



WAGENINGENUR

For quality of life



Monitoring van kwelders in de Waddenzee

Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening
Natuur i.o. (WOT IN)

K.S. Dijkema
W.E. van Duin
E.M. Dijkman
P.W. van Leeuwen

Alterra - rapport 1574

IMARES - rapport C104/07

ISSN 1566 - 7197



Monitoring van kwelders in de Waddenzee

Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o.
(WOT IN)

Monitoring van kwelders in de Waddenzee

**Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening
Natuur i.o. (WOT IN)**

**K.S. Dijkema
W.E. van Duin
E.M. Dijkman
P.W. van Leeuwen**

**Alterra-rapport 1574 / IMARES-rapport C104/07
WOT IN serie nr. 5**

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen, 2007. *Monitoring van Kwelders in de Waddenzee*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1574. 63 blz.; 18 fig.; 5 tab.; 58 ref.

Zowel in nationaal als in trilateraal verband geldt als één van de ecologische doelen voor de Waddenzee een zo groot en natuurlijk mogelijk areaal aan kwelders. Actief ingrijpen om bestaande kwelders in stand te houden dient op een zo natuurlijk mogelijke wijze te geschieden. In de kwelderwerken en zomerpolders langs het vasteland van de Waddenzee is een omslag in beheer ingezet naar duurzamer en minder kunstmatig. Lange termijn monitoring begeleidt deze verandering en dient ook om te zien of de meer natuurlijke wijze van beheer zich verdraagt met de effecten van zeespiegelstijging. De resultaten worden jaarlijks op www.waddenzee.nl gepubliceerd en dienen als input voor vijfjaarlijkse Quality Status Reports in het kader van de drielanden samenwerking in de Waddenzee.

De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor éénjarige pioniervegetaties van Zeekraal. Deze pionierzone is de overgang van wadplaten naar kwelder en beschermt de hoger gelegen kwelderzones. Door opslibbing worden kwelders hoger, waarbij de vegetatie door successie verandert. De vegetatie ontwikkelt zich tijdens dat proces tot een eindstadium of climaxbegroeiing. De biodiversiteit neemt sterk af als een kwelder in zijn eindfase komt door veroudering met als eindstadium een soortenarme vegetatie van Zeekweek. Begreppeling versnelt de veroudering van de kwelderzone. Beweiding stelt de ontwikkeling van een climaxvegetatie uit. De ideale natuurlijke situatie zou cyclische successie zijn, hierbij zijn aangroei en afslag van kwelders in evenwicht. De kwaliteit van kwelders kan worden verbeterd door de variatie aan hoogtezones, geomorfologische vormen (groene stranden, sluffers, zandige kwelders, kleiige kwelders) en beheervormen (beweide en onbeweide kwelders) te behouden of te herstellen.

Trefwoorden: Waddenzee, Natura 2000, monitoring, kwelder, kwelderareaal, biodiversiteit, opslibbing, zeespiegelstijging, bodemdaling, successie, veroudering, natuurbeheer, natuurherstel, beweiding, landaanwinning, verkweldering zomerpolder.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

Foto Kwelder: Kees Dijkema

Foto Kootwijkerzand: John Janssen

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Opdracht van LNV	9
1.2 Europese betekenis van Nederlandse kwelders	9
1.3 Doelen Natura 2000	11
2 Kwelders en schorren in Nederland	13
2.1 Vorming van kwelders	13
2.2 Kliferosie	14
2.3 Areaal van kwelders en schorren	15
2.4 Vegetatie-successie op kwelders en schorren	17
2.5 Vegetatie-successie en bodemdaling Ameland	18
3 Kwelders in de internationale Waddenzee	23
3.1 Afspraken trilateraal kwelderbeheer	23
3.2 Wadden Sea Quality Status Report 2004	23
3.3 Trilaterale aanbevelingen	25
4 Kwelderwerken	27
4.1 Vegetatie-areaal aan de vastelandkust	27
4.2 Van landaanwinning naar kwelderwerken	27
4.3 Greppels of kreken	28
4.4 50 jaar meetvakken	31
4.5 Kwelder-opslibbing versus zeespiegelstijging / bodemdaling	34
4.6 Vegetatie-areaal van de kwelderwerken	36
4.7 Vegetatie-successie in de kwelderwerken	37
5 Verkweldering van de zomerpolder Peazemerlannen	41
5.1 Opslibbing in de Peazemerlannen	41
5.2 Kwelderkreken	43
5.3 Vegetatie-successie in de Peazemerlannen	45
6 Toestand van de kwelders	49
6.1 Gebiedsdocument Waddenzee	49
6.2 PKB-Waddenzee	50
6.3 Areaal van de kweldervegetatie	51
6.4 Waddenzee west van het wantij van Terschelling	52
6.5 Veroudering van de kweldervegetatie	53
6.6 Intensiteit beweiding	56
6.7 Meten kwelder-kwaliteit	56
Literatuur	59

Samenvatting

Zowel in nationaal als in trilateraal verband geldt als één van de ecologische doelen voor de Waddenzee een zo groot en natuurlijk mogelijk areaal aan kwelders. Actief ingrijpen om bestaande kwelders in stand te houden dient op een zo natuurlijk mogelijke wijze te geschieden. In de kwelderwerken en zomerpolders langs het vasteland van de Waddenzee is een omslag in beheer ingezet naar duurzamer en minder kunstmatig. ALTErrA en daarna IMARES op Texel monitoren in opdracht van LNV de gevolgen van deze omslag. Deze lange termijn kweldermonitoring dient ook om te zien of de meer natuurlijke wijze van beheer zich verdraagt met de effecten van zeespiegelstijging. De resultaten worden jaarlijks op www.waddenzee.nl gepubliceerd en dienen als input voor vijfjaarlijkse Quality Status Reports in het kader van de drielanden samenwerking in de Waddenzee.

Naast het kwelderareaal vindt monitoring van de kwaliteit van de vegetatie plaats. Door opslibbing worden kwelders hoger, waarbij de vegetatie door successie mee verandert. De vegetatie ontwikkelt zich tijdens dat proces tot een eindstadium of climax. De biodiversiteit neemt sterk af als een kwelder in zijn eindfase komt door veroudering met als eindstadium een soortenarme vegetatie van Zeekweek. Begreppeling versnelt de veroudering van de kwelderzone. Beweiding stelt de ontwikkeling van een climax-vegetatie uit. Intensieve beweiding kan een kwelder in een jong stadium houden, echter met weinig soorten planten. De opslibbing neemt door beweiding weinig af, zodat na stoppen van beweiding de veroudering terugkeert. De ideale natuurlijke situatie zou daarom cyclische successie zijn, waarbij aangroei en afslag van kwelders in evenwicht zijn.

Aan de vastelandkust is het areaal van Zeekraal hoog als gevolg van kwelderwerken. Deze pionierzone is de overgang van onbegroeide wadplaat naar begroeide kwelder en beschermt de kwelderzone. De opslibbing in de pionierzone is wisselend en afhankelijk van de aanwezigheid van rijshoutdammen.

Het doel in Natura 2000 is “Behoud oppervlakte en kwaliteit”. De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor éénjarige pioniervegetaties van Zeekraal. Landelijk gezien is de Staat van Instandhouding “Matig ongunstig”. Dit komt door de achteruitgang van de zilte pionierbegroeiingen in het Deltagebied. Voor kwelders is het doel in Natura 2000 “Behoud oppervlakte en verbetering kwaliteit”. De kwaliteit van kwelders kan worden verbeterd door de variatie aan hoogtezones, geomorfologische vormen (groene stranden, sluffers, zandige kwelders, kleiige kwelders) en beheervormen (beweide en onbeweide kwelders) te behouden of te herstellen.

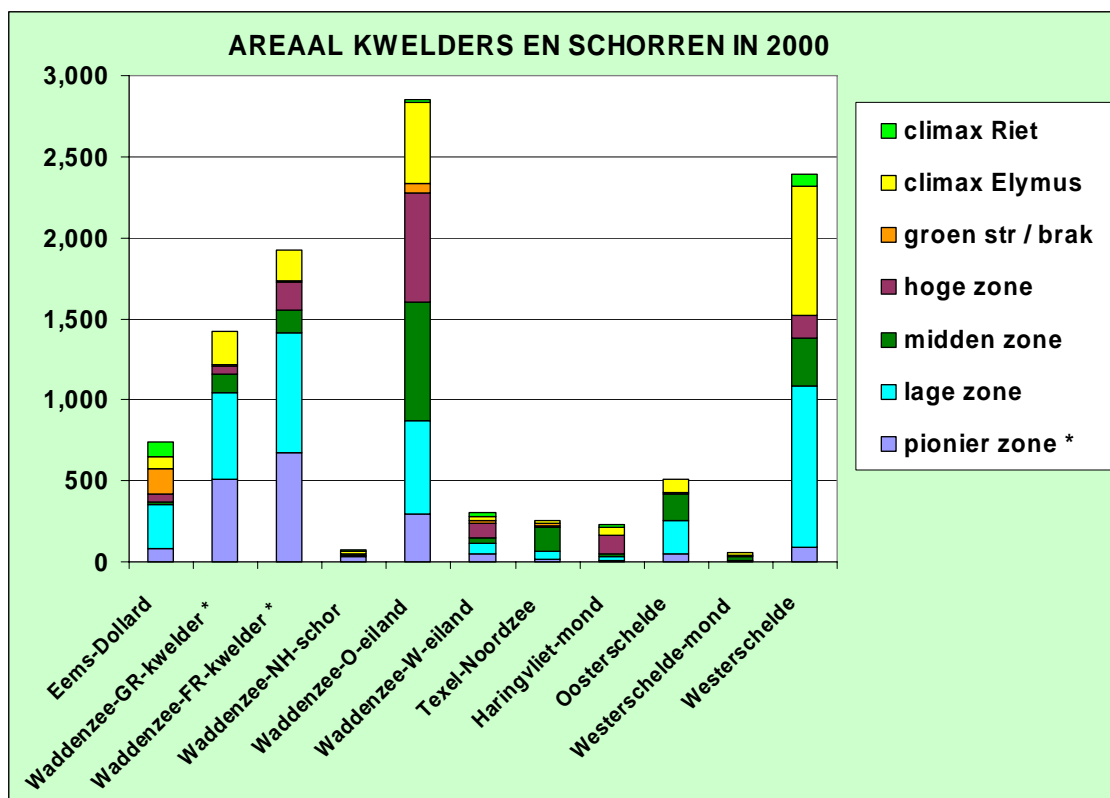
1 Inleiding

1.1 Opdracht van LNV

In een brief van de directeur Natuurbeheer van LNV aan de directeur LNV-Noord is de **onderzoekopdracht** voor de lange termijn kweldermonitoring van ALTERRA-TEXEL (nu Wageningen IMARES) als volgt geformuleerd: “*Zowel in nationaal als in trilateraal verband geldt als één van de ecologische doelen voor de Waddenzee een zo groot en natuurlijk mogelijk areaal aan kwelders. Actief ingrijpen om bestaande kwelders in stand te houden dient op een zo natuurlijk mogelijke wijze te geschieden. In de loop der jaren heeft wat dat betreft een omslag in beheer plaatsgevonden naar duurzamer en minder kunstmatig. Om de gevolgen van deze omslag te monitoren en om te zien of de meer natuurlijke wijze van beheer zich ook verdraagt met de effecten van zeespiegelstijging wordt de monitoring van de kwelderwerken de komende jaren voortgezet. De uitkomsten daarvan worden in jaarlijkse tussenrapportages gepubliceerd en dienen als input voor het Quality Status Report 2004.*”

1.2 Europese betekenis van Nederlandse kwelders

De Nederlandse kwelders en schorren zijn van zeer grote internationale betekenis. Wolff (1988) komt tot die kwalificatie indien in Nederland meer dan 10% van een bepaald landschap van geheel Europa aanwezig is. Dit geldt naast de kwelders ook voor oermoerassen in polders, laagvenen en moerasvenen, zoute en brakke getijdegebieden, duinen en stuifzanden. De Nederlands-Duits-Deense Waddenzee is met 900.000 ha verreweg het grootste aaneengesloten getijdenkustgebied in Europa. Daarvan is 40.000 ha kwelder, 9.000 ha ligt in de Nederlandse Waddenzee. Wat de kwelders betreft heeft alleen het Verenigd Koninkrijk een vergelijkbare oppervlakte. In de Waddenzee ligt veruit het grootste areaal aaneengesloten kwelders van Europa, en - wereldwijd uiterst zeldzaam en belangrijk - meestal in de oorspronkelijke samenhang met de aangrenzende wadden en duinen. De regionale verschillen binnen de Nederlandse kwelders zijn aanzienlijk (*Figuur 1.1 en Tabel 1.1*) en worden naast de mate van natuurlijkheid voornamelijk door het bodemtype bepaald. Het kleiëge kweldertype langs het vasteland zou zonder de kwelderwerken nagenoeg niet meer in de Waddenzee voorkomen. Het kleiëge schortype is ook in Zeeland erg afgenomen door de Deltawerken. Ook voor de pionierzone met Zeekraal is de vastelandkust van de Waddenzee het belangrijkste gebied door de achteruitgang in Zeeland.



Figuur 1.1. Areaal in ha op basis van vegetatiekaarten RWS-AGI rond 2000 (Dijkema et al. 2005a).
* Pionierzones van luchtfoto's; Waddenzee bedekking > ca. 1 %; pionierzones ZW Nederland bedekking > 0,1 %.

Tabel 1.1. Areaal in ha op basis van vegetatiekaarten RWS-AGI rond 2000 (Dijkema et al. 2005a). Pionierzones van luchtfoto's; Waddenzee bedekking > ca. 1 %; pionierzones ZW Nederland bedekking > 0,1 %.

ca. 2000	PIONIER ZONE	KWELDER ZONE	WAARVAN CLIMAX	
			ha	%
Eems-Dollard	79	661	169	26
Waddenzee Groningen vasteland	507	913	205	22
Waddenzee Friesland vasteland	674	1248	183	15
Waddenzee Noord-Holland-schor	33	38	21	55
Waddenzee Oost eilanden	294	2562	519	20
Waddenzee West eilanden	46	255	43	17
Texel Slufter	20	237	21	9
Haringvliet monding	10	220	67	30
Oosterschelde	53	454	80	18
Westerschelde monding	3	54	17	31
Westerschelde	90	2305	871	38

1.3 Doelen Natura 2000

De pionierzone is een beschermde habitat met een instandhoudingsverplichting (Natura 2000; EU Habitatrichtlijn) en bestaat uit:

- Eénjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia spp.* en andere zoutminnende soorten (Habitattype 1310).
- Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*) (Habitattype 1320).

De kwelderzone is een beschermde habitat met een instandhoudingsverplichting (Natura 2000; EU Habitatrichtlijn) en bestaat uit:

- Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*) (Habitattype 1330).

Habitattype 1320 is voor de **Waddenzee** niet relevant. De kenmerkende plantensoort Klein slijkgras heeft een zuidelijk verspreidingsgebied en is niet in de Waddenzee aanwezig. De exoot Engels slijkgras heeft zich in de Waddenzee vermengd met de typen 1310 en 1330. In **ZW Nederland** is habitattype 1320 echter wel goed te onderscheiden en zeer relevant. Zonder type 1320 in zijn huidige vorm (met de exoot Engels slijkgras) zou geen schor van betekenis meer voorkomen. Met het in ZW Nederland wel inheemse Klein slijkgras zou dat evenmin het geval zijn geweest.

In de nieuwe Natuurbeschermingswet is het afwegingskader van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn (VHR) verwerkt, met als doel unieke nationale en Europese natuurwaarden duurzaam in stand te houden, te verbeteren en toe te voegen aan het Europese Natura 2000-netwerk. Nederland zal in de komende jaren voor deze gebieden beheerplannen opstellen. Samengevat zijn de **doelen** voor kwelders en schorren (www.minlnv.nl/natuurwetgeving -> Natura 2000 -> doelendocument):

- Voor de **pionierzone** en de **kwelders** in de Waddenzee behoud van oppervlakte en kwaliteit en voor ZW Nederland een herstelopgave.
- Met **kwaliteit van kwelders** wordt de aanwezigheid van alle successiestadia en van zoet- zout overgangen bedoeld. Behoud van kwaliteit op locaties waar het type goed is ontwikkeld en verbetering van kwaliteit op locaties waar het type matig is ontwikkeld.
- In de tabel Kernopgaven staat onder Diversiteit van schorren en kwelders: **”Behoud (Waddenzee) en herstel (Delta) van schorren en zilte graslanden (buitendijks) met alle successiestadia, zoet-zout overgangen, verscheidenheid in substraat en getijregime en mede als hoogwatervluchtplaats.”**

Het Bijlagendocument geeft een **beoordeling** (een uitwerking voor de Waddenzee is in *hoofdstuk 6.1* opgenomen):

- Het habitatype zilte pionierbegroeiingen komt wijd verspreid voor langs de Europese kusten, maar meestal in kleine oppervlakten. De aanzienlijke oppervlakte van het habitatype in Nederland is daarom bijzonder. **Zilte pionierbegroeiingen (Zeekraal) zijn van zeer groot belang voor Europa en verkeren in matig ongunstige staat van instandhouding.**
- Atlantische kwelders worden aangetroffen langs de Atlantische kust van Portugal tot IJsland en Noord-Scandinavië. Het areaal aan kwelders is in de internationale Waddenzee zeer groot, evenals het aantal relatief grote (meer dan 5 km²) kwelders. Schorren en zilte graslanden (buitendijks) zijn daarom van zeer groot belang voor Europa. Het Waddengebied levert de grootste bijdrage in areaal, daarnaast is het Deltagebied van belang. **Kwelders en schorren verkeren in een matig ongunstige staat van instandhouding. Voor een duurzaam behoud is verjonging van de kwelders en schorren noodzakelijk (oudere, soortenarme stadia nemen momenteel sterk toe).**

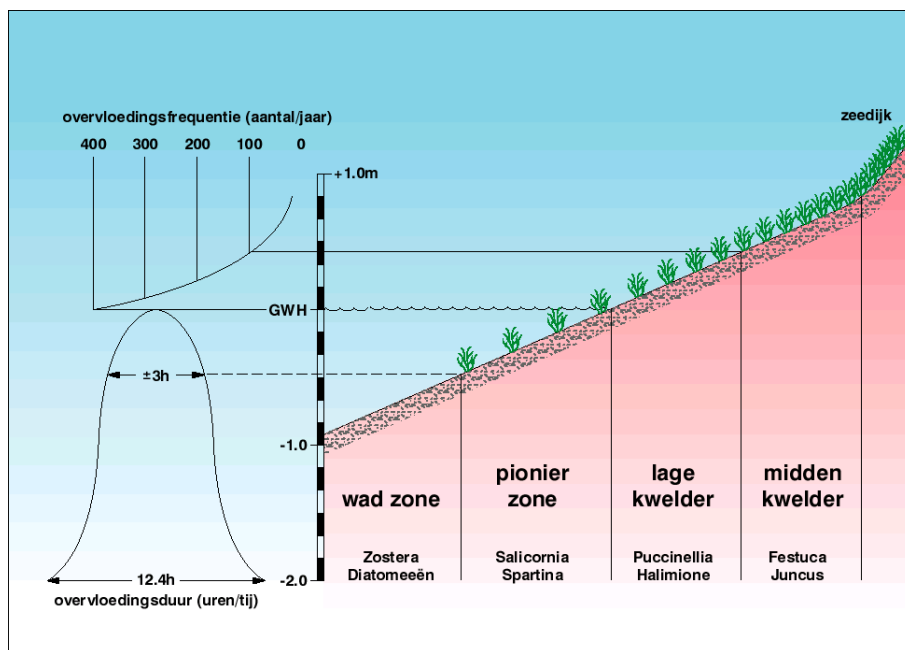
2 Kwelders en schorren in Nederland

2.1 Vorming van kwelders

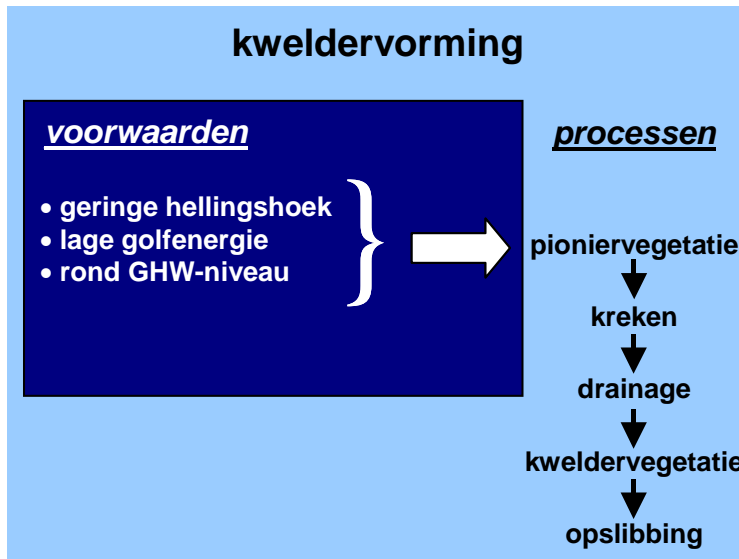
Kwelders en schorren ontstaan van nature op getijplaten met voldoende hoogte, met beschutting tegen golven en stroming en met voldoende aanvoer van sediment en van plantendelen of zaden. In een **wisselwerking tussen fysische en biologische processen** groeien wadplaten met enkele pionierplanten uit tot een met zoutplanten begroeide kwelder die boven gemiddeld hoogwater ligt. In deze beginfase vormt zich een geomorfologisch patroon van kreken, oeverwallen en kommen. Natuurlijke aanwas van kwelders is een zeldzaam verschijnsel geworden.

