

Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee en aanzet voor een kwelderkanskaart

W.E. van Duin & K.S. Dijkema
Rapport C076/12



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Alkyon Hydraulic Consultancy & Research
Postbus 248
8300 AE Emmeloord

Publicatiedatum:

mei 2012



Hier wordt geïnvesteerd in uw toekomst. Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2012 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming.

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
Deel 1: Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee.....	7
1. Inleiding.....	7
2. Areaal pionierzone in de Waddenzee.....	9
3. Areaal kwelders in de Waddenzee	12
3.1 Kwelderontwikkeling Westelijke Waddenzee.....	14
3.2 Kwelderontwikkeling Oostelijke Waddenzee	14
3.3 Kwelderontwikkeling Eems-Dollard	15
4. Kwaliteitsparameters kwelder	16
4.1 Bodemopbouw en bodemrijping	16
4.2 Kliferosie	16
4.3 Kweldervegetatie	17
4.3.1 Zonering en successie van kweldervegetatie	17
4.3.2 Verdeling vegetatiezones in kwelders en schorren	19
4.4 Ontwateringssysteem	22
4.4.1 Kreken.....	22
4.4.2 Poeltjes.....	24
4.5 Expositie en ligging	25
4.6 Sturing kwaliteitsparameters via beheer.....	26
4.6.1 Ontwateringssysteem.....	26
4.6.2 Vegetatiezones.....	26
4.6.3 Cyclisch beheer en verjonging	27
4.7 Regelgeving en afspraken	28
4.7.1 Natura 2000	28
4.7.2 PKB-Waddenzee	29
4.7.3 Beheer- en Ontwikkelingsplan Waddengebied	30
4.7.4 Trilaterale Targets en Tmap-monitoring	30
5. Randvoorwaarden.....	32
5.1 Kwantiteit/areaal	32
5.2 Kwaliteit.....	32
5.3 Samenvatting randvoorwaarden.....	34
6. Conclusie.....	37
7. Referenties	41
Deel 2: Aanzet Kwelderkanskaart.....	45
1. Inleiding.....	45
2. Gebruikte data en bevindingen	45
3. Aanbevelingen.....	48
4. Referenties	49
Verantwoording	51

Samenvatting

Dit rapport maakt onderdeel uit van het GeoValley Werkpakket "Kennis van patronen en structuren in natuurlijke systemen" (WP-nummer: 1.1.7.3).

Aanleiding tot dit rapport is de groeiende belangstelling bij beleid en beheer om kwelders aan te leggen, zowel uit natuur- als kustbeschermingsoogpunt.

Het doel is op basis van kwantiteits- en kwaliteitskenmerken van bestaande kwelders een overzicht te maken van de randvoorwaarden waaraan een kwelder bij voorkeur moet voldoen. Deze randvoorwaarden zouden een hulpmiddel kunnen zijn bij actieve stimulering van kwelders of verbetering van kwelders.

Algemene, randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een kwelder-vooroever zijn:

1. *Areaal*: Een aaneengesloten stuk kwelder (minimaal 500 ha) scoort op ecologische, geomorfologische en beheertechnische punten beter dan versnipperde kleine stukjes kwelder. Indien mogelijk is een redelijk voorland aanwezig als golfbescherming en als potentiële sedimentbron.
2. *Uitgangshoogte*: Om kwaliteit en dynamiek mogelijk te maken mag de uitgangshoogte van de kwelder-vooroever niet te hoog zijn (= relatief laag successiestadium). Voor de pionierzone een uitgangshoogte van 20 (of max. 40) cm onder gemiddeld hoogwater (GHW) en voor de lage kwelder vanaf ca. GHW.
3. *Hellingshoek*: De bestaande kwelders bevinden zich op locaties met verschillende omstandigheden en hebben een helling die meestal varieert tussen 1:50 en 1:500 (in de kwelderwerken in Friesland en Groningen echter tussen de 1:500 en 1:1000). Een helling van 1:100 zou bv. kunnen dienen als aanvangshelling voor een te ontwikkelen kwelder.
4. *De structuurkwaliteit van de bodem*: (o.a. gelaagdheid, voldoende organisch materiaal) speelt een rol bij de functionaliteit (o.a. drainage, biodiversiteit).
5. *Sedimentaansvoer*: Er moet voldoende sedimentaansvoer naar de kwelder zijn en mogelijkheden voor bezinking (opslibbing) om de zeespiegelstijging bij te houden (duurzaamheid).
6. *Sediment korrelgrootte*: Er zijn zowel zandige als kleiige kwelders. Een bovenlaag waarin niet alleen zand, maar ook fijn sediment (slib) aanwezig is biedt de beste vestigingsmogelijkheden (minder kans op uitspoelen) voor pioniervegetatie.
7. *Rustige omstandigheden* ten aanzien van golven en stroomsnelheden. Met name dwarsstroming dient vermeden te worden. Golven hebben echter ook een positieve werking ten aanzien van de aanvoer van sediment naar hoger in het profiel gelegen delen en moeten daarom ook niet te veel geremd worden.
8. *Ontwatering*: ontwikkelt in principe voldoende op natuurlijke wijze. Het eventueel stimuleren van ontwatering, bijvoorbeeld door het trekken van enkele (kronkelende) drainagegeulen, kan helpen om de kansen voor vestiging van pioniervegetatie te verhogen/versnellen.
9. *Vegetatie*: Zaden en/of vegetatieve delen komen vanzelf als er kwelders in de nabije omgeving zijn, zodat het niet noodzakelijk is om vegetatie te zaaien of planten.
10. *Streefbeeld*: Om duurzaamheid, kwantiteit en kwaliteit van de ontwikkelde kwelder-vooroever te kunnen toetsen en evalueren moet een duidelijk streefbeeld worden opgesteld. Daarbij moet ook het beheer meegenomen worden als uit te werken onderdeel (bv. mogelijkheden/geschiktheid voor beweiding, onderhoud kunstmatige structuren (bv. in geval van rijshoutdammen), werkstrook op dijk om bv. aanspoelsel van dijk te kunnen afvoeren).
11. *Kwaliteit*: Hoogteligging, ontwatering en beheer zijn bepalende factoren voor de kwaliteit en het type vegetatie. Daarnaast heeft een kwelder een driedimensionaal uiterlijk. Het is niet alleen maar een begroeide helling, maar bevat ook prielen, poeltjes, oeverwallen, kommen, kliffen en krekken.
12. *Habitatverlies*: het habitat dat door "gestimuleerde" kwelderontwikkeling verloren gaat geen unieke kenmerken binnen het betreffende habitatype hebben (bv. precies het beste/enige mosselzaad- of zeegrasgebied).

Geconcludeerd wordt dat een kwelder het eindproduct is van de interacties tussen geomorfologische, fysische en biologische processen. Tijdens de jarenlange wordingsgeschiedenis wordt al in een vroeg stadium de basis gelegd voor diverse elementen, zoals bv. het krekpatroon, die in een natuurlijke (ecologisch) goed functionerende kwelder van belang zijn. Een aangelegd stuk grond begroeid met kwelderplanten of een begroeide vooroever is daarom niet hetzelfde als een kwelder die zich op natuurlijke wijze heeft kunnen ontwikkelen.

Naast een achtergrondrapport met randvoorwaarden voor kweldernatuurbouw is in het tweede deel verkend of er een aanzet voor een kansenkaart voor kwelders gemaakt kan worden.

De interesse van dit project ligt in de buitendijkse gebieden bestaande uit de begroeide kwelder, aangrenzende pionierzone en het aangrenzende kale wad, de gebieden dus die bij hoog water onder water kunnen verdwijnen en bij laag water kunnen droogvallen. De meeste databestanden met betrekking tot abiotische parameters focussen echter óf op het water óf op het land. Waar de grens tussen deze gebieden in zicht komt voldoen de meetmethoden vaak niet en worden de waarden onbetrouwbaar of ontbreken geheel. Naast kennis van de abiotiek is het ook noodzakelijk de biotische toestand te kennen. Dit om te voorkomen dat gebieden met bestaande hoge natuurwaarden verdwijnen ten gunste van gebieden met een lagere natuurwaarde. Voor de werkelijke geschiktheid van een locatie voor kwelderontwikkeling zal altijd een *expert judgement* nodig blijven.

Aanbevolen wordt om een "protocol/beslisboom" op te stellen met randvoorwaarden (abiotisch, biotisch/ecologisch, juridisch enz.) om aan te geven in welke gevallen en hoe het "op weg helpen" van kwelderontwikkeling geoorloofd en/of het meest verantwoord/duurzaam is.

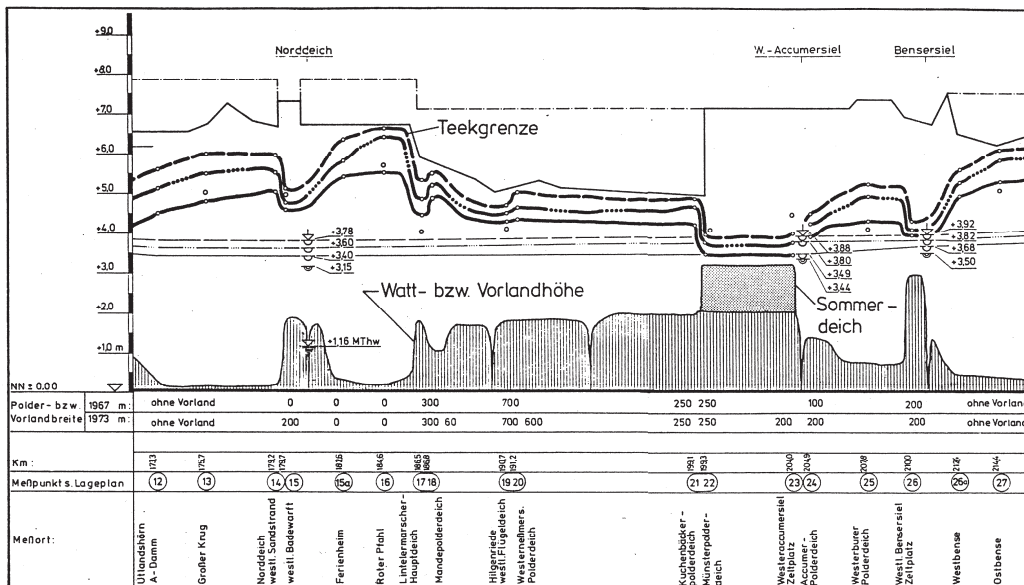
Deel 1: Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee

1. Inleiding

Het doel van dit rapport is om met behulp van bestaande kennis de mogelijkheden te verkennen voor nieuwe pionierzone/kwelderontwikkeling in de Waddenzee. Het rapport bestaat uit twee delen:

1. Achtergrondrapport met kennis over randvoorwaarden voor kwelder- en pionierzone-ontwikkeling. Hierbij zal vooral aandacht besteed worden aan kwaliteitseisen waaraan een natuurlijke pionierzone en kwelder moeten voldoen.
2. Bijlage gericht op de mogelijkheden een kanskaart te ontwikkelen met potentiële locaties voor pionierzoneontwikkeling in de Waddenzee en de data die daar voor nodig zijn.

Voordat de kustlijn werd rechtgetrokken en vastgelegd met harde structuren, zoals dijken, en eilanden beschermd werden met stuifdijken waren de sedimentatie- en erosieprocessen rond de Waddenzee natuurlijker dan tegenwoordig het geval is. De dynamiek was groter en de ontwikkelingsmogelijkheden voor kwelder en pionierzone waren ruim aanwezig door de onregelmatige kustlijn. Het huidige kwelderareaal is stabiel maar staat in geen verhouding tot de oppervlaktes die ooit aanwezig zijn geweest. Teruggaan naar de situatie van eeuwen terug met uitgestrekte natuurlijke kwelders met mogelijkheden voor groei en erosie is geen haalbare optie, onder meer door grote economische belangen op diverse locaties langs de kust. Er is echter een toenemend besef dat kwelders door hun hoge ligging en begroeiing een rol spelen bij kustbescherming. De stroomsnelheid en golfloop wordt verminderd waardoor de dijk minder belast wordt (Fig. 1.1; Dijkema *et al.*, 2011, Den Heijer *et al.*, 2007; Erchinger, 1995) en een kwelder voorkomt onderspoeling van de dijk door kwel, bv. via oude geulen die onder de dijk doorlopen.



Zeichenerklärung:		Teekgrenze	Wasserstand	Sturmflut am:	Vorland
— — — — —	Soilhöhe	— — — — —	— — — — —	13.11.1973	[diagonal lines]
— — — — —	Isthöhe	— — — — —	— — — — —	19.11.1973	[stippled]
— — — — —		— — — — —	— — — — —	6. 12.1973	
— — — — —		— — — — —	— — — — —	23. 2.1967	

Abbildung 3
Wellenaufbau an Seedeichen an der Nordküste Ostfrieslands nach der Teekgrenze (Treibselvermessung). Die Wirkung von Deichvorland und Sommerpolderdeich wird deutlich veranschaulicht (nach ERCHINGER 1974).

Figuur 1.1. Voorbeeld van verband tussen golfloop (gemeten aan hoogte waarop vloedmerk is afgezet op dijk) en voorland (wad, kwelder, zomerpolder) langs de kust van Ostfriesland (Dsl) tijdens vier stormvloed in 1967 en 1973 (Erchinger, 1974).

Verder vertraagt/voorkomt een kwelder het ontwikkelen van een diepe geul door de dijk na een eventuele dijkbreuk en kan er snel klei uit een kwelder gewonnen worden ('buitendijks sedimentdepot') om een spoedreparatie aan de dijk uit te voeren. Daarnaast groeien kwelders door opslibbing vanzelf mee met de stijgende zeespiegel.

Niet alleen in de westelijke Waddenzee, waar uit natuuroogpunt meer kwelders gewenst zijn, maar ook op andere locaties in de Waddenzee (en Delta) zijn overheden en (natuurbeschermings)organisaties geïnteresseerd in areaalbehoud. Daarnaast wordt vaak, onder andere in het kader van kustverdediging, gesproken over de mogelijkheden het kwelderareaal uit te breiden, al dan niet door middel van natuurbouw.

Hoewel aanleg van een habitatype vaak ten koste gaat van een ander habitatype betekent dat niet bij voorbaat dat dit binnen de huidige wet- en regelgeving nooit mogelijk is (Mendelts & Boerema, 2011). Bij besluit van 26 februari 2009, kenmerk DRZO/2008-001, heeft de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit het Natura 2000-gebied Waddenzee aangewezen als speciale beschermingszone. In dit Aanwijzingsbesluit staat onder andere de 'ten gunste van-bepaling':

'In sommige gevallen is er een zogenaamde 'ten gunste van' bepaling gebruikt. Daarmee wordt aangeduid dat de aanwezigheid van een bepaald habitatype of bepaalde -soort in enige mate mag afnemen ten gunste van andere habitatypen of soorten die sterk onder druk staan en waarvoor in een gebied de doelen in termen van uitbreiding omvang leefgebied of uitbreiding oppervlakte zijn geformuleerd.

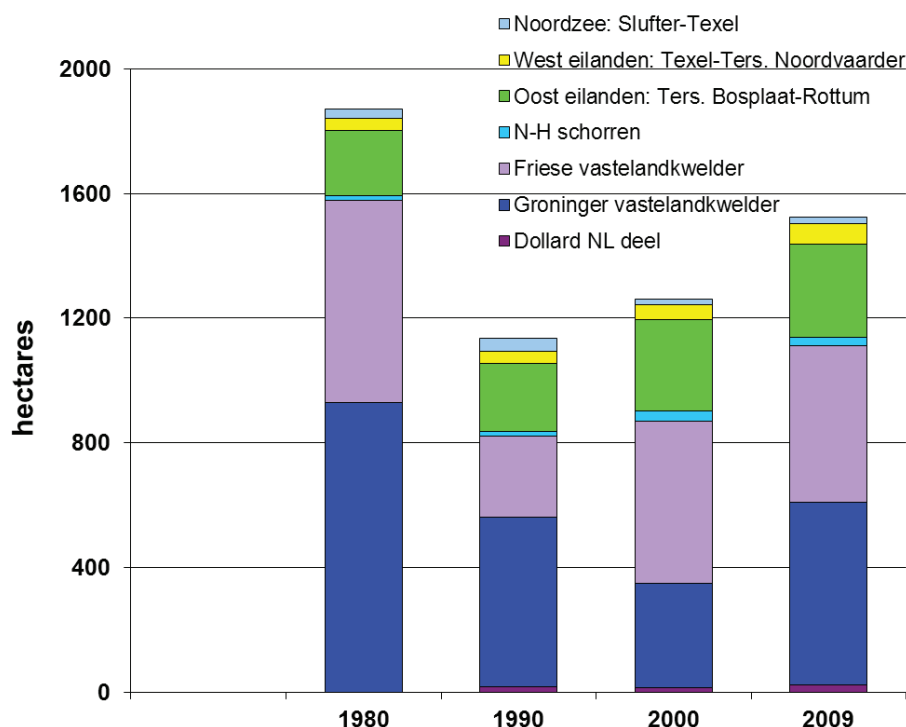
Ook het onderhavige besluit kent de bepaling dat het oppervlakte slijkgrasvelden (H1320) mag afnemen ten behoeve van het habitatype zilte pionierbegroeiingen, zeekraal (H1310A). Bij voorbeeld zilte pionierbegroeiingen, zeekraal (H1310A) zijn in een ongunstige staat van instandhouding. Dat betekent dat er maatregelen genomen moeten worden om zowel de oppervlakte te vergroten als de kwaliteit te verbeteren. Bij het vergroten van de oppervlakte valt het zeker niet uit te sluiten dat dit deels ten koste gaat van andere aangrenzende habitatypen, zoals slijkgrasvelden (H1320). Gelet op het ecologische belang om de staat van instandhouding van dit habitatype te verbeteren, is hier de bewuste keuze gemaakt dat dit ten koste mag gaan van een ander habitatype met een gunstige staat van instandhouding."

