5.10 Gemiddelde Ellenbergwaarden voor de vier vegetatietypen in 1992, en de signifikantie van het verschil tussen de typen bepaald met ANOVA
5.11 Verandering in gemiddelde abundantie over twee perioden
5.12 Verandering in gemiddelde Ellenbergwaarde over twee perioden
5.13 Vegetatiezones opgesteld door het IBN (Ameland 1988 en 1993)
5.14a Successie en regressie op De Hon (ha)
5.14b Oppervlaktes De Hon 1993
5.15a Successie en regressie op het Nieuwlandsrijd
5.15b Oppervlaktes Nieuwlandsrijd

6.1 Totaal kwelderoppervlak dat in een gemiddeld graasseizoen (gesommeerd) onderloopt tijdens extreme hoogwaters
6.2 Gegevens grondwateronttrekking op Ameland

# Lijst van figuren


2.1 Oorspronkelijk geplande en werkelijke gasproduktie van het Ameland-veld
2.2 Bodemdalingsvoorspellingen Ameland 1985 en 1991
2.3 Maximum bodemdaling Ameland als funktie van de tijd
2.4 Nauwkeurigheidswaterpassing Ameland, Peilmerkenkaart
2.5 Nauwkeurigheidswaterpassing Ameland, Bodemdaling 1986-1993
2.6 Bodemdalingsprofielen op Ameland-oost

3.1 Gemiddelde getijkromme Nes
3.2 Maandgemiddelden HW, LW en tijverschil Nes, Schiermonnikoog en Holwerd, 1982
3.3 Maandgemiddelden HW, MSL en LW Nes, Schiermonnikoog en Holwerd, 1988
3.4 Jaargemiddelden HW, MSL en LW West-Terschelling en Nes
3.5 Jaargemiddelden HW en LW Schiermonnikoog en Holwerd
3.6 Relatie tussen MSL en GHW en GLW West-Terschelling
3.7 Gemiddelde getijgegevens van West-Terschelling sinds 1887
3.8 Verloop jaargemiddelden van HW, LW en tijverschil te Delfzijl van 1871-1991
3.9 Gemiddelde getijgegevens van Den Helder sinds 1865
3.10 Hoogwateroverschrijdingslijnen van Nes en Schiermonnikoog
3.11a-f Neerslag en verdamping voor Ameland, 1988-1993
3.12 Raaien voor opslibbings- en vegetatieonderzoek Ameland
3.13a Fluktuaties in grondwaterstand, Peilbuis Da in Raai I
3.13b Fluktuaties in grondwaterstand, Peilbuis 22A in Raai I
3.13c Fluktuaties in grondwaterstand, Peilbuis 7A in Raai IV
3.13d Fluktuaties in grondwaterstand, Peilbuis 21B in Raai VII
3.13e Fluktuaties in grondwaterstand, Peilbuis Ab tussen Raai VII en VIII
3.14a IR/EC-diagrammen van de Raaien I, III en IV
3.14b IR/EC-diagrammen van de Raaien VI en VII
3.15 Koncentratieverloop Ca en Cl in de tijd voor enkele diepe filters in raai VII in 1990 en 1991
4.1 Berekende kustveranderingen met en zonder bodemdaling in geval van periodieke zandsuppletie tussen km 9 en km 17
4.2 Berekende kustveranderingen met en zonder bodemdaling in geval van periodieke zandsuppletie getekend voor de kilometerraaien 16, 20, 23 en 25
4.3 Berekende en waargenomen kustontwikkeling; kmr. 16, 20, 23 en 25
4.4 Gemeten en berekende kustverandering voor de ijkperiode 1950 tot 1986
4.5 Verloop posities gemiddeld hoog- en laagwaterlijn; strandraai 23
4.6 Vergelijking van verschillende parameters als grootheid voor het kustgedrag tussen 1980 en 1993
4.7 Berekende kustveranderingen met en zonder bodemdaling en met en zonder herhalingssuppleties voor de periode 1980-2002
4.8 Strandprofielen km 23
4.9 Strandprofielen km 25
4.10 Verloop posities gemiddeld hoog- en laagwaterlijn; strandraai 20
4.11 Bodemliggingen in het Friesche Zeegat in 1970 en 1987
4.12 Bodemliggingen in het Friesche Zeegat in 1987 en 1991
4.13 Gedrag uiterste oostpunt van Ameland

# Lijst van figuren (vervolg)


4.14 Verplaatsing van hoogwaterlijn op oostelijk deel van Ameland
4.15 Relatie peil en oppervlak platenareaal met bodemligging boven dat peil
4.16 Peilingen langs raai km 189,8
4.17 Veranderingen rond het wantij van Ameland
4.18 Kombergingsgegevens vloedkom Pinkegat
4.19 Opslibbingsgegevens raai IX op De Hon
4.20 Opslibbingsgegevens raai III op Nieuwlandsrijd
4.21 Opslibbingssnelheden op de kwelders Nieuwlandsrijd en op De Hon
4.22 Relatie inundatiediepte Nieuwlandsrijd met de opslibbingssnelheid in 1962-1986
4.23 Ontwikkeling kwelderprofiel langs raai IX op De Hon
4.24 Ontwikkeling duingebied ten noorden van de Kooioerdstuifdijk
4.25 Langsvariatie duinhoogte Ameland; resultaat analyse JARKUS-raaien
4.26 Hoogtekaart De Hon, waterpassing 1988
4.27 Hoogtekaart De Hon, waterpassing 1993

5.1a-i Hoogteligging, opslibbing en vegetatietypen van de pq's in de kwelders op Ameland-oost
5.2 Vegetatietypen van kwelders in Nederlandse, Duitse en Deense Waddenzee naar Dijkema (1983) en Dijkema en Bossinade (1990)
5.3 Ordinatiediagram verkregen met DCA op de gegevens uit 1992
5.4 Ordinatiediagram verkregen met DCA op de gegevens uit alle drie jaren samen
5.5 Verwachte en gevonden verandering in overvloedingsfrekwentie
5.6 Zoneringen Nieuwlandsrijd 1988
5.7 Zoneringen Nieuwlandsrijd 1993
5.8 Zoneringen De Hon 1988
5.9 Zoneringen De Hon 1993
5.10 Regressie Nieuwlandsrijd
5.11 Successie Nieuwlandsrijd
5.12 Regressie De Hon
5.13 Successie De Hon

6.1 Hoogtekaart Nieuwlandsrijd, waterpassing 1986
6.2 Hoogtekaart Nieuwlandsrijd, waterpassing 1994
6.3 Relatie kwelderoppervlak Nieuwlandsrijd met de bodemligging onder aangegeven peil
6.4 Hoogtekaart polder Buurdergrie en situatie waterstandmeting in dijksloot bij Zwartwoude

# 1 Inleiding

## 1.1 Doel van het onderzoek

In het eerste jaar na het begin van gaswinning op Ameland-oost in januari 1986 is in opdracht van de NAM een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de effekten van de bodemdaling als gevolg van deze gaswinning. Dit onderzoek is uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) in samenwerking met het voormalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN, nu IBN) en gerapporteerd in de WL-rapporten H114 dd. april 1987 en februari 1993.
Dit onderzoek is uitgevoerd onder toezicht van een begeleidingskommissie waarin vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat-Friesland, Provinciale Waterstaat-Friesland (PWS), Staatstoezicht op de Mijnen, Gemeente Ameland, Natuur, Milieu en Faunabeheer (NMF) en van de NAM zitting hadden.
Het hier vermelde onderzoek had als doel het inventariseren en bestuderen van alle mogelijke effekten van de door de NAM voorspelde bodemdaling en het aangeven van mogelijke mitigerende maatregelen. Uiteindelijk heeft dit geleid tot prognoses/verwachtingen van een aantal aspekten, zoals kustontwikkeling, vegetatieveranderingen in kwelders en duinen, en schadeverwachting voor boeren.

In het in 1987 afgeronde onderzoek door WL en het RIN naar de effekten van de bodemdaling door de gaswinning op Ameland-oost zijn een aantal probleemgebieden naar voren gekomen waar mogelijk nadelige gevolgen kunnen plaatsvinden. Dit kan variëren van situaties waar de gevolgen leiden tot onherstelbare veranderingen, die aanvaard moeten worden, tot situaties waar de gevolgen uitgedrukt kunnen worden in ekonomische schade. In een aantal gevallen is het echter mogelijk om via beheersmaatregelen de schade te herstellen of te beperken.

Teneinde de werkelijke omvang van de nadelige ontwikkelingen in de tijd vast te leggen en om indien nodig tijdig maatregelen te kunnen treffen om ongewenste situaties te voorkomen, werd een goed monitoring programma noodzakelijk geacht. Dit diende de benodigde gegevens te leveren om vervolgens de werkelijke ontwikkelingen en nadelige effekten te kunnen vaststellen.

Het monitoringsonderzoek wordt ook nu weer begeleid door een begeleidingskommissie waarin ditmaal zijn vertegenwoordigd NBLF (Natuur, Milieu, Landschap en Faunabeheer) Friesland (voorzitterschap), NAM (secretariaat), RWS-Directie Noord-Nederland, Gemeente Ameland en It Fryske Gea. PWS laat zich vertegenwoordigen door RWS-Directie Noord-Nederland.

## 1.2 Opdracht

Op verzoek van de NAM (brief TM d.d. 8 oktober 1987) hebben WL en het IBN (toen RIN) gezamenlijk een aanbieding voor het monitoren van de effekten van de bodemdaling op Ameland-oost, als gevolg van gaswinning, gedaan. Na bespreking van deze offerte in de daartoe ingestelde begeleidingskommissie, is deze na enige wijzigingen gehonoreerd (offerte H841 d.d. april 1988), waarbij werd afgesproken dat It Fryske Gea een deel van de gegevensverzameling zou verzorgen.

Het onderzoek is daarna onmiddellijk in 1988 van start gegaan en heeft in principe een looptijd tot het jaar 2000. Gedurende deze periode wordt per jaar opdracht verstrekt voor de geplande aktiviteiten na goedkeuring van de hiertoe ingediende offertes.

WL heeft de algehele leiding van het onderzoek en voert dit uit in samenwerking met het IBN. It Fryske Gea assisteert alleen bij de gegevensverzameling. De resultaten van het onderzoek worden gerapporteerd aan de begeleidingskommissie.

Jaarlijks worden door WL alle in Tabel 1.1 genoemde gegevens verzameld, die in dat jaar beschikbaar zijn gekomen, en na een eenvoudige voorbewerking in een handzame vorm in een verslag gebundeld. Dit verslag wordt op een jaarlijkse bijeenkomst van de begeleidingskommissie toegelicht en besproken.

Naast de jaarlijkse voortgangsrapportage zijn er twee uitgebreide rapportages voorzien, i.e. een interimrapportage halverwege het monitoringsonderzoek in 1994 en een eindrapportage in 2000 na de afronding van de eerste monitoringsfase. Op dat moment zal worden bepaald of een tweede monitoringsperiode van nog eens 10 jaar zinvol is en, zo ja, in welke vorm.

De aktiviteiten van het monitoringsonderzoek omvatten ondermeer:

- Koördinatie van diverse aktiviteiten (zie Tabel 1.2);
- Verzamelen van relevante gegevens die routinematig door andere instanties worden verzameld;
- Verzamelen van noodzakelijke, aanvullende gegevens via metingen, zoals
  - meten grondwaterstanden (maandelijks),
  - meten grondwaterkwaliteit (incidenteel),
  - meten opslibbingssnelheden op kwelders (jaarlijks),
  - meten bodemdaling via waterpassingen (nog jaarlijks).
- Vegetatieopnamen in PQ's in de duinen en op de kwelders (elke 3 resp. 2 jaar);
- Bestuderen van de verzamelde gegevens en
- Rapportage van de bevindingen en aanbevelingen.

Een belangrijke basis voor het monitoringsonderzoek is de vijfjaarlijkse luchtkartering van de vegetatie, die wordt uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. De karteringsvluchten van 1988 en 1993 zijn volgens plan uitgevoerd, zodat ook deze interimverslaggeving volgens het gestelde tijdschema kon worden gemaakt.

Het onderzoek naar de waterloopkundige aspekten is uitgevoerd door ir. W.D. Eysink van het WL.

Het onderzoek naar de ecologische effekten van de bodemdaling is uitgevoerd door dr. N. Dankers, drs. K.S. Dijkema en dr. H.J. van Dobben van het IBN. Dr. J. de Vlas van NBLF-Friesland heeft samen met drs. C.J. Smit van het IBN het effekt op de vogelstand onderzocht.

De eindredaktie van het verslag werd uitgevoerd door ir. W.D. Eysink.

## 1.3 Samenvatting en konklusies

In het kader van het monitoringsprogramma zijn sinds 1988 regelmatig gegevens verzameld die inzicht zouden kunnen geven in de opgetreden bodemdaling door de gaswinning op Ameland-oost en in de gevolgen hiervan. Deze gegevens betreffen de nauwkeurigheids-waterpassingen voor het bepalen van de werkelijke bodemdaling ten opzichte van de voorspelde (Hfdst. 2), gegevens die van belang zijn voor de vegetatie op de kwelders en in de duinen (Hfdst. 3), gegevens die veranderingen in de topografie en de bathymetrie aangeven (Hfdst. 4) en informatie die veranderingen in de vogelstand en de vegetatie aangeven of kunnen verklaren (Hfdst. 5). Tenslotte zijn ook gegevens vezameld waarmee kan worden nagegaan of de bodemdaling kan leiden tot ekonomische schade op de kwelder Nieuwlandsrijd, in de polder Buurdergrie of bij de drinkwaterwinning in de Buurderduinen (Hfdst. 6).

In dit interimverslag is een eerste evaluatie gegeven van de toestand en de bevindingen na acht jaar gaswinning op oost-Ameland. Het onderzoek heeft geleid tot de volgende resultaten en konklusies:

### A - Bodemdaling

In 1985 is er een prognose gemaakt van de verwachte bodemdaling door gaswinning op oost-Ameland die in het centrum een uiteindelijke daling van 26 cm gaf. In 1991 is deze prognose bijgesteld naar aanleiding van betere informatie van de reservoireigenschappen. De uiteindelijke daling in het centrum werd toen op circa 18 cm bepaald.

Metingen laten zien dat de snelheid waarmee de bodem in de buurt van de NAM-lokatie daalt groter is dan voorspeld in 1991. De dalingssnelheid komt zelfs vrijwel exact overeen met de voorspelling van 1985.
Uit de vorm van de bodemdalingsschotel, het verloop van de verwachte en werkelijke gasproduktie en de drukgegevens uit het gasreservoir blijkt echter dat voor de uiteindelijke daling toch de voorspelling van 1991 als de beste moet worden gezien om de volgende redenen:

- De snellere daling wordt veroorzaakt door een grotere gasproduktie dan voorzien en door een slechtere uitwisseling tussen de gasvoerende blokken. Hierdoor daalt de bodem in het centrum van de schotel sneller en blijven de randen achter.
- De drukverlaging in het midden van het reservoir (bij de centrale winput) bedraagt momenteel reeds 75 procent van de maximale drukverlaging. De huidige maximum bodemdaling van circa 14 cm kan daarom uiteindelijk niet verder toenemen dan tot circa 19 cm. Dit komt overeen met de voorspelling van 1991.

Het mag dus worden verwacht dat de snelheid van bodemdaling in het centrum van de schotel in de komende jaren drastisch zal afnemen.

## B - Abiotische faktoren

De waterstandsgegevens van het getijstation Nes, met name de gegevens van hoogwater, zijn representatief voor de waterstanden bij de kwelders Nieuwlandsrijd en De Hon.

Neerslag- en verdampingscijfers zijn belangrijk voor de interpretatie van veranderingen in de vegetatie.

Er is inmiddels veel informatie en inzicht verkregen in het gedrag van het grondwaterpeil op Oost-Ameland. De jaarlijkse fluktuaties in de verschillende peilbuizen zijn vergelijkbaar en zijn vrij groot; afhankelijk van de jaarlijkse regenval varieert deze fluktuatie tussen circa 0,5 m en circa 1 m. De grondwaterspiegel op oost-Ameland is vrij vlak met flauwe gradiënten van hoger gelegen gebieden naar lagere gebieden. De daling en rijzing van de grondwaterspiegel over het jaar gebeurt overal in min of meer dezelfde mate (evenwijdige verschuiving). Een duidelijke invloed van de bodemdaling is niet herkenbaar.

## C - Morfologie

### Noordzeekust

De sterke dynamiek in het morfologisch gedrag van de Noordzeekust van Ameland maakt het onmogelijk om de relatief geringe invloed van de bodemdaling door gaswinning te herkennen, zeker nu deze nog niet volledig ontwikkeld is.

### Friesche Zeegat en De Hon

De lengte van De Hon is sinds 1980 toegenomen, maar de aangroei blijkt momenteel te stagneren. Het stagneren van de aangroei naar het oosten lijkt het gevolg van natuurlijke geulmigratie van Holwerderbalg en het Pinkegat door erosie in buitenbochten. In hoeverre dit proces, met name in de Holwerderbalg en in de secundaire geul in het zeegat, is versneld door de bodemdaling door gaswinning op Ameland is niet te bepalen. In WL/IBN (1987) is de mogelijkheid genoemd dat de extra zandhonger van de vloedkom van het Pinkegat voor een deel zal worden gekompenseerd door een vertraagde groei van De Hon. In de bodemdalingsvoorspelling van 1985 werd de totale reduktie geschat op 500 m en de vermindering in de aanwas op maximaal 10 m/jaar. De gesignaleerde ontwikkelingen sluiten deze mogelijkheid niet uit.

### Waddenzee

Ook in de Waddenzee maakt de sterke dynamiek in het waddensysteem het onmogelijk om, ook in de toekomst, relatief kleine veranderingen door bodemdaling lokaal te herkennen. Ook indien naar gemiddelde bodemveranderingen of volumeverandering van de vloedkom wordt gekeken, zijn de veranderingen niet aantoonbaar, omdat ze binnen de peilonnauwkeurigheid liggen.

### Kwelders

Alleen op het land is de bodemdaling via waterpassingen duidelijk aantoonbaar. De nauwkeurigheidswaterpassingen geven een goed en nauwkeurig beeld van de bodemdaling door gaswinning. Plaatselijk treedt kompensatie in de maaiveldhoogte op door erosie of sedimentatie.

In januari 1994 bedroeg de bodemdaling door gaswinning op Nieuwlandsrijd circa 8 cm aan de oostzijde van de kwelder aflopend tot 2 cm aan de westzijde. Dit is circa 35 procent van de oorspronkelijk (in 1985) voorspelde bodemdaling. De daling van het maaiveld is veelal minder door kompensatie door opslibbing. Omdat de kwelderrand van Nieuwlandsrijd is gefixeerd met een oeververdediging wordt de kwelder door de bodemdaling niet kleiner.

Op de natuurlijke kwelder op De Hon varieerde de bodemdaling door gaswinning in janurai 1994 van ruim 12 cm bij de NAM-lokatie in het westen tot circa 5 cm op de uiterste oostpunt. Ook hier is door opslibbing de daling van het maaiveld veelal kleiner dan de bodemdaling door gaswinning.
Aan de wadzijde is de GHW-lijn voornamelijk als gevolg van erosie naar het noorden opgeschoven. De kwelderrand is echter niet of nauwelijks verplaatst.

De opslibbing op de kwelders is afhankelijk van het kweldernivo en (waarschijnlijk) van de afstand tot de Waddenzee of een kwelderkreek. Op de lage kwelders (lager dan NAP +1,25 m) is de bodemdaling in het algemeen meer dan gekompenseerd door opslibbing. Op de hogere kwelder neemt de kompensatie geleidelijk met het toenemende nivo en de grotere afstand tot de Waddenzee af tot 0 op een nivo van 2 m boven NAP relatief dicht bij de kust of 1,7 m boven NAP op grotere afstand van de zee. In het algemeen wordt de kwelder dus iets afgevlakt.

### Duingebieden en polders

De zeereep en de jonge duintjes op De Hon zijn relatief zeer dynamisch en de effekten van bodemdaling zijn hier volledig ondergeschikt aan de natuurlijke dynamiek.

Het vegetatieonderzoek in de duinen is voornamelijk uitgevoerd in de oudere, inaktieve duinen met een sterke begroeiïng. Hier vindt nauwelijks zandtransport plaats, zodat de bodemdaling door gaswinning hier vrijwel overeen zal komen met de daling van het maaiveld. De bodemdaling zal in principe dus leiden tot een permanente verlaging van het duinlandschap.

In de polder Buurdergrie vindt geen sedimenttransport plaats. Het maaiveld van de weilanden zal dus permanent met de bodemdaling door gaswinning worden verlaagd. In januari 1994 was de bodemdaling daar minder dan 2 cm.

### Stormvloedgeulen

Uit de beschikbare gegevens en de fotopanorama's vanaf drie lokaties op De Hon kan geen reëel gevaar voor een doorbraak van de zee door bodemdaling worden afgeleid. Slechts op één plaats werd enige, niet verontrustende ontwikkeling gezien als gevolg van stroming over De Hon tijdens een zware storm.

## D - Ecologie

### Vogels

De mogelijke effekten van bodemdaling op oost-Ameland op de vogelstand is geëvalueerd nadat andere invloeden dan bodemdaling zo veel mogelijk uit de telgegevens zijn geëlimineerd. Daartoe zijn de ontwikkelingen in de vogelaantallen eerst vergeleken met de ontwikkelingen in andere gebieden, waar de bodem niet daalt. Vervolgens is nagegaan welke andere omstandigheden op het Amelander wad zijn veranderd en in hoeverre eventuele veranderingen in de vogelstand daardoor zijn veroorzaakt. Uiteindelijk bleven dan de aantalsveranderingen over die eventueel aan bodemdaling kunnen worden toegeschreven.

De aantalsontwikkeling van de vogelsoorten op oost-Ameland komt grotendeels overeen met meer algemene trends en kan in verreweg de meeste gevallen verklaard worden aan de hand van ontwikkelingen die los staan van bodemdaling. Hetzelfde kan gezegd worden van ontwikkelingen in de bodemfauna. De grootste veranderingen zijn voldoende te verklaren aan de hand van gegevens over broedval van schelpdieren en de effekten van schelpdiervisserij.

Voor wat betreft de vogels blijkt verder dat er ook verschillen zijn tussen de vergelijkingsgebieden onderling, ook wanneer daar geen sprake is van bodemdaling (in dit geval bijvoorbeeld tussen Terschelling en de gehele Nederlandse Waddenzee). Daarom moet gekonkludeerd worden dat de verschillen in aantalsontwikkelingen van vogels tussen oost-Ameland in vergelijking met andere gebieden binnen de variaties vallen die van nature mogelijk zijn.

### Kweldervegetatie

De faktoren, die bepalend zijn voor het type vegetatie op een kwelder, zijn de hoogteligging van het maaiveld, ontwatering van de bodem en het zoutgehalte van het bodemvocht. Het zoutgehalte wordt bepaald door de regenval en het aantal overvloedingen per jaar of groeiseizoen. Meer regen geeft verzoeting en meer overvloedingen verzilting. Het aantal overvloedingen is gerelateerd aan de hoogteligging van het maaiveld en (min of meer) het nivo van GHW.

De hoogte van het maaiveld van de kwelders heeft als gevolg van de bodemdaling een achterstand opgelopen. Dit geldt niet voor de laagste zones van de kwelder en de delen die het dichtst bij de Waddenzee of de kreken zijn gelegen, omdat daar de meeste opslibbing plaatsvindt. Het achterblijven van de opslibbing bij de bodemdaling heeft nauwelijks gevolgen voor de kweldervegetatie in 51 proefvakken (pq's) gehad, omdat 1) tegelijkertijd de jaargemiddelde hoogwaters zijn gezakt en 2) de bodemdaling meestal onvoldoende was om een kritische ondergrens van kwelderzones te bereiken.

Met behulp van vereenvoudigde vegetatiekaarten kon in één oogopslag duidelijk worden gemaakt of er grote veranderingen op de kwelders hebben plaatsgevonden. Dergelijke grote veranderingen zijn er niet geweest. De meeste veranderingen worden verklaard door verschillen in de interpretatie van de vegetatie in 1988 en 1993. Bodemdaling heeft in de vegetatieveranderingen geen grote rol gespeeld, hooguit voor enkele hectares met regressie (= verandering van de vegetatie van hogere naar lagere zones) op het midden van De Hon.

Mogelijk zou zonder bodemdaling meer successie (= verandering van de vegetatie van lagere naar hogere kwelderzones) zijn opgetreden.

Door de gehanteerde vereenvoudiging van de vegetatiekaarten gaat een deel van de informatie verloren. Deze detailinformatie is wel in de analyse van de pq's te vinden. Indien de veranderingen in de pq's daartoe aanleiding zouden geven is te overwegen in de volgende rapportage een gedetailleerde kaartvergelijking te maken. Daarbij zou dan ook de verbeterde interpretatie van de kaart uit 1988 moeten worden betrokken.

Het hangt van de kombinatie van de verdere bodemdaling en de toekomstige jaargemiddelde hoogwaters af of en hoe de kweldervegetatie in de nabije toekomst op de maaiveldveranderingen zal reageren. Het monitoringprogramma voorziet in de noodzaak de resultaten te volgen.

### Duinvegetatie

In de duinen zijn evenals op de kwelders vegetatieopnamen gemaakt en wel in 54 pq's in 1986 en in 64 pq's in 1989 en 1992.
In totaal werden 185 soorten gevonden. Sterke veranderingen in aantallen vondsten zijn niet opgetreden. Soorten die in één of twee jaren niet gevonden zijn, waren in de andere jaren meestal in slechts één of twee pq's aanwezig. In de gevallen waarin dit verschil groter is (tot 5 of 6 vondsten in slechts één jaar) betreft het meestal eenjarigen. De enige uitzondering wordt gevormd door de meerjarige *Atriplex portulacoides* (Gewone zoutmelde), die uitsluitend in 1992 in zes pq's is aangetroffen.

Grote discrepanties tussen de verandering in aantal vondsten per soort en de verandering in gemiddelde abundantie (hoeveelheid), die kunnen wijzen op grote verschillen tussen de jaren in wijze van schatten, werden niet gevonden. De veranderingen in gemiddelde bedekking blijkt in het algemeen slechts klein geweest te zijn. Voor 34 soorten bedroeg de relatieve verandering in gemiddelde bedekking meer dan ca. 15%.

Het is niet mogelijk de gevonden verandering in de vegetatie op eenduidige wijze aan òfwel bodemdaling òfwel verandering in zeespiegelregime toe te schrijven. Voor de vegetatie blijkt een vrij kleine verandering tussen 1986 en 1989, en een grotere verandering tussen 1988 en 1992. De verandering in overvloedingsfrekwentie vertoont hetzelfde beeld: een geringe afname tussen 1986 en 1989, en een vrij sterke toename tussen 1989 en 1992. Dit patroon wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de veranderingen in overvloedingsfrekwentie en hoogteligging tussen 1986 en 1992 elkaar min of meer kompenseerden (beide daling), terwijl zij tussen 1989 en 1992 elkaar juist versterkten (meer overvloedingen gepaard gaande met bodemdaling). Het is daarom niet uit te sluiten dat veranderingen in de vegetatie van de zilte duinvaleien deels veroorzaakt zijn door bodemdaling.

Hierbij moet nog worden aangetekend dat de in 1992 waargenomen veranderingen deels ook het gevolg kunnen zijn van de droge zomer in dat jaar.

De gevonden veranderingen zijn te klein om vanuit oogpunt van natuurbeheer als gunstig of ongunstig gekarakteriseerd te worden. Gesteld kan worden dat de door Dankers et al. (1987: p. 60) globaal voorspelde verruiging, nivellering en verlaging van de natuurwaarde tengevolge van bodemdaling in de duinvalleien niet is waargenomen.

## E - Effekten op ekonomisch gebruik

### Nieuwlandsrijd

Als gevolg van de bodemdaling is in 1994 de overspoelingsfrekwentie van de kwelder Nieuwlandsrijd in het graasseizoen gemiddeld toegenomen. Als gevolg hiervan is er sprake van een produktieverlies door bodemdaling van maximaal 2% van de kapaciteit in de ongestoorde situatie (exclusief kompensatie door opslibbing).

Het bovenstaande schadepercentage is gebaseerd op langjarig-gemiddelde omstandigheden. Gezien de aanmerkelijke schommelingen, die van jaar tot jaar in de HW-overschrijdingsfrekwenties en in de regencijfers kunnen optreden, is het niet uitgesloten dat de verschillen in de jaarlijkse opbrengsten van de kwelder groter zijn dan de schade door de bodemdaling. Hierdoor kan het formeel aantonen van deze schade moeilijk zijn.

### Polder Buurdergrie (Zwartwoude)

De invloed van bodemdaling op de kans op inundatie bij Zwartwoude tijdens westelijke stormen en op de grasopbrengst is uitgebreid bestudeerd en gerapporteerd in Boer en Eysink (1993). Dit rapport geeft als basis de effekten van een bodemdaling van 10 cm. De werkelijke effekten kunnen via lineaire interpolatie worden geschat.

De werkelijke bodemdaling in de polder Buurdergrie varieerde in januari 1994 van 0,4 à 0,5 cm bij Buren tot maximaal 2 cm in de uiterste oostpunt van de polder. Voor het gebied Zwartwoude lag de bodemdaling toen tussen 1 en 1,5 cm. Het effekt van de bodemdaling op de grasopbrengst blijft hierdoor zelfs op de lage delen van het gebied ruim binnen een procent (geen merkbare invloed). Ook de kans op inundatie verandert nauwelijks. Het aantal dagen van overschrijding van een nivo van NAP +1,30 m (oorspronkelijk) neemt in Zwartwoude gemiddeld toe van circa 0,5 dagen per jaar tot circa 0,65 dagen per jaar. Op een nivo van NAP 1,35 m zijn deze getallen nog een faktor 2 à 3 lager.

### Drinkwaterwinning in Buurderduinen

De beschikbare gegevens geven aan dat in elk geval kustlijnverplaatsingen van 40 à 50 m geen aantoonbare invloed hebben op het chloridegehalte van het gewonnen water uit de Buurderduinen. Dit, in kombinatie met het overheidsbeleid tot handhaving van de kustlijn, leidt tot de konklusie dat Waterleiding Friesland geen nadelige gevolgen van de bodemdaling door gaswinning zal ondervinden.
Daarnaast heeft Waterleiding Friesland inmiddels, door het aanleggen van een drinkwaterleiding vanaf de vaste wal, een aanzienlijke marge in de kapaciteit van de drinkwatervoorziening op Ameland gecreëerd. Ook om deze reden zijn er geen problemen te verwachten. Voorgesteld wordt om dit onderwerp als afgehandeld te beschouwen en verdere gegevensverzameling in dit verband te staken.

# 2 Bodemdaling

## 2.1 Voorspellingsmethode

Bodemdaling in Nederland is een veel voorkomend natuurlijk proces dat al gedurende lange tijd op treedt. Te denken valt hierbij aan natuurlijke inklinking en de isostatische bewegingen waarbij Nederland als geheel daalt en Scandinavië stijgt. Het gaat hier om enkele millimeters per jaar voor geheel Nederland tot lokaal ca. 20 mm/jaar in de IJsselmeerpolders.

Door menselijke aktiviteiten als ontwatering, winning van grondwater, ontginning van vaste delfstoffen (kolen, zout en zand) en gaswinning treedt ook bodemdaling op. Bij de winning van de vaste delfstoffen (zout en kolen) wordt materiaal uit de ondergrond gehaald waardoor in de betreffende lagen holle ruimten ontstaan. Wanneer deze ruimten instorten kan het aardoppervlak ter plaatse aanzienlijk dalen. Bij de winning van gas ligt dat duidelijk anders. Er wordt geen gesteentemateriaal weggehaald, de lagen waarin gas voorkomt blijven intakt; ze worden slechts door de drukdaling in de laag door het gewicht van de bovenliggende lagen enigszins in elkaar gedrukt.

Het aardgas wordt in Noord-Nederland hoofdzakelijk aangetroffen in zandsteenlagen van het Rotliegend op zo'n 3000 m diepte of van het Onderkrijt (Vlielandformatie) op zo'n kleine 2000 m diepte. Deze gesteenten bestaan uit aan elkaar gekitte zandkorrels met plaatselijk klei waartussen zich kleine ruimtes, de poriën, bevinden. In deze poriën bevindt zich het gas (en water) onder hoge druk. Het reservoir bestaat uit min of meer afgesloten blokken waarbinnen de poriën van de gesteentelaag met elkaar in verbinding staan. De blokken zijn gescheiden door breuken. In sommige gevallen zijn deze breuken doorlatend, zodat ook de druk in de aangrenzende blokken kan meedalen. Het reservoir is afgedekt door ondoorlatende lagen als zout en kleisteen die ervoor zorgen dat het gas niet naar boven kan ontsnappen.

De winning van aardgas veroorzaakt een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Hierdoor moet het deel van het gewicht van de bovenliggende sedimenten, dat eerst door de gasdruk werd gedragen, nu ook via de korrelspanning in de zandsteenlaag naar de diepere ondergrond worden overgebracht. Omdat de zandsteen onder de hoge druk al optimaal is gepakt, zal de hogere korrelspanning (vrijwel) alleen nog kunnen leiden tot elastische vervorming van het gesteente. De zandsteenlaag zal zich hierdoor als een stijve veer gedragen, waarbij de veerstijfheid wordt bepaald door de elasticiteit van het gesteente en de dikte van de laag. De stijfheid neemt toe met het afnemen van de dikte van de laag. De lokale samendrukking of kompaktie van de zandsteenlaag kan bij ongewijzigde bovenbelasting worden berekend met de volgende formule, als de afname van de gasdruk, de laagdikte en de elasticiteitskoëfficiënt van de zandsteenlaag bekend zijn:

$$\Delta h = c_m \, h \, \Delta p$$

waarin:

| | | |
|---|---|---|
| $\Delta h$ | : | vertikale samendrukking of kompaktie van het reservoir (m) |
| $c_m$ | : | kompaktiekoëfficiënt (= 0.5 à 0.8 $10^{-5}$ $bar^{-1}$ voor Groningen) |
| h | : | laagdikte gasvoerend gesteente (m) |
| $\Delta p$ | : | afname gasdruk (bar) |

Een komplicerende faktor is dat een deel van het gewicht van de bovenliggende sedimenten via schuifspanningen zijdelings wordt overgedragen naar de aangrenzende ondergrond. Hierdoor wordt de gasvoerende laag iets ontlast en treedt de bodemdaling aan het oppervlak over een groter gebied op en zal gemiddeld ook geringer zijn. Bij een groot gasveld zijn deze randverschijnselen relatief gering en zal de bodemdaling in het midden van het gasveld vrijwel overeenkomen met de kompaktie van het gasvoerend gesteente. Bij een klein gasveld zal de bodemdaling door zijdelingse krachtoverdracht slechts een fraktie van de theoretische kompaktie zijn.

Een ander aspekt is het verloop van de bodemdaling in de tijd. Hierbij speelt ook mee hoe groot de gasdoorlatendheid van het gesteente is, op hoeveel plaatsen gas wordt onttrokken en hoeveel. Bij de NAM wordt reeds vele jaren research verricht en veldonderzoek gedaan om tot een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling van de bodemdaling door gaswinning te komen (NAM, 1990a). Enerzijds is de techniek van het seismologisch onderzoek sterk verbeterd, waardoor de afmetingen en posities van de gasvoerende lagen steeds beter kunnen worden bepaald (drie-dimensionale seismiek) en anderzijds is steeds meer kennis verzameld van de gesteente-eigenschappen, waardoor de betrouwbaarheid van de mathematische voorspellingsmodellen belangrijk is toegenomen.

## 2.2 Berekende bodemdaling

Het Ameland-gasveld is ontdekt in 1964. Het boven-Slochterenzandsteen, waaruit het gas geproduceerd wordt, is gelegen op een diepte van ongeveer 3400 meter. Gasproduktie startte in 1986 via 6 putten die op het eiland gelegen zijn. Het gas wordt afgevoerd naar het voor de kust gelegen produktieplatform en na behandeling via de nabij lopende NGT-leiding naar land gevoerd.

In Figuur 2.1 wordt de oorspronkelijke produktieplanning getoond naast de aktuele produktie. Een dergelijke planning wordt standaard gemaakt voor de verwachte levensduur van een veld. De realisatie laat zien dat, mede door de hoge gasvraag, de produktie een jaar eerder startte en gemiddeld de eerste jaren 30% hoger lag dan oorspronkelijk ingeschat.

De in 1985 berekende daling (NAM, 1985), die gebaseerd was op deze produktie-voorspelling, gaf een waarde aan van circa 26 centimeter in het centrum van het bijna 250 vierkante kilometer grote gebied aan het einde van de produktie (Figuur 2.2). Sindsdien zijn de modelparameters echter verbeterd op basis van de ervaring in het Groningerveld. Daarom werd in 1991 opnieuw de eindsituatie na een drukvermindering van ongeveer 500 bar berekend (NAM, 1991a); deze kwam nu uit op 18 $\pm$ 4 centimeter (Figuur 2.3). Voor het verloop (de snelheid waarmee deze waarde wordt bereikt) wordt ervan uitgegaan dat deze eindsituatie omstreeks het jaar 2025 ook daadwerkelijk is bereikt.

Omdat de in een bodemdalingstudie gebruikte parameters niet exact bekend kunnen zijn, is aan elke voorspelling een onzekerheid verbonden. Van het Ameland-reservoir zijn op dit moment goede kwaliteit 3D-seismische data beschikbaar die een nauwkeuriger beschrijving van de geologische structuur mogelijk maken dan voorheen. Door de informatie uit de geboorde putten kunnen de diktes goed met elkaar worden gekorreleerd. De grootste onzekerheid in de schatting van de eindwaarde is gelegen in de samendrukbaarheid van het

reservoir. De onzekerheid in het verloop wordt bepaald door de gasvraag en de beschikbaarheid van velden om daaraan te voldoen.

## 2.3 Meettechnieken en waargenomen bodemdaling

Het voorspellingsmodel voor de bepaling van de te verwachten bodemdaling is een belangrijk hulpmiddel om de gevolgen van gaswinning aan het oppervlak van te voren goed in te schatten. Verifikatie achteraf via monitoring is echter noodzakelijk om de feitelijke bodemdaling vast te stellen. Problemen die hierbij een rol kunnen spelen zijn de meetonnauwkeurigheid, de inklinking van de jonge sedimenten boven de gasvoerende laag en de optredende erosie of sedimentatie aan het aardoppervlak.

Op het land kan de bodemdaling via nauwkeurigheidswaterpassingen met voldoende nauwkeurigheid worden bepaald; de meetnauwkeurigheid ligt in de orde van millimeters. In de Waddenzee of in de Noordzee kan deze methode echter niet worden toegepast. Daar moet het peil via hydrostatische waterpassing worden overgebracht, waardoor de nauwkeurigheid een orde minder is; in de orde van centimeters.
In 1993 is de NAM begonnen met het meten van de vertikale positie van referentiepunten op de platforms Ameland-Westgat (AWG-1) en Ameland-East (AME-2) via GPS-metingen (NAM, 1993a). Het lijkt mogelijk om eenzelfde of zelfs betere meetnauwkeurigheid te halen als met hydrostatische waterpassing. Voor de huidige interimrapportage is deze methode echter niet relevant.

Inklinking van de jonge sedimenten boven de gasvoerende laag is hier niet relevant. De bodem is in het algemeen oud en gekonsolideerd en in elk geval vrij homogeen in horizontale zin. Indien er al kompaktie optreedt, dan zijn in elk geval de kompaktieverschillen verwaarloosbaar. De bodemdaling wordt bepaald via waterpassingen die doorlopen tot aan referentiepunten buiten het bodemdalingsgebied. Door de bodemdaling te bepalen ten opzichte van deze referentiepunten wordt eventuele bodemdaling door natuurlijke kompaktie of tektonische beweging van de aardkorst geëlimineerd.

De waterpassingen worden uitgevoerd door het aanmeten van een net van meetpunten (Figuur 2.4) die zijn gefundeerd op een vaste ondergrond. Hierdoor spelen veranderingen in het maaiveld door sedimentatie, erosie of andere oorzaken geen rol in de meetresultaten en wordt alleen de invloed van de gaswinning op de bodemligging bepaald. De resultaten zijn direkt vergelijkbaar met de voorspelde bodemdaling.

De nauwkeurigheidswaterpassingen op Ameland zijn gestart in oktober 1986 en sindsdien herhaald in oktober/november 1987, oktober 1988, januari/februari 1990, februari 1991, januari 1992, januari 1993 en januari 1994 (NAM, 1988, 1990b, 1991b, 1992, 1993b, 1994). Voor het bepalen van de bodemdaling zijn de gegevens van 1986 gekozen als ongestoorde situatie, hetgeen niet volledig juist is, omdat de gasproduktie al in januari 1986 is gestart. De fout is echter op enige afstand van het hart van de schotel verwaarloosbaar en maximaal in de orde van 5 mm in het hart zelf.

Het meetnet is via het ondergrondse merk OA2592 in Nes aangesloten op het NAP-net. De metingen zijn allemaal uitgevoerd door Heidemij Vastgoeddienst in opdracht van de NAM volgens de richtlijnen van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat inzake meetwijze en toleranties voor de 2$^{e}$ orde nauwkeurigheidswaterpassingen.
De hoogte van het meetpunt OA2592 is als referentiehoogte gekozen voor het bepalen van de bodemdaling. In 1993 is éénmalig gekontroleerd of het referentiepunt werkelijk stabiel is, door ook Ameland-west te waterpassen en de veranderingen ten opzichte van 1987 te bepalen (geen gegevens van 1986 beschikbaar). De verschillen voor Ameland-west waren "zakkingen" van 1 à 5 mm in plaats van relatieve stijgingen. Dit laatste had kunnen wijzen op een daling van het referentiepunt; nu is gekonkludeerd dat het referentiepunt stabiel is en dat de afwijkingen te wijten zijn aan meetonnauwkeurigheid (NAM, 1993b).

Op basis van de gemeten hoogteverschillen rond Buren en verder naar het westen in de beginfase van de gaswinning, toen daar nog geen bodemdaling kon worden verwacht, kan worden gekonkludeerd dat de meetnauwkeurigheid beter is dan circa 4 mm. Het is echter opvallend dat de verschillen ten opzichte van 1986 en 1987 daar overwegend een "daling" laten zien. Door de waarnemingen in de verschillende punten in dit gebied tegen de tijd uit te zetten blijkt dat die van 1987 en vooral die van 1986 relatief hoog zijn. De waarden van 1990 zijn in het algemeen relatief laag. Door de referentiemeetwaarden in deze punten te korrigeren naar de gemiddelde waarden is de meetfout in het "nul"-nivo geëlimineerd.
Daarnaast zijn er in de loop der jaren enige meetpunten vervallen en zijn er enkele vervangen door andere meetpunten. In het laatste geval is het "nul"-nivo van de nieuwe punten herleid uit koppeling met het vervallen punt in de direkte omgeving of met één of twee punten met vergelijkbare bodemdaling in de buurt. De herleidde referentienivo's hebben een hoge betrouwbaarheid (orde millimeters).
De gekorrigeerde en herleide nulnivo's zijn gegeven in Tabel 2.1. De waargenomen bodemdaling in januari 1994 is gegeven in Figuur 2.5 en het werkelijk verloop van de maximale bodemdaling in de tijd is samen met de voorspelling weergegeven in Figuur 2.3.

Sinds 1986/87 is er in april/mei 1992 weer een hydrostatische waterpassing in de Waddenzee uitgevoerd (RWS-MD, 1992). Hierbij zijn slechts drie groepen van ondergrondse merken in de Waddenzee aangemeten, die niet via de nauwkeurigheidswaterpassing worden aangemeten. Dit zijn de punten OM68 (merkpunten 2C-64, 65, 66), OM102 (= OM76; merkpunten 2C-26, 27, 28) en een nieuw punt (merkpunten 2D-88, 89, 90). Via het punt OM107 (merkpunten 2D-51, 52, 53) op de oostpunt van Ameland is doorgemeten tot de golfmeetpaal Wierumergrond (merkpunten OG-93, 94) in het Westgat.
De punten OM68 en OM102 gaven een daling van 21 mm respektievelijk 19 mm, waar op grond van de nauwkeurigheidswaterpassing een zakking van minder dan 1 cm mag worden verwacht. De golfmeetpaal Wierumergrond gaf een stijging van 4 mm, waar geen bodemdaling verwacht mag worden.

## 2.4 Vergelijking voorspelde en gemeten bodemdaling

Een belangrijke vraag is hoe de werkelijke bodemdaling verloopt in vergelijking tot de voorspelde bodemdaling. In dit kader is in eerste instantie gekeken naar het gemeten en voorspelde verloop van de maximum bodemdaling in de tijd. Uit vergelijking van de voorspellingen met de metingen blijkt (zie Figuur 2.3) dat ondanks de verbeterde voorspelling van 1991 de waargenomen bodemdaling zeer goed aansluit bij de oorspronkelijke voorspelling

van 1985, vooral als rekening wordt gehouden met een korrektie van de waargenomen bodemdaling met circa 5 mm voor de zakking in de periode januari tot oktober 1986.

De afwijking van de werkelijke maximum bodemdaling van de aangepaste voorspelling van 1991 kan een aantal oorzaken hebben, zoals:

1 Er is tot nu toe meer gas gewonnen dan waarmee in het bodemdalingsmodel rekening is gehouden. Dit zal tot een snellere drukverlaging in het gasveld leiden en dus tot een snellere bodemdaling.
2 De gekorrigeerde kompaktiekoëfficiënt van het Groningen-veld is niet geheel representatief voor het Ameland-veld en is te laag.
3 De uitwisseling tussen de gasvoerende blokken is geringer dan aangenomen in het bodemdalingsmodel, waardoor de drukafname rond het onttrekkingspunt sneller verloopt en de schotel in het hart sneller dieper wordt en langzamer in de breedte groeit.
4 De zijdelingse overdracht van de gronddruk van de bovenliggende lagen is zwakker dan verwacht. Dit zal eenzelfde resultaat hebben als beschreven onder punt 3.

Uit de produktiegegevens van het Ameland-veld blijkt duidelijk dat er tot nu toe meer gas is gewonnen dan oorspronkelijk gepland (Figuur 2.1). Een snellere bodemdaling dan voorspeld is dan ook verklaarbaar (oorzaak 1).

Uit de formule voor de (potentiële) bodemdaling volgt dat de bodemdaling evenredig is met de drukafname van het gas in het gasvoerende gesteente. De initiële gasdruk bedroeg bij het begin van de produktie 557 bar. Momenteel is de druk in het centrale deel tot gemiddeld 165 bar teruggelopen. Naar huidig inzicht zal aan het einde van de produktiefase de druk in het centrum nog slechts 30 à 50 bar bedragen. De maximum bodemdaling is dus berekend voor een drukafname van 527 bar. Momenteel is de drukafname al 392 bar, zodat reeds 75% van de bodemdaling is gerealiseerd. De maximum bodemdaling in het hart van de schotel zal dus nog kunnen toenemen van circa 14 cm tot circa 19 cm. Dit komt overeen met de voorspelde maximum bodemdaling. Dit impliceert dat de gekorrigeerde kompaktiekoëfficiënt $c_m$ en de gemeten laagdikte h juist zijn (oorzaak 2 voor afwijkingen niet van toepassing).

Een andere vergelijking tussen voorspelde en waargenomen bodemdaling is gemaakt door de groei van de kuil in de tijd te vergelijken met de voorspelde eindwaarde volgens de laatste voorspelling. Hiertoe is een doorsnede over de bodemdalingskuil gemaakt langs de raai door het referentiepunt OA2592 in Nes, het meetpunt 2C-82 en het meetpunt 2D-72. De raai is geknikt in meetpunt 2C-82 waar de grootste bodemdaling optreedt. Beide takken van de raai staan min of meer loodrecht op de iso-zakkingslijnen. De meetpunten, die op niet al te grote afstand van deze raai liggen, zijn hierop geprojekteerd. Op deze wijze kan een gedetailleerde dwarsdoorsnede over de kuil worden gemaakt en de ontwikkeling hiervan in de tijd worden weergegeven (zie Figuur 2.6). In het algemeen zien de meetresultaten er betrouwbaar uit. De bodemdaling gemeten in 1990 is in het algemeen iets aan de hoge kant en ten westen van meetpunt 87 in elk geval (iets) te hoog.

De ontwikkeling van de schotel sluit op het eerste gezicht goed aan bij het beeld van de voorspelling. De toename van de bodemdaling in het hart van de schotel verloopt relatief sneller dan op enige afstand ervan. De ontwikkeling van de bodemdaling in het Pinkegat blijft

het meest achter. Dit duidt op een relatief slechte drainage van dit deel van het veld (oorzaak 3).

Ondanks het gesignaleerde verschil tussen het werkelijke verloop en het in 1991 voorspelde verloop van de maximum bodemdaling wordt verwacht dat de uiteindelijke bodemdaling dicht in de buurt van de voorspelling van 1991 zal liggen.

# 3 Overige relevante abiotische faktoren

## 3.1 Algemeen

Naast de bodemdaling spelen nog een aantal abiotische faktoren een rol in de morfologische en/of ecologische ontwikkelingen in en rond de Waddenzee. Dit zijn onder andere:

- de waterstanden,
- regenval en verdamping,
- de grondwaterstand in de duinen, en
- de grondwaterkwaliteit in de duinen.

Daarom zijn ook gegevens van deze grootheden verzameld en bewerkt. Deze gegevens en resultaten worden in de volgende paragrafen behandeld.

## 3.2 Waterstanden

### Oorzaken waterstandsvariatie

Waterstanden en waterstandsvariaties spelen een belangrijke rol in de morfologie en de ecologie in en om de Waddenzee. Ze worden bepaald door het getij dat onder invloed van astronomische faktoren met grote regelmaat tot waterstandsvariaties leidt. In Nederland is de invloed van de maan dominant en is het getij dubbeldaags met geringe dagelijkse ongelijkheid in de twee hoogwaters (HW) en laagwaters (LW). De getijperiode schommelt rond de 12 uur en 25 minuten. Het tijverschil (= HW-LW) is niet konstant, omdat de invloeden van zon en maan niet in fase zijn maar geleidelijk ten opzichte van elkaar verlopen. Hierdoor ontstaat een doodtij-springtijcyclus met een periode van 27,55 dagen. In Nederland is het tijverschil bij springtij in het algemeen gemiddeld 1,5 maal het tijverschil bij doodtij. Ook door zons- en maansdeclinatie treedt een kleine cyclische variatie in het tijverschil op met een periode van een jaar. Vervolgens treedt als gevolg van verandering in de helling van de maansbaan een kleine cyclische variatie op met een periode van 18,6 jaar.

Naast de astronomische faktoren, die regelmatige variaties veroorzaken, treden ook meteorologische invloeden op, zoals op- en afwaaiing. Deze laatste invloeden hebben een stochastisch karakter, waarin wel een trendmatige seizoensinvloed is te vinden.
De meteorologische invloed op de waterstanden kan signifikant verschillen met veranderende windkondities. De verschillen kunnen per dag aanzienlijk zijn en nemen af met het toenemen van de periode waarover gemiddeld wordt. Over langere perioden genomen kan de gemiddelde waterstand slechts geleidelijk wijzigen als het windklimaat signifikant verandert. Voor zover bekend zijn er geen duidelijke aanwijzingen die hierop duiden.

De gemiddelde zeespiegel (MSL) verandert echter nog wel sinds de laatste ijstijd als gevolg van eustatische zeespiegelrijzing en bodemdaling. Over de laatste eeuw wordt de relatieve zeespiegelrijzing in de Waddenzee geschat op circa 17 cm/eeuw. Als gevolg van broeikaseffekt kan dit in de nabije toekomst nog toenemen. Een meest waarschijnlijke waarde zou 60 cm/eeuw kunnen zijn. Of de zeespiegel versneld zal gaan stijgen en hoe snel, is momenteel echter nog niet zeker.

### Selektie representatief getijstation voor Ameland-oost

De bodemdaling als gevolg van gaswinning in de eerste 10 jaar is vergelijkbaar met een versnelde zeespiegelrijzing. De jaarlijkse daling is echter gering ten opzichte van jaarlijkse fluktuaties in de zeespiegel door meteorologische invloeden. Om deze reden zijn ook de ontwikkelingen in het gemiddeld HW en LW (GHW en GLW) en MSL in de studie betrokken.

In eerste instantie is hierbij gedacht aan de getijstations Nes, Schiermonnikoog en Holwerd. Uit de overzichten der waterhoogten van RWS blijkt dat deze stations tamelijk recent zijn geplaatst (resp. 13 september 1962, 14 mei 1964 en 26 april 1968) en dat voor deze stations vóór 1986 geen gemiddeld zeenivo (MSL) werd bepaald. Als het meest representatieve station hiervoor is in eerste instantie West-Terschelling gekozen.
Alle gepresenteerde gegevens vóór 1992 zijn ontleend aan de Jaarboeken en Tienjarige Overzichten der Waterhoogten, Afvoeren, Watertemperaturen van de Rijkswaterstaat (RWS, 1964, 1985a, 1982, 1983, 1984, 1985b, 1986, 1987, 1988, 1990a, 1990b, 1991, 1992a, 1992b). De gegevens van 1992 en 1993 van Nes zijn apart verstrekt door RWS-Directie Noord Nederland.

In Figuur 3.1 zijn de gemiddelde getijkrommen 71.0 voor het station Nes gegeven, waaruit het karakteristieke verloop van de waterstand over een getij blijkt. Over het jaar treden er seizoensfluktuaties op in het getij met name als gevolg van meteorologische invloeden, zoals op- en afwaaiing tijdens stormen en door het declinatiegetij van de zon met een periode van een jaar. Deze seizoenseffekten blijken duidelijk uit de variaties over het jaar in het tijverschil, GHW, MSL en GLW voor de stations Nes, Schiermonnikoog en Holwerd (Figuur 3.2 en 3.3). Het tijverschil in Nes is in de orde van 5 à 10 cm kleiner dan dat in Schiermonnikoog en circa 10 à 15 cm kleiner dan dat in Holwerd. Het GHW in Nes is slechts enkele centimeters hoger dan in Schiermonnikoog en slechts circa 5 cm hoger dan GHW in Holwerd. De verschillen in GLW tussen deze stations zijn groter.

Uit bovenstaande gegevens en gegevens over de voortplanting van het getij in de Waddenzee (Mazure et al., 1974; Eysink, 1979) blijkt dat het getijstation Nes representatief is voor het wadden- en kweldergebied van Ameland-oost.

### Selektie getijstation voor monitoring zeespiegelrijzing

Het bovenstaande kan ook uit de gegevens voor de jaargemiddelde waarden voor HW en LW van deze stations worden afgeleid, die zijn weergegeven in de Figuren 3.4 en 3.5. Deze figuren zijn bedoeld om fluktuaties en trends op lange termijn te kunnen bepalen, die worden veroorzaakt door verschillen in meteorologische omstandigheden per jaar, door de langjarige getijcyclus van 18,6 jaar en door trends zoals de relatieve zeespiegelrijzing. Om de meetreeks te verlengen zijn gegevens van het station West-Terschelling gebruikt waar sinds 1887 betrouwbaar wordt gemeten. De gegevens van Terschelling voor GHW, MSL en GLW suggereren vooral meteorologische invloeden; de fluktuaties in deze grootheden vertonen alle drie vrijwel dezelfde fluktuaties met een willekeurig karakter. De fluktuaties bij Nes zijn vergelijkbaar, doch in het algemeen iets sterker dan die in West-Terschelling (Figuur 3.4).

Ook in andere getijstations worden vergelijkbare willekeurige fluktuaties gevonden die synchroon optreden (o.a. in Harlingen, Holwerd, Schiermonnikoog en Delfzijl). Dit duidt duidelijk op windinvloed, hetgeen wordt bevestigd door het onderzoek van Bossinade et al (1993).

De gegevens van Figuur 3.4 suggereren dat de tachtiger jaren relatief veel en hardere wind uit westelijke richtingen hebben gekend. Hierdoor zijn GHW, MSL en GLW circa 10 cm verhoogd ten opzichte van de periode in de zeventiger jaren, waardoor ze duidelijk afwijken van de lange termijntrend. De waarden van 1991 en 1992 lijken weer goed aan te sluiten bij de algemene trend. Uit deze figuur blijkt ook duidelijk dat Nes dezelfde trends vertoont als het station West-Terschelling, zodat de laatste representatief gesteld zou kunnen worden voor Nes wat de lange termijntrends betreft.

Ten aanzien van MSL voor West-Terschelling zit er een gat in de informatie voor de periode 1981-1986, omdat het toen niet meer werd bepaald, en vóór 1920 toen het nog niet werd bepaald. Uit een analyse van de gegevens blijkt dat MSL met grote nauwkeurigheid kan worden bepaald uit een relatie tussen MSL, GLW en GHW (Figuur 3.6). Voor West-Terschelling geldt:

$$\text{MSL} = \text{GLW} + 0{,}545\ (\text{GHW-GLW})$$

en dus

$$\text{MSL - halftij} = 0{,}045\ (\text{GHW-GLW})$$

Voor Nes kan worden afgeleid:

$$\text{MSL} = \text{GLW} + 0{,}555\ (\text{GHW-GLW})$$

en

$$\text{MSL-halftij} = 0{,}055\ (\text{GHW-GLW})$$

Substitutie van aldus herleide waarden voor MSL voor West-Terschelling in Figuur 3.4 laat zien dat MSL een verloop vertoont dat een zwakke afspiegeling is van GLW. Dit doet vermoeden dat hier ontwikkelingen een rol hebben gespeeld die het gevolg zijn van de afsluiting van de Zuiderzee. Om deze reden is de tijdreeks verder teruggevoerd tot het begin van de waarnemingen in 1887 (Figuur 3.7). Uit deze gegevens blijkt dat in de periode 1887-1930 GHW, halftij en GLW min of meer dezelfde trend vertoonden met een gemiddelde toename van respektievelijk 2,8 mm/j, 2,5 mm/j en 2,1 mm/j. Het tijverschil nam in die periode slechts zwak toe met 0,7 mm/jaar. Door de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 trad er een kleine toename op van het GLW van circa 5 cm met als gevolg ook een plotselinge toename in het tijverschil, halftij en MSL.
Waarschijnlijk traden er, als gevolg van het gewijzigde getijregime in de westelijke Waddenzee, morfologische ontwikkelingen op, o.a. in de vloedkom van het Vlie, waardoor het tijverschil bij West-Terschelling geleidelijk toenam tot circa 1,84 m rond 1970, waarna het konstant bleef. De toename werd voornamelijk veroorzaakt door verlaging van het GLW, hetgeen wijst op verdieping van de geul(en) bij West-Terschelling.

Ook het GHW stijgt niet meer zo snel als voorheen. Dit alles maakt het station West-Terschelling verdacht en dus ongeschikt voor het monitoren van de relatieve zeespiegelrijzing. Om dezelfde reden valt ook het getijstation Harlingen af.

Het getijstation Delfzijl vertoont tussen 1870 en 1965 een zeer betrouwbaar beeld, dat echter daarna wordt verstoord door verdieping en verlegging van de vaargeul naar Emden en door het verleggen van de mond van de haven van Delfzijl, waarbinnen het getijstation is gelegen (Figuur 3.8). Het tijverschil is hierdoor toegenomen van circa 2,73 m tot circa 3,00 m. Dit en het extreme karakter van de waterstanden in de tachtiger jaren maken ook dit station niet echt geschikt om trendbreuken in de relatieve zeespiegelrijzing vast te stellen. De beste mogelijkheden in dat opzicht worden alleen nog geboden door de stations Den Helder en Borkum.

De gegevens van Den Helder laten zien (zie Figuur 3.9), dat de afsluiting van de Zuiderzee ook hier invloed heeft gehad. Het GHW is hierdoor 8 cm hoger geworden en volgt sindsdien de oorspronkelijke trend van de zeespiegelrijzing van 1,5 mm/j. Ook het GLW veranderde door de afsluiting en werd met 8 cm verlaagd. Vóór de afsluiting nam het nivo van GLW eveneens met 1,5 mm/j toe. Na de afsluiting liep dit, in elk geval in de periode 1933-1991, terug tot circa 0,5 mm/j. Door deze veranderingen bleef het halftij goed aansluiten bij de voorgaande reeks, maar met een iets gereduceerde stijging van circa 1,1 mm/j (in elk geval tot 1992). Ook het MSL lijkt op het eerste gezicht goed aan te sluiten bij de gegevens van vóór 1931. Echter hier kan gezien de andere faktoren ook gesteld worden dat het MSL door de afsluiting 1 cm gezakt is en vervolgens als gevolg van het achterblijven van het GLW bij het GHW iets minder snel stijgt dan de zeespiegel; i.e. 1,4 mm/j in plaats van 1,5 mm/j.
Den Helder is een geschikt station voor de monitoring van veranderingen in de zeespiegelrijzing, indien rekening wordt gehouden met bovengenoemde effekten van de afsluiting van de Zuiderzee.

### Overschrijdingsfrekwenties GHW

Een belangrijke parameter voor de aanslibbing en de vegetatie op de hoge platen en kwelders is de frekwentie van de overschrijding van een bepaalde waterstand. In dat verband worden in Figuur 3.10 de hoogwateroverschrijdingslijnen van Nes en Schiermonnikoog gegeven voor de periode 1941-1980. Ook hieruit blijkt dat het gedrag van HW in Nes sterk overeenkomt met dat in Schiermonnikoog.
Met de toename in het GHW, die in de tachtiger jaren optrad (Figuur 3.4), is in 1988 ook een verschuiving opgetreden in de overschrijdingsfrekwentiekromme ten opzichte van het langjarige gemiddelde van 1941-1980 (Figuur 3.10). In 1988 werd een bepaald nivo tussen NAP -0,30 m en NAP +2,60 m vaker overschreden dan het langjarig gemiddelde aangeeft.

Met het toenemen van het MSL worden platen en kwelders dus vaker en langer overspoeld met zeewater. Hetzelfde effekt zal optreden als bij een gelijkblijvend MSL de bodem daalt. Het effekt, uitgedrukt in een toename van het aantal overspoelingen, kan uit de overschrijdingsfrekwentiekromme voor GHW worden afgeleid.
Ter ondersteuning van de monitoring van de opslibbingssnelheid en de vegetatieontwikkeling op de kwelders Nieuwlandsrijd en De Hon zijn de frekwentieverdelingen van het GHW te Nes in Tabel 3.1 gegeven. De tabel geeft lange termijngemiddelde waarden (1941-1980) en de jaargegevens vanaf 1984. Om de lange termijngemiddelden vergelijkbaar te maken met de overschrijdingsfrekwenties van de jaren 1984-1993, zijn ze gekorrigeerd voor de relatieve zeespiegelrijzing van 1960 tot 1990, i.e. circa 5 cm. Vergelijking van de jaarlijkse gegevens met de gekorrigeerde gemiddelde waarden voor kweldernivo's tussen NAP +1 à 2 m laat duidelijk zien of er relatief veel of weinig overvloedingen waren. Zo laten de jaren 1988 en 1990 relatief veel overvloedingen van de kwelders zien en volgt 1992 zeer dicht het

gemiddelde. In 1991 werd de hoge kwelder relatief vaak overstroomd, terwijl de lage kwelder juist minder vaak dan gemiddeld onder water kwam te staan.

## 3.3 Neerslag en verdamping

Neerslag- en verdampingscijfers geven informatie die belangrijk is voor de interpretatie van de grondwaterstanden, de resultaten van de vegetatiekartering en van eventuele problemen bij de drinkwatervoorziening op Ameland. Uit deze cijfers kan worden afgeleid of een bepaald jaar nat of droog is geweest en ook of de verdeling van de neerslag en/of verdamping over het jaar afweek van het gemiddelde. Om dit te kunnen bepalen zijn bij het KNMI de gegevens van Nes van 1984 tot en met 1993 opgevraagd alsook langjarig gemiddelde waarden. De gegevens betreffen decade-, maand- en jaarcijfers.

Ten aanzien van de neerslagcijfers kan worden vermeld dat het KNMI reeds lang over een regenmeter in Nes beschikt. Hierdoor konden zowel lange termijngemiddelde waarden (1951-980) worden verstrekt als jaarlijkse gegevens vanaf 1984.

Ten aanzien van de verdampingscijfers is de situatie wat ingewikkelder. Naar aanleiding van de aanvraag van de gegevens in 1989 werd door het KNMI vermeld dat verdamping voor Ameland niet werd opgetekend. De dichtstbijzijnde lokatie hiervoor was Terschelling, waarvoor de verdampingswaarden pas sinds april 1987 werden berekend. De verdampingscijfers worden door het KNMI gepresenteerd als referentiegewasverdamping gebaseerd op de methode Makkink (zie Appendix). Voor de op langjarige metingen gebaseerde normaalwaarden was Den Helder het meest representatieve station. Dit werd ondersteund door een vergelijking van de berekende jaarsom van de verdamping over 1988 voor Den Helder met die van Terschelling; die bedroegen respektievelijk 551,3 mm en 541,5 mm. Het verschil is slechts 2 procent, terwijl per afzonderlijke maand het verschil nooit meer dan circa 4 mm bedroeg. De gegevens van 1989 zijn verstrekt als gegevens voor het station Nes, terwijl die van 1990 weer gelden voor Terschelling. Per 1 januari 1991 is de registratie van de gegevens voor de referentiegewasverdamping op Terschelling gestaakt. De meest nabij gelegen lokatie, waar voldoende gegevens worden geregistreerd, is Lauwersoog. Dit station ligt op een kunstmatig eiland in de Lauwersdijk en wordt sinds april 1991 voor het bepalen van de referentiegewasverdamping gebruikt. De gegevens van de periode januari-maart 1991 zijn bepaald voor station De Kooy bij Den Helder. Ook de gegevens van 1992 en 1993 gelden voor Lauwersoog.