Kwelders liggen in het bereik van het getij (*Figuur 2.1*). Er vindt sedimentatie en erosie plaats. Planten spelen een essentiële rol in de kweldervorming (*Figuur 2.2*). De belangrijkste pionierplant Zeekraal is éénjarig en groeit vanaf enkele decimeters onder gemiddeld hoogwater (GHW). Zeekraal faciliteert de eerste vorming van kreken en de vestiging van Gewoon kweldergras. Rond het niveau van GHW bereikt het meerjarige Kweldergras voldoende bedekking om:

1. De **opslibbing** op te voeren tot de hoogste waarden in de gehele kweldervorming (Wohlenberg 1933; Jakobsen 1954; Andresen et al. 1990; Dijkema 1997; Dijkema et al. 2001).
2. Het **krekenstelsel** verder te ontwikkelen. De betere ontwatering door het krekenstelsel is doorslaggevend voor de groei van de meeste kwelderplanten en bevordert de successie naar de opvolgende vegetatietypen in de kwelderontwikkeling (Yapp et al. 1917; Grotjahn et al. 1983; Dijkema et al. 1991, 2001; French & Stoddart 1992; Reents 1995).
3. **Erosie** van de jonge kwelder tegen te gaan (Wohlenberg 1953; Kamps 1956, 1962; Von Weihe 1979).



Figuur 2.1. Voorbeeld van zonerings- en inundatiefrequentie (naar Erchinger, 1985).



Figuur 2.2. Voorwaarden en processen bij kweldervorming.

Opslibbing en de vastlegging van slib wordt door de **kweldervegetatie** gestimuleerd want fysisch zou er door het afnemend aantal overstromingen op kwelderhoogte minder slib moeten worden afgezet. De afstand tot het wad of tot krekens (de bronnen van het sediment) is wel een **fysische factor** voor de snelheid van opslibbing (Stoddart et al., 1989; Van Duin et al., 1997; Esselink, 2000). Met toenemende kwelderhoogte neemt de opslibbingsnelheid af door het geringer aantal overvloedingen.

Eilandkwelders achter stuifdijken ontwikkelen zich op een hoge zandplaat met een gradiënt in hoogte en kleidikte vanaf het wad naar geïsoleerd gelegen lage duintjes. Deze gradiënt is in tegenstelling tot vastelandkwelders geen weerspiegeling van de successie, maar al in aanleg van de zandplaat aanwezig (Bakker 1997). “Plaatkelders achter kunstmatige stuifdijken” zijn gekenmerkt door een **snelle successie** (Westhoff et al. 1998).

2.2 Kliferosie

Zolang kwelders horizontaal groeien is er een geleidelijke overgang in hoogte van pionierzone naar kwelder (Figuur 2.1). Stagneert de aanwas, dan ontstaat een kwelderklif. **Kliferosie is een natuurlijk proces**, veroorzaakt doordat de opslibbing in de kwelderzone meestal hoger is dan in de aangrenzende éénjarige pionierzone (Figuur 2.2). Kliferosie is alleen te voorkomen wanneer de kwelderaanwas altijd door zou gaan, wat onmogelijk is. Kliferosie is onderdeel van het ideale plaatje **cyclische successie**, waarbij oude kwelders afslaan en voor het klif weer een nieuwe jonge kwelder groeit. Een dergelijke secundaire kwelder kan na verloop van tijd ook weer een klif vormen (Yapp et al. 1917; De Vries 1940; Jakobsen 1954).

Stabiele kwelders bestaan niet, tenzij door beheermaatregelen (bezinkvelden of oeververdediging). Het effect van kliferosie op het kwelderareaal is een verschuiving van de kwelderzone naar wad of pionierzone: in het slechtste geval alleen een afname van het kwelderareaal en in het gunstigste geval tevens verjonging en toename van de pionierzone, wat een sterk bedreigd habitatype is. Omdat beheerders meestal in paniek raken bij kliferosie komt cyclische successie weinig voor en is niet goed in te schatten of er niet veel meer verjonging zou gaan optreden indien we de natuur meer haar gang zouden laten gaan.

2.3 Areaal van kwelders en schorren

Uit een kwelderstudie over referenties voor de Kaderrichtlijn Water (Dijkema et al. 2005a; *Figuur 2.3; Tabel 2.1*) blijkt dat het huidige areaal langs het vasteland van de Waddenzee en in de Oosterschelde veel lager is dan de historische referentie en dat het areaal eilandkwelders in de oostelijke Waddenzee veel hoger is. Het areaal van kwelders en schorren in Nederland is geleidelijk veranderd door een combinatie van voornamelijk menselijke factoren:

a) Verbetering kustverdediging en grote waterbouwkundige werken

- Natuurlijke kwelders langs het vasteland van de Waddenzee en natuurlijke schorren in de zeearmen van zuidwest Nederland kwamen vooral voor in beschut gelegen **bochten van de kustlijn**. Die bochten zijn grotendeels verdwenen door bedijking.
- In de westelijke Waddenzee zijn de voorwaarden voor kweldervorming sterk veranderd ten gevolge van de aanleg van de **Afsluitdijk** en is een historische referentie niet goed mogelijk. Op Texel en langs het vasteland van Noord-Holland zijn door grootschalige bedijkingen nagenoeg geen kwelders meer aanwezig. Langs de Afsluitdijk en NW Friesland komen helemaal geen kwelders voor.
- De enorme afname van schorren in de Oosterschelde is het gevolg van een verandering van de randvoorwaarden door de aanleg van de **Oosterscheldekering** in 1986. De grootste schorgebieden in de Kom en in het Krammer-Volkerak verdwenen achter dammen en het verkleinen van de getijamplitude versterkte het sedimenttekort, de golfenergie en de kliferosie van schorren.

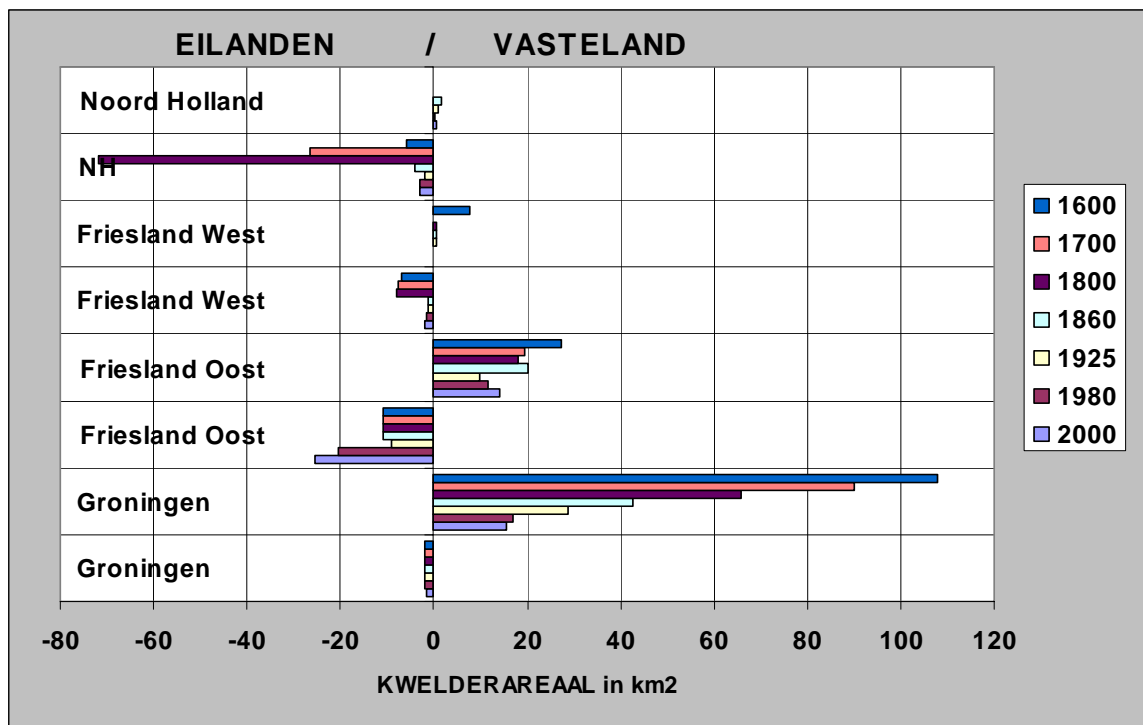
b) Traditionele inpolderingen

- Meestal is de snelheid van de inpolderingen veel groter geweest dan de aanwas van nieuwe kwelders en schorren (Dijkema 1987). Door “**coastal squeezing**” moest men genoegen nemen met steeds kleinere polders.
- Door de grote inpolderingen en de “coastal squeezing” is de Waddenzee vermoedelijk te smal geworden om langs de vastelandskust voldoende rust te hebben voor natuurlijke kweldervorming.
- Door kleinere polders en door betere technieken werden de nieuwe dijken steeds dichter bij of zelfs voorbij de rand van de kwelder of het schor gelegd (Verhoeven et al. 1980). Op plaatsen waar de **dijken vooruitgeschoven op het wad** of op de slikken liggen (b.v. Sloe, Noord-Holland, Den Oever-Oosterbierum, Lauwerszee, Eemshaven, Eems) zullen **kwelders en schorren**

voor langere tijd afwezig blijven vanwege het ontbreken van hooggelegen wadden en slikken en/of de geëxponeerde ligging.

c) Stimuleren van kwelder/schoraanwas

- In de Westerschelde vond in de vorige eeuw een spectaculaire aanwas plaats als gevolg van de invoering en aanplant van **Engels slijkgras** vanaf 1925. Alleen in Saeftinghe is deze aanwas niet ingepolderd. Het areaal schorren in het westelijk en middendeel van de Westerschelde is door bedijkingen in totaal enorm afgenomen, meer dan de groei van Saeftinghe.
- De kwelderaanwas langs de geëxponeerde gelegen noordkust in de Waddenzee heeft vooral plaatsgevonden door menselijke invloed, de **kwelderwerken**. In vergelijking met de historische referentie is het areaal vastelandkwelder echter toch nog bijzonder laag. Een uitzonderlijke situatie vormt de kust langs Het Bildt, Friesland, waar na de aanleg van de Afsluitdijk een jarenlange slibgolf voor een extreem hoge opslibbing heeft gezorgd.
- Op de oostelijke waddeneilanden is er als gevolg van de aanleg van **stuifdijken** meer kwelderareaal ontstaan dan op grond van de historische referentie verwacht mag worden. Op de lange termijn moet echter een nadelig effect van stuifdijken op het kwelderareaal worden verwacht als gevolg van het blokkeren van rechtstreeks zandtransport vanaf de Noordzee via “wash overs” (Dijkema 1991).



Figuur 2.3. Oppervlakte kwelder in de Nederlandse Waddenzee na 1600 in km² (1 km² = 100 ha; Dijkema et al. 2005a). Waddenzee west van wantij Terschelling inclusief het eiland Huisduinen en de Slufter op Texel, maar exclusief de Zuiderzee. Groninger Waddenzee inclusief de Dollard. De kwelders in 1980 en 2000 zijn zonder zomerpolders en zonder pionierzones. Kwelders 1600-1800 Ameland, Schiermonnikoog en Rottumeroog gelijk gesteld aan 1860.

Tabel 2.1. Oppervlakte schorren in zuidwest Nederland in ha (Dijkema et al. 2005a).

	Periode zonder Spartina		Periode met introductie van Spartina		Periode met Spartina		
	1856	1910	1938	1960	1978	1988	1995
Haringvliet (dam 1970) Westerschelde	1.262 2.802	1.805 2.245	2.375 3.657	2.415 3.631	- 2.340	- 2.366	- 2.513
Grevelingen (dam 1971) Veerse Meer (dam 1961)	327 649	203 627	226 799	344 858	- -	- -	- -
Oosterschelde (achter de dammen 1983-1987)	1.093	1.293	1.445	1.526	1.017	-	-
Oosterschelde buiten de dammen	1.147	706	563	650	629	544	523

2.4 Vegetatie-succesie op kwelders en schorren

Naast het areaal aan kwelders is de kwaliteit van de vegetatie van belang. Een kwelder begint als pioniervegetatie. Door opslibbing verandert de pionierzone naar lage, midden en hoge zone, waarbij de vegetatie door **succesie** mee verandert. Reeds vanaf de lage zone kan de vegetatie zich ontwikkelen tot een **climax**. De climax-vegetaties kunnen sterk gaan domineren als een kwelder in zijn eindfase komt en leveren dan een soortenarme kweldervegetatie op. Ook de biodiversiteit aan biotopen voor vogels en ongewervelde dieren (insecten, spinnen) neemt door het proces van veroudering af (Dijkema et al. 2001). **Beweiding** kan de ontwikkeling van een climax-vegetatie uitstellen (door ganzen en hazen) of kan die tegengaan (door vee). Intensieve beweiding kan een kwelder in een jong stadium met weinig plantensoorten houden. De huidige economische ontwikkeling in de landbouw leidt tot een afnemende beweiding van kwelders. Gezien de leeftijd en de hoogte van het merendeel van onze kwelders heeft deze ontwikkeling de afgelopen 20 jaar geleid tot een sterke uitbreiding van arme vegetaties met Zeekweek, op de oudste kwelders ook met Akkerdistel.

In *Figuur 2.4* zijn een aantal resultaten uit een vergelijking van 20 jaar vegetatiekarteringen door RWS- AGI van kwelders en schorren in Nederland samengebracht. Enkele opvallende **conclusies** uit de twee figuren:

1. Enerzijds blijkt de verdeling van de vegetatiezones **zeer gevarieerd** te zijn. Voor bepaalde kwelders/schorren zoals de oostelijke Waddenzee en de Oosterschelde neemt de biodiversiteit in vegetatiezones in de periode 1980-2000 zelfs toe.
2. Anderzijds neemt op diverse kwelders/schorren het **areaal climax-vegetatie** in de karteerperiode toe. Dat geldt voor Zeekweek in vrijwel alle voorbeelden van de Waddenzee en de Oosterschelde. Enkele opmerkingen:
 - Op de waddeneilanden neemt de climax-vegetatie met Zeekweek op de **Rottumerplaat, Terschelling** en **Schorren Texel** gering toe, op **Schiermonnikoog** neemt Zeekweek fors toe. Oorzaak is autonome succesie en het grotendeels ontbreken van beweiding.

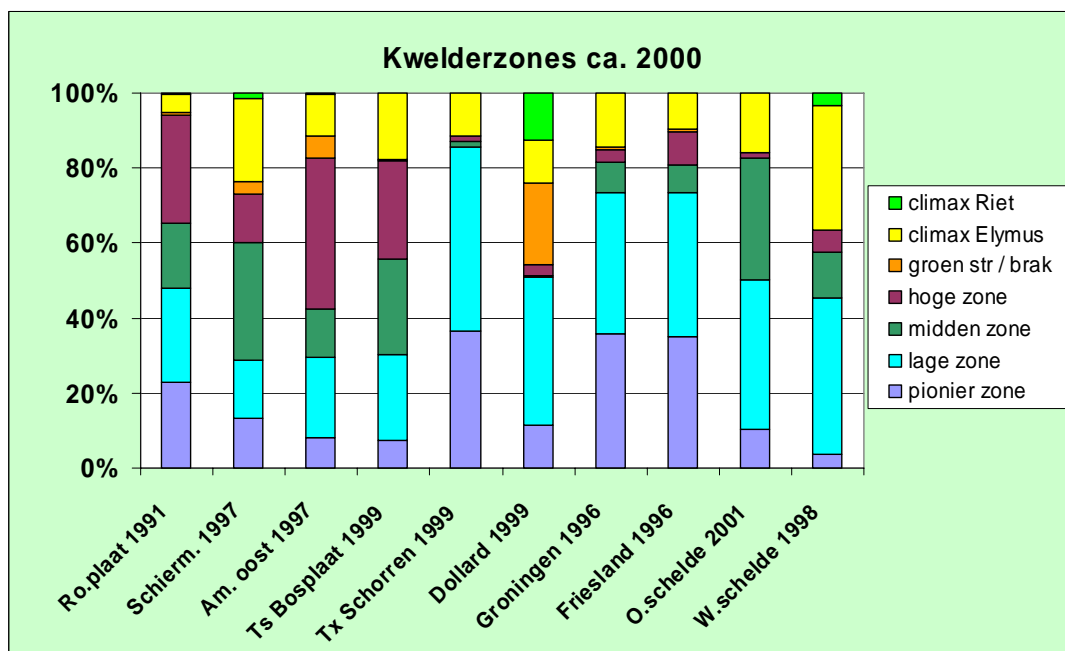
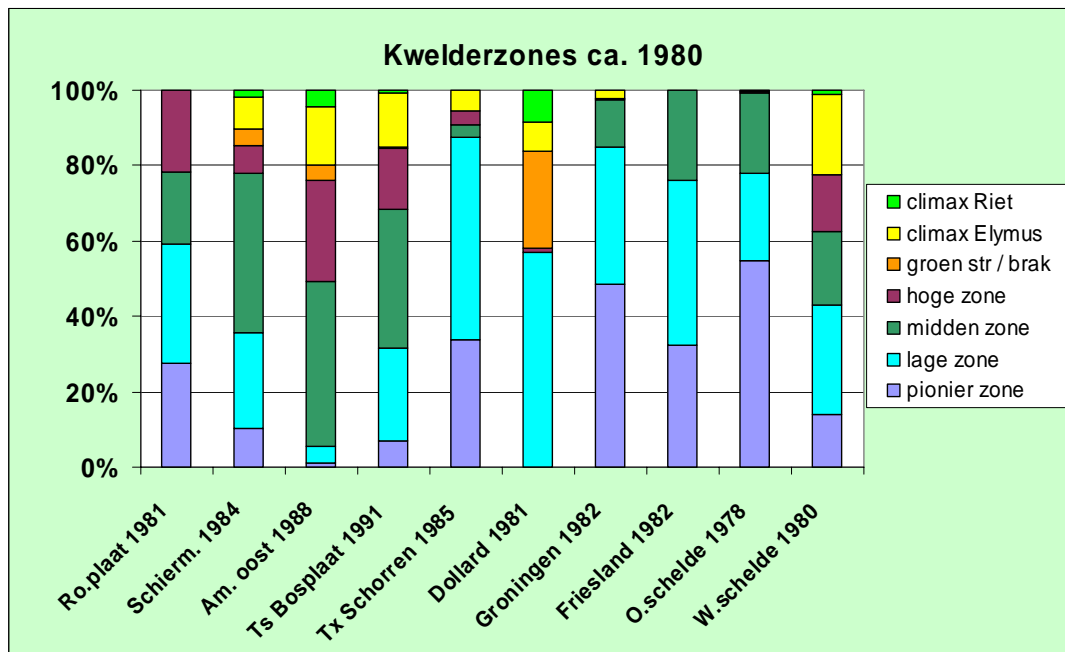
- **Ameland** is het enige waddeneiland met een geringe afname van Zeekweek. Dit zou een bevestiging van het vermoeden kunnen zijn dat bodemdaling de opmars van Zeekweek afremt.
 - In de **Dollard** neemt Kweek relatief weinig toe. Oorzaak is het consequente beheer van beweiding en op het deel van Het Groninger Landschap tevens vernatting (stoppen greppelonderhoud). Dit beheer is niet zo intensief dat de geleidelijke opmars van Riet wordt tegengegaan (Esselink 2000).
 - Langs de **Groninger en Friese vastelandskust** neemt Zeekweek zeer sterk toe als gevolg van de enorme afname van beweiding.
 - In de **Oosterschelde** en de **Westerschelde** neemt Zeekweek het meest toe. Oorzaken in de Oosterschelde zijn de verdroging van de schorren door reductie van de getijhoogtes als gevolg van de stormvloedkering en in de Westerschelde de forse opslibbing gepaard gaande met autonome successie.
3. Landelijk gezien staat de **pionierzone** er **ongunstig** voor. Dit komt met name door de achteruitgang in het Deltagebied. De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor Zeekraal. Aan de **vastelandskust is de oppervlakte van Zeekraal hoog als gevolg van de kwelderwerken**.