Ook hieruit blijkt dat er in sommige gevallen 'uitruil' van habitatypen binnen de bestaande regels mogelijk is (zie ook Baptist *et al.*, 2012).

Dit rapport maakt onderdeel uit van het GeoValley Werkpakket (WP) 'Kennis van patronen en structuren in natuurlijke systemen' dat liep van 2009-2011 (WP-nummer: 1.1.7.3).

2. Areaal pionierzone in de Waddenzee

De pionierzone is belangrijk, omdat deze zone het voorstadium is van de kwelder. Het areaal pionierzone is door de meer geëxponeerde, lagere ligging en een meer open en (deels) eenjarige vegetatie echter gevoelig voor schommelingen in GHW (Dijkema et al., 2007). Daardoor kan het areaal veel variatie vertonen tussen jaren. Verder kan een afname in pionierareaal ook veroorzaakt worden door successie, wat zich uit in een toename van het kwelderareaal.



Figuur 2.1 Areaal pionierzone in de Nederlandse Waddenzee (Dijkema et al., 2011).

In de pionierzone zijn twee habitattypen te onderscheiden: 1310 en 1320 (Janssen & Schaminée, 2003). Met betrekking tot de kenmerkende plantensoorten zijn in de onderstaande habitatbeschrijvingen slechts enkele genoemd (dit zijn niet alleen plantensoorten waarvoor het gebied is aangewezen, maar betreft vaak plantensoorten die algemeen voorkomen in het gebied).

Habitattype 1310 omvat pionierbegroeiingen van periodiek door zout water geïnundeerde slikken en zandvlakten aan de kust. Binnenlandse zoutvegetatie komt in ons land slechts op kleine schaal voor in gebieden die vroeger onder invloed van de zee stonden. Het habitattype betreft enerzijds pioniergemeenschappen met Zeekraal (*Salicornia spec.*) op hooggelegen slikken en lage schorren en kwelders en anderzijds pioniergemeenschappen in de overgangszone tussen kwelders en duinen, en wel op plaatsen die nog net door de hoogste waterstanden bereikt worden. De Zeekraal-begroeiingen behoren tot het verbond Thero-Salicornion. Naast Langarige zeekraal (*Salicornia procumbens*) en Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) is Schorrenkruid (*Suaeda maritima*) met hoge presentie en vaak ook hoge bedekking aanwezig. Voor veel vogelsoorten is het habitattype van belang als hoogwatervluchtplaats, slaapplek of voor de rui. Het habitattype komt in goed ontwikkelde vorm voor in alle luwe kustzones van het Waddengebied en de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. De Europese Commissie (2002) oordeelde dat voor dit habitattype voldoende gebieden zijn aangemeld.

Tabel 2.1 *Typering Habitatype 1310: Eenjarige pioniervegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (Salicornia spp.) en andere zoutminnende soorten.*

Doel *	Behoud oppervlakte en kwaliteit.
Toelichting *	Het habitatype zilte pionierbegroeiingen, <i>Zeevetmuur</i> (subtype B), verkeert in een gunstige staat van instandhouding. Zilte pionierbegroeiingen, <i>Zeekraal</i> (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, <i>zeekraal</i> (subtype A) momenteel hoog als gevolg van de kwelderwerken.
* Ontwerpbesluit Waddenzee Natura 2000	
Instandhoudingsdoelstellingen	Voor een gunstige staat van instandhouding is een verspreiding over het gehele Waddengebied en Zeeuws-Zuid-Hollands estuarium vereist, alsmede tenminste één locatie met het habitatype aan de Hollandse vastelandskust. De landelijke oppervlakte van het habitatype mag niet achteruit gaan, buiten de jaarlijkse natuurlijke fluctuaties. Tenminste 80% van de typische soorten moet in een gunstige staat van instandhouding verkeren en over tenminste 80% van de totale oppervlakte dienen de vereiste structuren en functies aanwezig te zijn.
Kenmerkende plantensoorten	Langarige zeekraal (<i>Salicornia procumbens</i>) Kortarige zeekraal (<i>Salicornia europaea</i>) Schorrenkruid (<i>Suaeda maritima</i>)
Huidige staat / trend	Het areaal is constant, maar afhankelijk van onderhoud. De vegetatiestructuur volgt de natuurlijke dynamiek.
Autonome ontwikkeling	De pionierzone heeft een geringe vegetatiebedekking van voornamelijk eenjarige planten waardoor er een geringe vastlegging is van sediment. Zeespiegelstijging (door klimaatsverandering en/of inklinking) kan mogelijk niet gecompenseerd worden door versnelde opslibbing.

Bij Habitatype 1320 is Klein slijkgras de kenmerkende soort. Deze soort heeft een zuidelijk verspreidingsgebied en is niet in de Waddenzee aanwezig. Wel heeft de exoot Engels slijkgras (kruising tussen de Noord-Amerikaanse *Spartina alterniflora* en *S. maritima*), bijnaam "slikpest", zich in de Waddenzee gevestigd, ten koste van de inheemse zoutplanten in de zones van 1310 en 1330 (=Atlantische kwelders). Habitatype 1320 wordt vaak behandeld onder de pionierzone Habitatype 1310.

De exoot valt formeel echter onder Habitattype 1320, omdat de Associatie van Engels slijkgras onder het Verbond *Spartinion maritimae* valt. *Alleen vanwege deze redenering komt Habitattype 1320 algemeen in de Waddenzee voor, zij het als zogenaamde gedegradeerde vorm.* Er zijn voor dit habitattype door de Europese Commissie geen gebieden geselecteerd in verband met de slechte kwaliteit (dominantie van de exoot Engels slijkgras) waarin het type in Nederland voorkomt. Er worden wel gebieden voor dit type aangemeld, maar de kwaliteit wordt als 'insignificant' beoordeeld. Nehring & Hesse (2008) vinden dat de status en het effect van de exoot *Spartina anglica* in Habitattype 1320 in het Trilateraal Waddenzee overleg vastgesteld dienen te worden.

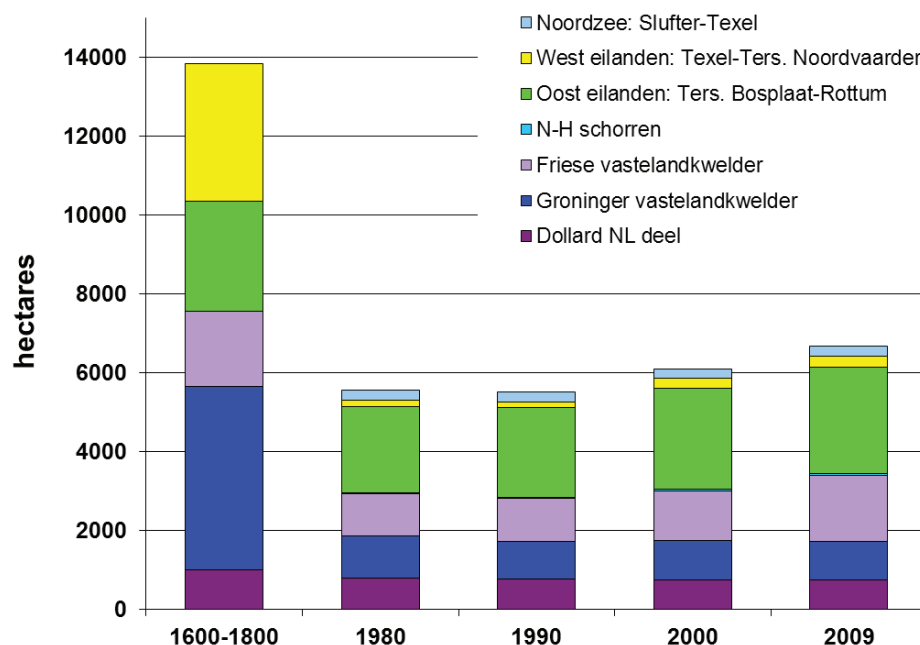
Tabel 2.2 Typering Habitattype 1320: Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*).

Doel *	Behoud oppervlakte en kwaliteit.
Toelichting *	De goed ontwikkelde vorm van het habitattype slijkgrasvelden komt van oorsprong niet in het Waddengebied voor, maar uitsluitend in het Deltagebied.
* Ontwerpbesluit Waddenzee Natura 2000	Het wordt niet mogelijk geacht de hier (in geringe oppervlakte) aanwezige matig ontwikkelde vormen van het habitattype in goede kwaliteit te herstellen.
Instandhoudingsdoelstellingen	Door het massaal voorkomen van de concurrentiekrachtiger exoot <i>Spartina anglica</i> (Engels slijkgras) en het (vrijwel) geheel verdwenen zijn van Klein slijkgras is het toekomstperspectief voor een gunstige staat van instandhouding bij dit habitattype zeer ongunstig.
Kenmerkende plantensoort	Klein slijkgras (<i>Spartina maritima</i>)
Huidige staat / trend	Nederland vormt noordgrens van areaal van dit type. Door verdringing van de kenmerkende soort komt het habitattype niet meer voor in goede vorm, maar alleen in gedegradeerde vorm (met Engels slijkgras).
Autonome ontwikkeling	Min of meer stabiele oppervlaktes gedurende de laatste decennia in Deltagebied en Waddenzee van uitsluitend de gedegradeerde vorm.

3. Areaal kwelders in de Waddenzee

In de Waddenzee komen internationaal gezien aanzienlijke oppervlakten kwelder en schor voor. Deze kwelders en schorren zijn echter een bescheiden overblijfsel van de uitgestrekte zoute en brakke landschappen, veengebieden en meren die tot circa duizend jaar geleden in het grensgebied tussen het pleistocene landoppervlak en de zee lagen. Hoewel onze voorouders vanaf die tijd zijn begonnen er met behulp van dammen en bedijkingen bewoonde gebieden van te maken, wisselden grote inbraken van de zee en aanwas van kwelders en schorren elkaar toch nog voortdurend af. Pas vanaf ca. 1600 worden dam- en dijkbouw zo goed dat inpolderingen de kwelderaanwas overtreffen en het areaal kwelders en schorren geleidelijk afneemt (Fig. 3.1).

De dijken die het vasteland tegenwoordig beschermen vormen een onneembare vesting waardoor het onmogelijk is geworden dat de randen van een waddensysteem zich landinwaarts terugtrekken. De dynamiek is verder afgenomen door stuifdijken die op de oostzijden van de meeste Waddeneilanden zijn aangelegd. Deze stuifdijken hebben echter wel kweldergroei tot gevolg gehad. Een historische referentie met betrekking tot het areaal gebaseerd op de periode vóór de bedijkingen is onmogelijk (Dijkema, 1987; Dijkema *et al.*, 2005; Esselink, 2000). Op basis van geologische informatie is bekend dat er in de periode vóór 1600 grote arealen kwelder en schor waren, maar omdat situering en omvang van de waterlichamen in die periode heel anders was zijn deze getallen nauwelijks te vertalen in een areaal kwelder per watertype. Vanuit dit historisch perspectief is daarom in een kwelderstudie voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) een potentiële referentie ontwikkeld die per (deel)waterlichaam rekening houdt met de sterk verschillende randvoorwaarden (Dijkema *et al.*, 2005). Op basis van deze studie blijkt dat het huidige areaal langs het vasteland van de Waddenzee, met name de westelijke Waddenzee, veel lager is dan de historische referentie en dat het areaal eilandkwelders in de oostelijke Waddenzee hoger is.



Figuur 3.1 Areaal kwelder in de Nederlandse Waddenzee (Bronnen: 1600-1800 Dijkema (1987), 1980-2009 de vegetatiekaarten RWS-DID, Friese en Groninger vasteland de WOK meetvakken. (Bron: WOK-RAPPORT 2010, Dijkema *et al.*, 2011)

Het areaal van kwelders en schorren in Nederland is geleidelijk veranderd door een combinatie van voornamelijk menselijke factoren (Figuur 3.1):

1. 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" 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 nieuwe dijken steeds dichterbij 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 liggen (bv. Noord-Holland, Den Oever-Oosterbierum, Lauwerszee, Eemshaven, Eems) zullen kwelders en schorren voor langere tijd afwezig blijven vanwege het ontbreken van hooggelegen wadden en/of de geëxponeerde ligging.

2. 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 bedijkingen.
- In de westelijke Waddenzee zijn de voorwaarden voor kweldervorming sterk veranderd ten gevolge van de aanleg van de Afsluitdijk. 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 op een smal strookje bij Westhoek na, waar zich de laatste jaren enige kweldervorming voordoet achter een strekdam (Foto 3.1), nadat het voorliggende wad na aanleg van de Afsluitdijk enorm is verondiept van sublitoraal naar litoraal.



Foto 3.1 Kweldervorming bij de Westhoek (NW-Friesland). Bron: GoogleEarth

3. Stimuleren van kwelder/schoraanwas

- 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 in Friesland waar na de aanleg van de Afsluitdijk een slibstroom jarenlang voor een 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). Op Ameland en Terschelling worden de laatste jaren experimenten gedaan met het verwijderen van een deel van de stuifdijk om "wash overs" mogelijk te maken. De laatste twee decennia is er een toename in het kwelderoppervlak, met name op De Bosplaat op Terschelling en langs de Friese vastelandskust.

3.1 Kwelderontwikkeling Westelijke Waddenzee

Er zijn twee omstandigheden die (nieuwe) aanwas van kwelders in de westelijke Waddenzee (west van het wantij Terschelling) bemoeilijken. Allereerst zijn hier in voorgaande eeuwen niet alleen kwelders maar ook grote oppervlakten aangrenzend wad en sublitorale watervlaktes bedijkt (6.600 ha in de 19e eeuw: 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 (met uitzondering van de Johannes Kerkhovenspolder 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 heeft de westelijke Waddenzee door de geringe getijamplitude (microtidal = 0-2 m), de grote invloed van windgolven, het geringe aandeel droogvallende platen (litoraal) en de aanleg van de Afsluitdijk (gevolgen: verhoging van GHW en een langdurig tekort in het zanddelend systeem) andere geomorfologische randvoorwaarden dan de oostelijke Waddenzee. Een microtidal systeem heeft wereldwijd een gering kwelderareaal, met name langs de vastelandkust. Dat is goed zichtbaar aan de grote sublitorale watervlakte die voor de Afsluitdijk en tot voorbij Harlingen ligt. Die permanente watervlakte betekent dat het gebied tussen de binnendelta's en het vasteland (nog) niet met sediment is opgevuld, wat kenmerkend is voor microtidal systemen.

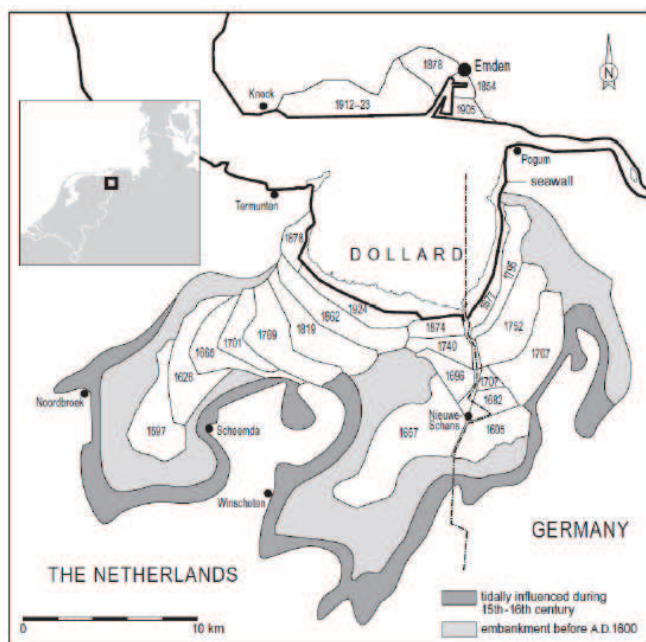
3.2 Kwelderontwikkeling Oostelijke Waddenzee

De randvoorwaarden voor kwelderaanwas langs de vastelandkust zijn in de oostelijke Waddenzee (oost van het wantij Terschelling) van nature veel gunstiger dan in de westelijke Waddenzee. Dat verschil blijkt in Figuur 2.1 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). 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 (1.000 ha in Groningen en 1.200 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, de situatie rond 1980 op de overgang van de methoden van landaanwinningswerken naar kwelderwerken en recent in de Dollard). Het areaal eilandkwelders is in de oostelijke Waddenzee op grond van historische kaarten stabiel tot aan de bedijkingen (Schiermonnikoog 1860, Ameland 1915-1930).