De gegevens van 1984 t/m 1987 zijn op verzoek van het IBN later aangevraagd. Deze verdampinggegevens zijn door het KNMI ditmaal gegeven als verdamping van een vrij wateroppervlak volgens Penman. Om deze gegevens te kunnen vergelijken met de gewasverdamping volgens Makkink moesten ze worden vermenigvuldigd met een gewasfaktor, die voor het gebied op Ameland op 0,8 kan worden gesteld. In dat rapport zijn alle gegevens omgerekend naar Makkink.

Hoewel het wisselen van referentiestation en type verdampingscijfer enige onzekerheid in de resultaten kan introduceren, hetgeen vanuit een wetenschappelijk oogpunt ongewenst is, zijn de fouten naar verwachting gering. Dit blijkt uit de berekeningen, die het KNMI voor Den Helder en Terschelling heeft gemaakt, en mag ook worden verwacht gezien de geringe gradiënten in de klimaatgegevens van het Waddengebied. Ook moet in dit verband

worden bedacht dat de berekende referentiegewasverdamping slechts een potentiële verdampingssnelheid aangeeft, die alleen plaats vindt als er ook voldoende water voor verdamping aanwezig is. Tijdens een droge periode is de werkelijke verdamping lager dan de potentiële verdamping. Deze laatste is slechts een parameter om de verdampingskondities te karakteriseren. De verstrekte gegevens zijn in dit verband voldoende betrouwbaar voor dit onderzoek.

De verzamelde neerslag- en verdampingscijfers zijn gegeven in de Tabellen 3.2a-j (1984–1993) en in de Figuren 3.11a-f (1988-1993).

## 3.4 Grondwaterstanden en PQ's

De grondwaterstand in de duinen is een belangrijke parameter voor de vegetatie in de duingebieden. Omdat hierover niets bekend was, was ook in de voorgaande studie reeds bij het merendeel van de permanente quadraten (PQ's) in de duingebieden een peilbuis geplaatst. Ten behoeve van het monitoringsonderzoek zijn in de tweede helft van oktober 1988 de Raaien I, III, IV, VI, VII en IX van het voorgaande onderzoek, die voor het monitoringsonderzoek zijn geselekteerd, nagelopen en zijn de oorspronkelijke lokaties van de PQ's en de bijbehorende grondwaterpeilbuizen weer opgezocht en gemarkeerd. Waar nodig zijn verdwenen peilbuizen herplaatst en in Raai VI zijn enkele nieuwe PQ's en peilbuizen bijgeplaatst. Uiteindelijk zijn al deze punten en peilbuizen (Figuur 3.12) door de NAM opnieuw ingemeten en gewaterpast. De gegevens hiervan zijn vastgelegd in NAM (1988b).
In 1990 is een doorgaande zanddijk op Deltahoogte door de Kooiduinen aangelegd. Dit heeft tot het verlies van enkele PQ's en grondwaterpeilbuizen in Raai I geleid. In september 1991 zijn hier enkele nieuwe peilbuizen geplaatst. In 1991 zijn tevens de PQ's 3 en 7 van kwelderraai VIII weer toegevoegd en meegenomen in de waterpassing van 1991. Rond elke vegetatieopname zijn de betreffende PQ's en peilbuizen in de duinen of alleen de PQ's op de kwelders opnieuw gewaterpast. Begin 1992 is ontdekt dat het gebruikte peil voor NAP op Ameland 1,5 cm te laag was en zijn alle voorgaande metingen gekorrigeerd. Volgens een mededeling van de NAM aan het IBN (telefax dd. 29 januari 1992) zijn de hoogtemetingen van de punten 5 en 10 van Raai III uit 1986 verdacht.
In principe is steeds de hoogte van de bovenrand van de peilbuizen en de maaiveldhoogte bij de buis ten opzichte van NAP bepaald.

De grondwaterpeilbuizen zijn, op enkele uitzonderingen na, elk in de buurt van een PQ geplaatst. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van de vier peilbuizen van RWS-Ameland in de Kooiduinen. De WL/IBN-peilbuizen staken oorspronkelijk slechts tot circa 1,50 m beneden maaiveld en zijn eenvoudig van konstruktie. Tegen beschadiging door vertrapping zijn beschermbeugels over de buizen geplaatst, hetgeen in de voorgaande studie goed heeft voldaan. Beschadiging door vandalisme blijft mogelijk, maar moest om ekonomische redenen worden aanvaard. Om het risiko van gegevensverlies zo gering mogelijk te houden worden alle PQ's en grondwaterpeilbuizen elk jaar na het vakantieseizoen nagelopen en eventueel hersteld.

Sinds het najaar van 1988 worden alle 28 grondwaterpeilbuizen in principe maandelijks afgelezen. Door de droge zomer in 1989 vielen er een aantal relatief hooggelegen peilbuizen droog. Mede om deze reden, maar voornamelijk voor het meten van grondwaterkwaliteit, zijn naast de oorspronkelijke peilbuizen (A-buizen) nog andere peilbuizen geplaatst (B- en

C-buizen). Ook in deze buizen wordt maandelijks het grondwaterpeil bepaald. Deze wordt in alle buizen ten opzichte van de bovenrand gemeten met een nauwkeurigheid van circa 0,5 cm. Met behulp van de waterpasgegevens kunnen deze aflezingen worden omgerekend tot grondwaterpeilen ten opzichte van NAP (absoluut nivo) of van het maaiveld (relatief nivo). Uit de meetresultaten blijkt dat er over het jaar aanzienlijke fluktuaties in de grondwaterspiegel optreden; in de orde van 0,75 m tot 1,0 m (Figuren 3.13a-e). In grote lijnen geven de fluktuaties in de verschillende peilbuizen een zelfde beeld, doch in detail zijn er wel verschillen te zien. Dit komt doordat de mechanismen, die deze fluktuaties veroorzaken, niet overal hetzelfde of even sterk zijn. De geselekteerde punten geven een typisch beeld voor de volgende omstandigheden:

- Punt D : een relatief hooggelegen punt in Raai I in een kom aan de polderzijde van de Kooiduinen (achter de HW-kering),
- Punt 22A : een punt in Raai I op het hogere deel van de kwelder Nieuwlandsrijd,
- Punt 7A : een vrij hoog gelegen punt in Raai IV in een kom in Het Oerd,
- Punt 21B : een punt in raai VII in een lage duinvallei bij de NAM-lokatie,
- Punt A : een punt tussen de Raaien VII en VIII in het overgangsgebied tussen de Oerderduinen en De Hon.

De fluktuaties kunnen worden veroorzaakt doordat afwijkingen van de gemiddelde kondities optreden, die het gemiddelde grondwaternivo bepalen. De parameters die hierbij relevant zijn, zijn variaties in:

- neerslag,
- verdamping, en
- zeespiegelstand en/of polderpeil.

Uit de langjarige gemiddelde waarden voor neerslag en verdamping blijkt dat er vanaf de derde decade in februari tot de tweede decade in september een lagere netto aanvoer van regenwater is dan gemiddeld en een hogere in de rest van het jaar. Het tekort in de "droge" periode is gemiddeld 208 mm water, i.e. circa 0,5 m grondwaterkolom. Dit deel van de fluktuatie zou voor alle stations gelijk zijn indien er geen oppervlakteafvoer zou zijn. In werkelijkheid zal bij zware regenval een deel van de neerslag op hoge delen langs het oppervlak naar lagere delen afstromen. Indien het via een vallei direkt naar zee of een sloot afstroomt, draagt het niet bij aan de grondwaterstand. Indien het afstroomt naar een kom, dan wordt het daar opgevangen en draagt het daar extra bij aan de grondwaterstand. Dit leidt op zich weer tot lokale gradiënten in de grondwaterstand en horizontale grondwaterstroming, waardoor de pieken en dalen in de grondwaterspiegel weer uitvlakken.
Geleidelijke variaties in de (maandgemiddelde) zeespiegelstand of in het polderpeil (Buurdergrie) beïnvloeden de afstroming van het zoete grondwater naar zee. Bij een hogere dan de jaargemiddelde waterstand reduceert de afvoer naar zee en bij een lagere waterstand treedt een versnelde afvoer op. De gemiddelde zeespiegelstand varieert circa 0,3 à 0,4 m over het jaar (Figuur 3.2 en 3.3).
De grondwaterstand in de buitendijkse delen worden bovendien nog beïnvloed door aanvoer van zeewater tijdens stormvloeden, waarbij het gebied onder water komt te staan.

Hoge zeespiegel en stormvloeden treden overwegend op in het najaar en de winter, wanneer er ook een hoger neerslagoverschot is. In het voorjaar en in de zomer is juist het neerslagoverschot het laagst en is ook de gemiddelde zeespiegel laag. Door het samenvallen van deze

seizoenfluktuaties, kunnen de grote grondwaterspiegelvariaties geheel worden verklaard. Per jaar kan het beeld van de grondwaterfluktuatie sterk verschillen. Het minimum vertoont de minste fluktuatie, het maximum de grootste, terwijl het hele beeld één of twee maanden kan verschuiven als gevolg van een vroeg of laat, een lang of kort stormseizoen.

De bodemdaling is globaal een orde geringer dan de jaarlijkse fluktuatie in de grondwaterspiegel. Een vraag die zich daarom opdringt is of het ooit mogelijk zal zijn om de invloed van de bodemdaling op de duinvegetatie via de maandelijkse grondwaterpeilen te bepalen. De huidige vegetatie heeft zich ontwikkeld onder de gegeven omstandigheden en de enige abiotische parameter die zal wijzigen, is de relatieve grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld. De afstand tussen het maaiveld en de gemiddelde grondwaterstand zal met de lokale bodemdaling afnemen. Deze laatste volgt uit de nauwkeurigheidswaterpassingen. Korrekties voor erosie of zandafzetting in het duingebied door wind zijn minimaal als gevolg van de dichte vegetatie. Bovendien is dit, als het optreedt, een natuurlijk verschijnsel dat niet of nauwelijks door de bodemdaling wordt beïnvloed. Vanuit deze redenering is geen feitelijke kennis van de grondwaterspiegel nodig om de invloed van de bodemdaling op de duinvegetatie af te schatten; typische vegetatiegrenzen zullen in principe met de kenmerkende hoogtelijnen verschuiven.

Kennis ten aanzien van de grondwaterstand is van wetenschappelijk belang om de huidige toestand te begrijpen en de kennis te vergroten. Er is inmiddels veel informatie verzameld, die voldoende lijkt als wetenschappelijke achtergrondinformatie.

## 3.5 Grondwaterkwaliteit

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de variabiliteit van waterkwaliteit in ongestoorde duinvalleien. Dit is één van de parameters die van invloed zal zijn op het type vegetatie dat zich daar kan handhaven. Verzamelen van informatie op dit vlak zal, naast de informatie van andere relevante parameters en de vegetatieopnamen, tot meer inzicht leiden in de relatie tussen het type vegetatie en de omgevingskondities.
Omdat er nog weinig ervaring op dit gebied bestaat, was het moeilijk om op voorhand criteria te formuleren voor de gewenste nauwkeurigheid, het noodzakelijk aantal lokaties en de frekwentie van bemonstering. Daarom is aanvankelijk gekozen om gedurende twee jaar éénmaal per kwartaal een bemonstering van het ondiepe grondwater uit te voeren.

In het najaar van 1989 zijn grondwaterbuizen geïnstalleerd op 28 lokaties die representatief worden geacht voor de diverse groepjes van proefvakken. Er is een buis met zowel een diep als met een ondiep filter geplaatst. De filterlengte is 30 cm. Het ondiepe filter staat even onder het niveau van de geschatte gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (meestal tussen 20–70 cm-mv). Het diepe filter staat ca. 20 cm onder het laagste zomerpeil van 1989 (meestal tussen 120-200 cm-mv; zie Tabel 3.3.

De analyse van het grondwater omvat de zuurgraad (pH), het elektrisch geleidingsvermogen (EC), de koncentratie van Calcium (Ca) en Chloride (Cl). Uit de laatste twee faktoren wordt de ionenratio (IR) afgeleid. De ionenratio is gedefinieerd als de verhouding tussen de Ca-ionen en Cl-ionen ($IR = [\frac{1}{2}Ca] / \{[\frac{1}{2}Ca] + [Cl]\}$). Deze faktoren zijn relatief eenvoudig te meten.

In een zgn. IR/EC-diagram (b.v. Figuur 3.14) geven deze een goed beeld van ecologisch belangrijke aspekten, zoals de verzuring door toenemende regenwaterinvloed of verzilting door toenemende inundatie met zeewater (Van Wirdum, 1981).

Gedurende twee jaar, in 1990 en 1991, zijn de buizen bemonsterd op 28 januari, 28 april, 28 juli en 28 oktober (met een marge van enkele dagen). Er zijn dus maximaal acht monsters per buis. Een buis werd met een handpompje eerst leeggepompt. Het toestromende water werd gebruikt voor het monster. In het veld werden meteen pH en EC gemeten met resp. de WTW-meters pH-90 en LF91 (automatische kompensatie voor temperatuureffekt naar 25°C). De monsters zijn in bevroren toestand bewaard. In het laboratorium van het IBN-DLO zijn het Ca- en Cl-gehalte bepaald.

Op 5 mei 1990 zijn op zes lokaties monsters genomen waarin een groter aantal faktoren is geanalyseerd. Dit geeft voor enkele uiteenlopende milieusituaties een wat breder referentiekader dan alleen pH, EC, Ca en Cl. Deze monsters zijn na bemonstering dezelfde dag nog aangeboden aan het laboratorium van het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland, die de analyse heeft uitgevoerd.

Voor de resultaten van de beperkte analyses zijn voor alle buizen het gemiddelde en de standaarddeviatie berekend. Voor de buizen met een diep filter waren doorgaans acht monsters beschikbaar. Daarom is voor die buizen het gemiddelde en de standaarddeviatie in een IR/EC-diagram uitgezet. Voor de ondiepe buizen waren doorgaans minder monsters (en in een variërend aantal) beschikbaar, mede door het relatief droge karakter van de jaren 1990 en 1991. De resultaten van deze buizen zijn daarom niet gemiddeld, maar als zodanig in een IR/EC-diagram geplaatst. Terwille van de leesbaarheid zijn de buizen groepsgewijs afgebeeld in zo'n diagram. Tenslotte zijn de meetresultaten per buis ook in een grafiek tegen de tijd uitgezet en is globaal nagegaan welke buizen dezelfde periodiciteit vertoonden. De grafieken van enkele buizen zijn als voorbeeld weergegeven in Figuur 3.15.

Voor de uitgebreide analyse zijn de resultaten weergegeven in een diagram waaruit de verwantschap blijkt met referentiepunten voor zeewater (THN) en kalkrijk grond- of kwelwater (LIA). Dit is gebeurd met het programma MAION van het IBN (Souer, 1988).

De resultaten van de standaardanalyse van de grondwatermonsters zijn weergegeven in Tabel 3.4 en die van de uitgebreide analyse in Tabel 3.5.

In het algemeen is de variatie in de grondwaterkwaliteit per lokatie gering. Alleen op de lokatie 5A in Raai IV is de variatie in de tijd groter, omdat deze op de overgang naar het wad ligt.
Over het hele gebied genomen varieert de grondwaterkwaliteit sterk. Het type grondwater varieert van regenwaterachtig (in de buurt van de norm ATW) met geringe spreiding in de elektrische geleidbaarheid (EC25) in b.v. lokaties 6A en 8A in Raai I, tot zeer brak water (in de buurt van de norm THN) in b.v. de lokaties 21A en 21B in Raai VII, of kalkrijk grondwater (in de buurt van de norm LIA) in b.v. de lokatie 22A in Raai I. Op de meeste lokaties is het grondwater een mengsel van deze drie typen (type RHL) waarbij, afhankelijk van de lokatie, één van de drie standaardtypen meer of minder overheerst. Zo is de invloed van zeewater groot op lage plaatsen die frekwent door zeewater worden overspoeld.

In het algemeen is een goed beeld verkregen van de huidige samenstelling en variatie van het ondiepe grondwater in de duinvalleien op Oost-Ameland. Voor bijna alle diepe filters op ca. 120-200 cm-mv geeft de serie van acht kwartaalmonsters een bruikbare referentie voor vergelijking met de situatie in 1998 of later (Wiertz, 1992).

Weergave van de standaarddeviatie in het IR/EC-diagram geeft op elegante wijze een indruk van de 'normal operating range' van het ecosysteem.
Er is een kwantitatief beeld verkregen van het gemiddelde en de fluktuatie van de grondwaterkwaliteit in diverse typen duinvallei die variëren van afgesloten, reeds verzuurde valleien tot nog jonge, door zeewater overspoelde zoute valleien.

## 3.6 Konklusies

De waterstandsgegevens van het getijstation Nes, met name de gegevens van hoogwater, zijn representatief voor de waterstanden bij de kwelders Nieuwlandsrijd en De Hon. Het verzamelen van hoogwatergegevens zal worden voortgezet.

Neerslag- en verdampingscijfers zijn belangrijk voor de interpretatie van veranderingen in de vegetatie. Het verzamelen van deze gegevens voor Ameland zal eveneens worden voortgezet.

Er is inmiddels veel informatie en inzicht verkregen in het gedrag van het grondwaterpeil op Oost-Ameland. Er kan met minder metingen worden volstaan.

Ook ten aanzien van de kwaliteit van het grondwater is inmiddels een goed beeld verkregen. Een extra opname van de grondwaterkwaliteit is nog zinvol en voorzien voor 1998 om te kunnen nagaan of er verschuivingen zijn opgetreden.

# 4 Effekten bodemdaling op de morfologie

## 4.1 Algemeen

In het voorgaande onderzoek (WL/RIN, 1987) naar de effekten van de bodemdaling door gaswinning op Ameland-oost zijn uiteindelijk de volgende effekten bestudeerd, die een meer of minder nadelige invloed kunnen hebben:

a. Teruggang van de Noordzeekust, die in eerste instantie bestaat uit een lokale teruggang, welke op zijn beurt uiteindelijk leidt tot een meer algemene, extra teruggang van deze kust door opvulling van de "deuk" in de kust.
b. Algemene, extra teruggang van de Noordzeekust als leverancier van sediment voor het opvullen van de "kuil" in de bodem van de Noordzee en de Waddenzee.
c. Eventuele tijdelijke verlaging van het doorgaande kusttransport naar Schiermonnikoog, waardoor de waterdiepten in de geulen in het zeegat en daarmee in de vaarweg naar Lauwersoog worden beïnvloed, alsook de kustontwikkeling van Schiermonnikoog.
d. Verlaging van een deel van de Wadden met mogelijke gevolgen voor het biotische milieu en de garnalenvangst in dit gebied.
e. Verlaging van de kwelders op oostelijk Ameland, waardoor een verhoging van de overstromingsfrekwentie wordt verwacht met mogelijk gevolgen voor de ecologie en schade voor de gebruikers van de kwelder Nieuwlandsrijd.
f. Verlaging van de duingebieden en de oostpunt De Hon van Ameland met als gevolg een relatieve stijging van de grondwaterstand, waardoor ecologische veranderingen in deze natuurgebieden mogelijk zijn.
g. Verlaging van de polder Buurdergrie ten oosten van Buren, waardoor de afwatering van het toch al lage oostelijk deel van deze polder nog moeilijker wordt. Bovendien is het mogelijk dat dit deel van de polder nu last krijgt van overstroming door opwaaiing tijdens noordwester en wester stormen, hetgeen nu minder of niet het geval is. Tevens treedt enige verlaging van de zeeweringen op.
h. Nadelige beïnvloeding van het zoete grondwater in de Buurderduinen door de (extra) erosie van de Noordzeekust, waardoor op wat langere termijn de kwaliteit van het daar gewonnen drinkwater in gevaar kan komen (aanzuigen zouter water door omhoog komen van de zoutgrens).

De effekten a t/m d worden in belangrijke mate bepaald door morfologische processen.
De effekten e t/m h spelen zich af op Ameland-oost en worden in belangrijke mate bepaald door beïnvloeding van de waterhuishouding van verschillende gebieden door de bodemdaling.

Al deze effekten zijn uitvoerig behandeld in WL/RIN (1987) en Boer en Eysink (1993). In de volgende paragrafen worden met name de waargenomen morfologische veranderingen behandeld in de verschillende karakteristieke delen van het gebied. Hierbij is in principe dezelfde indeling gebruikt als in de voorgaande studies om vergelijking makkelijk te maken.

## 4.2 Noordzeekust

Voor de bestudering van de werkelijke morfologische veranderingen langs de Noordzeekust sinds 1985 zijn veel gegevens beschikbaar. De belangrijkste hiervan zijn de jaarlijkse kustmetingen in een strook van 1000 à 1500 m langs de kust vanaf GLW, die zijn uitgewerkt op schaal 1:5000, en de kustprofielen, die doorlopen tot in de duinen en zijn opgenomen in het JARKUS-bestand van Rijkswaterstaat. Hieruit worden ook de jaarlijkse posities van GLW, GHW en de duinvoet bepaald, die vervolgens voor elke km-raai tegen de tijd worden uitgezet. Deze grafieken zijn vanwege hun grillige karakter bekend als de "bliksemgrafieken". Over langere perioden gezien geven de bliksemgrafieken echter een goed beeld van de trend in het kustgedrag.
Met behulp van deze gegevens kan een vergelijking worden gemaakt tussen de waargenomen en de voorspelde kustontwikkelingen uit het WL/RIN-rapport (1987). Voor de ligging van de km-palen wordt verwezen naar Figuur 3.12.

De voorspelling geeft de kustontwikkelingen vanaf 1980, vóór de strandsuppletie in dat jaar, met en zonder bodemdaling door gaswinning en met en zonder herhalingssuppleties in het strandvak tussen km 9 en km 17. In het model is, in het geval met periodieke strandsuppletie, de strandsuppletie van 1980 om de 8 jaar herhaald volgens de toen geldende ideeën. Dit uitgangspunt is nog steeds juist. In werkelijkheid wordt alleen gesuppleerd als het nodig is, waardoor het interval tussen opvolgende suppleties variabel is. De tweede suppletie op Ameland is in twee etappes uitgevoerd in 1990 en 1992. In principe wordt het centrale deel van de Noordzeekust van Ameland, nu echter gehandhaafd op de positie van 1990. Hierdoor is een vergelijking van de werkelijkheid met de voorspelling voor een periodiek gesuppleerde kust het meest reëel. Resultaten van modelberekeningen voor die situatie, die voor vergelijking met werkelijke ontwikkelingen in aanmerking komen, zijn gegeven in de Figuren 4.1 en 4.2. Het zij opgemerkt dat de bodemdaling hierbij nog gebaseerd is op de voorspelling van 1985 en dat verondersteld werd dat de strandsuppleties om de acht jaar zouden worden uitgevoerd na de eerste in het najaar van 1980.

Om tot een duidelijke vergelijking tussen voorspelling en werkelijkheid te komen zijn relevante delen van Figuur 4.2 vergroot weergegeven met de waargenomen posities van GHW ten opzichte van de basiskustlijn uit het model; zie Figuur 4.3. Het grillige verloop van de GHW-lijn maakt het trekken van konklusies niet eenvoudig; fluktuaties van 50 m per jaar komen regelmatig voor. Toch is er wel enige trend in het gedrag herkenbaar.

*Bij kmr. 16* bij de Buurderduinen volgt de GHW-lijn de berekende trend binnen een marge van 10 à 15 m, als rekening wordt gehouden met de verlate strandsuppletie in 1992 in plaats van in 1988. De berekende invloed van de bodemdaling door gaswinning is hier in 1993 minder dan 5 m, hetgeen gezien het grillige gedrag van de GHW-lijn niet herkenbaar is.

*Bij kmr. 25,* i.e. op de oostelijke modelgrens, volgt de GHW-lijn het berekende verloop binnen een marge van 50 m zeer goed. Dit bevestigt in elk geval dat het natuurlijke cyclische gedrag van de kust hier, althans in grote lijnen, goed is ingeschat en goed in het model wordt weergegeven. Ook hier is de invloed van de bodemdaling op het kustgedrag tot 1993 te gering om aantoonbaar te zijn en blijft verborgen binnen de nauwkeurigheidsmarges van de waarnemingen van de GHW-lijn.
Door ontwikkelingen in het zeegat (zie Par. 4.3) stagneert de zeewaartse groei hier sinds ongeveer 1990. Het is niet uitgesloten dat die stagnatie slechts tijdelijk is en dat de groei zich

over enige jaren weer zal doorzetten als het nieuwe geultje in het zeegat naar het oosten gaat migreren.

*Bij kmr. 20* lag de GHW-lijn in 1980 circa 40 m verder naar het zuiden dan de berekende kustlijn in het model, terwijl de verschillen in de aangrenzende kilometerraaien toen minder dan 10 m bedroegen (Figuur 4.4). Vanaf 1980 tot 1990 neemt dit verschil geleidelijk af doordat het wat uitstekende kustvak in het model wat sneller erodeert dan in de werkelijkheid en dus wat afvlakt. In de periode van 1990 tot en met 1993 groeide de kust hier zelfs en kwamen circa 20 m zeewaarts van de berekende kustlijn te liggen. Een duidelijk effekt van de bodemdaling op de kusterosie is ook hier (nog) niet herkenbaar.

*Kmr. 23* ligt in het gebied met de sterkste bodemdaling. Het lijkt erop dat de kust hier rond 1982/1983 een extreme positie bereikte, zoals eerder in 1906/1907 (Figuur 4.5), en sindsdien weer zeewaarts wil uitgroeien. Dit zou dan enkele jaren eerder gebeuren dan berekend met het model. In het algemeen ligt de werkelijke GHW-lijn 20 à 30 m meer zeewaarts dan de berekende positie. De algemene trend sluit echter redelijk aan bij de berekende invloed van de bodemdaling op het kustgedrag. Andere konklusies ten aanzien van enig effekt van de bodemdaling zijn ook hier gezien de natuurlijke fluktuaties in de GHW-lijn niet mogelijk.

Om tot een wat hardere vergelijking tussen de modelresultaten en het werkelijke kustgedrag te komen is op basis van de JARKUS-profielen het jaarlijks zandverlies of -winst per profiel bepaald in de schijf tussen NAP -2 m tot NAP +3 m. Dit kan worden vertaald in kusterosie c.q. kustaanwas in de meest altieve kustzone.
Deze methode sluit beter aan op de balansbeschouwing in het model en leidt veelal tot een minder grillig kustgedrag dan volgt uit de GHW-lijn. Op deze wijze is de kustverandering bepaald voor de periode 1980-1993. Het resultaat is vergeleken met de veranderingen die volgen uit de verplaatsing van de GHW-lijn en van de NAP-lijn (Fig. 4.6). Hieruit blijkt dat de GHW-lijn toch wel een goede maat is voor kustveranderingen. De berekende kustveranderingen voor de situaties met en zonder herhalingssuppleties voor de periode 1980-2002 zijn vervolgens vergeleken met de waargenomen veranderingen in de GHW-lijn (Fig. 4.7). Het resultaat laat zien dat de berekende kusterosie tussen kmr. 18 en kmr. 22 mogelijk te groot is.

Indien niet alleen naar de GHW-lijn wordt gekeken, maar ook naar het kustprofiel tot NAP –8 m, dan kunnen de volgende verschijnselen en ontwikkelingen worden herkend:
Het gebied tussen GHW en dieper water (NAP -6 à 7 m) vertoont een sterk dynamisch karakter door bewegende brekerbanken voor de kust. Met name dit verschijnsel is de oorzaak van het grillige gedrag van de GHW-lijn en in nog sterkere mate van de GLW-lijn (zie b.v. Figuur 4.8).
Kmr. 24 en vooral kmr. 25 liggen in de invloedssfeer van de buitendelta van het Pinkegat. Hier speelt ook het gedrag van kleine vloedscharen onder de kust een belangrijke rol in de morfologische ontwikkeling van de kust (Figuur 4.9).
Kmr. 20 laat op het oog in de periode 1980-1993 een min of meer stabiel gedrag zien dat om een zekere positie fluktueert (Figuur 4.10).
Kmr. 21 en 22 vertoonden in 1980-1983 erosie en daarna een beeld van een stabiele situatie tot lichte aanwas.
Kmr. 23 had onder GHW een profiel dat sinds 1980 rond een min of meer stabiele positie fluktueerde. In 1981-1982 was er echter een sterke groei van de duinen door een geleidelijke uitbouw van de zeereep in oostelijke richting (Figuur 4.8).

Kmr. 24 vertoonde sterke fluktuatie, verflauwing van de vooroever en een sterke groei sinds 1984.
Kmr. 25 vertoont sinds 1980 een sterke aanwas. In 1981-1982 verdween het geultje onder de kust. In 1988-1989 stabiliseerde de positie van de GHW-lijn en groeiden de duintjes in de zeereep (Figuur 4.9).
De sterke dynamiek in deze strook van de Noordzeekust maakt het onmogelijk om de betrekkelijk geringe invloed van de bodemdaling door gaswinning te herkennen, zeker nu deze nog niet volledig is ontwikkeld.

## 4.3 Friesche Zeegat en De Hon

Zoals vermeld in WL/RIN (1987) vertoont het Friesche Zeegat een relatief sterk dynamisch gedrag als gevolg van geulmigratie. Dit speelt vooral in het gebied van de buitendelta zeewaarts van de keel van de zeegaten van de Zoutkamperlaag tussen Schiermonnikoog en Engelsmanplaat en van het Pinkegat/Holwerderbalg tussen Engelsmanplaat en Ameland. Daarnaast heeft de afsluiting van de Lauwerszee in 1969 een belangrijke invloed gehad op de Zoutkamperlaag en haar buitendelta. Deze geul en de geulen Westgat en Plaatgat in de buitendelta zijn sindsdien merkbaar kleiner geworden. Ook de omvang van de buitendelta is afgenomen en de Gronden van het Plaatgat zijn geleidelijk landwaarts verschoven en omhoog gekomen. Uiteindelijk is hierdoor de strandhaak aan de noordwestzijde van Schiermonnikoog ontstaan (zie Figuur 4.11).

Het oostwaarts migreren van het Pinkegat, in kombinatie met het oostwaarts gerichte kusttransport, is de belangrijkste oorzaak voor het groeien van De Hon. In de periode 1987-1991 (zie Figuur 4.12) zijn het Westgat en het Plaatgat duidelijk naar het oosten gedraaid en is het Westgat belangrijk ondieper geworden. Het Pinkegat is in die periode circa 400 m naar het oosten opgeschoven terwijl de ondiepe geul tussen het Pinkegat en De Hon vrijwel op zijn plaats is gebleven en iets is verdiept. Ten zuiden van De Hon is het noordelijk deel van de Holwerderbalg 200 à 300 m naar het noorden opgeschoven door tegen de klok in te draaien. Dat deel van de geul is nu gericht op het secundaire geultje in het zeegat, waardoor dat met name tijdens eb meer stroom zal trekken. Dit is waarschijnlijk ook de reden waarom dit geultje zich in de periode 1987-1991 wat heeft verdiept. Deze verdieping heeft zich in de periode 1991-1993 doorgezet.

De oostpunt van De Hon bereikte eerder een extreme aangroei tot km 195,5 van het Nederlandse geografische meetnet (koördinatensysteem Rijksdriehoeksmeting met oorsprong in Amersfoort: x = 155.000 m, y = 463.000 m) rond het jaar 1945. Daarna erodeerde De Hon en bereikte in 1975-1980 een minimum positie op km 193,35 (Figuur 4.13). Sinds 1980 groeide De Hon weer en bereikte in 1986 km 194,3. Daarna stagneerde de groei en slingerde de positie van de oostpunt van De Hon rond km 194 (Figuur 4.13 en 4.14). Deze stagnatie hangt zeer waarschijnlijk samen met de ontwikkelingen in de Holwerderbalg en de secundaire geul in het Pinkegat. Het heeft er alle schijn van dat de huidige hoofdgeul in het Pinkegat verder in de richting van Engelsmanplaat zal migreren en geleidelijk in omvang zal afnemen. De secundaire geul zal de hoofdgeul vermoedelijk gaan volgen en groeien en geleidelijk de funktie van de huidige hoofdgeul overnemen. In dit beeld kan De Hon alsnog verder naar het oosten uitbouwen en rond 2005 à 2010 weer een extreem bereiken.

De ontwikkelingen in de Holwerderbalg en het Pinkegat in de periode 1986-1991, en bijgevolg het stagneren van de groei van De Hon, lijken het gevolg van natuurlijke geulmigratie door erosie in buitenbochten. In hoeverre dit proces, met name in de Holwerderbalg en in de secundaire geul in het zeegat, is versneld door de bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee is niet bekend. In WL/IBN (1987) is de mogelijkheid genoemd dat de extra zandhonger van de vloedkom van het Pinkegat voor een deel zal worden gekompenseerd door een vertraagde groei van De Hon. De maximale totale reduktie voor de bodemdalingsvoorspelling van 1985 werd geschat op 500 m en maximaal 10 m/jaar groeireduktie. De gesignaleerde ontwikkelingen sluiten deze mogelijkheid niet uit.

## 4.4 Waddenzee

De gegevens van de Waddenzee, die beschikbaar zijn om de invloed van de bodemdaling daar te bepalen, zijn zeer beperkt.

In WL/RIN (1987) is de invloed van de in 1985 voorspelde bodemdaling op de kombergingsgrafiek van dat deel van de vloedkommen van het Borndiep en het Pinkegat bepaald, dat binnen de 2 cm-zakkingslijn lag. Dat is toen gedaan op basis van de lodingskaarten van 1978 en de veronderstelling dat 20 procent van de bodemdaling zal worden gekompenseerd door sedimentatie. Het resultaat is gegeven in Figuur 4.15.

In 1994 bedroeg de bodemdaling op het wad maximaal 12 cm net ten zuiden van de oostpunt van de Oerderduinen en nam vandaar het wad opgaand vrij snel af. Ten opzichte van de oorspronkelijke voorspelling is dit circa 48 procent of (op grotere afstand) minder.

Helaas stamt de meest recente peilkaart van het wad onder Ameland van 1989, toen de bodemdaling op het wad nog minder dan 2,5 cm bedroeg. Deze loding kan dus nog geen enkel effekt van bodemdaling op het wad laten zien. Wel kan gekeken worden naar de natuurlijke beweeglijkheid in het gebied. Om die reden is een doorsnede over het wad gemaakt langs de noord-zuidordinaat km. 189,8. Deze loopt ongeveer door het hart van de bodemdalingsschotel en gaf de meeste peilgegevens in zowel 1984 als in 1989. De resultaten, gegeven in Figuur 4.16, laten zien dat het wad (ook) hier zeer dynamisch is met bodemveranderingen die aanmerkelijk groter zijn dan de voorspelde bodemdaling door gaswinning. Dit wordt gestuurd door het dynamisch gedrag van de ondiepe uitlopers van de geulen Kikkertgat, Zuiderspruit, Noorderspruit in de vloedkom van het Borndiep en van de Holwerderbalg in de kom van het Pinkegat.
De geultjes migreren van noord naar zuid of omgekeerd, terwijl tegelijkertijd de geulen vanuit het Borndiep zich geleidelijk oostwaarts uitbreiden en de Holwerderbalg zich met het verlengen van De Hon naar het oosten terugtrekt. Dit is herkenbaar in de posities van het wantij in 1979, 1984 en 1989. In de periode 1979-1989 is het wantij gemiddeld ongeveer een halve kilometer naar het oosten opgeschoven. De indruk bestaat dat het wantij in 1989 gemiddeld enkele decimeters hoger lag dan in 1984 (Figuur 4.17).

De hiervoor beschreven dynamiek in het waddensysteem maakt het onmogelijk om, ook in de toekomst, relatief kleine veranderingen door bodemdaling te herkennen.
Een andere optie om het effekt van bodemdaling terug te vinden, is te kijken naar geïntegreerde grootheden, zoals de kombergingsgrafiek van de vloedkom van het Pinkegat binnen gefixeerde grenzen. Een gemiddelde bodemdaling van circa 5 cm zou op deze wijze misschien

zichtbaar gemaakt kunnen worden, mits de gemiddelde peilnauwkeurigheid beter is. Om dit te beoordelen zijn de kombergingsgrafieken van de kom van het Pinkegat van 1970, 1975, 1979, 1982 en 1987 binnen gefixeerde grenzen met elkaar vergeleken (zie Figuur 4.18). De vergelijking laat zien dat het bodemnivo "fluktuaties" vertoont in de orde van 15 cm. Het komvolume onder GHW "fluctueerde" in die periode met 3 à 4 miljoen $m^3$ tussen 88,8 en 93,3 miljoen $m^3$. De fluktuaties of meetonnauwkeurigheden van de peilingen liggen hiermee in de zelfde orde als de maximale bodemdalingskuil in de Waddenzee.

## 4.5 Kwelders Nieuwlandsrijd en De Hon

In januari 1994 bedroeg de bodemdaling door gaswinning op Nieuwlandsrijd circa 8 cm aan de oostzijde van de kwelder aflopend tot circa 2 cm aan de westzijde. Dit is circa 35 procent van de oorspronkelijk (1985) voorspelde bodemdaling.

De bodemdaling op Nieuwlandsrijd zal niet leiden tot een afname van het kwelderareaal. omdat de kwelderrand is gefixeerd met een oeververdediging. De belangrijkste invloed is een toename van de frekwentie en omvang van overstroming door stormvloeden. Voor een deel wordt dit weer gekompenseerd door extra slibafzetting als gevolg van de extra overstromingen.

Dit verschijnsel geldt ook voor de natuurlijke kwelder op De Hon waar in januari 1994 de bodemdaling door gaswinning varieerde van ruim 12 cm bij de NAM-lokatie in het westen tot circa 5 cm op de oostpunt. Hier geldt bovendien dat de bodemdaling tot een afname van de kwelder kan leiden door noordwaartse verschuiving van de GHW-lijn aan de wadkant.

Het resulterend effekt van de bodemdaling door gaswinning op de topografie van de kwelders kan dus alleen bepaald worden als ook iets bekend is van de kompensatie door extra aanslibbing. Om hier iets over te weten te komen is in oktober 1988 bij negen geselekteerde PQ's op circa 20 cm onder het maaiveld een roestvrij stalen plaat ingegraven. Sindsdien wordt elk jaar met behulp van een prikker het nivo van het maaiveld ten opzichte van deze plaat bepaald (Tabel 4.1). Dit gebeurt door eerst met de prikker de randen van de plaat op te zoeken en vervolgens in het midden van de plaat te meten. In principe geldt de eerste aflezing als basis voor het bepalen van de opslibbing. Door zetting in de uitgegraven grond boven de plaat kan de gemeten opslibbing over het eerste jaar minder betrouwbaar zijn. Dit werd veelal ook bevestigd door de geringere dekking die een jaar later werd gemeten.

Op De Hon verloopt de opslibbing op de drie geselekteerde lokaties vanaf 1989 vrij regelmatig (Figuur 4.19), doch op Nieuwlandsrijd is dit in veel mindere mate het geval door het aantrappen van de grond door grazende koeien. Hierdoor is punt 17 volledig onbetrouwbaar en is in de overige punten het beeld tot 1991 à 1992 verstoord (Figuur 4.20). Een betrouwbaar beeld van de opslibbing kan hier pas na een langere periode van waarnemingen worden verwacht.

Opslibbingssnelheden kunnen ook indirekt worden bepaald uit de waterpassingen van het maaiveld van de kwelder-PQ's en de bodemdaling die volgt uit de nauwkeurigheidswaterpassingen. Dit is gedaan voor de periode 1986-1991 op basis van de formule:

$$OS = \{mv91 - mv86 + bd\ (86\text{-}91)\}/4{,}25$$

waarin:

| | | |
|---|---|---|
| OS | = | opslibbingssnelheid per jaar |
| mv86 | = | maaiveld nivo in 1986 (cq 1991) |
| bd(86-91) | = | bodemdaling in de periode 1986-1991 (4,25 jaar) |

De bodemdaling bedroeg in januari 1991 circa 4 cm langs raai III op Nieuwlandsrijd en circa 6 cm langs raai IX op De Hon.
De berekende opslibbingssnelheden zijn samen met de direkt bepaalde waarden uitgezet tegen het gemiddelde kwelderpeil op de meetlokatie over de periode 1986-1991; zie Figuur 4.21.

De resultaten laten een behoorlijke spreiding zien, met name de berekende opslibbingssnelheden. Een aantal extremen kunnen in zekere mate worden verklaard. Relatief hoge waarden worden gevonden in de punten 19 en 21 t/m 24 van raai III op Nieuwlandsrijd. Deze liggen dicht bij de Kooioerdstuifdijk en zijn mogelijk beïnvloed door instuiving van zand uit de duinen. De punten 17, 18 en 21 van deze raai vertonen negatieve waarden die kunnen zijn veroorzaakt door vertrapping door vee (punten 17 en 18) of door onnauwkeurigheid in de waterpassing; een fout van circa 1 cm geeft een fout van circa 2 à 2,5 mm/jaar in de opslibbingssnelheid. Dit laatste speelt waarschijnlijk ook een rol in de negatieve waarden die zijn gevonden voor de opslibbingssnelheden in de punten 9 en 11 t/m 13 van raai IX op De Hon.
Indien bovengenoemde punten buiten beschouwing worden gelaten, dan kan er een duidelijke relatie tussen kwelderpeil en opslibbingssnelheid worden herkend.
Uit de direkt bepaalde opslibbingssnelheden op De Hon kan worden gekonkludeerd dat de spreiding in de resultaten voor een deel ook wordt veroorzaakt door de afstand van de lokatie tot aan de hoogwaterlijn. Door uitzakking van sediment zal de gemiddelde sedimentkoncentratie in het water, dat een meer landwaarts gelegen punt bereikt, lager zijn en bovendien uit fijnere en moeilijker bezinkbare deeltjes bestaan.

Vergelijking van Figuur 4.21 met de eerder in WL/RIN (1987) afgeleide relatie (zie Figuur 4.22) laat een redelijke overeenkomst tussen beide relaties zien. De vroeger afgeleide relatie vormt min of meer de ondergrens van de resultaten van Figuur 4.21. Samen geeft dit voldoende basis om te mogen stellen dat de natuurlijke aanslibbing op de lage kwelderrand van De Hon tussen NAP +1,0 (≈ GHW) en NAP +1,1 m hoger is dan de maximale bodemdaling ter plaatse (circa 1,5 cm/j).
De kwelderrand zou dus ondanks de bodemdaling stabiel zijn en in principe zelfs nog zeewaarts kunnen uitgroeien. Uit de resultaten van de waterpassingen van De Hon in 1988 en 1993 blijkt dat de kwelderrand van De Hon in die periode met sterke bodemdaling vrijwel stabiel is gebleven. De grens van de begroeiing is slechts over een afstand variërend tussen 0 en 50 m naar het noorden geschoven. De wat lager gelegen GHW-lijn is wel duidelijk naar het noorden verschoven. Ook blijkt dat de bodemdaling op enige afstand uit de GHW-lijn in de Waddenzee groter is dan de bodemdaling door gaswinning. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door migratie van een geul in de richting van Ameland. Hierdoor is de oever, althans tussen GHW en NAP, iets steiler geworden.
Op hogere delen van de kwelder en op grotere afstand van de Waddenzee kan de opslibbing de bodemdaling niet meer volledig kompenseren. Hierdoor zal de kwelder wat vlakker worden (zie Figuur 4.23).

## 4.6 Duingebieden

De duingebieden kunnen morfologisch gezien worden opgedeeld in een sterk begroeide zone landwaarts van de zeereep en een aktieve zone bestaande uit de zeereep en de noordkant van De Hon bestaande uit een hoge strandwal met lage, jonge duintjes.

Het vegetatieonderzoek beperkt zich tot de oudere, inaktieve duinen met een sterke begroeiing. In dit gebied vindt als gevolg van de sterke begroeiing nauwelijks sedimenttransport plaats. Hierdoor zal de bodemdaling in principe leiden tot een permanente verlaging van het duinlandschap. Alleen daar waar natte valleien ontstaan zal op de lange duur kompensatie optreden door veenvorming.

De zeereep, die aansluit aan het droge strand, ligt in een gebied met veel sedimenttransport als gevolg van verstuiving door wind (opbouw zeereep) of door afslag door golven tijdens een stormvloed (afbraak zeereep). Het huidige beleid op Ameland is om de kustlijn te handhaven. Dit gebeurt aktief via duinsuppleties, het plaatsen van stuifschermen en helmaanplant tussen kmr. 10 en kmr. 17 waar de duinen als primaire zeewering fungeren. Vanaf kmr. 17 tot kmr. 23 is de zeereep minder belangrijk als zeewering en wordt deze "dynamisch" gehandhaafd. Dit betekent dat erosie of een doorbraak niet onmiddellijk hoeft te worden hersteld en dat herstel zoveel mogelijk met goedkope middelen, zoals stuifschermen en helmaanplant, zal worden uitgevoerd. Vanaf kmr. 23 wordt het gedrag van Ameland in het kader van het kustbeleid in principe aan de natuur overgelaten.

Sinds de aanleg van de Kooioerdstuifdijk tussen de Kooiduinen/Buurderduinen en Het Oerd/Oerderduinen in de tachtiger jaren van de vorige eeuw, heeft het duingebied ten noorden van deze stuifdijk zich geleidelijk ontwikkeld. Dit vond plaats doordat de bestaande zeereep, die voorheen tussen kmr. 16 en kmr. 17 naar het zuiden afboog, zich aan de noordzijde langs de stuifdijk kon gaan uitbouwen naar het oosten. Het uitbouwen gebeurde enerzijds door afzetting van zand aan de lijzijde, waardoor de hoge zeereep naar het oosten aangroeide. Anderzijds ontstond tegelijkertijd een rand met lage duintjes langs het hoge strand. Door de grote afstand tussen het droge strand en de stuifdijk werden deze lage duintjes tijdens zware stormen weer weggeslagen en werd het zand gedeeltelijk verder landwaarts op de strandvlakte geworpen. Zo is eerst een zeereep vlak voor de stuifdijk ontstaan en vervolgens een tweede zeereep hier weer voor en tenslotte zelfs een derde zeereep die zich momenteel uitstrekt tot net voorbij kmr. 23 (Figuur 4.24). De huidige (derde) zeereep met hoge duinen bereikte kmr. 23 tussen de JARKUS-opnamen van 1981 en 1982 en reikte in 1993 tot kmr. 23,1 (Figuur 4.25). Tussen de zeerepen liggen vrij lage duinvalleien waarvan sommigen tijdens storm met zeewater kunnen worden overspoeld.

## 4.7 Stormvloedgeulen op Ameland-oost

Het gebied met maximale bodemdaling door gaswinning ligt tussen kmr. 22 en kmr. 23. Juist in dit gebied sluit De Hon aan op de Oerderduinen en de huidige gesloten zeereep. Ten oosten van kmr. 23,1 komen op de noordzijde van De Hon nog verschillende duinkomplexjes voor tot aan kmr. 25,3. Deze worden nog op vele plaatsen doorbroken door valleitjes met een nivo tussen NAP + 1,80 m en NAP + 2,30 m.

Tijdens stormvloeden zal rond hoogwater via deze valleitjes zeewater over De Hon in de Waddenzee stromen, waardoor de neiging bestaat tot het uitschuren van één of meerdere kortsluitgeulen door De Hon. Of dit zal leiden tot een permanente doorbraak, waarbij De Hon wordt afgescheiden van Ameland, hangt in principe af van de verhouding tussen het oostgaande kusttransport door golven en wind en het aantal stormvloeden, waarbij water vanuit de Noordzee via de openingen tussen de duinkomplexjes over De Hon stroomt. Het laatste proces leidt tot uitschuring van de stormvloedgeultjes en verlaging van de drempels in de duinzone, terwijl het kusttransport juist de neiging heeft om de drempels weer te verhogen en een gesloten zeereep te maken. Dit laatste kan, zo nodig, worden gestimuleerd door de mens door het plaatsen van stuifschermen.

In principe treedt het grootste verschil in waterstand tussen de Noordzee en de Waddenzee op ter hoogte van het wantij en neemt af naar het zeegat toe. Bij stormvloed zal daardoor rond het uiteinde van de gesloten zeereep de sterkste stroom over De Hon optreden. Dit is vermoedelijk de reden waarom de duintjes tussen kmr. 23 en kmr. 24 wat teruggetrokken liggen ten opzichte van de zeereep en de meest oostelijk gelegen duingroepjes. Juist in dit gebied treedt de sterkste bodemdaling op, waardoor de frekwentie van het optreden van kortsluitstromen kan worden versterkt. Vergelijking van de waterpassingen van De Hon in 1988 en 1993 (Fig. 4.26 en Fig. 4.27) laat zien dat de kwelder nauwelijks in omvang is afgenomen, maar met name tussen kmr. 23 en kmr. 24 duidelijk is verlaagd. De duinen lijken hier nauwelijks beïnvloed door de bodemdaling, terwijl het hoge strand er zelfs, ondanks de bodemdaling, duidelijk (orde 0,2 à 0,3 m) hoger is geworden. De aanvoer van zand voor de verdere uitbouw van de zeereep bij kmr. 23 overheerst duidelijk het zandverlies door stormvloeden en bodemdaling.

De bovenstaande morfologische ontwikkelingen van het hoge strand maken het onwaarschijnlijk dat er een reëel gevaar bestaat dat De Hon van de rest van Ameland zal worden afgescheiden als gevolg van het ontstaan van een doorbraak van de zee door bodemdaling. Ook de regelmatige inspekties van De Hon, op het mogelijk ontstaan of geleidelijk ontwikkelen van een stormvloedgeul door de terreinopzichter van It Fryske Gea, lieten geen verontrustende ontwikkelingen zien.

Tot nu toe werden elk jaar op drie vaste plaatsen fotopanorama's gemaakt van geulen die zich door stormvloeden zouden kunnen gaan ontwikkelen. In de eerste jaren werd dit steeds in mei en november gedaan; in de laatste jaren alleen nog in mei. De fotopanorama's bevestigen dat er in het algemeen weinig tot niets is veranderd in de periode van 1988 tot nu toe. Alleen bij één van de duindoorgangen net te oosten van de NAM-lokatie tekent zich sinds 1990 enige ontwikkeling af. De indruk bestaat dat de stormvloedgeul zich niet verdiept, maar dat er zand vanaf het strand naar De Hon is gespoeld en dat er wat zijdelingse erosie is opgetreden aan de oostzijde van deze geul. Deze ontwikkelingen geven niet de indruk dat er zich een nieuwe geul aan het ontwikkelen is (geen verdieping of insnijding; verhoging droge strand), maar geven meer het beeld van de normale dynamiek in het systeem.
Het wordt aanbevolen om de fotopanorama's voor die geul (lokatie 1) éénmaal per jaar (mei) voort te zetten om de ontwikkelingen daar vast te leggen. De fotopanorama's op de overige twee lokaties kunnen worden beëindigd.

## 4.8 Konklusies

### Noordzeekust en zeegat

De sterke dynamiek in het morfologisch gedrag van de Noordzeekust van Ameland maakt het onmogelijk om de betrekkelijk geringe invloed van de bodemdaling door gaswinning te herkennen, zeker nu deze nog niet volledig ontwikkeld is.

### Friesche Zeegat en De Hon

Dit geldt in nog sterkere mate in het Friesche Zeegat. Het stagneren van de aangroei van De Hon naar het oosten lijkt het gevolg van natuurlijke geulmigratie van Holwerderbalg en het Pinkegat door erosie in buitenbochten. In hoeverre dit proces, met name in de Holwerderbalg en in de secundaire geul in het zeegat, is versneld door de bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee is niet te bepalen. In WL/IBN (1987) is de mogelijkheid genoemd dat de extra zandhonger van de vloedkom van het Pinkegat voor een deel zal worden gekompenseerd door een vertraagde groei van De Hon. In de bodemdalingsvoorspelling van 1985 werd de totale reduktie geschat op 500 m en de vermindering in de aanwas op maximaal 10 m/jaar. De gesignaleerde ontwikkelingen sluiten deze mogelijkheid niet uit.

### Waddenzee

Ook in de Waddenzee maakt de sterke dynamiek in het waddensysteem het onmogelijk om, ook in de toekomst, relatief kleine veranderingen door bodemdaling lokaal te herkennen. Ook indien naar gemiddelde bodemveranderingen of volumeverandering van de vloedkom wordt gekeken, zijn de veranderingen niet aantoonbaar, omdat ze klein zijn en binnen de peilonnauwkeurigheid liggen.

### Kwelders

Alleen op het land is de bodemdaling via waterpassingen duidelijk aantoonbaar. De nauwkeurigheidswaterpassingen geven een goed en nauwkeurig beeld van de bodemdaling door gaswinning. Plaatselijk treedt kompensatie in de maaiveldhoogte op door erosie of sedimentatie.

In januari 1994 bedroeg de bodemdaling door gaswinning op Nieuwlandsrijd circa 8 cm aan de oostzijde van de kwelder aflopend tot 2 cm aan de westzijde. Dit is circa 35 procent van de oorspronkelijk (in 1985) voorspelde bodemdaling. De daling van het maaiveld is veelal minder door kompensatie door opslibbing. Omdat de kwelderrand van Nieuwlandsrijd is gefixeerd met een oeververdediging wordt de kwelder door de bodemdaling niet kleiner.

Op de natuurlijke kwelder op De Hon varieerde de bodemdaling door gaswinning in janurai 1994 van ruim 12 cm bij de NAM-lokatie in het westen tot circa 5 cm op de uiterste oostpunt. Ook hier is door opslibbing de daling van het maaiveld veelal kleiner dan de bodemdaling door gaswinning.
Aan de wadzijde is de GHW-lijn voornamelijk als gevolg van erosie naar het noorden opgeschoven. De kwelderrand is echter niet of nauwelijks verplaatst.

De opslibbing op de kwelders is afhankelijk van het kweldernivo en (waarschijnlijk) van de afstand tot de Waddenzee of een kwelderkreek. Op de lage kwelders (lager dan NAP +1,25 m) is de bodemdaling in het algemeen meer dan gekompenseerd door opslibbing. Op de hogere kwelder neemt de kompensatie geleidelijk met het toenemende nivo en de grotere afstand tot de Waddenzee af tot 0 op een nivo van 2 m boven NAP relatief dicht bij de kust of 1,7 m boven NAP op grotere afstand van de zee. In het algemeen wordt de kwelder dus iets afgevlakt.

### Duingebieden

De zeereep en de jonge duintjes op De Hon zijn relatief zeer dynamisch en de effekten van bodemdaling zijn hier volledig ondergeschikt aan de natuurlijke dynamiek.

Het vegetatieonderzoek in de duinen is voornamelijk uitgevoerd in de oudere, inaktieve duinen met een sterke begroeiïng. Hier vindt nauwelijks zandtransport plaats, zodat de bodemdaling door gaswinning hier vrijwel overeen zal komen met de daling van het maaiveld. De bodemdaling zal in principe dus leiden tot een permanente verlaging van het duinlandschap.

### Stormvloedgeulen

Uit de beschikbare gegevens en de fotopanorama's vanaf drie lokaties op De Hon wordt de indruk gewekt dat er geen reëel gevaar bestaat voor een doorbraak van de zee door bodemdaling. Slechts op één plaats werd enige, niet verontrustende ontwikkeling gezien als gevolg van stroming over De Hon tijdens een zware storm. Het maken van fotopanorama's wordt slechts bij die geul (lokatie 1) éénmaal per jaar (mei) voortgezet om de ontwikkelingen daar vast te leggen.

# 5 Effekten bodemdaling op de ecologie

## 5.1 Algemeen

Als gevolg van de bodemdaling door gaswinning en de daarmee samenhangende veranderingen in de morfologie en hydraulische kondities (o.a. grondwaterstand, overspoelingsfrekwentie) kunnen er ook effekten optreden in de ecologie binnen het bodemdalingsgebied. Uit de voorspellende studie is gebleken dat alleen effekten mogelijk zijn in:

1 de vogelstand,
2 de vegetatie op de kwelders, en
3 de vegetatie in de duinen.

De mogelijke teruggang in de vogelstand als gevolg van een reduktie van de fourageertijd zou maximaal 7,3% bedragen bij een maximum bodemdaling van 26 cm (voorspelling 1985). Momenteel is dit maximaal in de orde van 2 à 3% gezien de werkelijke bodemdaling gemeten in januari 1994. Dit is een geringe invloed in vergelijking met de natuurlijke jaarlijkse fluktuaties in de vogeltellingen. Deze natuurlijke fluktuaties worden door andere oorzaken bepaald dan bodemdaling. Een belangrijk aspekt hierin is het voedselaanbod dat door verschillende oorzaken van jaar tot jaar sterk kan variëren. Om die reden is besloten om ook dat aspekt in dit hoofdstuk te behandelen.

Veranderingen in de vegetatie worden door het IBN gevolgd door in ca. 115 permanente kwadraten (pq's) in de duinen en kwelders regelmatig waarnemingen te verrichten langs een aantal standaardraaien (raaien I, III, VI, VII en IX; Fig. 3.12). In de tijd zijn de opnamen van de pq's gerelateerd aan de reeds geplande luchtkarteringsvluchten van de Meetkundige Dienst van RWS in 1988, 1993 en 1997. Op de kwelders zijn de metingen elke twee jaar uitgevoerd en in de duinen elke drie jaar. Deze frekwenties werden noodzakelijk geacht om zinvolle konklusies mogelijk te maken. De raaien zijn een selektie uit het onderzoek van 1986. In kombinatie met de gedetailleerde vegetatiekartering door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat wordt dat voldoende geacht voor een betrouwbaar beeld van de veranderingen in de vegetatie.

Daarnaast is de chemische samenstelling van het grondwater op een aantal representatieve plaatsen in de duingebieden bepaald (zie par. 3.5). Hiertoe is in 1990 en 1991 een uitgebreide analyse van grondwatermonsters uitgevoerd door het IBN. Daarnaast is op eenvoudiger wijze de pH- en EVG in het veld gemeten en Ca- en Cl in het IBN-laboratorium bepaald. Deze metingen zullen in 1998 worden herhaald en kunnen informatie geven over een veranderende invloed van zeewater, kalkrijk kwelwater en (zuur) neerslagwater. De uitgangssituatie is door Wiertz (1992) gepubliceerd.

De gegevens van het uitgebreide onderzoek naar de vegetatie in de geselekteerde pq's in de kwelders en in de duinen zijn bestudeerd en de resultaten worden in dit hoofdstuk besproken. Tenslotte zijn deze resultaten in een breder verband geplaatst door ze te vergelijken met de vegetatiekartering van Rijkswaterstaat.

## 5.2 Ontwikkeling van vogelstand en bodemfauna in de Waddenzee

### 5.2.1 Methode

De vogelstand in de Waddenzee wordt door meer faktoren beïnvloed dan alleen bodemdaling. Strenge winters en voedselaanbod spelen een belangrijke rol in de regulatie van de vogelaantallen. Om de invloed van deze faktoren te kunnen scheiden van het effekt van bodemdaling moeten de veranderingen in vogelaantallen in het bodemdalingsgebied bij Ameland worden vergeleken met veranderingen in omringende gebieden. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van 4 verschillende datasets van vogelgegevens:

1) Telgegevens van het gebied oost-Ameland, een gebied dat in grote lijnen overeenkomt met het bodemdalingsgebied. Hiervoor is gebruik gemaakt van tellingen van wad- en kweldervogels die tussen 1984 en 1993 tijdens hoogwater zijn uitgevoerd door medewerkers van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, zowel op het Nieuwlandsrijd (149 tellingen) als op de Hon (174 tellingen). De telresultaten worden uitgedrukt in het aantal vogeldagen per jaar. Het aantal vogeldagen in een bepaald gebied is de som van het aantal dagen dat alle aanwezige exemplaren (van een soort of van het totaal aantal vogels) in een gebied hebben doorgebracht.

2) Telgegevens van het gehele eiland Ameland. Het bodemdalingsgebied is hiervan een onderdeel. De gegevens hebben betrekking op 75 wadvogeltellingen die zijn uitgevoerd tussen 1973 en 1993 door leden van de voormalige Katholieke Jeugdbond voor Natuurstudie. De gegevens worden uitgedrukt in maximale aantallen die in een bepaalde periode zijn vastgesteld. Voor de meeste soorten zijn de aantallen in januari vergeleken, alsmede die welke zijn vastgesteld in de periode waarin de maximale aantallen van een soort aanwezig zijn.

3) Telgegevens van een naburig waddeneiland, in dit geval het eiland Terschelling. De keuze viel op dit eiland omdat hiervan de meeste telgegevens beschikbaar waren, er geen bodemdaling is opgetreden, terwijl het eiland qua struktuur en omgeving (het omliggende wad) een vrij grote gelijkenis heeft met Ameland. De in totaal 67 tellingen op Terschelling werden grotendeels uitgevoerd door medewerkers van het voormalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer en hebben betrekking op dezelfde jaren en dezelfde periodes als die van Ameland. Toch zijn er verschillen aanwezig tussen beide datasets. In sommige jaren kunnen voor een bepaalde soort wel gegevens beschikbaar zijn voor Ameland en niet van Terschelling, of omgekeerd. Dit heeft te maken met het feit dat ook is gebruik gemaakt van tellingen die werden uitgevoerd buiten het kader van de in de hele Nederlandse Waddenzee simultaan uitgevoerde tellingen.

4) Telgegevens van de gehele Nederlandse Waddenzee en noordwest Europa. Hiervoor is gebruik gemaakt van tellingen die werden gecoördineerd door de Nederlandse Steltloper Werkgroep, vanaf 1992 door SOVON. De vergelijking met andere gebieden in noordwest Europa vindt plaats op basis van gepubliceerde gegevens van de British Trust for Ornithology (o.a. Waters et al, 1933), een analyse van het International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (Rose & Scott, 1994) en een overzichtsartikel van Smit & Piersma (1989).

Problemen m.b.t. de vergelijking van gegevens uit het bodemdalingsgebied en elders zijn:

- De gegevens van het telgebied oost-Ameland zijn uitgedrukt in het aantal vogeldagen per jaar, die van de andere twee telgebieden in maximale aantallen uit een aantal periodes;
- De gegevens van het hele eiland Ameland omvatten tevens die van het deelgebied oost-Ameland en zijn dus niet onafhankelijk. Voor de meeste soorten bedraagt het aantal dat op oost-Ameland aanwezig is enkele tientallen procenten van de op het gehele eiland aanwezige populatie. Voor enkele soorten (Eidereend, Bergeend, soms ook Scholekster) kan meer dan 50% van het totaal op oost-Ameland aanwezig zijn. Om deze reden worden de gegevens van geheel Ameland ook vergeleken met een gebied dat daar in de Waddenzee zoveel mogelijk op lijkt (het gehele eiland Terschelling) maar waar geen bodemdaling is opgetreden.

Een vergelijking van het aantal vogeldagen op oost-Ameland met de maximale aantallen die in een bepaalde periode aanwezig zijn leert dat beide parameters in de meeste gevallen goed gekorreleerd zijn. Dit is in mindere mate het geval met de in januari aanwezige aantallen. De gegevens van geheel Ameland en geheel Terschelling zijn wel goed vergelijkbaar, omdat ze beide in dezelfde eenheden zijn uitgedrukt en betrekking hebben op dezelfde periodes in het jaar. Hierbij dient opgemerkt dat gegevens van wad- en watervogeltellingen in veel gevallen systematische en stochastische fouten in zich dragen (Rappoldt et al. 1985). Om deze reden kan vaak geen uitspraak worden gedaan over verschillen in twee afzonderlijk jaren tussen twee telgebieden. Dit is met name het geval voor soorten die in kleine aantallen voorkomen en die relatief grote telfouten vertonen. Duidelijke verschillen in aantalsontwikkelingen (trends) tussen beide telgebieden kunnen echter wel worden gesignaleerd.

Analyse van de mogelijke effekten van bodemdaling op oost-Ameland vindt plaats door middel van een soort aftelsom, waarbij andere invloeden dan bodemdaling zo veel mogelijk uit de telgegevens worden geëlimineerd. Daartoe worden de ontwikkelingen in de vogelaantallen eerst vergeleken met de ontwikkelingen in andere gebieden, waar de bodem niet daalt. Vervolgens wordt nagegaan welke andere omstandigheden op het Amelander wad zijn veranderd en in hoeverre eventuele veranderingen in de vogelstand daardoor zijn veroorzaakt. Uiteindelijk blijven dan de aantalsveranderingen over die eventueel aan bodemdaling kunnen worden toegeschreven. In Appendix 2 is hier uitgebreid op ingegaan; in de volgende paragrafen zijn de belangrijkste bevindingen samengevat.