2.5 Vegetatie-successie en bodemdaling Ameland

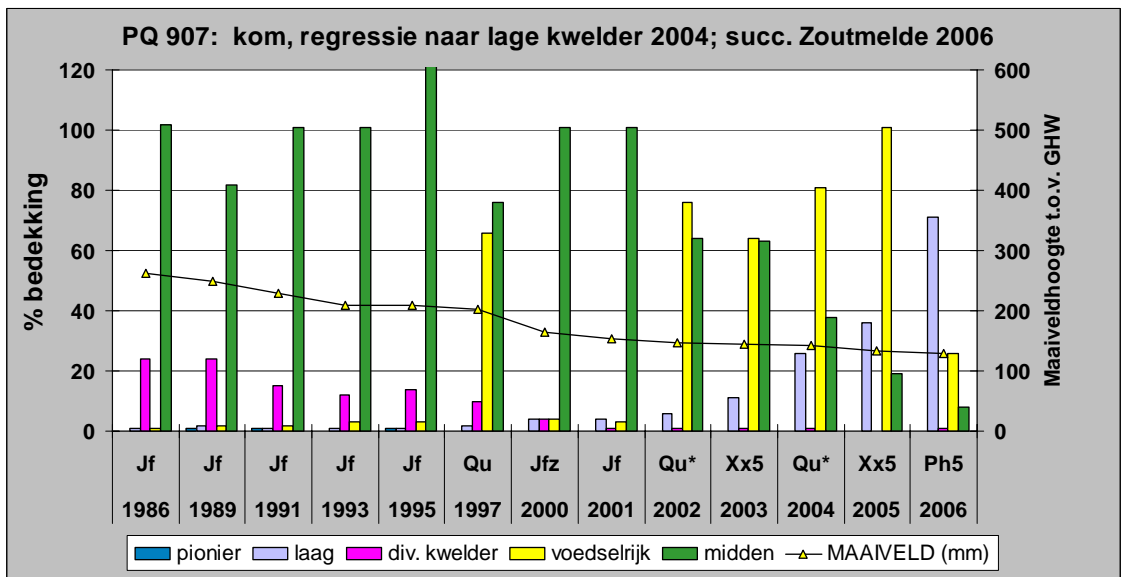
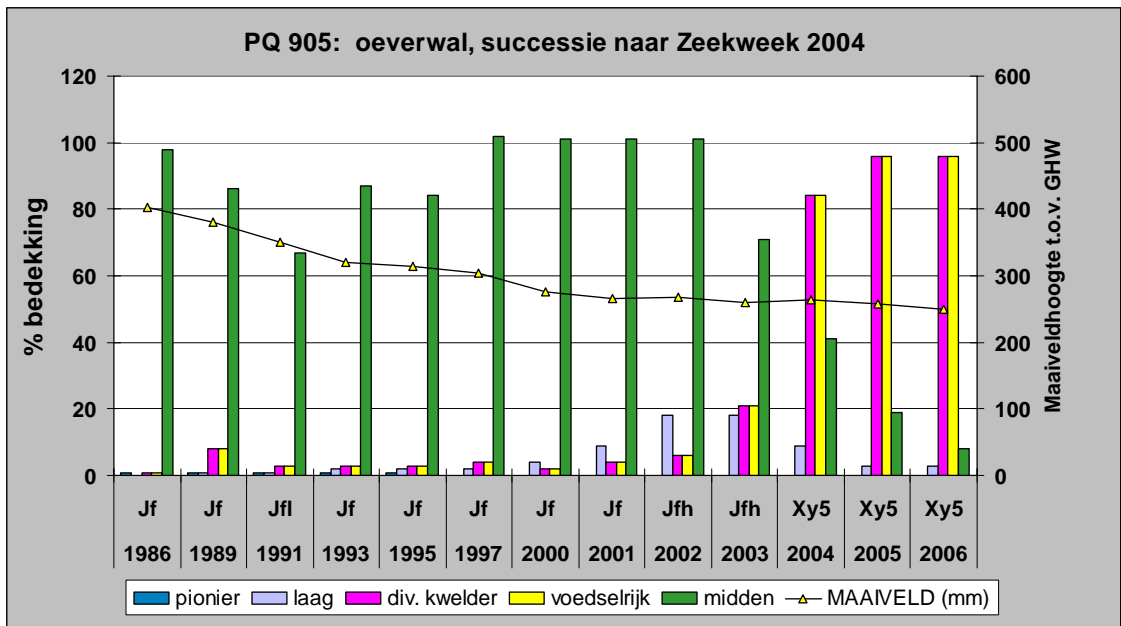
Op de kwelders van Ameland-Oost volgt Wageningen IMARES de effecten van bodemdaling door gaswinning vanaf 1986 (Dijkema et al. 2005b). Het transect op Neerlands Reid heeft in 2003 14 cm bodemdaling (8 mm/j) en het transect op De Hon 20 cm (12 mm/j). De monitoring 1986-2005 laat de kracht van de autonome successie op kwelders zien:

- De hoogteprofielen over de transecten tonen een hoge opslibbing dicht bij het wad en op de oeverwallen bij de kreken (gem. 9 mm/j) en een lage opslibbing verder vanaf het wad, in de kommen en hoger op de kwelder (gem. 2 mm/j).
- Het maaiveld zakt niet onder de ondergrens van de betreffende vegetatiezone dicht bij het wad, op de lagere delen van de kwelder en op de hoge kwelder. Op de midden kwelder en in enkele verstoorde pq's zakt het maaiveld in $\frac{3}{4}$ van de pq's wel onder de ondergrens van de betreffende vegetatiezone.
- De **helft van de pq's** laat **autonome successie** zien, waarvan 22% van alle pq's veroudering naar een climaxvegetatie (b.v. Zeekweek; *Figuur 2.5*) en 28% van alle pq's successie van de vegetatie naar een hogere kwelderzone (b.v. Zeealsem). 20% van de pq's verandert niet. Canoco-analyse laat ook **binnen de kwelderzones een significante successie/veroudering** zien.
- In twee pq's is bodemdaling de meest waarschijnlijke oorzaak van een **periodieke regressie met éénjarige planten** (5% van de pq's; *Figuur 2.5*). Deze pq's liggen in een kom middenop de De Hon, met een lage opslibbing (door de grote afstand tot wad en kreken) en een hoge bodemdaling (nabij het centrum van de daling). Na de regressie is de successie/ veroudering op dat punt gewoon weer verder gegaan.

- De grootste **oorzaken van regressie en/of verjonging** van de kweldervegetatie zijn niet bodemdaling, maar vernatting door blokkering van een kreek (10% van de pq's), autonome kliferosie en vertrapping door vee (15% van de pq's).



Figuur 2.4. Vegetatiezones en climax-vegetaties op 5 eilandkwelders en op 5 vastelandkwelders/schorren (Dijkema et al. 2005a). Op basis van vegetatiekaarten rond 1980 en 2000 door RWS-AGI. Pionierzones van luchtfoto's; Waddenzee bedekking > ca. 1%; ZW Nederland bedekking > 0,1%.



Figuur 2.5. Successie/regressie van de vegetatie van de midden kwelder in het hart van de bodemdaling op De Hon, Ameland. Methode soortengroepen zie hoofdstuk 4.6, Tabel 4.1.

Ameland: samenvatting van de metingen en de voorspelling tot 2020

Voor de kwelder **Neerlands Reid** worden op basis van de monitoring tot nu toe en van twee mogelijke bodemdalingsscenario's tot 2020 nog steeds geen wezenlijke effecten op de kweldervegetatie verwacht. De successie van de vegetatie gaat vrijwel overal autonoom zijn gang, de in 1986 voorspelde veranderingen treden niet op. Wellicht is de vegetatiesuccessie vertraagd door de bodemdaling waardoor veroudering van de kweldervegetatie langzamer verloopt.

Op **De Hon** ligt op afstand van het wad in het transect een grote kom. Van de bodemdalingsscenario's tot 2020 wordt direct ten zuiden van een plas in deze kom een effect van bodemdaling verwacht: enkele pq's van de midden kwelder veranderen naar de lage kwelder. De kwelderplas kan zowel vergroten als verbinding maken met een kreek. In het laatste geval zal de plas in snel tempo begroeien met vegetatie van de jonge kwelder, zoals recent in het hart van de bodemdaling op De Hon is gebeurd met een veel grotere kwelderplas.

3 Kwelders in de internationale Waddenzee

3.1 Afspraken trilateraal kwelderbeheer

Tussen Denemarken, Duitsland en Nederland zijn doelen voor het kwelderbeheer in de Waddenzee overeengekomen (**Trilaterale Targets**; Bakker et al. 2005):

1. Een groter areaal aan natuurlijke kwelders.
2. Een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek, waaronder natuurlijke afwateringspatronen van kunstmatige kwelders, op voorwaarde dat de huidige oppervlakte niet wordt verkleind.
3. Een verbeterde natuurlijke vegetatiestructuur van kunstmatige kwelders, inclusief de pionierzone. Toevoeging TMAP Salt Marsh Workshop: "The aim is a salt-marsh vegetation diversity reflecting the geomorphological condition of the habitat".
4. Gunstige omstandigheden voor trekkende en broedende vogels.

3.2 Wadden Sea Quality Status Report 2004

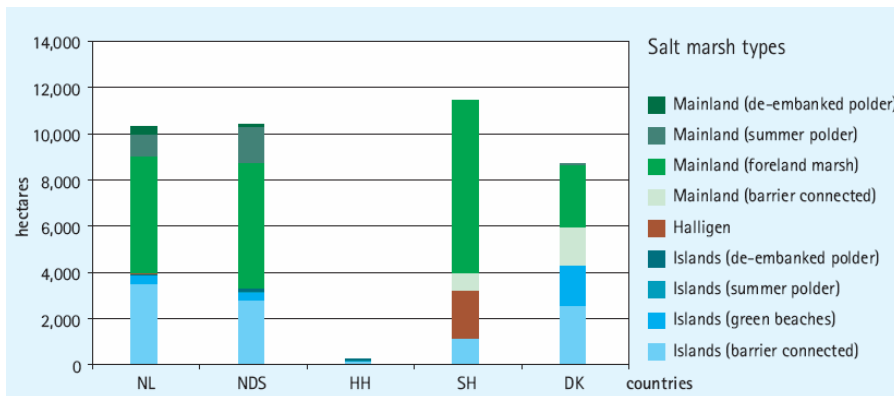
In de QSR 2004 (Bakker et al. 2005) zijn gegevens over het areaal, de geomorfologie, de vegetatie en het beheer van de Waddenzee-kwelders (*Tabel 1; Figuur 3.1-3.4*) van de verschillende landen voor het eerst volgens uniforme classificaties op kaart gezet. Daaruit blijkt dat in de Nederlandse en Duitse Waddenzee ongeveer 56 % van de eilandkwelders en 7 % van de vastelandkwelders nooit kunstmatig zijn ontwaterd en momenteel niet worden beweide. Deze kwelders worden in de QSR als **natuurlijk** beoordeeld. Tussen de Nederlandse en Oostfriese eilanden verschillen de getallen niet wezenlijk, maar langs de Duitse vastelandkust liggen de getallen voor "niet ingrijpen" hoger dan in Nederland.

Tabel 3.1

Salt marsh type	The Netherlands 1995-2002	Niedersachsen* 1997	Hamburg 1995-1998	Schleswig-Holstein 2001-2002	Denmark** 1995-2000	TOTAL
1. Barrier islands						
A barrier-connected (incl. foreland)	3,500	2,820	140	1,130	2,554	10,144
B green beaches	380	310			1,780	2,470
C1 summer polder		60	80			140
C2 de-embanked (summer) polder	45	150	40			235
2. Mainland						
A barrier-connected				730	1,657	2,387
B foreland marsh	4,000	5,430		7,470	2,670	20,635
C1 summer polder	960	1,540			49	2549
C2 de-embanked summer polder	295	90				385
3. Halligen						
45			2110		2155	
Total	9,230	10,400	260	11,440	8,710	39,680

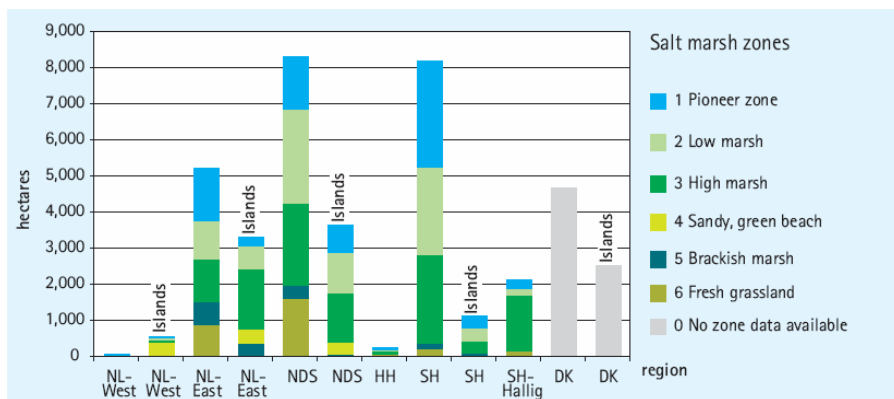
* Niedersachsen: including creeks, excluding pioneer zone.

** DK: excluding pioneer zone; data on green beaches from 1999 QSR; barrier-connected salt marsh type on mainland: Skallingen peninsula; summer polder: saltwater lagoon behind 'Det Fremskudte Dige'.



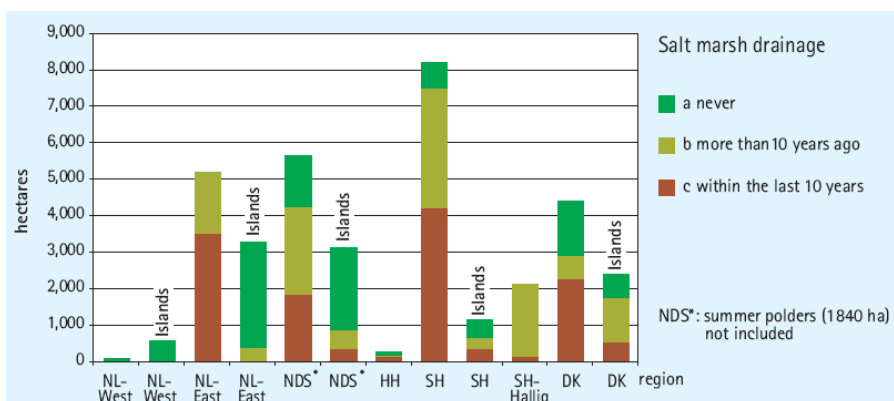
Figuur 3.1

Figure 7.1: Surface area (ha) of the different salt marsh types in the Wadden Sea (see Table 7.1), including pioneer zone except for Niedersachsen and Denmark (border between the pioneer zone and bare soil is chosen at 5% coverage respectively 10% in SH).



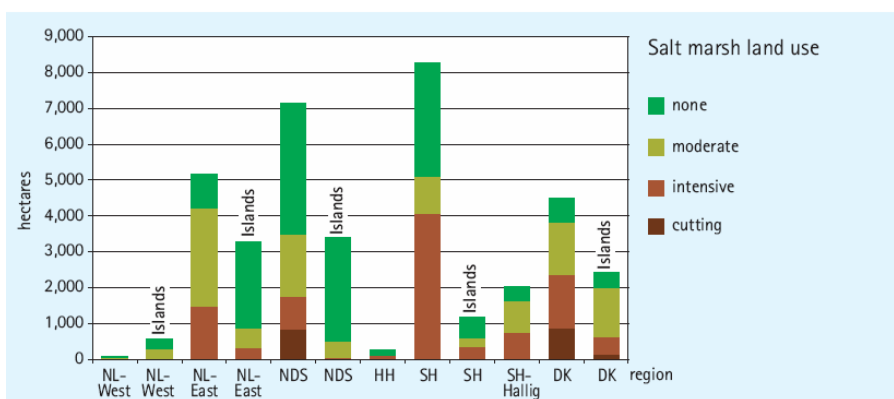
Figuur 3.2

Figure 7.2: Distribution of mainland (left bar) and island (right bar) salt marsh zones (ha) in The Netherlands (NL) (east and west of Terschelling watershed), Niedersachsen (NDS), Hamburg (HH), Schleswig-Holstein (SH) (islands and Halligen separately), no data available from Denmark (DK). Data source: TMAP Data Unit, data of the period 1997–2001 (pioneer zone: coverage >5%, for SH >10%).



Figuur 3.3

Figure 7.3: Salt marsh areas (ha) with different types of drainage (2002), differentiated for mainland (left bar) and islands (right bar). a: no artificial drainage at all; b: no artificial drainage on a regular basis in the past ten years; c: artificial drainage measures have been carried out during the past ten years (Nds* = summer polders (1840 ha) and pioneer zone in Niedersachsen not included). Data source: TMAP Data Unit.



Figuur 3.4

Figure 7.5: Distribution of land use by livestock grazing and cutting (none, moderate, intensive) (in ha) in the Wadden Sea salt marshes on the mainland coast (left bars) and the islands (right bars) (data of the period 2001/2002); pioneer zone in Niedersachsen not included). Data source: TMAP Data Unit, data of the period 1997 – 2001

Een **kennisleemte** is dat uit het verleden geen gestandaardiseerde data beschikbaar zijn, waardoor een kwantitatieve vergelijking met bv. de QSR 1999 niet goed mogelijk is. In de TMAP-samenwerking werken Nature-consult van Dr. Jörg Petersen uit Hildesheim en Wageningen IMARES op Texel aan deze kennisleemte, de vergelijking met oudere data. Inmiddels zijn vegetatiekaarten op schaal 1:100.000 en 1: 10.000 van RIN-TEXEL uit 1976-1977 gedigitaliseerd. De legenda's van deze oude overzicht- en detail-kaarten waren de voorloper van de huidige uniforme TMAP-classificatie.

Waar wel **lange-termijn-kweldermonitoring** wordt uitgevoerd is de afgelopen tientallen jaren een aanwas van zowel natuurlijke als halfnatuurlijke kwelders waargenomen. Plaatselijk is kwelderafslag gemeten op geëxponeerde plekken langs het vasteland. Ontpoldering van zomerpolders heeft geleid tot een verdere groei van het kwelderareaal, waarbij zich een natuurlijke vegetatiestructuur heeft ontwikkeld.

3.3 Trilaterale aanbevelingen

Trilateraal zijn op de regeringsconferentie over de Waddenzee in 1998 te Stade o.a. de volgende afspraken over het **areaal van de kwelders** gemaakt:

1. Het huidige kwelderareaal zal niet afnemen waartoe vastelandskwelders tegen erosie worden beschermd.
2. Het areaal natuurlijke kwelders zal waar mogelijk worden uitgebreid d.m.v. het ontpolderen van zomerpolders.

De aanbevelingen in het Wadden Sea Quality Status Report 2004 over de **kwaliteit** van en **onderzoek** aan kwelders zijn o.a. (www.waddensea-secretariat.org/, in hoofdstuk 15.3 *Target Assessment and Recommendations*):

1. **Natuurlijke aanwas** van kwelders wordt het best gediend door de aangrenzende getijdeplaten onberoerd te laten.
2. Verdere groei van (half-)natuurlijke kwelders is mogelijk door **zomerdijken** of **stuifdijken** te verwijderen.
3. Stopzetten van kunstmatige **ontwatering** in alle onbeweide kwelders wordt aanbevolen, waarbij de ontwatering van de dijkvoet in stand moet blijven.
4. In de kwelderzone duurt de ontwikkeling van een greppelsysteem naar natuurlijker krekens 10-tallen jaren. Verder onderzoek en experimenten naar effectieve mogelijkheden om **natuurlijker krekens te stimuleren** wordt aanbevolen.
5. **Beweiding** wordt gebruikt als een beheermaatregel voor bepaalde vogelsoorten en om een gevarieerde vegetatie-structuur in stand te houden. Onderzoek naar de relaties tussen veroudering naar een climax-vegetatie, de snelheid van opslibbing en de stopzetting van beweiding wordt aanbevolen.
6. De in TMAP ontwikkelde uniforme vegetatie-classificatie wordt aanbevolen om een Waddenzee-breed overzicht van de **vegetatie-ontwikkeling** te maken. Dit overzicht voldoet ook aan de vereisten van de **EU-Habitatrichtlijn**.
7. Voortzetting van **lange-termijn-kweldermonitoring** op de bestaande sites wordt aanbevolen.