Door deze bedijkingen zijn de oude eilandkwelders uiteraard verdwenen maar er vond al snel een sterke groei plaats in de beschutting van nieuwe stuifdijken (bv. de Boschplaat 1.300 ha na 1931). In Friesland is het huidige areaal van de eilandkwelders (2.650 ha) daardoor zelfs veel groter geworden dan dat van de vastelandkwelders.

3.3 Kwelderontwikkeling Eems-Dollard

Zowel aan de Nederlandse als de Duitse kant van de Eems tot aan de Mond van de Dollard liggen geen kwelders. 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 alle stormvloedrampen als kwelder overleefd. De Dollard is door inbraken van de zee na 1277 ontstaan en bereikte zijn grootste omvang van ca. 40.000 ha in 1520 (Esselink, 2000). 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.



Figuur 3.2 De maximale uitbreiding van de Dollard aan het begin van de 16e eeuw en haar inpolderingsgeschiedenis. Getallen geven het jaar van inpoldering (Esselink et al., 2011).

Gedurende de periode van de bedijkingen heeft er steeds circa 1.000 ha kwelder gelegen. De huidige ruim 700 ha kwelder is door kwelderwerken in het midden van de 20^{ste} eeuw ontstaan. De aanwas is gestopt en de huidige kwelders eroderen nu licht aan de zeekant (Esselink et al., 2011).

4. Kwaliteitsparameters kwelder

4.1 Bodemopbouw en bodemrijping

In een natuurlijk getijdesysteem zorgt de getijdestroom voor de sortering van de ingebrachte gronddeeltjes en de sedimentatie wordt bepaald door de hydrodynamische omstandigheden. Dit heeft tot gevolg dat de bodemopbouw in een natuurlijke kwelder of schor altijd gelaagd is. Op een ondergrond van zand (en schelpen) worden dunne kleilaagjes afgezet die soms afgewisseld kunnen worden door een zand- of zelfs schelpenlaagje dat tijdens een storm is afgezet.

Bij normale opslibbing wordt een kwelder of schor hoger en droger, mineraliseert de organische stof en vindt successie van de vegetatie plaats. In de Oosterschelde bleek dit proces versneld door verlaging van de getijstanden als gevolg van de Oosterscheldekering. Het omgekeerde lijkt ook mogelijk: bodemdaling, bijvoorbeeld door gaswinning zoals op Ameland, kan indirect veroudering tegengaan door afremming van de mineralisatie in de bodem. Bodemrijping wordt over het algemeen als niet reversibel verondersteld, maar de processen op Ameland en in de Oosterschelde wijzen op een grote rol van zowel toenemende als van afnemende bodemaëratie.

Door bodemvorming en wortelstructuur erodeert de oudere (midden) kwelder veel moeilijker dan bv. de relatief jonge lage kwelder. De erosiesnelheid van een kwelder of schor verloopt als gevolg van rijping van de bodem dus volgens een asymptotische curve.

Uit een vergelijkend literatuuronderzoek van Van Oevelen *et al.* (2000a) blijkt dat in de meeste gevallen de structuurkwaliteit en functionaliteit van natuurlijke kwelders en schorren niet geëvenaard worden in gecreëerde kwelders waarbij grond is opgebracht (dus een volledig andere situatie dan bv. in geval van de kwelderwerken waarbij natuurlijke sedimentatieprocessen zijn gestimuleerd door bezinkvelden en rijkshoutdammen). Vaak lijkt een te laag organisch gehalte van de bodem bij dit soort gecreëerde kwelders aan de basis te liggen van verschillen in functie. Een dergelijke kwelder kan daardoor vaak niet een volledig voedselweb ondersteunen. Daarnaast kan de vaak hogere zandfractie in de bodem van een aangelegde kwelder voor een minder samenhangende (cohesieve) structuur zorgen waardoor er sneller erosie plaatsvindt.

Verder lijkt er een hiërarchie te bestaan in het succes van herstelprojecten, waarbij het herstellen van slikgebieden/wadplaten eenvoudiger en sneller lijkt te gaan dan het herstellen van een hoge kwelder of schor. Dit is te verklaren doordat een slik/wadplaat een laag successiestadium van een kwelder is en er nog relatief weinig bodemvormende processen hebben plaatsgevonden. Een hoge kwelder daarentegen is het resultaat van een jarenlange ontwikkeling van de bodem en morfologische structuur (krekken, oeverwallen en kommen). Het nabootsen hiervan door het opbrengen van grond blijkt op veel problemen te stuiten en leidt daardoor tot een volledig andere structuur dan de natuurlijke equivalent.

4.2 Kliferosie

Statische, of stabiele kwelders bestaan alleen als gevolg van beheermaatregelen (zoals een oeververdediging), want kwelders zijn van nature dynamisch. Zolang kwelders horizontaal groeien is er een geleidelijke overgang in hoogte van kaal slik via pionierzone naar schor. Verhoogde schorranden ontstaan als de grens van de horizontale schoraanwas bereikt is en de verticale groei (opwas) doorgaat (Yapp *et al.*, 1917). Door erosie kan daarbij een klif ontstaan, waarbij het geërodeerde materiaal door golfslag weer op de schorrand terecht komt en deze verder ophoogt. Dit geërodeerde materiaal kan plaatselijk (= op de schorrand) belangrijker voor de opslibbing zijn dan het materiaal dat door de krekken het schor binnenkomt (Reed, 1988).

Als de omstandigheden voor horizontale aanwas weer goed zijn en er weer een pionierzone is gevormd, dan kan zich voor het gevormde klif een secundair schor vormen dat na verloop van tijd ook weer een rand opbouwt (Yapp *et al.*, 1917; Jakobsen, 1954). In bredere kwelders kunnen op deze manier vaak verschillende van dergelijke verhoogde schorranden of kliffen worden aangetroffen.

Het materiaal dat op de kwelder sedimenteert is vooral fijn sediment uit het overspoelende water dat tijdens stormen wordt opgewoeld van wadplaten, waar het met rustig weer is vastgelegd door mosselen en diatomeeën (Kamps, 1962). Sommige stormen brengen veel zand. Verder is een deel van het sediment afkomstig uit de krekens, een deel van de platen direct voor de kwelder en een deel van kliferosie, terwijl ook mosselpercelen sediment kunnen leveren (Van Maldegem & de Jong, 2004). Indien de opslibbing de zeespiegelstijging niet kan bijhouden heeft dat tot gevolg dat het maaiveld relatief lager komt te liggen waardoor de overstromingsfrequentie toeneemt en de vegetatie regressie (=teruggang naar eerdere successiestadia) zal vertonen.

Kwelders kunnen onderling sterk verschillen. Volgens Steers (1977) is een belangrijk kenmerk van kwelders dat ze morfologisch niet op elkaar lijken. Daarom is het noodzakelijk de details van ieder schor afzonderlijk goed te kennen, zoals bijvoorbeeld het getijderegime, sedimenttype en sedimentatiesnelheid, de ondergrond waarop de sedimenten liggen, de helling en de oneffenheid van deze ondergrond en het patroon van de vegetatie. Hoewel kwelders op sommige punten veel van elkaar kunnen verschillen vinden bepaalde processen in bijna iedere kwelder of schor toch op min of meer dezelfde manier plaats.

4.3 Kweldervegetatie

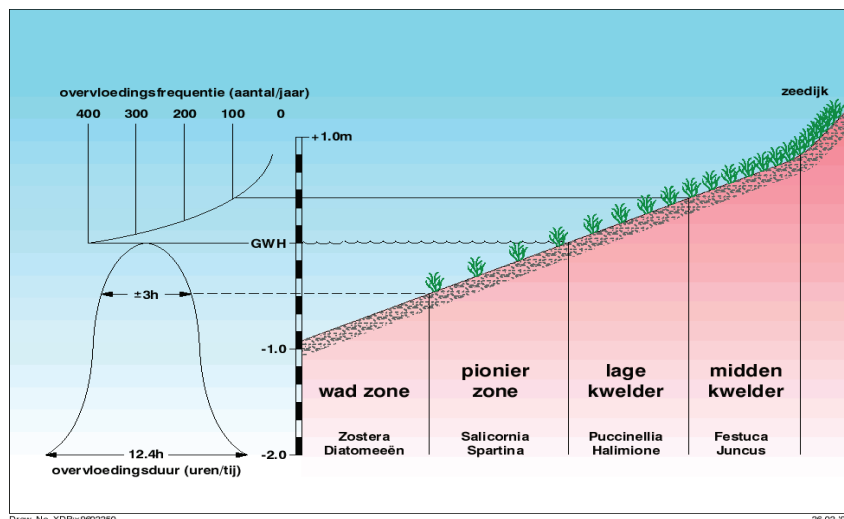
In een kwelderstudie voor de Kader Richtlijn Water (KRW) is de kwaliteit van kwelders en schorren gemeten (Dijkema *et al.*, 2005). De meting is niet zoals gebruikelijk gericht op de samenstelling van plantensoorten en/of diersoorten. Binnen een schor/kwelder speelt maar een beperkt aantal plantensoorten 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).

4.3.1 Zonering en successie van kweldervegetatie

Vegetatie verschijnt vrijwel altijd vanzelf in de pionierzone en kwelder als er in de buurt al andere begroeide kwelders zijn. In een enkel geval kan het voor bepaalde plantensoorten langer duren voor ze verschijnen als ze niet in de nabije omgeving voorkomen (Wolters *et al.*, 2005). In het algemeen kan een kwelder worden verdeeld in een aantal zones, van pionierzone in de laagste delen via lage en middelhoge kwelder naar hoge kwelder (Figuur 4.1 en Tabel 4.1).

Deze zones representeren meestal niet alleen de hoogtezoning binnen een kwelder, maar ook de ontwikkeling in het proces van successie. Een kwelder begint meestal als pioniervegetatie. Door opslibbing verandert de pionierzone naar lage, midden en hoge zone, waarbij de vegetatie door successie mee verandert.

Op de zandplaten van Waddeneilanden (bv. Boschplaat op Terschelling, De Hon op Ameland, Oosterkwelder op Schiermonnikoog) is een hoogtezonerings vaak al in de beginfase van de opslibbing aanwezig, door de naar de duinvoet oplopende hoogteligging van de oorspronkelijk aanwezige kale zandplaat, en dan is de zonering geen weergave van het proces van kweldervorming.



Figuur 4.1 Hoogteligging, overvloedingen en zonering van kwelders in de Waddenzee. Naar Erchinger 1985.

Reeds vanaf de lage zone kan de vegetatie op de Waddenkelder zich ontwikkelen tot een climax-vegetatie, wanneer een kleilaag van meer dan 15 – 20 cm (Bakker, 1993) is ontstaan en bij het ontbreken van beweiding. Als een kwelder/schor erg hoog is geworden zal veelal erosie optreden van (een deel van) de kwelder/het schor waarna de cyclus opnieuw begint met het ontstaan van een pionierzone. Een afzonderlijke kwelder/schor kan juist aan het begin of aan het eind van deze cyclus verkeren, maar binnen alle schorren in een watersysteem als geheel zou er een zeker evenwicht moeten zijn in de aandelen van de diverse zones. Sterke oververtegenwoordiging van één zone of van een climax-vegetatie duidt als regel op verstoring van de cyclische processen in het watersysteem. Dit houdt in dat de diversiteit in vegetatiezones en vegetatietypen evenwichtig moet zijn. Er mag geen sprake zijn van overheersing van één of enkele vegetatietypen of vegetatiezones. Dat gegeven wordt hierna ontwikkeld als Maatlat voor kwelder-kwaliteit.

Tabel 4.1 Zone-indeling internationale Waddenzee (Salt97, De Jong et al., 1998).

SALT97-code	Zone	Ondergrens	Bovengrens
1 (10,11,12)	pionier Habitatype 1310	40-20 cm onder GHW dagelijks overspoeld	lage kwelder
2 (21,22)	lage kwelder Habitatype 1330	GHW tot GHW+15 cm overspoelingsfrequentie/jaar: < 300-150	midden kwelder
3 (31,32,33)	midden kwelder Habitatype 1330	GHW+30 cm – GHW+40 cm overspoelingsfrequentie/jaar: < 100-70	hoge kwelder
4 (41,42)	hoge kwelder (en zomerpolder) Habitatype 1330	GHW+70 cm overspoelingsfrequentie/jaar: < 30-20	opslibbing tot overspoelings- frequentie/jaar < 5 of geleidelijke overgang naar duinen, duinvalleien of strandvlaktes

4.3.2 Verdeling vegetatiezones in kwelders en schorren

Binnen een kwelder speelt slechts een beperkt aantal plantensoorten een rol, die daarbij voor een deel voornamelijk in bepaalde vegetatietypen domineren. Daarom wordt er bij de ontwikkeling van een kwaliteitsmaatlat niet gewerkt met plantensoorten, maar met de vegetatiezones pionier, laag, midden en hoog. De pionierzone moet wel voldoen aan een minimale bedekking door Zeekraal van 5% en de lage kwelder begint bij een minimale bedekking door Kweldergras van 5%. Daarnaast worden een brakke zone en twee climax-vegetaties onderscheiden, climax Riet (in brakke gebieden) en climax Zeekweek of Kweek (in zoute resp. brakke gebieden). De arealen van de vegetatiezones zijn door RWS-DID voor ZW-Nederland en voor de Waddenzee berekend op basis van de vegetatie-indeling Salt97 (De Jong et al., 1998; Dijkema et al., 2005). De arealen zijn berekend op basis van het netto areaal dat een zone inneemt. Dat wil zeggen als in een bepaald kaartdeel twee zones voorkomen met bijvoorbeeld resp. 40 en 60% dan wordt het oppervlak van dat kaartdeel naar deze verdeelsleutel verdeeld over de aanwezige zones. Bijvoorbeeld: in een gebied van 1,5 ha komt 40% zone 1 en 60% zone 2 voor, dan krijgt in de berekening zone 1 een oppervlak van 0,6 ha (=40% van 1,5 ha) en zone 2 een oppervlak van 0,9 ha (=60% van 1,5 ha).

De climax-vegetaties kunnen sterk gaan domineren als een kwelder of schor in zijn eindfase komt en leveren soortenarme systemen op. Dominantie van dergelijke climax-vegetaties in een gebied of watersysteem is vanuit natuurbeheer niet gewenst (Storm 1999, Esselink 2000, Dijkema et al., 2001). Beweiding kan de ontwikkeling van een climax-vegetatie uitstellen (in geval van ganzen en hazen) of kan die zelfs tegengaan (door landbouwhuisdieren). Te intensieve beweiding kan een kwelder/schor daarentegen in een jong stadium met weinig soorten houden, waardoor een kwelder zich niet op de natuurlijke manier kan ontwikkelen. De economische ontwikkeling in de landbouw heeft echter geleid tot een afnemende beweiding van de kwelderwerken. Gezien de leeftijd en de hoogte van het merendeel van deze vastelandskwelders heeft deze ontwikkeling de afgelopen ca. 30 jaar geleid tot een sterke uitbreiding van eenzijdige vegetaties met Zeekweek. De gevarieerde zoutplantenvegetatie van de kwelders verdwijnt. Zonder verandering in beheer is de verwachting dat deze trend doorzet (Dijkema et al., 2004). Dit was de aanleiding om in de kwelderwerken in 2007 te starten met twee Waddenfondsprojecten: het Groninger Kwelderherstelplan (aangevraagd door Stichting Het Groninger Landschap en de Vereniging van Oevereigenaren en Gebruikers i.s.m. IMARES) en het beweidingsonderzoek Noord-Friesland Buitendijks (aangevraagd door It Fryske Gea i.s.m. de Rijksuniversiteit Groningen).

In Figuur 4.2 is een overzicht van het aandeel van de diverse zones per (deel)waterlichaam in twee tijdvakken weergegeven¹. Enkele opvallende conclusies voor de Waddenzeekwelders zijn:

1. Enerzijds blijkt de verdeling van de vegetatiezones zeer gevarieerd te zijn. Voor bepaalde kwelders/schorren, zoals de oostelijke Waddenzee, neemt de biodiversiteit in vegetatiezones in de loop der tijd zelfs toe.
2. Anderzijds neemt op diverse kwelders/schorren het areaal climax-vegetatie in de karterperiode toe (geldt voor Zeekweek op vrijwel alle locaties). Enkele opmerkingen:
 - Op de Waddeneilanden neemt de climax-vegetatie met Zeekweek op Terschelling gering toe, op Rottumerplaat en Schiermonnikoog neemt Zeekweek fors toe. Oorzaak is autonome successie en het grotendeels ontbreken van beweiding.
 - Ameland is het enige waddeneiland met een geringe afname van Zeekweek. Dit is een bevestiging van het vermoeden 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 afname van beweiding.
3. Landelijk gezien staat de pionierzone er ongunstig voor, maar dat 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.