### 5.2.2 Aantalsveranderingen in de tijd

Op de kwelders en zandplaten van oost-Ameland werden ongeveer 30 vogelsoorten min of meer regelmatig waargenomen die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de kweldervegetatie of van het wad ten zuiden van oost-Ameland. Van die 30 zijn er 16 talrijk genoeg om een redelijk betrouwbaar beeld van hun aantalsontwikkelingen te geven. Een vergelijking van deze aantalsontwikkelingen, gekombineerd met die op geheel Ameland en geheel Terschelling, samen met gegevens uit de hele Nederlandse Waddenzee en gegevens uit andere wadgebieden in noordwest-Europa, laat voor de afzonderlijke soorten de volgende aantalsontwikkeling zien:

In het geval van de *Rotgans* op oost-Ameland was het aantal vogeldagen per jaar door de jaren heen vrij konstant, namelijk ongeveer 270.000. De aantallen op geheel Ameland vertonen in de afgelopen 20 jaar echter een duidelijk stijgende lijn, overeenkomstig de sterk toegenomen populatieomvang van de soort die zich ook elders weerspiegelt (Ebbinge 1992ab).

Het beeld op Terschelling is sterk wisselend en per maand verschillend. Een vergelijking van de aantallen in de Nederlandse Waddenzee in de afgelopen 20 jaren laat zien dat de Rotgans in mei met een faktor 4 is toegenomen.

De *Smient* vertoonde op oost-Ameland vanaf 1984 tot 1987 een opvallende afname van 450.000 vogeldagen per jaar naar 200.000. Ook in 1988 en 1989 waren de aantallen relatief laag maar daarna trad een regelmatig herstel op. Het beeld voor geheel Ameland is niet erg duidelijk. De aantallen in januari vertonen een duidelijke toename, overeenkomstig de trend in geheel Nederland (Buesink et al. 1992). De aantallen Smienten op Terschelling vertonen in de laatste jaren gedurende de herfst een dalende lijn.

Tot 1989 waren er tussen januari tot augustus op oost-Ameland steeds zo'n 500-1000 *Bergeenden* aanwezig, tussen september en december 3000-4000. Daarna zakten de nazomer-aantallen met ongeveer een faktor 4. Tussen 1986 en 1989 vond een snelle afname plaats waarbij het aantal vogeldagen daalde van 600.000 naar 300.000 in 1989 en 100.000 in 1993. Ten opzichte van de beginsituatie was er sprake van een afname met een faktor 5. Het aantalsverloop van de Bergeend op geheel Ameland en Terschelling vertoont geen duidelijk verloop, hoewel op beide eilanden in de periode 1987-93 sprake is van een gestage afname. Voor die periode komen de trends van geheel Ameland en Terschelling dus redelijk overeen met de ontwikkelingen op oost-Ameland. Tellingen in de hele Nederlandse Waddenzee laten zien dat de Bergeend in de meeste maanden van het jaar een zekere toename vertoont, met name in de periode september-november (Smit & Zegers 1994).

De *Eidereend* blijkt op oost-Ameland tussen 1984 en 1990 steeds talrijker te zijn geworden. Het aantal vogeldagen steeg van 400.000 in 1984 en 1985 bijna 1.100.000 in 1990. Daarna vond een zeer snelle afname plaats, tot ongeveer 200.000 in 1993. De aantallen Eidereenden op geheel Ameland in mei vertonen gedurende de jaren 1973-91 een duidelijk stijgende lijn, overeenkomstig het beeld van de tellingen op oost-Ameland en Terschelling. Ook de aantallen in geheel Nederland in de periode 1967-89 vertonen een signifikante toename (Buesink et al. 1992). In de jaren daarna vond net als op oost-Ameland ook in andere delen van het oostelijk waddengebied een afname plaats van het aantal Eidereenden.

De aantallen *Scholeksters* op oost-Ameland zijn vanaf 1984 voortdurend gedaald, van 1.500.000 vogeldagen in 1984 naar 800.000 in 1993. Op geheel Ameland nam de Scholekster tot rond 1983 gestaag toe, waarna tot rond 1990 jaren volgden met hoge maar sterk wisselende aantallen. Daarna vond een sterke afname plaats. Op Terschelling waren de aantallen veel konstanter maar ook daar is het aantal Scholeksters gedurende de laatste jaren in de herfst wat gedaald. In de Nederlandse Waddenzee was sprake van een geleidelijke toename van het aantal Scholeksters en ook hier zijn de aantallen na 1991 gedaald. Deze afname speelde zich vooral af in de oostelijke Waddenzee (Smit 1994).

Het verloop van het aantal vogeldagen van de *Zilverplevier* op oost-Ameland laat een regelmatige toename te zien, van circa 50.000 vogeldagen in 1984 tot 140.000 in 1992 en 200.000 in 1993. De aantallen in west-Europa overwinterende Zilverplevieren laten zowel op lokaal niveau, als nationaal en internationaal al gedurende enkele tientallen jaren een gestage toename zien. Behalve op oost-Ameland kan deze toename ook worden gekonstateerd op geheel Ameland en Terschelling. In de Nederlandse Waddenzee zijn de overwinterende aantallen gedurende de laatste 20 jaren toegenomen met een faktor 2-3 (Smit & Zegers 1994).

Op oost-Ameland zijn de piekaantallen van de *Tureluur* tijdens de najaarstrektijd geleidelijk afgenomen sinds 1984. Het aantal vogeldagen per jaar daalde van 50.000 in 1984 en 1985 tot ongeveer 20.000 gedurende de periode 1990-93. Ook de aantallen op geheel Ameland laten een dalende tendens zien in de periode 1975-87, gevolgd door een stabilisatie. Deze ontwikkeling komt overeen met die op Terschelling. Een vergelijking van de aantallen over de laatste 20 jaren over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat de Tureluur in augustus en oktober is toegenomen, in september is afgenomen en in januari even talrijk is gebleven (Smit & Zegers 1994). De ontwikkeling op Ameland en Terschelling wijkt derhalve enigszins af van het algemene beeld.

In de periode tot 1990 waren op oost-Ameland enkele duizenden *Bonte Strandlopers* aanwezig, daarna zijn de aantallen gestegen. Ten opzichte van de jaren 1984-87 (gemiddeld 250.000 vogeldagen) was zelfs sprake van een zeer sterke stijging. In 1993 werden 1.000.000 vogeldagen vastgesteld. Het aantalsverloop van de Bonte Strandloper op geheel Ameland vertoont geen duidelijk beeld, wat mogelijk is omdat de aantallen elders op Ameland meestal duidelijk groter zijn dan op oost-Ameland. De aantallen in januari worden goeddeels bepaald door de strengheid van de winter en sterk fluktuerende aantallen in de maanden augustus-oktober (die een licht dalende tendens suggereren). Een vergelijking over de afgelopen 20 jaren laat zien dat de aantallen Bonte Strandlopers in de hele Nederlandse Waddenzee in de meeste maanden van het jaar op hetzelfde nivo liggen, met uitzondering van januari (Smit & Zegers 1994).

De *Rosse Grutto* op oost-Ameland vertoont gedurende de laatste 10 jaren een vrij konstant beeld. Hetzelfde is het geval met de aantallen op geheel Ameland, zowel in januari als in augustus-september. De in Afrika overwinterende populatie, die in mei doortrekt, vertoont echter wel een duidelijk stijgende lijn. De aantallen in de hele Nederlandse Waddenzee laten voor mei hetzelfde beeld zien.

Het aantalsverloop van de *Wulp* op oost-Ameland, geheel Ameland, Terschelling en de hele Nederlandse Waddenzee vertoont geen duidelijk beeld of suggereert een lichte toename. Dit is ook het geval met de *Kluut*. Omdat deze soort voor het overgrote deel in zuid Europa en Afrika overwintert is voor de analyse van het aantalsverloop op geheel Ameland alleen gebruik gemaakt van tellingen uit de maanden augustus-oktober.

Soorten die in dit overzicht ontbreken (*Wilde Eend, Bontbekplevier, Kokmeeuw, Zilvermeeuw, sterns*) vertonen geen duidelijk aantalsontwikkeling.

De vergelijking per soort is in onderstaand overzicht samengevat. Voor veel soorten zijn de trends vergelijkbaar. Ten opzichte van andere gebieden valt vooral het aantalsverloop van de Bergeend op. Deze is vanaf 1986 op oost-Ameland sterk in aantal achteruit gegaan.

| Soort | Oost-Ameland | Geheel Ameland | Geheel Terschelling | NL/NW Europa |
|---|---|---|---|---|
| Rotgans | ↑ | ±,↑ | ↑ | ↑ |
| Smient | ↓↑ | ± | ±,↑ | ± |
| Wilde Eend | ± | ± | ± | ± |
| Bergeend | ↓ | ± | ± | ↑ |
| Eidereend | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ |
| Scholekster | ↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ |
| Bontbekplevier | ↑ | ↓ | ± | ↓,↑ |
| Zilverplevier | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Tureluur | ↓ | ↓± | ↓± | ↓ |
| Bonte Strandloper | ↑ | ± | ± | ± |
| Rosse Grutto | ?,± | ±,↑ | ↑ | ↑,? |
| Wulp | ± | ± | ± | ± |
| Kluut | ± | ± | ± | ± |
| Kokmeeuw | ± | ± | ± | ± |
| Zilvermeeuw | ↑ | ± | ± | ↑ |

↑ = toename, ↓ = afname, ↑↓ = toename gevolgd door afname

### 5.2.3 Veranderingen in habitat en geomorfologie

Gedurende de afgelopen 10 à 20 jaren hebben zich op het wad in de omgeving van Ameland grote veranderingen voltrokken waardoor de aantallen vogels kunnen zijn beïnvloed. Ten eerste is het wad ten zuiden van Ameland gedurende de afgelopen jaren sterk vervlakt door het verdwijnen van alle mosselbanken. In feite is die verandering in het begin van de 80'er jaren ingezet, doordat mosseltelers er toen steeds meer toe overgingen om met ondiep stekende schepen (kokkelvissers-vaartuigen) wilde mosselen te oogsten van hoog liggende gebieden als het wantij van Ameland. Tot in de 70'er jaren was het wad ten zuiden van Ameland gekenmerkt door grote komplexen van mosselbanken, met een basis van oude, door de mosselen gevormde kleilagen. Tijdens het vissen naar mosselen wordt die ondergrond beschadigd, en op den duur kan hij geheel verloren gaan. Dat is ten zuiden van Ameland ook inderdaad gebeurd. Slechts hier en daar zijn nu nog plaatsen aan te wijzen waar de bodemsamenstelling herinnert aan de vroegere mosselbanken. Door een zeer goede broedval van mosselen in 1987 is dit proces van aftakeling, althans voor het oog, tijdelijk gestopt. De toen ontstane mosselbanken waren echter alle jong, en voordat ze een stabiele gemeenschap hadden gevormd waren ze al weer verdwenen. De laatste resten zijn rond 1991 met de hand door vissers weg geschept, toen wilde mosselen schaars begonnen te worden. In 1994 is in het hele gebied weer goede broedval opgetreden.

Eidereenden en Scholeksters, twee soorten die in de afgelopen jaren op Ameland duidelijk zijn achteruit gegaan, eten mosselen en kokkels. De kokkelstand is van 1984 tot 1987 echter

tamelijk slecht geweest, en daarna weer tamelijk slecht vanaf 1990. Vanaf 1990 ging de afwezigheid van mosselen samen met een tamelijk slechte kokkelstand. De achteruitgang van de Scholekster en de Eidereend vinden hun oorsprong waarschijnlijk in de afgenomen voedselvoorraden op het wad. Het voedsel van de Bergeend, die ook sterk achteruit is gegaan, bestaat uit kleine organismen die uit de bovenlaag van de bodem worden gezeefd. Ook daarop zou het verlies van mosselbanken kunnen inwerken. Mosselbanken kunnen tot op vrij grote afstand een effekt hebben op de bodemfauna, door het slikkiger worden van de bodem en door het omzetten van algen uit het zeewater in voedingsstoffen voor algen op het wad. Bergeenden zoeken vaak voedsel in enigszins beschutte, slikkige gebieden. Een nadere analyse zou echter noodzakelijk zijn, om na te gaan of de voedselsituatie van de Bergeend ten zuiden van oost-Ameland veranderd is en in hoeverre dat met het verdwijnen van de mosselbanken te maken heeft. Er zijn sommige andere vogelsoorten die ook vaak bij mosselbanken worden aangetroffen, maar die het toch goed lijken te doen op oost-Ameland. Voorbeelden zijn de Wulp, de Kokmeeuw en de Zilvermeeuw. De aantallen van deze vogels zijn niet afgenomen, of zelfs wat toegenomen. Er zijn ook vogelsoorten die zelden of nooit bij mosselbanken worden aangetroffen. Een voorbeeld is de Rosse Grutto, die vooral zijn voedsel zoekt op zandige plaatsen. De aantallen Rosse Grutto's zijn gedurende afgelopen jaren niet duidelijk veranderd. Een verklaring voor de vrijwel konstante aantallen Rotganzen op oost-Ameland is dat de draagkracht van dat gebied al langer dan 10 jaren geleden is bereikt. De groeiende populatie heeft er vervolgens wel voor gezorgd dat de aantallen in de Amelander polder omhoog zijn gegaan.

Een heel ander effekt op de vogelaantallen op oost-Ameland zou veroorzaakt kunnen worden door de veranderingen in het gebied rond Engelsmanplaat. De Engelsmanplaat, gelegen tussen Ameland en Schiermonnikoog, is vanouds een belangrijke hoogwatervluchtplaats voor steltlopers. In de loop van de 80'er jaren is de plaat echter steeds lager geworden, waardoor vooral kleine steltlopers (zoals de Bonte Strandloper en de Kanoetstrandloper) tijdens hoge vloeden moeten uitwijken naar elders. Door de bewakers van Engelsmanplaat is tot en met 1991 inderdaad meermalen gekonstateerd dat er vogels bij hoge vloeden uitweken naar Ameland of Schiermonnikoog. Ook het Rif ten noorden van Engelsmanplaat is lager geworden. De kleine duintjes zijn er omstreeks 1989 verdwenen en het Rif is nu smaller dan toen. Na 1991 is Engelsmanplaat niet meer bewaakt door vogelwachters. Waarschijnlijk is daardoor de frekwentie van verstoring door zeilvaarders toegenomen. De geul tussen Engelsmanplaat en het Rif wordt namelijk vaak gebruikt door zeiljachten en schepen van de z.g. bruine zeilvaart om voor anker te gaan. Soms wordt daarbij het gebied rond Engelsmanplaat betreden. Door deze veranderingen is het heel goed mogelijk dat overtijende vogels op Engelsmanplaat in de afgelopen jaren vaker dan voorheen zijn uitgeweken naar oost-Ameland, en met name naar de nabijgelegen Hon. Uit de in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten blijkt dat een aantal vogelsoorten in de afgelopen jaren talrijker zijn geworden op oost-Ameland. Die toename heeft vooral op de Hon plaats gevonden. Het gaat hierbij om relatief grote aantallen Bonte Strandlopers in 1992 en 1993 en grote aantallen Zilverplevieren, Wulpen en Zilvermeeuwen in 1993.

### 5.2.4 Konklusies

De aantalsontwikkeling van de vogelsoorten op oost-Ameland komt grotendeels overeen met meer algemene trends en kan in verreweg de meeste gevallen verklaard worden aan de hand van ontwikkelingen die los staan van bodemdaling. Hetzelfde kan gezegd worden van ontwikkelingen in de bodemfauna. De grootste veranderingen zijn voldoende te verklaren

aan de hand van gegevens over broedval van schelpdieren en de effekten van schelpdiervisserij.

Voor wat betreft de vogels blijkt verder dat er ook verschillen zijn tussen de vergelijkingsgebieden onderling, ook wanneer daar geen sprake is van bodemdaling (in dit geval bijvoorbeeld tussen Terschelling en de gehele Nederlandse Waddenzee). Daarom moet gekonkludeerd worden dat de verschillen in aantalsontwikkelingen van vogels tussen oost-Ameland in vergelijking met andere gebieden vooralsnog binnen de variaties vallen die van nature mogelijk zijn.

## 5.3 Vegetatieontwikkeling op de kwelders

### 5.3.1 Algemeen

Omdat kwelders in het bereik van het getij liggen, vindt er sedimentatie en erosie plaats. Als de hoogte door sedimentatie toeneemt, verschijnen spontaan de pionierplanten Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en Zeekraal (*Salicornia dolichostachya*): aan de wadzijde van de eilanden vanaf een hoogte van 20 tot 0 cm onder GHW, in de bezinkvelden van de vastelandskwelders vanaf een hoogte van 40 tot 20 cm onder GHW. Naast de hoogteligging bepalen de golfenergie en de stevigheid van het sediment de mogelijkheden voor pionierplanten om zich te vestigen (König 1948, Van Eerdt 1985, Groenendijk 1986). Rond het niveau van GHW bereikt het overjarige Kweldergras (*Puccinellia maritmia*) voldoende bedekking om (1) de opslibbing op te voeren tot de hoogste waarden in de gehele kwelderontwikkeling (Wohlenberg 1933; Jakobsen 1954; Bouwsema et al. 1986; Dijkema et al. 1988; Andresen et al. 1990), om (2) de ontwikkeling van een natuurlijk krekenstelsel in gang te zetten en om (3) erosie van de gevormde jonge kwelder tegen te gaan (Wohlenberg 1953; Kamps 1956, 1962; Von Weihe 1979). Het ontstaan van het krekenstelsel is een belangrijke stimulans voor de groei van de meeste kwelderplanten (betere ontwatering) en bevordert de successie naar de opvolgende vegetatietypen in de kwelderontwikkeling. Kwelderplanten spelen dus een essentiële rol in de kweldervorming.

Kweldergras markeert de ondergrens van de kwelder die aan de wadkant van de eilanden vanaf een hoogte van 10 tot 20 cm boven GHW begint en in de bezinkvelden van de vastelandskwelders al vanaf een hoogte van GHW tot 15 cm daarboven. De belangrijkste milieuvoorwaarde is bodemdoorluchting (vandaar de toepassing van greppeltjes in de kwelderwerken). Het belangrijkste gevolg van de vestiging van de overjarige kweldervegetatie is een toename van de opslibbing naar één tot enkele centimeters per jaar. Die opslibbing en de vastlegging van dat slib is echt aan de kweldervegetatie te danken, want eigenlijk zou er door het afnemend aantal overstromingen op deze hoogte minder slib moeten worden vastgelegd. Wordt de kwelder nog hoger dan neemt de opslibbingssnelheid sterk af door het geringer aantal overvloedingen. De zeewaartse rand van hogere kwelders bestaat vaak uit een klif die is ontstaan als gevolg van erosie (in het verleden).

Jaar-op-jaar-veranderingen in GHW blijken gevolgen te hebben voor de plantensamenstelling van de kwelderzones (Beeftink 1987b; Olff et al. 1988). De vegetatiezones zullen uiteindelijk parallel aan de trend in de waterstand opschuiven (afgezien dus van eventuele opslibbing). In de Oostzee is dit voor de bodemstijging daar aangetoond, echter alleen op de lange termijn (Ericson 1980; Cramer and Hytteborn 1987). Binnen een korte termijn van tien jaar blijken

de jaar-op-jaar-veranderingen van meer belang te zijn. Eén jaar met een verandering in GHW van 5 à 10 cm kan al tot een verschuiving van sommige planten leiden. Deze veranderingen vinden in hetzelfde jaar plaats bij een lager GHW en worden één of meer jaren vertraagd bij een hoger GHW (Beeftink 1987a, 1987b). De vertraging in de reaktie van de vegetatie op hogere waterstanden biedt de mogelijkheid van een verhoogde opslibbing in de jaren met een hogere relatieve waterstand. De sedimentaanvoer is dan hoger en de beschermende werking van de vegetatie blijft (Dijkema et al. 1990). Ook in de kwelderwerken is gebleken dat het verband tussen maatregelen die de opslibbing bevorderen en de vegetatieontwikkeling niet altijd eenduidig is. Dat komt omdat genoemde faktoren, zoals GHW-veranderingen en b.v. ook weersomstandigheden in het voorjaar, eveneens invloed uitoefenen op de vegetatie-ontwikkeling en op de korte termijn voor belangrijke verschuivingen in het kwelderoppervlak kunnen zorgen. Voor de vegetatieontwikkeling op de lange termijn is de opslibbing echter van doorslaggevend belang (Dijkema et al. 1992).

### 5.3.2 Methode kweldermonitoring

Het vegetatieonderzoek van het IBN is op dezelfde wijze uitgevoerd als in 1986. Op de kwelders worden door het IBN elke twee jaar (vanaf 1989) vegetatieopnamen gemaakt in ca. 50 pq's gelegen in de transecten III, IV, VII en IX. Dit in navolging van de eerste opname in 1986 (Dankers et al. 1987; WL en RIN, 1987). Toen zijn de pq's door RWS-Ameland ingemeten (positie en hoogte). In 1989 zijn de pq's blijvend gemarkeerd door de NAM en het IBN en vanaf 1989 wordt de hoogteligging van het maaiveld elke twee jaar voorafgaande aan het opnemen van de pq's opgenomen door de NAM.

De opslibbing op de kwelders in de transecten III, IV, VII en IX is door het IBN aan de hand van meerdere gegevensbronnen met elkaar vergeleken: (a) t.o.v. de plastic pq-verklikker-palen, (b) opslibbing boven de verzonken stalen pq-merken, (c) opslibbing boven de verzonken stalen WL-platen en (d) het berekende verschil tussen het maaiveld en de bodem-daling van het pq.

Alle gegevens staan in een dBase-bestand (Tabel 5.1) en de procedures voor het berekenen van de maaiveldhoogtes in Tabel 5.2.

De klassifikatiemethode voor de vegetatietypen is gezamenlijk door IBN en RWS vastgesteld (Dijkema & Bossinade, 1990) en is gegeven in Appendix 3.

### 5.3.3 Veranderingen in hoogte en vegetatie

In Figuur 5.1 zijn alle relevante gegevens met betrekking tot de maaiveldhoogte, bodem-daling, opslibbing en vegetatietype per pq weergegeven. Eventuele veranderingen in getij-hoogtes en weer, resulterend in een afwijkend verloop van de overvloedingsfrekwenties en saliniteit van de bodem, zijn in Figuur 5.1 niet meegenomen. De positie van de vegetatietypen in de kwelderontwikkeling is in Figuur 5.2 weergegeven.

Figuur 5.1 geeft inzicht in de betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens. De lijnen 'daling pq-merk' en 'bodemdaling' behoren evenwijdig te lopen. Dat is nagenoeg altijd het geval. Verder behoren de lijnen 'opslibbing pq-paal', 'opslibbing pq-merk', 'opslibbing plaat' en 'berekende opslibbing' evenwijdig te lopen. Dat is niet altijd het geval, maar voor veldmetingen is het resultaat toch redelijk betrouwbaar te noemen. De figuur geeft voldoende

ruggesteun om verantwoord met de gegevens van de maaiveldhoogte, bodemdaling en opslibbing te kunnen omgaan.

Voor een interpretatie van Figuur 5.1 zijn de belangrijkste lijnen de 'hoogte maaiveld' en de 'bodemdaling'. 'Hoogte maaiveld' is het nivo waarop de vegetatie aan overvloedingen blootstaat en 'bodemdaling' is de hypothetische maaiveldhoogte indien er geen opslibbing had plaatsgevonden. Het verschil tussen beide lijnen is de opslibbing (of eventueel erosie). In Figuur 5.1 is dus te zien of de opslibbing de bodemdaling heeft gekompenseerd of onvoldoende was voor volledige kompensatie.

Uit de effektenprognose tot en met 2005 (WL en RIN, 1987) kan de hypothese worden afgeleid dat bij onvoldoende kompensatie van de bodemdaling door opslibbing (dus daling van het maaiveld) de vegetatie verandert. Daarbij gelden twee voorwaarden: 1) de vegetatie verandert pas indien het maaiveld door een bepaalde ondergrens van de betreffende vegetatiezone zakt (Tabel 5.3) en 2) getijhoogtes en weer veranderen niet.

De belangrijkste resultaten van Figuur 5.1 zijn in Tabel 5.4 samengevat, gegroepeerd per kwelderzone. De verwachting uit de effektenprognose dat de opslibbing op Ameland de bodemdaling niet zou kunnen bijhouden, blijkt inderdaad op te treden. De bodemdaling is in de bestudeerde kwelderraaien 2 tot 4 maal zo hoog als de geschatte natuurlijke opslibbing voor eilandkwelders (WL en RIN, 1987; Oost & Dijkema, 1993). De gemeten opslibbing in alle kwelderzones blijkt ongeveer twee maal hoger te zijn dan de geschatte natuurlijke opslibbing voor eilandkwelders (Figuur 4.21). Tenslotte blijkt de opslibbing in de midden- en hoge kwelder veel minder te zijn dan in de lage kwelder en de pionierzone, hetgeen ook voorspeld was.

In de hypothese is gesteld dat de vegetatie pas verandert als de hoogte van het pq onder een bepaalde ondergrens komt. In de pionierzone blijft de hoogte overal voldoende (Tabel 5.4); in de lage kwelder neemt het aantal pq's, die onder de ondergrens liggen, toe van 20% in 1986 naar 40% in 1993; in de middenkwelder is de toename van 20% in 1986 naar 65% in 1993; in de hoge kwelder blijft de hoogte overal voldoende. In 1993 zijn er dus 14 pq's waarbij de hoogte beneden de ondergrens van de betreffende vegetatiezone zit. In 1993 is er in 11 pq's regressie van de vegetatie t.o.v. 1986 opgetreden. Daaronder vallen 2 pq's die door kliferosie zijn verdwenen en 5 pq's waarbij de hoogteligging nog steeds voldoende is (Tabel 5.4). In de vier overige gevallen treedt dus regressie van de vegetatie op doordat wel aan de voorwaarde van de hypothese is voldaan: in pq 9.11 uit de lage kwelderzone is de vegetatiebedekking aanzienlijk afgenomen, in de pq's 3.3, 7.3 en 9.8 uit de middenkwelderzone is een verschuiving in de soortensamenstelling naar die van een lagere zone opgetreden. In deze gevallen is bodemdaling dus de meest waarschijnlijke oorzaak van de vegetatieverandering. In de vijf pq's met regressie waarbij de hoogteligging toereikend is, moet een andere verklaring worden gezocht. Voor pq 3.8 is dat vertrapping door het vee en voor pq 9.1 een morfologische verandering van het aangrenzende wad (verlaging). Pq 7.4 is een lokale natte kom in een overigens goed uitziende kwelder, en de pq's 3.20 en 4.3 zijn een duidelijk geval van regressie (verdwijnen aantal plantensoorten van de hoge kwelderzone).

### 5.3.4 Veranderingen in overvloedingsfrekwentie, weer en vegetatie

In de voorgaande paragraaf is de redenering opgebouwd dat bij onvoldoende kompensatie van de bodemdaling door opslibbing de vegetatie van de kwelder kan veranderen. Daarbij dient het maaiveld door een bepaalde ondergrens van de betreffende vegetatiezone te zakken,

wat in 14 van de 51 pq's bleek op te treden (vooral in de middenkwelderzone). Dat leidde in slechts vier gevallen tot regressie van de vegetatie (Tabel 5.4). In deze paragraaf worden twee andere abiotische faktoren bekeken die daarop van invloed kunnen zijn, i.e. de overvloedingsfrekwentie (GHWR; afhankelijk van maaiveldhoogte $H_{mv}$ *en* getijhoogte) en het weer (neerslagtekort in de periode maart-augustus).

De overvloedingsfrekwentie is per jaar en per pq berekend uit Tabel 3.1 (paragraaf 3.2) als lopend gemiddelde over een periode van twee jaar voorafgaande aan het beschouwde jaar (jaar - 2 tot jaar). Het neerslagtekort is per jaar berekend uit Tabel 3.2 (paragraaf 3.3) als verschil tussen neerslag en verdamping over de maanden maart tot en met augustus en als lopend twee-jaarlijkse gemiddelde (jaar - 2 tot jaar). In Tabel 5.5 zijn deze gegevens per pq weergegeven. Uit vergelijking van GHWR en $H_{mv}$ blijkt dat de daling van de maaiveldhoogte vrijwel nooit tot een verhoging van de overvloedingsfrekwentie in 1993 heeft geleid. Dat wordt verklaard door de jaargemiddelde standen van GHW die over de periode 1991-1993 gemiddeld ca. 6 cm lager waren dan in de periode 1984-1990 (Fig 3.4). Daarmee kan worden verklaard waarom daling van de maaiveldhoogte vrijwel niet tot regressie van de vegetatie (@ in Tabel 5.5) heeft geleid, hoewel de berekende ondergrens van de betreffende vegetatiezone is gepasseerd (* in Tabel 5.5): GHW is na 1990 in raai 3 evenveel gedaald als de bodemdaling en in de raaien 4-9 ongeveer de helft. Alleen de achteruitgang van de vegetatie in pq 9.11 (zowel soortensamenstelling als bedekking) en in pq 9.08 (alleen soortensamenstelling) kunnen op grond van het jaar dat de regressie zichtbaar wordt en van de toename in de overvloedingsfrekwenties in Tabel 5.5 nog aan de bodemdaling worden toegeschreven.

Ten slotte kan een neerslagtekort in het groeiseizoen een rol spelen in eventuele regressie van kweldervegetaties in de hogere zones (De Leeuw et al. 1990). Uitdroging zorgt daar voor hogere zoutgehaltes. In 1989, 1990, 1991 en 1993 is er een fors neerslagtekort in het groeiseizoen (Tabel 3.2). Dat zou (mede) een oorzaak kunnen zijn voor de regressie in de vier pq's in de midden en hoge kwelder waarvoor nog geen verklaring is gevonden: pq's 3.3, 7.3, 3.20 en 4.03. Voor pq 9.8 (effekt bodemdaling) moet een beïnvloeding door het neerslagtekort ook niet worden uitgesloten. In onderstaande tabel zijn alle resultaten van het kwelderonderzoek samengevat.

| zone (aantal pq's) | pq nr. | regressie vegetatie vanaf | oorzaak regressie [1] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | hoogte onder ondergrens | overvloedingen toegenomen | neerslag-tekort | overig |
| 1 (14) | 7.4 | 1989 | - | - | nvt | natte kom |
| 2 (10) | 9.11 | 1989 | 1991 | + | nvt | |
| 3 (16) | 3.3 | 1989 | 1986 | - | + | |
| | 3.20 | 1991 | - | - | + | |
| | 7.3 | 1991 | - | - | + | |
| | 9.8 | 1989 | 1989 | + | + | |
| 4 (10) | 4.3 | 1991 | - | - | + | |

[1] Duidelijke gevallen met vertrapping, kliferosie en morfologische veranderingen van het aangrenzende wad zijn al in Tabel 5.4 behandeld

In Appendix 4 zijn de resultaten statistisch getoetst met de methode zoals die voor de pq's van de duinen in detail wordt beschreven (Ter Braak 1988).

## 5.4 Vegetatieontwikkeling in de duingebieden

### 5.4.1 Materiaal en methoden

#### Veldwerk en gegevensopslag

De veranderingen in de vegetatie werden gevolgd met behulp van permanente kwadraten (pq's). Dit zijn in het veld gemarkeerde vlakken van 2*2 $m^2$. In deze pq's zijn in 1986, 1989 en 1992 beschrijvingen van de vegetatie gemaakt (opnamen). De pq's liggen in vijf ongeveer parallelle raaien (transecten) van kwelder naar duin, genummerd I, III, IV, VI en VII. De pq's worden aangeduid met transectnummer + nummer binnen het transect. De ligging van de pq's wordt gegeven in Figuur 3.12. Transect VI is pas in 1989 uitgezet; er zijn hier dus geen gegevens uit 1986. De aantallen opnamen zijn: 54 in 1986, en 64 in 1989 en 1992. De laagste van de in deze paragraaf behandelde pq's zijn kwelder-achtig en worden incidenteel door zeewater overstroomd. De hoogste liggen in de droge duinen. De transecten liggen loodrecht op de gradiënt van bodemdaling, die ongeveer samenvalt met een gradiënt in beheer (vooral beweidingsdruk, soort vee en mate van bemesting). Met deze secundaire gradiënten is bij de huidige verwerking geen rekening gehouden. De opnamen zijn gemaakt door de volgende personen: in 1986: P.A. Slim, in 1989: J. Wiertz, in 1992: A.C. Zwikker en M.W. Dekker.

Elke opname bestaat uit een lijst van soorten, met voor elke soort de procentuele bedekking; dit is het percentage van de ondergrond bedekt door de levende delen van die soort bij loodrechte projektie. De procentuele bedekking is altijd op het oog geschat als abundantie, d.w.z. een cijferkode die met een bepaald bedekkingsinterval korrespondeert. In 1992 zijn hiervoor twee intervalschalen gebruikt, die elk afweken van de in 1986 en 1989 gebruikte schalen (Tabel 5.6). Daarom zijn de schattingen van alle jaren gekonverteerd naar een nieuwe vijfdelige schaal die bij benadering logarithmisch is (elk schaaldeel meer betekent een vijfmaal hogere bedekking; Tabel 5.7).

De gegevens zijn opgeslagen in condensed-format files (Hill 1979a) waarin de soortnamen zijn afgekort tot achtletterige kodes. Deze kodes zijn ook gebruikt in de figuren en tabellen. In de bestanden van 1989 en 1992 werden enkele veranderingen aangebracht om de kodering van de soortnamen in overeenstemming te brengen met die uit 1986. In een aantal gevallen zijn taxa die niet altijd goed onderscheiden zijn, samengevoegd. Tabel 5.8 geeft een volledige lijst van soorten met hun kodering, Nederlandse naam en wetenschappelijke naam, en de aangebrachte veranderingen in de koderingen. De thans gebruikte koderingen zijn vrijwel geheel in overeenstemming met het Botanisch Basisregister (Anonymus, 1992).

Cryptogamen zijn bij de huidige bewerking van de gegevens buiten beschouwing gelaten. Deze waren in 1986 volledig opgenomen, in 1989 zeer onvolledig en in 1992 betrekkelijk volledig, maar niet nagedetermineerd. Indeterminaten zijn eveneens buiten beschouwing gelaten met de volgende uitzonderingen: *Callitriche* sp., *Myriophyllum* sp. (in 1986 als *M. alterniflorum*, in 1989 als *M. spicatum*, de ware identiteit was niet meer aan het bewaarde materiaal vast te stellen), *Salicornia* sp., en *Taraxacum* sp.

#### Verwerking van de gegevens

De verwerking van de gegevens heeft zich toegespitst op de vraag in hoeverre de waargenomen veranderingen in de vegetatie toegeschreven kunnen worden aan bodemdaling. Hierbij werd ervan uitgegaan dat iedere soort een indikatie levert voor de waarde van abiotische faktoren (b.v. zout, vocht). De indikatiewaarde van de soorten is op twee manieren vastgesteld: (a) a priori, met behulp van bestaande indikatiewaardetabellen, en (2) a postiori, op grond van de gegevens zelf voor één jaar (1992). Door de gevonden veranderingen in de vegetatie te kombineren met de indikatiewaarden wordt een (op grond van de vegetatie) verwachte verandering in het abiotisch milieu verkregen. Vervolgens is gekeken of deze verwachtingswaarde in overeenstemming is met de gemeten bodemdaling, of dat zij uit andere abiotische veranderingen verklaard kan worden. Details omtrent de gebruikte statistiek worden gegeven in Appendix 5.

### 5.4.2 Resultaten en konklusies

#### Typologie voor 1992

Tabel 5.9 is een vegetatietabel met alle soorten en opnamen uit 1992. Op grond van deze tabel werd de vegetatie in vier typen (genummerd van 1 tot 4) ingedeeld. In Tabel 5.9A is bij elke soort het type aangegeven waarin deze optimaal voorkomt, en in Tabel 5.9B is voor elk pq aangegeven tot welk type het behoort. Voor een ecologische karakterisering van de typen is gebruik gemaakt van informatie uit Van der Meijden et al. (1990) en Westhoff & Den Held (1969), en van de gemiddelde indikatiewaarden (Ellenbergwaarden) per type (Tabel 5.10). De typen worden hieronder kort gekenschetst. Voor een uitgebreider beschrijving, en de plaatsing van de typen in het systeem van Westhoff & Den Held (1969), wordt verwezen naar Dankers et al. (1987).

Type 1: **zilte duinvalleien.** Karakteristieke soorten: *Festuca rubra, Juncus gerardii, Centaurium pulchellum, Glaux maritima, Juncus alpino-articulatus spp. atricapillus, Agrostis stolonifera.* Overeenkomend met type Tu in Dankers et al., met overgangen naar type Sf. De meeste pq's met dit type liggen in transect VII.

Type 2: **duinplassen, natte duinvalleien.** Karakteristieke soorten: *Phragmites australis, Scirpus lacustris spp. tabernaemontani, Eleocharis palustris spp. palustris, Juncus articulatus, Galium palustre, Mentha aquatica, Myosotis laxa.* Overeenkomend met type Wp in Dankers et al. Zoals ook al door Dankers et al. wordt opgemerkt is dit type vegetatiekundig vrij heterogeen, met elementen van o.a. Nanocyperion (*Gnaphalium uliginosum, Radiola linoides, Scirpus setaceus*), Litorellion (*Litorella uniflora, Juncus bulbosus, Samolus valerandi, Echinodorus ranunculoides*), en Bidention (*Polygonum minus*). Zoutplanten komen in dit type af en toe voor, zoals *Cochlearia danica, Suaeda maritima* en *Rumex maritimus*. De meeste pq's met dit type liggen in transect I en de lagere delen van transect IV.

Type 3: **ruigte, struwelen.** Karakteristieke soorten: *Salix repens, Calamagrostis epigejos, Cirsium arvense, C. palustre, Hydrocotyle vulgaris.* Overeenkomend met type Gi (droge duinen, rechter deel van de tabel) en type Ws (duinvalleien, linker deel van de tabel) in Dankers et al. *Schoenus nigricans*

is in dit type tweemaal aangetroffen, *Ophioglossum vulgatum* eenmaal. Dit type komt voor in alle transecten behalve VII. De twee pq's van transect III behoren ook tot dit type.

Type 4: **droge duinen; duingraslanden met overgangen naar duinheide.** Karakteristieke soorten: *Carex arenaria, Festuca ovina ssp. tenuifolia, Agrostis capillaris, Luzula campestris*. Overeenkomend met type Gk in Dankers et al., met overgangen naar de typen Hx en Gc. Dit type komt meest voor in transect I.

De ecologische verschillen tussen de typen zoals hierboven afgeleid uit de samenstellende soorten worden bevestigd door een analyse van hun gemiddelde Ellenbergwaarden (Tabel 5.10). De gemiddelde indikatiewaarde voor zout neemt signifikant af in de volgorde type 1 > type 2 > type 3 = type 4, terwijl de gemiddelde indikatiewaarde voor zuurgraad signifikant afneemt in de volgorde type 1 > type 2 = type 3 > type 4. Deze volgorde weerspiegelt de afnemende invloed van zeewater. De gemiddelde indikatiewaarde voor vocht is het hoogste in de typen 2 en 3, wijzend op een permanent natte bodem. De gemiddelde indikatiewaarde voor stikstof is in type 4 signifikant lager dan in de andere typen, hetgeen overeenkomt met het schrale karakter van de duingraslanden en -heiden. De signifikant hogere indikatiewaarde voor licht in type 1 komt overeen met het pionier- (kwelderachtige) karakter van dit type.

### Veranderingen in abundantie en indikatiewaarde

Tabel 5.8 geeft de aantallen vondsten per soort in de drie jaren. In totaal werden 185 soorten gevonden, de aantallen soorten in de afzonderlijke jaren bedroegen: 155 in 1986, 162 in 1989 en 158 in 1992. Sterke veranderingen in aantallen vondsten zijn niet opgetreden. Soorten die in één of twee jaren niet gevonden zijn, waren in de andere jaren meestal in slechts één of twee pq's aanwezig. In de gevallen waarin dit verschil groter is (tot 5 of 6 vondsten in slechts één jaar) betreft het meestal eenjarigen (o.a. *Ranunculus sceleratus, Cochlearia danica, Arenaria serpyllifolia*). De enige uitzondering wordt gevormd door de meerjarige *Atriplex portulacoides*, die uitsluitend in 1992 in zes pq's is aangetroffen.

De grootte en de signifikantie van de verandering in gemiddelde abundantie per soort wordt in Tabel 5.11 gegeven voor twee perioden: 1986-1992 en 1989-1992. Het blijkt dat de veranderingen in gemiddelde bedekking in het algemeen slechts klein geweest zijn. Voor 34 soorten bedroeg de gemiddelde verandering in abundantie meer dan 0,1; d.w.z. dat de gemiddelde bedekking met meer dan ca. 15% veranderde (van deze soorten namen er 12 af en 22 toe; Tabel 5.11). De soorten waarvoor de sterkste verandering werd gevonden, waren *Salix repens* (afname van de gemiddelde bedekking met ca. 40% tussen 1986 en 1992), *Potentilla anserina* (meer dan verdubbeling van de gemiddelde bedekking tussen 1986 en 1992) en *Hydrocotyle vulgaris* (verdrievoudiging van de gemiddelde bedekking tussen 1986 en 1992). Grote discrepanties tussen de verandering in aantal vondsten en de verandering in gemiddelde abundantie, die kunnen wijzen op grote verschillen tussen de jaren in wijze van schatten, werden niet gevonden (vergelijk Tabel 5.8 en Tabel 5.11).

De veranderingen per soort waren het grootst in typen 1 en 2. In deze typen zijn vooral waterplanten afgenomen (b.v. *Rorippa microphylla, Veronica scutellata, Lemna minor, Ranunculus sceleratus*), terwijl soorten van drogere bodem (b.v. *Plantago coronopus, Arenaria serpyllifolia, Trifolium repens*) en zoutplanten (b.v. *Juncus maritimus, J. gerardii, Spergularia salina*) toenamen. Echter, niet voor alle soorten past de trend in dit beeld; zo namen enkele soorten van droge bodem af (*Senecio jacobaea, Cirsium vulgare*) en namen enkele soorten van natte bodem toe (o.a. *Phragmites australis, Hydrocotyle vulgaris*). Opvallend is dat het verschil tussen de veranderingen over 1989-1992 en die over de gehele periode betrekkelijk klein is; dit wijst er op dat de sterkste veranderingen hebben plaatsgevonden tussen 1989 en 1992.

De gevonden veranderingen zijn te klein om vanuit oogpunt van natuurbeheer als gunstig of ongunstig gekarakteriseerd te worden. Van de waardevolle soorten zijn sommige signifikant afgenomen (o.a. *Parnassia palustris, Lythrum portula*), maar andere zijn signifikant toegenomen (o.a. *Anagallis minima, Centaurium pulchellum, C. litorale*) of niet signifikant veranderd (o.a. *Scirpus setaceus, Radiola linoides, Ophioglossum vulgatum*). Een sterke toename van grasachtigen ('vergrassing'), zoals van *Calamagrostis epigejos* in type 3 en *Carex arenaria* in type 4 wordt in het algemeen wel als negatief beoordeeld. Deze toename heeft echter in zeer veel duingebieden plaatsgevonden en wordt meestal verklaard als een effekt van atmosferische depositie (Veer et al. 1993). Gesteld kan worden dat de door Dankers et al. (1987: p. 60) globaal voorspelde verruiging, nivellering en verlaging van de natuurwaarde tengevolge van bodemdaling in de duinvalleien tot op heden niet heeft plaatsgevonden.

Het beeld dat naar voren komt uit de verandering van de afzonderlijke soorten wordt bevestigd door de verandering in de Ellenbergwaarden (Tabel 5.12). Er werden alleen signifikante veranderingen gevonden in typen 1 en 2, namelijk een toename van de zoutindikatie, en een afname van de vochtindikatie (het laatste alleen in type 2). Verder werd over de gehele periode 1986-1992 gemiddeld over alle typen een toename van de stikstofindikatie gevonden.

De afname van vochtminnende soorten is in tegenspraak met de verwachting bij bodemdaling: men zou dan immers vernatting verwachten. De toename van zoutminnende soorten kan echter wel door bodemdaling veroorzaakt zijn: de overvloedingsfrekwentie van de lager gelegen pq's kan hierdoor zijn toegenomen. Deze twee punten zijn verder onderzocht met behulp van multivariate statistiek (Appendix 6). De toename van de indikatiewaarde voor stikstof is mogelijk veroorzaakt door atmosferische depositie van uit de landbouw afkomstige ammoniak; dit is een verschijnsel dat thans in Nederland zeer algemeen optreedt (Bink et al. 1994, Van Dobben et al. 1994).

### Verandering in de vegetatie en relatie met hoogteligging

Figuur 5.3 is een ordinatiediagram met de vier typen en een selektie van de soorten, gebaseerd op het referentiejaar 1992. Voor details omtrent de konstruktie en de interpretatie van deze ordinatiediagrammen wordt verwezen naar Appendix 6 en de bijschriften van de figuren. Er blijkt een duidelijke relatie te bestaan tussen vegetatietype en hoogteligging. Een faktor die waarschijnlijk ook een sterke invloed op de vegetatie heeft is zout. Van deze faktor zijn geen direkte metingen beschikbaar, maar indirekt is er wel iets over af te leiden omdat de overvloedingsfrekwentie een goede maat voor de invloed van zout is. In de volgende paragraaf is het effekt van veranderingen in overvloedingsfrekwentie in de loop van de tijd in detail nagegaan voor de vegetatie van het laagstgelegen type (type 1).

De faktoren vocht en zout zijn op zich niet toereikend om alle verschillen in vegetatie tussen de pq's te verklaren. Ook andere faktoren zijn hierbij van belang, maar op grond van de huidige analyse is niet exact vast te stellen welke dit zijn. Verschillen in bodemtype (klei/zand) zullen zeker een rol spelen. Voorts is van belang dat het effekt van hoogteligging niet voor alle typen gelijk is. Figuur 5.4A geeft een indruk van het effekt van deze faktor in elk van de vier typen.

De veranderingen in de vegetatie in de loop van de tijd zijn betrekkelijk gering geweest. Figuur 5.4B geeft op globale wijze deze veranderingen weer. De gemiddelde verandering was voor elk type klein ten opzichte van het verschil tussen de typen. Met andere woorden: overgangen van het ene type naar het andere zijn niet of slechts zeer incidenteel voorgekomen. Het voorkomen van zulke type-overgangen is voor de duinen, in tegenstelling tot de kwelders, niet exact vast te stellen door het ontbreken van een vast typenstelsel. In typen 3 en 4 zijn de veranderingen erg klein geweest (zie Figuur 5.4B). In typen 1 en 2 traden duidelijke veranderingen op, vooral tussen 1989 en 1992. In type 2 duidde de verandering op drogere, en in type 1 op ziltere omstandigheden in 1992. Omdat verzilting een mogelijk gevolg van bodemdaling is, zijn de veranderingen in type 1 nader kwantitatief geanalyseerd.

### Kwantificering van de verandering in type 1

Figuur 5.5 geeft de op grond van de vegetatie verwachte verandering in overvloedingsfrekwentie, berekend volgens de in Appendix 5 aangegeven methode, samen met (1) de werkelijke overvloedingsfrekwentie, (2) de verwachte overvloedingsfrekwentie op grond van alleen bodemdaling bij konstant zeespiegelregime, en (3) de verwachte overvloedingsfrekwentie op grond van alleen verandering in zeespiegelregime, zonder bodemdaling. In alle gevallen is de verandering weergegeven als verschil ten opzichte van 1992. Het blijkt dat de op grond van de vegetatie verwachte verandering bij benadering de werkelijk gevonden verandering volgt, maar wel altijd kleiner is. Mogelijk kan dit worden toegeschreven aan een naijlingseffekt.

Het is niet mogelijk op grond van Figuur 5.5 de gevonden verandering in de vegetatie op eenduidige wijze aan òfwel bodemdaling òfwel verandering in zeespiegelregime toe te schrijven. Zowel de werkelijke verandering in overvloedingsfrekwentie, als de verwachte veranderingen op grond van alleen bodemdaling of alleen zeespiegelregime vallen binnen het 90% betrouwbaarheidsinterval van de op grond van de vegetatie verwachte verandering in overvloedingsfrekwentie. Uit de figuur komt voor de vegetatie hetzelfde algemene beeld naar voren als uit de voorgaande analyses: een vrij kleine verandering tussen 1986 en 1989, en een grotere verandering tussen 1988 en 1992. De verandering in overvloedingsfrekwentie vertoont hetzelfde beeld: een geringe afname tussen 1986 en 1989, en een vrij sterke toename tussen 1989 en 1992. Dit patroon wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de veranderingen in overvloedingsfrekwentie en hoogteligging tussen 1986 en 1989 elkaar min of meer kompenseerden (beide daling), terwijl zij tussen 1989 en 1992 elkaar juist versterkten (meer overvloedingen gepaard gaande met bodemdaling). Het is daarom niet uit te sluiten dat de veranderingen in de vegetatie van type 1 deels veroorzaakt zijn door bodemdaling, waarbij moet worden aangetekend dat dit effekt versterkt is door een toename van het aantal hoge vloeden.

Bij het bovenstaande moet nog worden aangetekend dat de in 1992 waargenomen veranderingen deels het gevolg kunnen zijn van de droge zomer in dat jaar (Tabel 3.2i). Dit is zeker aannemelijk voor de verdroging die in type 2 heeft plaatsgevonden. Deze verdroging kan ook verzilting tot gevolg gehad hebben. De toegenomen indikatiewaarde voor zout in type 2 maakt aannemelijk dat in dit type gelijktijdig met verdroging ook verzilting heeft plaatsgevonden (Tabel 5.12). Het is niet uit te sluiten dat de veranderingen in type 1 ook deels het gevolg van de droge zomer in 1992 geweest zijn. Het feit dat de gemiddelde Ellenbergwaarde voor vocht in type 1 niet signifikant veranderde maakt deze hypothese echter minder waarschijnlijk.

## 5.5 Vergelijking van de vegetatiekaarten

### 5.5.1 Basiskaarten

Door de Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst zijn in 1988 en 1993 vegetatiekarteringen verricht van het Nieuwlandsrijd en De Hon. In 1988 zijn zowel kwelders als duinen van geheel Ameland opgenomen. In 1993 heeft men zich beperkt tot alleen de kwelders van oost–Ameland. De kaarten zijn een onderdeel van VEGWAD, een monitoringsprogramma van kweldervegetaties in het waddengebied en zijn in opdracht van de Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland gemaakt. De kartering is een zgn. 'landscape guided vegetation survey' op basis van false colour luchtfoto's 1:5.000. Als produkt heeft de Meetkundige Dienst kleurenkaarten op schaal 1:10.000 en zwart-wit-kaarten 1:5.000 afgeleverd. De legenda van de kaarten bestaat uit een matrix. De legenda-eenheden van de kaarten zijn hiërarchisch opgebouwd op basis van landschapskenmerken. In de matrix is af te lezen welke vegetatietypen (met aandeel in %) in deze legenda-eenheden aanwezig zijn.

### 5.5.2 Vergelijking van de basiskaarten

Bij vergelijking van de kaarten van de Meetkundige Dienst doet zich het probleem voor dat dezelfde legenda-eenheden op verschillende kaarten niet exact dezelfde vegetatiesamenstelling bezitten. Dat maakt het beoordelen van de effekten van bodemdaling, die eerder op vegetatienivo dan op landschapsnivo waarneembaar zijn, lastig maar niet onmogelijk. Daarom is door de sectie GIS van het IBN een vertaalslag gemaakt van de landschapstypen van de Meetkundige Dienst naar de vegetatietypen zoals die in paragraaf 5.3 voorkomen. Vegetatietypen die in dezelfde hoogtezone voorkomen zijn gegroepeerd om tevens een gewenste vereenvoudiging van de kaarten door te voeren. Tabel 5.13 geeft de uiteindelijke vegetatiezones die voor de kaartvergelijkingen zijn gebruikt. Appendix 3 geeft de vertaalsleutels van de legenda-eenheden van de Meetkundige Dienst naar de vegetatiezones in Tabel 5.13.

Na de vertaling van de basiskaarten naar de vereenvoudigde zoneringskoderingen zijn er twee overlays gemaakt. 1) tussen De Hon 1988 en 1993, en 2) tussen Nieuwlandsrijd 1988 en 1993. De veranderingen in zonering van overlay 1 staan in Tabel 5.14. De veranderingen in zonering van overlay 2 staan in Tabel 5.15. De omgrenzingen De Hon 1988 en 1993 zijn niet gelijk. Om toch een overlay te kunnen maken is er een hulpzone buiten de vegetatiegrenzen gemaakt. Dit gebied heeft voor beide karteringen dezelfde omgrenzing.

### 5.5.3 Resultaten

Vergelijking van de Tabellen 5.14 en 5.15 en van de vegetatiekaarten 'Zoneringen' voor 1988 en 1993 (Figuur 5.6-5.9) levert voor zowel De Hon als Nieuwlandsrijd veranderingen van lagere naar hogere kwelderzones op (=successie) en van hogere naar lagere zones (= regressie). Op de kaarten 'Successie' en 'Regressie' is dit in detail weergegeven (Figuur 5.10-5.13).

De regressie op Nieuwlandsrijd (Figuur 5.10) is zeer plaatselijk en valt deels buiten het bodemdalingsgebied. De regressie bij de Oerdersloot (zuidoosten van Nieuwlandsrijd) bevindt zich op een sterk vertrapt en kapot gereden deel van de kwelder. De pq's in de buurt (3.1 - 3.4) vertonen een opslibbing die groter of gelijk is aan de bodemdaling en hebben een stabiele vegetatie. De regressie en successie binnen de drie middenkwelderzones (de groene typen op de kaart) zijn aanzienlijk: 19 ha van 033 naar 031 en 42 ha van 031 naar 033 (Tabel 5.15a). De foto-interpretatie is echter onzeker omdat deze is gebaseerd op veranderingen tussen subtypen (Jj en Jr, zie Appendix 3), die op luchtfoto's moeilijk zijn te onderscheiden.

De successie op Nieuwlandsrijd (Figuur 5.11) in het noordwestelijk deel, bij de Oerdersloot (11 ha van 021 naar 031), rondom de duinkopjes in het middengebied en de rand langs het Oerd (samen goed voor 17 ha van 033 naar 041) zijn het gevolg van geringe wijzigingen in de komplexen van vegetatietypen waaruit de vereenvoudigde vegetatiezones bestaan: een verandering van b.v. 30% R-typen en 70% J-typen naar 70% R-typen en 30% J-typen wordt door de vereenvoudiging van de vegetatiekaart als een volledige successie van een geheel kaartvlak geïnterpreteerd. De regressie van 21 ha duin (060 in Tabel 5.15a) naar hoge kwelder (041) heeft dezelfde oorzaak.

De regressie op De Hon (Figuur 5.12) is gering en o.a. een verschuiving van 3,7 ha middenkwelder (zone 031) naar de lage kwelder (zone 021). In het middendeel komt die regressie overeen met die van pq 9.11 waar de opslibbing door de grotere afstand tot het wadwater onvoldoende is om de bodemdaling te kompenseren.

De successie op De Hon (Figuur 5.13) is voor een deel natuurlijk en voor een ander deel het gevolg van dezelfde tekortkomingen van de vergelijkingsmethode die bij Nieuwlandsrijd is beschreven. Door geringe verschuivingen in komplexen van vegetatietypen verandert soms een geheel kaartvlak, zoals 12 ha hoge kwelder (042 in Tabel 5.14a) naar duin (060) en 7,5 ha duin naar midden kwelder (032).

In het algemeen geldt dat de vegetatiekaart van 1993 beter is dan die van 1988. De kaart van 1988 was onderdeel van een kartering van alle duinen en kwelders op Ameland, met een geringere mate van detaillering dan in 1993; het kwelderdeel wordt nu nader door de Meetkundige Dienst geïnterpreteerd, waardoor na de volgende vegetatiekartering in 1998 een goede vergelijking van alle drie kaarten kan plaatsvinden.

### 5.5.4 Konklusie

Met behulp van bijgaande vereenvoudigde vegetatiekaarten wordt in één oogopslag duidelijk gemaakt of er grote veranderingen op de kwelders hebben plaatsgevonden. Dergelijke grote veranderingen zijn er niet geweest.

De meeste veranderingen worden verklaard door verschillen in de interpretatie tussen 1988 en 1993. Bodemdaling heeft in de vegetatieveranderingen geen grote rol gespeeld, hooguit voor enkele hectares met regressie (= verandering van de vegetatie van hogere naar lagere zones) op het midden van De Hon. Mogelijk zou zonder bodemdaling meer successie (= verandering van de vegetatie van lagere naar hogere kwelderzones) zijn opgetreden.

Door de gehanteerde vereenvoudiging van de vegetatiekaarten gaat een deel van de informatie verloren. Deze detailinformatie is wel in de analyse van de pq's te vinden. Indien de veranderingen in de pq's daartoe aanleiding zouden geven is te overwegen in de volgende rapportage een gedetailleerde kaartvergelijking te maken. Daarbij zou dan ook de verbeterde interpretatie van de kaart uit 1988 moeten worden betrokken.

# 6 Bijzondere aspekten

## 6.1 Hogere overvloedingsfrekwentie Nieuwlandsrijd

Het gebied Nieuwlandsrijd bestaat voor een paar procent uit kwelderkreken en gegraven slootjes of greppels en voor ongeveer een kwart uit lage duintjes met een nivo boven NAP +2,0 m. Ongeveer drie kwart bestaat uit vrij vlak kweldergebied met in 1986 een nivo tussen NAP +1,3 m en NAP +2,0 m (Fig. 6.1).

Uit de bodemdalingsgegevens blijkt dat de bodemdaling door gaswinning op Nieuwlandsrijd in januari 1994 aan de oostkant circa 8 cm bedroeg afnemend tot circa 2 cm in de noordwestelijke hoek. Dit komt overeen met een bodemdaling van respektievelijk 10 mm/jaar tot 2,5 mm/jaar. Op de kwelder is deze daling geheel of gedeeltelijk door aanslibbing weer gekompenseerd. De mate van kompensatie hangt af van het maaiveldnivo en de plaats op de kwelder (Fig. 4.21, Par. 4.5). Op hogere nivo's (NAP +2,0 m en hoger) is de kompensatie overal nihil, terwijl volledige kompensatie optreedt op de lagere delen van de kwelder in het westen en zelfs op de lage kwelderdelen in het zuidoosten. Dit heeft uiteindelijk in 1994 geleid tot de situatie als gegeven in Fig. 6.2.

De kwelder Nieuwlandsrijd wordt reeds sinds zijn ontstaan in het eind van de vorige eeuw gebruikt voor het inscharen van vee. Dit gebeurt normaliter vanaf half april tot half oktober buiten het stormseizoen. De kwelder is echter zo laag dat deze ook tijdens het graasseizoen rond hoogwater meerdere malen gedeeltelijk onder water komt te staan als gevolg van opwaaiing tijdens stormen.
Om te voorkomen dat vee verloren gaat door verdrinking, moeten met name de schapen en lammeren tijdig naar hogere gronden worden gedreven. Daarnaast heeft elke overstroming tot gevolg dat het overstroomde deel van de kwelder gedurende enige tijd niet bruikbaar is als weiland.

Door verlaging van het maaiveld zullen delen van de kwelder op Nieuwlandsrijd vaker door de zee worden overspoeld. Uit. Figuur 3.10 kan worden afgeleid dat voor nivo's boven NAP +1,0 m de volgende relatieve toename in overvloedingsfrekwentie geldt bij de aangegeven daling van het maaiveld:

| Maaiveldsdaling (cm) | Rel. Toename | |
|---|---|---|
| | Graasseizoen | Jaar |
| 0 | 1,00 | 1,00 |
| 2,5 | 1,14 | 1,10 |
| 5 | 1,29 | 1,20 |
| 10 | 1,67 | 1,45 |
| 20 | 2,80 | 2,10 |

Een daling van het maaiveld (= bodemdaling - opslibbing) van 5 cm leidt dus tot 20% meer overvloedingen per jaar en tot 29% meer in het graasseizoen van half april tot half oktober. Dit leidt tot een (extra) ekonomische schade voor de boeren die hier vee hebben grazen. Deze schade kan in zijn totaliteit worden uitgedrukt in een reduktie van de beweidingskapaciteit van deze kwelder.

In het WL/RIN-verslag van 1987 is de ekonomische schade uitgedrukt in een "produktieverlies" in ha.dg in het graasseizoen. Dit geeft het (extra) aantal dagen per seizoen dat een oppervlak onder water staat en niet kan worden gebruikt. Ook deze keer is dezelfde procedure gevolgd. Op basis van Fig. 6.3 zijn de kwelderoppervlakken tussen de verschillende hoogte-intervallen bepaald en kon vervolgens het "produktieverlies" voor de situaties in 1986 en 1994 worden bepaald. Het resultaat (zie Tabel 6.1) geeft een extra verlies van 2.545 ha.dg in 1994. Dit is circa 3,6% van de kapaciteit van 70.000 ha.dg in de ongestoorde situatie. De werkelijke schade in 1994 is lager dan berekend, omdat de bodemdaling volgens Figuur 6.3 gemiddeld 8 à 10 cm zou bedragen, terwijl dit volgens de nauwkeurigheidswaterpassing (exklusief kompensatie door opslibbing) maar ongeveer de helft hiervan is.

Het bovenstaande schadepercentage is gebaseerd op langjarig-gemiddelde omstandigheden. Gezien de aanmerkelijke schommelingen, die van jaar tot jaar in de HW-overschrijdingsfrekwenties en in de regencijfers kunnen optreden, is het niet uitgesloten dat de verschillen in de jaarlijkse opbrengsten van de kwelder groter zijn dan de schade door de bodemdaling. Hierdoor kan het formeel aantonen van deze schade moeilijk zijn.

## 6.2 Polder Buurdergrie (Zwartwoude)

De polder Buurdergrie is gelegen tussen Buren en de Kooiduinen. De polder loopt van noord naar zuid licht hellend af in de richting van de zeedijk langs de Waddenzee (zie Fig. 6.4). De polder is opgedeeld in verschillende percelen waarin het polderpeil via stuwtjes wordt geregeld. Voor een optimale grasopbrengst wordt gestreefd naar het handhaven van een bepaald zomer- en winterpeil. Het regenwater en het kwelwater uit de duinen wordt uiteindelijk in de dijksloot langs de Waddenzeedijk opgevangen en via een duiker afgevoerd.

Met de bodemdaling zakken ook de regelstuwtjes in de sloten met het maaiveld mee. Hierdoor zal de grondwaterspiegel bovenstrooms van de stuwtjes nauwelijks ten opzichte van het maaiveld veranderen. Op die percelen zal de (geringe) bodemdaling dan ook geen nadelige effekten tot gevolg hebben.

De duiker in de dijksloot ligt in het oostelijk deel van de polder Buurdergrie waar de bodemdaling zeer gering zal zijn. Volgens de voorspellingen van 1985 en 1991 zou deze maximaal respektievelijk 2,5 à 1,5 cm bedragen. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat voor het oostelijk deel van de lage percelen, in casu Zwartwoude dat sterker zal dalen dan het spuisluisje, de optimale streefpeilen gaan afwijken van de polderpeilen. Daar kan dan de grasopbrengst iets veranderen als gevolg van de bodemdaling.
Een ander effekt is dat deze percelen in het najaar en de winter iets vaker last kunnen krijgen van inundatie tijdens westelijke stormen. Dit en de invloed van bodemdaling op de grasopbrengst is uitgebreid bestudeerd en gerapporteerd in Boer en Eysink (1993). Dit rapport geeft in principe de effekten van een bodemdaling van 10 cm. De werkelijke effekten kunnen via lineaire interpolatie worden geschat. Bij een bodemdaling van 10 cm zou het gebied met een nivo tussen 1,6 m en 1,8 m boven NAP een gering positief effekt hebben door iets minder droogteschade (1 à 2% meer opbrengst). Het gebied met een nivo tussen 1,4 m en 1,6 m boven NAP zou niet merkbaar worden beïnvloed (-1 à 1% meer opbrengst). Voor lager gelegen gebieden wordt een negatief effekt verwacht dat progressief toeneemt met het afnemen van het initiële maaiveldnivo. Bij een nivo van NAP +1,3 m kan de grasopbrengst bij een bodemdaling van 10 cm een kleine 2 procent afnemen. Bij een maaiveld nivo van

NAP +1,2 m neemt de opbrengstdaling dan toe tot circa 8 procent. Het laagst aangegeven maaiveld nivo in Zwartwoude is echter NAP +1,3 m (i.e. hoger dan NAP +1,25 m).

De werkelijke bodemdaling in de polder Buurdergrie varieerde in januari 1994 van 4 à 5 mm bij Buren tot maximaal 20 mm in de uiterste oostpunt van de polder. Voor het gebied Zwartwoude lag de bodemdaling toen tussen 10 en 15 mm. Het effekt van de bodemdaling op de grasopbrengst blijft hierdoor zelfs op de lage delen van dat gebied ruim binnen een procent (geen merkbare invloed).