4 Kwelderwerken

4.1 Vegetatie-areaal aan de vastelandkust

De randvoorwaarden voor kwelderaanwas langs de vastelandkust zijn in de oostelijke Waddenzee van nature veel gunstiger dan in de westelijke Waddenzee. Dat verschil blijkt uit het grotere areaal kwelder in Friesland en Groningen en is nog groter als de relatief geringe omvang van de oostelijke Waddenzee in aanmerking wordt genomen. Daarvan scoorde Groningen tot in 1800 aanzienlijk hoger dan Friesland (in 1600 nog 7.900 ha kwelder in Groningen tegenover 2.700 ha in Friesland; *Figuur 3.3*). Na een serie grote indijkingen aan het begin van de 19^e eeuw langs de noordkust van Groningen (o.a. de 3.500 ha grote Noordpolder in 1811) is het areaal in beide provincies nu laag (900 ha in Groningen en 1.250 ha in Friesland). De huidige **vastelandkwelders zijn het resultaat van menselijke invloed, kwelderwerken t.b.v. de landaanwinning**. Als de aanwas stokte, was dat te wijten aan (te) weinig inspanning in de kwelderwerken (bv. de situatie rond 1925 toen de kwelderwerken nog particulier initiatief waren).

Zowel aan de Nederlandse als de Duitse kant van de **Eemsmonding** liggen tot aan de Mond van de Dollard geen vastelandkwelders. De kwelders van de Dollard beginnen met de Punt van Reide, een oude onbedijkte landtong met het karakter van een Hallig. Door opslibbing en een zware oeververdediging heeft de Punt van Reide stormvloedrampen als kwelder overleefd. De Dollard is door inbraken van de zee na 1277 ontstaan. Het verdronken land is vanaf de randen in hoog tempo aangewassen met kwelders die met een ongekend tempo van twee ‘bedijkingsschillen’ per eeuw weer werden bedijkt. **Gedurende de periode van de bedijkingen heeft er steeds zo’n 1.000 ha kwelder gelegen** (Dijkema 1987). De huidige 741 ha kwelder is door kwelderwerken in het midden van de vorige eeuw ontstaan. De aanwas is gestopt en de huidige kwelders eroderen nu licht aan de zeekant.

4.2 Van landaanwinning naar kwelderwerken

In de Waddenzee liggen langs de noordkust van het vasteland van Groningen en Friesland 6000 ha voormalige landaanwinningswerken. Door middel van sturing van de natuurlijke processen zijn daarin **halfnatuurlijke kwelders** gevormd (De Vries 1940). De kwelderwerken zijn door middel van rijshoutdammen en begreppeling gecreëerd en de kweldervegetatie heeft zich natuurlijk gevestigd. Uit de praktijk van het natuurbeheer is gebleken dat dergelijke half-natuurlijke landschappen het beste in stand worden gehouden door een beheer dat aansluit bij de traditionele methoden waardoor ze zijn ontstaan (Westhoff 1949, 1971). **Zonder de vroegere “werken” zouden de vastelandkwelders er nu niet zijn en zonder “werken” nu zouden deze kwelders weer verdwijnen.**

Voordat het Rijk begon met landaanwinningswerken langs de Groninger noordkust lag er een geschil met de oevereigenaren over het eigendom van de kwelders en de aanwassen. Dit geschil was tijdens de bezetting door Napoleon ontstaan als gevolg van de invoering van Franse wetgeving in 1811 en is pas na 1932 beëindigd. Als oplossing is het Rijk een “Acte van Dading” aangegaan met de individuele oevereigenaren. Dit zijn de zgn. “**delimitatiecontracten**” die vandaag de dag nog steeds van kracht zijn. Inpoldering was in de jaren 30 van de vorige eeuw vanzelfsprekend en is in de delimitatiecontracten niet geregeld. Enkele bepalingen uit het delimitatiecontract zijn:

- Het gebied waarin de oevereigenaren het recht van eigendom op de aanwas behouden wordt begrensd door de Delimitatielijn op 300 meter zeewaarts van de toen bestaande groene kwelder (= “Afgepaalde kweldergrens”).
- De Staat verplicht zich in deze strook (= “Delimitatiestrook”) naar eigen oordeel landaanwinningswerken aan te leggen en te onderhouden totdat deze strook beweidbare kwelder is geworden.

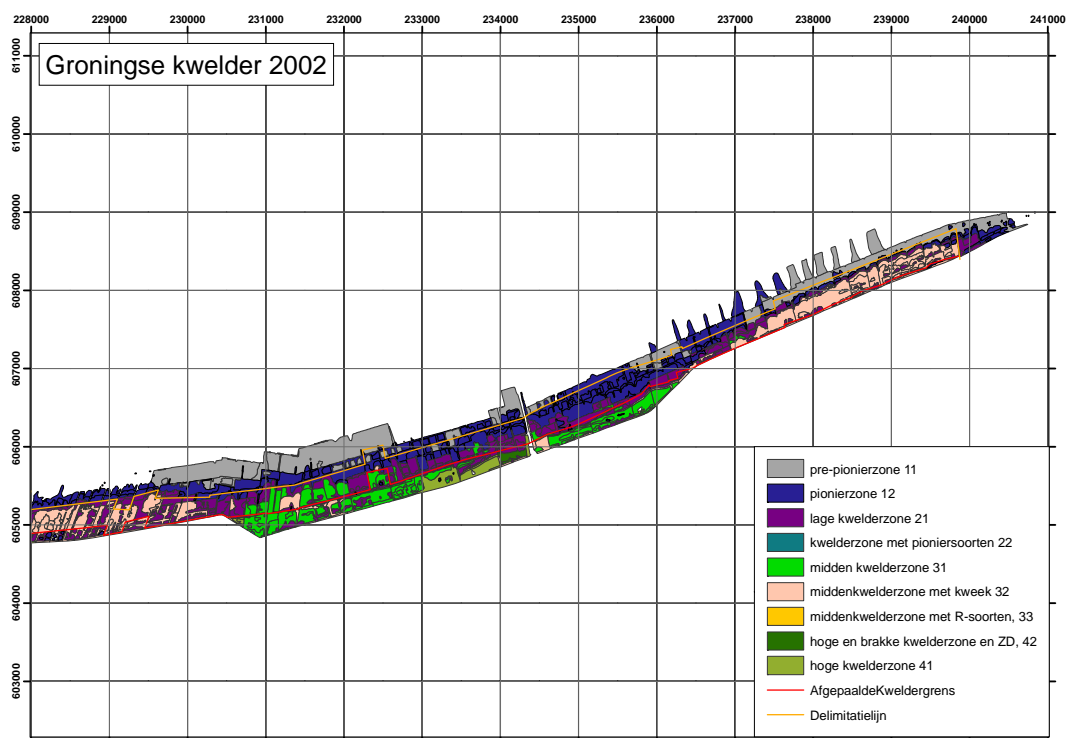
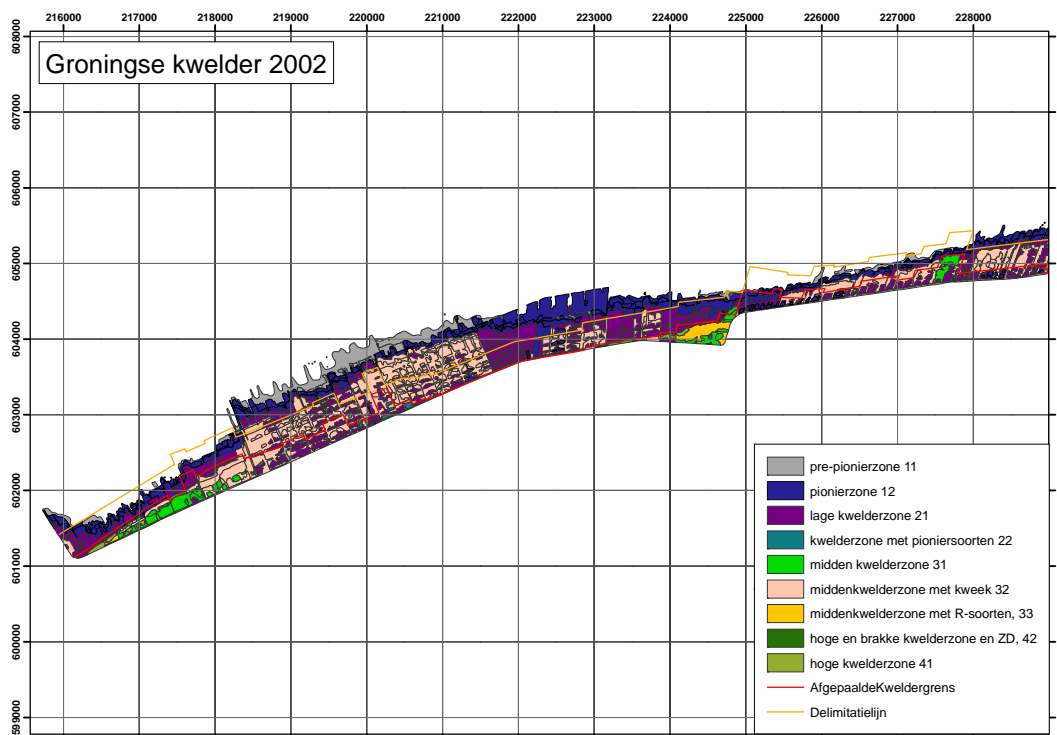
Het **beheer van de kwelderwerken** is de afgelopen 15 jaar aangepast aan de nieuwe natuurdoelstelling. Basis waren analyses van kennis en praktijkervaring: 47 jaar WOK-monitoring van het RWS Waterdistrict Waddenzee en 20 jaar beheerexperimenten in proefvakken van RWS en Wageningen IMARES gezamenlijk. Alle stappen zijn zorgvuldig afgewogen in de Stuurgroep Kwelderwerken met de belanghebbenden, waaronder de Vereniging van Oevereigenaren en Gebruikers. Het veranderingsproces heeft geleid tot een natuurlijker kwelderbeheer. In de periode 1989-1998 is het dammensysteem vrijwel compleet aangepast en gerenoveerd. Door toepassing van duurzaam vulhout van Fijnspar, Douglas en/of Sitkaspar konden het onderhoud en de kosten daarvan omlaag. Dankzij een betere lay-out en werking kon de lengte van het dammenbestand afnemen van 220 km naar 138 km in 2007. Daardoor is tevens het ruimtebeslag van de buitenste bezinkvelden op het wad met ca. 2.000 ha verminderd. Vanwege afname van de pionierzone in de Groninger kwelderwerken wordt het dammenpatroon in de middelste bezinkvelden verbeterd.

4.3 Greppels of krekens

Het is onjuist om de voormalige landaanwinningswerken te beschouwen als kwelders waar een bestaand krekensysteem is vervangen door greppels. Greppels hebben juist de ontwikkeling van deze kwelders in gang gezet. Krekens zouden pas in een later stadium van een eventuele natuurlijke kwelderontwikkeling zijn gevormd. Tot 2000 werd het uniform stelsel van watergangen regelmatig hergraven. Dat grondwerk is tussen 1990 en 2000 geleidelijk gestopt. In een analyse van de hoogtegegevens kon **geen effect van grondwerk op de opslibbing** worden aangetoond (Dijkema et al. 1991, 2001). De ontwatering heeft wel een **stimulerend effect op de vegetatie**: de vegetatiezones vestigen zich op een lager niveau; waterplassen en kale plekken worden voorkomen. Uit een krekensstudie (Reents 1995; Reents et al. 1999; Van Duin & Dijkema 2003) blijkt dat de **watervoerende oppervlakte in kwelderwerken 50% te groot** was, maar de **totale lengte van de watergangen slechts 20% te groot**. De conclusie is dat het realistisch is om te pogen de huidige afwatering te veranderen in

een systeem dat in staat is zonder onderhoud te functioneren. Echter, een visueel aantrekkelijker krekensysteem is geen reële mogelijkheid omdat kreken zich al vanaf de allereerste kweldervorming ontwikkelen, in samenhang met de natuurlijke patronen in hoogteligging en vegetatie. De studie besluit met de stelling dat een **natuurlijk krekensysteem in het huidige volgroeide stadium van de kwelderwerken slechts mogelijk is door deze kwelders af te graven.**

De conclusie uit de proefvakken is dat grondwerk in de zin van het regelmatig (her)graven van greppels volgens een vast patroon niet zonder meer tot de meest optimale ontwikkeling van de kweldervegetatie leidt. Als gevolg van het stoppen van greppelonderhoud worden de kwelders natter. Dat is een goede remedie tegen de "veroudering" door Zeekweek, maar soms hinderlijk voor de beweiding. Vooral in de **pionierzone zou een weloverwogen vermindering van het grondwerk tot betere resultaten kunnen leiden**, wat blijkt uit de vaak positieve ontwikkeling van de vegetatie in de proefvakken in vergelijking met de aangrenzende meetvakken. Vermindering van het onderhoud aan de kunstmatige ontwatering in de **kwelderzone** is een logisch gevolg van de toename in de hoogteligging van de kwelders door opslibbing. Door minder overvloedingen raken de greppels minder snel gevuld met sediment en bovendien wordt het slib steeds beter door de vegetatie vastgehouden.



Figuur 4.2. Overzichtskaart van de Groninger kwelderwerken met Afgepaalde kweldergrens en Delimitatielijn. Bewerkt door Wageningen IMARES op basis van vegetatiekaarten van RWS-AGI.

4.4 50 jaar meetvakken

In de kwelderwerken liggen 25 meetvakken (*Figuur 4.3*; Dijkema et al. 2001, 2006). Elk meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is ca. 50 ha en is representatief voor een kustgedeelte van ca. twee kilometer. Vanaf 1960 tot heden is door RWS Waterdistrict Waddenzee (opnames en beheer) en Wageningen IMARES op Texel (dataverwerking en jaar-rapportages) steeds hetzelfde monitoringstelsel toegepast: gedetailleerde metingen aan hoogte en vegetatie per meetvak, aangevuld met gegevens over beweiding, ontwatering en het onderhoud. Per 6 jaar maakt RWS (= AGI) een vegetatiekartering van de gehele kwelderwerken.

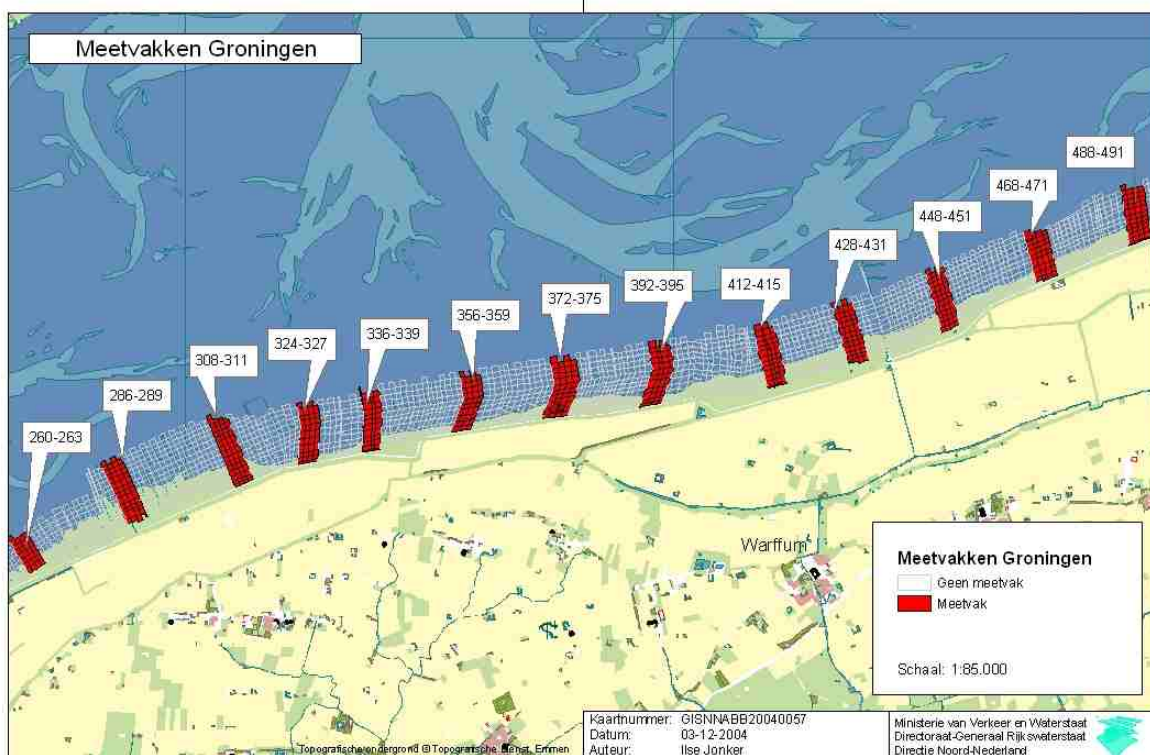
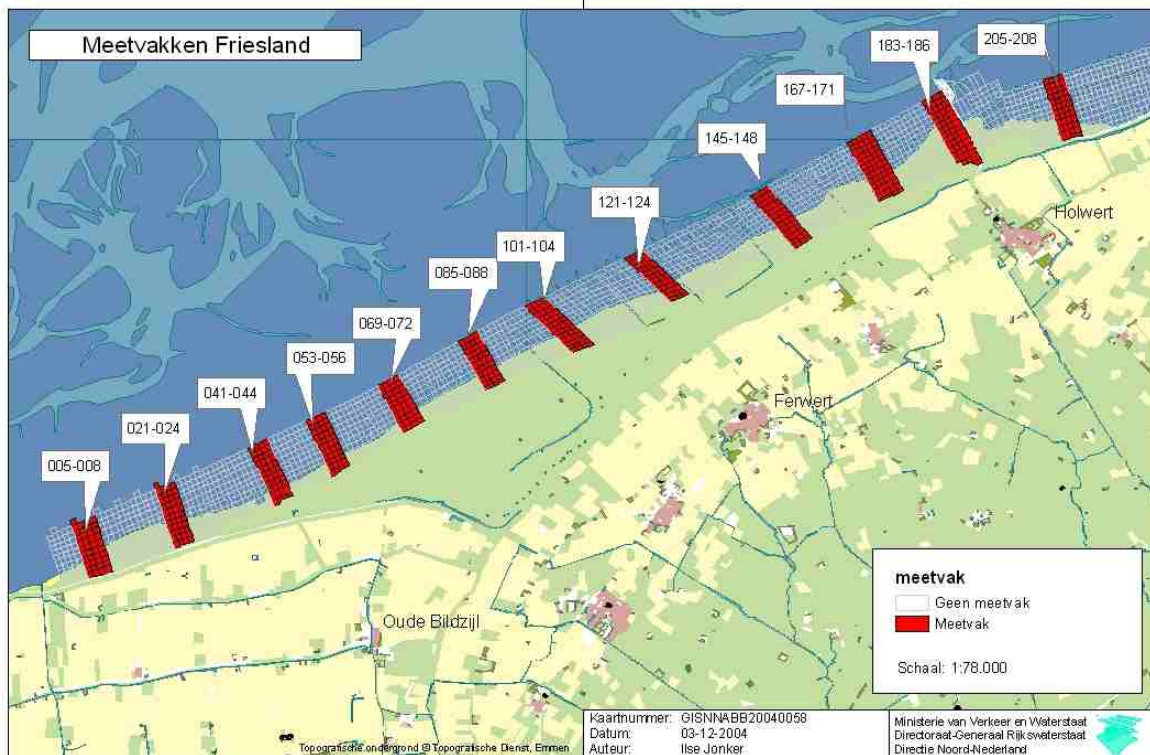
De belangrijkste **methoden** van de monitoring in de kwelderwerken zijn:

- **Vegetatie:** Jaarlijks zijn per meetvak in alle pandjes van 1 ha in de periode 1960-2004 de bedekkingspercentages van de afzonderlijke zoutplanten opgenomen. De opnamen van de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten in de kwelderpandjes (= kwelder-kwaliteit) is vanaf 2005 gestopt. Deze methode is vanaf 2005 beperkt tot een simpeler meting van het areaal van de pionier- en kwelderzone. Deze opnamen worden voortgezet door Wageningen IMARES.
- **Hoogte:** Per 4 jaar worden in de meetvakken vaste meetlijnen evenwijdig aan de kust gewaterpast. Vanaf 2004 is gewerkt met een eigentijdse en minder arbeidsintensieve methode d.m.v. RTK-GPS die vergelijkbare resultaten oplevert.
- Een 6-jaarlijkse **vegetatiekaart** van RWS-AGI dient voor de vlakdekkende controle van de meetvakken-methode en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het detail-niveau van vegetatie-typen. Recenste vegetatiekaart: **2003**. Volgende: **2009**, oplevering 2010 (*zie bijlage 1; www.kwelders.nl*).
- De **verwerking van de data** is gericht op analyse van de ontwikkelingsstadia van de pionierzone en de kwelderzones. Voor het vaststellen van de vegetatie-typen in zowel de meetvakken als op de vegetatiekaarten is een computer-classificatie ontwikkeld die alom wordt nagevolgd (SALT97; De Jong et al. 1997).