Binnen een (deel)waterlichaam kan een bepaalde kwelder vooral in de beginfase of juist vooral in de eindfase zijn. Maar binnen een (deel)waterlichaam als geheel moeten de onderscheiden vegetatiezones pionier/laag/midden/hoog alle op redelijk evenwichtige wijze voorkomen, terwijl de climaxvegetaties juist niet te veel mogen voorkomen. Dit kan ook worden teruggevonden in de functie-eis over kwaliteit in het InstandhoudingsPlan (IHP) Kwelderwerken van Rijkswaterstaat District Waddenzee. Het IHP is een uitwerking van het Beheerplan Waddenzee².

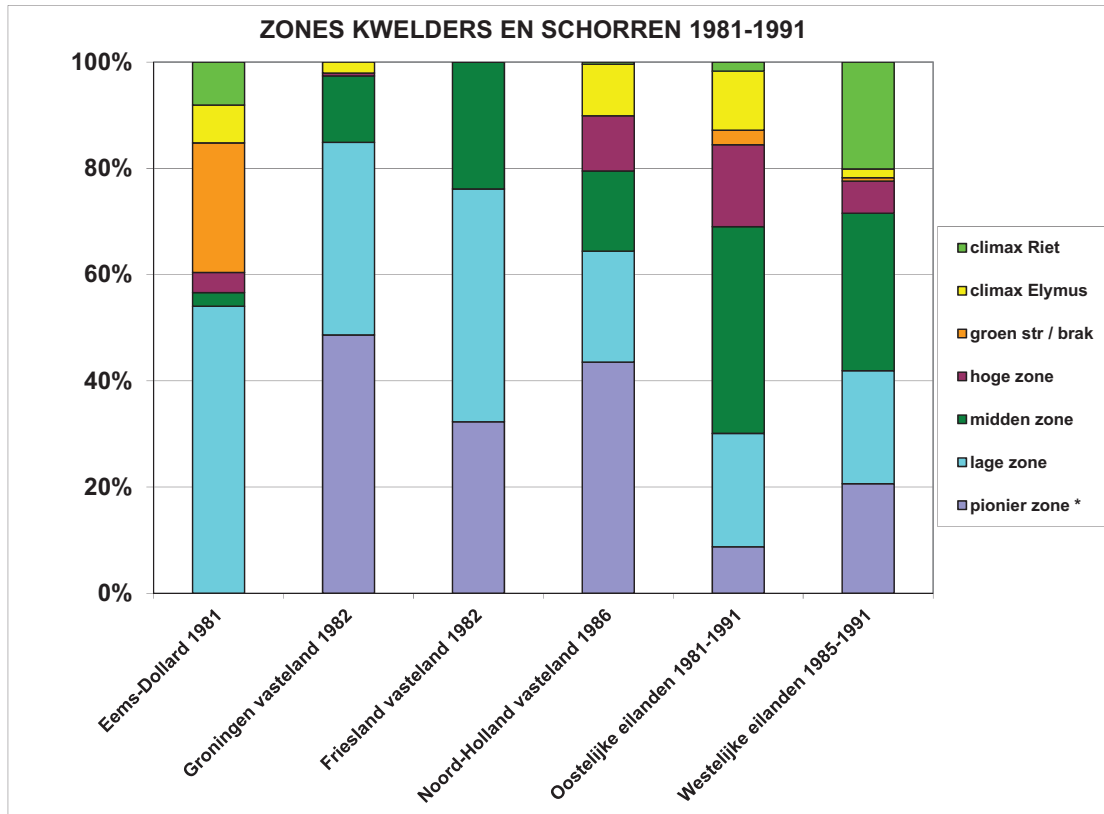
De verschillende vegetatiezones zijn gerelateerd aan een bepaalde hoogtelijn en dus overstromingsfrequentie. Aangenomen wordt dat er een breekpunt in dat "natuurtype" optreedt wanneer het bodemniveau van een deel van een bepaalde zone onder het laagste niveau komt te liggen waarop de voor die zone karakteristieke plantensoort nog voorkomt. Indien het bodemniveau onder deze grens komt te liggen wordt aangenomen dat de vegetatie wordt vervangen door de dominante soorten uit de zone die eronder ligt. Als dergelijke verschuivingen (regressie) tussen kwelderzones plaatsvinden, hoeft dat niet per se nadelig te zijn. Het kan ook als dynamiek binnen het systeem worden gezien. Er kunnen zich echter twee situaties voordoen die als ongewenst worden beschouwd:

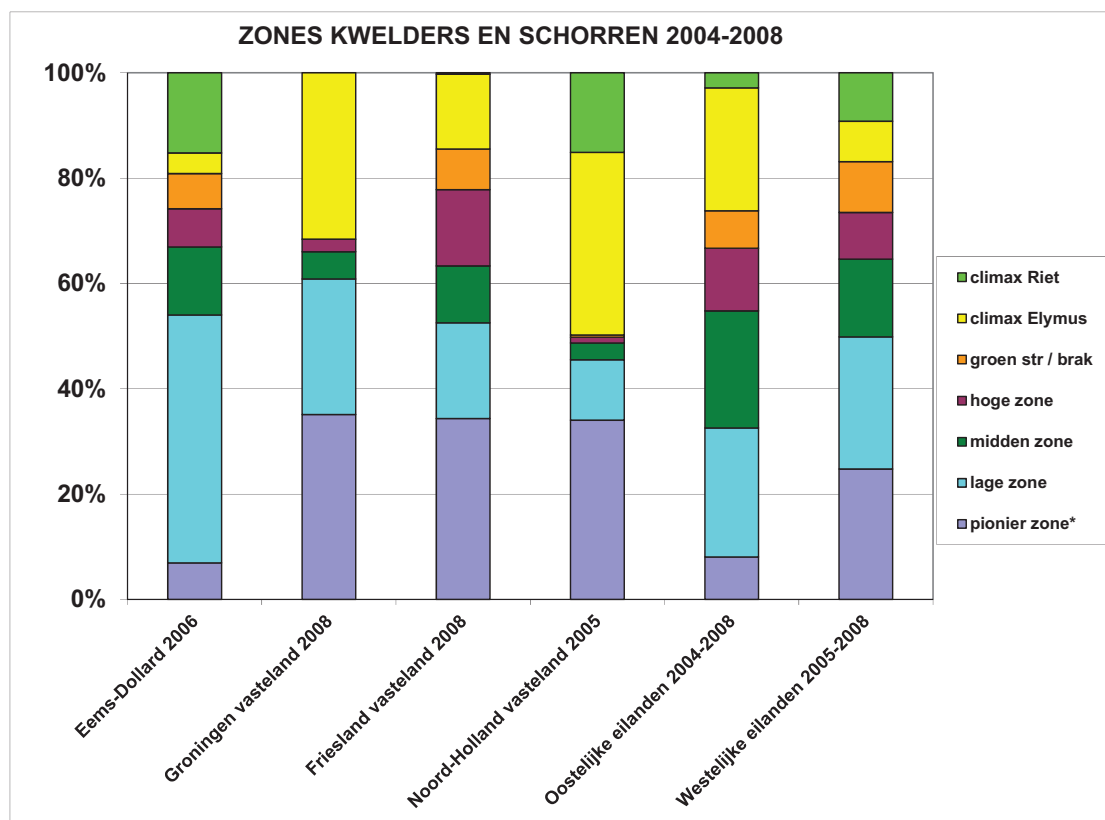
1. een teruggang van lage kwelder (met meerjarige, goed sediment vastleggende *Puccinellia*) naar pionierzone (met eenjarige, weinig sediment invangende *Salicornia*) of
2. een teruggang van pionierzone naar geheel onbegroeid wad.

¹ De karteringen vinden gespreid in de tijd plaats; daarom beslaat het eerste tijdvak de periode 1981-1991 en het tweede tijdvak de periode 2004-2008.

² Het Beheerplan Waddenzee 1996-2001, een gezamenlijk stuk van de drie bestuurslagen Rijk, provincie en gemeente, zegt over de biodiversiteit: "Het beheer van kweldervegetaties zal alleen door beweiding gebeuren. Het doel is een veelzijdige vegetatiestructuur met planten- en diersoorten die van nature in het waddengebied thuishoren. Er vindt geen beheer plaats ten behoeve van bepaalde soorten." Voor de kwelderwerken zijn deze resultaten door Rijkswaterstaat vertaald in een functie-eis: "Diversiteit in de vegetatiestructuur door beweiding (zo mogelijk in grote perceelseenheden) met afwisseling van intensief (ca. 35 %), matig (ca. 20 %), extensief (ca. 20 %) en onbeweide (ca. 25 %) gebieden. Gemiddeld is ca. 0,5 grootvee-eenheden per ha per provincie aanwezig, op het totaal van oude en jonge kwelders."

In het eerste geval vindt regressie plaats van een vrij stabiele naar een onstabiele kwetsbare situatie en in het tweede geval is geen sprake meer van kwelder of pionierzone.





Figuur 4.2 Overzicht van het procentuele aandeel van de diverse vegetatiezones en climax-vegetaties op de eilandkwelders en vastelandkwelders/schorren in de Waddenzee (methode Dijkema et al., 2005a). Op basis van vegetatiekaarten van RWS-DID in karteerjaren rond 1985 en rond 2005. (* pionierzone > 5 % bedekking: areaal langs Groninger en Friese vasteland van jaar op jaar extreem variabel)

4.4 Ontwateringssysteem

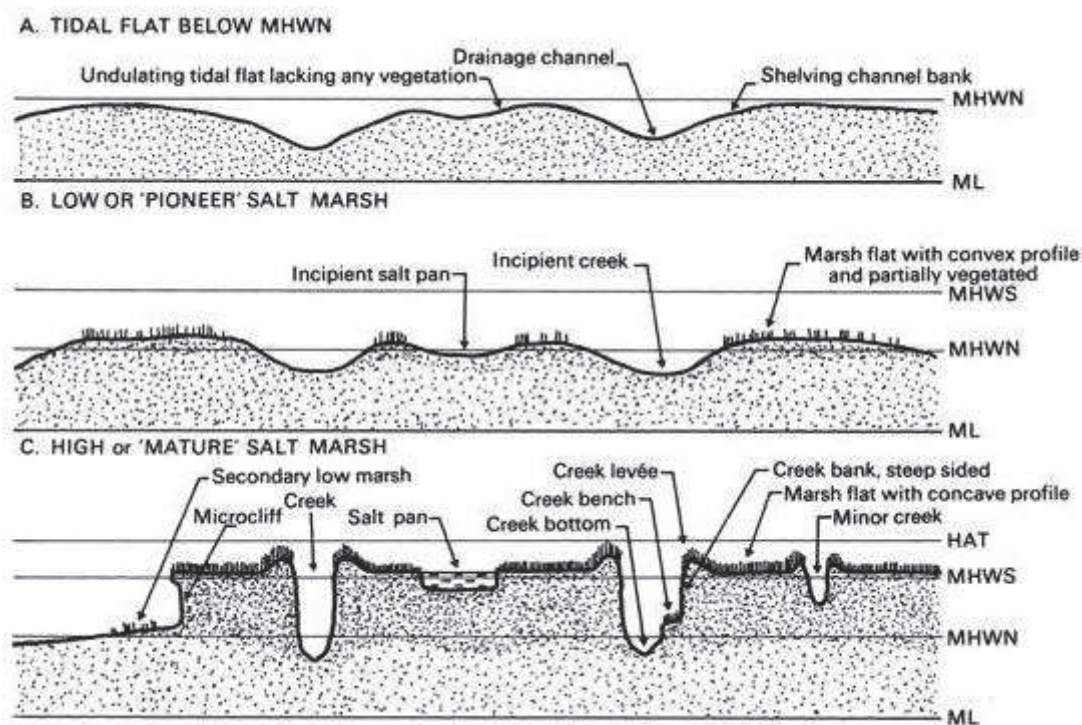
4.4.1 Krekens

In een natuurlijk systeem ontwikkelen de krekens zich gelijktijdig met de eerste vegetatie. 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 krekens" ontstaan. Volgens verschillende auteurs (o.a. Adam, 1990) stammen de grote elementen van het krekensysteem nog af van de slikken of wadplaten en zijn al vóór de pionierfase ontstaan (Figuur 4.5).

Het krekensysteem in een kwelder of schor is niet alleen belangrijk voor het transport van water, maar ook sediment en nutriënten worden door de krekens het gebied binnengebracht. Groei is dus niet alleen bepaald door de sedimentaanvoer vanuit zee, maar ook door de mogelijkheid voor tijdelijke opslag, mobilisatie en transport binnen het krekensysteem van een kwelder of schor.

Met toenemend gebiedsoppervlakte wordt de hoofdkreek langer en er ontstaan nieuwe krekens en steeds meer vertakkingen. Dat gebeurt vooral door terugschrijdende erosie in de kleine krekens 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 de kreek in stroomt.

Binnen de kreek 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 kreek. 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.



Figuur 4.3 Vorming van patronen van kreek, oeverwallen, kommen, plassen en kliffen in een schor (Long & Mason, 1983).

Binnen de kreek vinden dus zowel de processen van uitschuring als ook van afzetting plaats. Afhankelijk van welk proces overheerst kunnen kreekdichtslibben of insnijden en soms blijven ze onveranderd. Naarmate de kwelder of het schor zich verder ontwikkelt veranderen ook de geulprofielen. In de pionierzone zijn de kreek nog breed en ondiep, met de verdere ontwikkeling van kwelder/schor worden vooral de kleinere kreek dieper en nauwer. Het verloop, de vorm en de dichtheid van de kreek hangen af van de getijamplitude, de stroomsnelheden, het bodemtype van kwelder/schor en de kreekbodem en van de kwelder/schortopografie. Op kwelders en schorren met zandig sediment is de vertakkingsgraad niet groot. De cohesieve eigenschappen van schorsedimenten hebben tot gevolg dat daar de kreekprofielen trapeziumvormig of rechthoekig kunnen zijn.

Niet alleen de wijze waarop kreek zijn ontstaan is een belangrijke kwaliteitsparameter, maar ook de omvang van het ontwateringssysteem. In geval van de ontwatering hebben we meestal te maken met de situatie die het gevolg is van de ontstaansgeschiedenis van de kwelder. Een natuurlijke kwelder zal een natuurlijk, meanderend ontwateringssysteem hebben met kreek en prieltjes van diverse ordes (=grootte-classes). Een kwelder ontstaan door menselijk handelen, zal meestal een kunstmatig overgedimensioneerd ontwateringssysteem hebben met rechte geulen, sloten of greppels met een beperkt aantal grootte-classes (Reents, 1995). De kwaliteit van het natuurlijke type zal niet gauw verslechteren door een menselijke ingreep en die van het aangelegde type zal niet gauw verbeteren door een herhaalde menselijke ingreep. In een natuurlijke kwelder kan door het instorten van een door het water ondergraven kreekrand een kreek (tijdelijk) worden afgesloten. Op termijn zal het water echter

altijd weer de oude of een nieuwe route uitslijpen, waardoor de grilligheid van het ontwateringssysteem verder toeneemt. Een gegraven rechte geul zal echter niet, of op zeer lange termijn hooguit binnen de bestaande dimensies, gaan meanderen. Dit komt omdat de vorm bepaald wordt door een stevige, goed doorwortelde bovenlaag en gerijpte harde grond. De geul zal eerst geheel moeten verdwijnen van maaiveld tot de bodem van de geul waarna op een natuurlijke wijze een nieuwe kreek zou kunnen ontstaan. Dit zal echter alleen mogelijk zijn na een zeer ingrijpende activiteit waarbij vergaande erosie wordt toegestaan of de kwelder wordt afgegraven van maaiveld tot kreekbodem of lager (bv. bij een kleiput). Minder ingrijpende maatregelen, zoals getest in de krekkenproef (van Duin & Dijkema, 2003), bleken in sommige gevallen weliswaar een effect te hebben op de totale omvang van het ontwateringssysteem, maar de natuurlijkheid, het meanderen van de greppels en sloten, werd er niet door vergroot.