De gemiddelde overschrijding van een oorspronkelijk bodemnivo van NAP +1,30 m is in 1994 in Zwartwoude toegenomen van circa 0,5 dagen per jaar tot circa 0,65 dagen per jaar. Op een nivo van NAP 1,35 m zijn deze getallen nog een faktor 2 à 3 lager.

## 6.3 Drinkwaterwinning in Buurderduinen

In het WL/RIN-rapport (1987) is uitgebreid ingegaan op de invloed die de bodemdaling door de gaswinning bij Ameland kan hebben op de winning van drinkwater in de Buurderduinen. Hieruit blijkt dat deze invloed zich beperkt tot een mogelijke verslechtering van de kwaliteit van het drinkwater door het meezuigen van een merkbare hoeveelheid brak grondwater. Dit gevaar wordt naar verwachting reëel bij een kustregressie bij kmr. 16 in de orde van 100 m na 1987.

Inmiddels is er echter een nieuw rijksbeleid dat er van uitgaat dat de kustlijn van 1990 dient te worden gehandhaafd. Gekozen is voor dynamisch handhaven van de kust, waarbij de ligging van de kustlijn op 1 januari 1990 als basiskustlijn is gedefinieerd. Als bij toetsing blijkt dat deze norm is overschreden of dreigt te worden overschreden, dan moet er worden ingegrepen. Voor de noordkust van Ameland betekent dit dat er dan een zandsuppletie wordt uitgevoerd.
Voor de strandvlakten, zoals De Hon op Ameland, geldt dat zo min mogelijk wordt ingegrepen in de natuurlijke ontwikkeling, zolang de eilanden als één geheel blijven bestaan. Daar wordt de kustlijn derhalve in principe niet verdedigd. Voor Ameland geldt dit ten oosten van kmr. 23 (RWS, 1994).

Bovenstaande betekent dat het beleid, dat met de suppletie van 1980 in gang was gezet, zal worden gekontinueerd. Uit Figuur 4.3 blijkt dat de kustlijn bij kmr. 16 maximaal 20 à 25 m landwaarts van de kustlijn in 1986 komt als gevolg van bovengenoemde beleidsbeslissingen bij de overheid.

Deze geringe (tijdelijke) kustregressie heeft naar verwachting geen merkbare invloed op de kwaliteit van het in de Buurderduinen gewonnen drinkwater.

In Tabel 6.2 zijn jaargegevens van de grondwateronttrekkingen op Ameland gegeven die zijn verstrekt door het bedrijf Waterleiding Friesland. Tevens zijn de veranderingen in de ligging van de duinvoet en de gemiddeld hoogwaterlijn bij kmr. 16 ten opzichte van de situatie in 1986 gegeven. In dat jaar is met de gaswinning op Ameland begonnen.

Bij Hollum lijkt er een duidelijk verband te bestaan tussen de onttrekkingshoeveelheid en het chloridegehalte. Bij onttrekkingen tot circa 175.000 $m^3$/jaar blijft het chloridegehalte konstant tussen 45 en 55 mg/l. Bij hogere onttrekkingen neemt het chloridegehalte toe.
De relatie heeft een zekere bandbreedte als gevolg van de invloed van regenval en verdamping op de waterkwaliteit.
In de loop der jaren is op Ameland door een toenemend toerisme de vraag naar drinkwater geleidelijk toegenomen, met name in de piekmaanden juli en augustus. Dit heeft in Hollum geleid tot een verhoging van het chloridegehalte sinds 1980/1981. Om aan de vraag naar drinkwater op Ameland te kunnen blijven voldoen heeft Waterleiding Friesland in 1990 een waterleiding van de vaste wal naar Friesland laten aanleggen. Hierdoor kon de ruwwater-onttrekking uit de duinen op Ameland sterk worden verminderd. In Hollum resulteerde dit weer tot eenzelfde chloridegehalte als vóór 1980.

Bij Buren kan op basis van de beschikbare gegevens geen logisch verband worden ontdekt tussen het chloridegehalte van het gewonnen water en de mate van wateronttrekking uit de Buurderduinen. Het chloridegehalte van het water uit Buren is altijd iets hoger geweest dan dat uit Hollum en lag tot 1978 steeds tussen 55 en 60 mg/l. In 1978 trad er een trendbreuk op en bereikte het chloridegehalte in Buren een extreme waarde van 93 mg/l. Na 1978 schommelde het chloridegehalte tussen 72 en 82 mg/l en was onafhankelijk van de hoeveelheid gewonnen water. Ook na 1990, toen de wateronttrekking uit de Buurderduinen ongeveer was gehalveerd ten opzichte van 1985-1989, trad geen verbetering op tot het nivo van vóór 1978. Waarom het chloridegehalte sinds 1978 plotseling is toegenomen en onafhankelijk is van de hoeveelheid onttrokken ruwwater, is niet duidelijk. Het heeft vermoedelijk met de bedrijfsvoering te maken (nieuwe putten in 1977) en mogelijk met de strand- en duinsuppleties met zout zeezand in 1980, 1990 en 1992.
De beschikbare gegevens geven aan dat in elk geval kunstlijnverplaatsingen van 40 à 50 m geen aantoonbare invloed hebben op het chloridegehalte van het gewonnen water uit de Buurderduinen.

Dit laatste, in kombinatie met het overheidsbeleid tot handhaving van de kustlijn, leidt tot de konklusie dat Waterleiding Friesland geen nadelige gevolgen van de bodemdaling door gaswinning zal ondervinden.
Daarnaast heeft Waterleiding Friesland inmiddels, door het aanleggen van een drinkwater-leiding vanaf de vaste wal, een aanzienlijke marge in de kapaciteit van de drinkwatervoor-ziening op Ameland gecreëerd. Ook om deze reden zijn er geen problemen te verwachten.

Voorgesteld wordt om dit onderwerp als afgehandeld te beschouwen en verdere gegevens-verzameling in dit verband te staken.

## 6.4 Konklusies

### Nieuwlandsrijd

Als gevolg van de bodemdaling is in 1994 de overspoelingsfrekwentie van de kwelder Nieuwlandsrijd in het graasseizoen gemiddeld toegenomen. Als gevolg hiervan is er sprake van een extra "produktieverlies" van maximaal 2% van de kapaciteit van 70.000 ha.dg. in de ongestoorde situatie (exclusief kompensatie door opslibbing).

Het bovenstaande schadepercentage is gebaseerd op langjarig-gemiddelde omstandigheden. Gezien de aanmerkelijke schommelingen, die van jaar tot jaar in de HW-overschrijdingsfrekwenties en in de regencijfers kunnen optreden, is het niet uitgesloten dat de verschillen in de jaarlijkse opbrengsten van de kwelder groter zijn dan de schade door de bodemdaling. Hierdoor kan het formeel aantonen van deze schade moeilijk zijn.

### Polder Buurdergrie (Zwartwoude)

De invloed van bodemdaling op de kans op inundatie tijdens westelijke stormen en op de grasopbrengst is uitgebreid bestudeerd en gerapporteerd in Boer en Eysink (1993). Dit rapport geeft in principe de effekten van een bodemdaling van 10 cm. De werkelijke effekten kunnen via lineaire interpolatie worden geschat.

In de polder Buurdergrie vindt geen zandtransport plaats. Het maaiveld van de weilanden zal dus permanent met de bodemdaling door gaswinning worden verlaagd.
De werkelijke bodemdaling in de polder Buurdergrie varieerde in januari 1994 van 4 à 5 mm bij Buren tot maximaal 20 mm in de uiterste oostpunt van de polder. Voor het gebied Zwartwoude lag de bodemdaling toen tussen 10 en 15 mm. Het effekt van de bodemdaling op de grasopbrengst blijft hierdoor zelfs op de lage delen van het gebied ruim binnen een procent (geen merkbare invloed). Ook de kans op inundatie verandert nauwelijks. Het aantal dagen van overschrijding van een nivo van NAP +1,30 m (oorspronkelijk) neemt in Zwartwoude gemiddeld toe van circa 0,5 dagen per jaar tot circa 0,65 dagen per jaar. Op een nivo van NAP 1,35 m zijn deze getallen nog een faktor 2 à 3 lager.

### Drinkwaterwinning in Buurderduinen

De beschikbare gegevens geven aan dat in elk geval kustlijnverplaatsingen van 40 à 50 m geen aantoonbare invloed hebben op het chloridegehalte van het gewonnen water uit de Buurderduinen. Dit, in kombinatie met het overheidsbeleid tot handhaving van de kustlijn, leidt tot de konklusie dat Waterleiding Friesland geen nadelige gevolgen van de bodemdaling door gaswinning zal ondervinden.

Daarnaast heeft Waterleiding Friesland inmiddels, door het aanleggen van een drinkwaterleiding vanaf de vast wal, een aanzienlijke marge in de kapaciteit van de drinkwatervoorziening op Ameland gecreëerd. Ook om deze reden zijn er geen problemen te verwachten. Voorgesteld wordt om dit onderwerp als afgehandeld te beschouwen en verdere gegevensverzameling in dit verband te staken.

# Referenties


Andresen, H., J.P. Bakker, M. Brongers, B. Heydemann & U. Irmler, 1990. Long-term changes of salt-marsh communities by cattle grazing. Vegetatio 89: 137-148.

Anonymus, 1992. Botanisch basisregister. Rapport CBS, 79 p. CBS afd Natuurlijk Milieu, Voorburg/Heerlen.

Beeftink, W.G., 1987a. Vegetation responses to changes in tidal inundation of salt marshes. In: J. van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon (eds.), Disturbance in grasslands. Junk, Dordrecht; 97-117.

Beeftink, W.G., 1987b. De betekenis van de factor getij voor de schorrevegetatie. In: J. Rozema (ed.), Oecologie van estuariene vegetatie. Vrije Universiteit Amsterdam; Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke; 45 p.

Bergs, J. van den, J.H. Bossinade & K.S. Dijkema, 1992. De effecten van het 'uitpolderen' van zomerpolders op de kweldervorming binnen de kwelderwerken in de Waddenzee. Nota-Gran 1992-2001, Rijkswaterstaat Directie Groningen; RIN-rapport 92/20, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 50 p.

Bink, R.J., D. Bal, V.M. van dan Berk, L.J. Draaijer, 1994. Toestand van de natuur 2. Rapport IKC-NBLF 4, 246 p.

Boer, S. en W.D. Eysink, 1993. Bodemdaling door gaswinning op Ameland-oost. Effekten op overschrijdingsfrekwentie en grasopbrengsten voor polder Buurdergrie, WL, verslag H114, februari 1993.

Bossinade, J.H., J. van den Bergs en K.S. Dijkema, 1993. De invloed van wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger Waddenkust, RWS-Dir. Groningen/IBN-Texel, RWS-nota Gran 1993–2009/IBN-rapport 049, 1993.

Bouwsema, P., J.H. Bossinade, K.S. Dijkema (ed.), J.W.Th.M. van Meegen, R. Reenders & W. Vrieling, 1986. De ontwikkeling van de hoogte en van de omvang van de kwelders in de landaanwinningswerken in Friesland en Groningen. Nota ANA-86.05, Rijkswaterstaat Directie Groningen; RIN-rapport 86/3, Rijksinstituut voor Natuurbeheer. 58 p.

Braak, C.J.F. ter, 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetatio 69:69-77.

Braak, C.J.F. ter, 1988. CANOCO - A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1). Technical Report Agricultural Mathematics Group LWA-88-02, 95 p. (+ update notes version 3.10, 1990). Ministery of Agriculture and Fisheries, Wageningen.

Buesink, H., A.J. Beintema & L.M.J. van den Bergh, 1992. Een kwarteeuw watervogeltellingen. RIN rapport 92/25, Arnhem: 82 p.

Carriëre, C., 1975. Ritme van de wadvogels op Ameland: Scholekster. In: Ameland-verslag. Verlag van het wadvogelonderzoek op Ameland in 1972 en 1973: 45-109. Jeugdbonden voor Natuurstudie, Nijmegen.

Carriëre, C. & M. Kersten, 1975. Hoogwatertellingen. In: Ameland-verslag. Verlag van het wadvogelonderzoek op Ameland in 1972 en 1973: 18-49. Jeugdbonden voor Natuurstudie, Nijmegen.

Cramer, W. & H. Hytteborn, 1987. The separation of fluctuation and long-term change in vegetation dynamics of a rising seashore. Vegetatio 69: 157-167.

Dankers, N., K.S. Dijkema, G. Londo, P.A. Slim, 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. RIN Rapport 87/14:86 p.

Dankers, N. & K. Koelemaij, 1989. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters. Helgol. Meeresunters. 43: 529-535.

Dirkse, G.M., 1987. De natuur van het Nederlandse bos. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer 87/28, 217 p. Leersum.

Dobben, H.F. van, Vocks, M.J.M.R., Jansen, E., Dirkse, G.M., 1994. Veranderingen in de ondergroei van het Nederlandse dennenbos over de periode 1985-1993. IBN Rapport 085, 37 p.

Dobben, H.F. van, 1993. Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity. Diss Utrecht, 214 p.

Dijkema, K.S., J. van den Bergs, J.H. Bossinade, P. Bouwsema, R.J. de Glopper & J.W.TH.M. van Meegen, 1988. Effecten van rijzendammen op de opslibbing en de omvang van de vegetatiezones in de Friese en Groninger landaanwinningswerken. Nota GRAN 1988-2010, Rijkswaterstaat Directie Groningen; RIN-rapport 88/66, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel; RIJP-rapport 1988-33 Cbw., Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad. 119 p.

Dijkema, K.S., G. van Tienen & J.G. van Beek, 1989. Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea 1:100 000. RIN Texel/Stichting Veth, Leiden: 24 habitat kaarten.

Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, P. Bouwsema & R.J. de Glopper, 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high-tide levels and accretion enhancement. In J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns (eds), Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Publishers, Dordrecht; 173-188.

# Referenties (vervolg)


Dijkema, K.S., J. Bossinade, J. van den Bergs, T.A.G. Kroeze, 1992. Experiment natuurbeheer kwelderwerken. Jaarverslag medio 1991-medio 1992. Rijkswaterstaat Directie Groningen; DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 24 p.

Ebbinge, B.S., 1992a. Population limitation in arctic-breeding Geese. Proefschrift, Universiteit Groningen: 200 p.

Ebbinge, B.S., 1992b. Regulation of numbers of Dark-bellied Brent Geese Branta bernicla bernicla on spring staging sites. Ardea 80: 203-228.

Eerdt, M.M. van, 1985. The influence of vegetation on erosion and accretion in salt marshes of the Oosterschelde, The Netherlands. Vegetatio 62, 367-373.

Ellenberg, H. Sr., 1991. Zeigerwerte der Gefäszpflanzen (ohne Rubus). Scripta Geobotanica 18:9-166.

Ens, B.J., G.J.M. Wintermans & C.J. Smit, 1993. Verspreiding van overwinterende wadvogels in de Nederlandse Waddenzee. Limosa 66: 137-144.

Ericson, L., 1980. The downward migration of plants on a rising Bothnian seashore. Acta Phytogeographica Suecica 68: 61-72.

Eysink, W.D., 1979. Morfologie van de Waddenzee. Gevolgen van zand- en schelpenwinning, WL, Verslag Literatuuronderzoek, R1336, mei 1979 (met 2 bijlagen).

Eysink, W.D., 1991. Mogelijke oorzaken van de verdieping voor de hoofden van de Eemshaven, WL, Verslag H1433, november 1991.

Groenendijk, A.M., 1986. Establishment of a Spartina anglica population on a tidal mudflat: a field experiment. Journal of Environmental Management 22: 1-12.

Hill, M.O., 1979a. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Report Cornell University, 52 p. Ithaca, N Y.

Hill, M.O., 1979b. TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Report Cornell University, 90 p. Ithaca, N Y.

Jacobsen, B., 1954. The tidal area in south-western Jutland and the process of the salt marsh formation. Geografisk Tidsskrift 53: 49-61.

Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak, O.F.R. van Tongeren, 1987. Data analysis in community and landscape ecology. 299 p. Pudoc, Wageningen.

Kamps, L.F., 1956. Slibhuishouding en landaanwinning in het oostelijk waddengebied. Rijkswaterstaat Directie Landaanwinning, Baflo. 93 p.

Kamps, L.F., 1962. Mud distribution and land reclamation in the eastern wadden shallows. Rijkswaterstaat Comm. 4, Den Haag. 73 p.

Kersten, M., 1975. Ritme van de wadvogels op Ameland: Wulp. In: Ameland-verslag. Verslag van het wadvogelonderzoek op Ameland in 1972 en 1973: 110-139. Jeugdbonden voor Natuurstudie, Nijmegen.

König, D., 1948. Spartina townsendii an der Westküste von Schleswig-Holstein. Planta 36: 34-70.

Leeuw, J. de, H. Olff & J.P. Bakker, 1990. Year-to-year variation in peak above ground biomass of six salt-marsh angiosperm communities as related to rainfall deficit and inundation frequency. Aquatic Botany 36: 139-151.

Londo, G., 1984. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: R. Knapp (eds.): Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Handbook of Vegetation Science 4:45-49. Junk, The Hague.

Mazure, J.P. en vele anderen (1974). Rapport van de Waddenzeecommissie: Advies inzake de principiële mogelijkheden en de voor- en nadelen van inpolderingen in de Waddenzee; RWS-Alg. Zaken, 's-Gravenhage, mei 1974, pp. 1-325.

Meijden, R. van der, E.J. Weeda, W.J. Holverda, P.H. Hovenkamp, 1990. Heukels' flora van Nederland. 662 p. Wolters-Noordhoff, Groningen.

Meininger, P.L., C.M. Berrevoets & R.C.W. Strucker, 1994. Watervogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied 1987-91. Rapport RIKZ-94.005, Middelburg/NIOO-CEMO, Yerseke: 381 p.

NAM, 1985. Voorspelling van de bodemdaling als gevolg van gaswinning in de provincie Friesland, NAM, Assen. Rapport aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen, NAM-rapport No. 12.015, september 1985.

NAM, 1990a. Bodemdaling door aardgaswinning, Groningen Veld en Randvelden, Statusrapport 1990, Prognose tot het jaar 2050, NAM, februari 1990.

NAM, 1991a. Herziene voorspelling bodemdaling Ameland. Gegevens verstrekt door NAM, november 1991.

NAM, 1993a. GPS-metingen Ameland platforms 1993, NAM, Afd. XTP/5, NAM-rapport 24806.

NAM, 1988. Waterpassing Ameland 1988. NAM, Afd. XTP/4, Rapport No. 15.986, december 1988.

NAM, 1988b. Vegetatieonderzoek Ameland, Koördinaten PQ's en peilbuizen, NAM-afd. XTG, december 1988.

NAM, 1990b. Waterpassing Ameland 1990. NAM, Afd. XTP/5, Rapport No. 17.767, april 1990.

NAM, 1990c. Periodieke hoogtemeting grondwaterpeilbuizen Ameland, NAM, XTP/I Hoogezand, H49-386, september 1990.

NAM, 1991b. Waterpassing Ameland 1991. NAM, Afd. XTP/5, Rapport No. 19.294, maart 1991.

# Referenties (vervolg)


NAM, 1992. Waterpassing Ameland 1992. NAM, Afd. XTP/5, Rapport No. 20.897, mei 1992.

NAM, 1992b. Periodieke hoogtemeting grondwaterpeilbuizen en PQ's Ameland, NAM, XTP/I Hoogezand, H49.386, januari 1992.

NAM, 1993b. Waterpassing Ameland 1993. NAM, Afd. XTP/5, Rapport No. 23.326, maart 1993.

Olff, H., J.P. Bakker & L.F.M. Fresco, 1988. The effect of fluctuations in tidal inundation frequency on a saltmarsh vegetation. Vegetatio 78: 13-19.

Oost, A.P., K.S. Dijkema, 1993. Effecten van bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee. IBN-rapport 025. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel/Universiteit Utrecht, fac. Aardwetenschappen. 134 p. + 7 bijl.

Payne, R.W. et al. ('Genstat 5 Committee'). 1987. GENSTAT 5 Reference Manual. 749 p. Clarendon Press, Oxford.

Rappoldt, K. & R. Reijnen, 1976. Het tellen van wadvogels op Ameland. Ongepubl. rapport, Utrecht: 16 p.

Rappoldt, K., M. Kersten & C.J. Smit, 1985. Errors in large scale shorebird counts. Ardea 73: 13-24.

Rose, P.M. & D.A. Scott, 1994. Waterfowl population estimates. IWRB Publication 29, Slimbridge: 102 p.

RWS, 1964. Tienjarig Overzicht der waterhoogten en afvoeren 1951-1960, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1964.

RWS, 1982, 1983, 1984. Jaarboek der waterhoogten, afvoeren en watertemperaturen 1980, 1981, 1982, Rijkswaterstaat, Dir. Waterhuish. en Waterbew., Hoofdafd. Gegevens, 's-Gravenhage, 1983, 1984.

RWS, 1985a. Tienjarig Overzicht der waterhoogten, afvoeren en watertemperaturen 1961-1970, Rijkswaterstaat, Dir. Waterhuish. en Waterbew., Hoofdafd. Gegevens, 's-Gravenhage, 1985.

RWS, 1985b, 1986, 1987. Jaarboek der waterhoogten, afvoeren en watertemperaturen en windgegevens 1983, 1984, 1985, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Hoofdafd. Informatica en Ontw., Afd. Informatiesyst., 's-Gravenhage, 1985, 1986, 1987.

RWS, 1988, 1990a, 1990b, 1991, 1992a. Jaarboek van afvoeren, waterstanden, golven en waterkwaliteit 1986 t/m 1990, 's-Gravenhage 1988, Lelystad-Den Haag 1990, Den Haag 1991, 1992.

RWS, 1992b. Jaarboek Monitoring Rijkswateren 1991, Min. Verkeer en Waterstaat, Dir.-Gen. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren/RIZA, Den Haag, 1992.

RWS, 1994. Kustlijnkaarten 1994, RWS-RIKZ, Rapport RIKZ-94.013, april 1994.

RWS-MD, 1992. Ameland Waterpassing april/mei, 1992.

Smit, C.J., 1994. Alternatieve voedselbronnen voor schelpdier-etende vogels. IBN-DLO rapport 77, Texel: 80 p.

Smit, C.J. & T. Piersma, 1989. Numbers, midwinter distribution, and migration of wader populations using the East Atlantic flyway. In: H. Boyd & J.-Y. Pirot (eds.), Flyways and reserve networks for water birds: 24-63. IWRB Special Publ. 9, Slimbridge.

Smit, C.J. & P.M. Zegers, 1994. Shorebird counts in the Dutch Wadden Sea, 1980-91: a comparison with the 1965-77 period. Ophelia Suppl. 6: 163-170.

Souer, M.A., 1988. Een computerprogramma in FORTRAN voor de primaire verwerking van fysisch-chemische gegevens van watermonsters. Intern rapport 88/65. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, 42 p.

SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse vogels. SOVON, Arnhem: 595 p.

Swennen, C., 1976. Populatiestructuur en voedsel van de Eidereend Somateria m. mollissima in de Nederlandse Waddenzee. Ardea 64: 311-371.

Veer, M., F. van der Meulen, G.W. Heil, A.M. Kooijman, 1993. Ecotoopbeheer in droge duinen: sturende processen en limiterende factoren. 147-170. In: M Cals, M de Graaf en J Roelofs (eds.): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen, proceedings van een symposium op 30 oktober 1992. Katholieke Universiteit, Nijmegen.

Waters, R.J., P.A. Cranswick, J.T. Cayford, M.S. Pollit & D.A. Stroud, 1993. The Wetland Bird Survey 1992-93: wildfowl and wader counts. British Trust for Ornithology, Thetford/ Wildfowl and Wetlands Trust, Slimbridge/Royal Society for the Protection of Birds, Sandy/ Joint Nature Conservation Committee, Peterborough: 122 p.

Weihe, K. von, 1979. Morphologische und ökologische Grundlagen der Vorlandsicherung durch Puccinellia maritima (Gramineae). Helgol. Wiss. Meeresunters. 32: 239-254.

Westhoff, V., A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. 324 p. Thieme, Zutphen.

Wiertz, J., 1992. De grondwaterkwaliteit in enkele duinvalleien op Oost-Ameland in 1990-1991, Inst. voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen, RIN-rapport 92/31, 1992.

Wirdum, G. van, 1981. Linking up the natec subsystem in models for the water management. Proceedings and Informations CHO/TNO 27: 108-128.

WL en RIN, 1987. Gaswinning op Ameland-oost. Effekten van de bodemdaling. WL, verslag H114, april 1987.

Wohlenberg, E., 1933. Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. Wiss. Meeresunters. NF. Abt. Helgoland 19/4: 1-3.

Wohlenberg, E., 1953. Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdam. Die Küste 2: 31-94.

Zwarts, L., 1970. Wadvogels van de Friese kust. Schierboek 4: 145-186.

| Meting | Interval | Instantie | Doel |
|---|---|---|---|
| 1. <u>Waterstanden</u> | | | |
| Nes, Holwerd en Schiermonnikoog | kontinue | RWS-Friesland | Bepalen van ontwikkelingen in GHW, MSL, GLW en de HW-overschrijdingsfrekwenties (randvoorwaarden voor verschillende aspekten). |
| 2. <u>Hydrologie</u> | | | |
| Regenval Nes | maand | KNMI | Randvoorwaarden voor ecologische aspekten en drinkwaterwinning. |
| Grondwaterpeilbuizen | | | |
| - Kooiduinen (RWS) | maand | Fryske Gea | |
| - duingebied (WL/IBN) | maand | Fryske Gea | Incidenteel wordt naast waterstand ook waterkwaliteit bepaald. |
| Aanbrengen/kontroleren peilbuizen | 1 jaar | WL | WL zal extra buizen plaatsen en jaarlijks de peilbuizen kontroleren en, zonodig, herstellen. |
| 3. <u>Bodemdaling (absoluut)</u> | | | |
| Meetpalen (NAM/RWS) waterpassen + | 1 à 5 jaar | NAM | Vaststellen van de werkelijke bodemdaling door de gaswinning. |
| Ondergrondse merken in de Waddenzee | 5 jaar | RWS-MD | |
| 4. <u>Luchtkartering</u> | | | |
| Hoogtemetingen + kustlijn | 5 jaar | RWS-MD | Bepalen van de kustlijn- en morfologische ontwikkeling van Ameland-oost. |
| Vegetatieopnamen | 5 jaar | RWS-MD | Bepalen van de veranderingen in de vegetatie op Ameland-oost. |
| Waterpassen kwelders | 5 jaar | NAM | Verzamelen aanvullende hoogtegegevens in de vlakke kwelderdelen. |
| 5. <u>Strandraaimetingen</u> | | | |
| Opname LW-lijn, HW-lijn en duinvoet | 1 jaar | RWS | Vastleggen van de ontwikkelingen van de Noordzeekust van Ameland. |
| Strandprofielmetingen (droge deel via jaarlijkse luchtopnamen) | 1 jaar | RWS | |
| 6. <u>Lodingen</u> | | | |
| Noordzee en zeegaten | 5 jaar | RWS | Bepalen bathymetrie en het volgen van de "kuil" op zee. |
| Waddenzee | 5 jaar | RWS | Bepalen bathymetrie en het volgen van het verlagen van de platen en het verruimen van de geulen in de vloedkom van Holwerderbalg/Pinkegat. |
| 7. <u>WL/IBN-raaien</u> | | | |
| Waterpassing en inmeten meetpunten en peilbuizen | 2 à 3 jaar | NAM | Volgen van de resulterende maaiveldverlaging op de kwelders en in de duingebieden (raaien IV-VII gedetailleerd i.v.m. kwelderrand bij Oerderduinen). Volgen van de veranderingen in de kwelder- en duinvegetaties op Ameland-oost. Tijdens het servicen van de peilbuizen zal WL op een aantal plaatsen de opslibbingssnelheden op de kwelders bepalen t.o.v. een verborgen merkplaat |
| PQ-vegetatieopnamen | 2 à 3 jaar | IBN | |
| Bepalen opslibbingssnelheden | 1 jaar | WL | |
| 8. <u>Metingen Waterleidingsbedrijf</u> | | | |
| Onttrekkingshoeveelheden | maand | WLB-Friesland | Randvoorwaarden voor het vaststellen van kwaliteitsvermindering van het drinkwater en de mogelijke oorzaken hiervan (b.v. bodemdaling, droge zomer of verhoogde onttrekking). |
| Zoutgehalte | maand | WLB-Friesland | |
| Grondwaterstanden en zoutgrens | maand | WLB-Friesland | |
| 9. <u>Waterstanden in polder Buurdergrie</u> | | | |
| Dijksloot | kontinu tot 1990 | WL | Vaststellen van mogelijke ekonomische schade in de polder Buurdergrie (dit deel van het onderzoek loopt nog en wordt beeindigd na 3 jaar gegevensverzameling in de dijksloot). |
| 10. <u>Stormvloedgeulen op De Hon</u> | | | |
| Visuele inspektie | ½ à 1 jaar | Fryske Gea | Bewaken van doorbraakgevaar op De Hon. |
| 11. <u>Vogelstand</u> | | | |
| Telling op Nieuwlandsrijd | maand | NMF | Bijhouden vogelstand; eventueel korreleren met bodemdaling, met name de zakking van de platen in de Waddenzee. |
| Telling op De Hon | maand | Fryske Gea | |

Tabel 1.1 Monitoringsprogramma Ameland

1) geheel of gedeeltelijk doorgeschoven naar 1990 2) uitgebreide rapportages 3) allen kwelders

Tabel 1.2 Tijdschema van het onderzoek (indeling per onderwerp)

| PEILMERK NR | COORDINATEN | | HOOGTE GEMETEN | 1986 HERLEID | KORR,1986 HERLEID |
|---|---|---|---|---|---|
| | X [m] | Y [m] | [m] | + N.A.P. | [mm] |
| OA2592 | | | 3,7722 | | |
| 2C1 | 180050 | 606650 | | 2,9803 | -1 |
| 2C2 | 180630 | 606520 | 4,0077 | | -1 |
| 2C3 | 180550 | 606650 | 5,5114 | | -3 |
| 2C6 | 181200 | 606940 | 4,1971 | | |
| 2C9 | 181640 | 607740 | 5,6537 | | |
| 2C18 | 184840 | 608410 | 3,8498 | | |
| 2C19 | 188130 | 608320 | 3,1720 | | |
| 2C23 | 184910 | 607050 | 3,6191 | | |
| 2C37 | 188980 | 608530 | 2,5744 | | |
| 2C39 | | | 1,5993 | | |
| 2C40 | 184130 | 607800 | 2,7072 | | |
| 2C42 | 182850 | 606980 | 3,1651 | | -3 |
| 2C43 | 181980 | 606850 | 3,2531 | | -3 |
| 2C45 | 180130 | 606730 | 3,5086 | | |
| 2C47 | 185980 | 606870 | 2,2511 | | |
| 2C82 | 189640 | 609010 | 3,2178 | | |
| 2C83 | 188850 | 607760 | 7,0668 | | |
| 2C84 | 187710 | 607340 | 2,0899 | | |
| 2C85 | 186550 | 607070 | 3,4040 | | |
| 2C86 | 185940 | 608390 | 2,3321 | | |
| 2C87 | 187020 | 608370 | 2,3037 | | |
| 2C95 | 180070 | 606380 | 2,5610 | | -3 |
| 2C96 | 184180 | 607160 | 2,8329 | | |
| 2C97 | 183530 | 607710 | 3,6912 | | |
| 2C98 | 182690 | 607550 | 3,7118 | | |
| 2C99 | 182610 | 607920 | 5,9036 | | -1 |
| 2C100 | 180450 | 607300 | 4,1112 | | -3 |
| 2C101 | 184840 | 608410 | 3,6916 | | |
| 2C102 | 188130 | 608330 | 3,0401 | | |
| 2C103 | 181010 | 606780 | 4,8502 | | -3 |
| 2C104 | 180980 | 606780 | 4,8502 | | -3 |
| 2C105 | 181180 | 607990 | 18,6619 | | -4 |
| 2C106 | 189220 | 608080 | 20,8457 | | -23 |
| 2C107 | 180700 | 605300 | 2,0507 | | -5 |
| 2C109 | 180730 | 606060 | | 2,2772 | -1 |
| 2C110 | 188120 | 607450 | 1,9738 | | |
| 2C111 | | | | 2,2730 | |
| 2C112 | 188980 | 608530 | | 3,6319 | |
| 2C113 | | | | 2,5370 | |
| 2C114 | | | | 5,6600 | |
| 2D23 | 191000 | 608660 | 2,0152 | | |
| 2D51 | 193170 | 608010 | 0,5602 | | |
| 2D52 | 193170 | 608000 | 0,4470 | | |
| 2D53 | 193170 | 608000 | 0,5638 | | |
| 2D69 | 191640 | 608320 | 2,2626 | | |
| 2D70 | 191630 | 608830 | 2,7614 | | |
| 2D71 | 192620 | 608740 | 2,1557 | | |
| 2D72 | 192600 | 608440 | 1,9124 | | |
| 2D73 | 192640 | 608940 | 1,6661 | | |
| 2D74 | 190790 | 608220 | 2,1760 | | |
| 2D75 | 190020 | 608030 | 1,8171 | | |
| 2D76 | 191000 | 608660 | | 2,8450 | |
| 2D77 | | | | 1,3730 | |
| 2D78 | 192625 | 608750 | | 3,2020 | |
| 2D79 | 190210 | 608780 | 2,9293 | | |

Tabel 2.1 Gekorrigeerde en herleide nulnivo's voor bodemdaling

| Nivo m t.o.v. NAP | Aantal HW-overschrijdingen per jaar | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1941-1980 | | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
| | | 1) | | | | | | | | | | |
| 3.0 | 0.2 | 0.25 | | | | | | | 3 | 0 | | 1 |
| 2.9 | 0.3 | 0.35 | 0 | | | | | 0 | 3 | 1 | | 1 |
| 2.8 | 0.4 | 0.5 | 1 | | 0 | | | 1 | 3 | 1 | | 4 |
| 2.7 | 0.6 | 0.75 | 2 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | | 4 |
| 2.6 | 0.9 | 1.1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | | 4 |
| 2.5 | 1.3 | 1.6 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 3 | | 5 |
| 2.4 | 1.9 | 2.2 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 12 | 3 | 0 | 9 |
| 2.3 | 2.7 | 3.2 | 10 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 13 | 5 | 2 | 10 |
| 2.2 | 3.7 | 4.4 | 14 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 17 | 6 | 3 | 12 |
| 2.1 | 5.2 | 6.1 | 15 | 5 | 3 | 4 | 7 | 4 | 19 | 8 | 3 | 15 |
| 2.0 | 7.2 | 8.3 | 19 | 7 | 12 | 7 | 12 | 5 | 29 | 13 | 8 | 17 |
| 1.9 | 10.0 | 12.0 | 22 | 9 | 18 | 7 | 23 | 7 | 34 | 17 | 12 | 21 |
| 1.8 | 14.3 | 17 | 29 | 15 | 27 | 11 | 31 | 12 | 43 | 21 | 17 | 28 |
| 1.7 | 20.5 | 25 | 33 | 20 | 36 | 19 | 41 | 23 | 56 | 29 | 19 | 34 |
| 1.6 | 30.5 | 36 | 50 | 32 | 45 | 35 | 74 | 35 | 63 | 36 | 30 | 43 |
| 1.5 | 44 | 52 | 65 | 47 | 57 | 53 | 92 | 63 | 90 | 49 | 45 | 55 |
| 1.4 | 65 | 78 | 87 | 71 | 89 | 76 | 127 | 97 | 119 | 63 | 75 | 76 |
| 1.3 | 95 | 116 | 119 | 103 | 134 | 122 | 175 | 143 | 151 | 90 | 99 | 103 |
| 1.2 | 141 | 172 | 179 | 166 | 191 | 182 | 235 | 208 | 216 | 135 | 162 | 147 |
| 1.1 | 212 | 259 | 267 | 249 | 265 | 274 | 319 | 294 | 295 | 193 | 237 | 200 |
| 1.0 | 321 | 350 | 365 | 363 | 344 | 365 | 407 | 396 | 375 | 273 | 327 | 294 |
| 0.9 | 400 | 455 | 445 | 469 | 431 | 452 | 496 | 474 | 468 | 352 | 432 | 393 |
| 0.8 | 495 | 530 | 515 | 545 | 499 | 530 | 571 | 559 | 551 | 462 | 529 | 499 |
| 0.7 | 565 | 600 | 587 | 617 | 567 | 592 | 624 | 625 | 610 | 551 | 587 | 583 |
| 0.6 | 622 | 640 | 641 | 660 | 610 | 635 | 658 | 664 | 650 | 622 | 639 | 626 |
| 0.5 | 660 | 670 | 668 | 681 | 657 | 666 | 670 | 682 | 677 | 652 | 668 | 668 |
| 0.4 | 681 | 686 | 683 | 691 | 673 | 681 | 683 | 694 | 689 | 674 | 690 | 679 |
| 0.3 | 691 | 694 | 695 | 696 | 687 | 686 | 700 | 699 | 697 | 689 | 700 | 687 |
| 0.2 | 698 | 700 | 702 | 701 | 697 | 693 | 703 | 703 | 702 | 696 | 704 | 694 |
| 0.1 | 701 | 702.5 | 705 | 703 | 701 | 698 | 704 | 705 | 703 | 697 | 705 | 699 |
| 0 | 703 | 704 | 706 | 704 | 703 | 699 | 705 | 705 | 704 | 699 | 705 | 702 |
| aantal HW/J | 705,76 | | 706 | 705 | 706 | 705 | 707 | 706 | 705 | 705 | 707 | 706 |

Gegevens van RWS-DGW

1) gekorrigeerd voor zeespiegelrijzing van 1960 tot 1990,
i.e. 30 * 1,7 mm/j = 51 mm

Tabel 3.1 Hoogwateroverschrijdingsgegevens Nes

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1984 | normaal | 1984 | normaal | 1984 | normaal | 1984 | normaal |
| januari | 45,9 | 22,7 | 63,9 | 20,7 | 11,3 | 21,2 | 121,1 | 64,6 |
| februari | 31,9 | 17,1 | 3,1 | 16,4 | 6,8 | 10,4 | 41,8 | 43,9 |
| maart | 21,0 | 10,4 | 9,1 | 15,3 | 28,0 | 18,5 | 58,1 | 44,2 |
| april | 10,4 | 17,7 | 2,1 | 15,8 | - | 13,0 | 12,5 | 46,5 |
| mei | 10,5 | 14,6 | 11,2 | 17,1 | 49,0 | 14,7 | 70,7 | 46,4 |
| juni | 73,9 | 17,1 | 16,3 | 18,1 | 8,6 | 22,3 | 98,8 | 57,5 |
| juli | 65,9 | 22,4 | 26,7 | 27,9 | 14,5 | 30,6 | 107,1 | 80,9 |
| augustus | 11,5 | 25,6 | 0,9 | 26,4 | - | 32,1 | 12,4 | 84,1 |
| september | 56,0 | 23,4 | 20,4 | 26,2 | 76,4 | 23,2 | 152,8 | 72,8 |
| oktober | 24,1 | 27,5 | 13,1 | 23,6 | 28,4 | 28,9 | 65,6 | 80,0 |
| november | 7,2 | 33,3 | 4,3 | 29,9 | 74,7 | 26,9 | 86,2 | 90,1 |
| december | 3,1 | 29,8 | 13,4 | 27,5 | 23,1 | 25,6 | 39,6 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 866,7 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) AMELAND (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1984 | normaal | 1984 | normaal | 1984 | normaal | 1984 | normaal |
| januari | 8 | 2,0 | 8 | 3,0 | 4 | 3,0 | 20 | 8,0 |
| februari | 6 | 5,0 | 5 | 5,0 | 5 | 6,0 | 16 | 16,0 |
| maart | 8 | 9,0 | 11 | 11,0 | 15 | 15,0 | 34 | 35,0 |
| april | 13 | 15,0 | 20 | 20,0 | 30 | 22,0 | 62 | 57,0 |
| mei | 20 | 24,0 | 26 | 30,0 | 32 | 32,0 | 67 | 86,0 |
| juni | 22 | 33,0 | 32 | 33,0 | 33 | 32,0 | 86 | 98,0 |
| juli | 28 | 34,0 | 24 | 31,0 | 28 | 32,0 | 80 | 97,0 |
| augustus | 26 | 29,0 | 28 | 28,0 | 29 | 27,0 | 83 | 84,0 |
| september | 22 | 21,0 | 15 | 17,0 | 14 | 14,0 | 51 | 52,0 |
| oktober | 10 | 11,0 | 10 | 9,0 | 10 | 8,0 | 30 | 28,0 |
| november | 4 | 5,0 | 3 | 4,0 | 6 | 3,0 | 13 | 12,0 |
| december | 2 | 2,0 | 2 | 2,0 | 1 | 2,0 | 5 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 547 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2a Neerslag en verdamping voor Ameland 1984

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985 | normaal | 1985 | normaal | 1985 | normaal | 1985 | normaal |
| januari | 50,0 | 22,7 | 7,0 | 20,7 | 40,0 | 21,2 | 97,0 | 64,6 |
| februari | 2,1 | 17,1 | 0,6 | 16,4 | 4,4 | 10,4 | 7,1 | 43,9 |
| maart | 17,3 | 10,4 | 11,1 | 15,3 | 21,1 | 18,5 | 49,5 | 44,2 |
| april | 21,4 | 17,7 | 10,4 | 15,8 | 15,5 | 13,0 | 47,3 | 46,5 |
| mei | 8,9 | 14,6 | 1,9 | 17,1 | 28,5 | 14,7 | 39,3 | 46,4 |
| juni | 36,0 | 17,1 | 68,8 | 18,1 | 32,3 | 22,3 | 137,1 | 57,5 |
| juli | 17,1 | 22,4 | 51,8 | 27,9 | 132,0 | 30,6 | 200,9 | 80,9 |
| augustus | 37,1 | 25,6 | 24,9 | 26,4 | 22,3 | 32,1 | 84,3 | 84,1 |
| september | 21,7 | 23,4 | 14,6 | 26,2 | 6,7 | 23,2 | 43,0 | 72,8 |
| oktober | 36,4 | 27,5 | 0,3 | 23,6 | 5,7 | 28,9 | 42,4 | 80,0 |
| november | 60,5 | 33,3 | 14,1 | 29,9 | 23,2 | 26,9 | 97,8 | 90,1 |
| december | 48,9 | 29,8 | 34,5 | 27,5 | 7,0 | 25,6 | 90,4 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 936,1 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) AMELAND (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985 | normaal | 1985 | normaal | 1985 | normaal | 1985 | normaal |
| januari | 1 | 2,0 | 2 | 3,0 | 4 | 3,0 | 7 | 8,0 |
| februari | 6 | 5,0 | 5 | 5,0 | 3 | 6,0 | 14 | 16,0 |
| maart | 5 | 9,0 | 8 | 11,0 | 14 | 15,0 | 27 | 35,0 |
| april | 14 | 15,0 | 18 | 20,0 | 22 | 22,0 | 54 | 57,0 |
| mei | 18 | 24,0 | 26 | 30,0 | 32 | 32,0 | 75 | 86,0 |
| juni | 32 | 33,0 | 29 | 33,0 | 26 | 32,0 | 87 | 98,0 |
| juli | 34 | 34,0 | 32 | 31,0 | 30 | 32,0 | 95 | 97,0 |
| augustus | 26 | 29,0 | 26 | 28,0 | 27 | 27,0 | 78 | 84,0 |
| september | 21 | 21,0 | 16 | 17,0 | 13 | 14,0 | 50 | 52,0 |
| oktober | 13 | 11,0 | 9 | 9,0 | 6 | 8,0 | 27 | 28,0 |
| november | 9 | 5,0 | 2 | 4,0 | 2 | 3,0 | 13 | 12,0 |
| december | 3 | 2,0 | 2 | 2,0 | 2 | 2,0 | 7 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 534 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2b Neerslag en verdamping voor Ameland 1985

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1986 | normaal | 1986 | normaal | 1986 | normaal | 1986 | normaal |
| januari | 18,7 | 22,7 | 41,1 | 20,7 | 22,3 | 21,2 | 82,1 | 64,6 |
| februari | 2,7 | 17,1 | 1,3 | 16,4 | 0,3 | 10,4 | 4,3 | 43,9 |
| maart | 12,2 | 10,4 | 0,7 | 15,3 | 45,9 | 18,5 | 58,8 | 44,2 |
| april | 4,4 | 17,7 | 9,3 | 15,8 | 15,9 | 13,0 | 29,6 | 46,5 |
| mei | 9,7 | 14,6 | 8,4 | 17,1 | 18,5 | 14,7 | 36,6 | 46,4 |
| juni | 41,3 | 17,1 | 2,1 | 18,1 | 3,6 | 22,3 | 47,0 | 57,5 |
| juli | 24,4 | 22,4 | 4,3 | 27,9 | 55,7 | 30,6 | 84,4 | 80,9 |
| augustus | 50,2 | 25,6 | 15,1 | 26,4 | 76,2 | 32,1 | 141,5 | 84,1 |
| september | 34,4 | 23,4 | 13,5 | 26,2 | 0,2 | 23,2 | 48,1 | 72,8 |
| oktober | 0,4 | 27,5 | 27,9 | 23,6 | 86,0 | 28,9 | 114,3 | 80,0 |
| november | 30,7 | 33,3 | 31,0 | 29,9 | 29,0 | 26,9 | 90,7 | 90,1 |
| december | 5,7 | 29,8 | 58,5 | 27,5 | 82,2 | 25,6 | 146,4 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 883,8 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) AMELAND (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1986 | normaal | 1986 | normaal | 1986 | normaal | 1986 | normaal |
| januari | 1 | 2,0 | 5 | 3,0 | 5 | 3,0 | 11 | 8,0 |
| februari | 3 | 5,0 | 5 | 5,0 | 5 | 6,0 | 13 | 16,0 |
| maart | 6 | 9,0 | 6 | 11,0 | 12 | 15,0 | 24 | 35,0 |
| april | 16 | 15,0 | 15 | 20,0 | 18 | 22,0 | 50 | 57,0 |
| mei | 28 | 24,0 | 30 | 30,0 | 40 | 32,0 | 98 | 86,0 |
| juni | 25 | 33,0 | 40 | 33,0 | 48 | 32,0 | 113 | 98,0 |
| juli | 38 | 34,0 | 36 | 31,0 | 30 | 32,0 | 104 | 97,0 |
| augustus | 34 | 29,0 | 28 | 28,0 | 24 | 27,0 | 86 | 84,0 |
| september | 24 | 21,0 | 16 | 17,0 | 13 | 14,0 | 53 | 52,0 |
| oktober | 10 | 11,0 | 9 | 9,0 | 14 | 8,0 | 33 | 28,0 |
| november | 9 | 5,0 | 4 | 4,0 | 2 | 3,0 | 15 | 12,0 |
| december | 5 | 2,0 | 4 | 2,0 | 5 | 2,0 | 14 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 613 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2c Neerslag en verdamping voor Ameland 1986

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1987 | normaal | 1987 | normaal | 1987 | normaal | 1987 | normaal |
| januari | 44,1 | 22,7 | 9,6 | 20,7 | 7,7 | 21,2 | 61,4 | 64,6 |
| februari | 20,4 | 17,1 | 4,0 | 16,4 | 8,0 | 10,4 | 32,4 | 43,9 |
| maart | 25,0 | 10,4 | 16,8 | 15,3 | 16,5 | 18,5 | 58,3 | 44,2 |
| april | 3,0 | 17,7 | 15,3 | 15,8 | 0,4 | 13,0 | 18,7 | 46,5 |
| mei | 9,1 | 14,6 | 25,4 | 17,1 | 13,2 | 14,7 | 47,7 | 46,4 |
| juni | 44,1 | 17,1 | 4,6 | 18,1 | 47,6 | 22,3 | 96,3 | 57,5 |
| juli | - | 22,4 | 64,3 | 27,9 | 63,7 | 30,6 | 128,0 | 80,9 |
| augustus | 32,3 | 25,6 | 10,7 | 26,4 | 25,6 | 32,1 | 68,6 | 84,1 |
| september | 40,9 | 23,4 | 30,3 | 26,2 | 26,2 | 23,2 | 97,3 | 72,8 |
| oktober | 22,7 | 27,5 | 39,9 | 23,6 | 22,3 | 28,9 | 94,9 | 80,0 |
| november | 0,6 | 33,3 | 74,8 | 29,9 | 36,0 | 26,9 | 111,4 | 90,1 |
| december | 11,1 | 29,8 | 23,3 | 27,5 | 10,8 | 25,6 | 45,2 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 850,2 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) AMELAND (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1987 | normaal | 1987 | normaal | 1987 | normaal | 1987 | normaal |
| januari | 4 | 2,0 | 2 | 3,0 | 1 | 3,0 | 7 | 8,0 |
| februari | 3 | 5,0 | 4 | 5,0 | 3 | 6,0 | 10 | 16,0 |
| maart | 11 | 9,0 | 11 | 11,0 | 11 | 15,0 | 33 | 35,0 |
| april | 15 | 15,0 | 14 | 20,0 | 25 | 22,0 | 54 | 57,0 |
| mei | 22 | 24,0 | 21 | 30,0 | 31 | 32,0 | 74 | 86,0 |
| juni | 25 | 33,0 | 29 | 33,0 | 22 | 32,0 | 76 | 98,0 |
| juli | 38 | 34,0 | 27 | 31,0 | 25 | 32,0 | 90 | 97,0 |
| augustus | 25 | 29,0 | 20 | 28,0 | 21 | 27,0 | 66 | 84,0 |
| september | 20 | 21,0 | 18 | 17,0 | 15 | 14,0 | 53 | 52,0 |
| oktober | 13 | 11,0 | 12 | 9,0 | 5 | 8,0 | 30 | 28,0 |
| november | 5 | 5,0 | 7 | 4,0 | 2 | 3,0 | 14 | 12,0 |
| december | 2 | 2,0 | 1 | 2,0 | 1 | 2,0 | 4 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 509 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2d Neerslag en verdamping voor Ameland 1987

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1988 | normaal | 1988 | normaal | 1988 | normaal | 1988 | normaal |
| januari | 82,9 | 22,7 | 11,1 | 20,7 | 47,7 | 21,2 | 141,7 | 64,6 |
| februari | 71,5 | 17,1 | 9,7 | 16,4 | 18,4 | 10,4 | 99,6 | 43,9 |
| maart | 32,2 | 10,4 | 35,8 | 15,3 | 40,8 | 18,5 | 108,8 | 44,2 |
| april | 0,7 | 17,7 | 9,1 | 15,8 | 1,2 | 13,0 | 11,0 | 46,5 |
| mei | 15,6 | 14,6 | 0,0 | 17,1 | 39,8 | 14,7 | 55,4 | 46,4 |
| juni | 25,9 | 17,1 | 0,1 | 18,1 | 2,8 | 22,3 | 28,8 | 57,5 |
| juli | 53,5 | 22,4 | 55,7 | 27,9 | 56,6 | 30,6 | 165,8 | 80,9 |
| augustus | 1,3 | 25,6 | 43,9 | 26,4 | 71,9 | 32,1 | 117,1 | 84,1 |
| september | 23,4 | 23,4 | 21,8 | 26,2 | 56,2 | 23,2 | 101,4 | 72,8 |
| oktober | 86,2 | 27,5 | 1,2 | 23,6 | 11,7 | 28,9 | 99,1 | 80,0 |
| november | 11,7 | 33,3 | 13,6 | 29,9 | 21,6 | 26,9 | 46,9 | 90,1 |
| december | 28,4 | 29,8 | 16,6 | 27,5 | 6,5 | 25,6 | 51,5 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 1027,1 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) TERSCHELLING (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1988 | normaal | 1988 | normaal | 1988 | normaal | 1988 | normaal |
| januari | 1,9 | 2,0 | 2,3 | 3,0 | 2,5 | 3,0 | 6,7 | 8,0 |
| februari | 4,7 | 5,0 | 5,4 | 5,0 | 5,9 | 6,0 | 16,0 | 16,0 |
| maart | 8,9 | 9,0 | 10,4 | 11,0 | 10,2 | 15,0 | 29,5 | 35,0 |
| april | 15,9 | 15,0 | 22,9 | 20,0 | 24,3 | 22,0 | 63,1 | 57,0 |
| mei | 24,6 | 24,0 | 36,5 | 30,0 | 34,4 | 32,0 | 95,5 | 86,0 |
| juni | 23,6 | 33,0 | 27,4 | 33,0 | 21,4 | 32,0 | 72,4 | 98,0 |
| juli | 29,7 | 34,0 | 22,6 | 31,0 | 31,2 | 32,0 | 83,5 | 97,0 |
| augustus | 30,9 | 29,0 | 28,4 | 28,0 | 23,5 | 27,0 | 82,8 | 84,0 |
| september | 21,0 | 21,0 | 12,8 | 17,0 | 14,2 | 14,0 | 48,0 | 52,0 |
| oktober | 11,0 | 11,0 | 8,0 | 9,0 | 6,9 | 8,0 | 25,9 | 28,0 |
| november | 5,3 | 5,0 | 4,1 | 4,0 | 2,5 | 3,0 | 11,9 | 12,0 |
| december | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 6,2 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 541,5 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2e Neerslag en verdamping voor Ameland 1988

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1989 | normaal | 1989 | normaal | 1989 | normaal | 1989 | normaal |
| januari | 10,4 | 22,7 | 9,6 | 20,7 | 3,1 | 21,2 | 23,1 | 64,6 |
| februari | 7,2 | 17,1 | 32,1 | 16,4 | 10,0 | 10,4 | 49,3 | 43,9 |
| maart | 38,7 | 10,4 | 25,5 | 15,3 | 26,8 | 18,5 | 91,0 | 44,2 |
| april | 11,0 | 17,7 | 16,2 | 15,8 | 10,0 | 13,0 | 37,2 | 46,5 |
| mei | 0,0 | 14,6 | 17,1 | 17,1 | 2,3 | 14,7 | 19,4 | 46,4 |
| juni | 35,1 | 17,1 | 0,0 | 18,1 | 34,3 | 22,3 | 69,4 | 57,5 |
| juli | 14,2 | 22,4 | 1,7 | 27,9 | 46,0 | 30,6 | 61,9 | 80,9 |
| augustus | 7,0 | 25,6 | 6,5 | 26,4 | 33,2 | 32,1 | 46,7 | 84,1 |
| september | 10,1 | 23,4 | 9,8 | 26,2 | 2,9 | 23,2 | 22,8 | 72,8 |
| oktober | 41,6 | 27,5 | 32,5 | 23,6 | 38,4 | 28,9 | 112,5 | 80,0 |
| november | 15,8 | 33,3 | 0,3 | 29,9 | 11,7 | 26,9 | 27,8 | 90,1 |
| december | 3,2 | 29,8 | 70,8 | 27,5 | 22,1 | 25,6 | 96,1 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 657,2 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1989 | normaal | 1989 | normaal | 1989 | normaal | 1989 | normaal |
| januari | 1,7 | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 4,4 | 3,0 | 9,1 | 8,0 |
| februari | 5,0 | 5,0 | 6,5 | 5,0 | 6,6 | 6,0 | 18,1 | 16,0 |
| maart | 7,5 | 9,0 | 8,3 | 11,0 | 18,2 | 15,0 | 34,0 | 35,0 |
| april | 14,2 | 15,0 | 13,5 | 20,0 | 18,0 | 22,0 | 45,7 | 57,0 |
| mei | 31,1 | 24,0 | 35,5 | 30,0 | 47,3 | 32,0 | 113,9 | 86,0 |
| juni | 36,8 | 33,0 | 50,0 | 33,0 | 33,8 | 32,0 | 110,6 | 98,0 |
| juli | 32,0 | 34,0 | 30,1 | 31,0 | 30,2 | 32,0 | 92,3 | 97,0 |
| augustus | 26,2 | 29,0 | 28,0 | 28,0 | 22,5 | 27,0 | 76,7 | 84,0 |
| september | 22,9 | 21,0 | 18,6 | 17,0 | 15,0 | 14,0 | 56,5 | 52,0 |
| oktober | 11,6 | 11,0 | 9,5 | 9,0 | 6,3 | 8,0 | 27,4 | 28,0 |
| november | 5,1 | 5,0 | 5,5 | 4,0 | 3,6 | 3,0 | 14,2 | 12,0 |
| december | 2,7 | 2,0 | 1,1 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 5,3 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 603,8 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2f Neerslag en verdamping voor Ameland 1989

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990 | normaal | 1990 | normaal | 1990 | normaal | 1990 | normaal |
| januari | 6,1 | 22,7 | 5,3 | 20,7 | 38,9 | 21,2 | 50,3 | 64,6 |
| februari | 43,3 | 17,1 | 36,0 | 16,4 | 14,2 | 10,4 | 93,5 | 43,9 |
| maart | 31,6 | 10,4 | 19,4 | 15,3 | 8,6 | 18,5 | 59,6 | 44,2 |
| april | 7,1 | 17,7 | 33,2 | 15,8 | 9,8 | 13,0 | 50,1 | 46,5 |
| mei | 5,2 | 14,6 | 27,3 | 17,1 | 0,0 | 14,7 | 32,5 | 46,4 |
| juni | 27,4 | 17,1 | 7,4 | 18,1 | 14,5 | 22,3 | 49,3 | 57,5 |
| juli | 32,5 | 22,4 | 0,0 | 27,9 | 0,9 | 30,6 | 33,4 | 80,9 |
| augustus | 10,1 | 25,6 | 36,3 | 26,4 | 5,3 | 32,1 | 51,7 | 84,1 |
| september | 38,1 | 23,4 | 38,1 | 26,2 | 72,2 | 23,2 | 148,4 | 72,8 |
| oktober | 22,3 | 27,5 | 0,5 | 23,6 | 41,3 | 28,9 | 64,1 | 80,0 |
| november | 41,2 | 33,3 | 57,2 | 29,9 | 57,9 | 26,9 | 156,3 | 90,1 |
| december | 2,4 | 29,8 | 16,5 | 27,5 | 47,3 | 25,6 | 66,2 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 855,4 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) TERSCHELLING (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990 | normaal | 1990 | normaal | 1990 | normaal | 1990 | normaal |
| januari | 1,3 | 2,0 | 2,2 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 6,6 | 8,0 |
| februari | 5,6 | 5,0 | 5,6 | 5,0 | 7,1 | 6,0 | 18,3 | 16,0 |
| maart | 8,5 | 9,0 | 16,8 | 11,0 | 19,0 | 15,0 | 44,3 | 35,0 |
| april | 21,1 | 15,0 | 17,8 | 20,0 | 29,8 | 22,0 | 68,7 | 57,0 |
| mei | 35,3 | 24,0 | 24,9 | 30,0 | 40,5 | 32,0 | 100,7 | 86,0 |
| juni | 29,1 | 33,0 | 25,7 | 33,0 | 33,2 | 32,0 | 88,0 | 98,0 |
| juli | 26,6 | 34,0 | 39,2 | 31,0 | 37,9 | 32,0 | 103,7 | 97,0 |
| augustus | 35,0 | 29,0 | 27,6 | 28,0 | 29,7 | 27,0 | 92,3 | 84,0 |
| september | 15,8 | 21,0 | 14,6 | 17,0 | 11,5 | 14,0 | 41,9 | 52,0 |
| oktober | 11,2 | 11,0 | 9,4 | 9,0 | 8,9 | 8,0 | 29,5 | 28,0 |
| november | 4,9 | 5,0 | 3,1 | 4,0 | 2,7 | 3,0 | 10,7 | 12,0 |
| 4 december | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 6,1 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 610,8 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2g Neerslag en verdamping voor Ameland 1990

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1991 | normaal | 1991 | normaal | 1991 | normaal | 1991 | normaal |
| januari | 45,9 | 22,7 | 16,1 | 20,7 | 3,8 | 21,2 | 65,8 | 64,6 |
| februari | 0,4 | 17,1 | 1,0 | 16,4 | 5,1 | 10,4 | 6,5 | 43,9 |
| maart | 17,8 | 10,4 | 11,5 | 15,3 | 8,1 | 18,5 | 37,4 | 44,2 |
| april | 17,7 | 17,7 | 3,9 | 15,8 | 9,9 | 13,0 | 31,5 | 46,5 |
| mei | 16,0 | 14,6 | 9,8 | 17,1 | 0,6 | 14,7 | 26,4 | 46,4 |
| juni | 10,2 | 17,1 | 33,3 | 18,1 | 55,0 | 22,3 | 98,5 | 57,5 |
| juli | 4,7 | 22,4 | 14,3 | 27,9 | 12,1 | 30,6 | 31,1 | 80,9 |
| augustus | 1,6 | 25,6 | 10,6 | 26,4 | 5,9 | 32,1 | 18,1 | 84,1 |
| september | 2,7 | 23,4 | 7,0 | 26,2 | 52,7 | 23,2 | 62,4 | 72,8 |
| oktober | 26,5 | 27,5 | 45,8 | 23,6 | 7,6 | 28,9 | 79,9 | 80,0 |
| november | 66,4 | 33,3 | 37,0 | 29,9 | 14,9 | 26,9 | 118,3 | 90,1 |
| december | 0,3 | 29,8 | 29,9 | 27,5 | 20,0 | 25,6 | 50,2 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 626,1 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) DE KOOG/LAUWERSOOG (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1991 | normaal | 1991 | normaal | 1991 | normaal | 1991 | normaal |
| januari | 2,6 | 2,0 | 3,6 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 9,3 | 8,0 |
| februari | 3,9 | 5,0 | 5,3 | 5,0 | 5,6 | 6,0 | 14,8 | 16,0 |
| maart | 7,6 | 9,0 | 12,0 | 11,0 | 18,3 | 15,0 | 37,9 | 35,0 |
| april | 17,8 | 15,0 | 25,1 | 20,0 | 23,7 | 22,0 | 66,6 | 57,0 |
| mei | 19,9 | 24,0 | 25,5 | 30,0 | 25,7 | 32,0 | 71,1 | 86,0 |
| juni | 24,1 | 33,0 | 19,6 | 33,0 | 23,7 | 32,0 | 67,4 | 98,0 |
| juli | 41,1 | 34,0 | 28,9 | 31,0 | 39,2 | 32,0 | 109,2 | 97,0 |
| augustus | 29,4 | 29,0 | 27,0 | 28,0 | 35,2 | 27,0 | 91,6 | 84,0 |
| september | 21,2 | 21,0 | 17,9 | 17,0 | 10,2 | 14,0 | 49,3 | 52,0 |
| oktober | 10,8 | 11,0 | 8,2 | 9,0 | 7,9 | 8,0 | 26,9 | 28,0 |
| november | 4,7 | 5,0 | 3,3 | 4,0 | 2,1 | 3,0 | 10,1 | 12,0 |
| december | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 5,8 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 560,0 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985
1991 = jan. - maart te De Koog; april - dec. te Lauwersoog

Tabel 3.2h Neerslag en verdamping voor Ameland 1991

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1992 | normaal | 1992 | normaal | 1992 | normaal | 1992 | normaal |
| januari | 34,3 | 22,7 | 4,8 | 20,7 | 1,6 | 21,2 | 40,7 | 64,6 |
| februari | 9,1 | 17,1 | 19,5 | 16,4 | 7,1 | 10,4 | 35,7 | 43,9 |
| maart | 12,1 | 10,4 | 35,5 | 15,3 | 27,3 | 18,5 | 74,9 | 44,2 |
| april | 3,7 | 17,7 | 41,6 | 15,8 | 21,0 | 13,0 | 66,3 | 46,5 |
| mei | 54,1 | 14,6 | 6,9 | 17,1 | 0,2 | 14,7 | 61,2 | 46,4 |
| juni | 43,5 | 17,1 | 3,8 | 18,1 | 0 | 22,3 | 47,3 | 57,5 |
| juli | 18,9 | 22,4 | 42,8 | 27,9 | 5,2 | 30,6 | 66,9 | 80,9 |
| augustus | 22,1 | 25,6 | 42,5 | 26,4 | 74,9 | 32,1 | 139,5 | 84,1 |
| september | 56,6 | 23,4 | 8,6 | 26,2 | 1,2 | 23,2 | 66,4 | 72,8 |
| oktober | 0,4 | 27,5 | 65,7 | 23,6 | 63,1 | 28,9 | 129,2 | 80,0 |
| november | 18,4 | 33,3 | 73,6 | 29,9 | 46,7 | 26,9 | 138,7 | 90,1 |
| december | 24,4 | 29,8 | 20,6 | 27,5 | 0 | 25,6 | 45,0 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 911,8 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) LAUWERSOOG (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1992 | normaal | 1992 | normaal | 1992 | normaal | 1992 | normaal |
| januari | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 6,8 | 8,0 |
| februari | 4,1 | 5,0 | 5,2 | 5,0 | 5,6 | 6,0 | 14,9 | 16,0 |
| maart | 10,4 | 9,0 | 9,2 | 11,0 | 11,4 | 15,0 | 31,0 | 35,0 |
| april | 16,5 | 15,0 | 16,6 | 20,0 | 17,8 | 22,0 | 50,9 | 57,0 |
| mei | 21,8 | 24,0 | 35,5 | 30,0 | 50,5 | 32,0 | 107,8 | 86,0 |
| juni | 31,4 | 33,0 | 40,3 | 33,0 | 41,1 | 32,0 | 112,8 | 98,0 |
| juli | 34,8 | 34,0 | 30,1 | 31,0 | 37,7 | 32,0 | 102,6 | 97,0 |
| augustus | 30,5 | 29,0 | 19,9 | 28,0 | 22,8 | 27,0 | 73,2 | 84,0 |
| september | 18,8 | 21,0 | 16,2 | 17,0 | 16,0 | 14,0 | 51,0 | 52,0 |
| oktober | 10,2 | 11,0 | 8,0 | 9,0 | 6,6 | 8,0 | 24,8 | 28,0 |
| november | 4,5 | 5,0 | 2,9 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 10,9 | 12,0 |
| december | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 5,8 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 592,5 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2i Neerslag en verdamping voor Ameland 1992