De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het **WOK-databestand**. De vegetatiekaarten van RWS-AGI en het WOK-databestand van het RWS Waterdistrict Waddenzee en Wageningen IMARES op Texel worden als volgt gebruikt:

- Het rapporteren van de toestand van de kwelderwerken aan de beheerder Rijkswaterstaat en aan de gebruikers in de **Stuurgroep Kwelderwerken**.
- Nationale rapportages over de toestand van de natuur (o.a. www.waddenzee.nl).
- Rapportages aan de EU over de **staat van instandhouding** van de Habitattypen in het Natura 2000 netwerk.
- Het verrichten van **beheerondersteunend onderzoek** t.b.v. de uitwerking van de natuurdoelstelling voor de Waddenzee. Trendanalyses van autonome ontwikkeling van bestaand beheer, onderzoek van praktijkproeven, van nieuw beheer en over effecten van buitenaf (Dijkema et al. 2007; Van Duin et al. 2007a, b).

- Het WOK-databestand en de vegetatiekaarten van AGI vormen de basis voor de trilaterale (Deens-Duits-Nederlandse) Waddenzee-monitoring “**TMAP**”, voor de Wadden Sea Quality Status Reports (**QSR**) 1999, 2004, 2009 (Bakker et al. 2005) en als een referentie voor de Kaderrichtlijn Water (**KRW**; Dijkema et al. 2005a).
- In 2004 heeft het WOK-databestand een belangrijke rol gespeeld in een studie in opdracht van het kabinet naar de effecten van de **bodemdaling door gaswinning** uit het Groningen veld (= “Slochteren”; Hoeksema et al. 2004).
- In 2006 en 2007 speelt het WOK-databestand een rol in het formuleren van een **Kwelderherstelplan** voor het Waddenfonds.



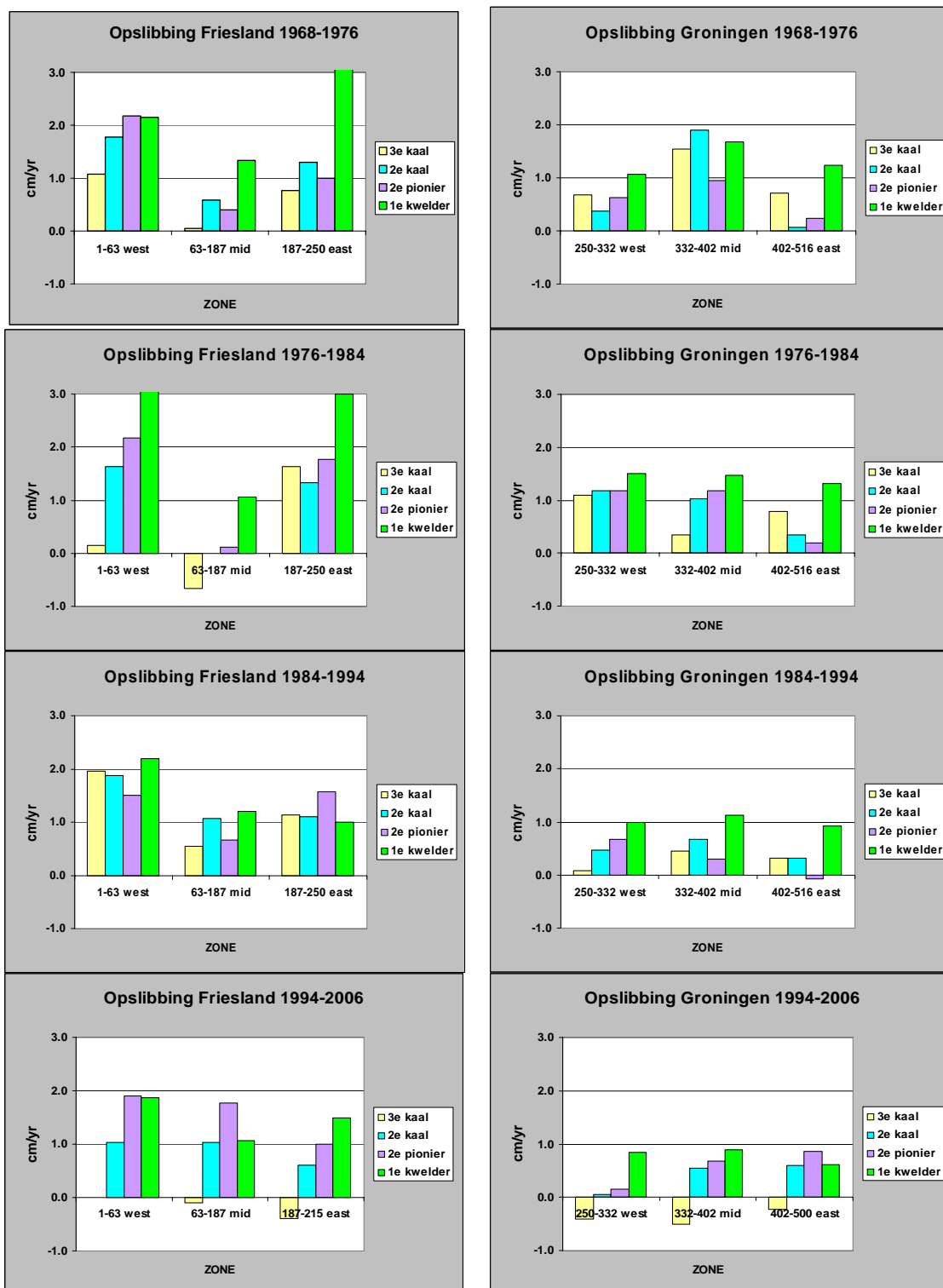
Figuur 4.3. Kwelderwerken in Friesland en Groningen met ligging van de meetsvakken.

4.5 Kwelder-opslibbing versus zeespiegelstijging / bodemdaling

Kwelders zijn naast internationaal hoog gewaardeerde natuur een **natuurlijk voorland voor de zeedijken**. Hoog voorland beperkt de golfhoogte en de golfoploop tegen de zeedijk. In de Duitse en Deense Waddenzee worden kwelders daarom als onderdeel van de zeewering beschouwd (Anon. 2003; Hofstede 2003). In de brief van het Kabinet over het rapport van de Adviesgroep Waddenzeebeleid (commissie Meijer) wordt “stimulering van nieuwe kwelderontwikkeling ten gunste van de veiligheid van het achterland” genoemd.

De **bodemdaling door “Slochteren”** onder de Groninger kwelderwerken is met waarden tussen 0 en 4 mm per jaar over het algemeen veel lager dan de bruto opslibbing 1994-2005 min de hoogwaterstijging van 2,4 mm per jaar. De prognose tot 2025 van het Groningen-gasveld duidt op een **toename van de bodemdaling** onder het oostelijk deel van de Groninger kwelderwerken naar 3-7 mm per jaar, dat is minder dan in de prognose van 2000 werd verwacht. De bodemdaling 2003-2025 is voor alle meetvakken op twee na (kwelderzone van de meetvakken 412 en 448) nog steeds lager dan de bruto opslibbing 1994-2005 min de hoogwaterstijging van 2,4 mm per jaar.

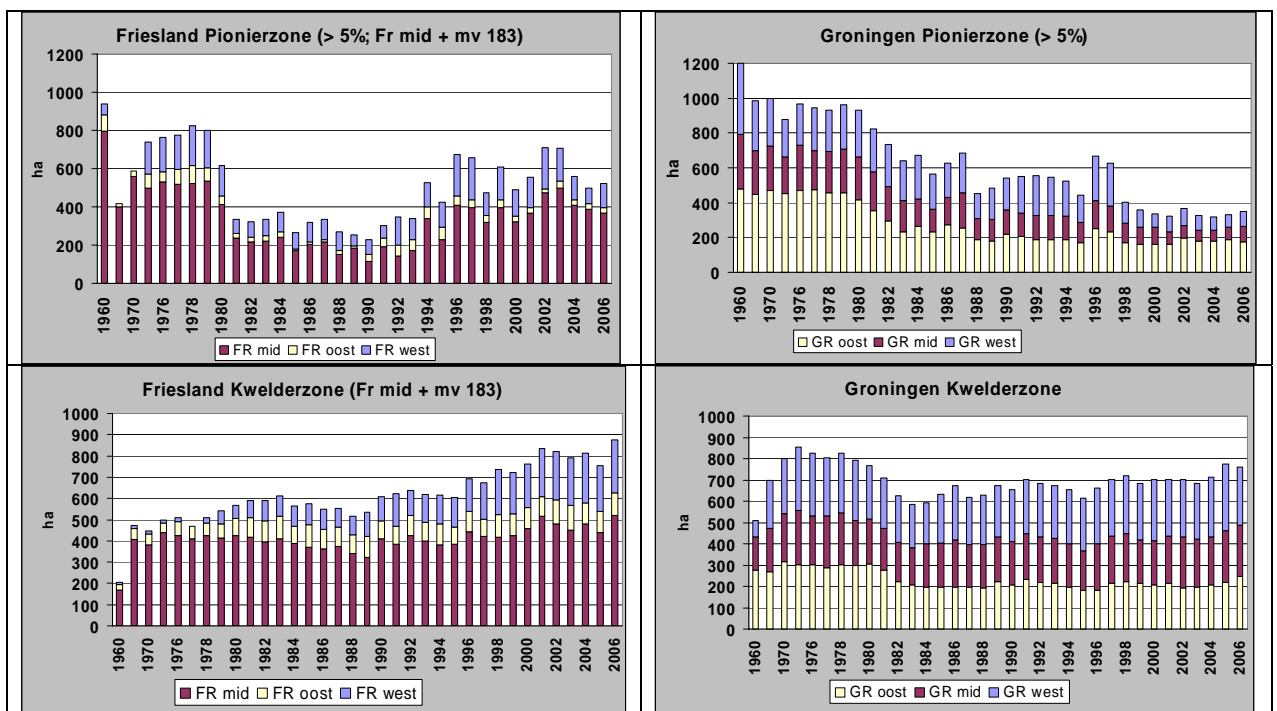
Uit *Figuur 4.4* blijkt dat **kwelders** door de combinatie van een natuurlijke opslibbing en de plantengroei in staat zijn een eventuele versnelde **zeespiegelstijging of bodemdaling** te volgen. In publicaties is daarvoor 50 cm per eeuw (0,5 cm per jaar) voor de waddeneilanden en 100 cm per eeuw (1 cm per jaar) voor de vastelandkust genoemd (Dijkema 1997). In de **pionierzone** kunnen echter problemen ontstaan. Door een geringe vegetatiebedekking en voornamelijk éénjarige planten is er in de pionierzone een geringe bescherming van het afgezette sediment, en daardoor netto meestal minder opslibbing. Uiteindelijk kan dat verschil in opslibbing tussen de pionierzone en de kwelder tot **kliferosie** van de kwelder leiden, d.w.z. de kwelder blijft in hoogte wel groeien, maar het areaal wordt vanaf de zeezijde door laterale erosie aangetast. De huidige kwelderwerken lossen dit probleem op door een **natuur-ondersteunende techniek**: dammetjes van rijshout zorgen voor beschutting tegen golven en stroming. Een opmerkelijk resultaat is dat de positieve balans tussen bodemdaling en opslibbing ook geldt voor de kwetsbare pionierzone. In de Hoeksema et al. (2004) wordt hierover door RIKZ op basis van ons databestand geconcludeerd: “**het is zeker dat de grootte van de bezinkvelden overheerst over eventuele effecten van bodemdaling**”.



Figuur 4.4. Overzicht van de bruto opslibbing in de kwelderwerken. De opslibbing in de **kwelderzone** is een natuurlijk proces dat leidt tot steeds hogere kwelders; de opslibbing neemt met de hoogtetoename af door minder overstromingen. De **pionierzone** is kunstmatig beschermd tegen golven en stroming; alle meetvakken waar vanaf 1989 vakverkleining en damrenovatie heeft plaatsgevonden hebben een positieve opslibbingbalans: vergelijk Friesland-midden voor en na 1984 en Groningen-oost voor en na 1994. In dit **bodemdalingsgebied** Groningen-oost zijn in de periode 1994-1999 de rijshoutdammen door RWS gerenoveerd en het patroon verdicht, deels met gelden van de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning. Daardoor zijn ideale randvoorwaarden voor de opslibbing en de pioniervegetatie gecreëerd. De opslibbing in de pionierzone van Groningen-west en -midden hapert na 1984. RWS lost dit op door vakverkleining en herstel van de aansluiting van dammen aan de kwelder. In de verlaten **buitenste bezinkvelden** (= 2.000 ha wadzone) is de opslibbing afgenomen en is over de periode 1994-2006 in zowel Groningen als Friesland negatief. De opslibbing in deze buitenste bezinkvelden volgt de hoogteligging van de aangrenzende wadplaten (Dijkema et al. 2001; Hoeksema et al. 2004). De verwachting is dat er een nieuwe situatie zal ontstaan die in evenwicht is met de aangrenzende wadplaten.

4.6 Vegetatie-areaal van de kwelderwerken

De jaar-op-jaar veranderingen in de **pionierzones** volgen de jaargemiddelde GHW's. Dit is getest in een leerboek statistiek, waarin als voorbeeld een langjarige data set werd gezocht (Dijkema et al. 2007). Uit een analyse van de data van de kwelderwerken blijkt dat het **areaal van de Groninger pionierzone met de jaarlijkse veranderingen in GHW meegaat**. Voor de kwelderzone is dat veel minder het geval vanwege de overjarige planten. De Friese pionierzone reageert minder significant op jaarwaarden van GHW dan de Groninger: de Friese pionierzone is robuuster (meer opslibbing, slikkiger bodem, beter stelsel van dammen) en is daardoor minder overgeleverd aan de **natuurlijke dynamiek**. De **pionierzone** beschermt de kwelderzone. De afname van de pionierzone in de Groninger kwelderwerken heeft de vorm aangenomen van een **trendbreuk** (Figuur 4.5). De deelgebieden Friesland-midden (na 1990) en Groningen-oost (na 1995) laten zien dat negatieve ontwikkelingen van de pionierzone succesvol zijn gekeerd met verbeteringen aan de rijshoutdammen. Het totale **kwelderareaal** binnen de kwelderwerken is na 1980 ca. 200 ha toegenomen (Figuur 4.5), met een forse groei in Friesland en nagenoeg stabiel in Groningen. De **Dollard**-kwelders worden al ca. 50 jaar niet meer door kwelderwerken beschermd. In het oostelijk deel geeft een zone van Riet bescherming tegen erosie. In het westelijk deel vindt enige kliferosie plaats. Het totale areaal is afgenomen van 748 ha in 1981 tot 694 ha in 1999. De **Punt van Reide** wordt rondom beschermd door een steenglooing, waardoor het kwelderareaal stabiel is (Van den Bergs et al. 1996).



Figuur 4.5. Arealen van de pionierzone > 5 % en de kwelderzone in de kwelderwerken op basis van extrapolatie van de meetvakken.

4.7 Vegetatie-successie in de kwelderwerken

De veranderingen van de kwaliteit van de kweldervegetatie is in *Tabel 4.1* op basis van 24 meetvakken voor de periode 1960-2004 in beeld gebracht.

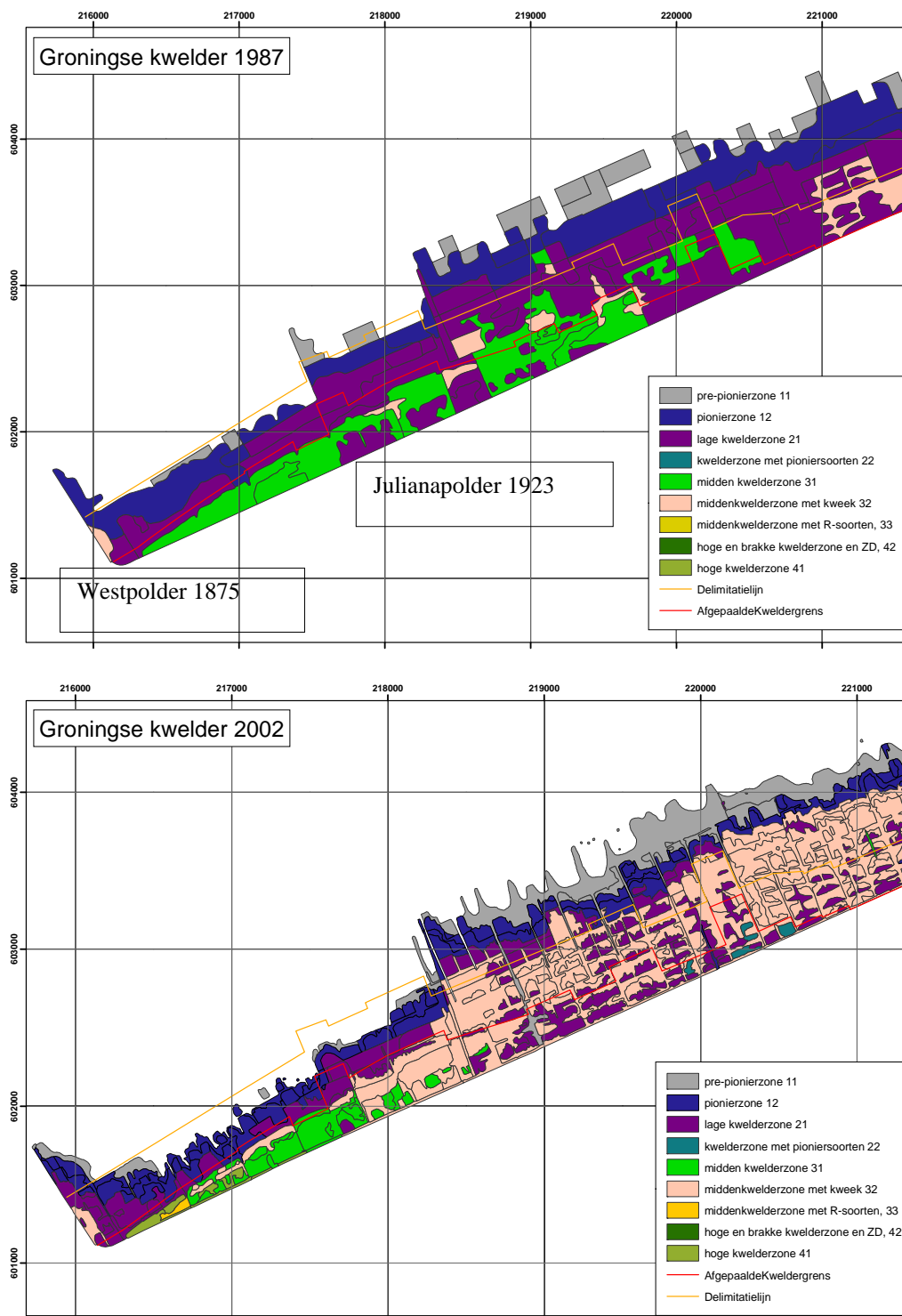
MEETVAK	1960-1970	1970-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005
FRIESLAND							
005-008							
021-024							
041-044							
053-056							
069-072							
085-088							
101-104							
121-124							
145-148							
167-170							
205-208							
GRONINGEN							
260-263							
286-289							
308-311							
324-327							
336-338							
356-359							
372-375							
392-395							
412-415							
428-431							
448-451							
468-471							
488-491							

Tabel 4.1. Dominante plantengroepen volgens SALT97 (globaal beeld in de na 1980 beweidbare pandjes).