4.4.2 Poeltjes

Poeltjes komen in bijna alle kwelders voor. Er bestaan meerdere typen die door hun ontstaan gekarakteriseerd zijn (Yapp *et al.*, 1917; French *et al.*, 1990):

- De primaire poeltjes ontstaan gelijktijdig met de kwelder. Door de onregelmatige vestiging van vegetatie kunnen open gebleven plekken helemaal door een vegetatiedek worden omsloten, met het gevolg dat het water niet meer aflopen kan (ook Steers, 1959; Pstrong, 1965; Steers, 1977; Long & Mason, 1983). Deze poeltjesvorming gebeurt niet overal, volgens Adam (1990) zijn er pionierplanten (bijvoorbeeld *Salicornia*) die een gelijkmatige vegetatiebedekking vormen en die door krekken doorbroken kan worden.
- De secundaire poeltjes ontstaan eigenlijk op dezelfde manier als de primaire poeltjes, alleen zijn zij bestanddeel van de secundaire kwelder (na erosie opnieuw gevormde kwelder binnen een bestaande kwelder) en liggen tegen de kwelderrand aan, waar neerstortende brokken grond een laagte in kunnen sluiten.
- Kreek poeltjes ontstaan doordat krekken afgedamd worden: door laterale erosie, waarbij de neerstortende brokken de kreek afdammen, of door dichtslibbing van een kreekgedeelte kan de ontwatering geblokkeerd worden. Deze kreek poeltjes hebben meestal een lange vorm en liggen vaak in het verlengde van een kreek.
- Kleinere poeltjes kunnen de resten van grotere poeltjes zijn, die op de een of andere manier verbinding met krekken hebben gekregen en afwateren konden (bv. door de terugschrijdende erosie van krekken of door erosie van de poeltjesranden).

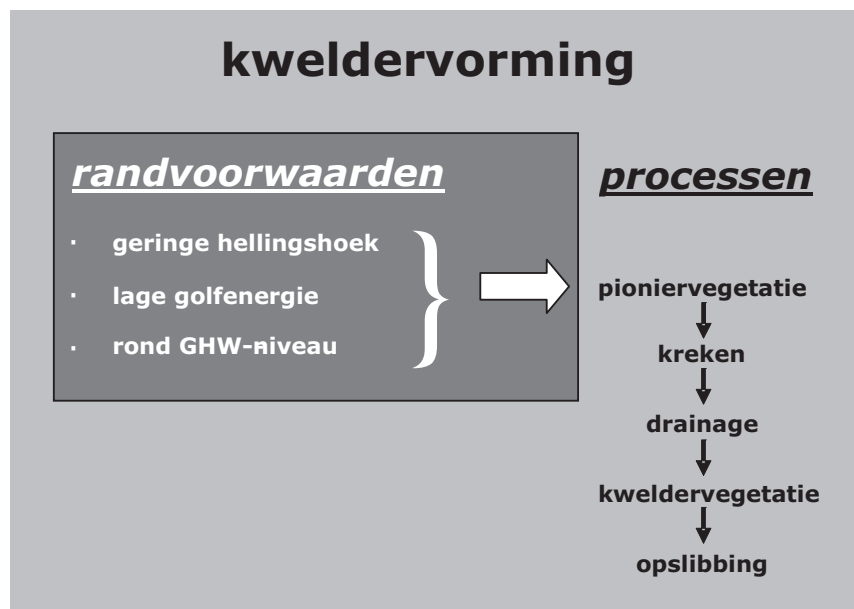
Ook op oude, min of meer stabiele kwelders kunnen nieuwe poeltjes ontstaan (Warming, 1904; Ranwell, 1964 en Pethick, 1974; alle in French *et al.*, 1990). Door het liggen blijven van aanspoelsel (vooral algen), door de invloed van dieren (betreding, foerageren), door ijs (hogere breedtegraden) of door hoge saliniteit over een lange periode sterft de vegetatie af en er ontstaan kale plekken. Als er gedurende langere tijd water op een kale plek blijft staan wordt herbegroeiing met vegetatie belet en ontstaat een poeltje. De dichtheid van poeltjes neemt met toenemende kwelderhoogte toe en de grootste hoeveelheid poeltjes ligt dicht bij de kwelderrand, waar ook het grootste gedeelte van het aanspoelsel ligt (Pethick, 1974 in French *et al.*, 1990).

Poeltjes blijven in stand doordat er gedurende lange tijd water in blijft staan. Door kleine windgolfjes kunnen de randen van de poeltjes eroderen, zodat de poeltjes groter worden. Als met hoge tijden water de poeltjes binnen stroomt, ontstaan wervels die de poeltjes een afgeronde vorm geven (Yapp *et al.*, 1917; Pstrong, 1965; Steers, 1977). Door ontwatering, het overgroeien van de randen en door de vorming van bulten binnen een poeltje kunnen deze kleiner worden of verdwijnen (Yapp *et al.*, 1917). Als een poeltje ontwatert dan kunnen zich weer planten vestigen en blijft er alleen maar een laagte over (Steers, 1959). Poeltjes kunnen dus in grootte toe- of afnemen, hun vorm en positie kan veranderen en uit een verbinding van meerdere kleine poeltjes kan een grote poel ontstaan (Yapp *et al.*, 1917).

4.5 Expositie en ligging

Kwelders ontstaan van nature op getijdenplaten met voldoende hoogte, met beschutting tegen golven en stroming en met voldoende aanvoer van sediment en plantendelen of zaden. In een wisselwerking tussen fysische en biologische processen (Figuur 4.4) kunnen wadplaten na vestiging van de eerste pionierplanten uitgroeien tot een met zoutplanten begroeide kwelder die boven gemiddeld hoogwater ligt en een bijbehorend geomorfologisch patroon van kreken, oeverwallen en kommen heeft. Deze zuiver natuurlijke aanwas van buitendijkse gronden is langs het vasteland een zeldzaam verschijnsel geworden, omdat er door de aanleg van rechte dijken weinig bochten en inhammen meer te vinden zijn waar de omstandigheden voor kweldervorming gunstig zijn.

De mate waarin een kust is blootgesteld aan wind, golven en stroomsnelheden is dus mede bepalend voor de kansen op kwelderontwikkeling. Een beschutte ligging met lage stroomsnelheden en weinig golven geven sediment de kans te bezinken. Bij een kronkelende kustlijn zijn er van nature baaien aanwezig waar dergelijke omstandigheden zich voordoen, net zo als in estuaria. In geval van bedijking is de kust meestal rechtgetrokken en zijn potentieel geschikte gebieden voor kwelderontwikkeling alleen nog achter een (strek)dam te vinden. Bij de kwelderwerken is daar optimaal gebruik van gemaakt (zie bv. Dijkema *et al.*, 2001). Door de rijshoutdammen zijn kunstmatig beschutte omstandigheden gecreëerd om een optimale sedimentatie te bewerkstelligen. Doordat de ontwatering in de kwelderwerken ook geoptimaliseerd werd kon de pionier- en kwelderontwikkeling zelfs al enkele decimeters onder GHW beginnen, terwijl de vegetatieontwikkeling in natuurlijke kwelders meestal rond GHW begint.



Figuur 4.4 Randvoorwaarden en processen bij kwelderontwikkeling.

4.6 Sturing kwaliteitsparameters via beheer

Hoewel dit rapport zich bezig houdt met potentiële locaties voor kwelderontwikkeling is het goed nu ook al te beseffen dat in de toekomst beheer nodig kan zijn, omdat een kwelder bij een opslibbing die de zeespiegelstijging overtreft een vegetatiesuccessie zal vertonen die eindigt bij het climaxstadium. De dijk als harde grens van een kwelder of schor en de daardoor vaak beperkte mogelijkheden voor dynamiek, de huidige autonome ontwikkeling van kwelders richting climaxvegetatie en de beleidsdoelen (zoals natuurlijkheid en biodiversiteit) zijn belangrijke aspecten die het noodzakelijk maken te sturen in ontwikkeling van kwelders. In sommige kwelders is het eenvoudig aan te geven hoe er gestuurd kan worden in de kwaliteit en is dit ook makkelijk te realiseren. In andere kwelders liggen de zaken gecompliceerder, omdat het oorspronkelijke beleidsdoel voor het gebied in de loop der jaren veranderd is en doelen niet altijd eenvoudig in elkaar zijn om te zetten. Bijvoorbeeld: bij de aanleg van de kwelderwerken was landaanwinning ten behoeve van de landbouw het doel en niet kwelderareaal of -kwaliteit.

4.6.1 Ontwateringssysteem

Een kwelder heeft bij voorkeur een natuurlijk ontwateringssysteem. In kwelders met een aangelegd ontwateringssysteem wordt er tegenwoordig naar gestreefd dat natuurlijker te maken (beleidsdoel en trilateraal doel), o.a. door het achterwege laten van grondwerk (greppelen). Dit tweede type kwelder (half-natuurlijk) maakt een groot deel uit van de kwelders in de Waddenzee en is daardoor zeer belangrijk voor het totale areaal.

4.6.2 Vegetatiezones

Een kwelder bestaat bij voorkeur uit alle mogelijke vegetatiezones om daarmee een zo groot mogelijke biodiversiteit te hebben. Door de variatie in vegetatie worden kwelders namelijk ook aantrekkelijker voor vele ongewervelden en vogels (foerageer-, rust-, en broedgebied). Door autonome ontwikkeling treedt er echter op de meeste kwelders successie op die tot gevolg heeft dat er een verschuiving optreedt naar een steeds groter wordend aandeel Zeekweek (het climax-stadium). Dit wordt ook wel veroudering genoemd. Een kwelder met voornamelijk Zeekweek is nog steeds een kwelder, maar de kwaliteit wordt als laag beschouwd doordat de biodiversiteit en het aantal functies is afgenomen. Daarom wordt er naar gestreefd de variatie in vegetatiezones (en daarmee biodiversiteit) te behouden of te vergroten (beleidsdoel, trilateraal doel). Het eenvoudigste is dit te realiseren door beweiding. Ondanks beweiding blijft de maaiveldhoogte echter toenemen door opslibbing. Als de beweiding zou stoppen zou de vegetatie die bij de betreffende maaiveldhoogte en ontwateringstoestand hoort snel terugkeren. "Het beleidsdoel is een veelzijdige vegetatiestructuur met planten- en diersoorten die van nature in het waddengebied thuishoren. Er vindt geen beheer plaats ten behoeve van bepaalde soorten." Voor de kwelderwerken zijn deze resultaten door Rijkswaterstaat vertaald in een functie-eis: "Diversiteit in de vegetatiestructuur door beweiding (zo mogelijk in grote perceeleenheden) met afwisseling van intensief (ca. 35 %), matig (ca. 20 %), extensief (ca. 20 %) en onbeweide (ca. 25 %) gebieden ³."

³ Door de TMAP salt marsh groep is de intensiteit van de beweiding gedefinieerd op basis van de structuur van de vegetatie (Bakker *et al.* 2005a): "The terms 'no grazing', 'moderate grazing', 'intensive grazing' and 'cutting' are defined by the canopy of the vegetation and its heterogeneity, and thus describe the real grazing situation of a certain area irrespective of the stocking density, namely:

- intensive grazing = overall short sward;
- moderate grazing = pattern of low sward and tall canopy;
- no grazing = overall tall canopy."

Gemiddeld is ca. 0,5 grootvee-eenheden (GVE) per ha per provincie aanwezig, op het totaal van oude en jonge kwelders.”

Vooraf bij dit kwaliteitsaspect speelt ook de schaal een rol. De vraag is namelijk of het streven is om elke kwelder “optimaal” te hebben of dat de kwaliteit regionaal, per (deel)waterlichaam of op nog grotere schaal wordt bekeken. Beschikbaarheid van geschikt vee en beheervergoedingen zijn zaken die hier ook nog doorheen spelen.

4.6.3 Cyclisch beheer en verjonging

Door autonome ontwikkeling vindt in de huidige situatie binnen de kwelderwerken veroudering van kwelders plaats: door opslibbing verdwijnt de lage kwelder ten gunste van de midden kwelder die uiteindelijk voor een groot deel begroeid raakt met Zeekweek. Beweiding kan deze uniforme begroeiing terugdringen en er voor zorgen dat de biodiversiteit verhoogd wordt. Hiermee kan echter niet voorkomen worden dat de ophoging van het maaiveld doorgaat en daarmee in feite ook de veroudering van de kwelder. Voor ongewervelden en vogels (ganzen en broedvogels) is het effect van deze autonome ontwikkeling voornamelijk afhankelijk van het gevoerde beweidingsbeheer.

Vanwege het idee om verjonging van de Friese kwelderwerken door maaiveldverlaging te bewerkstelligen is in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Noord-Nederland een verkenning uitgevoerd waarin twee (cyclische) beheermethodes zijn onderzocht op hun mogelijkheden (Van Duin *et al.*, 2007):

1. **Cyclisch dammenbeheer:** dit houdt in dat een periode van damonderhoud wordt afgewisseld met een bepaalde periode waarin geen onderhoud aan de rijshoutdammen plaatsvindt. Zonder onderhoud neemt de beschermende werking of verdwijnt zelfs helemaal. Als gevolg daarvan vindt vanaf de wadkant erosie plaats. In de pionierzone en lage kwelder gaat de erosie snel, maar erosie van de dichter bij de zeedijk gelegen midden kwelder (waar verjonging van de vegetatie het beoogde doel is) vindt nauwelijks plaats. Doordat de bodem van deze vegetatiezone goed gerijpt is, gaat eroderen namelijk zeer langzaam (geschat op maximaal 0.5 m per jaar). Voor verjonging van de midden kwelder lijkt deze methode dus hooguit toepasbaar als aan de zeer lange termijn (eeuwen) wordt gedacht. Cyclisch beheer (het “toestaan” van periodes van groei en erosie) van lage kwelders door cyclisch dammenbeheer lijkt op zich beter mogelijk, maar zelfs dan is het nodig

De juiste veebezetting bij de gewenste structuur is afhankelijk van de de ontwatering, het kleigehalte, het weer en de maaiveldhoogte. Onderstaande tabel 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. Uit onderstaande Tabel I blijkt dat het advies van Arcadis uit 2006 (0,8 – 1,5 GVE per ha) overeenkomt met intensief beweidde kwelders. Elk advies voor één type beweiding is onjuist, bij mozaïekbeheer behoren alle beweidings-categorieën vertegenwoordigd te zijn.

Beweidingsklassen in de internationale Waddenzee (Dijkema, 1983) en in het beheerplan voor Noard Fryslân Bûtendyks (Jager & Rintjema, 2003). De standaardnormen ten aanzien van GVE : melkkoe, kalfkoe, paard of pony = 1 GVE; Kalf (< 1 jaar) = 0.25 GVE; pink of hokkeling = 0.5 GVE; schaap (inclusief lam tot 25 kg) = 0.125 GVE.

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

om met een lange tijdschaal rekening te houden. Als bijvoorbeeld de dammen 20 jaar na stoppen van het damonderhoud weer worden hersteld, begint de aanwas van de pionierzone reeds na enkele jaren, maar de lage kwelder heeft veel meer tijd nodig (ca. 100 jaar) om te herstellen. Desalniettemin is er bij deze vorm van beheer gemiddeld tijdens de erosie en herstelperiode een groter aandeel van wad, pionierzone en lage kwelder dan onder een autonome ontwikkeling (dus zonder cyclisch beheer). De vogelsoorten, die bij deze jonge zones horen, zullen daardoor bij cyclisch dammenbeheer in theorie gemiddeld ook talrijker zijn dan bij een autonome ontwikkeling.

2. **Kleiputten:** dit houdt in dat de verzuigde door Zeekweek gedomineerde midden kwelder over een bepaald oppervlak afgegraven wordt tot onder het niveau van de daar aanwezige geulen. Via contact met een bestaande geul vindt water en sedimentaanvoer plaats, zodat door opslibbing het gebied, via wad, pionierzone en lage kwelder na ca. 50 jaar weer tot midden kwelder wordt. Daarmee dragen kleiputten tijdelijk bij aan het beoogde doel om de (Friese) kwelderwerken te verjongen. De ingreep is goed stuurbaar en draagt ook bij aan de verhoging van de natuurlijkheid door het natuurlijker krekenpatroon. Daarnaast is er echter ook sprake van een enigszins kunstmatig karakter door een afwijkende ruimtelijke configuratie. De aard van het gecreëerde habitat, meestal vlak bij de zeedijk, is voor vogels niet per definitie identiek aan vergelijkbaar habitat op grotere afstand van de zeedijk. Een ander aandachtspunt bij kleiputten is het vrijkomen van de hoeveelheden materiaal bij afgraven. Als er geen (lokale) toepassing voor de klei is (bv. voor vluchtroutes voor vee, aanleg van een dobbe of voor dijkverhoging of dijkverbreding) wordt deze optie met name financieel minder aantrekkelijk, omdat de klei dan afgevoerd moet worden.

4.7 Regelgeving en afspraken

4.7.1 Natura 2000

In Nederland worden kwelders beschermd onder de Natuurbeschermingswet, 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 is bezig om voor deze gebieden beheerplannen op te stellen. Samengevat zijn de doelen voor kwelders en schorren:

- Voor de pionierzone en de kwelders in de Waddenzee behoud van oppervlakte en kwaliteit.
- 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 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."