NEERSLAG NES (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | normaal | 1993 | normaal | 1993 | normaal | 1993 | normaal |
| januari | 10,4 | 22,7 | 22,3 | 20,7 | 41,7 | 21,2 | 74,4 | 64,6 |
| februari | 0,6 | 17,1 | 5,6 | 16,4 | 15,0 | 10,4 | 21,2 | 43,9 |
| maart | 2,9 | 10,4 | 2,2 | 15,3 | 4,9 | 18,5 | 10,0 | 44,2 |
| april | 19,8 | 17,7 | 8,3 | 15,8 | 2,5 | 13,0 | 30,6 | 46,5 |
| mei | 0,5 | 14,6 | 13,7 | 17,1 | 55,4 | 14,7 | 69,6 | 46,4 |
| juni | 6,8 | 17,1 | 10,7 | 18,1 | 5,2 | 22,3 | 22,7 | 57,5 |
| juli | 12,6 | 22,4 | 18,5 | 27,9 | 72,3 | 30,6 | 103,4 | 80,9 |
| augustus | 32,1 | 25,6 | 21,5 | 26,4 | 42,1 | 32,1 | 95,7 | 84,1 |
| september | 24,3 | 23,4 | 40,5 | 26,2 | 91,4 | 23,2 | 156,2 | 72,8 |
| oktober | 70,1 | 27,5 | 26,1 | 23,6 | 24,4 | 28,9 | 120,6 | 80,0 |
| november | 1,0 | 33,3 | 55,4 | 29,9 | - | 26,9 | 56,4 | 90,1 |
| december | 45,4 | 29,8 | 85,5 | 27,5 | 61,0 | 25,6 | 191,9 | 82,9 |
| jaar | | | | | | | 952,7 | 793,9 |

normaal = gemiddelde over 1951-1980

REFERENTIE-GEWASVERDAMPING (Makkink) LAUWERSOOG (mm)

| Periode | dek. I | | dek. II | | dek. III | | maand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | normaal | 1993 | normaal | 1993 | normaal | 1993 | normaal |
| januari | 1,9 | 2,0 | 2,6 | 3,0 | 2,9 | 3,0 | 7,4 | 8,0 |
| februari | 2,4 | 5,0 | 3,6 | 5,0 | 5,6 | 6,0 | 11,6 | 16,0 |
| maart | 9,0 | 9,0 | 12,5 | 11,0 | 18,0 | 15,0 | 39,5 | 35,0 |
| april | 12,5 | 15,0 | 16,5 | 20,0 | 30,4 | 22,0 | 59,4 | 57,0 |
| mei | 31,6 | 24,0 | 29,3 | 30,0 | 32,2 | 32,0 | 93,1 | 86,0 |
| juni | 39,4 | 33,0 | 26,3 | 33,0 | 34,0 | 32,0 | 99,7 | 98,0 |
| juli | 29,7 | 34,0 | 23,4 | 31,0 | 22,2 | 32,0 | 75,3 | 97,0 |
| augustus | 22,3 | 29,0 | 23,7 | 28,0 | 22,7 | 27,0 | 68,7 | 84,0 |
| september | 16,8 | 21,0 | 14,2 | 17,0 | 10,3 | 14,0 | 41,3 | 52,0 |
| oktober | 7,5 | 11,0 | 8,6 | 9,0 | 5,2 | 8,0 | 21,3 | 28,0 |
| november | 2,8 | 5,0 | 3,8 | 4,0 | 1,9 | 3,0 | 8,5 | 12,0 |
| december | 1,0 | 2,0 | 1,7 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 4,2 | 6,0 |
| jaar | | | | | | | 530,0 | 579,0 |

normaal = gemiddelde van Den Helder over 1965-1985

Tabel 3.2j Neerslag en verdamping voor Ameland 1993

| buis no | diepte filter |
|---|---|
| **raai I** | |
| D | 0-123 |
| D-b | 140-170 |
| D-c | 50- 80 |
| 1A | 0-117 |
| 1A-b | 140-170 |
| 1A-c | 50- 80 |
| 6A | 0-114? |
| 6A-b | 140-170 |
| 6A-c | 40- 70 |
| IVA | 0-218 |
| IVA-b | 90-120 |
| IVA-c | 10- 40 |
| III | 0->277 |
| III-b | 190-210 |
| II | 0->266 |
| II-b | 190-210 |
| I | 0-189 |
| I-b | 100-130 |
| I-c | 10- 40 |
| IA | 0-110 |
| IA-b | 130-150 |
| IA-c | 50- 88 |
| 22A | 0-106 |
| 22A-b | 135-165 |
| 22A-c | 10- 40 |
| **raai III** | |
| V700 | 0-150 |
| V700-b | 195-225 |
| V700-c | 50- 80 |
| L550 | 0-132 |
| L550-b | 120-150 |
| L550-c | 40- 70 |
| **raai IV** | |
| 5A | 0-106 |
| 5A-b | 90-120 |
| 5A-c | 10- 40 |
| 7A | 0-114 |
| 7A-b | 185-215 |
| 7A-c | 40- 70 |
| 9A | 0-116 |
| 9A-b | 120-150 |
| 9A-c | 40- 70 |
| 17A | 0-109 |
| 17A-b | 165-195 |
| 17A-c | 30- 60 |
| 19A | 0- 98 |
| 19A-b | 220-250 |
| 19A-c | 50- 80 |
| 21A | 0-128 |
| 21A-b | 220-250 |
| 21A-c | 50- 80 |
| **raai VI** | |
| 7A | 0-130 |
| 7A-b | 213-243 |
| 7A-c | 50- 80 |
| 10A | 0-131 |
| 10A-b | 90-120 |
| 10A-c | 20- 50 |
| 14A | 0- 93 |
| 14A-b | 127-157 |
| 14A-c | 10- 40 |
| B | 0-102 |
| Ba | 100-130 |
| Bb | 10- 40 |
| **raai VII** | |
| 8A | 0-109 |
| 8A-b | 80-110 |
| 8A-c | 10- 40 |
| 8B | 0-120 |
| 8B-b | 90-120 |
| 8B-c | 40- 70 |
| 11A | 0- 74 |
| 11A-b | 61- 91 |
| 11A-c | 10- 40 |
| 17A | 0-108 |
| 17A-b | 137-167 |
| 17A-c | 30- 50 |
| 21A | 0-115 |
| 21B | 0- 91 |
| 21B-b | 93-123 |
| 21B-c | 30- 50 |
| **overige** | |
| A | 0-100 |
| A-b | 90-120 |
| A-c | 40- 70 |

Tabel 3.3 Filterdiepten van grondwaterbuizen

Monsters bodemdaling Ameland voor 1990 en 1991 gesorteerd op buis en datum

| DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC | DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m | - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m |
| 900129 | A1_22Ab | 101 | 312 | 7.73 | 302 | 900129 | A1__D_b | 20 | 69 | 6.50 | 48 |
| 900507 | A1_22Ab | 42 | 429 | 7.17 | 231 | 900507 | A1__D_b | 40 | 61 | 6.37 | 54 |
| 900728 | A1_22Ab | 36 | 250 | 7.04 | 269 | 900728 | A1__D_b | 28 | 84 | 6.51 | 52 |
| 901030 | A1_22Ab | 105 | 1347 | 6.55 | 500 | 901029 | A1__D_b | 44 | 104 | 6.67 | 52 |
| 910129 | A1_22Ab | 227 | 1839 | 6.26 | 637 | 910128 | A1__D_b | 32 | 99 | 6.12 | 56 |
| 910427 | A1_22Ab | 184 | 2286 | 6.66 | 785 | 910427 | A1__D_b | 58 | 91 | 6.37 | 56 |
| 910725 | A1_22Ab | 145 | 1644 | 6.67 | 634 | 910724 | A1__D_b | 39 | 93 | 6.20 | 58 |
| 911028 | A1_22Ab | 174 | 234 | 7.30 | 672 | 911028 | A1__D_b | 34 | 82 | 7.30 | 56 |
| 900129 | A1_22Ac | 102 | 34 | 6.93 | 265 | 900129 | A1__D_c | 5 | 37 | 6.01 | 21 |
| 900129 | A1_III_ | 21 | 24 | 6.97 | 44 | 900129 | A1__D_c | 5 | 37 | 6.01 | 21 |
| 900507 | A1_III_ | 39 | 39 | 7.01 | 49 | 900129 | A1__IAb | 10 | 111 | 6.97 | 70 |
| 900728 | A1_III_ | 33 | 43 | 6.86 | 48 | 900507 | A1__IAb | 134 | 1390 | 6.70 | 587 |
| 901030 | A1_III_ | 43 | 56 | 6.72 | 48 | 900728 | A1__IAb | 25 | 51 | 7.15 | 60 |
| 911028 | A1_III_ | 39 | 49 | 6.90 | 59 | 901029 | A1__IAb | 27 | 54 | 6.83 | 32 |
| 900728 | A1_IIIb | 19 | 32 | 7.00 | 36 | 910128 | A1__IAb | 43 | 433 | 6.17 | 162 |
| 901030 | A1_IIIb | 31 | 57 | 6.75 | 44 | 910427 | A1__IAb | 39 | 160 | 7.32 | 100 |
| 911028 | A1_IIIb | 74 | 45 | 6.83 | 100 | 910427 | A1__IAb | 36 | 71 | 7.35 | 66 |
| 900129 | A1__1Ab | 40 | 42 | 5.60 | 30 | 911028 | A1__IAb | 39 | 63 | 6.98 | 62 |
| 900507 | A1__1Ab | 7 | 65 | 6.35 | 32 | 900129 | A1__IAc | 7 | 16 | 7.32 | 23 |
| 900728 | A1__1Ab | 7 | 48 | 6.47 | 24 | 900507 | A1__IAc | 54 | 1375 | 6.83 | 541 |
| 901029 | A1__1Ab | 14 | 70 | 6.82 | 57 | 910128 | A1__IAc | 32 | 1101 | 6.23 | 314 |
| 910128 | A1__1Ab | 3 | 37 | 6.46 | 20 | 900129 | A1__II_ | 23 | 25 | 7.07 | 47 |
| 910427 | A1__1Ab | 4 | 53 | 5.91 | 25 | 900507 | A1__II_ | 29 | 33 | 7.10 | 48 |
| 910725 | A1__1Ab | 4 | 50 | 5.89 | 23 | 900728 | A1__II_ | 32 | 45 | 6.99 | 45 |
| 911028 | A1__1Ab | 5 | 47 | 7.25 | 29 | 901030 | A1__II_ | 34 | 37 | 6.87 | 49 |
| 900129 | A1__1Ac | 4 | 33 | 5.53 | 19 | 910725 | A1__II_ | 51 | 48 | 7.38 | 49 |
| 900129 | A1__6Ab | 10 | 33 | 6.23 | 30 | 911028 | A1__II_ | 34 | 48 | 7.08 | 52 |
| 900507 | A1__6Ab | 13 | 60 | 6.57 | 34 | 900728 | A1__IIb | 31 | 44 | 7.05 | 50 |
| 900728 | A1__6Ab | 27 | 59 | 6.23 | 45 | 901030 | A1__IIb | 37 | 45 | 6.76 | 49 |
| 901030 | A1__6Ab | 20 | 60 | 6.66 | 36 | 910128 | A1__IIb | 29 | 53 | 6.30 | 50 |
| 910128 | A1__6Ab | 3 | 41 | 6.65 | 20 | 910725 | A1__IIb | 44 | 42 | 7.28 | 52 |
| 910427 | A1__6Ab | 12 | 42 | 6.60 | 25 | 911028 | A1__IIb | 37 | 45 | 6.87 | 55 |
| 910724 | A1__6Ab | 15 | 47 | 6.10 | 28 | 900129 | A1__IVb | 16 | 22 | 6.65 | 26 |
| 911028 | A1__6Ab | 9 | 51 | 7.10 | 30 | 900507 | A1__IVb | 21 | 90 | 6.63 | 48 |
| 900129 | A1__6Ac | 11 | 100 | 4.86 | 42 | 900728 | A1__IVb | 36 | 49 | 6.60 | 57 |
| 900507 | A1__6Ac | 7 | 68 | 6.40 | 29 | 901030 | A1__IVb | 46 | 42 | 6.48 | 56 |
| 901030 | A1__6Ac | 4 | 47 | 6.60 | 21 | 910128 | A1__IVb | 9 | 43 | 6.41 | 25 |
| 910128 | A1__6Ac | 2 | 37 | 6.59 | 16 | 910427 | A1__IVb | 17 | 39 | 7.56 | 39 |
| 910427 | A1__6Ac | 3 | 42 | 6.53 | 18 | 910725 | A1__IVb | 79 | 92 | 6.63 | 67 |
| | | | | | | 911028 | A1__IVb | 34 | 91 | 6.90 | 60 |

Tabel 3.4 Resultaten van beperkte analyse per grondwatermonster

Monsters bodemdaling Ameland voor 1990 en 1991 gesorteerd op buis en datum

| DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC | DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m | - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m |
| 900129 | A1__IVc | 12 | 79 | 5.87 | 31 | 910426 | A4_17Ab | 42 | 82 | 6.63 | 77 |
| 900507 | A1__IVc | 11 | 97 | 6.86 | 45 | 910725 | A4_17Ab | 62 | 77 | 7.07 | 72 |
| 910128 | A1__IVc | 5 | 37 | 6.52 | 18 | 911028 | A4_17Ab | 63 | 96 | 7.53 | 80 |
| 900129 | A1__I_b | 59 | 312 | 6.85 | 244 | 900319 | A4_17Ac | 55 | 82 | 7.40 | 86 |
| 900507 | A1__I_b | 134 | 2264 | 7.02 | 1827 | 900507 | A4_17Ac | 66 | 103 | 7.24 | 91 |
| 900728 | A1__I_b | 15 | 206 | 7.27 | 112 | 900727 | A4_17Ac | 57 | 78 | 7.15 | 85 |
| 901030 | A1__I_b | 102 | 1406 | 6.37 | 417 | 910128 | A4_17Ac | 76 | 105 | 6.71 | 87 |
| 910128 | A1__I_b | 34 | 366 | 6.29 | 153 | 910426 | A4_17Ac | 37 | 81 | 7.03 | 70 |
| 910427 | A1__I_b | 71 | 494 | 7.08 | 173 | 910725 | A4_17Ac | 65 | 116 | 7.07 | 88 |
| 910724 | A1__I_b | 36 | 48 | 7.38 | 60 | 911028 | A4_17Ac | 85 | 101 | 7.41 | 85 |
| 911028 | A1__I_b | 55 | 153 | 6.74 | 92 | 900130 | A4_19Ab | 28 | 41 | 7.23 | 49 |
| 900129 | A1__I_c | 11 | 59 | 7.28 | 52 | 900507 | A4_19Ab | 21 | 42 | 7.39 | 49 |
| 900507 | A1__I_c | 154 | 2029 | 6.76 | 277 | 900729 | A4_19Ab | 29 | 49 | 7.47 | 53 |
| 910128 | A1__I_c | 60 | 450 | 6.39 | 167 | 901030 | A4_19Ab | 22 | 55 | 6.56 | 53 |
| 910427 | A1__I_c | 20 | 335 | 7.32 | 140 | 910128 | A4_19Ab | 34 | 60 | 6.84 | 56 |
| 900129 | A3_550b | 45 | 46 | 7.06 | 70 | 910426 | A4_19Ab | 43 | 75 | 7.20 | 59 |
| 900507 | A3_550b | 63 | 97 | 6.73 | 89 | 910725 | A4_19Ab | 38 | 74 | 7.25 | 59 |
| 900729 | A3_550b | 61 | 93 | 7.20 | 95 | 911028 | A4_19Ab | 40 | 75 | 7.56 | 58 |
| 901030 | A3_550b | 52 | 66 | 7.14 | 127 | 900319 | A4_19Ac | 37 | 75 | 7.55 | 58 |
| 910129 | A3_550b | 62 | 132 | 6.55 | 84 | 900507 | A4_19Ac | 35 | 51 | 7.43 | 49 |
| 910426 | A3_550b | 58 | 115 | 7.00 | 84 | 910426 | A4_19Ac | 23 | 18 | 7.38 | 41 |
| 910725 | A3_550b | 59 | 107 | 6.47 | 82 | 900130 | A4_21Ab | 38 | 63 | 7.18 | 68 |
| 911028 | A3_550b | 84 | 130 | 7.75 | 93 | 900507 | A4_21Ab | 28 | 53 | 7.32 | 62 |
| 900129 | A3_550c | 30 | 33 | 7.33 | 47 | 900729 | A4_21Ab | 24 | 54 | 7.38 | 62 |
| 900507 | A3_550c | 44 | 46 | 7.40 | 63 | 901029 | A4_21Ab | 48 | 70 | 7.43 | 62 |
| 910129 | A3_550c | 45 | 44 | 6.74 | 51 | 910128 | A4_21Ab | 38 | 75 | 6.83 | 64 |
| 910426 | A3_550c | 38 | 38 | 7.60 | 55 | 910426 | A4_21Ab | 59 | 101 | 7.33 | 76 |
| 900129 | A3_700b | 27 | 47 | 7.24 | 61 | 910725 | A4_21Ab | 51 | 96 | 7.17 | 74 |
| 900507 | A3_700b | 65 | 115 | 6.88 | 88 | 911028 | A4_21Ab | 45 | 75 | 7.40 | 66 |
| 900729 | A3_700b | 33 | 60 | 7.55 | 67 | 900319 | A4_21Ac | 33 | 97 | 7.53 | 79 |
| 901030 | A3_700b | 35 | 36 | 7.41 | 49 | 900507 | A4_21Ac | 46 | 77 | 7.44 | 68 |
| 910129 | A3_700b | 17 | 23 | 6.81 | 43 | 910128 | A4_21Ac | 32 | 87 | 6.96 | 69 |
| 910426 | A3_700b | 21 | 43 | 7.22 | 48 | 910426 | A4_21Ac | 38 | 95 | 7.33 | 73 |
| 910725 | A3_700b | 44 | 57 | 6.20 | 55 | 900130 | A4__5Ab | 35 | 53 | 6.89 | 56 |
| 911028 | A3_700b | 41 | 94 | 7.81 | 80 | 900507 | A4__5Ab | 19 | 293 | 7.19 | 151 |
| 900319 | A3_700c | 41 | 98 | 7.78 | 85 | 900727 | A4__5Ab | 36 | 83 | 7.18 | 61 |
| 900130 | A4_17Ab | 51 | 63 | 7.07 | 69 | 901030 | A4__5Ab | 65 | 286 | 7.00 | 126 |
| 900507 | A4_17Ab | 39 | 74 | 7.23 | 71 | 910128 | A4__5Ab | 81 | 259 | 6.40 | 104 |
| 900727 | A4_17Ab | 38 | 52 | 7.00 | 69 | 910426 | A4__5Ab | 40 | 85 | 7.30 | 64 |
| 901030 | A4_17Ab | 67 | 87 | 7.75 | 97 | 910725 | A4__5Ab | 34 | 69 | 6.96 | 59 |
| 910128 | A4_17Ab | 53 | 71 | 6.69 | 76 | 911028 | A4__5Ab | 30 | 60 | 8.04 | 57 |

Tabel 3.4 Resultaten van beperkte analyse per grondwatermonster (vervolg)

Monsters bodemdaling Ameland voor 1990 en 1991 gesorteerd op buis en datum

| DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC | DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m | - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m |
| 900130 | A4__5Ac | 29 | 133 | 6.60 | 71 | 900727 | A6_14Ab | 54 | 384 | 7.20 | 245 |
| 910426 | A4__5Ac | 45 | 858 | 6.99 | 214 | 901029 | A6_14Ab | 90 | 391 | 6.92 | 227 |
| 900130 | A4__7Ab | 42 | 44 | 6.77 | 65 | 910129 | A6_14Ab | 83 | 1721 | 6.67 | 975 |
| 900507 | A4__7Ab | 38 | 69 | 6.86 | 66 | 910425 | A6_14Ab | 74 | 1831 | 7.13 | 714 |
| 900727 | A4__7Ab | 41 | 67 | 6.96 | 65 | 910725 | A6_14Ab | 105 | 1022 | 6.60 | 452 |
| 901030 | A4__7Ab | 47 | 61 | 7.21 | 67 | 911028 | A6_14Ab | 146 | 1266 | 6.96 | 444 |
| 910128 | A4__7Ab | 41 | 65 | 6.49 | 64 | 900129 | A6_14Ac | 29 | 162 | 7.33 | 106 |
| 910426 | A4__7Ab | 29 | 65 | 7.09 | 67 | 900507 | A6_14Ac | 124 | 2264 | 7.96 | 1820 |
| 910725 | A4__7Ab | 32 | 61 | 7.10 | 64 | 901030 | A6_14Ac | 88 | 508 | 7.07 | 215 |
| 911028 | A4__7Ab | 41 | 66 | 7.80 | 66 | 910129 | A6_14Ac | 103 | 3615 | 6.83 | 1054 |
| 900319 | A4__7Ac | 66 | 127 | 7.46 | 99 | 900130 | A6__7Ab | 39 | 32 | 7.19 | 60 |
| 900507 | A4__7Ac | 49 | 112 | 6.92 | 86 | 900507 | A6__7Ab | 42 | 63 | 7.12 | 66 |
| 910128 | A4__7Ac | 40 | 64 | 6.59 | 60 | 900727 | A6__7Ab | 47 | 78 | 6.55 | 68 |
| 910426 | A4__7Ac | 36 | 68 | 7.30 | 59 | 901030 | A6__7Ab | 48 | 49 | 7.31 | 56 |
| 900130 | A4__9Ab | 38 | 43 | 7.10 | 54 | 910129 | A6__7Ab | 45 | 72 | 7.00 | 61 |
| 900507 | A4__9Ab | 35 | 45 | 7.18 | 53 | 910425 | A6__7Ab | 48 | 106 | 6.90 | 69 |
| 900727 | A4__9Ab | 31 | 43 | 7.07 | 57 | 910725 | A6__7Ab | 46 | 54 | 6.99 | 58 |
| 901030 | A4__9Ab | 52 | 63 | 7.34 | 61 | 911028 | A6__7Ab | 46 | 72 | 7.42 | 66 |
| 910128 | A4__9Ab | 46 | 114 | 6.62 | 72 | 900130 | A6__B_b | 29 | 32 | 7.20 | 43 |
| 910426 | A4__9Ab | 37 | 68 | 7.45 | 65 | 900507 | A6__B_b | 48 | 69 | 7.23 | 66 |
| 910725 | A4__9Ab | 39 | 76 | 7.05 | 61 | 900729 | A6__B_b | 47 | 124 | 7.27 | 77 |
| 911028 | A4__9Ab | 46 | 75 | 7.70 | 66 | 901030 | A6__B_b | 39 | 57 | 7.85 | 52 |
| 900319 | A4__9Ac | 34 | 58 | 7.56 | 60 | 910129 | A6__B_b | 41 | 141 | 6.97 | 85 |
| 900507 | A4__9Ac | 38 | 50 | 7.21 | 53 | 910425 | A6__B_b | 30 | 115 | 7.14 | 86 |
| 910128 | A4__9Ac | 48 | 116 | 6.65 | 68 | 910725 | A6__B_b | 43 | 98 | 7.18 | 72 |
| 910426 | A4__9Ac | 38 | 91 | 7.47 | 67 | 911028 | A6__B_b | 28 | 43 | 8.00 | 48 |
| 910725 | A4__9Ac | 35 | 63 | 7.15 | 60 | 900130 | A6__B_c | 44 | 108 | 7.29 | 78 |
| 900130 | A6_10Ab | 39 | 35 | 7.09 | 69 | 900507 | A6__B_c | 58 | 266 | 7.32 | 128 |
| 900507 | A6_10Ab | 76 | 76 | 7.04 | 90 | 910129 | A6__B_c | 30 | 84 | 7.06 | 65 |
| 900727 | A6_10Ab | 58 | 49 | 7.23 | 66 | 910425 | A6__B_c | 23 | 60 | 7.34 | 58 |
| 901030 | A6_10Ab | 59 | 62 | 7.75 | 66 | 900319 | A7_11Ab | 139 | 1839 | 6.78 | 1690 |
| 910129 | A6_10Ab | 81 | 104 | 6.94 | 96 | 900507 | A7_11Ab | 60 | 1330 | 7.15 | 853 |
| 910425 | A6_10Ab | 90 | 146 | 6.97 | 106 | 900728 | A7_11Ab | 58 | 1708 | 7.05 | 764 |
| 910725 | A6_10Ab | 37 | 50 | 7.25 | 53 | 901030 | A7_11Ab | 146 | 3990 | 6.80 | 1191 |
| 911028 | A6_10Ab | 61 | 119 | 8.00 | 93 | 910129 | A7_11Ab | 51 | 7741 | 6.99 | 1538 |
| 900130 | A6_10Ac | 35 | 39 | 7.31 | 40 | 910425 | A7_11Ab | 46 | 1251 | 7.44 | 1110 |
| 900507 | A6_10Ac | 48 | 94 | 7.38 | 74 | 910725 | A7_11Ab | 82 | 2716 | 7.07 | 839 |
| 910129 | A6_10Ac | 51 | 122 | 7.00 | 79 | 911028 | A7_11Ab | 142 | 2681 | 7.05 | 758 |
| 910425 | A6_10Ac | 61 | 198 | 7.15 | 71 | 900319 | A7_11Ac | 98 | 2320 | 6.93 | 1740 |
| 900129 | A6_14Ab | 51 | 58 | 7.02 | 92 | 900507 | A7_11Ac | 45 | 1624 | 7.69 | 769 |
| 900507 | A6_14Ab | 102 | 1822 | 6.92 | 918 | 901030 | A7_11Ac | 127 | 3610 | 6.91 | 1050 |

Tabel 3.4 Resultaten van beperkte analyse per grondwatermonster (vervolg)

Monsters bodemdaling Ameland voor 1990 en 1991 gesorteerd op buis en datum

| DATUM | PUNT | Ca | Cl | pH | EC |
|---|---|---|---|---|---|
| - | NR.DP | mg/l | mg/l | - | mS/m |
| 910129 | A7_11Ac | 52 | 4635 | 7.31 | 1127 |
| 910425 | A7_11Ac | 65 | 1020 | 7.81 | 545 |
| 911028 | A7_11Ac | 212 | 7199 | 6.77 | 1489 |
| 900319 | A7_17Ab | 108 | 2154 | 7.19 | 1633 |
| 900507 | A7_17Ab | 71 | 1466 | 7.25 | 853 |
| 900728 | A7_17Ab | 70 | 1850 | 7.20 | 596 |
| 901030 | A7_17Ab | 138 | 3459 | 6.21 | 911 |
| 910129 | A7_17Ab | 56 | 3003 | 7.36 | 925 |
| 910425 | A7_17Ab | 39 | 1220 | 7.51 | 977 |
| 910725 | A7_17Ab | 84 | 3165 | 7.18 | 905 |
| 911028 | A7_17Ab | 73 | 1986 | 7.37 | 625 |
| 900319 | A7_17Ac | 87 | 2047 | 7.14 | 1585 |
| 901030 | A7_17Ac | 124 | 3384 | 6.55 | 901 |
| 910129 | A7_17Ac | 48 | 2040 | 7.39 | 755 |
| 900319 | A7_21A_ | 84 | 2172 | 7.27 | 2440 |
| 901030 | A7_21A_ | 211 | 7374 | 6.63 | 1638 |
| 910129 | A7_21A_ | 52 | 3018 | 7.39 | 946 |
| 910425 | A7_21A_ | 62 | 3495 | 7.63 | 1135 |
| 910725 | A7_21A_ | 72 | 3902 | 7.38 | 1078 |
| 911028 | A7_21A_ | 86 | 3248 | 7.21 | 933 |
| 900319 | A7_21A_ | 84 | 2172 | 7.27 | 2440 |
| 901030 | A7_21A_ | 211 | 7374 | 6.63 | 1638 |
| 910129 | A7_21A_ | 52 | 3018 | 7.39 | 946 |
| 910425 | A7_21A_ | 62 | 3495 | 7.63 | 1135 |
| 910725 | A7_21A_ | 72 | 3902 | 7.38 | 1078 |
| 911028 | A7_21A_ | 86 | 3248 | 7.21 | 933 |
| 900319 | A7_21Bb | 137 | 1959 | 8.47 | 2240 |
| 900507 | A7_21Bb | 106 | 2191 | 7.41 | 1535 |
| 900728 | A7_21Bb | 67 | 2280 | 7.12 | 1213 |
| 901030 | A7_21Bb | 211 | 8840 | 6.78 | 1914 |
| 910129 | A7_21Bb | 100 | 5263 | 7.31 | 1318 |
| 910425 | A7_21Bb | 83 | 4470 | 7.40 | 1305 |
| 910725 | A7_21Bb | 87 | 4534 | 7.35 | 1220 |
| 911028 | A7_21Bb | 135 | 5511 | 7.11 | 1317 |
| 900319 | A7_21Bc | 110 | 2339 | 7.44 | 1897 |
| 900507 | A7_21Bc | 88 | 2118 | 7.53 | 1452 |
| 901030 | A7_21Bc | 216 | 8927 | 6.91 | 2080 |
| 910129 | A7_21Bc | 91 | 5675 | 7.33 | 1412 |
| 910425 | A7_21Bc | 87 | 3731 | 7.53 | 1107 |
| 910725 | A7_21Bc | 87 | 3983 | 7.46 | 1097 |
| 911028 | A7_21Bc | 170 | 6502 | 7.11 | 1481 |
| 900319 | A7__8Ab | 55 | 1738 | 6.93 | 1119 |
| 900507 | A7__8Ab | 73 | 1529 | 6.95 | 717 |
| 900728 | A7__8Ab | 55 | 1147 | 6.91 | 496 |
| 901030 | A7__8Ab | 86 | 1850 | 6.63 | 780 |
| 910129 | A7__8Ab | 87 | 3882 | 6.82 | 1185 |
| 9104251 | A7__8Ab1 | 451 | 107361 | 7.141 | 759 |
| 910725 | A7__8Ab | 90 | 1946 | 6.74 | 645 |
| 911028 | A7__8Ab | 215 | 5535 | 6.90 | 1230 |
| 900319 | A7__8Ac | 55 | 1755 | 6.91 | 1355 |
| 900507 | A7__8Ac | 80 | 1689 | 7.39 | 791 |
| 901030 | A7__8Ac | 89 | 2136 | 6.84 | 675 |
| 910129 | A7__8Ac | 60 | 2937 | 6.95 | 890 |
| 900319 | A7__8Bb | 40 | 728 | 7.11 | 520 |
| 900507 | A7__8Bb | 66 | 1513 | 7.28 | 747 |
| 900728 | A7__8Bb | 46 | 840 | 7.06 | 466 |
| 901030 | A7__8Bb | 107 | 2643 | 6.85 | 793 |
| 910129 | A7__8Bb | 89 | 1994 | 7.01 | 685 |
| 910425 | A7__8Bb | 36 | 1197 | 7.03 | 779 |
| 910725 | A7__8Bb | 99 | 1524 | 6.90 | 579 |
| 911028 | A7__8Bb | 109 | 1652 | 7.16 | 560 |
| 900319 | A7__8Bc | 74 | 1890 | 7.07 | 1076 |
| 900507 | A7__8Bc | 50 | 1466 | 7.58 | 645 |
| 901030 | A7__8Bc | 79 | 2208 | 6.99 | 682 |
| 910129 | A7__8Bc | 74 | 2217 | 6.99 | 668 |
| 910425 | A7__8Bc | 38 | 943 | 7.30 | 654 |
| 900319 | A7__A_b | 110 | 2154 | 7.31 | 1280 |
| 900507 | A7__A_b | 62 | 1513 | 7.35 | 967 |
| 900727 | A7__A_b | 31 | 866 | 7.27 | 394 |
| 901030 | A7__A_b | 183 | 3011 | 7.25 | 874 |
| 910129 | A7__A_b | 159 | 2695 | 6.85 | 840 |
| 910425 | A7__A_b | 39 | 1243 | 7.25 | 1010 |
| 910725 | A7__A_b | 86 | 2776 | 7.50 | 878 |
| 911028 | A7__A_b | 107 | 5187 | 7.22 | 1120 |
| 900319 | A7__A_c | 77 | 1656 | 7.39 | 1090 |
| 900507 | A7__A_c | 100 | 1959 | 7.69 | 1151 |

Tabel 3.4 Resultaten van beperkte analyse per grondwatermonster (vervolg)

Tabel 3.5 Resultaten van de uitgebreide analyse per watermonster

niet opgenomen zijn de analysegegevens over Mn, Si, kleur, KMnO4, EN NPOC v

| DATUM | PUNT | ECm25 | pH | Cl | NO2 | NO3 | SO4 | HCO3 | CO3 | PO4 | NH4 | NH4or | Fe | Ca | Mg | Na | K | THARD | TPO4 | Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| . | NR.DP | mS/m | - | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mmol/l | mg/l | mg/l |
| 900508 | 1-1B | 25. | 5.6 | 64. | <.01 | <.05 | 27. | 14. | <1.00 | .02 | .06 | .34 | 4.8 | 6.5 | 5.7 | 36. | 3.0 | .40 | .03 | 350. |
| 900508 | 3_550B | 78. | 7.0 | 96. | <.01 | <.05 | 36. | 340. | <1.00 | .01 | .07 | .33 | .17 | 130. | 12.5 | 31. | 1.6 | 3.76 | .03 | 7. |
| 900508 | 3_550C | 58. | 7.7 | 46. | <.01 | <.05 | 19. | 320. | <1.00 | .03 | .10 | .37 | 3.5 | 97. | 5.0 | 35. | 1.7 | 2.63 | .05 | 30. |
| 900508 | 4_17B | 65. | 7.2 | 59. | <.01 | .10 | 6. | 345. | <1.00 | .06 | .26 | .40 | .10 | 100. | 12.0 | 33. | 1.7 | 2.99 | .08 | 8. |
| 900508 | 4_17C | 85. | 7.4 | 106. | <.01 | <.05 | 110. | 265. | <1.00 | .01 | .05 | .21 | .65 | 130. | 13.0 | 43. | 1.1 | 3.78 | .02 | 7. |
| 900508 | 6_10B | 83. | 7.2 | 77. | <.01 | <.05 | 145. | 270. | <1.00 | .01 | <.01 | .14 | .03 | 145. | 12.0 | 32. | 1.6 | 4.11 | .03 | <5.0 |
| 900508 | 6_10C | 255. | 7.7 | 86. | <.01 | <.05 | 22. | 255. | <1.00 | .03 | .04 | .29 | 1.60 | 90. | 7.3 | 45. | .9 | 2.55 | .05 | 22. |
| 900508 | 6_14B | 820. | 6.9 | 2720. | <.01 | <.05 | 280. | 435. | <1.00 | .20 | .25 | .55 | .55 | 215. | 175. | 1450. | 60. | 12.56 | .23 | 16. |
| 900508 | 7_21B | 1470. | 7.5 | 5300. | <.01 | <.05 | 700. | 295. | <1.00 | .05 | .50 | .34 | .32 | 155. | 310. | 3000. | 110. | 16.62 | .05 | <5.0 |
| 900508 | 7_21C | 1380. | 7.7 | 4900. | <.01 | <.05 | 660. | 290. | <1.00 | .11 | .65 | .34 | .18 | 140. | 306. | 2800. | 120. | 16.08 | .11 | 23. |

| Kwelder | Nieuwlandsrijd | | | | | | De Hon | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Raai-PQ | III-1 | III-4 | III-7 | III-17 | III-21 | III-23 | IX-4 | IX-6 | IX-8 |
| Maaiveldnivo 1988 boven NAP (m) | 1,45 | 1,18 | 1,45 | 1,47 | 1,54 | 1,82 | 1,25 | 1,27 | 1,35 |
| Maaiveldnivo boven plaat (mm) | | | | | | | | | |
| 19-10-1988 | 195 | 205 | 205 | 238 | 195 | 230 | 190 | 188 | 195 |
| 18- 9-1989 | 195 | 181 | 209 | 226 | 187 | 222 | 175[3] | 197 | 195 |
| 10-10-1990 | 190[1] | 195 | 205[1] | 225 | 190 | 210 | 210 | 208 | 205 |
| 18- 9-1991 | 184 | 184 | 193 | 202 | 184 | 215 | 218 | 210 | 204 |
| 14-10-1992 | 190 | 207 | 201 | 198[1] | 188 | 215 | 235 | 230 | 205 |
| 2- 9-1993 | 195 | 200 | 207 | 203 | 200 | 215 | 256 | 242 | 215 |
| 7- 9-1994 | 220 | 215 | 215 | 177[2] | 200 | 220 | 265 | 270 | 220 |

[1] Koeiesporen gemeld

[2] Gebiedje rond PQ-paal verlaagd/vertrapt

[3] Erosie door nadering van meanderende kwelderkreek

Tabel 4.1 Meetgegevens van opslibbingsplaten in de kwelders

| | |
|---|---|
| 1 | 51 pq's (= proefvakken van 2 x 2 m met de vegetatiesamenstelling en -bedekking in 1986, 1991 en 1993 (IBN) |
| 2 | pq-nummers met x-y-coördinaten (NAM) |
| 3 | vegetatietype, geklassificeerd met versie 7-1-1994 van het PC-programma SALTMARS van IBN en RWS (Dijkema & Bossinade 1990). |
| 4 | hoogte maaiveld per pq in mm t.o.v. NAP en t.o.v. GHW (situatie ca. augustus) voor 1986, 1989, 1991 en 1993, door IBN gerekonstrueerd uit:<br>- metingen pq's (1986 door RWS en daarna door NAM);<br>- metingen verzonken pq-merken (1988, 1991 en 1993 door NAM);<br>- metingen opslibbing aan de plastic pq-verklikkerpalen (in 1989, 1991 en 1993 door IBN) |
| 5 | Overvloedingsfrekwentie per pq (voor lopende gemiddelde van GHW) voor 1986, 1989, 1991 en 1993 (RWS) |
| 6 | bodemdaling in mm per pq (situatie ca. augustus; NAM)<br>1986 - 1989 totaal<br>1986 - 1991 totaal<br>1986 - 1993 totaal<br><br>1986 - 1989 per jaar<br>1989 - 1991 per jaar<br>1991 - 1993 per jaar |
| 7 | opslibbingssnelheid in mm per jaar (situatie ca. augustus), berekend uit de maaiveldrekonstruktie onder (4) en gecheckt aan de WL-platen en de plastic pq-verklikkerpalen (IBN):<br>1986 - 1989<br>1989 - 1991<br>1991 - 1993 |
| 8 | Dikte van de kleilaag boven de zandige ondergrond (WL, IBN) |
| 9 | Schatting van de ontwateringstoestand van de bodem (IBN) |
| 10 | Gegevens beweidingssoort en -intensiteit (IBN) |
| 11 | Voor 1993 en 1994 in raai 3 periodiek over het gehele jaar opslibbing gemeten (IBN) |
| 12 | Neerslagtekort maart t/m augustus (WL) |

Tabel 5.1 Overzicht gegevensbestand van de permanente kwadraten (pq's) in de kwelders van Ameland-oost

* Berekening 'hoogte maaiveld' 1989:
  $H_{mv1989} = H_{merk\ 1988} - 1/3\ (H_{merk\ 1988} - H_{merk\ 1991}) + (H_{mv\ 1991} - H_{merk\ 1991}) - (H_{pq\ 1991} - H_{pq\ 1989})$

* 'Bodemdaling' getekend vanuit hoogte maaiveld 1986:
  $D_{mv,\ j} = H_{mv\ 1986} - D_{t,j}$

* Gemeten opslibbing boven pq-merk (1989 is gewist omdat die al berekend was uit de daling pq-merk en 1991 is op 0 gesteld):
  $O_{merk,j} = H_{mv,\ j} - H_{merk,\ ,j}$

* Berekende opslibbing: $O_{ber,j} = H_{mv,\ j} - D_{mv,\ j}$

* Korrektie 'hoogte maaiveld' 1986; 1986 is door de RWS gemeten aan de hand van een voorlopige pq-markering. 1988 - 1993 is door de NAM gemeten aan de hand van een vaste en dubbele pq-markering.
  In het beweide gebied (raaien 3 en 4) is door beschadiging van de voorlopige markering de ligging van de pq's in 1988-1993 niet exact gelijk aan 1986. Dat blijkt uit een onwaarschijnlijk verloop van $H_{mv}$ en $O_{ber}$ (maar niet uit de vegetatiesamenstelling). In 12 gevallen is daarom als volgt een standaardkorrektie doorgevoerd (aangegeven in de kop van de figuur), uitgaande van de veronderstelling dat de lijnen $H_{merk}$ en $D_{mv}$ parallel behoren te lopen:

  - de lijn 'daling pq-merk' doortrekken naar 1986:
    $H_{merk\ 1986} = H_{merk\ 1988} + (D_{t1988} - D_{t\ 1986})$

  - rekonstruktie 'hoogte maaiveld' 1986:
    $H_{mv\ 1986} = H_{merk\ 1986} + (H_{mv\ 1991} - H_{merk\ 1991}) - 2\ (H_{pq1991} - H_{pq\ 1989})$

  met:

| | | |
|---|---|---|
| $H_{mv,j}$ | = | 'hoogte maaiveld' in jaar j |
| $H_{merk,\ j}$ | = | 'daling pq-merk' in jaar j (=verzonken stalen paal) |
| $H_{pq,\ j}$ | = | 'opslibbing pq-paal' in jaar j (recycling plastic verklikkerpalen) |
| $D_{mv,\ j}$ | = | 'bodemdaling' in jaar j (= maaiveld zonder opslibbing) |
| $O_{merk}$ | = | 'opslibbing pq-merk' in jaar j (= gemeten opslibbing boven de verzonken stalen paal) |
| $O_{ber,\ j}$ | = | 'berekende opslibbing' in jaar j |
| $D_{t,\ j}$ | = | totale bodemdaling in jaar j, per raai afgeleid uit de NAM-nauwkeurigheidswaterpassingen |

Tabel 5.2 Procedures voor het berekenen van maaiveldhoogtes

| | | t.o.v. GHWL | t.o.v. NAP |
|---|---|---|---|
| 1 | pre-pionier (Qi, Si) | - 230 | + 820 |
| | pionierzone (S, S5, Q,U) | - 190 | + 860 |
| 2 | pre-laag (P) | + 70 | + 1120 |
| | lage zone (L, overige P-typen) | + 160 | + 1210 |
| 3+4 | pre-midden (Pj, Ft) | + 310 | + 1360 |
| | midden + hoge zone (J-, R-typen) | + 410 | + 1460 |

GHWL = trendwaarde GHW in 1990, berekend uit de periode 1963 - 1992 = NAP +1050 mm

Tabel 5.3 Ondergrenzen van de vegetatiezones op Ameland (in mm) volgens de effektenprognose in Dankers et al. 1987

| zone | pq | opslibbing/ kompensatie bodemdaling | hoogte boven ondergrens | verwachte regressie 2005 | opgetreden regressie 1993 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 pionier | 3.2 | ± | + | geen | geen |
| | 3.4 | - | + | geen | geen |
| | 3.5 | + | + | geen | geen |
| | 3.8 | vertrapp. (+) | + | geen | P→Q |
| | 3.9 | - | + | geen | geen |
| | 3.10 | ± | + | geen | geen |
| | 3.12 | ± | + | geen | geen |
| | 3.13 | ± | + | geen | geen |
| | 3.18 | vertrapp. (-) | + | geen | geen |
| | 7.1 | kliferosie (+) | + | geen | erosie |
| | 7.4 | - | + | →Pp | Pj→U |
| | 8.3 | kliferosie (-) | + | →Q | erosie |
| | 9.1 | - | + | →Qi | Q→Qi |
| | 9.2 | ± | + | →Qi | geen |
| 2 lage kwelder | 3.1 | ± | + | →Pp | geen |
| | 3.6 | ± | + | →Pp | geen |
| | 3.14 | ± | + | geen | geen |
| | 3.15 | - | + | geen | geen |
| | 4.1 | vertrapp. (-) | + | geen | geen |
| | 8.7 | - | - v.a. '86 | →Q | geen |
| | 9.3 | ± | - v.a. '86 | →Q | geen |
| | 9.4 | ± | + | →Q | geen |
| | 9.6 | - | - v.a. '93 | →Q | geen |
| | 9.11 | - | - v.a. '91 | →Q | L→Pd |
| 3 midden-kwelder | 3.3 | ± | - v.a. '86 | →Pp | Jf→Pj |
| | 3.7 | - | - v.a. '89 | →Pp | geen |
| | 3.11 | - | + | geen | geen |
| | 3.16 | - | - v.a. '91 | →Pp | geen |
| | 3.17 | vertrapp. (-) | - v.a. '93 | →Ft/Pj | geen |
| | 3.20 | - | + | geen | Jrf→Jf |
| | 3.21 | vertrapp. (-) | + | →Ft/Pj | geen |
| | 4.2 | - | + | →Ft/Pj | geen |
| | 7.3 | - | - v.a. '91 | →Jl | Jj→U |
| | 9.5 | - | - v.a. '86 | →Jl | geen |
| | 9.7 | - | - v.a. '86 | →Q | geen |
| | 9.8 | - | - v.a. '89 | →Pl | Jf→Pj |
| | 9.9 | - | + | →Jl | geen |
| | 9.10 | - | - v.a. '89 | →Pl | geen |
| | 9.12 | - | - v.a. '91 | →Pl | geen |
| | 9.13 | - | + | →Jl | geen |
| 4 hoge kwelder | 3.19 | - | + | geen | geen |
| | 3.22 | - | + | geen | geen |
| | 3.23 | - | + | geen | geen |
| | 3.24 | - | + | geen | geen |
| | 4.3 | - | + | geen | Rg→Jj |
| | 4.4 | - | + | geen | geen |
| | 4.5 | - | + | geen | geen |
| | 7.2 | - | + | geen | geen |
| | 7.5 | - | + | geen | geen |
| | 9.14 | - | + | geen | geen |

- opslibbing uit Figuur 5.1; verandering < 25 mm = ±),
- ondergrenzen kwelderzones zie Tabel 5.3,
- verwachte regressie van de vegetatie volgens Dankers et al, 1987
- werkelijk regressie bepaald op basis van vegetatietypen uit Figuur 5.1 en de soortensamenstelling uit de opnamelijst

Tabel 5.4 Samenvatting van veranderingen in de kwelder-pq's

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1986 | 3 02 | U | 203 | 150 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 02 | U | 220 | 165 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 02 | U | 230 | 140 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 02 | U | 190 | 130 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 04 | Q | 146 | 180 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 04 | Q | 120 | 230 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 04 | Q | 140 | 195 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 04 | Q | 110 | 175 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 05 | Q | 62 | 250 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 05 | Q | 80 | 270 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 05 | Q@ | 100 | 220 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 05 | Q | 90 | 185 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 08 | P | 22 | 290 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 08 | U | 40 | 300 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 08 | Q | 70 | 250 | -190 | ) pq vertrapt |
| 1 | 1993 | 3 08 | Q | 50 | 210 | -109 | ) |
| 1 | 1986 | 3 09 | U | 241 | 125 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 09 | U | 230 | 155 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 09 | U | 220 | 145 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 09 | U | 210 | 120 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 10 | S5 | 168 | 175 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 10 | P | 160 | 205 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 10 | U | 150 | 185 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 10 | U | 150 | 150 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 12 | S | 150 | 180 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 12 | S | 140 | 220 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 12 | S | 150 | 185 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 12 | Q | 150 | 150 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 13 | P | 121 | 200 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 13 | Q | 130 | 220 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 13 | P | 130 | 200 | -190 | |
| 1 | 1993 | 3 13 | Q | 130 | 160 | -109 | |
| 1 | 1986 | 3 18 | Q | 321 | 95 | 4 | |
| 1 | 1989 | 3 18 | ~ | 310 | 120 | -21 | |
| 1 | 1991 | 3 18 | ~ | 300 | 110 | -190 | ) pq vertrapt |
| 1 | 1993 | 3 18 | ~ | 280 | 90 | -109 | ) |
| 1 | 1986 | 7 01 | S | -45 | 360 | 4 | ) |
| 1 | 1989 | 7 01 | S | 50 | 300 | -21 | ) kliferosie ca.3 m/jaar |
| 1 | 1991 | 7 01 | S | 150 | 190 | -190 | ) |
| 1 | 1993 | 7 01 | ~ | 90 | 185 | -109 | ) |
| 1 | 1986 | 7 04 | PJ | 315 | 95 | 4 | |
| 1 | 1989 | 7 04 | U@ | 320 | 115 | -21 | ) |
| 1 | 1991 | 7 04 | U@ | 300 | 110 | -190 | ) natte kom |
| 1 | 1993 | 7 04 | U@ | 260 | 95 | -109 | ) |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5a Veranderingen in de pq's in de pionierszone van de kwelder

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1986 | 8 03 | PP | 224 | 135 | 4 | ) |
| 1 | 1989 | 8 03 | U | 184 | 190 | -21 | ) |
| 1 | 1991 | 8 03 | U | 160 | 180 | -190 | ) kliferosie ca. 3 m/jaar |
| 1 | 1993 | 8 03 | QI | 0 | 260 | -109 | ) |
| 1 | 1986 | 9 01 | Q | 2 | 310 | 4 | |
| 1 | 1989 | 9 01 | QI@ | -130 | 460 | -21 | ) |
| 1 | 1991 | 9 01 | QI | -30 | 340 | -190 | ) veranderingen wad |
| 1 | 1993 | 9 01 | QI | -120 | 370 | -109 | ) |
| 1 | 1986 | 9 02 | Q | 2 | 310 | 4 | |
| 1 | 1989 | 9 02 | Q | -10 | 350 | -21 | |
| 1 | 1991 | 9 02 | S | 60 | 250 | -190 | |
| 1 | 1993 | 9 02 | S | 10 | 250 | -109 | |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5a Veranderingen in de pq's in de pionierszone van de kwelder (vervolg)

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1986 | 3 01 | PJ | 379 | 75 | 4 | |
| 2 | 1989 | 3 01 | PJ | 390 | 90 | -21 | |
| 2 | 1991 | 3 01 | PP | 410 | 80 | -190 | |
| 2 | 1993 | 3 01 | PJ | 390 | 60 | -109 | |
| 2 | 1986 | 3 06 | PJ | 336 | 85 | 4 | |
| 2 | 1989 | 3 06 | PJ | 320 | 115 | -21 | |
| 2 | 1991 | 3 06 | PP | 340 | 100 | -190 | |
| 2 | 1993 | 3 06 | PJ | 340 | 75 | -109 | |
| 2 | 1986 | 3 14 | PP | 302 | 100 | 4 | |
| 2 | 1989 | 3 14 | PJ | 290 | 125 | -21 | |
| 2 | 1991 | 3 14 | PJ | 300 | 110 | -190 | |
| 2 | 1993 | 3 14 | PP | 280 | 90 | -109 | |
| 2 | 1986 | 3 15 | PJ | 385 | 75 | 4 | |
| 2 | 1989 | 3 15 | PJ | 370 | 95 | -21 | |
| 2 | 1991 | 3 15 | FT | 370 | 90 | -190 | |
| 2 | 1993 | 3 15 | FT | 340 | 75 | -109 | |
| 2 | 1986 | 4 01 | S | 330 | 90 | 4 | |
| 2 | 1989 | 4 01 | P | 310 | 115 | -21 | ) |
| 2 | 1991 | 4 01 | P | 310 | 105 | -190 | ) vertrapt |
| 2 | 1993 | 4 01 | P | 250 | 95 | -109 | ) |
| 2 | 1986 | 8 07 | JF | 244* | 120 | 4 | |
| 2 | 1989 | 8 07 | U | 216* | 165 | -21 | |
| 2 | 1991 | 8 07 | U | 200* | 160 | -190 | |
| 2 | 1993 | 8 07 | H5 | 190* | 130 | -109 | |
| 2 | 1986 | 9 03 | P | 112* | 210 | 4 | |
| 2 | 1989 | 9 03 | PP | 120* | 230 | -21 | |
| 2 | 1991 | 9 03 | PP | 130* | 200 | -190 | |
| 2 | 1993 | 9 03 | PP | 100* | 180 | -109 | |
| 2 | 1986 | 9 04 | PP | 202 | 150 | 4 | |
| 2 | 1989 | 9 04 | PP | 180 | 190 | -21 | |
| 2 | 1991 | 9 04 | PL | 200 | 160 | -190 | |
| 2 | 1993 | 9 04 | U | 190 | 130 | -109 | |
| 2 | 1986 | 9 06 | L | 202 | 150 | 4 | |
| 2 | 1989 | 9 06 | L | 200 | 175 | -21 | |
| 2 | 1991 | 9 06 | L | 180 | 170 | -190 | |
| 2 | 1993 | 9 06 | L | 160* | 145 | -109 | |
| 2 | 1986 | 9 11 | L | 221 | 135 | 4 | ) |
| 2 | 1989 | 9 11 | U@ | 180 | 190 | -21 | ) @ en * |
| 2 | 1991 | 9 11 | PD@ | 140* | 195 | -190 | ) GHWR toegenomen |
| 2 | 1993 | 9 11 | -@ | 90* | 185 | -109 | ) |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5b Veranderingen in de pq's in de lage kwelder

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1986 | 3 03 | JF | 407* | 70 | 4 | ) |
| 3 | 1989 | 3 03 | JJ@ | 400* | 85 | -21 | ) @ en * |
| 3 | 1991 | 3 03 | PJ@ | 410* | 80 | -190 | ) GHWR niet toegenomen; |
| 3 | 1993 | 3 03 | PJ | 400* | 60 | -109 | ) neerslagtekort? |
| 3 | 1986 | 3 07 | JF | 411 | 70 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 07 | JJ | 390* | 90 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 07 | JJ | 390* | 80 | -190 | |
| 3 | 1993 | 3 07 | JJ | 360* | 70 | -109 | |
| 3 | 1986 | 3 11 | FT | 486 | 50 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 11 | JF | 470 | 65 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 11 | FT | 470 | 65 | -190 | |
| 3 | 1993 | 3 11 | FT | 450 | 50 | -109 | |
| 3 | 1986 | 3 16 | JF | 421 | 65 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 16 | JF | 420 | 80 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 16 | PJ | 390* | 80 | -190 | |
| 3 | 1993 | 3 16 | JJ | 370* | 65 | -109 | |
| 3 | 1986 | 3 17 | JJ | 421 | 65 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 17 | JJ | 420 | 80 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 17 | JJ | 420 | 75 | -190 | |
| 3 | 1993 | 3 17 | JJ | 370* | 65 | -109 | ) vertrapt |
| 3 | 1986 | 3 20 | JRF | 651 | 31 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 20 | JRF | 640 | 30 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 20 | JF@ | 640 | 37 | -190 | )@ |
| 3 | 1993 | 3 20 | JF | 630 | 28 | -109 | ) neerslagtekort (?) |
| 3 | 1986 | 3 21 | JJ | 495 | 50 | 4 | |
| 3 | 1989 | 3 21 | JJ | 480 | 63 | -21 | |
| 3 | 1991 | 3 21 | JJ | 480 | 60 | -190 | ) |
| 3 | 1993 | 3 21 | JJ | 460 | 49 | -109 | ) vertrapt |
| 3 | 1986 | 4 02 | BG | 715 | 26 | 4 | |
| 3 | 1989 | 4 02 | ~ | 670 | 26 | -21 | |
| 3 | 1991 | 4 02 | JJ | 660 | 35 | -190 | |
| 3 | 1993 | 4 02 | JJ | 640 | 28 | -109 | |
| 3 | 1986 | 7 03 | JJ | 465 | 54 | 4 | |
| 3 | 1989 | 7 03 | FEX | 420 | 80 | -21 | ) @ en * |
| 3 | 1991 | 7 03 | FEX | 410* | 75 | -190 | ) GHWR flucuteert; |
| 3 | 1993 | 7 03 | U@ | 390* | 60 | -109 | ) neerslagtekort? |
| 3 | 1986 | 9 05 | JF | 402* | 70 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 05 | JF | 380* | 90 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 05 | JF | 350* | 95 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 05 | JF | 320* | 80 | -109 | |
| 3 | 1986 | 9 07 | FT | 262* | 115 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 07 | FT | 250* | 145 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 07 | FT | 230* | 135 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 07 | FT | 210* | 115 | -109 | |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5c Veranderingen in de pq's in de middenzone van de kwelder

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1986 | 9 08 | JF | 311 | 100 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 08 | JF@ | 280* | 130 | -21 | ) @ en * |
| 3 | 1991 | 9 08 | PJ@ | 260* | 125 | -190 | ) GHWR toegenomen; |
| 3 | 1993 | 9 08 | PJ | 230* | 105 | -109 | ) neerslagtekort? |
| 3 | 1986 | 9 09 | JG | 461 | 54 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 09 | JF | 430 | 75 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 09 | JF | 400 | 80 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 09 | JF | 370 | 68 | -109 | |
| 3 | 1986 | 9 10 | JF | 341 | 85 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 10 | JJ | 310* | 115 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 10 | JF | 290* | 115 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 10 | JF | 260* | 95 | -109 | |
| 3 | 1986 | 9 12 | JF | 381 | 75 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 12 | JF | 340 | 105 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 12 | JF | 310* | 105 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 12 | JF | 300* | 85 | -109 | |
| 3 | 1986 | 9 13 | R | 456 | 55 | 4 | |
| 3 | 1989 | 9 13 | JF | 420 | 80 | -21 | |
| 3 | 1991 | 9 13 | JF | 390 | 80 | -190 | |
| 3 | 1993 | 9 13 | JF | 390 | 60 | -109 | |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5c Veranderingen in de pq's in de middenzone van de kwelder (vervolg)

| zone | jaar | pq | veg | $H_{mv}$ | GHWR | neers | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1986 | 3 19 | RU | 835 | 17 | 4 | |
| 4 | 1989 | 3 19 | RU | 820 | 14 | -21 | |
| 4 | 1991 | 3 19 | FEY | 820 | 21 | -190 | |
| 4 | 1993 | 3 19 | Y5 | 790 | 20 | -109 | |
| 4 | 1986 | 3 22 | FEY | 785 | 21 | 4 | |
| 4 | 1989 | 3 22 | R | 780 | 16 | -21 | |
| 4 | 1991 | 3 22 | R | 780 | 23 | -190 | |
| 4 | 1993 | 3 22 | R | 740 | 23 | -109 | |
| 4 | 1986 | 3 23 | YB5 | 781 | 21 | 4 | |
| 4 | 1989 | 3 23 | Y5 | 770 | 17 | -21 | |
| 4 | 1991 | 3 23 | Y5 | 760 | 25 | -190 | |
| 4 | 1993 | 3 23 | Y5 | 750 | 22 | -109 | |
| 4 | 1986 | 3 24 | RM | 661 | 29 | 4 | |
| 4 | 1989 | 3 24 | RM | 650 | 28 | -21 | |
| 4 | 1991 | 3 24 | RM | 640 | 37 | -190 | |
| 4 | 1993 | 3 24 | RM | 610 | 31 | -109 | |
| 4 | 1986 | 4 03 | RG | 807 | 19 | 4 | |
| 4 | 1989 | 4 03 | RG | 800 | 15 | -21 | |
| 4 | 1991 | 4 03 | JJ@ | 770 | 25 | -190 | ) @ |
| 4 | 1993 | 4 03 | JJ | 740 | 23 | -109 | ) neerslagtekort (?) |
| 4 | 1986 | 4 04 | RG | 1182 | 6 | 4 | |
| 4 | 1989 | 4 04 | RG | 1160 | 3 | -21 | |
| 4 | 1991 | 4 04 | RG | 1140 | 8 | -190 | |
| 4 | 1993 | 4 04 | RG | 1110 | 8 | -109 | |
| 4 | 1986 | 4 05 | R | 1540 | 1 | 4 | |
| 4 | 1989 | 4 05 | JJ | 1510 | 1 | -21 | |
| 4 | 1991 | 4 05 | JJ | 1500 | 3 | -190 | |
| 4 | 1993 | 4 05 | R | 1480 | 2 | -109 | |
| 4 | 1986 | 7 02 | Y5 | 555 | 42 | 4 | |
| 4 | 1989 | 7 02 | Y5 | 530 | 52 | -21 | |
| 4 | 1991 | 7 02 | Y5 | 510 | 54 | -190 | |
| 4 | 1993 | 7 02 | Y5 | 470 | 48 | -109 | |
| 4 | 1986 | 7 05 | R | 615 | 33 | 4 | |
| 4 | 1989 | 7 05 | FEY | 600 | 38 | -21 | |
| 4 | 1991 | 7 05 | Y5 | 570 | 43 | -190 | |
| 4 | 1993 | 7 05 | Y5 | 550 | 37 | -109 | |
| 4 | 1986 | 9 14 | R | 773 | 22 | 4 | |
| 4 | 1989 | 9 14 | JF | 770 | 17 | -21 | |
| 4 | 1991 | 9 14 | FA | 720 | 28 | -190 | |
| 4 | 1993 | 9 14 | FEY | 690 | 26 | -109 | |

- veg = vegetatietype; voor kode zie Figuur 5.2
- $H_{mv}$ = hoogte maaiveld boven GHW (mm)
- GHWR = aantal overvloedingen per jaar; lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- neers = neerslagtekort in periode maart t/m augustus (mm); lopend twee-jaarlijks gemiddelde
- @ = regressie van de vegetatie (op grond van soortensamenstelling en bedekking)
- * = maaiveldhoogte onder de ondergrens van betreffende kwelderzone (Tabel 5.3)

Tabel 5.5d Veranderingen in de pq's in de hoge kwelder

| | betekenis in: | | |
|---|---|---|---|
| kode | 4 bosstat | INDIC | Londo |
| 1 | < 0.1% | < 5% en < 4 ex. | < 5% en sporadisch |
| 2 | 0,1 - 1% | < 5% en 5- 50 ex. | < 5% en weinig talrijk |
| 3 | 1 - 5% | < 5% en 50-250 ex. | < 5% en talrijk |
| 4 | 5 - 10% | < 5% en > 250 ex. | < 5% en zeer talrijk, of: 5 - 10% |
| 5 | 10 - 25% | 5 - 12% | 5 - 15% |
| 6 | 25 - 50% | 12 - 25% | 15 - 25% |
| 7 | 50 - 75% | 25 - 50% | 25 - 55% |
| 8 | 75 - 90% | 50 - 75% | 55 - 75% |
| 9 | 90 - 100% | 75 - 100% | 75 - 100% |

4 bosstat = 'vierde-bosstatistiek-schaal' (Dirkse 1987), gebruikt in 1986 en 1989;
INIDC = 'INDIC-schaal', gebruikt in 1992 voor de pq's I-01 tot I-12;
Londo = gemodificeerde schaal volgens Londo (1984), gebruikt in 1992 vanaf pq I-13.