	<i>pionierplanten Zeekraal en Engels slijkgras</i>
	<i>lage kwelderplanten Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde</i>
	<i>diverse zones + Zeeaster, Gerande schijnspurrie, Schorrezoutgras, Lamsoor, Zeeweegbree (= Asteretea)</i>
	<i>climaxplanten Zeekweek, Spiesbladmelde, Strandmelde</i>
	<i>midden kwelderplanten Zealsem, Engels gras, Zilte rus, Rood zwenkgras, Fioringras, Zeemelkruid</i>

Om de veelheid van gegevens overzichtelijk te houden is gewerkt met plaatjes van soortengroepen, dat zijn de kenmerkende plantengroepen per successie-stadium. Deze methode is ontwikkeld om de resultaten van de monitoring van de bodemdaling onder Ameland eenvoudig te kunnen presenteren. De gegevens uit alle plaatjes met soortengroepen zijn voor 7 tijdperioden overgebracht naar een samenvattende tabel. In deze tabel is te zien:

- Tot 1980-1990 het traditionele beeld van landaanwinningskwelders: de kwelderzones volgen elkaar in de tijd op door opslibbing (**blauw-paars-groen**).
- Vanaf 1980-1990 tot nu de gevolgen van de afname van de beweiding: eerst een toename van het aantal kwelderplanten (**hoge biodiversiteit = paars**), daarna een steeds grotere dominantie van de climax-vegetatie met Zeekweek (**lage biodiversiteit = geel**).
- In 9 van de 13 Groninger meetvakken wordt de kweldervegetatie in de periode 2000-2004 gedomineerd door een **climax-vegetatie met voornamelijk Zeekweek**. Dat noemen we veroudering of verruiging van de kwelder en gaat gepaard met een afname van de biodiversiteit. In Friesland zijn de kwelders met 3 van de 11 meetvakken veel minder verruigd.
- De successie/veroudering van de afgelopen 20 jaar in de kwelderwerken (met een sterke uitbreiding van soortenarme vegetaties met Zeekweek) is veroorzaakt door een afnemende beweiding, en door de leeftijd en de hoogte van het merendeel van de vastelandskwelders in de Nederlandse Waddenzee.
- De vegetatie-opnamen in het kwelderdeel van de meetvakken zijn in 2005 beëindigd waardoor deze **unieke monitoringserie (vanaf 1960) gestopt** is.



Figuur 4.6. Successie en verandering in de kwelderwerken tussen 1987 en 2002. De kwelders langs de Westpolder zijn beweid en langs de Julianapolder extensief of niet beweid. Bewerkt door Wageningen IMARES (methode in hoofdstuk 5.3) op basis van vegetatiekaarten RWS-AGI.

5 Verkweldering van de zomerpolder Peazemerlannen

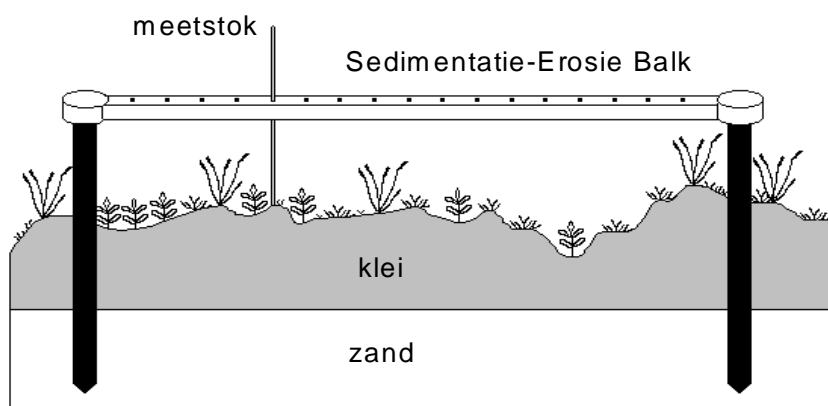
5.1 Opslibbing in de Peazemerlannen

De Peazemerlannen in NO-Friesland bestaan uit een zomerpolder (89 ha) en een kweldertje (15 ha) langs de deltadijk, met aan de wadkant een kwelder (voormalige zomerpolder van 100 ha) en een recente pionierzone. De zomerkade uit 1951 om de noordelijke zomerpolder is in 1973 en 1979 doorgebroken. Daarna volgde een spontane verkweldering met de vorming van krekens, oeverwallen en kommen, die plaats biedt aan een diverse zilte vegetatie en avifauna (Figuur 5.1).

Peazemerlannen (Friesland)

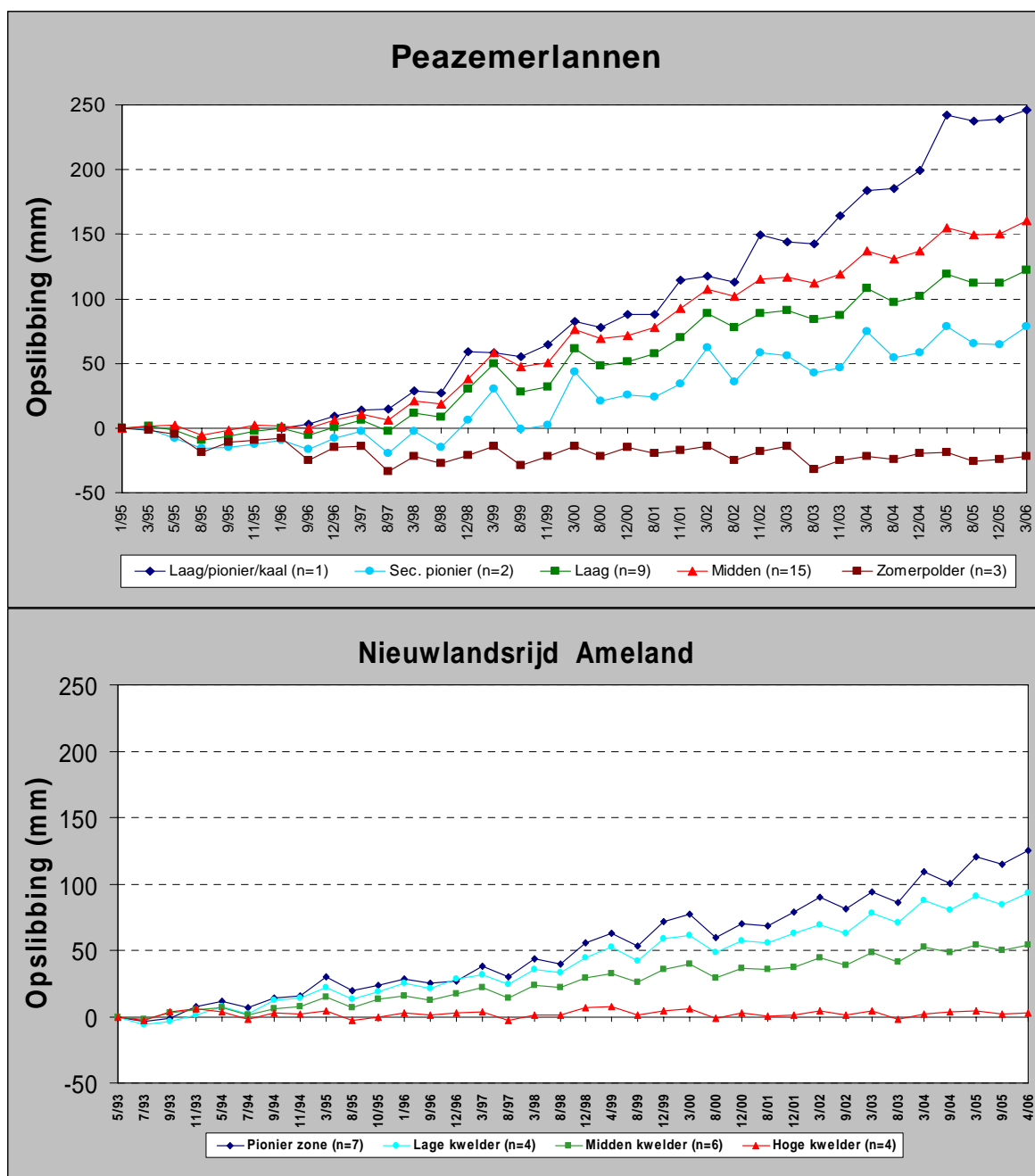


Figuur 5.1 Peazemerlannen (Friesland)



Figuur 5.2. SEB-balk ontwikkeld door Wageningen IMARES voor meting van sedimentatie en erosie in kwelders en pionierzones.

Vanaf 1995 heeft Wageningen IMARES in 30 permanente kwadraten (PQ's; *Figuur 5.1*) de opslibbing gemeten d.m.v. de sedimentatie-erosie-balk (SEB; *Figuur 5.2*). Door twee of drie maal per jaar te meten worden de **processen van opslibbing en erosie/inklink** zichtbaar (*Figuur 5.3*). Het eerste meetjaar 1995 was uitzonderlijk door een warme droge zomer met veel inklink, gevolgd door een winter met veel oostenwind en zonder storm en opslibbing. In de volgende jaren zien we op de kwelder en in de pionierzones een patroon met opslibbing in de winter en inklink in de zomer. In de zomerpolder vindt geen opslibbing plaats, wel inklink die echter reversibel blijkt te zijn (3-4 cm is normaal voor een binnendijkse uitgerijpte bodem, De Glopper pers. comm.). De **gemiddelde opslibbing** bedraagt ca. 24 mm/j voor de primaire pionierzone (achter het gat in de zomerkade), ca. 8 mm/j voor de secundaire pionierzone (komen met Schorrekruid), ca. 12 mm/j in de lage kwelder (kom met Kweldergras), ruim 15 mm/j op de midden kwelder (oeverwallen met Zeekweek) en - 2 mm/j in de zomerpolder. Op een kwelder is hoofdzakelijk de overvloedingsfrequentie bepalend voor de opslibbing. Het getijwater transporteert immers het sediment. Dit is ook te zien in het referentiegebied Neerlands Rijd-Ameland (*Figuur 5.3*; Dijkema et al. 2005b), waar de opslibbing afneemt met de hoogte. De gemiddelde opslibbing in het grootste deel van de kwelder van de Peazemerlanden neemt echter juist toe met de hoogte. Dit duidt er op dat de opslibbing afhankelijk is van speciale gebeurtenissen ('**events**'): bij normale tijden vindt een ophoping van sediment in krekken plaats en tijdens extreme tijden wordt dit sediment op de kwelder afgezet. Dit gebeurt vooral op de oeverwallen en andere plaatsen die dichtbij de krekken liggen. Ook in de Dollard neemt de opslibbing af met de hoogte en met de afstand tot krekken (Esselink 2000).

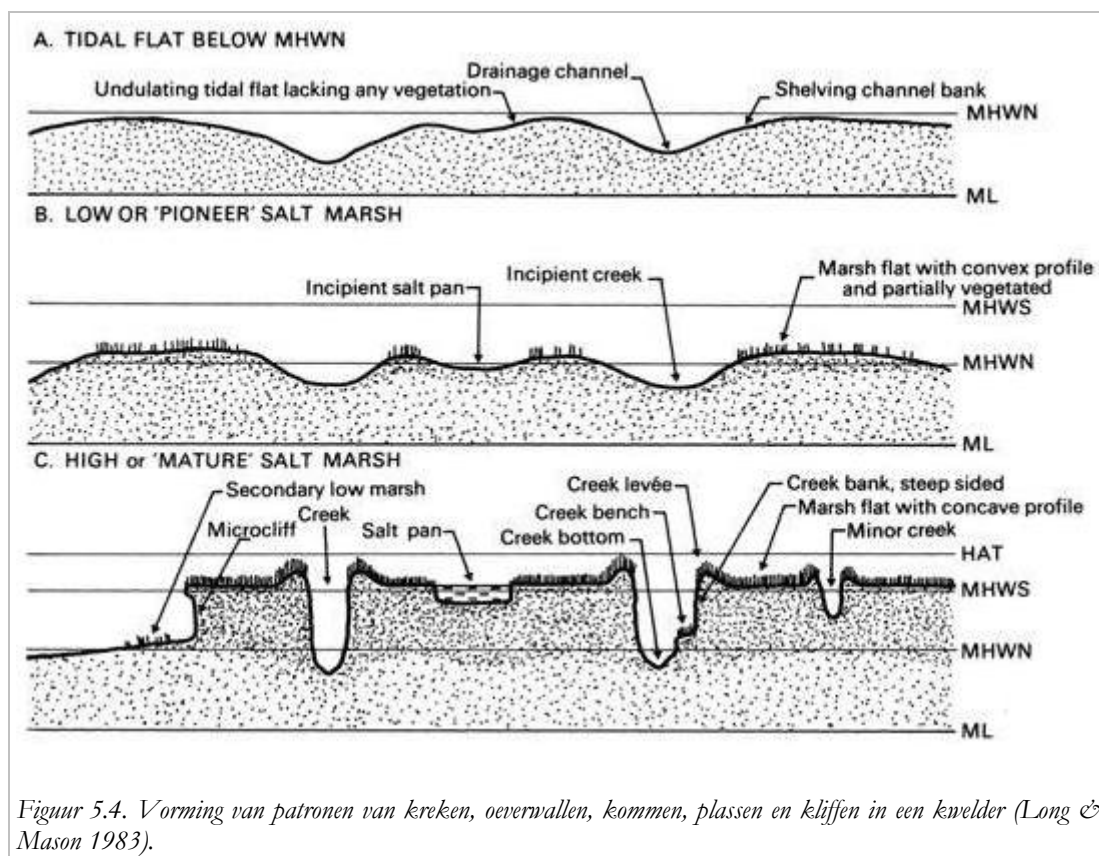


Figuur 5.3. Sedimentatie-erosie (SEB) metingen in de Peazemerlannen en op Ameland.

5.2 Kwelderkreken

In een natuurlijke kwelder ontwikkelt een krekensysteem zich gelijktijdig met het begin van de kweldervegetatie (Reents 1995; Reents et al. 1999; *Figuur 5.4*). Op de plekken, waar de planten staan wordt de bezinking van slibdeeltjes bevorderd, terwijl op de open gedeeltes de stroming iets geconcentreerd wordt, waardoor

minder opslibbing of zelfs uitschuring kan plaatsvinden en “embryonale krekken” ontstaan. Volgens verschillende auteurs stammen de grote elementen van het krekensysteem nog van de wadplaten en zijn al vóór de pionierfase ontstaan. Het krekensysteem in een kwelder is niet alleen belangrijk voor het transport van water maar ook sediment en nutriënten worden door de krekken de kwelder binnengebracht. De kweldergroei is dus niet alleen bepaald door de sedimentaanvoer vanuit zee maar ook door de mogelijkheid voor mobilisatie en transport binnen het krekensysteem van de kwelder.



Figuur 5.4. Vorming van patronen van krekken, oeverwallen, kommen, plassen en kliffen in een kwelder (Long & Mason 1983).

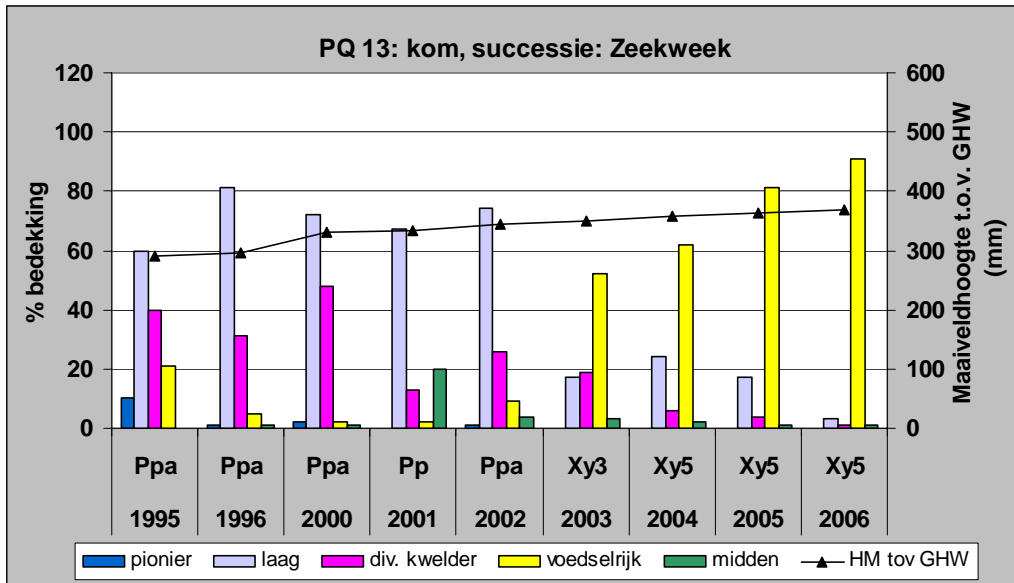
Met toenemende kwelderoppervlakte wordt de hoofdkreek langer en er ontstaan nieuwe krekken en steeds meer splitsingen. Dat gebeurt vooral door **terugschrijdende erosie in de kleine krekken tijdens de eb**, waarbij zich ook vanaf de zijkant van een grotere kreek een kleine kreek kan insnijden. Deze terugschrijdende erosie ontstaat door de verzameling van water op het eind van een kreek, waarbij een soort waterval ontstaat als het water in de kreek stroomt. Binnen de krekken kan ook laterale erosie plaatsvinden. De kreekranden worden daarbij ondergraven, omdat het onderliggende sediment (meestal zandig en zonder plantenwortels) makkelijker te eroderen is. Deze laterale erosie versterkt het kronkelde karakter van de krekken. De buitenbochten eroderen en in de binnenbochten wordt materiaal afgezet. In het algemeen liggen de kreekstelsels redelijk stabiel op hun plaats en veranderingen voltrekken zich zeer langzaam.

Samengevat vinden binnen de krekken zowel de processen van uitschuring als ook van afzetting plaats. Afhankelijk van welk proces overheerst kunnen krekken dichtslibben of insnijden en soms blijven ze onveranderd. Naarmate de kwelder zich verder ontwikkelt veranderen ook de geulprofielen. In de pionierzone zijn de krekken nog breed en ondiep, met de verdere ontwikkeling van de kwelder worden vooral de kleinere krekken dieper en nauwer. Het verloop, de vorm en de dichtheid van de krekken hangen af van de getijamplitude, de stroomsnelheden, het bodemtype van de kwelder en de kreekbodem en van de kweldertopografie. Op kwelders met zandig sediment is de kreekdichtheid niet groot. De cohesieve eigenschappen van sommige kweldersedimenten heeft tot gevolg dat daar de kreekprofielen trapeziumvormig of rechthoekig zijn.

5.3 Vegetatie-succesie in de Peazemerlannen

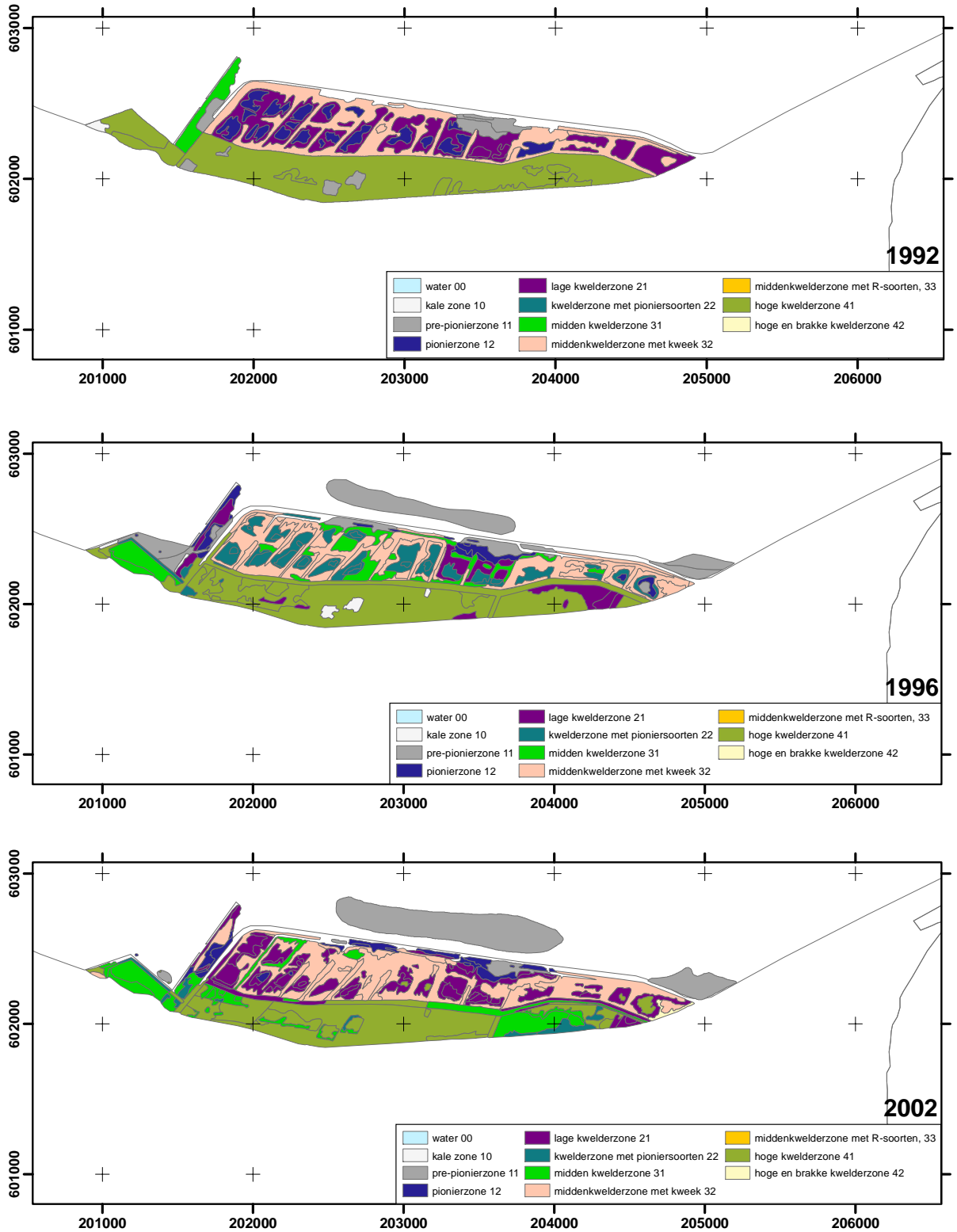
Rijkswaterstaat-AGI karteert 5 tot 6-jaarlijks alle kwelder- en schorrenvegetaties in Nederland. De vegetatiekartering is een 'landscape guided vegetation survey' op basis van false colour luchtfoto's 1:5.000. De vegetatiekaarten dienen voor vlakdekkende berekening van arealen en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het detail-niveau van vegetatie-typen. Wageningen IMARES is steeds betrokken geweest bij ontwikkeling van de classificaties (De Jong et al. 1997) t.b.v. vegetatiekartering door Rijkswaterstaat AGI. Voor de gebruikers heeft Wageningen IMARES voor **alle vegetatiekaarten een vertaalslag** gemaakt naar de eenvoudige vegetatiezones die in SALT97 worden gehanteerd (*Figuur 5.6*). De vegetatiezones staan voor succesie, beheer en veroudering van kwelders. De verklaringen voor de vegetatie-succesie in de Peazemerlannen zijn:

- Een pre-pionierzone is door de jaren heen het meest veranderlijk. Op het wad voor de Peazemerlannen heeft zich na 1992 een ijle pioniervegetatie gevestigd.
- De pionierzone in de kommen maakt plaats voor de vegetatie van de lage kwelder. De ijle begroeide pioniervegetatie achter de doorbraak in de zomerpolder maakt plaats voor de dichter begroeide pionierzone en lage kwelder.
- Het meest wezenlijk zijn de veranderingen van de vegetatie in de verkwelderde noordelijke zomerpolder van de Peazemerlannen. Direct zichtbaar is een ruimtelijke structuur van oeverwallen en kommen. Als gevolg van het ontbreken van beweiding vindt er een snelle autonome succesie naar een climax-vegetatie plaats (*Figuur 5.5*). Zeekweek op de oeverwallen dringt steeds verder de kommen binnen. Dat proces heet veroudering en gaat gepaard met een afname van de biodiversiteit.