De bijlage van het Natura 2000-doelendocument geeft een beoordeling:

- Het habitattype zilte pionierbegroeiingen komt wijd verspreid voor langs de Europese kusten, maar meestal in kleine oppervlakten. De aanzienlijke oppervlakte van het habitattype 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).

4.7.2 PKB-Waddenzee

De Planologische Kernbeslissing Waddenzee (PKB) is richtinggevend voor het ruimtelijk beleid van het rijk, de provincies en gemeenten en voor de internationale samenwerking. De uitgangspunten 1, 2 en 3 komen uit "Ontwikkeling van de wadden voor natuur en mens"; de punten 4-7 uit "Nota van Toelichting" (PKB3 Deel 4, 2007, tekst na parlementaire instemming):

1. Ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee:

- De Waddenzee is primair een natuurgebied en een uniek open landschap.
- De natuurlijke dynamiek van de fysische processen in de Waddenzee, op de Waddeneilanden en in de Noordzeekustzone wordt zo min mogelijk beperkt, zodat zich nieuwe platen, geulen en jonge duin- en kustgebieden kunnen ontwikkelen.
- Het areaal meer natuurlijke kwelders is vergroot.
- De veiligheid tegen overstroming is duurzaam gehandhaafd. De primaire waterkering blijft voldoen aan de eisen van de Wet op de waterkering.

2. 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.
- 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.

3. Ruimte voor menselijke activiteiten:

- Er worden geen concessies verleend voor inpolderingen van (delen van) de Waddenzee.
- Menselijke ingrepen gericht op de waarborging van de veiligheid voor de bewoners en gebruikers van het waddengebied zijn in beginsel toegestaan.

4. Doelstellingen getijdengebieden:

- een natuurlijke dynamische situatie in het getijdengebied;
- een groter areaal aan geomorfologisch en biologisch ongestoorde droogvallende en permanent onder water staande gebieden;
- een groter areaal aan, en een meer natuurlijke verspreiding en ontwikkeling van mosselbanken, Sabellariariffen en zeegrasvelden.

5. Doelstellingen kwelders:

- een groter areaal aan natuurlijke kwelders;
- een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek;
- een verbeterde vegetatiestructuur.

6. Doelstellingen veiligheid:

- In een land als Nederland mag de beveiliging tegen hoogwater van de Noordzee nooit uit het oog worden verloren. Veiligheid is voor de bewoonde gebieden een essentiële randvoorwaarde.
- Vergroting van de veiligheid tegen hoogwater vergt meer veerkracht in het kustgebied. Een belangrijke strategie daarvoor is kustverbreding, die ertoe bijdraagt dat beter gebruik kan worden gemaakt van natuurlijke processen (aangroeien en afhalen/afkalven van de kustlijn).

7. Ontwikkelingsperspectief voor de Waddenzee - Natuurherstel en ontwikkeling:

- Op een groot aantal punten gaat het de laatste decennia goed met de natuur van de Waddenzee. In vergelijking met langer geleden (vóór aanleg van de Afsluitdijk) is de Waddenzee echter een incompleet ecosysteem met een niet optimale biodiversiteit. Door de aanleg van dijken, de afsluiting van de Zuiderzee en de Lauwerszee en de vastlegging van de basiskustlijn is weliswaar de veiligheid verbeterd, maar is de veerkracht van het ecosysteem verminderd. Het overgrote deel van de natuurlijke zoet-zoutovergangen is daarmee verloren gegaan. Voorts is in de loop van de tijd de kwaliteit van het kwelderareaal afgenomen. Deze ontwikkelingen zijn ten koste gegaan van de diversiteit en kwaliteit van flora en fauna.

- Het kabinet kiest daarom voor verbetering van veerkracht en biodiversiteit door actief te investeren in de natuur van de Waddenzee. Het kabinet denkt daarbij onder meer aan vergroting van het kwelderareaal, herstel van geleidelijke en volwaardige zoet-zoutovergangen, vismigratiemogelijkheden tussen zoet- en zoutwater en het creëren van binnendijkse vogelrustru- en foerageergebieden in het waddengebied.

4.7.3 *Beheer- en Ontwikkelingsplan Waddengebied*

Het Regionaal College Waddengebied (RCW) werkt in opdracht van het rijk aan een Beheer- en Ontwikkelingsplan voor het Waddengebied. In het B&O-plan worden de voornemens en doelen uit de PKB Waddenzee geconcretiseerd en gecombineerd met beleid van de regionale overheden, met de invulling van Natura 2000 en van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Het gehele B&O-plan zal bestaan uit drie delen:

- A. De uitwerking van de opgaven, de koers, en de weg waarlangs ze bereikt moeten worden.
- B. Beheerplannen op basis van Natura 2000, Kaderrichtlijn Water en Convenant vaarrecreatie.
- C. Maatregelenplan met concrete projecten voor het stimuleren van ecologie en sociaal-economische ontwikkeling.

Deel A zegt over kwelders:

Kansen - De kansen liggen in de eerste plaats in de notie dat een robuust waddenecosysteem, dat wordt gekenmerkt door natuurlijke processen en biodiversiteit, tegen een stootje kan en zo een duurzame basis biedt voor economische activiteiten. Daartoe zal het natuurlijk functionerende kwelderareaal worden vergroot door stelselmatig processen te bevorderen en ingrepen te verrichten. Voorts biedt de verjonging van duinen en kwelders de mogelijkheid om het areaal en de biodiversiteit van deze systemen op de langere duur te waarborgen en in te spelen op klimaatverandering. Met de vinger aan de pols en in nauwe samenwerking met de waterkeringbeheerders kunnen we de kennis over het toelaten van dynamiek toepassen. Uiteindelijk kan de dynamiek samen met toevoegingen aan de hoeveelheid zand in het duinsysteem, bijdragen aan de versterking van de kust en daardoor aan de veiligheid van de bewoners. Kansen liggen er verder in de synergie die er zijn met andere thema's: toerisme, visserij en landbouw.

De koers - In het duin- en kwelderbeheer worden natuurlijke processen benut. Door gebruik te maken van de natuurlijke dynamische processen wordt de verjonging en versterking van duinsystemen en het herstel van kwelders gerealiseerd. De ideeën voor herstel van de natuurlijke dynamiek op onbewoonde uiteinden van de eilanden moeten eerst worden uitgewerkt. Terreinbeherende instanties zullen hierin, samen met andere betrokkenen, zoals bewoners en andere RCW-partners, het initiatief nemen. Voor de kwelders wordt door de eigenaren en beheerders een vernieuwend herstelprogramma ontwikkeld. Hier horen ook de projecten tot verkweldering van voormalige landaanwinningswerken tot meer natuurlijke kwelders aan de vastelandszijde bij. De eilandkwelders worden waar nodig en passend binnen natuurdoelstellingen, hersteld.

4.7.4 *Trilaterale Targets en Tmap-monitoring*

Zowel door de Europese Commissie als bij de laatste Trilaterale Regeringsconferentie op Sylt (2010) wordt als toekomstige richting aangegeven dat het ecosysteem centraal moet staan en niet alleen in stand gehouden, maar ook versterkt moet worden. Binnen de huidige wet- en regelgeving werkt Nederland vanaf 1978 samen met Duitsland en Denemarken aan de bescherming en het behoud van de Waddenzee, vanuit de 'Trilateral Wadden Sea Cooperation'. In 1997 is het Trilaterale Waddenzee Plan opgesteld (Common Wadden Sea Secretariat, 1998). De doelstellingen van het Trilaterale Waddenzee Plan is zijn nader beschreven als "ecotargets". Deze *ecotargets* zijn beschreven voor verschillende deelsystemen:

Kwelders

- *Een groter areaal aan natuurlijke kwelders.*
- *Een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek, waaronder natuurlijke afwateringspatronen van kunstmatige kwelders, op voorwaarde dat de huidige oppervlakte niet wordt verkleind.*
- *Een verbeterde natuurlijke vegetatiestructuur van kunstmatige kwelders, inclusief de pionierzone.*
- *Gunstige omstandigheden voor alle typische soorten (waaronder ook trekkende en broedende vogels).*

Getijdegebied

- *Een natuurlijke dynamische situatie in het getijdegebied.*
- *Een groter areaal aan geomorfologisch en biologisch ongestoorde droogvallende en permanent onder water staande gebieden.*
- *Gunstige omstandigheden voor trekkende en broedende vogels.*

Estuaria

- *Bescherming van waardevolle delen van de estuaria.*

Kustwateren

- *Een grotere natuurlijke morfologie, onder meer in de buitendelta's tussen de eilanden.*
- *Een goede voedselvoorraad voor vogels.*

Vogels

- *Gunstige omstandigheden voor trekkende en broedende vogels:*
- *een goede beschikbaarheid van voedsel;*
- *een natuurlijk broedsucces;*
- *voldoende grote ongestoorde pleisterplaatsen en ruigebieden; natuurlijke vlucht-afstanden.*

Vanaf 1999 wordt door deskundigen in Trilaterale working groups om de 5 jaar een Quality Status Report (QSR) over de toestand van de Waddenzee geschreven, waarin o.a. de doelen worden getoetst. In het laatst verschenen QSR (Esselink *et al.*, 2009) staat een aantal aanbevelingen met betrekking tot de kwaliteit van kwelders (al dan niet te bereiken via beheermaatregelen):

- *The development of naturally protruding salt marshes is best guaranteed by leaving the geomorphology of both the growing marsh and the adjacent intertidal mudflats undisturbed.*
- *In order to allow natural creek systems to develop in sedimentation fields which are maintained to create new salt marsh for coastal defence, it is advised to refrain from any groundwork in these sites.*
- *The size of mainland salt marshes can be restored by de-embankment of summerpolders.*
- *Wide salt marshes have a higher conservation value than narrow marshes. A priority should be given to the preservation and restoration of wide salt marshes wherever this is attainable.*
- *A further diminishment of ditching in the artificial marshes is recommended.*
- *In order to prevent waterlogging at the foot of the seawall, ditching of salt marshes should be confined to this purpose only.*
- *Cliff erosion should be considered as a natural process in both natural and artificial salt marshes. It follows that cliff erosion should not automatically be interrupted by counter measures, but natural processes should be given space, especially in extended marshes.*
- *Future management should aim at rejuvenation of salt marshes and restoration of washover complexes on barrier islands through removal of artificial dune ridges.*

5. Randvoorwaarden

Op basis van de in hoofdstuk 4 behandelde kwantiteits- en kwaliteitsparameters zijn randvoorwaarden op te stellen waaraan een kwelder bij voorkeur hoort te voldoen. Samengevat kan worden gezegd dat een ideale natuurlijke kwelder voldoet aan de volgende typering:

1. Voldoende kwantiteit (kwelderareaal én voorland);
2. Voldoende kwaliteit (o.a. biodiversiteit, geomorfologie-> gelaagde opbouw);
3. Natuurlijk krekenspatroon;
4. Dynamisch (o.a. regelmatige overstromingen; ruimte voor erosie en aanwas), maar wel voldoende beschutting om bezinking van sediment mogelijk te maken;
5. Duurzaam (geen grote (herhaalde) ingrepen nodig voor behoud van kwantiteit en kwaliteit).

In dit hoofdstuk worden de bijbehorende abiotische en biotische randvoorwaarden uitgewerkt.

5.1 Kwantiteit/areaal

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 laten zijn. Beeftink (1984) en het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001) noemen voor dit doel een minimumareaal van 500 ha per (deel)waterlichaam. Slechts dan is de als volgt gedefinieerde potentiële biodiversiteit mogelijk:

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

5.2 Kwaliteit

Voor enkele kwelders rond de Waddenzee zijn (theoretische) ondergrenzen voor de hoogteligging t.o.v. NAP van vegetatiezones vastgesteld (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. *Ondergrens vegetatiezones in een aantal Waddenzeekwelders (cm+NAP) gecorrigeerd voor de GHW-trend en de bij de zones behorende minimale bedekking door Kweldergras (Puc) en Zeekraal (Sal).*

Vegetatiezone	Bedekking	Ameland ¹	Friesland midden ²	Groningen west ²	Peazemerlannen ³
Midden kwelder		146 (beweid) 136 (onbeweid)	135	136	129
Lage kwelder	Puc > 5%	121	122	114	116
Pre-lage kwelder	Puc < 5%	112	112	104	106
Pionierzone	Sal > 5%	86	90	80	84
Pre-pionier	Sal < 5%	82	64	59	58

¹⁾ Tabel 5.3 in Eysink *et al.* (1995)

²⁾ Tabel 4.6 en 4.7 in Dijkema *et al.* (1991)

³⁾ Berekend uit ²⁾ en gecorrigeerd voor 6 cm lager GHW

Zoutplanten groeien echter lang niet altijd op deze voornamelijk door overvloedingsfrequentie bepaalde ondergrens van hun zone (Van Duin *et al.*, 1997; Eysink *et al.*, 2000ab, 2005). In de Peazemerlannen groeit de vegetatie gemiddeld 40 cm boven de ondergrens.

De bepalende factor voor het type vegetatie is daar de ontwatering. De hoogteligging wordt minder bepalend als de ontwatering slecht is en/of zelfs stagnatie van water optreedt, zoals vaak in kommen het geval is. Door terugschrijdende erosie in kleine kreekjes vindt in kommen natuurlijke kreekvorming plaats. Zodra een kom daardoor ontwaterd wordt vindt snel successie plaats van de pionierzone naar de lage kwelderzone en verder. Naast de mate van ontwatering is beweiding eveneens sturend in het type vegetatie dat voorkomt. Vooral bij kommen kunnen de effecten daarvan soms bepalender zijn voor de vegetatiezonering dan de hoogteligging.

Verder zijn de jaar-op-jaar veranderingen in GHW van belang. Eén jaar met een verandering in GHW van 5-10 cm kan al tot een verschuiving van sommige plantensoorten leiden. Deze veranderingen vinden in hetzelfde jaar plaats bij een lager GHW en worden één of meer jaren vertraagd bij een hoger GHW (Beeftink, 1986, 1987). Ondertussen gaat de opslibbing door (Dijkema *et al.*, 1990). Ook een nat of droog groeiseizoen kan tijdelijke verschuivingen geven in de vegetatiesamenstelling.

De kwaliteits-referentie opgesteld voor de KRW (Dijkema *et al.*, 2005) geeft een aantal (natuur)grenzen voor de vegetatiezonering binnen kwelders en is gebaseerd op de volgende aannames:

1. 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%.
2. 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'.

Bij deze aannames is vooral uitgegaan van het handhaven van de biodiversiteit, maar daarbij moet ook in gedachten worden gehouden dat een kwelder(vegetatie) dynamisch is en er tijdelijke snelle veranderingen kunnen optreden. Het is daarom van groot belang juist ook de meerjarige trend in de gaten te houden en vooral daar het beheer of beleid op af te stellen.

Kwelders bevatten van nature krekens en poeltjes. Uit het onderzoek van Reents (1995) naar het ontwateringssysteem van de kwelderwerken, de kwelders langs de Friese en Groninger vastelandskust, en enkele natuurlijke referentiegebieden blijkt dat in alle natuurlijke kwelders ruim 90% kwelderoppervlakte en 10% kreekoppervlakte voorkomt. In de oorspronkelijke kwelderwerken is de verhouding kwelder:geulen gelijk aan 80% staat tot 20%. Verder is in dit onderzoek gekeken naar de aanwezigheid van poeltjes. In de best volgroeide natuurlijke kwelder (Stiffkey, UK) is het grootste aantal en oppervlakte aan poeltjes gemeten: ruim 6%. Maar de maximale afmeting van afzonderlijke poeltjes is daar met 10 x 10 m het kleinst (Tabel 5.2). In de kwelderwerken van de Dollard is de oppervlakte poeltjes na het stoppen van begroeiing in het slechtste geval nog onder de 8% gebleven (Zijlstra, 1993).

Aan de hand hiervan zijn voor de Kreekproef (Van Duin *et al.*, 2003) de volgende grenswaarden geformuleerd om aan te geven wanneer het criterium voor "niet meer aanvaardbaar" wordt overschreden:

- De kweldergrens mag (gemiddeld) niet meer opschuiven dan 100 m richting zeedijk. De totale oppervlakte aan natte/kale plekken mag niet meer bedragen dan 10 %.

- De grootte van afzonderlijke natte/kale plekken mag niet meer zijn dan 50 x 25 m, dan wel een maximale strijklengte van 80 m.

Tabel 5.2. Aandeel en maximale afmetingen van natte/kale plekken en poeltjes in de kwelderwerken en natuurlijke referentie-kwelders (Reents, 1995).