Tabel 5.6 Schalen gebruikt voor abundantieschattingen in het veld

| kode in | | nieuwwaarde | bedekkings-interval | (geometrisch) klasse-midden |
|---|---|---|---|---|
| 4 bosstat | INDIC of Londo | | bij benadering | |
| 1-2 | 1-2 | 1 | < 1% | 0.4% |
| 3 | 3-4 | 2 | 1- 5% | 2% |
| 4-5 | 5-6 | 3 | 5- 25% | 10% |
| 6-9 | 7-9 | 4 | 25-100% | 50% |

"nieuwwaarde" is de kode op de nieuwe abundatieschaal die is bepaald uit de in het veld gebruikte kodes (zie Tabel 5.6)

Tabel 5.7 Konversietabel van de in het veld gebruikte abundantieschalen naar de bij de verwerking gebruikte abundantieschaal

| kode | # vondsten in: 86 | 89a | 89b | 92 | naam | wetenschappelijke naam |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Agros can | 8 | 7 | 7 | 7 | Moerasstruisgras | Agrostis canina L. |
| Agros cap | 9 | 12 | 13 | 14 | Gewoon struisgras | Agrostis capillaris L. |
| Agros sto | 30 | 28 | 32 | 30 | Fioringras | Agrostis stolonifera L. |
| Aira pra | 2 | 1 | 2 | 3 | Vroege haver | Aira praecox L. |
| Alism pla[1] | - | - | - | 1 | Grote waterweegbree | Alisma plantago-aquatica L. |
| Alope gen | 3 | 1 | 1 | 3 | Geknikte vossestaart | Alopecurus geniculatus L. |
| Ammop are | 7 | 5 | 7 | 7 | Helm | Ammophila arenaria (L.) Link |
| Anaga min | 1 | 1 | 1 | 2 | Dwergbloem | Anagallis minima (L.) E.H.L.Krause |
| Antho odo | 9 | 8 | 8 | 7 | Gewoon reukgras | Anthoxanthum odoratum L. |
| Apium inu | 13 | 10 | 10 | 8 | Ondergedoken moerasscherm | Apium inundatum (L.) Reichenbach fil. |
| Arena s-s | - | - | - | 5 | Gewone zandmuur | Arenaria serpyllifolia ssp. serpyllifolia |
| Athyr fil | 1 | - | - | 1 | Wijfjesvaren | Athyrium filix-femina (L.) Roth |
| Atrip por[2] | - | - | - | 6 | Gewone zoutmelde | Atriplex portulacoides L. |
| Atrip pro[3] | 1 | 7 | 7 | 8 | Spiesmelde | Atriplex prostrata DC. |
| Calam can | 1 | 1 | 4 | 3 | Hennegras | Calamagrostis canescens (Weber) Roth |
| Calam epi | 14 | 11 | 17 | 21 | Duinriet | Calamagrostis epigejos (L.) Roth |
| Calli -sp | 2 | 3 | 3 | 1 | Sterrekroos | Callitriche sp. |
| Callu vul | 1 | 1 | 1 | 1 | Struikhei | Calluna vulgaris (L.) Hull |
| Cardm hir | 1 | 1 | 2 | 3 | Kleine veldkers | Cardamine hirsuta L. |
| Cardm pra[4] | 9 | 6 | 7 | 11 | Pinksterbloem | Cardamine pratensis L. |
| Carex are | 16 | 14 | 20 | 19 | Zandzegge | Carex arenaria L. |
| Carex dis | 9 | 5 | 5 | 9 | Zilte zegge | Carex distans L. |
| Carex ext | 4 | 2 | 2 | 3 | Kwelderzegge | Carex extensa Goodenough |
| Carex flc | 2 | 1 | 2 | - | Zeegroene zegge | Carex flacca Schreber |
| Carex nig | 21 | 21 | 24 | 24 | Zwarte zegge | Carex nigra (L.) Reichard |
| Carex oed[5] | - | 2 | 2 | 3 | Geelgroene en dwergzegge | Carex oederi Retzius |
| Carex pan | 9 | 9 | 9 | 8 | Blauwe zegge | Carex panicea L. |
| Carex tri | 4 | 3 | 3 | 2 | Drienervige zegge | Carex trinervis Degland |
| Centm lit | 2 | 1 | 1 | 7 | Strandduizendguldenkruid | Centaurium littorale (Turner) Gilmour |
| Centm pul | 4 | 4 | 4 | 7 | Fraai duizendguldenkruid | Centaurium pulchellum (Swartz) Druce |
| Ceras fon | 7 | 6 | 7 | 11 | Gewone hoornbloem | Cerastium fontanum Baumgarten |
| Ceras sem | - | 1 | 1 | 1 | Zandhoornbloem | Cerastium semidecandrum L. |
| Cerat sub | 1 | 3 | 3 | - | Fijn hoornblad | Ceratophyllum submersum L. |
| Chame ang | 4 | 3 | 8 | 6 | Wilgeroosje | Chamerion angustifolium (L.) Holub |
| Cheno gla | - | - | - | 1 | Zeegroene ganzevoet | Chenopodium glaucum L. |
| Cheno rub | 3 | 4 | 4 | 8 | Rode ganzevoet | Chenopodium rubrum L. |
| Cirsi arv | 12 | 9 | 12 | 8 | Akkerdistel | Cirsium arvense (L.) Scopoli |
| Cirsi pal | 19 | 20 | 27 | 20 | Kale jonker | Cirsium palustre (L.) Scopoli |
| Cirsi vul | 6 | 2 | 2 | 1 | Speerdistel | Cirsium vulgare (Savi) Tenore |
| Cochl dan[6] | 6 | - | - | 1 | Deens lepelblad | Cochlearia danica L. |
| Crata mon | - | - | 1 | - | Eenstijlige meidoorn | Crataegus monogyna Jacquin |
| Cynos cri | 3 | 3 | 3 | 3 | Kamgras | Cynosurus cristatus L. |

1 incl. Alism p-m
2 incl. Halim por
3 = Atrip p;r + Atrip -sp
4 incl. Cardm p-l
5 = Carex o-p + Carex tum
6 incl. Cochl -sp

89a = 1989 zonder de pq's van Transect VI,
89b = met de pq's van transect VI.
ssp. = ondersoort; s.l. = in brede zin
Aantallen pq's: 54 in 86 en 89a, 64 in 89b en 92.

Tabel 5.8 Namen en kodes voor de soorten, met aantallen vondsten in de drie jaren

| kode | # vondsten in: 86 | 89a | 89b | 92 | naam | wetenschappelijke naam |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Danth dec | 5 | 6 | 7 | 5 | Tandjesgras | Danthonia decumbens (L.) DC. |
| Desch ces | - | - | - | 1 | Ruwe smele | Deschampsia cespitosa (L.) Beauv. |
| Dryop dil | 1 | 1 | 1 | 2 | Brede stekelvaren | Dryopteris dilatata (Hoffmann) A.Gray |
| Dryop fil | 2 | 1 | 1 | 1 | Mannetjesvaren | Dryopteris filix-mas (L.) Schott |
| Echid ran | 2 | 1 | 1 | 2 | Stijve moerasweegbree | Echinodorus ranunculoides (L.) Ascherson |
| Eleoc mul | 1 | - | - | 2 | Veelstengelige waterbies | Eleocharis multicaulis (J.E.Smith) J.E.Smith |
| Eleoc p-p | 15 | 17 | 17 | 11 | Gewone waterbies | Eleocharis palustris ssp. palustris |
| Eleoc p-u | 7 | 6 | 7 | 11 | Slanke waterbies | Eleocharis palustris ssp. uniglumis (Link) Hartman |
| Elymu pyc | 4 | 3 | 3 | 8 | Strandkweek | Elymus athericus (Link) Kerguelen |
| Epilo mon | 2 | 1 | 2 | - | Bergbasterdwederik | Epilobium montanum L. |
| Epilo pal | 1 | 4 | 6 | 9 | Moerasbasterdwederik | Epilobium palustre L. |
| Epilo tet | 8 | 8 | 9 | 5 | Kantige basterdwederik s.l. | Epilobium tetragonum L. |
| Epipa pal | - | - | 3 | 3 | Moeraswespenorchis | Epipactis palustris (L.) Crantz |
| Erica tet | 3 | 5 | 5 | 5 | Gewone dophei | Erica tetralix L. |
| Erige can | 1 | - | - | - | Canadese fijnstraal | Erigeron canadensis L. |
| Eriop ang | 7 | 8 | 8 | 7 | Veenpluis | Eriophorum angustifolium Honckeny |
| Eupat can | 1 | 4 | 4 | 3 | Koninginnekruid | Eupatorium cannabinum L. |
| Euphr str | - | 1 | 2 | 2 | Stijve ogentroost s.l. | Euphrasia stricta J.F.Lehmann |
| Festu o-t | 10 | 8 | 10 | 13 | Fijn schapegras | Festuca ovina ssp. tenuifolia (Sibthorp) Celakovsky |
| Festu rub[7] | 19 | 14 | 17 | 20 | Rood zwenkgras s.l. | Festuca rubra L. |
| Galiu *po | 1 | - | 1 | - | Geelwit walstro | Galium x pomeranicum Retzius |
| Galiu mol | 3 | 2 | 6 | 7 | Glad walstro | Galium mollugo L. |
| Galiu pal[8] | 21 | 18 | 23 | 19 | Moeraswalstro | Galium palustre L. |
| Galiu v-m | 3 | 2 | 4 | 4 | Duinwalstro | Galium verum ssp. maritimum (DC.) Adema |
| Glaux mar | 13 | 13 | 14 | 11 | Melkkruid | Glaux maritima L. |
| Glyce flu | 5 | 3 | 3 | 5 | Mannagras | Glyceria fluitans (L.) R.Br. |
| Gnaph uli | 7 | 4 | 4 | 7 | Moerasdroogbloem | Gnaphalium uliginosum L. |
| Hiera umb | 3 | 1 | 3 | 4 | Schermhavikskruid | Hieracium umbellatum L. |
| Hippo rha | 8 | 7 | 9 | 7 | Duindoorn | Hippophae rhamnoides L. |
| Hippu vul | 1 | 1 | 1 | - | Lidsteng | Hippuris vulgaris L. |
| Holcu lan | 10 | 13 | 16 | 19 | Gestreepte witbol | Holcus lanatus L. |
| Hydrc vul | 24 | 23 | 28 | 29 | Waternavel | Hydrocotyle vulgaris L. |
| Hyper per | - | - | 2 | - | Sint-Janskruid | Hypericum perforatum L. |
| Hypoc rad | 4 | 3 | 4 | 2 | Gewoon biggekruid | Hypochaeris radicata L. |
| Jasio mon | 1 | - | - | 1 | Zandblauwtje | Jasione montana L. |
| Juncu a-b[9] | 2 | 2 | 3 | - | Noordse rus | Juncus arcticus ssp. balticus (Willdenow) Hylander |
| Juncu a-t | 12 | 7 | 10 | 7 | Duinrus s.s | J.alpinoarticulatus ssp. atricapillus (Lnge) Reich |
| Juncu amb | 4 | 3 | 3 | 8 | Zilte greppelrus | Juncus ambiguus Gussone |
| Juncu art | 24 | 18 | 20 | 12 | Zomprus | Juncus articulatus L. |
| Juncu buf | 2 | 4 | 4 | 2 | Greppelrus | Juncus bufonius L. |
| Juncu bul[10] | 3 | 3 | 3 | 4 | Knolrus s.l. | Juncus bulbosus L. |
| Juncu con | 1 | 2 | 2 | 3 | Biezeknoppen | Juncus conglomeratus L. |
| Juncu eff | 1 | - | - | 1 | Pitrus | Juncus effusus L. |
| Juncu ger | 13 | 15 | 19 | 19 | Zilte rus | Juncus gerardi Loisel. |
| Juncu mar | 3 | 3 | 3 | 6 | Zeerus | Juncus maritimus Lamk. |

[7] = Festu r-a + Festu r-c + Festu r-r
[8] = Galiu p-e + Galiu p-p
[9] incl. Juncu arc
[10] incl. Juncu b-b

89a = 1989 zonder de pq's van Transect VI,
89b = met de pq's van transect VI.
ssp. = ondersoort; s.l. = in brede zin
Aantallen pq's: 54 in 86 en 89a, 64 in 89b en 92.

Tabel 5.8 Namen en kodes voor de soorten, met aantallen vondsten in de drie jaren (vervolg)

| kode | # vondsten in: 86 | 89a | 89b | 92 | naam | wetenschappelijke naam |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Koele mac | - | - | - | 1 | Smal fakkelgras | Koeleria macrantha (Ledeb.) Schultes |
| Lathy pal | - | 1 | 1 | - | Moeraslathyrus | Lathyrus palustris L. |
| Lemna min | 6 | 5 | 5 | - | Klein kroos | Lemna minor L. |
| Lemna tri | 1 | 1 | 1 | - | Puntkroos | Lemna trisulca L. |
| Leont aut | 2 | 4 | 4 | 6 | Vertakte leeuwetand | Leontodon autumnalis L. |
| Leont sax | 10 | 12 | 14 | 12 | Kleine leeuwetand | Leontodon saxatilis Lamk. |
| Limon vul | 2 | - | - | 2 | Lamsoor | Limonium vulgare Miller |
| Linar vul | 1 | - | 2 | - | Vlasbekje | Linaria vulgaris Miller |
| Linum cat | 11 | 3 | 3 | 6 | Geelhartje | Linum catharticum L. |
| Lipar loe | - | - | 1 | - | Groenknolorchis | Liparis loeselii (L.) Richard |
| Litto uni | 3 | 2 | 2 | 2 | Oeverkruid | Littorella uniflora (L.) Ascherson |
| Loliu per | - | - | - | 1 | Engels raaigras | Lolium perenne L. |
| Lotus cor | 5 | 4 | 5 | 2 | Gewone en Smalle rolklaver | Lotus corniculatus L. |
| Lotus uli | 3 | 3 | 3 | 10 | Moerasrolklaver | Lotus uliginosus Schkuhr |
| Luzul cam | 11 | 9 | 11 | 11 | Gewone veldbies | Luzula campestris (L.) DC. |
| Lycop eur | 5 | 6 | 6 | 6 | Wolfspoot | Lycopus europaeus L. |
| Lythr por | 4 | 4 | 4 | 4 | Waterpostelein | Lythrum portula (L.) D.A.Webb |
| Menth aqu | 13 | 13 | 16 | 16 | Watermunt | Mentha aquatica L. |
| Molin cae | 6 | 6 | 6 | 6 | Pijpestrootje | Molinia caerulea (L.) Moench |
| Myoso lax | 9 | 9 | 11 | 8 | Zompvergeet-mij-nietje | Myosotis laxa ssp. cespitosa (Schultz) Nordh. |
| Myrio -sp[11] | 2 | 2 | 2 | - | Vederkruid | Myriophyllum sp. |
| Nardu str | 4 | 6 | 6 | 6 | Borstelgras | Nardus stricta L. |
| Nastu mic | 6 | 6 | 6 | 2 | Slanke waterkers | Rorippa microphylla (Boenn.) Hyl. |
| Odont v-s | 10 | 9 | 9 | 10 | Late ogentroost | Odontites vernus ssp. serotinus (Wettst.) Corbiere |
| Ophio vul | 2 | 1 | 2 | 2 | Addertong | Ophioglossum vulgatum L. |
| Parna pal | 5 | 5 | 6 | 2 | Parnassia | Parnassia palustris L. |
| Phleu are | - | 2 | 2 | - | Zanddoddegras | Phleum arenarium L. |
| Phrag aus | 12 | 14 | 19 | 20 | Riet | Phragmites australis (Cavanilles) Steudel |
| Plant cor | 6 | 5 | 5 | 8 | Hertshoornweegbree | Plantago coronopus L. |
| Plant lan | 5 | 5 | 5 | 5 | Smalle weegbree | Plantago lanceolata L. |
| Plant m-m | - | - | - | 3 | Grote weegbree s.s. | Plantago major ssp. major |
| Plant m-p | 5 | 2 | 2 | 4 | Getande weegbree | Plantago major ssp. pleiosperma Pilger |
| Plant mar | 9 | 8 | 8 | 14 | Zeeweegbree | Plantago maritima L. |
| Poa ann | 5 | 4 | 4 | 5 | Straatgras | Poa annua L. |
| Poa pra | 13 | 12 | 15 | 18 | Veldbeemdgras | Poa pratensis L. |
| Poa tri | 6 | 5 | 5 | 7 | Ruw beemdgras | Poa trivialis L. |
| Polyd vul | 1 | - | 2 | 3 | Gewone eikvaren | Polypodium vulgare L. |
| Polyg vul | 1 | 1 | 2 | 1 | Gewone vleugeltjesbloem s.l. | Polygala vulgaris L. |
| Polyn amp | 7 | 7 | 7 | 6 | Veenwortel | Polygonum amphibium L. |
| Polyn avi | - | 1 | 1 | - | Varkensgras | Polygonum aviculare L. |
| Polyn min | 2 | 1 | 1 | 2 | Kleine duizendknoop | Polygonum minus Hudson |
| Potam nat | 3 | 5 | 5 | 1 | Drijvend fonteinkruid | Potamogeton natans L. |
| Poten *su | 3 | 1 | 1 | 1 | Kruipganzerik x Tormentil | Potentilla x suberecta Zimmeter |
| Poten ans | 33 | 30 | 33 | 39 | Zilverschoon | Potentilla anserina L. |
| Poten ere | 11 | 10 | 10 | 9 | Tormentil | Potentilla erecta (L.) Rauschel |
| Prune vul | 6 | 4 | 5 | 7 | Gewone brunel | Prunella vulgaris L. |

[11] = Myrio alt + Myrio spi

89a = 1989 zonder de pq's van Transect VI,
89b = met de pq's van transect VI.
ssp. = ondersoort; s.l. = in brede zin
Aantallen pq's: 54 in 86 en 89a, 64 in 89b en 92.

Tabel 5.8 Namen en kodes voor de soorten, met aantallen vondsten in de drie jaren (vervolg)

| kode | # vondsten in: 86 | 89a | 89b | 92 | naam | wetenschappelijke naam |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Radio lin | 1 | 1 | 1 | 1 | Dwergvlas | Radiola linoides Roth |
| Ranun aqu | - | - | - | 1 | Fijne waterranonkel | Ranunculus aquatilis L. |
| Ranun fla | 12 | 12 | 13 | 14 | Egelboterbloem | Ranunculus flammula L. |
| Ranun rep | 3 | 3 | 4 | 5 | Kruipende boterbloem | Ranunculus repens L. |
| Ranun sce | 5 | - | - | - | Blaartrekkende boterbloem | Ranunculus sceleratus L. |
| Rorip pal | 8 | 6 | 6 | 2 | Moeraskers | Rorippa palustris (L.) Besser |
| Rubus cae | 4 | 5 | 9 | 7 | Dauwbraam | Rubus caesius L. |
| Rubus fru | 3 | 3 | 3 | 4 | Gewone braam | Rubus fruticosus L. |
| Rumex ace | 2 | 3 | 3 | 2 | Veldzuring | Rumex acetosa L. |
| Rumex act | 2 | 3 | 3 | 1 | Schapezuring | Rumex acetosella L. |
| Rumex cri | 1 | 3 | 3 | 4 | Krulzuring | Rumex crispus L. |
| Rumex mar | - | 3 | 3 | 2 | Goudzuring | Rumex maritimus L. |
| Sagin mar | - | 1 | 1 | - | Zeevetmuur | Sagina maritima G.Don |
| Sagin nod | 7 | 7 | 7 | 7 | Sierlijke vetmuur | Sagina nodosa (L.) Fenzl |
| Sagin pro | 6 | 6 | 7 | 8 | Liggende vetmuur | Sagina procumbens L. |
| Salic -sp | - | 1 | 1 | - | Zeekraal | Salicornia sp. |
| Salix cin | 4 | 2 | 3 | 3 | Grauwe wilg | Salix cinerea L. |
| Salix rep | 27 | 26 | 33 | 27 | Kruipwilg | Salix repens L. |
| Sambu nig | - | - | 1 | - | Gewone vlier | Sambucus nigra L. |
| Samol val | 4 | - | - | 4 | Waterpunge | Samolus valerandi L. |
| Schoe nig | - | - | 3 | 3 | Knopbies | Schoenus nigricans L. |
| Scirp l-t | 3 | 3 | 3 | 4 | Ruwe bies | Scirpus lacustris ssp. tabernaemontani (Gmelin) Syme |
| Scirp mar | 7 | 7 | 7 | 8 | Heen | Scirpus maritimus L. |
| Scirp ruf | - | 3 | 3 | - | Rode bies | Scirpus rufus (Hudson) Schrader |
| Scirp set | 2 | 1 | 1 | 1 | Borstelbies | Scirpus setaceus L. |
| Scute gal | - | - | 2 | 2 | Blauw glidkruid | Scutellaria galericulata L. |
| Sedum acr | 1 | 1 | 1 | 1 | Muurpeper | Sedum acre L. |
| Senec j-d[12] | 10 | 2 | 6 | 6 | Duinkruiskruid | Senecio jacobaea ssp. dunensis (Dum) Kadereit & Sell |
| Senec syl | 6 | 2 | 2 | 7 | Boskruiskruid | Senecio sylvaticus L. |
| Senec vul | 1 | - | - | - | Klein kruiskruid | Senecio vulgaris L. |
| Solan dul | 1 | 1 | 1 | 1 | Bitterzoet | Solanum dulcamara L. |
| Sonch a;m | 5 | 2 | 2 | 6 | Zeemelkdistel | Sonchus arvensis var. maritimus G.F.W.Meyer |
| Sperl sal | 2 | 2 | 2 | 5 | Zilte schijnspurrie | Spergularia salina J.& C.Presl |
| Stell gra | - | 1 | 1 | 1 | Grasmuur | Stellaria graminea L. |
| Stell med | - | 1 | 1 | - | Vogelmuur | Stellaria media L. |
| Stell pal | 1 | 2 | 2 | 3 | Duinvogelmuur | Stellaria pallida (Dumortier) Pire |
| Stell uli | 1 | - | - | - | Moerasmuur | Stellaria uliginosa Murray |
| Suaed mar | 1 | 1 | 1 | 1 | Schorrekruid | Suaeda maritima (L.) Dumortier |
| Tarax -sp[13] | 4 | 4 | 4 | 6 | Paardebloem | Taraxacum sp. |
| Trifo dub | - | - | - | 1 | Kleine klaver | Trifolium dubium Sibthorp |
| Trifo fra | 2 | 2 | 2 | 3 | Aardbeiklaver | Trifolium fragiferum L. |
| Trifo pra | 2 | 2 | 2 | 1 | Rode klaver | Trifolium pratense L. |
| Trifo rep | 15 | 16 | 17 | 20 | Witte klaver | Trifolium repens L. |
| Trigl mar | 1 | 1 | 1 | 3 | Schorrezoutgras | Triglochin maritima L. |
| Urtic dio | 1 | 3 | 4 | 2 | Grote brandnetel | Urtica dioica L. |
| Veron off | 1 | 1 | 4 | 4 | Mannetjesereprijs | Veronica officinalis L. |
| Veron scu | 13 | 9 | 9 | 7 | Schildereprijs | Veronica scutellata L. |
| Vicia cra | 2 | 3 | 3 | 4 | Vogelwikke | Vicia cracca L. |
| Vicia lat | 1 | - | - | - | Lathyruswikke | Vicia lathyroides L. |
| Vicia s-n | 1 | - | - | - | Smalle wikke s.s. | Vicia sativa ssp. nigra (L.) Ehrhart |
| Viola can | 2 | - | 2 | 4 | Hondsviooltje | Viola canina L. |
| Viola cur | - | - | 1 | 1 | Duinviooltje | Viola curtisii Forster |

12 incl. Senec j;d
13 incl. Tarax off

89a = 1989 zonder de pq's van Transect VI,
89b = met de pq's van transect VI.
ssp. = ondersoort; s.l. = in brede zin
Aantallen pq's: 54 in 86 en 89a, 64 in 89b en 92.

Tabel 5.8 Namen en kodes voor de soorten, met aantallen vondsten in de drie jaren (vervolg)

```
type   >        1                   2                   3                   4        opt
volg-  > 555666655555551224 111253333223310001 12444233223444 24344000110001  V
nummer > 879012456301236128 798040123894511890 25456378479079 61623247453563

Cynos cri ----------------2- ----------------1- -------------- ---------1---- 1
Lotus uli ---------------1-11 ---------1--1---11 ---------1---- --------11---- 1
Plant lan ----------------2- -----------11----1 -------------- ---------1---- 1
Festu rub 44324412--21---141 ----------------2- -------------- 2--12-1-23---- 1
Juncu mar -2---2-1-2-------- ------------------ ------12------ -------------- 1
Leont sax 2111121--1------2- ----------------1- -------------- ---12--------- 1
Sonch a;m -------1--31-1---- ------------------ ------------13 -------------- 1
Juncu ger -222-3133344443322 ------------------ --22--------2- -------------- 1
Arena s-s 212-2-2----------- ------------------ -------------- -------------- 1
Atrip por -1----1-1-11-1---- ------------------ -------------- -------------- 1
Carex dis 1131112--1---1---- ------------------ -------------- -------------- 1
Carex ext --1---1-1--------- ------------------ -------------- -------------- 1
Centm lit 111-2121---------- ------------------ -------------- -------------- 1
Centm pul ---1211-22-----1-- ------------------ -------------- -------------- 1
Caras sem 2----------------- ------------------ -------------- -------------- 1
Elymu pyc 1311---11-1--1---- ------------------ -------------- -------------- 1
Eupat can ----------11-1---- ------------------ -------------- -------------- 1
Glaux mar --21112222----11-- --1--------------- -------------- -------------- 1
Juncu a-t 1-2311-----------11 ------------------ -------------- -------------- 1
Limon vul ------1--1-------- ------------------ -------------- -------------- 1
Linum cat 112222------------ ------------------ -------------- -------------- 1
Odont v-s 1122222222-------- ------------------ -------------- -------------- 1
Parna pal ----11------------ ------------------ -------------- -------------- 1
Plant cor 1211112--1-------- ------------------ -------------- -------------- 1
Plant mar -111111111-1-1-11- -----------------1 -------------- -------------- 1
Sagin nod 1211212----------- ------------------ -------------- -------------- 1
Sedum acr 2----------------- ------------------ -------------- -------------- 1
Solan dul ----------1------- ------------------ -------------- -------------- 1
Trifo pra ----------------2- ------------------ -------------- -------------- 1
Agros sto 1232434343-2224421 1--1-4334-322-3132 -------------- -------------- 1
Atrip pro -------1--1-12---- 111-1------------- -------------- -------------- 1
Eleoc mul --------------2--- -------------1---- -------------- -------------- 1
Eleoc p-u -------12---2-12-- 1-212------------2 --1----------- -------------- 1
Scirp mar -2-----21---2----- --344-3----------- -------------- -------------- 1
Trifo fra ---------------3-- --------1--1------ -------------- -------------- 1
Trifo rep -21212-212---12211 ---------3-311--11 -------------- ---------1---- 1
Trigl mar --------1------1-- 1---------------- -------------- -------------- 1
Poten ans -33414143434444444 111111-11414431-13 -112--1--1---- ---------3---- 1
```

Opm.: De cijfers zijn de getransformeerde abundantie-kodes volgens Tabel 5.7. De onderscheiden vegetatietypen zijn aangeduid met een nummer, een nadere toelichting bij deze typen wordt gegeven in de tekst. De volgnummers moeten in vertikale richting worden gelezen, zij worden verklaard in Tabel 5.9B. Achter elke soort is het type aangegeven waarin deze optimaal voorkomt (deze indeling is enigzins veranderd t.o.v. de oorspronkelijke TWINSPAN indeling: 3 komt overeen met de oorspronkelijke 10* en 110, en 4 met de oorspronkelijke 111).Omdat oorspronkelijk een veel groter aantal typen was onderscheiden, is ook de volgorde van de opnamen en de soorten binnen elk type relevant.

Tabel 5.9a Vegetatietabel van de pq's in 1992

```
type   >         1                   2                   3                   4        opt
volg-  > 555666655655551224 111253333223310001 12444233223444 24344000110001  V
nummer > 879012456301236128 798040123894511890 25456378479079 61623247453563

Juncu amb ------111--------- -111--32---------- -------------- -------------- 2
Alope gen ------------------ ---3----------1-1- -------------- -------------- 2
Cheno gla ------------------ --1--------------- -------------- -------------- 2
Cheno rub ------------------ 43221-321--------- -------------- -------------- 2
Cochl dan ------------------ ----1------------- -------------- -------------- 2
Ranun aqu ------------------ 1---------------- -------------- -------------- 2
Sperl sal ------------------ 2341--1---------- -------------- -------------- 2
Suaed mar ------------------ 1---------------- -------------- -------------- 2
Anaga min ------------------ ----------------22 -------------- -------------- 2
Apium inu ------------------ 1----1132-----342- -------------- -------------- 2
Calli -sp ------------------ ---------------1-- -------------- -------------- 2
Carex oed ---1-------------- ----------------12 -------------- -------------- 2
Desch ces ------------------ -----------------1 -------------- -------------- 2
Glyce flu ------------------ --1--1--------331- -------------- -------------- 2
Gnaph uli ------------------ ---1--22------2111 -------------- -------------- 2
Juncu buf ------------------ ---------------33- -------------- -------------- 2
Juncu bul ------------------ --------------3332 -------------- -------------- 2
Litto uni ------------------ --------------3--4 -------------- -------------- 2
Lythr por ------------------ --------------2311 -------------- -------------- 2
Polyn min ------------------ -------1------1--- -------------- -------------- 2
Radio lin ------------------ ----------------1- -------------- -------------- 2
Scirp l-t ------------------ ---4-2--1-1------- -------------- -------------- 2
Alism pla ------------------ -------1---------- -------------- -------------- 2
Echid ran ------------------ ------11---------- -------------- -------------- 2
Eleoc p-p -----------------1 -----33333322--33- -------------- -------------- 2
Juncu art ----11-----------2 -----2122112-1---2 -------------- -------------- 2
Juncu eff ------------------ ---------1-------- -------------- -------------- 2
Leont aut --------------1-1- ---------1-2----11 -------------- -------------- 2
Loliu per ------------------ -----------1------ -------------- -------------- 2
Nastu mic ------------------ -------1-1------- -------------- -------------- 2
Plant m-m ------------------ ------1----11----- -------------- -------------- 2
Plant m-p ------------------ -------1-1---1-1-- -------------- -------------- 2
Poa tri   ------------------ -----21--2232----- --------1----- -------------- 2
Polyn amp ------------------ -----222-111------ -------------- -------------- 2
Potam nat ------------------ ------1---------- -------------- -------------- 2
Rorip pal ------------------ ------21---------- -------------- -------------- 2
Rumex mar ------------------ ------11---------- -------------- -------------- 2
Sagin pro ----------------1- ------1--2-21--212 -------------- -------------- 2
Samol val ------------------ ---1--121--------- -------------- -------------- 2
Scirp set ------------------ -----------1------ -------------- -------------- 2
Stell pal ------------------ ----------111----- -------------- -------------- 2
Trifo dub ------------------ -------------1----- -------------- -------------- 2
Veron scu ------------------ -------11111----11 -------------- -------------- 2
Poa ann   ------------------ ------1-------2-13 -------------- ----------1--- 2
Cardm pra ------------------ -----1---21211-111 ------1--1---- -------------- 2
```

Opm.: De cijfers zijn de getransformeerde abundantie-kodes volgens Tabel 5.7. De onderscheiden vegetatietypen zijn aangeduid met een nummer, een nadere toelichting bij deze typen wordt gegeven in de tekst. De volgnummers moeten in vertikale richting worden gelezen, zij worden verklaard in Tabel 5.9B. Achter elke soort is het type aangegeven waarin deze optimaal voorkomt (deze indeling is enigzins veranderd t.o.v. de oorspronkelijke TWINSPAN indeling: 3 komt overeen met de oorspronkelijke 10* en 110, en 4 met de oorspronkelijke 111). Omdat oorspronkelijk een veel groter aantal typen was onderscheiden, is ook de volgorde van de opnamen en de soorten binnen elk type relevant.

Tabel 5.9a Vegetatietabel van de pq's in 1992 (vervolg)

```
type   >         1                  2                  3                  4        opt
volg-  > 555666655655551224 111253333223310001 12444233223444 24344000110001  V
nummer > 879012456301236128 798040123894511890 25456378479079 61623247453563

Lycop eur ------------------ -----1111--1------ ----1--------- ------------- 2
Ranun fla ------------------ -----21221211-1112 1---1--------- ------------- 2
Ranun rep ------------------ --------11-11----- ---1---------- ------------- 2
Agros can ------------------ ------------41133 2------------- -------------2 2
Prune vul ------------------ ---------2111---1- ------------- 1---1--------- 2
Rumex cri ------------------ --------11--1----- ------------1- ------------- 2
Tarax -sp ------------------ -------1---11-1--- ------------- --1-1--------- 2
Galiu pal --------------1--1 -----2-3112312-123 -2-22-211----- ------------- 2
Menth aqu ----------------1- -----111211122---2 1-11----11---- ------------- 2
Myoso lax ------------------ -----1-1--1----11- ---11-1------- ------------- 2
Phrag aus ----------222-1--2 3--1--1221-22----- --111----13-33 ------------- 2

Hippo rha 11-11-1---------- ------------------ -----3--1----- ------------- 3
Hydrc vul ----------------11 ---1-4234444434344 3444244444---1 1--------2---- 3
Ophio vul ------------------ ---------1-------- -----1-------- ------------- 3
Cirsi pal ----------1------- -------111131----- -1111111111-1- --------11---- 3
Epilo tet ------------------ ----------11------ -------11---- 1------------- 3
Juncu con ------------------ ---------1------- ---------1---- ----------1--- 3
Carex nig --------------1222 -----2---222231-32 2322-----3---- --------214133 3
Ceras fon -1--------------1- ---------1-11---1- ------------- 1--12----11--- 3
Euphr str ------------------ ----------------1- ------------- ----1--------- 3
Holcu lan ----------------1- --------14143---1- -1------------ 11-11-113231-2 3
Rumex ace ------------------ ---------------1-- ------------- -------1------ 3
Carex pan ------------------ ------------11--1- 3------------- --------11--11 3
Eriop ang --------------1--- ---------1---1---- 3------------- ---------1--11 3
Salix rep ----------1-----13 ---------3-241--11 3444434413-1-- 44-----344--34 3
Calam epi ----------41-1--14 ---------1--3----- -432-11-444444 42-2---------- 3
Epilo pal ----------1------- -----1--1-1------- -----12211---- ------------- 3
Rubus fru ----------1------- ------------------ -1-------1---- 1------------- 3
Schoe nig -----------------1 ------------------ --21---------- ------------- 3
Calam can ------------------ ------------------ ---444-------- ------------- 3
Carex tri ------------------ ------------------ ------22------ ------------- 3
Cirsi arv ----------1------- ------1----------- -1---3--1-11-- 1------------- 3
Dryop dil ------------------ ------------------ --------1-1--- ------------- 3
Epipa pal ------------------ ------------------ --311-------- ------------- 3
Rubus cae ------------------ ------------1----- -133-------1-- 31----------- 3
Salix cin ------------------ ------------------ --1--11------- ------------- 3
Vicia cra ------------------ ------------------ -1-1-----1---- 1------------- 3
Athyr fil ------------------ ------------------ ----------1--- ------------- 3
Cardm hir ------------------ ------------------ ----------2-2 ---1---------- 3
Chame ang ------------------ ------------------ -----1--3-12-- -3-1---------- 3
Cirsi vul ------------------ ------------------ ------------1- ------------- 3
Dryop fil ------------------ ------------------ ----------3--- ------------- 3
Scute gal ------------------ ------------------ ------------41 ------------- 3
Senec j-d ------------------ ---------1-------- ---------111-- -1-1---------- 3
Senec syl ----------1------- ------------------ ---------11-11 ---1----1----- 3
Urtic dio ------------------ ------------------ ----------11-- ------------- 3
```

Opm.: De cijfers zijn de getransformeerde abundantie-kodes volgens Tabel 5.7. De onderscheiden vegetatietypen zijn aangeduid met een nummer, een nadere toelichting bij deze typen wordt gegeven in de tekst. De volgnummers moeten in vertikale richting worden gelezen, zij worden verklaard in Tabel 5.9B. Achter elke soort is het type aangegeven waarin deze optimaal voorkomt (deze indeling is enigzins veranderd t.o.v. de oorspronkelijke TWINSPAN indeling: 3 komt overeen met de oorspronkelijke 10* en 110, en 4 met de oorspronkelijke 111).Omdat oorspronkelijk een veel groter aantal typen was onderscheiden, is ook de volgorde van de opnamen en de soorten binnen elk type relevant.

Tabel 5.9a Vegetatietabel van de pq's in 1992 (vervolg)

```
type   >         1                   2                   3                   4        opt
volg-  > 555666655655551224 111253333223310001 12444233223444 24344000110001  V
nummer > 879012456301236128 798040123894511890 25456378479079 61623247453563
```

```
Nardu str ------------------ ----------------31 -------------- ----------4332 4
Antho odo ------------------ ----------------2- -------------- -------221311- 4
Callu vul ------------------ ------------------ -------------- -----------4-- 4
Danth dec ------------------ ----------------1- --1----------- -----1---1---2 4
Erica tet ------------------ ----------------1- -------------- --------1--333 4
Molin cae ------------------ -------------1--3- 4------------- --------3---44 4
Poten *su ------------------ ------------------ -------------- ----------1--- 4
Poten ere ------------------ ------------1---1- -------------- 1-------311113 4
Stell gra ------------------ ------------------ -------------- ---------1---- 4
Agros cap ------------------ ---------1------1- -1------------ 232-2-3234311- 4
Festu o-t ------------------ ----------------2- -------------- 1-33241421332- 4
Luzul cam ------------------ ----------------1- -------------- -13333-11331-- 4
Viola can ------------------ ------------------ -------------- 1--11---1----- 4
Ammop are 1----------------- ------------------ -------------1 --32--43---1-- 4
Carex are -1--------------11 ----------------1- --11--1------2 1343233312-1-- 4
Galiu mol ----------1------- ------------------ -------------1 21122--------- 4
Galiu v-m ------------------ ------------------ -------------- --212--1------ 4
Hiera umb ------------------ ------------------ -------------- --111--1------ 4
Hypoc rad ------------------ ------------------ -------------- --1-1--------- 4
Jasio mon ------------------ ------------------ -------------- -------1------ 4
Koele mac ------------------ ------------------ -------------- ---2---------- 4
Lotus cor ------------------ ------------------ -------------- --1-3--------- 4
Polyd vul ------------------ ------------------ -------------- -2--1--1------ 4
Polyg vul ------------------ ------------------ -------------- ----1--------- 4
Rumex act ------------------ ------------------ -------------- -----1-------- 4
Veron off ------------------ ------------------ -------------- -1111--------- 4
Viola cur ------------------ ------------------ -------------- ----1--------- 4
Aira pra  2----------------- ------------------ -------------- --2-2--------- 4
Poa pra   -2------------1121 ---------1--1----- --1--------1-1 22222---121--- 4
```

Opm.: De cijfers zijn de getransformeerde abundantie-kodes volgens Tabel 5.7. De onderscheiden vegetatietypen zijn aangeduid met een nummer, een nadere toelichting bij deze typen wordt gegeven in de tekst. De volgnummers moeten in vertikale richting worden gelezen, zij worden verklaard in Tabel 5.9B. Achter elke soort is het type aangegeven waarin deze optimaal voorkomt (deze indeling is enigzins veranderd t.o.v. de oorspronkelijke TWINSPAN indeling: 3 komt overeen met de oorspronkelijke 10* en 110, en 4 met de oorspronkelijke 111).Omdat oorspronkelijk een veel groter aantal typen was onderscheiden, is ook de volgorde van de opnamen en de soorten binnen elk type relevant.

Tabel 5.9a Vegetatietabel van de pq's in 1992 (vervolg)

| vlg. nr. | trns. nr. | pq nr. | type | vlg. nr. | trns. nr. | pq nr. | type | vlg. nr. | trns. nr. | pq nr. | type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I | 1 | 2 | 23 | III | 25 | 3 | 45 | VI | 11 | 3 |
| 2 | I | 2 | 4 | 24 | III | 26 | 3 | 46 | VI | 12 | 3 |
| 3 | I | 3 | 4 | 25 | IV | 7 | 3 | 47 | VI | 13 | 3 |
| 4 | I | 4 | 4 | 26 | IV | 8 | 4 | 48 | VI | 14 | 1 |
| 5 | I | 5 | 4 | 27 | IV | 9 | 3 | 49 | VI | 15 | 3 |
| 6 | I | 6 | 4 | 28 | IV | 10 | 2 | 50 | VII | 7 | 1 |
| 7 | I | 7 | 4 | 29 | IV | 11 | 2 | 51 | VII | 8 | 1 |
| 8 | I | 8 | 2 | 30 | IV | 12 | 2 | 52 | VII | 9 | 1 |
| 9 | I | 9 | 2 | 31 | IV | 13 | 2 | 53 | VII | 10 | 1 |
| 10 | I | 10 | 2 | 32 | IV | 14 | 2 | 54 | VII | 11 | 2 |
| 11 | I | 11 | 2 | 33 | IV | 15 | 2 | 55 | VII | 12 | 1 |
| 12 | I | 12 | 3 | 34 | IV | 16 | 2 | 56 | VII | 13 | 1 |
| 13 | I | 13 | 4 | 35 | IV | 17 | 2 | 57 | VII | 14 | 1 |
| 14 | I | 14 | 4 | 36 | IV | 18 | 4 | 58 | VII | 15 | 1 |
| 15 | I | 15 | 4 | 37 | IV | 19 | 3 | 59 | VII | 16 | 1 |
| 16 | I | 16 | 1 | 38 | IV | 20 | 3 | 60 | VII | 17 | 1 |
| 17 | I | 17 | 2 | 39 | IV | 21 | 3 | 61 | VII | 18 | 1 |
| 18 | I | 18 | 2 | 40 | VI | 6 | 3 | 62 | VII | 19 | 1 |
| 19 | I | 19 | 2 | 41 | VI | 7 | 4 | 63 | VII | 20 | 1 |
| 20 | I | 20 | 2 | 42 | VI | 8 | 4 | 64 | VII | 21 | 1 |
| 21 | I | 21 | 1 | 43 | VI | 9 | 4 | | | | |
| 22 | I | 22 | 1 | 44 | VI | 10 | 3 | | | | |

vlg.nr. = volgnummer
trns.nr. = transect-nummer
pq nr. = pq-nummer
type = vegetatietype (als in Tabel 5.9A).

Tabel 5.9b Verklaring van de pq-nummers en het volgnummer uit Tabel 5.9A

| type > | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| licht | 7.70a | 7.24b | 7.09b | 7.24b |
| vocht | 6.66a | 7.65b | 7.32b | 5.32c |
| zuurgraad | 6.87a | 4.77b | 4.55b | 3.42c |
| stikstof | 5.07a | 5.07a | 4.56a | 3.15b |
| zout | 3.22a | 2.20b | 1.36c | 1.10c |

- De schaal loopt van 1 = donker, droog, zuur, stikstofarm, zoet tot 9 = licht, nat, basisch, stikstofrijk, zout (de oorspronkelijk 3-delige schaal voor zout is terwille van de vergelijkbaarheid tot een 9-delige schaal getransformeerd).
- Andere letter = signifikant verschil ($p<0.05$).

Tabel 5.10 Gemiddelde Ellenbergwaarden voor de vier vegetatietypen in 1992, en de signifikantie van het verschil tussen de typen bepaald met ANOVA

| soort | verschil 92-89 | | | | | | verschil 92-86 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gem versch. | signifikantie | | | | | gem versch. | signifikantie | | | | |
| type > | | A | 1 | 2 | 3 | 4 | | A | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Salix rep | -0.328 | -2 | -3 | . | . | . | -0.278 | -1 | -2 | . | -2 | . |
| Juncu art | -0.125 | . | . | . | . | . | -0.241 | -2 | -1 | -1 | . | . |
| Nastu mic | -0.125 | -1 | . | -3 | . | . | -0.204 | -1 | . | -3 | . | . |
| Festu rub | 0.141 | . | . | . | . | . | -0.167 | . | -3 | . | . | . |
| Veron scu | -0.047 | . | . | -1 | . | . | -0.167 | -1 | . | -3 | . | . |
| Cirsi pal | -0.219 | -1 | -1 | . | -2 | . | -0.148 | . | -1 | 1 | . | . |
| Lemna min | -0.078 | -1 | . | -3 | . | . | -0.148 | -1 | . | -3 | . | . |
| Parna pal | -0.078 | -1 | -3 | . | . | . | -0.130 | . | -2 | . | . | . |
| Senec j-d | -0.016 | . | . | . | . | . | -0.130 | -1 | -2 | . | . | . |
| Juncu a-t | -0.047 | . | . | . | . | . | -0.130 | . | -1 | . | . | . |
| Cirsi vul | -0.016 | . | -1 | . | . | . | -0.111 | -1 | -3 | . | . | . |
| Myrio -sp | -0.031 | . | . | -2 | . | . | -0.111 | . | . | -1 | . | . |
| Cochl dan | 0.016 | . | . | . | . | . | -0.093 | . | -3 | . | . | . |
| Cirsi arv | -0.141 | . | . | . | -1 | . | -0.093 | . | -2 | . | . | . |
| Rorip pal | -0.063 | . | . | -1 | . | . | -0.093 | . | . | -1 | . | . |
| Ranun sce | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.093 | -1 | . | -3 | . | . |
| Juncu a-b | -0.078 | . | -2 | . | . | . | -0.074 | . | -1 | . | . | . |
| Salix cin | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.056 | . | . | -1 | . | . |
| Athyr fil | 0.016 | . | . | . | 1 | . | -0.056 | . | . | . | -2 | . |
| Poten ere | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.056 | . | . | . | -1 | . |
| Potam nat | -0.094 | -1 | . | -3 | . | . | -0.056 | . | . | -2 | . | . |
| Epilo mon | -0.031 | . | . | . | -2 | . | -0.056 | . | . | . | -3 | . |
| Hypoc rad | -0.047 | . | . | . | . | -3 | -0.056 | . | . | . | . | -3 |
| Hiera umb | -0.016 | . | . | . | . | . | -0.037 | . | . | . | . | -2 |
| Carex flc | -0.031 | . | -2 | . | . | . | -0.037 | . | -1 | . | . | . |
| Ammop are | 0.078 | . | . | . | . | 2 | -0.037 | . | -2 | . | . | . |
| Lythr por | -0.031 | . | . | . | . | . | -0.037 | . | . | -1 | . | . |
| Trifo pra | -0.016 | . | . | . | . | -1 | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Cardm hir | 0.047 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | -2 | . |
| Plant lan | -0.016 | . | . | . | . | -1 | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Galiu *po | -0.016 | . | . | . | . | -1 | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Galiu v-m | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Polyd vul | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Stell uli | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Vicia lat | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | . | -1 |
| Vicia s-n | 0.000 | . | . | . | . | . | -0.019 | . | . | . | -2 | . |
| Carex tri | 0.016 | . | . | . | 1 | . | -0.019 | . | . | . | 1 | -2 |
| Lycop eur | 0.000 | . | . | . | . | . | 0.000 | . | . | . | -2 | . |
| Stell gra | 0.000 | . | . | . | . | . | 0.019 | . | . | . | . | 1 |

- Gem. versch. = verschil in abundantie volgens de schaal van Tabel 5.7, gemiddeld over alle pq's (een verandering van 0.1 betekent een toe/afname in bedekking van ongeveer 17%).
- Signifikantie = signifikantie van het verschil in abundantie, gemiddeld over alle pq's (kolom A) en gemiddeld per type (kolom 1 tot 4).
- De absolute waarde van de getallen geeft het signifikantieniveau (gepaarde t-test, 3 = $p \leq 0.001$, 2 = $0.001 < p \leq 0.01$, 1 = $0.01 < p \leq 0.05$, . = $p > 0.05$), - = afname, geen teken = toename;
- n = 64 (verschil 1992-1989) of n = 54 (verschil 1992-1986).
- De soorten zijn gerangschikt naar toenemend verschil 1992-1986; soorten die over 1992-1986 geen signifikante veranderingen vertoonden zijn weggelaten.
- Verklaring van de soort-kodes in Tabel 5.8, verklaring van de typen in Tabel 5.9.

Tabel 5.11 Verandering in gemiddelde abundantie over twee perioden

| soort | | verschil 92-89 | | | | | | verschil 92-86 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gem versch. | signifikantie | | | | | gem versch. | signifikantie | | | | |
| type > | | | A | 1 | 2 | 3 | 4 | | A | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Vicia | cra | 0.016 | . | . | . | 1 | . | 0.019 | . | . | . | . | 1 |
| Prune | vul | 0.047 | . | . | 2 | . | . | 0.019 | . | . | 1 | . | . |
| Carex | are | 0.109 | . | . | . | . | 3 | 0.019 | . | . | . | -1 | 3 |
| Rumex | mar | -0.016 | . | . | . | . | . | 0.037 | . | . | 1 | . | . |
| Rumex | cri | 0.016 | . | . | . | . | . | 0.037 | . | . | 1 | . | . |
| Ceras | fon | 0.078 | . | . | 2 | . | . | 0.037 | . | . | 1 | . | . |
| Anaga | min | 0.047 | . | . | 1 | . | . | 0.056 | . | . | 1 | . | . |
| Sagin | nod | 0.031 | . | . | . | . | . | 0.056 | . | 2 | . | . | . |
| Plant | m-m | 0.047 | . | . | 3 | . | . | 0.056 | . | . | 2 | . | . |
| Plant | cor | 0.078 | 1 | 3 | . | . | . | 0.056 | . | 2 | . | . | . |
| Cardm | pra | 0.094 | 1 | . | 3 | . | . | 0.056 | . | . | 1 | . | . |
| Carex | oed | 0.031 | . | . | . | . | . | 0.074 | . | . | 1 | . | . |
| Elymu | pyc | 0.094 | 1 | 3 | . | . | . | 0.093 | . | 3 | . | . | . |
| Sagin | pro | 0.078 | . | . | 3 | . | . | 0.093 | . | . | 2 | . | . |
| Plant | mar | 0.094 | 1 | 3 | . | . | . | 0.093 | 1 | 2 | . | . | . |
| Leont | aut | 0.047 | . | . | 1 | . | . | 0.093 | . | . | 1 | . | . |
| Juncu | mar | 0.094 | . | 3 | . | . | . | 0.111 | . | 3 | . | . | . |
| Centm | pul | 0.094 | . | 3 | . | . | . | 0.111 | . | 3 | . | . | . |
| Phrag | aus | 0.094 | . | . | . | . | . | 0.111 | . | . | 2 | . | . |
| Atrip | por | 0.094 | 1 | 3 | . | . | . | 0.111 | 1 | 3 | . | . | . |
| Erica | tet | 0.031 | . | . | . | . | . | 0.111 | 1 | . | . | . | 3 |
| Calam | epi | 0.250 | 2 | . | . | 3 | . | 0.111 | . | . | . | 3 | . |
| Atrip | pro | 0.016 | . | . | . | . | . | 0.130 | 1 | 2 | . | . | . |
| Poa | tri | 0.125 | . | . | 3 | . | . | 0.130 | . | . | 3 | . | . |
| Centm | lit | 0.125 | 1 | 3 | . | . | . | 0.130 | 1 | 3 | . | . | . |
| Eleoc | p-u | 0.094 | . | . | . | . | . | 0.130 | . | . | 1 | . | . |
| Odont | v-s | 0.094 | 1 | 3 | . | . | . | 0.130 | 1 | 3 | . | . | . |
| Juncu | bul | 0.094 | . | . | 2 | . | . | 0.148 | . | . | 2 | . | . |
| Arena | s-s | 0.141 | 1 | 3 | . | . | . | 0.167 | 1 | 3 | . | . | . |
| Sperl | sal | 0.141 | . | . | 3 | . | . | 0.167 | 1 | . | 3 | . | . |
| Epilo | pal | 0.078 | . | . | . | . | . | 0.185 | 1 | . | . | 3 | . |
| Scirp | mar | 0.109 | . | . | 2 | . | . | 0.204 | 1 | . | 2 | . | . |
| Holcu | lan | 0.031 | . | . | 2 | . | -1 | 0.204 | . | . | 2 | . | . |
| Juncu | ger | 0.109 | . | . | . | . | . | 0.222 | 1 | 3 | . | . | . |
| Trifo | rep | 0.172 | 1 | 1 | 1 | . | . | 0.241 | 2 | 2 | 1 | . | . |
| Cheno | rub | 0.219 | 1 | . | 3 | . | . | 0.278 | 1 | . | 3 | . | . |
| Poten | ans | 0.328 | 2 | 2 | 3 | . | . | 0.556 | 3 | 3 | 2 | . | . |
| Hydrc | vul | 0.453 | 2 | . | 3 | 2 | . | 0.704 | 3 | . | 3 | 3 | . |

- Gem. versch. = verschil in abundantie volgens de schaal van Tabel 5.7, gemiddeld over alle pq's (een verandering van 0.1 betekent een toe/afname in bedekking van ongeveer 17%).
- Signifikantie = signifikantie van het verschil in abundantie, gemiddeld over alle pq's (kolom A) en gemiddeld per type (kolom 1 tot 4).
- De absolute waarde van de getallen geeft het signifikantieniveau (gepaarde t-test, 3 = $p \leq 0.001$, 2 = $0.001 < p \leq 0.01$, 1 = $0.01 < p \leq 0.05$, . = $p > 0.05$), - = afname, geen teken = toename;
- n = 64 (verschil 1992-1989) of n = 54 (verschil 1992-1986).
- De soorten zijn gerangschikt naar toenemend verschil 1992-1986; soorten die over 1992-1986 geen signifikante veranderingen vertoonden zijn weggelaten.
- Verklaring van de soort-kodes in Tabel 5.8, verklaring van de typen in Tabel 5.9.

Tabel 5.11 Verandering in gemiddelde abundantie over twee perioden (vervolg)

| soort | verschil 92-89 | | | | | | verschil 92-86 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gem versch. | signifikantie | | | | | gem versch. | signifikantie | | | | |
| type > | | A | 1 | 2 | 3 | 4 | | A | 1 | 2 | 3 | 4 |
| licht | 0.007 | . | . | . | . | . | 0.019 | . | . | . | . | . |
| vocht | -0.297 | -2 | . | -3 | . | . | -0.142 | . | . | -3 | . | . |
| zuurgraad | -0.037 | . | . | . | . | . | 0.031 | . | . | . | . | . |
| stikstof | 0.078 | . | . | . | . | . | 0.322 | 2 | . | . | . | . |
| zout | 0.181 | 2 | 2 | 1 | . | . | 0.351 | 3 | 2 | 1 | . | . |

- Gem. versch. = verschil in Ellenbergwaarde gemiddeld over alle opnamen
- Signifikantie = signifikantie van het verschil in Ellenbergwaarde, gemiddeld over alle opnamen (kolom A) en gemiddeld per type (kolom 1 tot 4)
- De absolute waarde van de getallen geeft het signifikantieniveau (gepaarde t-test, 3 = $p \leq 0.001$, 2 = $0.001 < p \leq 0.01$, 1 = $0.01 < p \leq 0.05$, . = $p > 0.05$), - = afname, geen teken = toename
- n = 64 (verschil 1991-1989) of n = 54 (verschil 1992-1986)
- Verklaring van de typen in Tabel 5.9.

Tabel 5.12 Verandering in gemiddelde Ellenbergwaarde over twee perioden

| Kode | Zone | Vegetatietypen kwelder |
|---|---|---|
| 000<br>001<br>010 | n.v.t. (buitenpolygoon Arc Info)<br>water<br>kale zone | -<br>-<br>- |
| 011<br>012 | pre-pionierzone<br>pionierzone | Qi, Si<br>S, S5, Q |
| 021<br>022 | lage kwelderzone<br>kwelderzone met pioniersoorten | P-typen, L, H, Hf,<br>Fas, Pj<br>U, Ed, Ex |
| 031<br>032<br>033 | middenkwelderzone<br>middenkwelderzone met kweek<br>middenkwelderzone met R-soorten | (Pj), Ft, J-typen<br>Fey, Fex<br>Jr-typen |
| 041<br>042 | hoge kwelderzone<br>hoge en brakke kwelderzone<br>en zilte duinvalleien | Rr, Re, Ru, R<br>overige R- en B-typen |
| 050 | zoete duinvalleien | n.v.t. |
| 060 | droge duinen | n.v.t. |

De vegetatiekundige inhoud van de zones is overal dezelfde (gebaseerd op de vaste klassifikatie van Dijkema & Bossinade). De kodenummers 01-04 korresponderen met de zones 1-4 in de tekst van het kwelderhoofdstuk. De vertaalsleutel van de legenda-eenheden op de kaarten van de Meetkundige Dienst naar deze vegetatiezones staat in appendix 3.

Tabel 5.13 Vegetatiezones opgesteld door het IBN (Ameland 1988 en 1993)

| zone93 | 000 | 001 | 011 | 021 | 022 | 031 | 032 | 042 | 060 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| zone88 | | | | | | | | | |
| 000 | ***** | * | * | * | * | * | * | 0,0 | * |
| 001 | * | **3,1** | * | 0,6 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| 011 | 0,0 | 0,1 | **18,3** | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,0 | * | 0,2 |
| 021 | * | 0,3 | 0,6 | **6,2** | 3,0 | 3,2 | 0,5 | 0,2 | * |
| 022 | * | 0,0 | 0,0 | 2,3 | **0,5** | 1,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| 031 | * | 0,1 | 0,0 | 3,7 | 0,3 | **14,3** | 2,9 | 0,9 | 0,5 |
| 032 | * | 0,1 | * | 2,0 | 2,1 | 6,6 | **19,1** | 3,0 | 1,5 |
| 042 | * | 0,0 | * | 0,0 | 1,3 | 0,7 | 6,7 | **13,0** | 11,8 |
| 060 | 0,0 | 0,0 | 10,3 | 0,5 | 1,3 | 0,4 | 7,5 | 3,2 | **47,0** |

Toelichting: Op de regels staan de oppervlaktes van de vegetatiezones uit 1988, die veranderd zijn in de vegetatiezones van de kolommen uit 1993. * = verandering niet waargenomen; vet en onderstreept = oppervlakte van de aangegeven vegetatiezone die tussen 1988 en 1993 niet is veranderd. De veranderingen in hoofdzones boven de diagonaal staan voor successie en onder de diagonaal voor regressie van de vegetatie. Voorbeeld: van vegetatiezone 022 uit 1988 is in 1993 2,3 ha veranderd naar vegetatiezone 021; 0,5 ha is niet veranderd; 1,0 ha is veranderd naar vegetatiezone 031 (= successie) en 0,4 ha naar 032 (= successie).

Tabel 5.14a Successie en regressie op De Hon (in ha)

| Oppervlakte in ha | | |
|---|---|---|
| zone | 1988 | 1993 |
| 001 | 4,4 | 4,1 |
| 011 | 27,2 | 23,5 |
| 021 | 14,5 | 15,5 |
| 022 | 4,5 | 9,3 |
| 031 | 22,8 | 26,8 |
| 032 | 34,5 | 37,1 |
| 042 | 33,6 | 20,4 |
| 060 | 71,1 | 64,0 |

Tabel 5.14b Oppervlaktes De Hon 1993

| zone93 | 001 | 010 | 011 | 012 | 021 | 022 | 031 | 032 | 033 | 041 | 042 | 050 | 060 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| zone88 | | | | | | | | | | | | | |
| 000 | 0,0 | * | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | * | * | * |
| 001 | **0,9** | 0,1 | * | * | 0,6 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | * | 0,0 |
| 011 | * | 0,1 | **0,0** | 0,9 | * | 0,3 | 0,8 | * | 0,1 | 0,0 | * | * | * |
| 012 | * | * | * | * | * | 0,0 | 0,0 | * | * | * | * | * | * |
| 021 | 0,3 | 0,4 | 0,0 | 0,6 | **1,5** | 0,5 | 11,8 | * | 0,1 | 0,0 | * | * | * |
| 022 | * | * | * | * | 0,2 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| 031 | 1,3 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 2,3 | 0,8 | **100,0** | 0,7 | 42,0 | 8,9 | 0,3 | * | 1,0 |
| 032 | 0,0 | * | * | 0,0 | * | 0,1 | 1,4 | **2,0** | 1,5 | 0,1 | * | * | * |
| 033 | 0,6 | 0,3 | * | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 19,2 | 0,7 | **36,5** | 17,2 | 0,8 | 0,0 | 4,0 |
| 041 | * | * | * | * | * | * | * | * | 0,0 | **1,0** | * | * | * |
| 042 | 0,1 | 0,0 | * | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | * | 4,5 | 3,1 | **11,3** | * | 0,1 |
| 050 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 0,0 |
| 060 | 0,1 | 0,2 | * | * | 0,0 | 0,1 | 4,6 | 1,3 | 8,0 | 21,1 | 5,2 | 0,4 | **33,1** |

Toelichting: zie tabel 5.14a

Tabel 5.15a Successie en regressie op het Nieuwlandsrijd (in ha)

| Oppervlakte in ha | | |
|---|---|---|
| zone | 1988 | 1993 |
| 001 | 2,4 | 3,3 |
| 010 | 0,0 | 1,6 |
| 011 | 2,2 | 1,0 |
| 012 | 0,03 | 1,9 |
| 021 | 15,3 | 4,9 |
| 022 | 0,2 | 2,2 |
| 031 | 158,6 | 138,8 |
| 032 | 5,1 | 4,6 |
| 033 | 80,1 | 92,8 |
| 041 | 0,0 | 50,6 |
| 042 | 19,5 | 17,6 |
| 050 | 0,0 | 0,5 |
| 060 | 77,0 | 38,2 |

Tabel 15b Oppervlaktes Nieuwlandsrijd

| Peil (m + NAP) | Overschrijdings-frekwentie HW (aantal/seizoen) | Kwelder-oppervlak *) (ha) | | Ondergelopen opp. per seizoen**) (ha) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1986 | 1994 | 1986 | 1994 |
| 2,6 | 0,1 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| 2,4 | 0,2 | 15 | 15 | 3 | 3 |
| 2,2 | 0,5 | 17 | 16 | 8,5 | 8 |
| 2,0 | 1,0 | 68 | 31 | 68 | 31 |
| 1,8 | 2,4 | 55 | 44 | 132 | 105,5 |
| 1,7 | 3,9 | 60 | 57 | 234 | 222,5 |
| 1,6 | 6,4 | 52 | 55 | 332,5 | 352 |
| 1,5 | 11 | 63 | 59 | 693 | 649 |
| 1,4 | 20 | 13 | 51 | 260 | 1020 |
| 1,3 | 35 | 1 | 15 | 95 | 1425 |
| 1,2 | 60 | 6 | 9 | 185 | 740 |
| Totaal ondergelopen opp. per seizoen | | | | 2012 | 4557 |

*) Gelegen tussen aangegeven peil en het opvolgende lagere peil. Van het oppervlak beneden NAP +1,2 m is circa 5 ha geuloppervlak.

**) De overschrijding van de peilen 1,2 m en 1,3 m boven NAP vindt zo frekwent plaats dat de lager gelegen gebieden niet, respektievelijk alleen gedurende de drie zomermaanden kunnen worden gebruikt, wanneer de kans op overstroming gering is.