Figuur 5.5. Successie van een gevarieerde vegetatie in de lage kwelder naar Zeekweek in de Peazemerlannen. Vergelijk Figuur 3.4; voor de methode zie hoofdstuk 4.6, Tabel 4.1.

Peazemerlannen



Figuur 5.6. Vegetatiezones op basis van successie, beheer en veroudering van kwelders in Noordoost Friesland. Bewerkt door Wageningen IMARES op basis van vegetatiekaarten van RWS-AGI.

6 Toestand van de kwelders

6.1 Gebiedsdocument Waddenzee

Het Ontwerpbesluit Waddenzee Natura 2000 geeft een uitwerking per habitatype (zie hoofdstuk 1.3; www.minlnv.nl/natuurwetgeving):

H1310 Eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende soorten

Doel Behoud oppervlakte en kwaliteit.

Toelichting Het habitatype zilte pionierbegroeiingen, *Zeevetmuur* (subtype B), verkeert in een gunstige staat van instandhouding. Zilte pionierbegroeiingen, *Zeekraal* (subtype A) zijn **als matig ongunstig beoordeeld**. Dit komt met name door de achteruitgang van het habitatype in het Deltagebied. De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor beide subtypen. **Aan de vastelandskust is de oppervlakte van zilte pionierbegroeiingen, *Zeekraal* (subtype A) momenteel hoog als gevolg van de kwelderwerken.** [vet van ons]

H1320 Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*)

Doel Behoud oppervlakte en kwaliteit.

Toelichting De goed ontwikkelde vorm van het habitatype slijkgrasvelden komt van oorsprong niet in het Waddengebied voor. Het wordt niet mogelijk geacht de hier (in geringe oppervlakte) aanwezige matig ontwikkelde vormen van het habitatype in goede kwaliteit te herstellen. Behoud van dit habitatype is van belang voor instandhouding van het habitatype H1330 schorren en zilte graslanden.

H1330 Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)

Doel Behoud oppervlakte en verbetering kwaliteit schorren en zilte graslanden, *buitendijks* (subtype A). Behoud oppervlakte en kwaliteit schorren en zilte graslanden, *binnendijks* (subtype B). Achteruitgang in oppervlakte van habitatype schorren en zilte graslanden, *binnendijks* (subtype B) ten gunste van habitatype schorren en zilte graslanden, *buitendijks* (subtype A) is toegestaan.

Toelichting Het habitatype schorren en zilte graslanden verkeert in **een matig ongunstige staat van instandhouding**. De Waddenzee is één van de belangrijkste gebieden in ons land voor schorren en zilte graslanden, *buitendijks* (subtype A). Voor de kwaliteit is het van belang de aanwezige variatie aan verschillende **hoogtezones** (inclusief pionierkwelders van zilte pionierbegroeiingen H1310), **geomorfologische vormen** (groene stranden, sluffers, zandige kwelders, kleiige kwelders) en **beheersvormen** (beweide en onbeweide kwelders) te **behouden** of te **herstellen**. Schorren en zilte graslanden, *binnendijks* (subtype B), komen in beperkte mate in het gebied voor in **zomerpolders**. **Omzetting van dit binnendijkse subtype naar het buitendijkse subtype is toegestaan.** [vet van ons]

6.2 PKB-Waddenzee

In de **eerste PKB-Waddenzee** (1980) heeft de Nederlandse regering het beleid voor de Waddenzee in hoofdlijnen vastgelegd. De hoofddoelstelling is: “De bescherming, het behoud en waar nodig het herstel van de Waddenzee als natuurgebied”. In de **tweede PKB-Waddenzee** (1993) wordt nadrukkelijker gestreefd naar een meer **natuurlijke ontwikkeling** van de Waddenzee. In de toelichting staat:

- “Het kabinet [...] acht het onderhouden van de kwelderwerken door het rijk van groot belang [...]. Wel zal meer dan voorheen bezien worden hoe de kwelderwerken en het onderhoud daarvan op een zo natuurlijk mogelijke wijze kan geschieden.”

In de **derde PKB-Waddenzee** zijn uitgangspunten voor kwelders geformuleerd. De *punten 1 en 2* komen uit “Ontwikkeling van de wadden voor natuur en mens”; de *punten 3-5* uit “Nota van Toelichting” (PKB3 Deel 4, 2007, tekst na parlementaire instemming, www.vrom.nl/waddenzee):

1. “2.2 Ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee: **Het areaal meer natuurlijke kwelders is vergroot.**”
2. “3.1 Ruimte voor natuur en landschap: Het beleid met betrekking tot natuur is gericht op een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van het ecosysteem. [...] Als natuurlijke processen de kenmerkende biodiversiteit niet kunnen herstellen op middellange termijn, is selectief ingrijpen mogelijk. **De ingreep is dan gericht op het creëren van de juiste voorwaarden om de natuurlijke processen in gang te zetten die leiden tot de kenmerkende biodiversiteit.** Dit geldt bijvoorbeeld voor het herstel van zout-zoet gradiënten, voor ingrijpen ten behoeve van behoud en ontwikkeling van het kwelderareaal, door het stimuleren van kweldervorming en door het uitpolderen van zomerpolders.”
3. “2.1 **Doelstellingen** voor de Waddenzee - met betrekking tot de kwelders:
 - een groter areaal aan natuurlijke kwelders;
 - een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek;
 - een verbeterde vegetatiestructuur.”
4. “2.2 Ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee - **Natuurherstel en ontwikkeling:** Het kabinet denkt daarbij onder meer aan **vergroting van het kwelderareaal, herstel van geleidelijke en volwaardige zoet-zout-overgangen**, vismigratiemogelijkheden tussen zoet- en zoutwater en het creëren van binnendijkse vogelrust- en foerageergebieden in het waddengebied.”
5. “3.1 Ruimte voor natuur en landschap - Natuurbehoud en –ontwikkeling: Met het oog op **klimaatverandering en zeespiegelstijging** zal het kabinet in de eerste helft van de planperiode van deze pkb nader onderzoeken op welke wijze vorm gegeven kan worden aan het zoveel mogelijk ruimte geven aan natuurlijke processen.”

6.3 Areaal van de kweldervegetatie

“Goede” kwelders en schorren stellen eisen aan de minimale grootte, het areaal. Een minimum areaal is noodzakelijk vanwege de kwetsbaarheid van kleine locaties, het behoud van de biodiversiteit en om verjonging door cyclische ontwikkeling mogelijk te maken. In een kwelderstudie voor de Kaderrichtlijn Water (Dijkema et al. 2005a) is van een **minimumareaal van 500 ha** per (deel)waterlichaam uitgegaan. De als volgt gedefinieerde potentiële biodiversiteit is mogelijk (Beeftink 1984; Bal et al. 2001):

- variatie op grond van de geomorfologische randvoorwaarden en
- diversiteit in vegetatiezones en plantengemeenschappen met de bijbehorende biotopen voor ongewervelde dieren en voor vogels.

Zolang kwelders horizontaal groeien is er een geleidelijke overgang in hoogte van pionierzone naar kwelder. Stagneert de aanwas, dan ontstaat op natuurlijke wijze een **kwelderklif**. De oorzaak van klifvorming is de hoge opslibbing in de kweldervegetatie, terwijl de opslibbing in de aangrenzende éénjarige pionierzone alleen in de groeifase hoog genoeg is om een geleidelijke overgang in stand te houden. De pionierzone is daarom gevoelig voor zeespiegelstijging en bodemdaling (Dijkema 1997; Houwing et al. 1999; Dijkema et al. 2007). Stabiele kwelders bestaan daarom niet, tenzij als gevolg van beheermaatregelen (bezinkvelden of een oeververdediging). Een eroderende of zelfs een stabiele pionierzone leidt altijd tot een kwelderklif met terugschrijdende erosie van de kwelder. Zeewaarts van een klif ontstaat in een stabiele of in een opslibbende pionierzone soms nieuwe kwelderaanwas; we spreken in dat geval van **cyclische successie**.

Op de **Waddeneilanden** bepalen de natuurlijke morfologische processen de opslibbingsbalans in de pionierzone. De cyclische processen van opbouw en afslag gaan binnen de kaders van de bestaande randvoorwaarden (stuifdijken) zo veel mogelijk hun gang. Er is extra ruimte voor cyclische processen omdat het kwelderareaal op de eilanden oost van het wantij van Terschelling groter is dan de maatlat voor de areaal-referentie (Dijkema 1991; Dijkema et al. 2005a).

Langs het **vasteland** van de Waddenzee oost van het wantij van Terschelling worden de processen van opbouw en afslag door beheermaatregelen in de kwelderwerken gereguleerd omdat het kwelderareaal veel kleiner is dan de maatlat voor de areaal-referentie (Dijkema et al. 2001, 2005a, 2006). Het totale kwelderareaal binnen de kwelderwerken is na 1980 toegenomen, met een forse groei in Friesland, nagenoeg stabiel in Noord-Groningen en een geleidelijke afname in de Dollard. Nationaal en trilateraal is vastgelegd dat het totale areaal kwelders in de kwelderwerken niet mag afnemen. Anderzijds zou er uit kwalitatieve overwegingen ruimte moeten zijn voor zowel aangroei als afslag. De omvang van de **pionierzone** wordt voor een belangrijk deel bepaald door de werking van de rijshoutdammen in de kwelderwerken. De pionierzone beschermt de kwelderzone. Jaar-op-jaar schommelingen in pionierzones zijn natuurlijk en zijn een **gewenste natuurlijke dynamiek**. De afname van de pionierzone in de Groninger kwelderwerken is echter zeer fors, er is niet meer sprake van natuurlijke dynamiek maar van een **trendbreuk** (*hoofdstuk 2.3*). Het deelgebied Groningen-oost laat zien dat een negatieve ontwikkeling van de pionierzone in de Groninger kwelderwerken met verbeteringen aan de rijshoutdammen is te keren.

Erosie-bescherming?

- Het **huidige beheer door Rijkswaterstaat van de rijshoutdammen is voldoende** en zodanig flexibel dat het kwelderareaal en een pionierzone behouden blijven (Dijkema et al. 2006).
- Een extra inspanning is mogelijk om de **pionierzone in de Groninger kwelderwerken** een impuls te geven. Opnieuw vullen van enkele voormalige dammen met duurzaam rijshout (Fijnspar, Douglas en/of Sitkaspar) zal de afname van de pioniervegetaties ombuigen in groei. Tijdschaal naar schatting 10 jaar.
- Aan de **zuidkant van de Punt van Reide** openingen in de steenglooiing maken teneinde de natuurlijke uitwisseling van water en sediment tussen wad en kwelder te verbeteren (Van den Bergs et al. 1996).
- De **erosie** van de kwelders van de **Dollard** is een natuurlijk proces dat past in de natuurlijke dynamiek van de Waddenzee. Op de lange termijn zal het kwelderareaal echter onder de kritische 500 ha uitkomen. De kwelders van Het Groninger Landschap in het oosten worden beschermd door een rietzoom. De particuliere kwelders in het westen eroderen. Erosie-bescherming is mogelijk door door technische maatregelen die vergaand in de natuurlijkheid van de natuurlijke overgang naar de aangrenzende slikken ingrijpen. Een natuurlijke bescherming lijkt mogelijk door een zeewaartse strook van de particuliere kwelders uit te rasteren teneinde een **erosie-bestendige zoom van Riet en Zeebies** te ontwikkelen.

6.4 Waddenzee west van het wantij van Terschelling

Vastelandkwelders zijn na 1600 in de westelijke Waddenzee nauwelijks van belang geweest (de Zuiderzee uitgezonderd). Huisduinen en Wieringen in de kop van Noord-Holland waren nog eilanden. De eilandkwelders in de westelijke Waddenzee groeiden in de 18e eeuw aanzienlijk. Dat was mogelijk in de beschutting van stuifdijken die tussen de eilanden Huisduinen en Callantsoog zijn aangelegd (Koegras 1610) en tussen de eilanden Texel en Eierland (1629). De bedijkingen van het Koegras in 1817 (als neveneffect van de aanleg van het Noordhollands kanaal) en van Eierland in 1835 zorgden voor een minimalisering van het kwelderbestand in de westelijke Waddenzee (Dijkema 1987; zie *Figuur 2.1 en 2.2*).

Er zijn twee omstandigheden die (nieuwe) aanwas van kwelders in de westelijke Waddenzee tot nu toe hebben bemoeilijkt. Allereerst zijn hier in de 19e eeuw niet alleen kwelders maar ook grote oppervlakten aangrenzend wad en sublitorale watervlaktes bedijkt (de Anna Paulownapolder en de polder Waard-Nieuwland in de kop van Noord-Holland en de Prins Hendrikpolder en polder Het Noorden op Texel). Een methode die in schril contrast staat tot de rest van de Nederlands-Duits-Deense Waddenzee waar tot voor enige decennia alleen “rijpe” kwelders werden bedijkt (de enige historische uitzondering is de Johannes Kerkhovenpolder van 1878 in de Dollard). **Daardoor is langs de randen van de kop van Noord-Holland en van Texel weinig hooggelegen wad overgebleven waarop nieuwe aanwas zou kunnen plaatsvinden.**

In de tweede plaats ligt de **sublitorale watervlakte voor de Afsluitdijk tot voorbij Harlingen** kenmerkend tussen de binnendelta's van de zeegaten en de kust van het vasteland. Door de andere geomorfologische randvoorwaarden dan de oostelijke Waddenzee is de vlakte (nog) niet opgevuld met sediment. De oorzaken zijn een geringe getijamplitude (microtidal), de grote invloed van windgolven en de aanleg van de Afsluitdijk. Buitendijks **opbrengen van grond** is een methode die met enige regelmaat wordt genoemd om hier het minimale kwelderareaal in de westelijke Waddenzee te herstellen. Daartegen spreekt dat een kwelder het resultaat is van natuurlijke interacties tussen geomorfologische, fysische en biologische processen; vervanging door een begroeide hoop grond buitendijks draagt niet bij aan de **kwaliteit** van de Waddenzee en haar kwelders (Bakker et al. 1997; Dijkema et al. 2005a). Echter, gezien de onnatuurlijkheid van de Afsluitdijk in de voormalige Zuiderzee is hier in tegenstelling tot het "oude land" wellicht een uitzondering mogelijk die zowel een bijdrage levert aan natuurherstel als aan de kustverdediging:

De ondieptes langs de westzijde van de Afsluitdijk zijn geschikt voor de aanleg van een **"vooroever"** die door een goed gekozen hoogteligging **"kwelder"-biotop** toevoegt. Evenzo is oost van Breezand d.m.v. de aanleg van een **"achteroever"** in combinatie met de geplande derde spuisluis in de Afsluitdijk een **"brakwater-biotop"** mogelijk.

6.5 Veroudering van de kweldervegetatie

Naast het kwelderareaal is de kwaliteit van de vegetatie van belang. Een kwelderstudie voor de Kaderrichtlijn Water (Dijkema et al. 2005a) acht **de aanwezigheid van alle stadia uit de successiereeks en het optreden van bijbehorende processen** wenselijk om de kwaliteit van de kwelders te behouden. Successie van opeenvolgende vegetaties is een autonoom proces als gevolg van de opslibbing. Bij normale opslibbing wordt de kwelder hoger en droger, mineraliseert de organische stof en vindt successie van de vegetatie plaats. Bij afwezigheid van (voldoende) beweiding zal er binnen de kwelderzones successie naar soortenarme climax-vegetaties plaatsvinden al voordat het stadium van de midden of hoge kwelder is bereikt. Als een kwelder in zijn eindfase komt kunnen climax-vegetaties sterk gaan domineren en leveren dan een soortenarme vegetatie op en daardoor een algehele lage biodiversiteit. Dit proces wordt veroudering genoemd. Het kort houden van de vegetatie kan de ontwikkeling van een climax-vegetatie vertragen (door ganzen en hazen) of kan die tegengaan (door beweiding met vee). Intensieve beweiding kan een kwelder in een jong stadium met weinig plantensoorten houden. De huidige economische ontwikkeling in de landbouw leidt tot een afnemende beweiding van kwelders. **Door de leeftijd en de hoogte van het merendeel van onze kwelders heeft de ontwikkeling de afgelopen 20 jaar geleid tot een sterke uitbreiding van eenzijdige climax-vegetaties** met Zeekweek op zoute kwelders (op de oudste kwelders ook met Akkerdistel) en met Riet en Kweek op brakke kwelders (Dollard). Dit is een algemeen fenomeen dat zich ook op diverse buitenlandse kwelders voordoet (*Tabel 6.1*). Het basis-proces dat veroudering veroorzaakt is de opslibbing, waardoor de pionierzone verandert naar achtereenvolgens een lage-, midden- en hoge kwelderzone (*Figuur 6.1*; Van Duin et al. 2007a).

Tabel 6.1. Schatting van aantal jaren dat nodig was om climax-stadium voor de vegetatie te bereiken voor diverse kwelders rond de Waddenzee. Criterium voor veroudering is > 50% bedekking van kweek (*Elymus spec.*) of Riet (*Phragmites australis*).

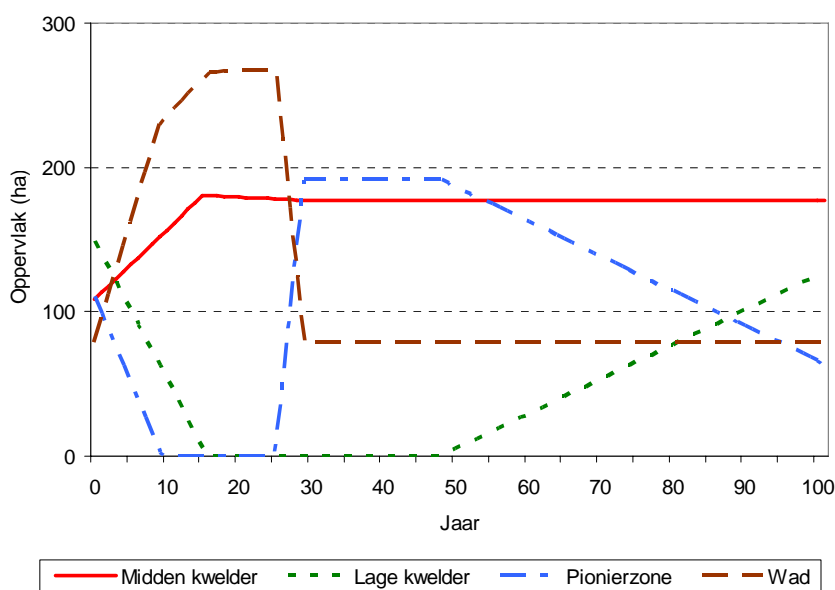
no Ely (11) = geen >50% bedekking 11 jaar na stoppen beweiding

map = gegevens afkomstig van vegetatiekaart, deelgebied of gehele gebied

excl = gegevens afkomstig van exclosures

Referenties: a) Bakker et al. 2003a; b) Bakker et al. 2003b; c) Esselink, 2000; d) Kiehl et al. 2000a; e) Kleyer et al. 2004.