<i>Kwelderwerken</i>	<i>Totale oppervlakte (%)</i>	<i>Maximale afmeting (m)</i>	<i>Bijzonderheden</i>
Noordpolder (Groningen, NL)	0	0 x 0	
Julianapolder (Groningen, NL)	0	0 x 0	
<i>Referentiekwelders</i>			
Cappel (Dsl)	0,4	20 x 8	enkele grote kale/natte plekken
Elisabeth Außengroden (Dsl)	1,3	50 x 25	enkele grote kale/natte plekken
De Schorren (Texel, NL)	2,6	60 x 20	enkele grote kale/natte plekken
Stiffkey (UK)	6,1	10 x 10	veel kleine poeltjes

5.3 Samenvatting randvoorwaarden

Bovenstaande kan samengevat worden in algemene, abiotische en biotische randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een kwelder-vooroever:

1. *Areaal*: Een aaneengesloten stuk kwelder (minimaal 500 ha) scoort op ecologische, geomorfologische en beheertechnische punten beter dan versnipperde kleine stukjes kwelder. Indien mogelijk is een redelijk voorland aanwezig als golfbescherming en als potentiële sedimentbron.
2. *Uitgangshoogte*: Om kwaliteit en dynamiek mogelijk te maken mag de uitgangshoogte van de kwelder-vooroever niet te hoog zijn (= relatief laag successiestadium). Voor de pionierzone een uitgangshoogte van 20 (of max. 40) cm onder GHW en voor de lage kwelder vanaf ca. GHW.
3. *Hellingshoek*: De bestaande kwelders bevinden zich op locaties met verschillende omstandigheden en hebben een helling die meestal varieert tussen 1:50 en 1:500 (in de kwelderwerken in Friesland en Groningen echter tussen de 1:500 en 1:1000). Een helling van 1:100 zou bv. kunnen dienen als aanvangshelling voor een te ontwikkelen kwelder.
4. *De structuurkwaliteit van de bodem*: (o.a. gelaagdheid, voldoende organisch materiaal) speelt een rol bij de functionaliteit (o.a. drainage, biodiversiteit).
5. *Sedimentaervoer*: Er moet voldoende sedimentaervoer naar de kwelder zijn en mogelijkheden voor bezinking (opslibbing) om de zeespiegelstijging bij te houden (duurzaamheid).
6. *Sediment korrelgrootte*: Er zijn zowel zandige als kleiige kwelders. Een bovenlaag waarin niet alleen zand, maar ook fijn sediment (slib) aanwezig is biedt de beste vestigingsmogelijkheden (minder kans op uitspoelen) voor pioniervegetatie.
7. *Rustige omstandigheden* ten aanzien van golven en stroomsnelheden. Met name dwarsstroming dient vermeden te worden. Golven hebben echter ook een positieve werking ten aanzien van de aanvoer van sediment naar hoger in het profiel gelegen delen en moeten daarom ook niet te veel geremd worden.
8. *Ontwatering*: ontwikkelt in principe voldoende op natuurlijke wijze. Het eventueel stimuleren van ontwatering, bijvoorbeeld door het trekken van enkele (kronkelende) drainagegeulen, kan helpen om de kansen voor vestiging van pioniervegetatie te verhogen/versnellen.

9. *Vegetatie*: Zaden en/of vegetatieve delen komen vanzelf als er kwelders in de nabije omgeving zijn, zodat het niet noodzakelijk is om vegetatie te zaaien of planten.
10. *Streefbeeld*: Om duurzaamheid, kwantiteit en kwaliteit van de ontwikkelde kwelder-vooroever te kunnen toetsen en evalueren moet een duidelijk streefbeeld worden opgesteld. Daarbij moet ook het beheer meegenomen worden als uit te werken onderdeel (bv. mogelijkheden/geschiktheid voor beweiding, onderhoud kunstmatige structuren (bv. in geval van rijshoutdammen), werkstrook op dijk om bv. aanspoelsel van dijk te kunnen afvoeren).
11. *Kwaliteit*: Hoogteligging, ontwatering en beheer zijn bepalende factoren voor de kwaliteit en het type vegetatie. Daarnaast heeft een kwelder een driedimensionaal uiterlijk. Het is niet alleen maar een begroeide helling, maar bevat ook prielen, poeltjes, oeverwallen, kommen, kliffen en krekken.
12. *Habitatverlies*: het habitat dat door "gestimuleerde" kwelderontwikkeling verloren gaat geen unieke kenmerken binnen het betreffende habitattypen hebben (bv. precies het beste/enige mosselzaad- of zeegrasgebied).

In Tabel 5.3 zijn de belangrijkste (a)biotische parameters met de bijbehorende grenswaarden (soms minimum, soms maximum en soms slechts indicatie) uit hoofdstuk 4 en 5 samengevat.

Tabel 5.3. *Belangrijkste parameters met indicatie voor grenswaarden (indien mogelijk).*

<i>Parameter</i>	<i>Grenswaarde</i>
Areaal per kwelder	Het minimum areaal voor een levensvatbare kwelder met mogelijkheden voor voldoende biodiversiteit wordt geschat op 500 ha.
Bodemopbouw	Bij voorkeur zo natuurlijk mogelijke geomorfologie ontstaan door natuurlijke opslibbing.
Hellingshoek bij aanvang	Tussen 1:50 en 1:500
Uitgangshoogte	Pionierzone: vanaf 20-40 cm onder GHW; (lage) kwelder vanaf GHW
Sedimentsamenstelling	Mag variabele zand/klei verhouding hebben
Ligging	Er moet zoveel luwte zijn dat ook fijne sedimentdeeltjes kunnen bezinken
Ontwateringssysteem	Moet bij voorkeur op natuurlijke wijze zijn ontstaan (geomorfologie) en bestrijkt maximaal ca. 10% van kwelderoppervlak
Poeltjes	Maken deel uit van een natuurlijke kwelder; totaal oppervlak maximaal ca. 6% en maximale afmeting <1250 m ² en/of maximale strijklengte 80 m.
Klifranden	Vormen een natuurlijk onderdeel van een kwelder; erosie moet wel in evenwicht zijn met aangroei.
Vegetatie	Naburige kwelders kunnen voor aanvoer van zaden en vegetatieve delen zorgen
Ondergrens pionierzone	5% bedekking met Zeekraal
Ondergrens lage kwelder	5% bedekking met Kweldergras
Optimale verdeling habitattypen	H1310 ca. 5-25 % (met bedekking > 5%) en H1330 ca. 75%
Optimale verdeling vegetatiezones	Alle mogelijke zones moeten aanwezig zijn met een voorkomen van minimaal 5% en maximaal 40% (bij een totaal van 4 vegetatiezones) of 35% (bij een totaal van 5 vegetatiezones)

Climax stadia	Maximaal 50% areaal binnen de vegetatiezone waartoe ze behoren
Regressie vegetatie	Teruggang van hoge of midden kwelder naar lage kwelder is een waardevolle verjonging. Teruggang van lage kwelder naar pionierzone met Zeekraal of teruggang van pionierzone naar geheel onbegroeid wad is over het algemeen ongewenst. Een zekere dynamiek is soms echter wel gewenst, maar dan moeten deze twee vormen van regressie zeer goed gemonitord worden
Beweiding	Ter indicatie wordt hier een ooit door RWS voor de kwelderwerken opgestelde functie-eis weergegeven: Afwisseling van intensief (ca. 35 %), matig (ca. 20 %), extensief (ca. 20 %) en onbeweide (ca. 25 %) gebieden. Gemiddeld ca. 0,5 GVE per ha.

6. Conclusie

Als eerste stap in de afweging een kwelder/vooroever aan te leggen en in te grijpen in het verloop van de natuurlijke processen zou bekeken moeten worden of er aan één of meer van de volgende voorwaarden voldaan wordt (Dijkema *et al.*, 1986):

- de balans tussen de natuurlijke opbouw- en afbraakprocessen in de gehele Nederlandse Waddenzee is structureel verstoord (eventueel opdelen in west-oost-Dollard),
- de negatieve gevolgen van menselijk handelen op de natuur moeten gecompenseerd worden,
- het is noodzakelijk uit oogpunt van kustverdediging.

Indien deze zaken niet spelen is er geen directe aanleiding tot actief menselijk ingrijpen. Als wel aan één of meer van de voorwaarden voldaan wordt gaan de wettelijke en ecologische randvoorwaarden spelen.

Ontwikkeling van kwelders door middel van natuurbouw is in principe vrij eenvoudig. Vooral in de Verenigde Staten is deze methode dikwijls voor kwelders toegepast: grond werd afgegraven of opgebracht, kreken werden gegraven en soms werd zelfs vegetatie aangeplant (Van Oevelen *et al.*, 2000a, b). De interactie van abiotische en biotische processen, zoals bij een natuurlijke kwelderontwikkeling optreden, ontbreken echter. Een gebied waar grond kunstmatig is opgebracht en (pionier)vegetatie is aangeplant kan daarom niet een natuurlijke kwelder worden genoemd, maar hooguit een met kwelderplanten begroeide vooroever. Met deze '*building nature*'-methode kan in betrekkelijk kort tijdsbestek een areaal worden gerealiseerd met een ogenschijnlijk natuurlijke kwelderuitstraling, maar zonder de bijbehorende processen. Een geleidelijke en daardoor meer natuurlijke variant van natuurbouw beperkt zich tot het creëren van gunstige omstandigheden voor sedimentatie van *gebiedseigen* sediment. Natuurlijke processen zorgen vervolgens voor de verdere ontwikkeling (het *Building with Nature*-principe). De kwelderwerken langs het vasteland van Friesland en Groningen zijn een voorbeeld van ontstaan door het stimuleren van de geomorfologische en biologische processen. Ze worden daarom geaccepteerd als vervanging van de vastelandkwelders die zijn ingedijkt. Ze gelden als half-natuurlijk landschap. De beste vorm van natuurherstel in deze situatie is het terugdringen van de oorspronkelijke ingrepen (met name het grondwerk/greppelen).

Aanleg van kwelders door opspuiten of uitrijden van grond tot (ver) boven de GHW-lijn is geen goede optie: een hoop grond is geen kwelder, er is geen sedimenttekort voor vastelandkwelders en bovendien gaat aanleg ten koste van natuurlijke waardevolle wadplaten. De beste optie voor het uitbreiden van vastelandkwelders is ontpolderen/verkwelderen van zomerpolders. Daar is in 2001 een begin mee gemaakt in Noord-Fryslân Bûtendyks. Deze uitbreiding wordt gezien als compensatie voor in het verleden verloren gegaan kwelderareaal.

Op de Friese eilanden is het kwelderareaal momenteel groter dan in een natuurlijke situatie zonder stuifdijken mogelijk zou zijn. De processen van opbouw worden door de stuifdijken echter beperkt. Om op de eilanden iets te doen aan het herstel van jonge stadia (inclusief schelpenstrandjes) en iets aan grootschaliger opbouwprocessen als reactie op zeespiegelstijging, is een natuurlijker situatie met minder stuifdijken gewenst. Voor zover noodzakelijk kan deze trend worden ingezet in combinatie met zandsuppleties aan de Noordzeekant om het tekort aan zand aan te vullen.

Op Texel, Wieringen en in de kop van Noord-Holland zijn vrijwel alle mogelijke locaties voor (nieuwe) kwelders in het verleden bedijkt. Dijkema *et al.* (1986) noemen voor twee mogelijke locaties (De Schorren op Texel en bij Van Ewijcksluis) de voor- en nadelen van kunstmatige kweldervorming. Indien in de westelijke Waddenzee op andere plaatsen nieuwe kwelders gewenst zijn is uitpoldering de enige optie, maar hiervoor is weinig draagvlak onder de bevolking en in de politiek. Daarnaast biedt de Afsluitdijk als een van de weinige locaties in de Waddenzee mogelijkheden voor kwelderaanleg/-stimulatie die 'ecologisch verdedigbaar' is:

1. Er is in de huidige situatie een tekort aan kwelderareaal in de Westelijke Waddenzee in vergelijking met de Oostelijke Waddenzee en in vergelijking met een natuurlijke referentie in 1800. Er is een natuurlijke ontwikkeling gaande voorlangs het westelijke deel van de Afsluitdijk van hoger wordende sublitorale wadplaten. Daar zou (op lange termijn) kweldervorming kunnen plaatsvinden. Een ingreep gericht op het creëren van de juiste voorwaarden om de natuurlijke processen van kweldervorming in de tijd naar voren te halen zou daar om die redenen te billijken zijn. De kwelderontwikkeling zal een areaal opleveren dat voornamelijk bestaat uit H1140 aan de buitenzijde, overgaand in H1310 en H1330. Dit zal echter wel ten koste gaan van H1110.
2. Gezien de matig ongunstige staat van instandhouding van kwelders, de prioritaire kernopgaven van Natura 2000, de (internationale) doelstellingen met betrekking tot areaal en kwaliteit van kwelders en de natuurlijke sedimentatie van de Westelijke Waddenzee (o.a. Oost & Kleine Punte, 2003), past een kwelderontwikkeling voor de westelijke helft van de Afsluitdijk in een ecosysteem gerichte benadering van Natura 2000 en is een 'ten gunste van' bepaling, waarbij H1110 wordt opgeofferd ten gunste van andere typen, passend. Een voorbehoud dat hier wel bij gemaakt moet worden is dat H1110 ter plekke geen unieke kwaliteiten mag hebben (bv. aanwezigheid mosselbank) die in het grootste deel van het overige H1110 oppervlak ontbreken.
3. Een toets, rekening houdend met significante gevolgen op instandhoudings-doelstellingen, zal moeten plaatsvinden. De afname van H1110 is waarschijnlijk een significante afname in het licht van de instandhoudingsdoelstelling "behoud van oppervlakte". Echter, de toename van jong, dynamisch kwelderareaal met een gevarieerde vegetatiezonering en kenmerkende biodiversiteit leidt tot een significante verbetering van het ecologisch functioneren van de (Westelijke) Waddenzee. Deze ontwikkeling past uitstekend bij de hogere ecosysteem gerichte doelen van Natura 2000, zoals verwoord in de kernopgaven van het Natura 2000 doelendocument.
4. De mogelijkheid minimaal 500 ha te realiseren biedt een meerwaarde ten opzichte van andere locaties waar slechts kleine oppervlaktes kunnen ontwikkelen, zowel wat natuur als duurzaamheid betreft.

Een kwelder is niet statisch, maar dynamisch. Fysische randvoorwaarden bepalen of een kwelder op een locatie kan ontstaan en groeit of erodeert. Het feit dat op een locatie ooit een kwelder is geweest wil niet zeggen dat die daar ook altijd zal blijven of daar per se "hoort". Als een kwelder erodeert en misschien zelfs verdwijnt, betekent dat vrijwel altijd dat de kwelder zijn maximale horizontale groei heeft bereikt door een natuurlijk obstakel, zoals een geul, of dat andere omstandigheden al dan niet tijdelijk zijn veranderd. Vaak gaat dit gepaard met klifvorming (foto 6.1 en 6.2). Een kwelder laten ontwikkelen of een bestaande eroderende kwelder beschermen met hulpmiddelen (bv. rijshout dammen) is in principe altijd mogelijk als er voldoende sediment beschikbaar is en men bereid is de ingreep te blijven onderhouden. Een dergelijk ingrijpen kan echter het "ecologisch verband" uit een gebied halen. Er zijn diverse voorbeelden van eroderende kwelders waar de kwelder, na aanleggen van een harde oeververdediging van bv. stortsteen (Foto 6.3 Terschelling) of betonblokken (bv. op Spiekeroog) weliswaar behouden bleef en zelfs opslibde, maar waar het natuurlijke erosieproces op het voorliggende wad verder ging. Het eindresultaat is daardoor dat er niet alleen een onnatuurlijke en harde grens is gekomen tussen kwelder en wad, vergelijkbaar met de situatie na inpolderen, maar ook dat de pionierzone en daarmee de natuurlijke geleidelijke ecologische verbinding van kwelder naar wad ontbreekt. In deze situaties kan een groot hoogteverschil tussen kwelder en wad ontstaan, wel oplopend tot meer dan een meter. In geval van een natuurlijk klif kan er ook een groot hoogteverschil zijn met het voorliggende wad, maar door het ontbreken van een harde grens kan daar makkelijker een nieuw evenwicht ontstaan tussen de zones.



Foto 6.1 Laag klif met natuurlijke overgang naar wad op De Hon (Ameland).



Foto 6.2 Hoog klif met natuurlijke overgang naar aangrenzende lage kwelder in de Groninger kwelderwerken.