Tabel 6.1 Totaal kwelderoppervlak dat in een gemiddeld graasseizoen (gesommeerd) onderloopt tijdens extreme hoogwaters

| Jaar | Hollum | | Buren | | Kustwijzigingen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | rwo | $Cl^-$ | rwo | $Cl^-$ | dv | ghw |
| 1967 | | 52 | | 57 | +14 | + 1 |
| 1968 | | 53 | | 58 | +12 | - 3 |
| 1969 | | 54 | | 59 | +14 | - 8 |
| 1970 | | 54 | | 59 | + 7 | - 8 |
| 1971 | | | | | + 6 | + 5 |
| 1972 | | 60 | | 60 | + 8 | +12 |
| 1973 | | | | | +15 | +10 |
| 1974 | | 47 | | 55 | - 8 | - 4 |
| 1975 | | 44 | | 58 | - 2 | + 6 |
| 1976 | | 43 | | 57 | -14 | +13 |
| 1977 | | 55 | | 59 | -11 | +18 |
| 1978 | | 55 | | 93 | -11 | - 6 |
| 1979 | 162 | 55 | 172 | 81 | - 2 | - 2 |
| 1980 | 149 | 45 | 193 | 82 | - 4 | -10 |
| 1981 | 172 | 55 | 206 | 78 | - 4 | + 7 |
| 1982 | 181 | 60 | 217 | 80 | - 3 | - 3 |
| 1983 | 218 | 46 | 207 | 78 | -12 | +12 |
| 1984 | 219 | 62 | 205 | 76 | - 7 | +15 |
| 1985 | 249 | 62 | 216 | 72 | - 4 | +16 |
| 1986 | 314 | 61 | 298 | 78 | 0 | 0 |
| 1987 | 269 | 65 | 279 | 77 | - 1 | - 8 |
| 1988 | 272 | 69 | 212 | 77,5 | - 3 | -17 |
| 1989 | 274 | 70 | 252 | 75 | - 9 | -18 |
| 1990 | 222 | 64 | 291 | 74 | -28 | -22 |
| 1991 | 98 | 55 | 135 | 75 | -10 | -20 |
| 1992 | 97 | 51 | 137 | 77 | -12 | -21 |
| 1993 | 109 | 51 | 134 | 77 | + 4 | +10 |

rwo = ruwwateronttrekking per jaar in 1000 $m^3$ (afgerond)
$Cl^-$ = jaargemiddeld chloridegehalte in mg/l
kustwijzigingen geven verandering ligging duinvoet (dv) en gemiddeld hoogwaterlijn (ghw) bij kmr. 16 t.o.v. 1986 in m (+ = zeewaarts)

Tabel 6.2 Gegevens grondwateronttrekking op Ameland

| | | |
|---|---|---|
| OORSPRONKELIJK GEPLANDE EN WERKELIJKE GASPRODUKTIE VAN HET AMELAND-VELD | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 2.1 |

BODEMDALINGSVOORSPELLINGEN AMELAND
1985 EN 1991

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 2.2

MAXIMUM BODEMDALING AMELAND
ALS FUNKTIE VAN DE TIJD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 2.3

| | | |
|---|---|---|
| NAUWKEURIGHEIDSWATERPASSING AMELAND<br>PEILMERKENKAART | | |
| | SCHAAL 1:52.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 2.4 |

| | | |
|---|---|---|
| NAUWKEURIGHEIDSWATERPASSING AMELAND<br>BODEMDALING 1986–1994 | | |
| | SCHAAL 1:52.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 2.5 |

BODEMDALINGSPROFIELEN OP AMELAND-OOST

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 2.6

Slotgemiddelden 1991.0

bron RWS

| | | |
|---|---|---|
| GEMIDDELDE GETIJKROMMEN NES | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.1 |

| | | |
|---|---|---|
| MAANDGEMIDDELDEN HW, LW EN TIJVERSCHIL<br>NES, SCHIERMONNIKOOG EN HOLWERD | | |
| | 1982 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.2 |

| | | |
|---|---|---|
| MAANDGEMIDDELDEN HW, MSL EN LW<br>NES, SCHIERMONNIKOOG EN HOLWERD | | |
| | 1988 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.3 |

West–Terschelling
Nes

1) herleid uit relatie tussen MSL, GHW en GLW
1932 afsluiting Zuiderzee

| | | |
|---|---|---|
| JAARGEMIDDELDEN HW, MSL EN LW<br>WEST–TERSCHELLING EN NES | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.4 |

| | | |
|---|---|---|
| JAARGEMIDDELDEN HW EN LW<br>SCHIERMONNIKOOG EN HOLWERD | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.5 |

| | | |
|---|---|---|
| RELATIE TUSSEN MSL, GHW EN GLW<br>WEST-TERSCHELLING | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.6 |

• 10–jarig gemiddelde waarden behoudens perioden 1887–1890, 1933–1940 en 1991
afsluiting Zuiderzee op 5 mei 1932

| | | |
|---|---|---|
| GEMIDDELDE GETIJGEGEVENS VAN WEST–TERSCHELLING SINDS 1887 | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.7 |

$$Y = A \times + B \times SIN\left(\frac{(X + K)}{S}\right) \times 2\pi + C$$

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| HW | .16 | -0.4 | -198 |
| LW | .16 | -4.4 | -464 |
| TV | .00 | 4.0 | 266 |

K = -2
S = 18.6

ontleend aan Lit. 8

Parameters berekend over de periode 1871.....1960

VERLOOP JAARGEMIDDELDEN VAN HW, LW EN TIJVERSCHIL TE DELFZIJL VAN 1871–1991

UIT EYSINK [1991]

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.8

1) bepaald uit uitsluitend dagtijen 2) herleid uit halftij

afsluiting Zuiderzee op 5 mei 1932

| | | |
|---|---|---|
| GEMIDDELDE GETIJGEGEVENS VAN DEN HELDER SINDS 1865 | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.9 |

HOOGWATEROVERSCHRIJDINGSLIJNEN
VAN NES EN SCHIERMONNIKOOG

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.10

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1988

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.11a

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1989

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.11b

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1990

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.11c

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1991

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.11d

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1992

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.11e

NEERSLAG EN VERDAMPING VOOR AMELAND 1993

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 3.11f

| | | |
|---|---|---|
| RAAIEN VOOR OPSLIBBINGS- EN VEGETATIEONDERZOEK AMELAND | | |
| | SCHAAL 1:35.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.12 |

• grondwater-peilbuizen WLRIN en RWS

VI 1 2 3 4 raai voor bodem- en vegetatieonderzoek

waterpassing najaar 1990 – rand buis : NAP +2,84 m
– maaiveld : NAP +2,78 m

| | | |
|---|---|---|
| FLUKTUATIES IN GRONDWATERSTAND<br>PEILBUIS Da IN RAAI I | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.13a |

waterpassing najaar 1990 – rand buis: NAP +2,18 m
– maaiveld : NAP +2,06 m

FLUKTUATIES IN GRONDWATERSTAND
PEILBUIS 22A IN RAAI I

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.13b

waterpassing najaar 1990 – rand buis : NAP +3,64 m
– maaiveld : NAP +3,30 m

( ) herleid uit verloop in nabij gelegen peilbuis

| | | |
|---|---|---|
| FLUKTUATIES IN GRONDWATERSTAND<br>PEILBUIS 7A IN RAAI IV | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.13c |

waterpassing najaar 1990 – rand buis : NAP +1,56 m
– maaiveld : NAP +1,48 m

( ) herleid uit verloop in nabij gelegen peilbuis

↑ onvindbaar onder zeewater

| | | |
|---|---|---|
| FLUKTUATIES IN GRONDWATERSTAND<br>PEILBUIS 21B IN RAAI VII | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.13d |

| | | | |
|---|---|---|---|
| □ | 1986 | ---■--- | 1990 |
| △ | 1988 | ---▲--- | 1991 |
| —○— | 1989 | ---●--- | 1992 |

waterpassing najaar 1990 – rand buis: NAP +2,24 m
– maaiveld : NAP +2,10 m

1) waarden 4 à 12 cm te hoog omdat buis begin april 1990 omhoog is getrokken

( ) herleid uit verloop in nabij gelegen peilbuis

| | | |
|---|---|---|
| FLUKTUATIES IN GRONDWATERSTAND<br>PEILBUIS Ab TUSSEN RAAIEN VII EN VIII | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.13e |

*IR/EC-diagram transect I (Kooiduinen en Nieuwlandsrijd).*

*IR/EC-diagram transect III en IV (Oerderduinen).*

LIA : kalkrijk grondwater
ATW : regenwater
THN : zeewater
RHL : mengtype

| | | |
|---|---|---|
| IR/EC-DIAGRAMMEN VAN DE RAAIEN I, III EN IV | UIT WIERTZ (1992) | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.14a |

*IR/EC-diagram transect VI (verruigde en Schoenus-valleien).*

*IR/EC-diagram transect VII (Jonge zoute valleien).*

LIA : kalkrijk grondwater
ATW : regenwater
THN : zeewater
RHL : mengtype

| | | |
|---|---|---|
| IR/EC-DIAGRAMMEN VAN DE RAAIEN VI EN VII | UIT WIERTZ (1992) | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.14b |

de Ca-koncentratie (mg/l) verloopt wel synchroon in vier buizen uit de voor zee open gelegen vallei (raai VII); Cl niet

| | | |
|---|---|---|
| KONCENTRATIEVERLOOP Ca EN Cl IN DE TIJD VOOR ENKELE DIEPE FILTERS IN RAAI VII IN 1990 EN 1991 | UIT WIERTZ (1992) | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 3.15 |

natuurlijke ontwikkeling
ontwikkeling met bodemdaling

| | | |
|---|---|---|
| BEREKENDE KUSTVERANDERING MET EN ZONDER BODEMDALING IN GEVAL VAN PERIODIEKE ZANDSUPPLETIE TUSSEN km 9 EN km 17 | 8018ZS | 8018WS |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.1 |

| | | |
|---|---|---|
| BEREKENDE KUSTVERANDERING MET EN ZONDER BODEMDALING IN GEVAL VAN PERIODIEKE ZANDSUPPLETIE GETEKEND VOOR DE KILOMETERRAAIEN 16, 20, 23 EN 25 | 8018ZS | 8018WS |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.2 |

BEREKENDE EN WAARGENOMEN KUSTONTWIKKELING; KMR. 16, 20, 23 EN 25

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.3

o o o gemeten kustverandering

——— berekende kustverandering

| | | |
|---|---|---|
| GEMETEN EN BEREKENDE KUSTVERANDERING VOOR DE IJKPERIODE 1950 TOT 1986 | 5018 YT | 5018 YT |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.4 |

VERLOOP POSITIES GEMIDDELD HOOG- EN LAAGWATERLIJN; STRANDRAAI 23

GEGEVENS VAN RWS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.5

GHW : positie GHW-lijn t.o.v. meetraai
Xo : positie NAP-lijn t.o.v. meetraai
Xv : gemiddelde positie kust tussen NAP +3m en NAP -2m t.o.v. mee

VERGELIJKING VAN VERSCHILLENDE PARAMETERS
ALS GROOTHEID VOOR HET KUSTGEDRAG
TUSSEN 1980 EN 1993

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.6

opm: de referentiekustligging is gekozen voor de duinsuppletie in het najaar van 1980, deze suppletie van 2,1 $10^6 m^3$ tussen kmr. 10 en kmr. 17 is via een momentane kustkorrektie in het model in rekening gebracht

waargenomen: ○ verandering 1980–1990
● verandering 1980–1993
herhalingssuppletie op Ameland in 1990 tussen km 12.4 en 17.0 (deel voor duinen; 1,0 $10^6 m^3$)
en in 1992 tussen km 11.5 en 19.6
(rest 1,6 $10^6 m^3$ grotendeels op strand)
sterke kustachteruitgang aan westzijde sinds 1989

berekend: ——— ontwikkeling met herhalingssuppleties
——— ontwikkeling met bodemdaling en herhalingssuppleties
— — — natuurlijke ontwikkeling zonder herhalingssuppleties
– – – – ontwikkeling met bodemdaling en zonder herhalingssuppleties
herhalingssuppleties in model in 1988 en 1996

| | | |
|---|---|---|
| BEREKENDE KUSTVERANDERING MET EN ZONDER BODEMDALING MET EN ZONDER PERIODIEKE ZANDSUPPLETIE TUSSEN km 9 EN km 17 | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.7 |

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

STRANDPROFIELEN KM 23

H 841

FIG. 4.8

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

STRANDPROFIELEN KM 25

H 841

FIG. 4.9

VERLOOP POSITIES GEMIDDELD HOOG- EN LAAGWATERLIJN; STRANDRAAI 20

GEGEVENS VAN RWS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.10

1970

1987

m (N.A.P.)

boven 3.00

3.00 – 1.00

1.00 – −1.00

−1.00 – −2.50

−2.50 – −5.00

−5.00 – −7.50

−7.50 – −10.00

−10.00 – −15.00

−15.00 – −20.00

dieper dan −20.00

10 km

coastlines: GHW in 1978

BODEMLIGGINGEN IN HET FRIESCHE ZEEGAT IN 1970 EN 1987

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.11

1987

1991

m (N.A.P.)

- boven 3.00
- 3.00 – 1.00
- 1.00 – −1.00
- −1.00 – −2.50
- −2.50 – −5.00
- −5.00 – −7.50
- −7.50 – −10.00
- −10.00 – −15.00
- −15.00 – −20.00
- dieper dan −20.00

10 km

coastlines: GHW in 1978

BODEMLIGGINGEN IN HET FRIESCHE ZEEGAT IN 1987 EN 1991

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.12

| | | |
|---|---|---|
| GEDRAG UITERSTE OOSTPUNT VAN AMELAND | | |
| | GHW-LIJN | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.13 |

VERPLAATSING VAN HOOGWATERLIJN
OP OOSTELIJK DEEL VAN AMELAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

SCHAAL 1: 37.500

H 841

FIG. 4.14

ongestoorde situatie (1978)

situatie met maximale zakking (=80% van voorspelde waarden)

RELATIE PEIL EN OPPERVLAK PLATENAREAAL MET BODEMLIGGING BOVEN DAT PEIL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.15

PEILINGEN LANGS RAAI KM 189,8

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.16

VERANDERINGEN ROND HET WANTIJ VAN AMELAND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.17

| Jaar | Kominhoud onder GHW |
|---|---|
| 1970 | 93.3 $10^6$ $m^3$ |
| 1975 | 89.0 $10^6$ $m^3$ |
| 1979 | 92.1 $10^6$ $m^3$ |
| 1982 | 92.1 $10^6$ $m^3$ |
| 1987 | 88.8 $10^6$ $m^3$ |

Gegevens van RWS-Dienst Getijdewateren

KOMBERGINGSGEGEVENS VLOEDKOM PINKEGAT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.18

1) erosie door nadering van meanderende kwelderkreek

| | | |
|---|---|---|
| OPSLIBBINGSGEGEVENS RAAI IX OP DE HON | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.19 |

1) koeiesporen gemeld/vertrapt

| | | |
|---|---|---|
| OPSLIBBINGSGEGEVENS RAAI III OP NIEUWLANDSRIJD | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.20 |

○ ● Nieuwlandsrijd indirekt/direkt bepaald

□ ■ De Hon indirekt/direkt bepaald

1) negatieve waarden door meetonnauwkeurigheid of vertrapping door vee?

2) hoge waarden door inwaaiing van zand of meetonnauwkeurigheid?

| | | |
|---|---|---|
| OPSLIBBINGSSNELHEDEN OP DE KWELDERS NIEUWLANDSRIJD EN OP DE HON | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.21 |

RELATIE INUNDATIEDIEPTE NIEUWLANDSRIJD MET DE OPSLIBBINGSSNELHEID IN 1962–1986

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.22

ONTWIKKELING KWELDERPROFIEL
LANGS RAAI IX OP DE HON

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.23

| | | |
|---|---|---|
| ONTWIKKELING DUINGEBIED TEN NOORDEN VAN DE KOOIOERDSTUIFDIJK | SCHAAL 1:30.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.24 |

LANGSVARIATIE DUINHOOGTE AMELAND

RESULTAAT ANALYSE JARKUS-RAAIEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 4.25

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTEKAART DE HON, WATERPASSING 1988 | SCHAAL 1:10.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.26 |

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTEKAART DE HON, WATERPASSING 1993 | SCHAAL 1:10.000 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 4.27 |

Nieuwlandsrijd – PQ 3.1

Nieuwlandsrijd – PQ 3.2

Nieuwlandsrijd – PQ 3.3

Nieuwlandsrijd – PQ 3.4

Nieuwlandsrijd – PQ 3.5 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.6

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1a |

Nieuwlandsrijd – PQ 3.7

Nieuwlandsrijd – PQ 3.8 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.9

Nieuwlandsrijd – PQ 3.10 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.11

Nieuwlandsrijd – PQ 3.12

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1b |

Nieuwlandsrijd – PQ 3.13

Nieuwlandsrijd – PQ 3.14 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.15

Nieuwlandsrijd – PQ 3.16

Nieuwlandsrijd – PQ 3.17 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.18 (cor.86)

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1c |

Nieuwlandsrijd – PQ 3.19

Nieuwlandsrijd – PQ 3.20 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.21

Nieuwlandsrijd – PQ 3.22

Nieuwlandsrijd – PQ 3.23 (cor.86)

Nieuwlandsrijd – PQ 3.24 (cor.86)

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H · 841 | FIG. 5.1d |

Oerd – PQ 4.1 (cor.86)

Oerd – PQ 4.2

Oerd – PQ 4.3

Oerd – PQ 4.4

Oerd – PQ 4.5 (cor.86)

Oerd – PQ 4.6 (cor.86)

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1e |

Oerderduinen – PQ 7.1

Oerderduinen – PQ 7.2

Oerderduinen – PQ 7.3

Oerderduinen – PQ 7.4

Oerderduinen – PQ 7.5

Oerderduinen – PQ 7.6

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1f |

De Hon – PQ 8.3

De Hon – PQ 8.7

De Hon – PQ 9.1

De Hon – PQ 9.2

De Hon – PQ 9.3

De Hon – PQ 9.4

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1g |

De Hon – PQ 9.5

De Hon – PQ 9.6

De Hon – PQ 9.7

De Hon – PQ 9.8

De Hon – PQ 9.9

De Hon – PQ 9.10

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1h |

De Hon – PQ 9.11

De Hon – PQ 9.12

De Hon – PQ 9.13

De Hon – PQ 9.14

De Hon – PQ 9.15

Voor basisgegevens zie Tabel 5.1, voor berekeningen zie Tabel 5.2

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTELIGGING, OPSLIBBING EN VEGETATIETYPEN VAN DE PQ's IN DE KWELDERS OP AMELAND–OOST | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.1i |

VEGETATIETYPEN VAN KWELDERS IN DE NEDERLANDSE, DUITSE EN DEENSE WADDENZEE NAAR DIJKEMA(1983) EN DIJKEMA & BOSSINADE(1990)

| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.2 |
|---|---|---|

Legenda:

In Figuur A zijn de soort-scores weergegeven voor de soorten die 8x of meer gevonden zijn (uitgezonderd Menthaqu die samenvalt met Cardmpra, en Chenorub die linksboven buiten de figuur valt); zie Tabel 5.8 voor een verklaring van de soort-kodes.

In Figuur B zijn de centroiden van de opname-scores voor de vier typen weergegeven (sterretjes), tezamen met de regressiekoëfficiënten voor hoogteligging (pijl).

Figuur A en B hebben dezelfde schaal en kunnen dus over elkaar geprojekteerd worden.
Horizontaal: eerste as, verticaal: tweede as.
Eigenwaarden van de eerste drie assen: 0.71, 0.59, 0.43, som van alle eigenwaarden: 8.74.

CANOCO-scaling 1, d.w.z. de opname-scores zijn een gewogen gemiddelde van de soort-scores. Hierdoor zijn de opname-scores optimaal weergegeven en de soort-scores minder goed.

De interpretatie van het diagram is globaal als volgt: soorten waarvan de namen dicht bij elkaar staan komen vaak samen voor. De hoogteligging van de pq's waarin zij voorkomen neemt toe in de richting van de pijl. Naarmate de naam van en soort dichter ligt bij het punt dat een type representeert is deze sterker aan dat type gebonden.

| | | |
|---|---|---|
| ORDINATIEDIAGRAM VERKREGEN MET DCA OP DE GEGEVENS UIT 1992 | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.3 |

Legenda:

Weergegeven zijn de regressiekoëfficiënten voor de type.hoogte interakties (onzuivere interaktie, bepaald zonder het hoofdeffekt van hoogte te fitten). Deze regressiekoëfficiënten zijn in Figuur A getekend als pijl en vervolgens gespiegeld en zodanig verschoven dat de kop samenvalt met het centroid voor het betreffende type in 1992 (aangegeven met *). De lengte van elke pijl komt overeen met een hoogteverschil van 20 cm.

In Figuur B is de verplaatsing van de centroiden voor de vier typen in de tijd weergegeven; basis van de pijl = 1986, kop = 1992. Het gestippelde deel verbindt de centroiden voor 1989 zonder de opnamen van transect VI met de centroiden voor 1989 met deze opnamen.

Figuur A en B hebben dezelfde schaal en kunnen dus over elkaar geprojekteerd worden. Horizontaal: eerste as, verticaal: tweede as. Eigenwaarden voor de eerste drie assen: 0.68, 0.63, 0.42; som van alle eigenwaarden: 10.44.

De soort-scores kunnen bij benadering uit Figuur A worden afgelezen; hierbij moet in rekening gebracht worden dat de schaal van Figuur 5.4 een factor 2,25 groter is dan die van Figuur 5.3 Verdere toelichting zie Appendix 6.

| | | |
|---|---|---|
| ORDINATIEDIAGRAM VERKREGEN MET DCA<br>OP DE GEGEVENS UIT ALLE DRIE JAREN SAMEN | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.4 |

Legenda:

De schaal op de Y-as is log (aantal overvloedingen per kalenderjaar), relatief t.o.v. 1992 (een verschil van 0,1 schaaldeel betekent een verschil in overvloedingsfrekwentie van ongeveer 10%). Zowel de verwachte als de gevonden waarden zijn berekend voor de drie waarnemingsjaren als gemiddelde over dat jaar plus de twee voorgaande jaren.

- werkelijke waarde
- verwachte waarde op grond van de vegetatie
- verwachte waarde op grond van alleen bodemdaling
- verwachte waarde op grond van verandering in zeespiegelregime
- 10% - betrouwbaarheidsinterval bij lijn

| | | |
|---|---|---|
| VERWACHTE EN GEVONDEN VERANDERING IN OVERVLOEDINGSFREKWENTIE | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 5.5 |

# Zoneringen Nieuwlandsrijd 1988

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988
A.M. de Meulmeester & J.A.M. Janssen 1994
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 120000

500 meter

- kale zone
- pre-pionierzone
- pionierzone
- lage kwelderzone
- kwelderzone met pioniersoorten
- midden kwelderzone
- midden kwelderzone met kweek
- midden kwelderzone met R-soorten
- hoge kwelderzone
- hoge en brakke kwelderzone en zilte duinvalleien
- zoete duinvalleien
- droge duinen
- water

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

ZONERINGEN NIEUWLANDSRIJD 1988

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 5.6

# Zoneringen Nieuwlandsrijd 1993

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 120000

500 meter

- kale zone
- pre-pionierzone
- pionierzone
- lage kwelderzone
- kwelderzone met pioniersoorten
- midden kwelderzone
- midden kwelderzone met kweek
- midden kwelderzone met R-soorten
- hoge kwelderzone
- hoge en brakke kwelderzone en zilte duinvalleien
- zoete duinvalleien
- droge duinen
- water

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

ZONERINGEN NIEUWLANDSRIJD 1993

H 841

FIG. 5.7

# Zoneringen de Hon 1988

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988
A.M. de Meulmeester & J.A.M. Janssen 1994
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 1:15000

500 meter

- kale zone
- pre-pionierzone
- pionierzone
- lage kwelderzone
- kwelderzone met pioniersoorten
- midden kwelderzone
- midden kwelderzone met kweek
- midden kwelderzone met R-soorten
- hoge kwelderzone
- hoge en brakke kwelderzone en zilte duinvalleien
- zoete duinvalleien
- droge duinen
- water

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

ZONERINGEN DE HON 1988

H 841

FIG. 5.8

# Zoneringen de Hon 1993

bron: Vegetatiekartering Ameland 1993
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 1:15000

500 meter

- kale zone
- pre-pionierzone
- pionierzone
- lage kwelderzone
- kwelderzone met pioniersoorten
- midden kwelderzone
- midden kwelderzone met kweek
- midden kwelderzone met R-soorten
- hoge kwelderzone
- hoge en brakke kwelderzone en zilte duinvalleien
- zoete duinvalleien
- droge duinen
- water

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

ZONERINGEN DE HON 1993

H 841

FIG. 5.9

# Regressie Nieuwlandsrijd

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988/1993
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 120000

500 meter

LEGENDA

verschuiving van
hoge kwelder (1988)
naar midden kwelder (1993)

verschuiving van
midden kwelder (1988)
naar lage kwelder (1993)

(lijnen zijn van de zonering 1988)

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

REGRESSIE NIEUWLANDSRIJD

H 841

FIG. 5.10

# Successie Nieuwlandsrijd

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988/1993
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 120000

500 meter

LEGENDA

verschuiving van
midden kwelder (1988)
naar hoge kwelder (1993)

verschuiving van
lage kwelder (1988)
naar midden kwelder (1993)

(lijnen zijn van de zonering 1988)

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

SUCCESSIE NIEUWLANDSRIJD

H 841

FIG. 5.11

# Regressie de Hon

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988/1993
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GAT)

schaal 1:15000

500 meter

LEGENDA

verschuiving van
hoge kwelder (1988)
naar midden kwelder (1993)

verschuiving van
midden kwelder (1988)
naar lage kwelder (1993)

(lijnen zijn van de zonering 1988)

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

REGRESSIE DE HON

H 841

FIG. 5.12

# Successie de Hon

bron: Vegetatiekartering Ameland 1988/1993
Meetkundige dienst Rijkswaterstaat
afd. Geo-advisering Thematische Productie (GA'I)

schaal 1:15000

500 meter

LEGENDA

verschuiving van
midden kwelder (1988)
naar hoge kwelder (1993)

verschuiving van
lage kwelder (1988)
naar midden kwelder (1993)

(lijnen zijn van de zonering 1988)

Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

Instituut voor
Bos en Natuuronderzoek

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

SUCCESSIE DE HON

H 841

FIG. 5.13

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTEKAART NIEUWLANDSRIJD<br>WATERPASSING 1986 | | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 6.1 |

HOOGTEKAART NIEUWLANDSRIJD
WATERPASSING 1994

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 6.2

RELATIE KWELDEROPPERVLAK NIEUWLANDSRIJD
MET BODEMLIGGING ONDER AANGEGEVEN PEIL

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 841

FIG. 6.3

Bron: hoogtekaart van Nederland
Ameland (oost)
Uitgave 1970
Hoogten t.o.v. NAP (m)
Coördinaten: RD

| | | |
|---|---|---|
| HOOGTEKAART POLDER BUURDERGRIE EN SITUATIE WATERSTANDMETING IN DIJKSLOOT BIJ ZWARTWOUDE | | |
| | SCHAAL 1:12500 | |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM | H 841 | FIG. 6.4 |

# Appendix 1

## Methode Makkink

## Berekeningsmethode voor potentiële evapotranspiratie

## A.1 Berekeningsmethode voor potentiële evapotranspiratie

Het KNMI gebruikt de formule van Makkink als standaard voor het berekenen van de potentiële gewasverdamping in Nederland. Deze formule is [1]:

$$E = c \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_s \qquad (1)$$

met

$E$ = referentie-gewasverdamping (mm/dag)
$R_s$ = zoninstraling (uitgedrukt in mm/dag verdampt water)
$\Delta$ = helling van verzadigingsdampspannings-temperatuurkromme (mbar/°C)
$\gamma$ = psychrometrische konstante (mbar/°C)
$c$ = korrektiefaktor = 0,65 voor Nederland

De helling van de verzadigingsdampspanningskromme kan worden berekend met:

$$\Delta = \frac{de_s}{dT} = \frac{e_s}{T^2} (6790{,}5 - 5{,}02808\ T + 17420910^{-1302{,}88/T}) \qquad (2)$$

met

$e_s$ = verzadigingsdampspanning (mbar)
$T$ = absolute temperatuur (°K)

De psychrometrische konstante volgt uit:

$$\gamma = 0{,}00066\ p\ (1 + 0{,}00115\ t) \qquad (3)$$

met

$p$ = luchtdruk (mbar)
$t$ = luchttemperatuur (°C)

[1]: Hooghart, J.C. (editor)
Evaporation and weather,
TNO Committee on Hydrological Research, Proc. and Info., No. 39
The Hague, 1987

# Appendix 2

## Veranderingen in vogelaantallen in het bodemdalingsgebied Ameland in vergelijking tot omringende wadgebieden

# Veranderingen in vogelaantallen in het bodemdalingsgebied Ameland, in vergelijking tot omringende wadgebieden

## Inleiding

Veranderingen in de grootte van de populaties wadvogels op of rond Ameland kunnen verschillende oorzaken hebben. Gedacht kan worden aan grootschalige veranderingen in de grootte of de verspreiding van vogelpopulaties in de gehele Waddenzee, lokale verstoring op hoogwatervluchtplaatsen en uitwijken van vogels naar elders, veranderingen in beschikbare foerageertijd door bodemdaling of zeespiegelstijging, veranderingen in foerageermogelijkheden (b.v. als gevolg van veranderingen in de sedimentsamenstelling) en veranderingen in voedselaanbod. Er zijn geen aanwijzingen dat er drastische veranderingen zijn opgetreden in het verstoringspatroon, niet op de hoogwatervluchtplaatsen en evenmin in het foerageergebied. Eventuele aantalsveranderingen rond Ameland zouden dus verklaard moeten kunnen worden door veranderingen van de in de Waddenzee aanwezige populaties van de betreffende soorten, dan wel door veranderingen in droogvaltijd of bodemfauna. In dit deelrapport zal worden ingegaan op geconstateerde aantalsveranderingen, zowel in het gebied waar bodemdaling is opgetreden als daarbuiten, geomorfologische veranderingen in de omgeving van oost-Ameland die hierop van invloed kunnen zijn geweest en geconstateeerde veranderingen in de aanwezige bodemfauna.

Voor de analyse van de vogelgegevens is gebruik gemaakt van 4 verschillende datasets:

1) Telgegevens van het gebied oost-Ameland, een gebied dat in grote lijnen overeenkomt met het bodemdalingsgebied. Hiervoor is gebruik gemaakt van tellingen van wad- en kweldervogels die tussen 1984 en 1993 tijdens hoogwater zijn uitgevoerd door medewerkers van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, zowel op het Nieuwlandsrijd (149 tellingen) als op de Hon (174 tellingen). De telresultaten worden uitgedrukt in het aantal vogeldagen per jaar. Het aantal vogeldagen in een bepaald gebied is de som van het aantal dagen dat alle aanwezige exemplaren (van een soort of van het totaal aantal vogels) in een gebied hebben doorgebracht.

2) Telgegevens van het gehele eiland Ameland. Het bodemdalingsgebied is hiervan een onderdeel. De gegevens hebben betrekking op 75 wadvogeltellingen die tussen 1973 en 1993 zijn uitgevoerd door leden of ex-leden van de voormalige Katholieke Jeugdbond voor Natuurstudie. De gegevens worden uitgedrukt in maximale aantallen die in een bepaald jaar in een bepaalde periode (één of enkele maanden) zijn vastgesteld. Voor vrijwel alle soorten zijn de aantallen in januari vergeleken, alsmede die welke zijn vastgesteld in de periode waarin de maximale aantallen van een soort aanwezig zijn.

3) Telgegevens van een naburig waddeneiland, in dit geval het eiland Terschelling. De keuze viel op dit eiland omdat het zo dicht mogelijk in de buurt van Ameland ligt (en het aanwezigheidspatroon van de vogels daarmee zoveel mogelijk identiek is), er relatief veel telgegevens van beschikbaar zijn, er geen bodemdaling is opgetreden en het eiland qua structuur en omgeving (het omliggende wad) een vrij grote gelijkenis heeft met Ameland. De in totaal 67 tellingen op Terschelling zijn grotendeels uitgevoerd door medewerkers van het voormalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer

en hebben betrekking op dezelfde jaren en dezelfde periodes als die van Ameland. Toch zijn er verschillen aanwezig tussen beide datasets. In sommige jaren kunnen voor een bepaalde soort wel gegevens beschikbaar zijn voor Ameland en niet van Terschelling, of omgekeerd. Dit heeft te maken met het feit dat ook is gebruik gemaakt van tellingen die werden uitgevoerd buiten het kader van de simultaan in de hele Nederlandse Waddenzee uitgevoerde tellingen.

4) Telgegevens van de gehele Nederlandse Waddenzee en noordwest-Europa. Hiervoor is gebruik gemaakt van tellingen die werden gecoördineerd door de Nederlandse Steltloper Werkgroep, vanaf 1992 door SOVON. De vergelijking met andere gebieden in noordwest-Europa vindt plaats op basis van gepubliceerde gegevens van de British Trust for Ornithology (Engeland), een analyse van het International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (Rose & Scott 1994) en een overzichtsartikel van Smit & Piersma (1989).

Problemen m.b.t. de vergelijking van gegevens uit het bodemdalingsgebied en elders zijn:

- de gegevens van het telgebied oost-Ameland zijn uitgedrukt in het aantal vogeldagen per jaar, die van de andere twee telgebieden in maximale aantallen uit een aantal periodes;
- de gegevens van het hele eiland Ameland omvatten tevens die van het deelgebied oost–Ameland en zijn dus niet onafhankelijk. Voor de meeste soorten bedraagt het aandeel dat op oost-Ameland aanwezig enkele tientallen procenten van de op het gehele eiland aanwezige populatie, voor enkele soorten (Eidereend, Bergeend, soms ook Scholekster) kan meer dan 50% van het totaal op oost-Ameland aanwezig zijn. Om deze reden worden de gegevens van geheel Ameland ook vergeleken met een gebied dat daar in de Waddenzee zoveel mogelijk op lijkt (het gehele eiland Terschelling) maar waar geen bodemdaling is opgetreden.

Een vergelijking van het aantal vogeldagen op oost-Ameland met de maximale aantallen die in een bepaalde periode aanwezig zijn leert dat beide parameters in de meeste gevallen goed gecorreleerd zijn. Dit is in mindere mate het geval met de in januari aanwezige aantallen. De gegevens van geheel Ameland en geheel Terschelling zijn wel goed vergelijkbaar omdat ze in dezelfde eenheden zijn uitgedrukt en betrekking hebben op dezelfde periodes van het jaar. Hierbij dient opgemerkt dat tellingen van wad- en watervogels in veel gevallen systematische en stochastische fouten in zich dragen die soms vrij aanzienlijk kunnen zijn (Rappoldt et al. 1985). Om deze reden kunnen vaak geen uitspraken worden gedaan over verschillen in één telgebied in twee afzonderlijke jaren of tussen twee telgebieden in één jaar. Dit is met name het geval voor soorten die in kleine aantallen voorkomen en die relatief grote telfouten vertonen. Duidelijke verschillen in aantalsontwikkelingen (trends) tussen beide telgebieden kunnen echter wel worden gesignaleerd.

Hierboven is al gememoreerd dat ook andere oorzaken dan bodemdaling effecten op de vogelstand kunnen hebben gehad. Het is noodzakelijk deze eerst te analyseren, voordat een poging wordt gedaan om aantalsveranderingen in verband te brengen met bodemdaling.

Met andere woorden: wat niet 'gewoon' verklaard kan worden, is misschien door bodemdaling veroorzaakt. Deze analyse valt in twee delen uiteen:

1 Een vergelijking van aantalsontwikkelingen op Ameland met de vogelstand elders. Als toe- of afnames van vogelaantallen op Ameland ook elders worden geconstateerd (d.w.z. in gebieden zonder bodemdaling), ligt het niet voor de hand deze aan bodemdaling toe te schrijven

2 Een analyse van de effecten van biotoopwijzigingen die hebben plaatsgevonden op de kwelders van Ameland of op het wad ten zuiden daarvan. Dergelijke wijzigingen kunnen een gevolg zijn geweest van menselijke maar ook van natuurlijke oorzaken. Wanneer deze een verklaring zijn voor aantalsveranderingen die niet elders zijn waargenomen, speelt bodemdaling geen rol of overschaduwen deze veranderingen de effecten van bodemdaling

Het uiteindelijke doel is, aan te geven in hoeverre er veranderingen in de vogelstand hebben plaats gevonden als gevolg van bodemdaling door gaswinning. Deze analyse vindt plaats door middel van een soort aftelsom, waarbij andere invloeden dan bodemdaling zo veel mogelijk uit de telgegevens worden geëlimineerd. Daartoe worden de ontwikkelingen in de vogelaantallen eerst vergeleken met de ontwikkelingen in andere gebieden, waar de bodem niet daalt. Vervolgens wordt nagegaan, welke andere omstandigheden op het Amelander wad zijn veranderd, en in hoeverre eventuele veranderingen in de vogelstand daardoor zijn veroorzaakt. Uiteindelijk blijven dan de aantalsveranderingen over die eventueel aan bodemdaling toegeschreven kunnen worden. Tenslotte wordt nagegaan in hoeverre de overblijvende veranderingen met bodemdaling te maken kunnen hebben gehad.

### Herkomst van de vogels in de getelde gebieden

De uitkomst van tellingen op oost-Ameland zijn uiteraard alleen te koppelen aan effecten van bodemdaling, wanneer de getelde vogels voor hun voedsel afhankelijk waren van het bodemdalingsgebied. Om de totale omvang van eventuele bodemdalingseffecten te kunnen taxeren zouden bovendien zo veel mogelijk alle vogels uit het bodemdalingsgebied geteld moeten worden, zonder daarbij vogels uit andere gebieden mee te tellen.

In principe gaan de meeste vogels op het wad bij opkomend water gewoon naar de dichtstbijzijnde kwelder of zandplaat om te overtijen, zij het dat de keuze per gebied en per vogelsoort kan verschillen en ook afhankelijk is van toevallige omstandigheden als verstoring en wind. Op basis van dit principe en waarnemingen van verplaatsingen van groepen vogels tijdens opkomend en afgaand water zal voor de meeste soorten de scheiding tussen vogels die op Ameland overtijen en vogels die verder oostelijk de hoogwaterperiode doorbrengen tussen Ameland en Engelsmanplaat liggen (Figuur 1). In het zuiden zal deze grens halverwege tussen Ameland en de Friese kust liggen, aan de westzijde ongeveer ter hoogte van de geul naar de veerbootsteiger (Carriëre 1975, Carriëre & Kersten 1975, Kersten 1975, Zwarts 1970), Figuur 2). Deze scheiding wordt met name bepaald door de in het gebied aanwezige grote geulen. Hoewel de in dit gebied overtijende vogels ook overtijen in de polder ten oosten van Buren komt dit gebied in grote lijnen overeen met het bodemdalingsgebied (Figuur 3). Een uitzondering hierop vormt de Wulp. Deze soort heeft een meer ingewikkeld verspreidingspatroon (Kersten 1975).

De vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen op het Nieuwlandsrijd en de Hon zijn dus in principe geschikt voor het doel van dit onderzoek. Daarbij moet worden opgemerkt dat de bodemdaling in dit gebied lang niet overal even sterk was. Ten zuiden van de Amelander Grie en halverwege de Friese kust was de daling waarschijnlijk maar ongeveer één cm. De grootste daling op het wad (ca 9 cm) vond vlak bij Ameland plaats, en wel op het wad direct ten zuiden van de Oerder duinen en de Hon.

Tegelijk met de wadvogels zijn er ook vaak Rotganzen, Smienten en enkele andere eendesoorten aanwezig op oost-Ameland. Deze vogelsoorten zijn steeds tegelijk met de steltlopers geteld. Ganzen en eenden vinden het grootste deel van hun voedsel op de kwelders. Rotganzen eten kweldergras en andere kwelderplanten. De eendesoorten eten daarnaast veel zaden van kwelderplanten. Ook ganzen en eenden zouden last (of voordeel) kunnen hebben van de bodemdaling, door veranderingen in de kweldervegetatie. Voor deze soorten komt het telgebied overeen met de kweldergebieden waar bodemdaling optreedt. Het bodemdalingsgebied strekt zich namelijk uit over de kwelders van zowel het Nieuwlandsrijd als de Hon, en niet of nauwelijks over de nabijgelegen polders bij het dorp Buren.

### Telmethode en berekeningen

De tellingen op het Nieuwlandsrijd en op de Hon zijn in 1984 meestal op dezelfde dag uitgevoerd, door twee ambtenaren van het Ministerie van Landbouw die tegelijkertijd telden. Vanaf 1985 zijn Nieuwlandsrijd en Hon meestal niet meer op de zelfde dag geteld. Het Nieuwlandsrijd werd vanaf 1985 steeds geteld door een ambtenaar van het ministerie van Landbouw, en de Hon door de terreinbeheerder van het Fryske Gea. In de verwerking van de telgegevens zijn alleen vogelsoorten in beschouwing genomen die voor hun voortbestaan in belangrijke mate aangewezen zijn op de kweldervegetatie en/of van op voedselbronnen op het wad. Voorbeelden van telgegevens die hier niet zijn uitgewerkt zijn: groepen Spreeuwen, die na de broedtijd soms neerstrijken op het Nieuwlandsrijd, en de zo nu en dan langstrekkende roofvogels. De vogels zijn steeds geteld in de uren rond hoogwater. De vogels zijn lopend in het veld met behulp van een verrekijker opgespoord. Vervolgens zijn hun aantallen geteld of geschat. Schatting van aantallen -bij groepen groter dan enkele tientallen- gebeurde dat door een deel van een groep te tellen, en vervolgens het getelde deel af te passen over de rest. Daarbij is verstoring zo veel mogelijk voorkomen.

Op het Nieuwlandsrijd zijn in totaal 149 tellingen uitgevoerd, op de Hon 174. Vooral in de eerste jaren is tamelijk vaak geteld; op het Nieuwlandsrijd regelmatig 2 keer per maand, en op de Hon soms zelfs 4 of 5 maal per maand. In de laatste jaren is meestal 1 keer per maand geteld. Soms viel er een maand uit, soms zelfs meer dan één maand. Als illustratie van de het aantal keren dat er geteld is zijn Fig. 4a en 4b gegeven. In die figuren zijn 'gaten' langer dan een maand aangegeven doordat er dan geen lijn is getrokken tussen achtereenvolgende tellingen. Voor de Hon is er een vrij lange periode uitgevallen in het eind van 1988 en het begin van 1989. Voor het Nieuwlandsrijd vallen er in 1992 en 1993 een aantal leemtes van enkele maanden.

Uitgaande van de oorspronkelijke tellingen is per vogelsoort berekend hoe de verdeling van de vogels was over het Nieuwlandsrijd en de Hon, en wel van maand tot maand. Ter illustratie is hier voor de Wulp een staafdiagram gegeven (Fig. 5), waaruit blijkt dat Wulpen in de nazomer vooral op de Hon overtijen, en niet op het Nieuwlandsrijd. Als tussenstap bij de verwerking van de telresultaten is voor elke maand voor elke vogelsoort per gebied één

aantal berekend. Dat gebeurde hetzij door het gemiddelde te nemen van alle tellingen in die ene maand, hetzij door gewoon de ene telling van die maand aan te houden, hetzij door het gemiddelde te nemen van tellingen in dezelfde maand in het jaar daarvoor en het jaar daarna. Dat laatste was nodig om de leemtes op te vullen. Het resultaat is voor de Scholekster gegeven in Figuur 6a en 6b. Het beeld van deze figuur is veel regelmatiger dan dat van Figuur 4, maar uiteraard geven de -gedeeltelijk gemiddelde en geinterpoleerde- getallen nog slechts een globale indruk van de aantalsontwikkelingen. In dit geval is dat ook de bedoeling. De reeksen van Nieuwlandsrijd en Hon zijn vervolgens per vogelsoort samengevoegd tot één totaal-reeks van maandtotalen voor heel oost-Ameland (voor de Scholekster gegeven in Figuur 7). Om verschillende redenen is tot die samenvoeging besloten:

1 Door uitwisselingen tussen Nieuwlandsrijd en Hon, en doordat er op het wad geen duidelijke scheiding is tussen de fourageergebieden van de vogels die op Nieuwlandsrijd en Hon overtijen heeft het waarschijnlijk niet zo veel zin om de tellingen apart te verwerken (zie hieronder en Figuur 8).

2 Er zijn geen zodanig gedetailleerde gegevens voorhanden dat het zin zou hebben om de gegevens van het Nieuwlandsrijd anders te intepreteren dan die van de Hon.

3 De aantalsontwikkelingen op het Nieuwlandsrijd en de Hon blijken voor het grootste deel van de onderzoeksperiode gelijk te zijn. Alleen in de laatste jaren is er enig verschil, maar dat verschil kon goed verklaard worden zonder dat alle gegevens apart voor Nieuwlandsrijd en Hon werden verwerkt.

De laatste stap in de bewerking van de gegevens bestond uit het maken van berekeningen van het aantal vogeldagen per soort per jaar, voor heel oost-Ameland.

De tellingen van het gehele eiland Ameland zijn uitgevoerd door (ex-)leden van de toenmalige Katholieke Jeugdbond voor Natuurstudie. De methode die hiervoor werd gebruikt komt in grote lijnen overeen met de hierboven beschreven telmethode voor het Nieuwlandsrijd en de Hon maar werd plaatselijk aangevuld d.m.v. tellingen van vogels tijdens de hoogwater- of laagwatertrek. De methode is uitvoerig beschreven in Rappoldt & Reijnen (1976) en beknopt in Carriëre & Kersten (1975).

### Uitwisseling van vogels tussen Nieuwlandsrijd en de Hon

Doordat in 1984 als regel tegelijk op het Nieuwlandsrijd en de Hon geteld is, gaven de telresultaten uit dat jaar de mogelijkheid, om na te gaan of er ook veel uitwisseling is van vogels tussen deze twee gebieden. Met name voor de Scholekster en de Smient leek er inderdaad een regelmatige uitwisseling te zijn, hetzij door verstoring, hetzij door andere oorzaken. Een voorbeeld daarvan is gegeven in Fig. 8, voor de Smient. Wanneer er op een bepaalde dag veel Smienten op het Nieuwlandsrijd waren, zaten er weinig op de Hon, en andersom. Meer systematische verschuivingen waren er ook, namelijk in de aantalsverdeling van de vogels in de loop van het jaar. In Fig. 5 is daarvan voor de Wulp al een voorbeeld gegeven. Ook bij andere vogelsoorten hing de aantalsverdeling tijdens de hoogwatertellingen samen met het seizoen. Deze veranderingen hoeven geen uitwisseling te betekenen, aangezien veel vogels slechts gedurende enkele weken op één plaats blijven om dan weer door te trekken. Men zou dus hoogstens kunnen zeggen, dat de Wulpen in augustus op een andere

plaats overtijen dan in december. Deze jaarlijkse cycli hebben dan ook op zichzelf geen betekenis voor het onderzoek naar de eventuele effecten van bodemdaling.

### Soortsbesprekingen

Op de kwelders en zandplaten van oost-Ameland werden ongeveer 30 vogelsoorten min of meer regelmatig waargenomen die voor hun voedsel afhankelijk waren van de kwelder-vegetatie of van het wad ten zuiden van oost-Ameland. Van die 30 waren er maar 16 talrijk genoeg om een redelijk betrouwbaar beeld van hun aantalsontwikkelingen te geven. De overige soorten zijn als één groep ('Overige soorten') samen genomen.

*Rotgans*
Rotganzen komen vooral op het Nieuwlandsrijd voor, met een duidelijke piek in april en mei. Er zijn gedurende die maanden gemiddeld zo'n 2000-3000 Rotganzen op het Nieuwlandsrijd aanwezig. Het aantal vogeldagen per jaar was door de jaren heen vrij constant, ongeveer 270.000 (Fig. 9a). Alleen in 1989 en 1990 waren het er duidelijk meer, namelijk 340.000 en bijna 400.000. De toename in 1989 werd waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door een geslaagd broedseizoen in 1988 (Ebbinge 1992a). In 1989 zijn ook in andere delen van het waddengebied meer Rotganzen waargenomen dan in de jaren daarvoor.

De aantallen Rotganzen op geheel Ameland vertonen in de afgelopen 20 jaar een duidelijk stijgende lijn (Fig. 9bc), overeenkomstig met de sterk toegenomen populatieomvang van de soort in de laatste decennia, die zich ook elders weerspiegelt. De grootte van de noordwest-Europese populatie nam toe van ruim 20.000 in 1960 tot meer dan 200.000 exemplaren aan het eind van de jaren '80 (Ebbinge 1992a). Deze toename komt vooral tot uiting in de aantallen die in mei in de Nederlandse Waddenzee worden geteld omdat zich in deze maand in dit gebied een groot deel van de wereldpopulatie concentreert. De toename komt ook duidelijk naar voren in de aantallen die op Ameland worden geteld, zowel in januari als in mei. Het beeld op Terschelling is sterk wisselend en per maand verschillend (Fig. 9bc). De Terschellinger kwelder wordt beschouwd als een voorkeursgebied waar de aantallen in mei hun maximale waarden al jaren geleden hebben bereikt (Ebbinge 1992b). Als gevolg hiervan zal bij een verdere groei van de populatie hier geen en elders wel een toename zijn te constateren. Fig. 9b illustreert ook dat de Rotgans in strenge winters (zoals in 1979, 1982, 1986 en 1987) geheel van het eiland verdwijnt. In 1985 kon de januari-telling door barre weersomstandigheden niet doorgaan.

*Smient*
De Smient is alleen vanaf september tot maart aanwezig op oost-Ameland. De grootste aantallen worden van september tot december op de Hon waargenomen, gemiddeld enkele duizenden. Op het Nieuwlandsrijd zijn gemiddeld ongeveer 1000 Smienten aanwezig. De soort vertoonde vanaf 1984 tot 1987 een opvallende afname van 450.000 vogeldagen per jaar naar 200.000. Ook in 1988 en 1989 waren de aantallen relatief laag, daarna trad een regelmatig herstel op. In 1993 kwam de Smient weer op 450.000 vogeldagen uit (Fig. 10a).

De aantallen Smienten op Ameland en Terschelling lijken in de laatste jaren gedurende de herfst een licht dalende lijn te vertonen maar het beeld is wat wisselend. Duidelijk is dat de op oost-Ameland aanwezige aantallen maar een vrij klein deel vormen van de op geheel Ameland aanwezige aantallen. De aantallen in januari vertonen een stijgend verloop (Fig. 10b), overeenkomstig het beeld voor geheel Nederland. De aantallen in het najaar gaan,

zowel op Terschelling als (minder duidelijk) op Ameland, omlaag (Fig. 10c). De totaal in Nederland aanwezige populatie in januari in referentiegebieden werd in de jaren '80 geschat op 300.000-400.000 exemplaren terwijl hier in de jaren '70 200.000-300.000 Smienten aanwezig waren (Buesink et al. 1992). Elders in de Nederlandse Waddenzee komt de toename in januari minder duidelijk uit de tellingen naar voren. Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 laat zien dat de soort in de voorjaarsmaanden is toegenomen maar in de wintermaanden licht lijkt te zijn afgenomen (Smit & Zegers 1994). De aantallen die in in januari in het Zeeuwse Deltagebied worden geteld zijn min of meer constant (Meininger et al. 1994). Ook in Groot-Brittannië en Ierland zijn de aantallen overwinterende Smienten min of meer constant (Waters et al. 1993), de noordwest-Europese populatie wordt aangeduid als "stabiel" (Rose & Scott 1994).

*Bergeend*

Bergeenden zijn gedurende het hele jaar op oost-Ameland aanwezig. Tot 1989 waren er tussen januari tot augustus steeds zo'n 500-1000, gelijkelijk verdeeld over Nieuwlandsrijd en Hon. Tussen september en december waren er 3000-4000. Daarna zakten de aantallen in de zomer met ongeveer een factor 4. Deze sterke afname komt ook in de vogeldagengrafiek duidelijk naar voren (Fig. 11a). Het aantal vogeldagen daalde van 600.000 in 1985 naar 300.000 in 1989. Ook daarna ging de achteruitgang verder. In 1993 werden nauwelijks meer dan 100.000 vogeldagen op oost-Ameland doorgebracht. Ten opzichte van de beginsituatie was er dus een afname met een factor 5.

Het aantalsverloop van de Bergeend op geheel Ameland en Terschelling vertoont geen duidelijk verloop hoewel op beide eilanden in de periode 1987-'93 sprake is van een gestage afname. De aantallen in januari worden goeddeels bepaald door de strengheid van de winter (met zeer lage aantallen of het geheel ontbreken van de soort in strenge winters) en sterk flucturende aantallen in de maanden september-november (Fig. 11bc). Het beeld op Ameland en Terschelling is duidelijk anders dan het algemene beeld voor de Nederlandse Waddenzee. Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 laat zien dat de Bergeend in de meeste maanden van het jaar een zekere toename vertoont, met name in de periode september-november (Smit & Zegers 1994). Ook in Groot-Brittannië vertonen de aantallen overwinterende Bergeenden een zekere toename, de aantallen in Ierland zijn min of meer stabiel (Waters et al. 1993). De totale aantallen in noordwest-Europa overwinterende Bergeenden vertonen een lichte stijging (Buesink et al. 1992, Rose & Scott 1994).

*Wilde Eend*

's Zomers zijn er op oost-Ameland altijd wel enkele Wilde eenden aanwezig, zowel op het Nieuwlandsrijd als op de Hon. Tussen september en maart zijn er wat meer, maar ook dan blijven de aantallen beperkt tot enkele honderden. De meeste daarvan verblijven op de Hon. Er was geen duidelijke trend tussen 1984 en 1993 (Fig. 12a).

De Wilde Eend vertoont op geheel Ameland geen duidelijk toe- of afname. Dit geldt voor zowel de herfst als voor januari (Fig. 12bc). Gerekend over geheel Nederland zijn de aantallen vrij stabiel (Buesink et al. 1992), maar de aantallen in de Nederlandse Waddenzee laten een stijgende lijn zien, met name in de periode augustus-november (Smit & Zegers 1994). Opvallend is dat de in de herfst aanwezige aantallen op hetzelfde niveau liggen als de in de winter aanwezige aantallen. Wilde Eenden kunnen dan ook goed tegen strenge kou. In strenge winters zijn niet duidelijk minder Wilde Eenden op het eiland aanwezig. Dit verschijnsel is ook elders in Nederland vastgesteld (SOVON 1987). In het Zeeuwse Deltagebied

werden in de jaren 1980-'87 vrijwel steeds dezelfde aantallen overwinterende Wilde Eenden geteld. Daarna namen de aantallen sterk toe tot meer dan het dubbele (Meininger et al. 1994). In Groot-Brittannië vertonen de aantallen overwinterende Wilde Eenden een zekere daling. De aantallen in Ierland, daarentegen, laten een zekere toename zien (Waters et al. 1993). De noordwest-Europese populatie wordt aangeduid als "stabiel" (Rose & Scott 1994).

*Eidereend*

Eidereenden zijn vooral aanwezig in de periode maart - augustus. Op het Nieuwlandsrijd ligt het zwaartepunt van april tot mei (circa 1000 exemplaren), en op de Hon van mei tot juli (ca. 3000 exemplaren). Deze aantallen zijn tussen 1984 en 1993 voor het Nieuwlandsrijd tamelijk constant geweest. Op de Hon waren er enkele topjaren (1989 en 1990), met zomeraantallen van ongeveer 6000 Eidereenden, gevolgd door een snelle afname tot ongeveer 800 Eidereenden in 1992 en 1993. Uit de berekening van het aantal vogeldagen (Fig. 13a) blijkt dat de Eidereend tussen 1984 en 1990 steeds talrijker werd ten zuiden van oost-Ameland. Na ongeveer 400.000 vogeldagen in 1984 en 1985 steeg het aantal vogeldagen tot bijna 1,1 miljoen. Daarna vond een zeer snelle afname plaats, tot ongeveer 200.000 in 1993. Er zijn op dit moment dus aanzienlijk minder Eidereenden aanwezig dan in het begin van de waarnemingsperiode.

De Eidereend is een soort waarvan de aantallen in de meeste maanden van het jaar niet goed via hoogwatervluchtplaatstellingen kunnen worden vastgesteld. De aantallen die vanaf de kant kunnen worden waargenomen worden namelijk sterk bepaald door de omstandigheden waaronder wordt waargenomen, met name door zicht en golfslag. Een uitzondering is de periode april-juni wanneer geslachtsrijpe vogels zich verzamelen in de omgeving van de broedkolonies terwijl ook de onvolwassen vogels zich dicht bij de kust ophouden (Swennen 1976). Deze aantallen op geheel Ameland en Terschelling in deze tijd van het jaar vertonen gedurende de jaren 1973-'91 een duidelijk stijgende lijn (Fig. 13bc). De afname die op oost-Ameland in de jaren 1992-'93 werd geconstateerd kan door het ontbreken van voldoende integrale tellingen op Ameland in deze jaren niet worden bevestigd. De aantallen in januari, gerekend over geheel Nederland, in de periode 1967-'89 vertonen een significante toename (Buesink et al. 1992) maar het aantal (vliegtuig)tellingen waarop deze toename is gebaseerd is relatief klein. Swennen (1991) stelt dat het aantal overwinteraars sinds de jaren '70 in de Nederlandse Waddenzee niet is toegenomen, ondanks een verdubbeling van de Baltische populatie in deze periode. Voedselschaarste was er de oorzaak van dat in de laatste jaren de aantallen Eidereenden in de Nederlandse Waddenzee sterk daalden. Niet alleen trad relatief hoge sterfte op, ook een groot deel van de normaliter in de Waddenzee overwinterende Eidereenden verplaatste zich naar de Noordzee net ten noorden van de waddeneilanden. Waarschijnlijk vond bovendien wegtrek plaats naar de Duitse Waddenzee (Smit 1994).

*Scholekster*

De Scholekster is één van de meest talrijke vogels van oost-Ameland. Tijdens het broedseizoen zijn er steeds circa 1000 aanwezig, gelijkelijk verdeeld over Nieuwlandsrijd en Hon. Buiten de broedtijd zijn er steeds ongeveer 5000 Scholeksters. Overigens lagen deze gemiddelden in 1984 hoger en heeft zich sindsdien een afname voorgedaan waardoor de aantallen nu lager liggen. In de vogeldagengrafiek (Fig. 14a) komt de afname vanaf 1984 duidelijk tot uiting. Van 1,5 miljoen vogeldagen in 1984 was er een vrijwel continu doorlopende daling, tot ongeveer 800.000 in 1993.

De aantallen Scholeksters zijn op de meeste plaatsen in het waddengebied redelijk constant gedurende de maanden augustus-februari. De aantallen in januari geven daarmee een goed beeld van het aantal aanwezige exemplaren in deze maanden. Dit is ook op Ameland het geval (zie Fig. 14b). De op geheel Ameland getelde aantallen vertonen een sterke toename gedurende de periode 1975-'89, waarbij de aantallen verdrievoudigden, gevolgd door een even zo sterke daling in de daaropvolgende jaren. Gerekend over de hele Nederlandse Waddenzee werd in het begin van de jaren '90 een daling van het aantal Scholeksters in de Nederlandse Waddenzee met ongeveer 50.000 exemplaren. Deze afname speelde zich vooral af in de oostelijke Waddenzee (Smit 1994, zie ook Fig. 14 bc). In Groot-Brittannië bedraagt de toename van de overwinterende populatie over de periode 1973-'93 ongeveer 50-60%, waarbij kan worden opgemerkt dat de aantallen in de jaren 1988-'93 min of meer constant zijn (Waters et al. 1993). De noordwest-Europese populatie wordt aangeduid als "toegenomen" (Rose & Scott 1994).

*Bontbekplevier*

De Bontbekplevier is bijna het hele jaar aanwezig op de Hon, behalve in de wintermaanden. De aantallen zijn vrij gering. Gemiddeld zijn enkele honderden exemplaren aanwezig tijdens de trekperioden, daarbuiten enkele tientallen. Vooral de laatste jaren lijken er iets vaker groepen Bontbekplevieren te worden gezien. Uit de vogeldagengrafiek (Fig. 15a) blijkt inderdaad enige toename, van circa 10.000 in de eerste jaren na 1984 tot ongeveer 30.000 nu, met een tussentijdse piek in 1989.

Ook op eiland-niveau is de Bontbekplevier een schaarse soort. Maximaal werden in de periode 1972-'91 slechts 538 exemplaren op Ameland geteld. De grootste aantallen zijn aanwezig in de periode augustus-september. In januari, de maand waarvan de beste serie telgegevens beschikbaar is, zijn de aantallen zeer laag. Schaars aanwezige soorten blijken een grote kans te lopen om tijdens wadvogeltellingen geheel of gedeeltelijk over het hoofd te worden gezien. Als gevolg hiervan is de foutenmarge bij dergelijk soorten relatief groot (Rappoldt et al. 1985). Om deze reden is geen diagram vervaardigd. Het algemene beeld voor deze soort is er één van een sterke daling van de aantallen die in de nazomer aanwezig zijn (Fig. 15b). Werden in het begin van de jaren '70 nog regelmatig 300-500 exemplaren op Ameland geteld, recent komen de maximale aantallen niet hoger dan 100-200. Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat de Bontbekplevier in augustus ongeveer even talrijk is gebleven maar dat de aantallen in september zijn gehalveerd (Smit & Zegers 1994). In de Westerschelde werden in de nazomer in het eind van de jaren '80 aanzienlijk hogere aantallen Bontbekplevieren geteld in vergelijking met de aanwezige aantallen aan het begin van de jaren '80. In de Oosterschelde was deze tendens niet aanwezig (Meininger et al. 1994). In Groot-Brittannië zijn de aantallen overwinterende Bontbekplevieren min of meer constant (Waters et al. 1993). De in noordwest-Afrika en west-Europa overwinterende populatie wordt aangeduid als "toegenomen" (Rose & Scott 1994).

*Zilverplevier*

De Zilverplevier komt op het Nieuwlandsrijd maar weinig voor. In mei en augustus zijn enkele honderden exemplaren aanwezig. Op de Hon worden grotere aantallen waargenomen, met pieken van ca. 500 in mei en ca. 1500 in september. In de jaren vanaf 1989 zijn de aantallen buiten de piekperioden op de Hon gemiddeld wat toegenomen, tot enkele honderden dieren. In het verloop van de vogeldagen (Fig. 16a) is een regelmatige toename te zien, van 50.000 vogeldagen in 1984 tot 140.000 in 1992. Daarna vond weer enige afname plaats, gevolgd door een verdere stijging tot 200.000 vogeldagen in 1993.

De Zilverplevier kent twee verschillende populaties die beide van de Nederlandse Waddenzee gebruik maken maar op een verschillende manier. Er is een groep die de Nederlandse Waddenzee, en andere westeuropese wadgebieden, als overwinteringsgebied gebruikt. Deze groep vertegenwoordigt één van de weinige wadvogelpopulaties die in veel gebieden, ook het buitenland, al gedurende langere tijd een gestage toename vertoont. Deze toename is ook duidelijk af te lezen uit Fig. 16b. Een tweede groep overwintert in Afrika. Deze gebruikt de Waddenzee in het najaar en in mei de Waddenzee als tussenstation op de doortrek van en naar de broedgebieden. De in mei op Ameland aanwezige aantallen Zilverplevieren blijven min of meer constant (Fig. 16c). In de Nederlandse Waddenzee zijn de overwinterende aantallen gedurende de laatste 20 jaren toegenomen met een factor 2-3 (Smit & Zegers 1994). De aantallen die in in januari in het Zeeuwse Deltagebied worden geteld zijn daarentegen min of meer constant. Meininger et al. (1994) veronderstellen dat het gebied voor deze soort "vol" is. Vergelijkbare situaties werden vastgesteld in Groot-Brittannië. Hier is sprake van een meer dan verviervoudiging van de overwinterende populatie over de periode 1973-'93, waarbij kan worden opgemerkt dat de aantallen in de jaren 1988-'93 min of meer constant waren (Waters et al. 1993). Er waren echter grote verschillen tussen estuaria. In sommige gebieden namen de aantallen met een factor 10 of meer toe, in andere gebieden bleven de aantallen constant (Moser 1998).

*Tureluur*

Gedurende de winter, in het voorjaar en tot in juni is de Tureluur in klein aantal (enkele tientallen) aanwezig op oost-Ameland. Van juli tot november zijn de aantallen hoger, gemiddeld worden dan enkele honderden exemplaren geteld. In juli en augustus zitten deze gelijkelijk verspreid over Nieuwlandsrijd en Hon, daarna zitten de meeste op de Hon. Zowel op het Nieuwlandsrijd als op de Hon zijn de piekaantallen tijdens de najaarstrektijd geleidelijk afgenomen sinds 1984. In de vogeldagen (Fig. 17a) komt deze afname ook tot uitdrukking. Met enige fluctuaties nam het aantal vogeldagen per jaar af van circa 50.000 in 1984 en 1985 tot ongeveer 20.000 in de periode 1990-'93.

Ook de Tureluur kent twee in trekgedrag verschillende populaties die op een verschillende manier van de Nederlandse Waddenzee gebruik maken. Er is een groep in Afrika en zuid-Europa overwinterende Tureluurs die in het najaar en voorjaar de Waddenzee als tussenstation gebruikt op de doortrek van en naar de broedgebieden maar die ook in het waddengebied broedt. Een tweede groep gebruikt de Nederlandse Waddenzee, en andere noordwesteuropese wadgebieden, alleen als overwinteringsgebied. Deze vogels zijn afkomstig van IJslandse broedgebieden. Fig. 17bc laat zien dat beide populaties in aantal lijken af te nemen in de periode 1975-'87, zowel op Ameland als op Terschelling, waarbij de achteruitgang van de overwinterende populatie het meest duidelijk is. Na 1987 is sprake van een stabilisatie van de aantallen. Een vergelijking van de gemiddelde aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat de Tureluur in augustus en oktober is toegenomen, in september is afgenomen en in januari even talrijk is gebleven (Smit & Zegers 1994). De ontwikkeling op Ameland en Terschelling wijkt derhalve enigszins af van het algemene beeld. In Groot-Brittannië zijn de aantallen overwinterende Tureluurs min of meer constant (Waters et al. 1993) maar een deel van de in dit land overwinterende Tureluurs is afkomstig uit Groot-Brittannië zelf. Deze populatie kan zich anders ontwikkelen dan de populaties die van de Nederlandse Waddenzee gebruik maken. Zowel de in west-Afrika als de in noordwest-Europa overwinterende populaties worden aangeduid als "afgenomen" (Rose & Scott 1994).

*Bonte Strandloper*
De Bonte Strandloper komt op het Nieuwlandsrijd practisch niet voor. Soms worden er ca. 1000 exemplaren geteld. Dat gebeurt niet vaker dan gemiddeld eens per jaar, nu eens in het voorjaar en dan eens in zomer of najaar. Op de Hon zijn bijna altijd wel Bonte Strandlopers aan te treffen, vooral in september. In de periode tot 1990 ging het meestal om enkele duizenden vogels, daarna zijn de aantallen gestegen. De stijgende lijn in de aantallen is goed waarneembaar in de vogeldagengrafiek (Fig. 18a). Na enkele sterke fluctuaties is er vanaf 1987 een stijgende tendens in het aantal vogeldagen per jaar, slechts onderbroken door een iets minder goed jaar 1990. Ten opzichte van de eerste jaren (gemiddeld ongeveer 250.000 vogeldagen) was er sprake van een zeer sterke stijging. In 1993 waren er ongeveer 1 miljoen vogeldagen.