Schatting veroudering kwelder (in aantal jaren)	Veroudering naar climax van <i>Elymus spec.</i>		Veroudering naar climax van <i>Phragmites</i>	
	Nooit beweid	Na stoppen beweiding	Nooit beweid	Na stoppen beweiding
Terschelling Bosplaat ^{a b)}	70 (high) (map)	25 (high)(excl) no Ely 25 (excl)		5 (excl)
Ameland De Hon (data Dijkema)	30 (high)	-		
Schiermonnikoog ^{a b)}	no Ely 50 (map)	5-35 (high) (excl) 22-27 (low) (excl)		
Friesland en Groningen vasteland (data Dijkema)	10-20 (low) (map)	5-15 (low) (map)	-	-
Dollard estuarium ^{c)}	-	5 (excl)	-	5 (excl)
Leybucht vasteland ^{a b)}	-	20 (map)		
Sönke-Nissen-Koog ^{a b)}	-	11 (map)		
Nordstrand ^{a b)}	-	27 (high) (map)		
Hamburger Hallig ^{d)}	-	no Ely (30) (excl)		
Skallingen ^{a b)}	-	no Ely 30 (excl)		5 (excl)
Langli (data Bakker)	-	no Ely (20)		
Friedrichskoog ^{a b)}	-	no Ely (11)		
Langeness ^{e)}	-	12 (high)		



Figuur 6.1. Theoretische ontwikkeling van de verschillende zones over een periode van 100 jaar na stoppen met damonderhoud; herplaatsing dammen na 20 jaar (Van Duin et al. 2007a).

Wat zijn de **opties voor beheermaatregelen**? Cyclische successie waarbij aanwas en afslag van kwelders elkaar afwisselen is een structurele oplossing (*punt 1*):

1. **Cyclisch beheer van de kwelders voor maaiveldveranderingen.** Van nature vindt cyclische successie plaats waarbij er naast kwelderaanwas ook kwelderafslag is, gepaard gaande met hernieuwde groei en verjonging van de kwelder. Enkele mogelijkheden voor nieuw cyclisch beheer zijn:
 - a. Plaatkelders achter kunstmatige stuifdijken zijn gekenmerkt door een **snelle successie** (Westhoff et al. 1998). Op de oostelijke **waddeneilanden** geeft het ruime kwelderareaal mogelijkheden om cyclische processen te bevorderen door actief delen van **stuifdijken** te verwijderen (Dijkema 1991).
 - b. **Kleiputten** zoals in Duitsland zijn vanwege het geringe risico op erosie bijzonder geschikt voor de kwelderwerken. De opslibbing en de vegetatie-successie beginnen in kleiputten van voren af aan en er ontstaan in ca. 20 jaar natuurlijke patronen van kreken, oeverwallen en kommen met de bijbehorende vegetaties (Van Duin et al. 2007a).
 - c. Het **damonderhoud** van een deelgebied van de kwelderwerken tijdelijk stopzetten bevordert erosie vanaf de wadzijde. Uit schattingen blijkt dat het areaal jonge zones (pionierzone en lage kwelder) door die maatregel snel afneemt, maar dat de tijdschaal voor erosie van oudere kwelderzones in de orde van een eeuw ligt (*Figuur 6.1*; Van Duin et al. 2007a).

Daarnaast kan veroudering van de vegetatie worden vertraagd of geremd d.m.v. maatwerk met een aantal beheermaatregelen (*de punten 2-4*):

2. **Vernatting** door greppels achterwege te laten. In de kwelderwerken is het onderhoud aan greppels en sloten sinds 2000 gestopt, hoofdduitwateringen worden bij hoge noodzaak hergraven (Dijkema et al. 2001). In de brakke Dollard bleek alleen de **combinatie van vernatting en beweiding** succesvol om de uitbreiding van Kweek (*Elymus repens*) terug te dringen (Esselink 2000).
3. Een **extensieve tot matige beweiding** zorgt voor de gewenste variatie van de biodiversiteit en van de structuur van de vegetatie (Bakker et al. 2003a, b). Alleen een intensieve beweiding gaat veroudering van de vegetatie volledig tegen (met name de uitbreiding van Riet in de Dollard (Esselink 2000)), maar is weer nadelig voor een gevarieerde biodiversiteit aan vegetatie en broedvogels.
4. **Traditionele mozaïekbeweiding** in de Groninger kwelderwerken gaf in de jaren 70 en 80 veel ruimtelijke variatie en een optimale biodiversiteit (Dijkema 1975a, b). Op de nu hogere kwelders kan een mix van mozaïek-beweiding en **cyclische wisselbeweiding** met tijdintervallen van bijv. 5-10 jaar bijdragen aan een afwisseling in de tijd van jonge korte vegetaties en een onbeweid stadium met verschillende bloeiende zoutplanten die zaad kunnen zetten en die plaats bieden aan ongewervelde dieren.

6.6 Intensiteit beweiding

Door de TMAP salt marsh groep is de intensiteit van de beweiding gedefinieerd op basis van de structuur van de vegetatie (Bakker et al. 2005):

- intensieve beweiding = uniforme korte grasmat;
- matige beweiding = patroon van korte grasmat en langer gewas;
- geen beweiding = uniform langer gewas.

De juiste veebezetting bij de gewenste structuur is afhankelijk van de de ontwatering, het kleigehalte, het weer en de maaiveldhoogte. *Tabel 6.2* vat de getallen voor onbemeste vastelandskwelders samen in de internationale Waddenzee rond 1980. Aangezien er toen nog volop werd begreppeld zijn deze getallen aan de hoge kant. De getallen in het beheerplan voor de kwelders van It Fryske Gea in Noard Fryslân Bûtendyks wijzen daar ook op. Kleyer et al. (2003) noemen **0,6 runderen per ha (op GVE basis) optimaal voor de biodiversiteit van de vegetatie, dat is een extensieve tot matige beweiding**. Bij mozaïekbeheer is elk advies voor één type beweiding onjuist, alle beweiding-categorieën behoren vertegenwoordigd te zijn.

Tabel 6.2. Beweidingsklassen in de internationale Waddenzee (Dijkema 1983) en in het beheerplan voor Noard Fryslân Bûtendyks (Jager & Rintjema 2003).

Beweidings-intensiteit	Vegetatie-structuur (Dijkema 1983)	Schapen incl. lam. (per ha)	Jongvee (per ha)	Grootvee (GVE per ha)	Fryslân (GVE per ha)
zeer extensief) extensief)	Patroon van kort en lang gewas	2 - 3	0,7 - 1	0,3 - 0,5	< 0,4
matig	Prod. bijna verwijderd	5 - 6	1 - 1,5	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7
intensief	Kort gewas < 10 cm	9 - 10	2 - 2,5	1 - 1,3	max. 0,75

6.7 Meten kwelder-kwaliteit

In een kwelderstudie voor de Kader Richtlijn Water (KRW) is de kwaliteit van kwelders en schorren gemeten (Dijkema et al. 2005a). De meting is niet zoals gebruikelijk gericht op de samenstelling van plantensoorten en/of diersoorten. Binnen een schor/kwelder speelt maar een beperkt aantal plantensoorten een rol. Deze soorten komen veelal in beperkte (hoogte)zones op een kwelder voor, en binnen deze zones voornamelijk als dominante soorten, die kenmerkend zijn voor een aantal belangrijke vegetatietypen. Daarom is bij de ontwikkeling van een kwaliteitsmaatlat voor de KRW gewerkt met de vegetatiezones pionier, laag, midden en hoog (De Jong et al. 1998). Daarnaast zijn een brakke zone en twee climax-vegetaties onderscheiden: climax Riet (in brakke gebieden) en climax Zeekweek of Kweek (in zoute resp. brakke gebieden).

De **kwaliteits-referentie** voor de KRW is gebaseerd op de volgende aannames:

- Binnen een (deel)waterlichaam moeten de vegetatiezones pionier, laag, midden en hoog op een evenwichtige wijze voorkomen. D.w.z. dat hun aandeel in de totale vegetatie niet te klein en niet te groot mag zijn. De verschillende kwelderzones worden in de beoordeling gewaardeerd op het percentage dat zij beslaan van het totale kwelderareaal van een (deel)waterlichaam. Als grenswaarden worden 5 %

gebruikt voor de ondergrens en 35 of 40% voor de bovengrens. Ligt het percentage tussen de grenswaarden dan krijgt de zone de beoordeling “goed” (1); erboven of eronder “slecht” (0). De keuze welke bovengrens wordt gebruikt, wordt bepaald door het aantal zones dat wordt meegenomen in de beoordeling van een bepaald (deel)waterlichaam: bij 4 zones 40% en bij 5 zones 35%.

- b. De climax-vegetaties mogen niet domineren binnen de vegetatiezone waar ze thuis horen. Het areaal Riet is maximaal 50% van het areaal zones brak + Riet, en het areaal Zeekweek is maximaal 50% van het areaal zones hoog + Zeekweek.

Literatuur

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

Anon. 2003. Vorlandmanagementplan für den Bereich der Deichacht Norden. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Norden, 40 p.

Bakker, J.P. 1997. Natuurbeheer in kustsystemen. Inauguratie-rede. RU Groningen, 36 p.

Bakker, J.P., P. Esselink, R. van der Wal & K.S. Dijkema 1997. Options for restoration and management of coastal salt marshes in Europe. In: K.M. Urbanska, N.R. Webb & P.J. Edwards (eds.), *Restoration ecology and sustainable development*; Cambridge University Press. 286-322.

Bakker, J.P., D. Bos & Y. de Vries 2003a. To graze or not to graze: that is the question. In: Wolff, W.J., K. Essink, A. Kellerman & M.A. van Leeuwe (eds). *Proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium*, pp. 67-88. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries and Department of Marine Biology, University of Groningen.

Bakker, J.P., D. Bos, J. Stahl, Y. de Vries & A. Jensen 2003b. Biodiversität und Landnutzung in Salzwiesen. *Nova Acta Leopoldina NF* 87, 328: 163-194.

Bakker, J.P., J. Bunje, K.S. Dijkema, J. Frikkie, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus & M. Stock 2005. 7. Salt Marshes. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds.). *Wadden Sea Quality Status Report 2004*. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. 163-179.

www.waddensea-secretariat.org/ -> *Monitoring-TMAP* -> *QSR 2004*

Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellinger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhof 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2001/020. Wageningen, 832 p.

Beefink, W.G. 1984. Geography of European halophytes. In: Dijkema, K.S. (ed.), W.G. Beefink, J.P. Doody, J.M. Gehu, B. Heydemann & S. Rivas Martinez. *Salt marshes in Europe*. Council of Europe. Nature and environment series 30, Strasbourg: 15-33.

Bergs, J. van den, J.H. Bossinade, K.S. Dijkema, J.J. Huizing, F. Stumpe & J. de Vlas 1996. De Punt van Reide: wel of niet verdedigen? Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, Nota NN-ANW 96-02: 50 p.

Dijkema, K.S. 1975a. Vegetatie en beheer van de kwelders en landaanwinningen aan de Waddenzeekust van Noord-Groningen. Mededeling nr. 2 Werkgroep Waddengebied. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Arnhem. 49 p.

Dijkema, K.S. 1975b. Vegetatie en beheer van de kwelders en landaanwinningswerken aan de Waddenkust van Noord-Groningen. De Levende Natuur 78: 97-104.

Dijkema, K.S. 1983. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), Flora and vegetation of the Wadden Sea island and coastal areas. Balkema, Rotterdam; 185-220.

Dijkema, K.S. 1987. Changes of salt-marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (eds), Vegetation between land and sea. Junk, Dordrecht; 42-49.

Dijkema, K. 1991. Toekomstig beheer van kwelders op de eilanden en het vasteland. Waddenbulletin 26, 3: 118-122.

Dijkema, K.S. 1997. Impact prognosis for salt marshes from subsidence by gas extraction in the Wadden Sea. Journal of Coastal Research 13 (4): 1294-1304.

Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, J. van den Bergs & T.A.G. Kroeze 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. Nota GRAN 1991-2002/RIN-rapport 91/10. Rijkswaterstaat Directie Groningen/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Groningen/Texel. 156 p.

Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Leeuwarden, Rijkswaterstaat dir Noord-Nederland en Texel, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, 68 p.

Dijkema, K.S., De Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J. & Van Duin, W.E., 2005a. De Kaderrichtlijn Water in kwelders en schorren: ontwikkeling van Potentiële Referenties en van een Potentiële Goede Ecologische Toestand. Alterra / Wageningen UR, team Wad en Zee, Texel, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ITC, Delft.

www.kwelders.nl

www.kennisonline.wur.nl -> Ecol. Hoofdstructuur -> Mariene EHS -> Projecten -> Producten

Dijkema, K.S., W.E. van Duin & H.F. van Dobben 2005b. Kweldervegetatie op Ameland: effecten van veranderingen in de maaiveldhoogte van Nieuwlandsrijd en De Hon. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Ameland. 97 p.

Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. Frankes. H. Jongerius & J. Swierstra 2006. Jaarverslag 2005 Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen (november 2005-juli 2006). Wageningen IMARES; Rijkswaterstaat. 37 p. + 4 bijlagen.

Dijkema, K.S., Van Duin, W.E., Meesters, H.W.G, Zuur, A.F., Ieno. E.N & Smith, G.M. 2007. 35 Sea level change and salt marshes in the Wadden Sea: A time series analysis. In: Analysing Ecological Data. Springer Science + Business Media. 601-614.

Duin, W.E. van, Dijkema, K.S. & Zegers, J. 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlanden. IBN-rapport 326, 104 p.

Duin, W.E. van & K.S. Dijkema 2003. Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken: "de Krekenproef"; evaluatie 1997-2002. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 634. 137 p.

Duin, W.E. van, K.S. Dijkema & D. Bos 2007a. Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland. Wageningen IMARES intern rapport, Altenburg & Wymenga A&W rapport 887, 65 p.

Duin, W.E. van, Esselink, P., Bos, D., Klaver, R. , Verweij, G. & van Leeuwen, P.-W. 2007b. Proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks. Evaluatie kwelderherstel 2000-2005. Wageningen-IMARES rapport C020/07, Texel, Koeman en Bijkerk rapport 2006-045, Haren, Altenburg & Wymenga rapport 840, Veenwouden.

www.kennisonline.wur.nl -> Ecol. Hoofdstructuur -> Mariene EHS -> Projecten -> Producten

Erchinger, H. F. 1995. Dünen, Watt und Salzwiesen. Der Niedersächsische Ministerie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover. 59 p.

Esselink, P. 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.

French, J.R. & Stoddart, D.R. 1992. Hydrodynamics of salt marsh creek systems: Implications for marsh morphological development and material exchange. Earth Surface Processes and Landforms 17: 235-252.

Grotjahn, M., Michaelis, H., Obert, B. & Stephan, H.-J. 1983. Höhenentwicklung, Sediment, Vegetation und Bodenfauna in den Landgewinnungsfeldern beiderseits des Cappeler Tiefs (1957-1978). Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz 34, Jber.1982: 64-93.

Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde & J. de Vlas 2004. Bodemdalingstudie Waddenzee 2004, Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd, Rapport RIKZ 2004-025.

www.waddenzee.nl -> kennis -> energie -> gaswinning -> inhoudsopgave -> rapporten

- Hofstede, J.L.A. 2003. Integrated management of artificially created salt marshes in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein, Germany. *Wetlands Ecology and management* 11: 183-194.
- Houwing, E.J., W.E. van Duin, Y. Smit-van der Waaij, K.S. Dijkema & J.H.J. Terwindt 1999. Biological and abiotic factors influencing the settlement and survival of *Salicornia dolichostachya* in the intertidal pioneer zone. *Mangroves and Salt marshes* 3 (4): 197-206.
- Jakobsen, B. 1954. The tidal area in south-western Jutland and the process of the salt marsh formation. *Geografisk Tidsskrift* 53: 49-61.
- Jager, H.J. & Rintjema, S., 2003. Beheerplan Noard-Fryslân Bûtendyks. Werkdocument 2003-2028. It Fryske Gea, Olterterp. 66 p. + bijlagen
- Jong, D.J. de, K.S. Dijkema, J.H. Bossinade & J.A.M. Janssen 1998. SALT97. Classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat RIKZ, Dir. Noord-Nederland, Meetkundige Dienst; IBN-DLO. Diskette met programma en handleiding.
- 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 eastern wadden shallows. Rijkswaterstaat Communications 4: 1-73.
- Kiehl, K., H. Schröder, B. Bredemeier & A. Wiggershauser 2000b. Der Einfluss von Extensivierung und Beweidungsaufgabe auf Artenzusammensetzung und Structur der Vegetation. In: M. Stock & K. Kiehl (eds.). Die Salzwiesen der Hamburger Hallig. Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer 11: 34-42.
- Kleyer, M., H. Feddersen, & R. Bockholt 2003. Secondary succession on a high salt marsh at different grazing intensities. *Journal of Coastal Conservation* 9: 123-134.
- Long, S.P. & C.F. Mason 1983. *Saltmarsh Ecology*. Blackie, Glasgow and London. 160p.
- Reents, S. 1995. Vergelijking van het kunstmatige afwateringssysteem in de kwelderwerken met natuurlijke kreeksystemen. Rapport. Rijkswaterstaat, Dir. Noord-Nederland, Leeuwarden, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 97 p.
- Reents, S., K. Dijkema, J. van den Bergs, J. Bossinade & J. de Vlas 1999. Drainage systems in the Netherlands foreland salt marshes and natural creek systems. *Senckenbergiana maritima* 29 (Suppl.): 125-126.

Stoddart, D.R., Reed, D.J. & French, J.R. 1989. Understanding salt marsh accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England. *Estuaries* 12: 228-236.

Verhoeven, B., M. Jespersen, D. Konig & E. Rasmussen 1980. Human influences of the landscape of the Wadden Sea area. In: Dijkema, K.S., H.-E. Reineck & W.J. Wolff (eds.). *Geomorphology of the Wadden Sea area*. Balkema, Rotterdam; 110-135.

Vries, D.M. de 1940. De plantengroei van de aanslibbingen in het noorden van Nederland. In: W. Feeke, A. Scheygrond & D.M. de Vries. *Botanische Landschapsstudies in Nederland*. J.B. Wolters, Groningen: 47-100.

Westhoff, V. 1949. Schaakspel met de natuur. *Natuur en Landschap* 3: 54-62.

Westhoff, V. 1971. The dynamic structure of plant communities in relation to the objectives of conservation. In: E. Duffey & A. S. Watt (eds.), *Scientific Management of Plant and Animal Communities for Conservation*, pp. 3-14. Blackwell, Oxford.

Westhoff, V., J.H.J. Schaminée & K.S. Dijkema 1998. 26. *Asteretea tripolii*. In: J.H.J. Schaminée, E.J. Weeda & V. Westhoff (eds.). *De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus*. Opulus Press, Uppsala, 89-130.

Wohlenberg, E. 1933. Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. *Wiss. Meeresunters. NF. Abt. Helgoland* 19:1-11.

Wohlenberg, E. 1953. Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdam. *Die Küste* 2: 33-94.

Wolff, W.J. (ed.), B. Berdowski, F.A. Brink, S. Broekhuizen, H. van Dam, K.S. Dijkema, G.P. Gronggrijp, L.W.G. Higler, P. Leentvaar, A.A. Mabelis, T. Reijnders, J. Rooth, P.J. Schroevers, H. Siepel, P.A. Slim, J.T. de Smidt, A.H.P. Stempel, D.C.P. Thalen, P.F.M. Verdonschot, S. van der Werf, W.K.R.E. van Wingerden & G. van Wirdum 1988. *De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. RIN-rapport 88/32*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 173 p.

Yapp, R.H., Johns, D. & Jones, O.T. 1917. The salt marshes of the Dovey estuary. *The British Ecological Society* 5:65-103.