Het aantalsverloop van de Bonte Strandloper op Ameland vertoont geen duidelijk beeld. Dit is mogelijk is omdat de aantallen elders op Ameland meestal een stuk groter zijn dan op oost-Ameland. De aantallen in januari worden goeddeels bepaald door de strengheid van de winter (met zeer lage aantallen of het geheel ontbreken van de soort in strenge winters) een laten een nogal wisselend verloop zien (Fig. 18b). Ook de aantallen in augustus/october flucturen nogal maar suggereren een licht dalende tendens (Fig. 18c). Een vergelijking van de gemiddelde aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat de Bonte Strandloper in de meeste maanden van het jaar op hetzelfde niveau liggen, met uitzondering van de aantallen in januari. In deze maand zijn de aantallen tijdens de tellingen die tussen 1980 en 1991 zijn uitgevoerd onder het niveau uit de eerste periode (Smit & Zegers 1994). Mogelijk speelt de relatief hoge frequentie van koude winters (en de daarmee gepaard gaande wegtrek) in het afgelopen decennium ook een rol. De aantallen die in in januari in het Zeeuwse Deltagebied worden geteld zijn gedurende de jaren '80 geleidelijk afgenomen, met name in de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak gebied. Dit is voor een deel een gevolg van de Oosterscheldewerken. In de Westerschelde zijn de aantallen min of meer constant (Meininger et al. 1994). In Groot-Brittannië is de Bonte Strandloper aanzienlijk afgenomen in de jaren 1974-'88. Sinds dit laatste jaar is sprake van een zeker herstel hoewel in januari 1993 werd weer een relatief gering aantal Bonte Strandlopers geteld (Waters et al. 1993). De gehele noordwest-Europese populatie wordt aangeduid als "afgenomen" (Rose & Scott 1994).

*Rosse Grutto*
De Rosse Grutto komt practisch niet voor op het Nieuwlandsrijd. Op de Hon is hij uitsluitend aanwezig in april-mei en in juli-september. Meestal zijn dan enkele duizenden Rosse Grutto's op de Hon aanwezig. De vogeldagengrafiek (Fig. 19a) laat enige toename zien in de periode 1984-'86, met daarna fluctuaties die niet op een duidelijke toe- of afname wijzen. Gemiddeld werden zo'n 100.000-200.000 vogeldagen per jaar geregistreerd.

Ook de Rosse Grutto kent twee in trekgedrag verschillende populaties die op een verschillende manier van de Nederlandse Waddenzee gebruik maken. Er is een groep in west-Afrika overwinterende vogels die in het najaar en voorjaar de Waddenzee als tussenstation gebruikt op de doortrek van en naar de broedgebieden. Een tweede groep gebruikt de Nederlandse Waddenzee, en andere noordwesteuropese wadgebieden, als overwinteringsgebied. Deze vogels zijn waarschijnlijk afkomstig van broedgebieden in noord Scandinavië en noordwest-Rusland. Deze laatste groep is in januari echter slechts in vrij kleine aantallen op Ameland aanwezig en het aantalsverloop gedurende de laatste 15 jaren vertoont geen duidelijk beeld (Fig. 19b). De in Afrika overwinterende populatie, die in mei doortrekt, vertoont echter wel

een duidelijk toenemende trend (Fig. 19c). Een vergelijking van de gemiddelde aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat voor mei hetzelfde beeld zien. In augustus-september zijn de aantallen wat lager, in januari blijven ze op hetzelfde niveau (Smit & Zegers 1994). De aantallen die in het najaar in het Zeeuwse Deltagebied worden geteld zijn gedurende de jaren '80 niet sterk veranderd. In het Oosterscheldegebied veranderde wel het doortrekpatroon. In de Westerschelde was dit niet het geval en namen de aantallen licht toe (Meininger et al. 1994). In Groot-Brittannië bedraagt de toename van de overwinterende populatie over de jaren 1974-'93 ongeveer 20-50% (Waters et al. 1993). Van de in west-Afrika is niet bekend of deze voor- of achteruitgaat, de in noordwest-Europa overwinterende populatie wordt aangeduid als "toegenomen" (Rose & Scott 1994).

*Wulp*

Gedurende de winter en in het voorjaar verblijven er steeds ongeveer 1000 tot 2000 Wulpen op oost-Ameland, ongeveer gelijk verdeeld over Nieuwlandsrijd en Hon. In mei zijn de aantallen laag. Van juni tot oktober zijn er ongeveer 3000 Wulpen op de Hon, terwijl er tegelijkertijd maar enkele honderden op het Nieuwlandsrijd verblijven (Fig. 5). Bijna alle Wulpen lijken dus gedurende de zomer en de vroege herfst de Hon te verkiezen boven het Nieuwlandsrijd. Een verklaring daarvoor zou de relatieve rust op de Hon kunnen zijn. De Wulp is namelijk een sterk verstoringsgevoelige vogel. In de zomerperiode is het Nieuwlandsrijd min of meer vrij toegankelijk, terwijl de Hon dan is gesloten voor het publiek. Overigens is een verschuiving zoals bij de Wulp niet of nauwelijks herkenbaar in het aantalsverloop van andere vogelsoorten. In het aantal vogeldagen gedurende de periode 1984-'93 zitten vrij grote fluctuaties, maar zonder een duidelijke trend (Fig. 20a). In de meeste jaren werden tussen de 400.000 en 600.000 vogeldagen doorgebracht, met relatief goede jaren in 1984, 1989 en 1992. In 1993 waren er relatief veel Wulpen. Het aantal vogeldagen kwam toen op meer dan 900.000 uit.

Het aantalsverloop van de Wulp op Ameland en op Terschelling vertoont geen duidelijk beeld. De Wulp is een winterharde soort die ook onder zeer koude weersomstandigheden (zoals in de winter 1985-'87) in de Nederlandse Waddenzee aanwezig blijft. De aantallen in januari vertonen, evenals die in juli/september, geen duidelijke tendens (Fig. 20bc). Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat deze op hetzelfde niveau of daar wat boven liggen (Smit & Zegers 1994). De aantallen die in het najaar in het Zeeuwse Deltagebied worden geteld zijn gedurende de jaren 1975-'90 weinig veranderd (Meininger et al. 1994). In Groot-Brittannië is de overwinterende populatie van deze soort in de jaren 1974-'93 met ongeveer 50% toegenomen (Waters et al. 1993). De totale in noordwest-Europa overwinterende populatie wordt echter aangeduid als "afgenomen" (Rose & Scott 1994).

*Kluut*

De Kluut is een relatief schaarse vogel op oost-Ameland. Op het Nieuwlandsrijd zijn er tussen april en juli gemiddeld zo'n 50-100 Kluten aanwezig. Daarna neemt het aantal snel af. Op de Hon komen de Kluten pas in juli en blijven daar tot oktober. De toptijd is augustus, dan verblijven gemiddeld ongeveer 250 Kluten op de Hon. In juli, september en oktober zijn er gemiddeld 100-150. Het aantal vogeldagen van de Kluut (Fig. 21a) vertoonde geen duidelijke trend in de periode 1984-'94.

Ook het aantalsverloop van de Kluut op Ameland en Terschelling vertoont geen duidelijk beeld. Omdat deze soort voor het overgrote deel in zuid-Europa en Afrika overwintert is voor de analyse van het aantalsverloop op Ameland gebruik gemaakt van de tellingen die in de maanden augusts-october zijn uitgevoerd (Fig. 21b). Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat deze op hetzelfde niveau liggen (Smit & Zegers 1994). De aantallen die in het Zeeuwse Delta-gebied worden geteld zijn gedurende de jaren '80 in alle maanden toegenomen (Meininger et al. 1994). Dit is mogelijk een gevolg van de toename van de plaatselijke broedvogel-populatie. De totale in west-Europa en west-Afrika overwinterende populatie wordt aangeduid als "stabiel" (Rose & Scott 1994).

*Kokmeeuw*
In tegenstelling tot veel andere vogelsoorten is de Kokmeeuw over het algemeen veel talrijker op het Nieuwlandsrijd dan op de Hon. Het gaat gemiddeld om zo'n 500-1000 exemplaren, aanwezig van juni tot september. Op de Hon zijn gemiddeld enkele honderden exemplaren aanwezig in de maanden juli en augustus. In de loop van de jaren heeft het aantal vogeldagen per jaar nogal geschommeld (Fig. 22a). Na een sterke toename tussen 1984 en 1986 (van 60.000 naar 170.000 vogeldagen per jaar) volgden er drie magere jaren met 50.000-60.000 vogeldagen, gevolgd door drie redelijk goede jaren met 100.000 vogeldagen. Het laatste jaar van de serie was een tamelijk goed jaar, met bijna 150.000 vogeldagen.

Het maken van een analyse van de aantalsontwikkeling van de Kokmeeuwen is op basis van het beschikbare getallenmateriaal voor geheel Ameland niet goed mogelijk. Daarvoor ontbreken in veel gevallen de noodzakelijke tellingen of werd geen uitsplitsing gemaakt op soortsniveau van de totaalaantallen van de verschillende meeuwensoorten. Duidelijk is wel dat de aantallen in januari min of meer constant zijn. Een vergelijking van de gemiddelde aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat deze in de periodes augustus-november en maart-mei op een hoger niveau liggen maar in januari lager zijn (Smit & Zegers 1994). Er zijn geen gegevens over populatie-ontwikkelingen van meeuwen en sterns in Groot-Brittannië.

*Zilvermeeuw*
Alleen op het Nieuwlandsrijd zijn de Zilvermeeuwen steeds geteld. Vandaar dat hier alleen iets gezegd kan worden over het aantalsverloop in dit gebied. Bijna het hele jaar door zijn er gemiddeld tussen de 400 en 800 Zilvermeeuwen op het Nieuwlandsrijd aanwezig. De verdeling over de maanden is onregelmatig, met grote aantalsverschillen die van jaar op jaar anders kunnen zijn (Fig. 22b). Misschien komt dat doordat de Zilvermeeuw niet specifiek zijn voedsel zoekt tijdens laagwater en ook niet alleen op het wad. Behoudens enkele vrij grote fluctuaties lijkt er geen duidelijk verloop te zitten in het aantal vogeldagen per jaar. Het aantal vogeldagen was gedurende de laatste jaren relatief hoog, namelijk 200.000-250.000.

Het aantalsverloop van de Zilvermeeuw op Ameland vertoont geen duidelijk beeld. Hoewel ook voor deze soort veel telgegevens ontbreken is wel getracht dit middels een figuur te illustreren (Fig. 22c). Een vergelijking van de aantallen over de periodes 1965-'77 en 1980-'91 over de hele Nederlandse Waddenzee laat zien dat deze in de tweede periode op niveau liggen dat 1-2 maal ligt boven het niveau uit de eerste periode (Smit & Zegers 1994). De in noordwest-Europa overwinterende populatie wordt aangeduid als "stabiel" (Rose & Scott 1994).

*Visdief en Noordse Stern*
Tot in 1988 waren er gedurende de broedtijd meestal enkele tientallen sterns aanwezig op het Nieuwlandsrijd. Sindsdien zijn ze daar verdwenen. Op de Hon zijn tijdens de broedtijd steeds enkele sterns aanwezig, gevolg door wat grotere aantallen in juli en augustus. Daarna verdwijnen ze uit het gebied. De vogeldagengrafiek duidt niet op een duidelijke trend (Fig. 23a).

Hoogwatervluchtplaatstellingen zijn geen goede manier om aantallen sterns vast te leggen omdat sterns geen duidelijk getijritme vertonen. Specifieke tellingen van verzamelplaatsen tijdens zonsonderghang of zonsopkomst zijn hiervoor een betere techniek. Om deze reden, en vanwege het ontbreken van sterns in de periode october-maart, zijn er te weinig goede telgegevens van Ameland beschikbaar om uitspraken te doen over aantalsontwikkelingen. Om dezelfde reden is geen analyse beschikbaar van ontwikkeling in de hele Nederlandse Waddenzee.

*Overige soorten*
Alle overige soorten samen waren gemiddeld samen goed voor circa 60.000 vogeldagen per jaar (Fig. 23b). De belangrijkste 'overige' soorten waren de Groenpootruiter, met een aantalsverloop die ongeveer overeen kwam met die van de Tureluur en de Kanoetstrandloper. Het relatief hoge aantal vogeldagen in 1991 werd veroorzaakt door een groep van ca. 4400 Kanoetstrandlopers die éénmaal neerstreek op de Hon. Zowel op gebieds- als op eiland-niveau komen de "overige soorten" in relatief kleine aantallen voor. Om deze reden hebben de afzonderlijke telgegevens een relatief grote toevallige fout waardoor het niet zinvol lijkt ze te betrekken in analyses over aantalsontwikkelingen.

### Evaluatie van de vogelaantallen

Het beeld van de tellingen op oost-Ameland overziend, moet geconstateerd worden dat in de periode 1984-'93 voor een aantal soorten aanzienlijke aantalsveranderingen zijn opgetreden:

De Smient ging tijdelijk achteruit, maar herstelde zich weer;
De Bergeend verdween bijna geheel;
De Eidereend nam tot in 1990 toe, om vervolgens sterk af te nemen;
De Scholekster nam voortdurend af;
De Bontbekplevier en de Zilverplevier namen toe;
De Tureluur nam af;
De Bonte Strandloper nam sterk toe.

Bij enkele soorten valt een snelle stijging van het aantal vogeldagen in 1993 op. Dat was het geval bij Zilverplevier, Bonte Strandloper en Wulp, en in mindere mate bij de meeuwen

Wanneer een vergelijking wordt gemaakt van de ontwikkelingen in vogelaantallen van oost–Ameland, geheel Ameland, geheel Terschelling en de hele Nederlandse Waddenzee en noordwest-Europa anderzijds kunnen de volgende verschillen worden vastgesteld (Tabel 1).

Rotgans: een toename op oost-Ameland, geheel Ameland, Nederland en noordwest-Europa, maar een gelijk blijven van de aantallen op Terschelling in mei.

De Bergeend verdween bijna geheel op oost-Ameland, terwijl de aantallen op geheel Ameland en Terschelling min of meer gelijk bleven en in Nederland en noordwest-Europa toenamen.

De Scholekster nam op oost-Ameland in de periode 1984-'93 voortdurend af terwijl de aantallen op Terschelling in januari gelijk bleven. Buiten deze maand werd hier, maar ook elders, tot 1989 nog wel een aantalstoename vastgesteld.

Het feit dat de aantallen Bontbekplevieren en Bonte Strandlopers op oost-Ameland een andere tendens vertonen dan het beeld elders op Ameland is duidelijk afwijkend van het algemene beeld.

### Veranderingen in bodemfauna en geomorfologie in het gebied rond oost- Ameland

Van het wad onder Ameland is maar een zeer beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar. Ondanks het beperkte karakter van deze gegevens blijkt dat, voor wat betreft de Kokkels, de ontwikkeling van de aanwezige biomassa onder Ameland niet duidelijk afwijkt van de ontwikkeling elders in de Nederlandse Waddenzee. Om deze reden zal in het vervolg van dit hoofdstuk niet meer gedetailleerd op Kokkels worden ingegaan. Anders is de situatie voor Mossels waarvoor het gebied onder Ameland altijd relatief belangrijk is geweest. De ontwikkeling van de mosselpopulatie is relatief goed bekend. Door het IBN zijn tussen 1984 en eind 1987 inventarisaties uitgevoerd. De hoeveelheden opgevist mosselzaad zijn bekend tussen 1984 en 1990. Deze hoeveelheden geven tevens een indicatie van de toestand van de mosselpopulatie. Vanaf begin 1991 komen geen mosselbanken meer voor op het Amelander wad.

De verspreiding van de mosselbanken is weergegeven in Fig. 24. De mosselbanken onder Ameland zijn altijd zwaar bevist (Fig. 25). In de meeste jaren bleven resten over waarop weer nieuw zaad viel. Sinds 1987 heeft nauwelijks of geen zaadval plaatsgevonden terwijl de visserij onverminderd doorging. In 1991 zijn de laatste resten door stormen verdwenen. Op dit moment (najaar 1994) beginnen zich weer nieuwe banken te ontwikkelen. Het is nog niet duidelijk of deze zich zullen handhaven omdat de visserij in principe toegestaan is. In het voorjaar van 1987 bedroeg de biomassa van de Mosselen onder Ameland 5400 ton (versgewicht). In 1988 was dat toegenomen tot 16.600 ton. Hiervan werd in de zomer ruim 11.000 ton weggevist. Door groei van de overgebleven dieren kon ook in 1989 weer ruim 11.000 ton gevist worden. In de zomer van 1990 werd nog een kleine hoeveelheid gevist voordat de zaadvisserij werd gesloten. Daarna werden de laatste Mosselen handmatig verwijderd. De resten van de banken verdwenen door stormen in begin 1991.

### Veranderingen bij Engelsmanplaat

Een heel ander effect op de vogelaantallen op oost-Ameland zou veroorzaakt kunnen worden door de veranderingen in het Engelsmanplaatgebied. De Engelsmanplaat, gelegen tussen Ameland en Schiermonnikoog, is vanouds een belangrijke hoogwatervluchtplaats voor steltlopers. In de loop van de 80'er jaren is de plaat echter steeds lager geworden, waardoor vooral kleine steltlopers (zoals de Bonte Strandloper en de Kanoetstrandloper) tijdens hoge vloeden moeten uitwijken naar elders. Door de bewakers van Engelsmanplaat is tot en met 1991 inderdaad meermalen geconstateerd dat er vogels bij hoge vloeden uitweken naar Ameland of Schiermonnikoog. Ook het Rif ten noorden van Engelsmanplaat is lager

geworden. De kleine duintjes zijn er omstreeks 1989 verdwenen. Het Rif is nu smaller dan toen.

Na 1991 is Engelsmanplaat niet meer bewaakt door vogelwachters. Waarschijnlijk is daardoor de frequentie van verstoring door zeilvaarders toegenomen. De geul tussen Engelsmanplaat en het Rif wordt namelijk vaak gebruikt door zeiljachten en schepen van de z.g. bruine zeilvaart om voor anker te gaan. Soms wordt daarbij het Engelsmanplaatgebied betreden. Juist die verstoring is overigens de reden geweest om de bewaking van Engelsmanplaat nog tot 1991 voort te zetten. Al in de loop van de 80'er jaren was Engelsmanplaat te laag geworden als broedgebied voor sterns en steltlopers.

Door deze veranderingen is het heel goed mogelijk dat overtijende vogels op Engelsmanplaat in de afgelopen jaren vaker dan voorheen zijn uitgeweken naar oost-Ameland, met name naar de nabijgelegen Hon. Inderdaad blijkt uit de resultaten, dat een aantal vogelsoorten in de afgelopen jaren duidelijk talrijker is geworden op oost-Amelend. Uit de oorspronkelijke getallen blijkt ook, dat die toename inderdaad vooral op de Hon heeft plaatsgevonden. Het gaat hierbij om de stijgende lijn in de aantallen van de Zilverplevier, Bonte Strandloper, Wulp en Zilvermeeuw.

Het is mogelijk dat de wijzigingen in het Engelsmanplaat-Rif gebied ten dele niet aan de bodemdaling zijn toe te schrijven. Zandhonger op het wantij van Ameland zou de oorzaak van de geconstateerde veranderingen kunnen zijn. Hierdoor zou onvoldoende zand ter beschikking komen voor het gebied Engelsmanplaat-Rif.

### Andere veranderingen in de geomorfologie

Behalve de hierboven genoemde veranderingen zijn er ook enkele andere veranderingen opgetreden in het geulenpatroon ten zuiden van Ameland en in de buurt van Engelsmanplaat. Ten eerste is het Pinkegat (ten westen van Engelsmanplaat) verzand, ten tweede is de geul die vanaf de Holwerderbalg in de richting van het wantij liep heel ondiep geworden. Dat soort lokale veranderingen in het geulenpatroon kan op zichzelf nauwelijks van invloed zijn geweest op de structuur of de totale omvang van het voedselgebied voor vogels. Wel is het interessant om in de toekomst na te gaan of de verlaging van het Engelsmanplaatgebied, en eventuele andere wijzigingen in de geomorfologie, kunnen samenhangen met bodemdaling.

### De mogelijke relatie tussen veranderingen in de vogelstand en bodemdaling

Het spreekt vanzelf, dat onverklaarbaar lijkende veranderingen in de vogelstand niet automatisch het gevolg hoeven te zijn van bodemdaling. Het is daarom nuttig om terug te grijpen op de verwachtingen die zijn uitgesproken voordat dit monitoringsproject begon. Eén van de redenen om met dit onderzoek te beginnen was de vrees dat de droogvaltijd van het wad zou verminderen. Daardoor zouden de steltlopers en meeuwen minder lang op het wad kunnen verblijven, met als gevolg een aantalsafname van vooral steltlopers. Algemene achteruitgang van vogels die op droogvallende wadplaten naar voedsel zoeken zal dan ook de belangrijkste reden moeten zijn om een effect van bodemdaling te vermoeden. Andere veranderingen in de vogelstand zouden slechts geaccepteerd kunnen worden als bodemdalingseffect wanneer er een duidelijk en logisch verband kan worden beschreven met effecten van bodemdaling. Een voorbeeld zou een duidelijke verandering van de bodemsamenstelling kunnen zijn, wanneer aannemelijk gemaakt kan worden dat die is ontstaan door het opvullen

van de bodemdalingsschotel. Daardoor zouden bepaalde prooisoorten zeldzamer kunnen worden, of juist kunnen toenemen.

Er is een duidelijke relatie tussen het aantal vogels in een waddengebied en het oppervlak aan mosselbanken (Ens et al. 1993). Het verdwijnen van mosselbanken zal dus een invloed hebben gehad op de aantallen vogels in het gebied onder Ameland.

Het voedsel van de Bergeend, die op Ameland na 1987 sterk achteruit is gegaan, bestaat uit kleine organismen die uit de bovenlaag van de bodem worden gezeefd. Ook daarop zou het verlies van mosselbanken kunnen inwerken. Het kan namelijk zijn, dat mosselbanken tot op vrij grote afstand een effect kunnen hebben op de bodemfauna, door het slikkiger worden van de bodem en door het omzetten van algen uit het zeewater in voedingsstoffen voor algen op het wad. Vaak zoeken Bergeenden inderdaad voedsel in enigszins beschutte, slikkige gebieden. Een nadere analyse zou echter noodzakelijk zijn, om na te gaan of de voedselsituatie van de Bergeend ten zuiden van oost-Ameland veranderd is en in hoeverre dat met het verdwijnen van de mosselbanken te maken heeft.

Er zijn sommige andere vogelsoorten die ook vaak bij mosselbanken worden aangetroffen, maar die het toch goed lijken te doen op oost-Ameland. Voorbeelden zijn de Wulp, de Kokmeeuw en de Zilvermeeuw. De aantallen van deze vogels zijn niet afgenomen, of zelfs wat toegenomen. Er zijn ook vogelsoorten die zelden of nooit bij mosselbanken worden aangetroffen. Een voorbeeld is de Rosse Grutto, die vooral zijn voedsel zoekt op zandige plaatsen. De aantallen Rosse Grutto's zijn gedurende afgelopen jaren niet duidelijk veranderd. Het wad ten zuiden van Ameland gedurende de afgelopen jaren sterk vervlakt door het verdwijnen van alle mosselbanken. In feite is die verandering in het begin van de 80'er jaren ingezet, doordat mosseltelers er toen steeds meer toe overgingen om met ondiep stekende schepen (kokkelvissersvaartuigen) wilde Mosselen te oogsten van hoog liggende gebieden als het wantij van Ameland. Tot in de 70'er jaren was het wad ten zuiden van Ameland gekenmerkt door grote complexen van mosselbanken, met een basis van oude, door de Mosselen gevormde kleilagen. Tijdens het vissen naar Mosselen wordt die ondergrond beschadigd en op den duur kan hij geheel verloren gaan. Dat is ten zuiden van Ameland ook inderdaad gebeurd. Slechts hier en daar zijn nu nog plaatsen aan te wijzen waar de bodemsamenstelling herinnert aan de vroegere mosselbanken. Door een zeer goede broedval van Mosselen in 1987 is dit proces van aftakeling, althans voor het oog, tijdelijk gestopt. De toen ontstane mosselbanken waren echter alle jong, en voordat ze een stabiele gemeenschap hadden gevormd waren ze al weer verdwenen. De laatste resten zijn rond 1991 met de hand door vissers weg geschept, toen de wilde Mosselen schaars begonnen te worden. Overigens speelt het mossel- en kokkelbankenprobleem ook elders in de Waddenzee, maar juist het wantij van Ameland (het Pinkewad) is vanouds een goed mosselgebied geweest (vergelijk Dijkema et al. 1989). Het verdwijnen daarvan kan dus een relatieve achteruitgang hebben veroorzaakt onder de vogelsoorten die profiteren van de aanwezigheid van mosselbanken.

Aangenomen moet worden dat het verdwijnen van de mosselbanken ten zuiden van Ameland een sterk nivellerend effect heeft gehad op de bodemfauna. Oude mosselbanken vormen typische landschappen van bulten met Mosselen, omgeven door lagere, slikkige gebieden waar vaak water blijft staan. Deze complexen zijn door hun rijke structuur en bodemsamenstelling zeer rijk aan allerlei bodemdieren en kreeftachtigen. Behalve vogels die van Mosselen leven (Scholeksters en Eidereenden) profiteren dan ook andere soorten vogels mee van de aanwezigheid van mosselbanken.

Eidereenden en Scholeksters eten zowel Mosselen als Kokkels. Als er voldoende Kokkels zijn kunnen ze zich, bij afwezigheid van Mossels, toch wel handhaven. De kokkelstand is van 1984 tot 1987 tamelijk slecht geweest, en daarna weer tamelijk slecht vanaf 1990. Vooral gedurende de laatste jaren ging de afwezigheid van Mosselen dus samen met een tamelijk slechte kokkelstand. De achteruitgang van de Scholekster, en wellicht ook de recente aantalsafname bij de Eidereend, zouden dan ook mede verklaard kunnen worden door de afnemende voedselvoorraden op het wad.

Er zijn sommige andere vogelsoorten die ook vaak bij mosselbanken worden aangetroffen, maar die het toch goed lijken te doen op oost-Ameland. Voorbeelden zijn de Wulp, de Kokmeeuw en de Zilvermeeuw. De aantallen van deze vogels zijn niet afgenomen of zelfs wat toegenomen. Er zijn ook vogelsoorten die zelden of nooit bij mosselbanken worden aangetroffen. Een voorbeeld is de Rosse Grutto, die vooral zijn voedsel zoekt op zandige plaatsen. De aantallen Rosse Grutto's zijn gedurende afgelopen jaren niet duidelijk veranderd.

### Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat de volgende soorten op oost-Ameland een ander beeld vertonen dat ontwikkelingen elders:

De aantallen Rotganzen op oost-Ameland zijn in de periode 1984-93 constant gebleven terwijl de soort elders op vele plaatsen is toegenomen. Dit heeft waarschijnlijk dezelfde oorzaak als het constant blijven van de aantallen in mei op Terschelling. Waarschijnlijk is in beide gebieden de maximale draagkracht bereikt en weerspiegelt de toename van de populatie zich alleen in gebieden die nog niet "vol" zijn.

De aantallen Bergeenden liepen na 1986 sterk in aantal terug terwijl de soort in Nederland en noordwest-Europa toenam. In de jaren 1987-93 daalden echter tegelijkertijd ook de aantallen op geheel Ameland en Terschelling. Wellicht heeft verdwijnen van mosselbanken in deze regio, die in de jaren '80 een relatief een groot oppervlak in beslag namen, aan deze ontwikkeling bijgedragen. De gegevens van geheel Ameland en Terschelling laten bovendien zien dat de soort in sterk wisselende aantallen aanwezig is waarbij periodes met lage aantallen en hogere aantallen elkaar afwisselen. Vanwege de tegelijk opgetreden veranderingen op Ameland en Terschelling lijkt het waarschijnlijk dat grootschalige veranderingen in voedsel-aanbod een belangrijke rol hebben gespeeld bij de geconstateerde verandering.

De Scholekster nam vanaf 1984 op oost-Ameland voortdurend af terwijl de aantallen op geheel Ameland gelijk bleven en ook elders de aantallen aanvankelijk nog bleven doorgroeien. Deze sterke veranderingen zijn waarschijnlijk terug te voeren op een zeer sterke ontwikkeling van droogvallende mosselbanken onder met name west-Ameland in de jaren '80. In de periode 1990-92 verdwenen deze banken echter geheel onder invloed van slechte broedval, zaadvisserij en storm. Ook elders waren na 1991 geen droogvallende mosselbanken meer in de Nederlandse Waddenzee meer te vinden. Tegelijkertijd vond met name in 1990 sterke visserij plaats op de nog aanwezige kleine hoeveelheid kokkelbanken, een voedselbron die samen met de Mossel voor zowel de Scholekster als de Eidereend van groot belang is. De als gevolg van deze ontwikkelingen opgetreden voedselschaarste ging gepaard met een daling van het aantal Scholeksters in de Nederlandse Waddenzee met ongeveer 50.000 exemplaren. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is geweest van de al vanaf 1984 opgetreden daling van het aantal Scholeksters op oost-Ameland. Het beeld wijkt echter wel af van elders geconsta-

teerde trends. Vooralsnog is niet duidelijk in hoeverre bodemdaling van invloed is geweest op de waargenomen veranderingen.

Een verklaring voor het afwijkende aantalsverloop van de Bonte Strandloper is moeilijk te geven. Mogelijk wordt het talrijker voorkomen van de soort op oost-Ameland beïnvloed door de in de laatste jaren beperkte mogelijkheden om op Engelsmanplaat of het Rif te overtijen.

Het wat afwijkende verloop van de aantallen Bontbekplevieren, Tureluurs en Rosse Grutto's is wat moeilijk te verklaren. Voor alle drie soorten zijn de aantallen op oost-Ameland echter laag waardoor concrete uitspraken over voor- of achteruitgang eigenlijk niet goed mogelijk zijn.

Voor het overgrote deel van de aanwezige vogelsoorten zijn geen aantalsveranderingen te constateren waarbij oost-Ameland zich duidelijk anders gedraagt dan nabij gelegen delen van de Waddenzee waar geen bodemdaling heeft plaatsgevonden. De oorzaak hiervan kan zijn gelegen in de sedimentatieprocessen die sindsdien hebben plaatsgevonden waardoor de oppervlaktes wad die voor het foerageren van de vogels beschikbaar zijn niet duidelijk zijn afgenomen. Een tweede oorzaak voor het niet kunnen vinden van duidelijke aantalsveranderingen, in vergelijking tot gebieden waar geen bodemdaling heeft plaatsgevonden, is de foutenmarge van de tellingen. Het is mogelijk dat wel veranderingen zijn opgetreden maar dat deze door de foutenmarges worden versluierd.

De aantalsontwikkeling van de vogelsoorten op oost-Ameland komt grotendeels overeen met meer algemene trends en kan in verreweg de meeste gevallen verklaard worden aan de hand van ontwikkelingen die los staan van bodemdaling. Hetzelfde kan gezegd worden van ontwikkelingen in de bodemfauna. De grootste veranderingen zijn voldoende te verklaren aan de hand van gegevens over broedval van schelpdieren en de effecten van schelpdiervisserij.

Voor wat betreft de vogels blijkt verder dat er ook verschillen zijn tussen de vergelijkingsgebieden onderling, ook wanneer daar geen sprake is van bodemdaling (in dit geval bijvoorbeeld tussen Terschelling en de gehele Nederlandse Waddenzee). Daarom moet geconcludeerd worden dat de verschillen in aantalsontwikkelingen van vogels tussen oost-Ameland in vergelijking met andere gebieden vooralsnog binnen de variaties vallen die van nature mogelijk zijn.

| Soort | oost-Ameland | geheel Ameland | geheel Terschelling | NL/NW-Europa |
|---|---|---|---|---|
| Rotgans | ↑ | ±,↑ | ↑ | ↑ |
| Smient | ↓↑ | ± | ±,↑ | ± |
| Wilde Eend | ± | ± | ± | ± |
| Bergeend | ↓ | ± | ± | ↑ |
| Eidereend | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ |
| Scholekster | ↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ |
| Bonthekplevier | ↑ | ↓ | ± | ↓,↑ |
| Zilverplevier | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Tureluur | ↓ | ↓± | ↓± | ↓ |
| Bonte Strandloper | ↑ | ± | ± | ± |
| Rosse Grutto | ?,± | ±,↑ | ↑ | ↑,? |
| Wulp | ± | ± | ± | ± |
| Kluut | ± | ± | ± | ± |
| Kokmeeuw | ± | ± | ± | ± |
| Zilvermeeuw | ↑ | ± | ± | ↑ |

N.B.: De aanduidingen geven de gegeneraliseerde trends. Voor meer details zij verwezen naar de hoofdtekst.

Tabel 1 Aantalsonwikkelingen op oost-Ameland, geheel Ameland, geheel Terschelling en Nederland/noordwest-Europa van de hier beschreven soorten.

Figuur 1 Wadplaten grenzend aan Ameland, Engelsmanplaat en de Friese kust en de waarschijnlijke scheiding tussen foerageergebieden van vogels die op de eilanden en de vastelandskust overtijen (naar Zwarts 1970)

N.B. Doordat het opkomende water vogels opdrijft naar hoogwatervluchtplaatsen in de polders, het kweldertje onder Hollum, het Nieuwlandsrijd en de Hon kunnen een west- en een oost-populatie worden onderscheiden. De scheiding tussen de twee deelgebieden wordt gevormd door de veerbootsteiger (naar Carrière & Kersten, 1975)

Figuur 2 Wadplaten onder Ameland die door op het eiland overtijende vogels worden gebruikt

Figuur 3 Gemeten bodemdaling in januari 1994 als gevolg van aardgaswinning en de foerageergebieden van de wadvogels die op oost-Ameland overtijen (vereenvoudigd)

Figuur 4 Aantalverloop van de Scholekster op het Nieuwlandsrijd en de Hon op basis van op oost-Ameland uitgevoerde tellingen

Figuur 5 Maandgemiddelden van de aantallen Wulpen op het Nieuwlandsrijd en de Hon op oost-Ameland

Figuur 6 Maandgemiddelden van de aantallen Scholeksters op het Nieuwlandsrijd en de Hon op oost-Ameland

Figuur 7 Totale aantallen Scholeksters op het Nieuwlandsrijd en de Hon (samengevoegde maandgemiddelden) op oost-Ameland

Figuur 8 Aantalsverloop van de Smient gedurende het jaar 1984 op het Nieuwlandsrijd en de Hon op oost-Ameland

Figuur 9a Het aantal vogeldagen dat door de Rotgans op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 9b Aantallen Rotganzen op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 9c Maximale aantallen Rotganzen in mei op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 10a Het aantal vogeldagen dat door de Smient op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 10b Aantallen Smienten op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 10c Maximale aantallen Smienten in de maanden october/november op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 11a Het aantal vogeldagen dat door de Bergeend op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 11b Aantallen Bergeenden op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 11c Maximale aantallen Bergeenden in de maanden september/november op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 12a Het aantal vogeldagen dat door de Wilde Eend op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 12b Aantallen Wilde Eenden op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 12c Maximale aantallen Wilde Eenden in de maanden september/november op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 13a Het aantal vogeldagen dat door de Eidereend op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 13b Aantallen Eidereenden op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 13c Maximale aantallen Eidereenden in de maanden april/mei op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 14a Het aantal vogeldagen dat door de Scholekster op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 14b Aantallen Scholeksters op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 14c Maximale aantallen Scholeksters in de maanden september/november op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 15a Het aantal vogeldagen dat door de Bontbekplevier op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 15b Maximale aantallen Bontbekplevieren in de maanden augustus/september op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 16a Het aantal vogeldagen dat door de Zilverplevier op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 16b Aantallen Zilverplevieren op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 16c Maximale aantallen Zilverplevieren in mei op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 17a Het aantal vogeldagen dat door de Tureluur op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 17b Aantallen Tureluurs op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 17c Maximale aantallen Tureluurs in de maanden juli/september op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 18a Het aantal vogeldagen dat door de Bonte Strandloper op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 18b Aantallen Bonte Strandlopers op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 18c Maximale aantallen Bonte Strandlopers in de maanden augustus/october op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 19a Het aantal vogeldagen dat door de Rosse Grutto op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 19b Aantallen Rosse Grutto's op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 19c Maximale aantallen Rosse Grutto's in mei op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 20a Het aantal vogeldagen dat door de Wulp op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 20b Aantallen Wulpen op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 20c Maximale aantallen Wulpen in de maanden juli/september op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 21a Het aantal vogeldagen dat door de Kluut op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 21b Maximale aantallen Kluten in de maanden augustus/october op Terschelling en Ameland in de jaren 1973-'93 op basis van tijdens integrale en lokale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 22a Het aantal vogeldagen dat door de Kokmeeuw op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 22b Het aantal vogeldagen dat door de Zilvermeeuw op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 22c Aantallen Zilvermeeuwen op Terschelling en Ameland in januari in de jaren 1973-'93 op basis van integrale tellingen in de Nederlandse Waddenzee (gegevens IWRB database, IBN-Texel)

Figuur 23a Het aantal vogeldagen dat door de Visdief en Noordse Stern op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 23b Het aantal vogeldagen dat door de "overige soorten" op oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon samen) is doorgebracht

Figuur 24 Verspreiding van droogvallende mosselbanken in het gebied rond Ameland tussen 1966 en 1988 (naar Dankers & Koelemaij 1989)

Figuur 25 Mosselvangsten (in 1000 tonnen) onder Ameland in de jaren 1984-'93 (Dankers ongepubliceerd)

# Appendix 3

## Vegetatietypen op de kwelder

## Vegetatie op de kwelder

Indelingskriteria voor het onderscheid tussen en binnen de associaties van kwelders in de Waddenzee. De classificatie is vast en wordt uitgevoerd met het pc-programma saltmars.exe van K.S. Dijkema en J. Bossinade (IBN en RWS, versie 7-1-1994). Het programma kiest eerst de hoofdzone (*). Daarna worden onderstaande criteria afgewerkt. Per hoofdzone (*) wordt in de volgorde van de typen gekozen.

| Type | Indelingscriteria met plantensoort(en) en bedekking |
|---|---|
| * | RESTGROEP (de eisen voor de hoofdzones worden niet gesteld) |
| Dominante vegetatietypen op kwelders | |
| B5 | Phragmites australis dominant (> 50%) |
| Hf5 | Halimione portulacoides dominant (>50%); Festuca + Artemisia > 15% |
| H5 | Halimione portulacoides dominant (> 50%) |
| A5 | Aster tripolium dominant (> 50%) |
| Yb5 | Elymus pycnanthus dominant (> 50%); aantal soorten zone 4 ≥ 4 |
| Y5 | Elymus pycnanthus dominant (> 50%) |
| X5 | Atriplex prostrata dominant (> 50%) |
| S5 | Spartina anglica dominant (> 50%) |
| I5 | Scirpus maritimus dominant (> 50%) |
| L | Limonium vulgare (co-)dominant (> 25%); Plantago maritima meestal present; grassen 1) < 25%; (onbeweid) |
| U | Suaeda maritima (co-)dominant (> 25%) |
| Fey | Elymus pycnanthus (co-)dominant (Ely. + Atr. > 25%) |
| Fex | Atriplex prostrata (co-)dominant (Atr. + Ely. > 25%) |
| Ux | Atriplex littoralis (co-)dominant (> 25%) |
| Instabiele plekken | |
| Ed | Puccinellia distans <u>en</u> Spergularia salina present (≥ 10%) |
| Ec | Sagina maritima, Cochlearia danica, Bupleurum tenuissimum, Plantago coronopus present (bedekking ≥ 5%; aantal soorten ≥ 2) |
| Ex | Glaux maritima (co-)dominant (> 25%); of Glaux maritima ≥ 5% <u>en</u> enige soort |

Hoge kwelders en overgangszones naar strandvlaktes en duinen

| | |
|---|---|
| Ri | Scirpus rufus present (≥ 5%) |
| Ro | Ononis spinosa (+ Carex distans) present (≥ 5%) |
| Rg | Agrostis stolonifera ≥ 5%; Eleocharis palustris ssp. uniglumis, Trifolium fragiferum, Juncus gerardi, Carex distans, Centaurium pulchellum, Odontites verna ssp. serotina, Potentilla anserina present (aantal ≥ 4) |

Brakke kwelders

| | |
|---|---|
| Bas | Aster tripolium dominant (> 25%); grassen 1) < 15% |
| Btr | Triglochin maritima dominant (> 25%); grassen 1) < 25% |
| Bi | Scirpus maritimus (co-)dominant (> 25%) |
| B | Phragmites australis (co-)dominant (> 25%) |
| Bg | Agrostis stolonifera dominant (> 25%); aantal soorten zone 4 + Ranunculus sceleratus + Alopecurus geniculatus + Cotulacornopifolia ≥ 1; bedekking soorten zone 4 < 50%; Juncus gerardii < 5%; Festuca rubra < 15%; Puccinellia maritima < 25% |

1) Pucc. mar. + Fest. rubra + Agr. stol. + El. pycn. + Juncus ger.

* PIONIERZONE (zone 1 = verbond Spartinion + verbond Thero-Salicornion)

| | |
|---|---|
| Si | Spartina ≥ Salicornia spec.; Pucc. afwezig; totale bedekking ≤ 5% |
| Qi | Salicornia spec. > Spartina; Pucc. afwezig; totale bedekking ≤ 5% |
| P | Puccinellia in initiale fase (Pucc. ≥ Spartina; Pucc. 5-25%) |
| S/Q | Mozaïk (Salicornia = Spartina); Salicornia + Spartina < 10% |
| S | Spartina anglica ≥ Salicornia spec. |
| Q | Salicornia spec. > Spartina anglica |
| + | restgroep zone 1 |

* LAGE KWELDER (zone 2 = verbond Puccinellion maritimae)

Subassociatie Puccinellietum maritimae parapholietosum

Ep Parapholis strigosa, Elymus farctus, Agrostis stolonifera, Halimione pedunculata present (bed. ≥ 5%; aantal soorten ≥ 2); Salicornia brachystachya vaak (co)dominant

Subassociatie Puccinellietum maritimae typicum

Pm Juncus maritimus > 10%

Pl Limonium vul. (co-)dominant (> 15%); Triglochin meestal present

Hf als Ph; Festuca rubra + Artemisia maritima > 15%

Ph Halimione portulacoides (co-)dominant (> 15%)

Fas als Pas; Festuca rubra + Artemisia maritima > 15%

Pas Aster tripolium (co-)dominant (>15%)

Ps Spartina anglica co-dominant (> 15%)

Pd als Pp; aantal soorten zone 2 ≥ 4; bedekking soorten zone zone 2 > 15%

Pj als Pp; Festuca + Glaux maritima + Artemisia + Agrostis stolonifera ≥ 5%; (meestal beweid)

Pp Puccinellia maritima > 38%; Salicornia brachystachya vaak (co-)dominant; (meestal beweid)

P Puccinellia maritima in initiale fase (5-25%); niet in te delen in de overige typen van het Puccinellietum

* restgroep zone 2

* MIDDENHOGE KWELDER (zone 3 = verbond Armerion maritimae)

Associatie Junco-Caricetum extensae

Ee Carex extensa present (≥ 5%); Odontites verna ssp. litoralis (?), Centaurium pulchellum, Parapholis strigosa, Triglochin palustris present (aantal soorten ≥ 2)

Associatie Artemisietum maritimae

| | |
|---|---|
| Fa | Artemisia maritima present; Armeria maritima + Plantago maritima present (> 10%) |
| Ft | Artemisia maritima > 10%; Artemisia maritima ≥ Limonium vulgare |
| Hf | Halimione portulacoides (co-)dominant > 10% |
| Fas | Aster tripolium (co-)dominant > 10% |

Subassociatie Juncetum gerardii leontodontetosum

| | | |
|---|---|---|
| Jrm | als Jm | ] |
| Jr | als Jj | ] bedekking soorten |
| Jrg | als Jg | ] zone 4 ≥ 5% |
| Jrf | als Jf | ] |
| Jr | restgroep | ] |

Subassociatie Juncetum gerardii typicum

| | |
|---|---|
| Jm | Juncus maritimus > 10%; Festuca rubra < 75% |
| Jl | Limonium vulgare > 10%; Plantago maritima meestal present; Limonium vulgare > Artemisia maritima |
| Jj | Juncus gerardii ≥ 5%; Festuca rubra < 75% |
| Jg | Festuca rubra (co-)dominant (> 25%); Agrostis stolonifera (co-)dominant (> 10%); Festuca + Agrostis > 50%; Juncus ger. < 5% |
| Jf | Festuca rubra dominant; Juncus ger. + Agr. stol. < 10% |
| Jj | restgroep; Juncus gerardii present (> 1%) |
| ~ | restgroep zone 3 |

| | |
|---|---|
| * | HOGE KWELDER (zone 4 = verbond Lolio-Potentillion anserinae) |
| Rm | Juncus maritimus > 10 %; Festuca rubra < 75% |
| Rr | Festuca arundinacea (co-)dominant (> 10%) |
| Re | Elymus repens (co-)dominant (> 25%) |
| Ru | Lolium perenne (co-)dominant (> 10%); Trifolium repens en Festuca rubra meestal present |
| R | restgroep met soorten zone 4 |
| ??? | restgroep |

De Hon en Nieuwlandsrijd 1988
001: W
011: KP1, KP2
012: KP3
021: KL1, KL2, KLk3, KMk1, KMk2
022: KLk1, KLk2, K12
031: KH1, KH2, KH3, KH4, KH5
032: KMo1, KMo2, KHo1, KD1
033: KHv1, KHv3, KHv4, KHv5
041: KV4
042: KV1, KV2, KV3, KHv2, KH6, VNb3, VK3, VNb3, KD2
050: VVzd7
060: KHo2, KD3, KD4 en alle D-typen

De Hon 1993
001: W
011: Kp1
012: -
021: K11, Kmk1, Kmk3, Kmk4, Kmk5, Kh1
022: K12, K13, K1k1, K1k2, Svp2, Svp3, Svp4
031: Kmk6, Kmk7, Kmo1, Kmo2, Kh2, Kh3, Kho1, Kho2, Kho3
032: Kd1, Kd2, Kd3, Dks1
033: -
041: -
042: Kmk2, Kd4, Kd5, Kb1, Kb2, Kb3, Kb4, Khv1, Khv2, Khv3, Kv1,Kv2
050: -
060: Dks2, Dhg1, Dhg2, Dhg3, Dhg4, Dkg1, Dkg2, Dkg3, Dkg4

Nieuwlandsrijd 1993
001: KW1
010: kaal
011: Kp2
012: Kp3, Kp4, Kp5
021: K113, K114, K1k5, Kmk8
022: K12, K13, K1k4, Ki1
031: Khk1 t/m Khk12, Kho2, Kho3, Kh2
032: Kd6, Kd7, Khv4, Khv5
033: Khv4, Khv5 t/m Khv9
041: Kd8 t/m Kd11, Ki2
042: Kv3, Kv4, Kv5
050: Dgh5, Dzs4
060: Dzg1, Dzg2, Dzg3 en overige D-typen

Vertaling van de legenda-eenheden van de Meetkundige Dienst naar de vegetatiezones in Hoofdstuk 5.5 per deelkaart. Voor 1988 en 1993 (en voor De Hon en Nieuwlandsrijd) zijn verschillende vertaalsleutels gebruikt.

# Appendix 4

## Multivariate analyse van de kwelder-pq's

## Multivariate analyse van de kwelder-pq's

Allereerst is getest wat het effect is van de abiotische factoren hoogte maaiveld, de overvloedingsfrekwentie (log van het lopende gemiddelde over 3 jaar), ontwatering, beweiding en dikte van de kleilaag voor de vegetatiegegevens van 1986-1993. De tabel geeft de percentages variantie die bepaald zijn met voorwaartse selectie in CCA. Het lopende gemiddelde van de overvloedingsfrekwentie verklaart de meest variatie, in de meeste gevallen meer dan de absolute hoogte van het maaiveld. Dit onderbouwt de conclusie in Hoofdstuk 5.3.4 dat bodemdaling weinig invloed op de vegetatiesamenstelling heeft gehad. Daarnaast blijkt uit de tabel dat de ontwatering, de beweiding en de dikte van de kleilaag een effect hebben op de vegetatie.

| Abiotische factoren uit Tabel 5.1 | 1986 | 1989 | 1991 | 1993 |
|---|---|---|---|---|
| hoogte maaiveld (4; t.o.v. GHW) | 3,6 | 4,2 | 13,1 | 3,5 |
| overvloedingsfrekwentie (5) | 13,4 | 13,0 | 8,2 | 13,9 |
| ontwatering (9) | 6,1 | 4,2 | 1,8 | 4,9 |
| beweiding (10) | 3,8 | 4,4 | 5,6 | 5,9 |
| dikte kleilaag (8) | 2,7 | 2,0 | 2,2 | 3,8 |

Percentages variatie op de gegevens uit 1986-1993, bepaald met voorwaartse selectie in CCA

Vervolgens zijn in CCA de veranderingen in de vegetatiegegevens over de jaren 1986-1993 getest in de kwelderzone met de meeste veranderingen (middenkwelder = zone 3). Als variabele is de log-overvloedingsfrekwentie genomen en als co-variabelen de overvloedingsfrekwentie van 1986 (herhaald voor de vier jaren), de ontwatering en de beweiding. De veranderingen in de vegetatie van de middenkwelder blijken signifikant te zijn (99 permutaties, $p < 0.01$).

# Appendix 5

## Statistische methoden

## A.5 Statistische methoden

### A.5.1 Basale statistiek, typologie, ordinatie

Bij de statistische bewerkingen is gebruik gemaakt van zowel univariate technieken (ANOVA, Student's t-toets) als van multivariate technieken (DCA = 'detrended' correspondentie-analyse en CCA = canonische correspondentie-analyse). De univariate bewerkingen werden uitgevoerd met het programma GENSTAT 5.2.2 (Payne et al. 1987), de multivariate met CANOCO 3.11 (Ter Braak 1988). Voor de bepaling van de grootte en significantie van het effect van omgevingsfactoren op de gehele vegetatie werd gebruik gemaakt van de in CANOCO geïmplementeerde voorwaartse selectie en permutatietoets. Een vegetatie-typologie werd gemaakt met het programma TWINSPAN (Hill 1979b). Indicatiewaarden per soort voor de factoren licht, vocht, zuurgraad, stikstof en zout werden ontleend aan Ellenberg (1991). De indicatiewaarden per opnamen werden berekend als ongewogen gemiddelde over van alle aanwezige soorten.

Bij alle bewerkingen zijn de opnamen uit 1992 als referentie gebruikt. Gebruik van 1986 als referentie-jaar was logischer geweest, maar niet uitvoerbaar omdat het aantal pq's in 1989 met 10 werd uitgebreid. Hierom is bij de meeste bewerkingen een vergelijking gemaakt tussen 1986 en 1992, en tussen 1989 en 1992. Bij alle bewerkingen is uitgegaan van een met TWINSPAN voor 1992 gemaakte typologie. Hiertoe werd een vegetatietabel werd gemaakt met maximaal 6 divisies, waarbij in totaal 22 typen werden onderscheiden. Door samenvoegen van typen die op een lager niveau waren onderscheiden werden vier typen verkregen, die bij de verdere bewerkingen zijn gebruikt. Dit aantal typen levert een redelijk aantal van ongeveer 15 opnamen per type. Voor elk type is per soort de significantie vastgesteld van de verandering in abundantie over de twee bovengenoemde perioden (gepaarde t-toets). Bovendien is voor deze perioden de significantie van de verandering in gemiddelde Ellenbergwaarde per type vastgesteld.

In een met behulp van DCA verkregen ordinatiediagram is de relatie tussen de soorten en typen, en het effect van hoogteligging, grafisch weergegeven voor de gegevens uit 1992. De voorspellende waarde van type en hoogteligging voor de vegetatie is voor alle drie jaren gekwantificeerd met behulp van voorwaartse selectie en permutatie in CCA. Op deze wijze werd een indruk verkregen van de geldigheid van de (op de gegevens uit 1992 gebaseerde) typologie in de andere jaren, en zo van het voorkomen van type-overgangen in de tijd.

De veranderingen in de vegetatie over de drie opname-perioden zijn grafisch weergegeven in een ordinatiediagram verkregen met DCA. Bij een globale, kwalitatieve beschouwing van dit diagram bleek dat voor slechts één type de veranderingen mogelijk samenhangen met bodemdaling. Hierom is dit type aan een nadere kwantitatieve analyse onderworpen.

### A.5.2 Kwantificering van het effect van overvloedingsfrequentie

Het vegetatietype waar effecten van bodemdaling mogelijk zijn, bleek het laagst gelegen type te zijn, met een kwelderachtige vegetatie. Uitgangspunt was dat een effect van bodemdaling in dit type tot stand komt via een verandering in overvloedingsfrequentie. Eerst werd voor elk pq de hoogteligging van het maaiveld in elk jaar berekend voor de periode 1984-1992. Vervolgens werd uit de berekende hoogteligging de overvloedingsfrequentie per kalenderjaar per pq vastgesteld met behulp van overvloedingskrommen (Figuur 3.10).

De hoogteligging werd als volgt berekend:

- voor de periode 1988-1992:

$$H_{mv,j} = H_{mv,1992} + \tfrac{1}{4}(j-1992) * (H_{pl,1988}-H_{pl,1992}) \quad (1)$$

- voor de periode 1986-1987:

$$H_{mv,j} = H_{mv,1988} + (j-1988) * D_t \quad (2)$$

- voor de periode 1984-1986:

$$H_{mv,j} = H_{mv,1986} \quad (3)$$

met:

| | |
|---|---|
| $j$ | jaartal |
| $H_{mv,j}$ | hoogte van het maaiveld in jaar j |
| $H_{pl,j}$ | hoogte van de in het pq ingegraven plaat ('rand buis' in de basisgegevens) in jaar j |
| $D_t$ | gemiddelde bodemdaling per transect over 1986-1989: resp. 2, 7, 10, 13 en 14 mm/jaar voor de transecten I, III, IV, VI en VII. |

Voor de bepaling van het effect van overvloedingsfrequentie in de tijd werd eerst voor de gegevens uit 1992 vastgesteld welke schatter voor deze variabele de (ruimtelijke) variantie in de vegetatie het best verklaart. Getest werden verschillende combinaties van overvloedingsfrequenties uit de jaren 1990, 1991 en 1992, als lineaire en logarithmische termen. De beste schatter bleek de gemiddelde gelogaritmiseerde jaarlijkse overvloedingsfrequentie over de periode 1990-1992 te zijn. Bij de analyse van de temporele veranderingen is daarom voor elk jaar j de op deze wijze berekende overvloedingsfrequentie over de periode j-2 tot j gebruikt. Opgemerkt dient te worden dat deze variabele mede door de (irrelevante) overvloedingsfrequentie in de periode tussen het maken van de opname en het einde van het betreffende kalenderjaar wordt beïnvloed.

Voor het schatten van de verandering in overvloedingsfrequentie op grond van de vegetatie werd een procedure gevolgd analoog aan die gegeven door Van Dobben (1993: p. 100 e.v.). Globaal is deze als volgt:

Splits de variatie in overvloedingsfrequentie F in een ruimtelijk en een temporeel deel:

$$F_{p,j} = F_{p,92} + \Delta_j \tag{4}$$

met:

$F_{p,j}$ overvloedingsfrequentie van pq p in jaar j
$\Delta_j$ gemiddelde verandering in overvloedingsfrequentie in jaar j t.o.v. 1992

Het ruimtelijk patroon van overvloedingsfrequentie wordt dus constant in de tijd verondersteld, terwijl de verandering in de tijd voor alle pq's gelijk wordt gesteld (bij de hier gevolgde rekenwijze hoeft de verandering van jaar tot jaar echter niet constant te zijn, in tegenstelling tot Van Dobben 1993).

Het effect van overvloedingsfrequentie op de vegetatie in de loop van de tijd kan dan als volgt worden geschat:

$$SS_{p,1} = c_f.F_{p,j} \tag{5}$$

met:

$SS_{p,1}$ 'sample score' van pq p op de eerste CCA-ordinatie-as (= gewogen gemiddelde abundantie van de soorten)
$c_f$ regressiecoëfficiënt voor overvloedingsfrequentie

Door (4) in te vullen in (5) wordt een nieuwe regressievergelijking verkregen:

$$SS_{p,1} = c_f(F_{p,92} + \Delta_j)$$

of: (6)

$$SS_{p,1} = c_f.F_{p,92} + c_f\Delta_j$$

In deze regressievergelijking kan de tweede term voor ieder jaar j geschat wordt als de regressiecoëfficiënt $c_j$ van een dummy-variabele voor dat jaar. De term $\Delta_j$ kan dan opgelost worden:

$$c_j = c_f\Delta_j$$

of: (7)

$$\Delta_j = c_j/c_f$$

In de praktijk komt dit neer op het uitvoeren van een CCA met als verklarende variabelen (a) de overvloedingsfrequentie per pq voor 1992, en (b) dummy-variabelen voor alle andere jaren (dus in dit geval: 1986 en 1989; een dummy-variabele is 1 in het betreffende jaar, anders 0). De op grond van de vegetatie verwachte verandering in overvloedingsfrequentie in jaar j ten opzichte van 1992 wordt dan gevonden als het quotiënt van de regressiecoëfficiënten voor jaar-dummy j en overvloedingsfrequentie. (Technische aantekening: bij toepassing van

CANOCO is het hierbij nodig eerst de door CANOCO aangebrachte standaardisatie in de verklarende variabelen te verwijderen door elke regressiecoëfficiënt te delen door de standaarddeviatie van de betreffende variabele). De bij de gevonden Δ's behorende betrouwbaarheidsintervallen kunnen bij benadering worden geschat met de methode van Ter Braak (1987).

De boven berekende verwachte verandering in overvloedingsfrequentie is vergeleken met de werkelijk gevonden waarden. De werkelijke overvloedingsfrequentie wordt bepaald door twee factoren: fluctuaties in zeespiegelregime, en bodemdaling. Om een indruk te verkrijgen van het relatieve belang van deze twee factoren is een vergelijking gemaakt met (1) de werkelijke verandering in overvloedingsfrequentie, (2) de verandering in overvloedingsfrequentie zoals deze geweest zou zijn zonder bodemdaling, en (3) de verandering in overvloedingsfrequentie zoals deze geweest zou zijn met bodemdaling, maar bij een constant zeespiegelregime.

# Appendix 6

## Multivariate analyse

# A.6 Multivariate analyse

## A.6.1 Effect van hoogteligging en type

Figuur 5.3 is een ordinatiediagram verkregen met DCA op de gegevens uit het referentie-jaar 1992. In het diagram zijn de scores voor een selectie van de soorten, en de centroiden (gemiddelden) van de opname-scores van de vier typen ingetekend. Verder zijn de regressie-coëfficiënten behorende bij een regressie van de opname-scores op de hoogteligging van de opnamen uitgezet. Daar de derde eigenwaarde veel lager is dan de eerste twee zijn bij de analyses alleen de eerste twee ordinatie-assen betrokken. Overigens moet bedacht worden dat Figuur 5.3 slechts ± 15% van de totale variantie weergeeft.

Uit de regressiecoëfficiënten van de hoogteligging blijkt dat vooral opname-scores op de eerste as met deze factor zijn gerelateerd (zie de ingetekende pijl in Figuur 5.3B). Opnamen met een hoge score op deze as (rechterkant van Figuur 5.3) liggen in de droge duinen. Dit wordt bevestigd door de ligging van de centroiden voor de typen: type 4 (droog) ligt rechts in de figuur, typen 1 en 2 (nat) liggen links. De ligging van de centroiden voor de typen 1 en 2 maakt aannemelijk dat de tweede as vooral door de invloed van zout wordt bepaald. Opnamen met een lage score op deze as liggen in de zilte duinvalleien (type 1), opnamen met een hoge score liggen in de zoete duinvalleien (type 2). De opnamen uit de drogere delen hebben op deze as een score van ongeveer nul, hetgeen logisch is omdat hier het verschil zout/zoet geen rol speelt.

Tabel A6.1 geeft de percentages variantie die verklaard worden door type en hoogteligging voor de drie opname-jaren, bepaald met voorwaartse selectie in CCA. Het percentage van de variantie dat door hoogteligging wordt verklaard is vrij gering (ongeveer 6%) hetgeen aannemelijk maakt dat de vegetatie door meer factoren dan alleen hoogteligging (en de daarmee samenhangende vochtvoorziening) wordt bepaald. Het percentage door type verklaarde variantie is veel hoger (ca. 18%). Dit is begrijpelijk omdat de typen gedefinieerd zijn op grond van een CA-gerelateerde techniek (TWINSPAN), waardoor zij reeds zo gekozen zijn dat de erdoor verklaarde variantie maximaal is. Omdat er een samenhang bestaat tussen type en hoogte kan een deel van de variantie zowel door type als door hoogte verklaard worden. Echter, het hoge percentage variantie dat uitsluitend door type wordt verklaard toont aan dat de verschillen tussen de typen ook in sterke mate worden bepaald door andere factoren dan hoogte. Welke factoren dit zijn is op grond van de huidige analyse niet vast te stellen, maar verschillen in bodemtype (klei/zand) zullen hierbij zeker een rol spelen.

Het percentage door type verklaarde variantie verschilt betrekkelijk weinig tussen de jaren (Tabel A6.1). Dit betekent dat de pq's in de loop van de tijd niet of slechts zeer incidenteel van type veranderd zijn. Was dit wel zo geweest dan had het percentage verklaarde variantie sterk in de tijd moeten toenemen (de typen waren immers gebaseerd op de opnamen uit 1992). Het redelijk hoge percentage variantie dat door de zuivere interactie type.hoogte wordt verklaard (ca. 6%) wijst er op dat het effect van hoogteligging per type verschilt. In de hierna volgende analyse van de verschillen tussen de jaren is daarom het effect van hoogteligging voor elk type afzonderlijk beschouwd.

### A.6.2 Analyse van de veranderingen in de tijd

Figuur 5.4 is een ordinatiediagram verkregen met DCA op de gegevens uit alle jaren. Het effect van hoogteligging is in deze figuur bepaald per type afzonderlijk (als onzuivere type.hoogte interactie, d.w.z. zonder eerst het hoofdeffect van hoogte te fitten). In Figuur 5.4A zijn de centroiden voor de vier typen in 1992 aangegeven, en de (geontstandaardiseerde, verschoven en gespiegelde) vectoren die het effect van hoogteligging per type weergeven. Deze weergave is zodanig dat voor elk type de pijl de verwachte verplaatsingsrichting van de opname-score centroiden bij bodemdaling weergeeft (elke pijl wijst in de richting van de verwachte vegetatie bij een geringere hoogte). De grootte van de pijl komt hierbij overeen met een bodemdaling van 20 cm. Figuur 5.4B geeft de werkelijk gevonden verplaatsingen van de centroiden in de tijd; hierbij zijn voor 1989 steeds twee punten weergegeven, met en zonder de opnamen van transect VI (die in 1986 niet waren opgenomen). De soort-scores zijn niet geplot omdat deze vrijwel gelijk zijn aan die voor 1992 en daarom bij benadering kunnen worden afgelezen uit Figuur 5.3A.

De verplaatsing van de centroiden per type in Figuur 5.4B is een maat voor de grootte en richting van de veranderingen van elk type in de tijd. Uit de figuur blijkt dat type 3 in de tijd vrijwel niet veranderd is. Type 4 is wel enigszins veranderd, maar de veranderingen tussen 1989 en 1992 waren ongeveer tegengesteld aan die tussen 1986 en 1989. De grootste veranderingen hebben plaatsgevonden in typen 1 en 2. In deze beide typen liggen de centroiden voor 1986 en 1989 dicht bij elkaar, maar de afstand tussen die voor 1989 en 1992 is groter. Blijkbaar zijn de grootste veranderingen opgetreden tussen 1989 en 1992. De verandering van type 2 is ongeveer tegengesteld aan de verwachte verandering bij bodemdaling: de verplaatsing van het centroid voor dit type wijst op drogere omstandigheden. Voor type 1 is dit anders: de verplaatsing van het centroid is hier ongeveer in de richting die wordt verwacht bij bodemdaling (vergelijk Figuur 5.4A en Figuur 5.4B).

De conclusies van de multivariate analyse zijn grotendeels in overeenstemming met die van de soort-voor-soort analyse. Ook hier werden de grootste veranderingen gevonden in typen 1 en 2, en tussen 1989 en 1992. Beide analyses tezamen wijzen op een verdroging van type 2, en een verzilting van type 1. Deze verdroging moet waarschijnlijk worden beschouwd als een effect van de droge zomer in 1992. Effecten van bodemdaling zijn daarom alleen waarschijnlijk voor type 1.

| Variabele | Jaar | | |
|---|---|---|---|
| | 1986 | 1989 | 1992 |
| alleen type | 14.5 | 12.4 | 14.1 |
| alleen hoogte | 2.7 | 2.2 | 3.1 |
| type of hoogte | 3.5 | 3.2 | 3.2 |
| type . hoogte | 7.1 | 5.3 | 6.5 |

Opm.: Aangegeven is welk deel van de variantie uitsluitend door één van beide faktoren verklaard wordt (allen type, alleen hoogte), welk deel door beiden verklaard kan worden (type of hoogte), en welk deel door de zuivere interaktie van type en hoogte wordt verklaard (type . hoogte). Alle effekten (type, hoogte, type . hoogte) zijn signifikant (permutatietoets in CCA, 99 permutaties; $p < 0.05$).

Tabel A6.1 Percentages variantie verklaard door hoogte en type in CCA op de gegevens uit de drie jaren

LOW EMISSIONS
DURING PRODUCTION