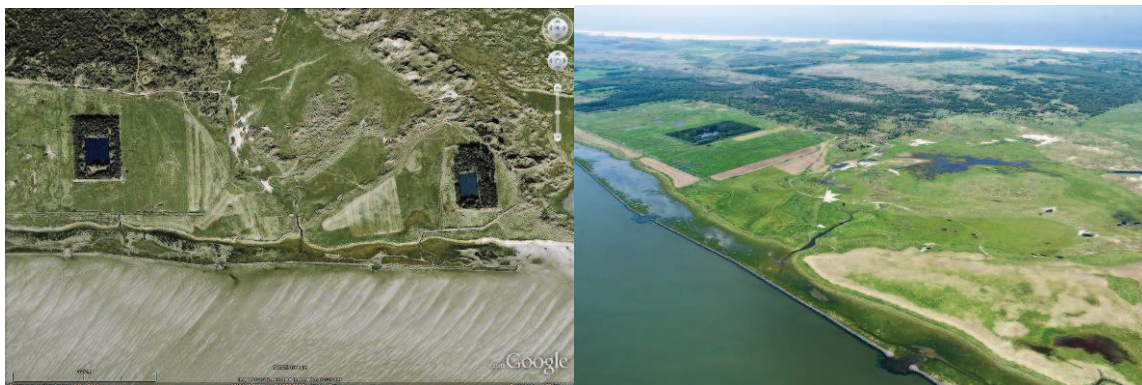


Foto 6.3 Harde kwelderverdediging met onnatuurlijke overgang naar voorliggende wad op Terschelling. (Bron: links: GoogleEarth, rechts: RWS-beeldbank)

Een kwelder is het eindproduct van de interacties tussen geomorfologische, fysische en biologische processen en kent daardoor een lange wordingsgeschiedenis. Bij het ontstaan van een pionierzone wordt de basis gelegd voor diverse elementen, zoals bv. het krekenspatroon, die in een natuurlijke (ecologisch) goed functionerende kwelder van belang zijn. Een aangelegd stuk grond begroeid met kwelderplanten of een begroeide vooroever is daarom niet hetzelfde als een kwelder die zich op natuurlijke wijze heeft kunnen ontwikkelen. Veel soorten kunnen mogelijk ook goed functioneren op een aangelegde "met kwelderplanten begroeide vooroever" en hebben op populatieniveau misschien niet direct een natuurlijke kwelder nodig. Echter, aangezien het huidige, vastgelegde beleid **natuurlijkheid en duurzaamheid** als belangrijkste kenmerken heeft en de ruimte voor dynamiek en geomorfologische processen juist ook van belang waren voor toekenning van de Werelderfgoedstatus aan de Waddenzee lijkt het logisch alle plannen om kunstmatig kwelders te maken eerst zeer zorgvuldig te wegen en te beoordelen op nut en noodzaak.

7. Referenties

- Adam, P., 1993. Saltmarsh ecology. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press.
- Arcadis, 2006. Bouwsteen beheerplan kwelders Groninger Noordkust en Dollard. Provincie Groningen, 90 p.
- Bakker, J.P., 1993. Strategies for grazing management on salt marshes. Wadden Sea Newsletter 1993-1: 8-10.
- Bakker, J.P., J. Bunje, K.S. Dijkema, J. Frikke, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus & M. Stock 2005a. 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.
- Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhof, 2001. Handboek Natuurdoeltypen. Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2001/020. Wageningen, 832 p.
- Baptist, M.J., Dijkema, K.S., Van Duin, W.E. & Smit, C.J., 2012. Een ruimere jas voor natuurontwikkeling in de Waddenzee, uitgewerkt voor een casus Afsluitdijk. IMARES rapport C084/12, IMARES Wageningen UR, Texel. (in prep.)
- Beeftink, W.G. 1984. Geography of European halophytes. In: Dijkema, K.S. (ed.), W.G. Beeftink, 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.
- Beeftink, W.G., 1986. De betekenis van de factor getij voor de schorrevegetatie. In: J. Rozema (ed.), Oecologie van estuariene vegetatie. Vrije Universiteit, Amsterdam; Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke, 45 p.
- Beeftink, W.G., 1987. Vegetation responses to changes in tidal inundation of salt marshes. In: J. van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon (eds.), Disturbance in grasslands. Junk Publishers, Dordrecht: 97-117.
- De Jong, D.J., Dijkema, K.S., Bossinade, J.H. & Janssen, J.A.M., 1998. SALT97, een classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat (RIKZ, Directie Noord Nederland, Meetkundige Dienst) & IBN-DLO (Texel), 26 p.
- Den Heijer, F., Noort, J., Peters, H., de Grave, P., Oost, A. Verlaan, M., 2007. Allerheiligenvloed 2006. Achtergrondverslag van de stormvloed van 1 november 2006. Rapport Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. 70 p.
- Dijkema, K.S. 1983. Use and management of mainland salt marshes and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), Flora and vegetation of the Wadden Sea island and coastal areas. Balkema, Rotterdam: 302-312.
- Dijkema, K.S., 1987. Changes in 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., Kerkhof, J.T., Kooiker, E.P., Luttje, K., Oosterhuis, L., Veld, C. & de Vlas, J., 1986. Omvang kwelderareaal. Notitie Werkgroep Omvang Kwelderareaal. Rijkswaterstaat/Landelijke Gebieden en Kwaliteitszorg/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 9 p. + bijlagen
- Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Bouwsema, P. & De Gloppe, R.J., 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high-tide levels and accretion enhancement. In: J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns (eds.), Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Publishers, Dordrecht, 173-188.
- Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Van den Bergs, J. & Kroeze, T.A.G., 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. RIN-rapport 91/10; RWS Directie Groningen, Nota GRAN 1991-2002, 156 p.

- Dijkema, K.S., Nicolai, A., De Vlas, J., Smit, C., Jongerius, H. & Nauta, H., 2001. Van Landaanwinning naar Kwelderwerken. Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland, Leeuwarden, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel, 68 p.
- Dijkema, K.S., Nicolai, A., Frankes, J., Haan, K., Jongerius, H. & Riesenkamp, W., 2004. Jaarverslag 2004 Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen (november 2003-oktober 2004). Alterra; Rijkswaterstaat. 30 p. + 3 bijlagen.
- Dijkema, K.S., De Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J. & Van Duin, W.E., 2005. Kwelders en schorren in de Kaderrichtlijn Water. Ontwikkeling van Potentiële Referenties en van een Potentiële Goede Ecologische Toestand. Alterra-TEXEL, WageningenUR; Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg; Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ITC, Delft. RIKZ/2005.020. 62 p.
- 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: A.F. Zuur, E.N. Ieno & G.M. Smith (eds), *Analysing Ecological Data*. Springer Science + Business Media, New York: 601-614.
- Dijkema, K.S., van Duin, W.E., Dijkman, E.M., Nicolai, A., Jongerius, H., Keegstra, H., Venema, H. & Jongsma, J.J., 2011. Friese en Groninger kwelderwerken: monitoring en beheer 1960-2010. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2010-juli 2011. Wageningen IMARES; Rijkswaterstaat. 79 p. + bijlagen. (tevens WOT IN rapport in prep.)
- Erchinger, H.F., 1974. Wellenaufbau an Seedeichen. Naturmessungen an der Ostfriesischen Küste. Mitteilungen Leichtweiss-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, Heft 41: 255-276.
- Erchinger, H.F., 1995. Intaktes Deichvorland für Küstenschutz unverzichtbar (Möglichkeiten einer naturnahen Entwicklung werden aufgezeigt). *Wasser und Boden* 47: 48-53.
- Esselink, P., 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.
- Esselink, P., Petersen, J., Arens, S., Bakker, J.P., Bunje, J., Dijkema, K.S., Hecker, N., Hellwig, U., Jensen, A.-V., Kers, A.S., Körber, P., Lammerts, E.J., Stock, M., Veeneklaas, R.M., Vreeken, M. & Wolters, M., 2009. Salt Marshes. Thematic Report No. 8. In: Marencic, H. & Vlas, J. de (Eds), 2009. Quality Status Report 2009. WaddenSea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany. 54 p.
- Esselink, P., Bos, D., Oost, A.P., Dijkema, K.S., Bakker, R. & de Jong, R., 2011. Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. PUCCIMAR rapport 02, A&W rapport 1574, PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. Vries, Feanwâlden. 75 p.
- Eysink, W.D. 2005. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost, Evaluatie na 18 jaar gaswinning. 42 p.
- Eysink, W.D., Dankers, N., Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Smit, C.J. & De Vlas, J., 1995. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen en Texel, Waterloopkundig Laboratorium, Lelystad. 66p.+ figuren, tabellen en appendix.
- Eysink, W.D., Dijkema, K.S., van Dobben, H.F., Slim, P.A., Smit, C.J., de Vlas, J., Sanders, M.E., Wiertz, J., & Schouwenberg, E.P.A.G., 2000a. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost, evaluatie na 13 jaar gaswinning, WL | Delft Hydraulics / Alterra, rapport H841. 203 p.
- Eysink, W.D., Dijkema, K.S. & van Duin, W.E., 2000b. Effecten van bodemdaling door gaswinning op de Peazemerlannen. WL/Delft Hydraulics en Alterra. 35 p.
- French, J., Spencer, T. & Stoddart, D., 1990. Backbarrier salt marshes of the north Norfolk coast: geomorphic development and response to rising sea-level. Ecology and Conservation Unit, paper no. 54, University College London, 35 p.
- Jager, H.J. & Rintjema, S., 2003. Beheerplan Noard-Fryslân Bûtendyks. Werkdocument 2003-2028. It Fryske Gea, Olterterp. 66 p. + bijlagen
- Jakobsen, B., 1954. The tidal area in south-western Jutland and the process of the salt marsh formation. *Geografisk Tidsskrift* 53: 49-61.
- Janssen, J.A.M. & Schaminée, J.H.J., 2003. Europese Natuur in Nederland. Habitattypen. KNNV Uitgeverij, Utrecht. 120 p.

- Kamps, L.F., 1962. Mud distribution and land reclamation in eastern wadden shallows. Rijkswaterstaat Communications 4: 1-73.
- Kleyer, M., Feddersen, H. & Bockholt, R., 2003. Secondary succession on a high salt marsh at different grazing intensities. *Journal of Coastal Conservation* 9: 123-134.
- Long, S.P. & Mason, C.F., 1983. Saltmarsh ecology. Tertiary level biology. Blackie, Glasgow - London. Chapter two, Saltmarsh formation, physiography and soils: 12-38.
- Mendelts, P. & Boerema, L., 2011. Een ruimere jas binnen N2000. Rapport Programma *Naar een Rijke Waddenzee*. 67 p. + bijlagen
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008. Natura 2000-gebied Waddenzee. Directie Regionale Zaken, Document DRZO/2008-001. 228 p.
- Nehring, S. & Hesse, K.-J., 2008. Invasive alien plants in marine protected areas: the *Spartina anglica* affair in the European Wadden Sea. *Biol. Invasions* 10: 937-950.
- Oost, A.P. & Kleine Punte, P.A.H., 2003. Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Een doorkijk naar de toekomst. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ/2004.021. 88 p.
- Pestrong, R., 1965. The development of drainage patterns on tidal marshes. Stanford University Publications, Geological Sciences, Volume X, Number 2, 87 p.
- Pethick, J.S., 1974. The distribution of salt pans on tidal marshes. *J. Biogeogr.* 1: 57-62.
- Ranwell, D.S., 1964. *Spartina* marshes in southern England. II. Rate and seasonal pattern of sediment accretion. *Journal of Ecology* 52: 79-94.
- Reed, D. J., 1988. Sediment dynamics and deposition in a retreating coastal salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 26: 67-79.
- Reents, S., 1995. Vergelijking van het kunstmatige afwateringssysteem in de kwelderwerken met natuurlijke kreeksystemen. Stageverslag Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland en IBN-DLO, Texel, 97 p. incl. bijlagen.
- Steers, J.A., 1959. Salt marshes. *Endeavour* 18: 75-82.
- Steers, J.A., 1977. Physiography. In: V.J. Chapman(ed.), *Wet coastal ecosystems*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York, 31-60.
- Storm, K., 1999. Slinkend Onland. Over de omvang van Zeeuwse schoren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Directie Zeeland NOTA AX-99.007, 68 p.
- Van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Zegers, J., 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. IBN-rapport 326. 104 p.
- Van Duin, W.E. & Dijkema, K.S., 2003. Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken: "de Kreekenproef"; evaluatie 1997-2002. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 634. 137 p.
- Van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Bos, D., 2007. Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland. Wageningen IMARES intern rapport, Altenburg & Wymenga A&W rapport 887, 65 p.
- Van Maldegem, D.C. & de Jong, D.J., 2004. Opwassen of verdrinken; Sedimentaanvoer naar schorren in de Oosterschelde, een zandhongerig gedempt getijdesysteem. Rijkswaterstaat-RIKZ, werkdocument RIKZ/AB/2003/826x. 49 p. + bijlagen.
- Van Oevelen, D., van den Bergh, E., Ysebaert, T. & Meire, P., 2000a. Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. Rapport IN.R. 2000.4. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 55 p.
- Van Oevelen, D., van den Bergh, E., Ysebaert, T. & Meire, P., 2000b. Literatuuronderzoek naar ontpolderingen. Rapport IN.R.2000.7, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 50 p.
- Verhoeven, B., Jespersen, M., Konig, D. & Rasmussen, E., 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.
- Warming, 1904. Bidrag til Vadernes, Sandenes of Marskens Naturhistorie. Mem. Acad. Roy. Sci. et Lettres de Denmark, 7mm series, D, 2.
- Wolters, M., Garbutt, A. & Bakker, J.P., 2005. Plant colonization after managed realignment: the relative importance of diaspore dispersal. *Journal of Applied Ecology* 42: 770-777.
- Yapp, R.H., Johns, D. & Jones, O.T., 1917. The salt marshes of the Dovey estuary. *The British Ecological Society* 5:65-103.

Zijlstra, W., 1993. Vegetatieontwikkeling op de Dollardkwelder gedurende een periode van extensieverend beheer. Stichting Het Groninger Landschap, Groningen. Intern Rapport 93/2, 61 p.

Deel 2: Aanzet Kwelderkanskaart

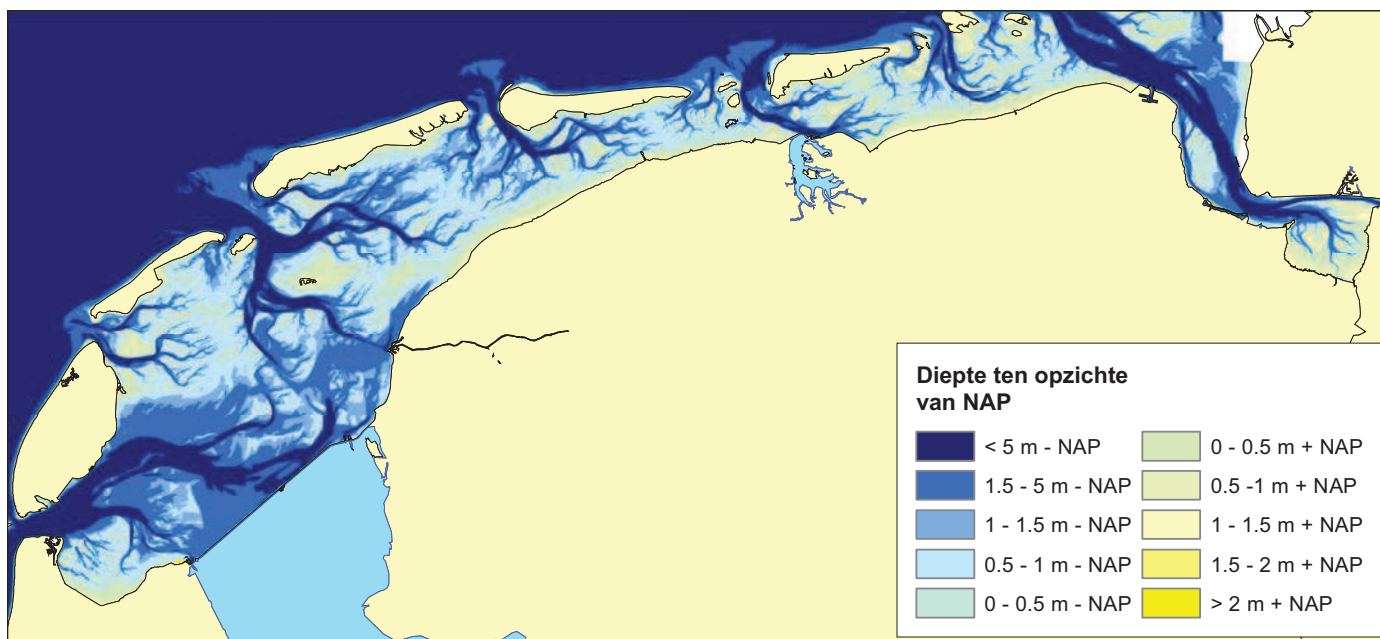
1. Inleiding

De Waddenzee wordt door velen Nederlands laatste "wilderness" genoemd. Net zo makkelijk beweren voorstanders van aanleg van kwelders wel eens dat er geen natuurlijke kwelders zijn in de Waddenzee, wat als reden wordt beschouwd de aanleg van nieuwe kwelders in de Waddenzee toe te staan. Er zijn weliswaar veel kwelders die vallen onder de term half-natuurlijke landschap, maar hierbij moet bedacht worden dat bv. de Kwelderwerken en kwelders achter stuifdijken niet als kwelder zijn aangelegd, maar dat de gedane menselijke ingrepen de natuurlijke fysische en biologische processen gestimuleerd en daardoor versneld hebben.

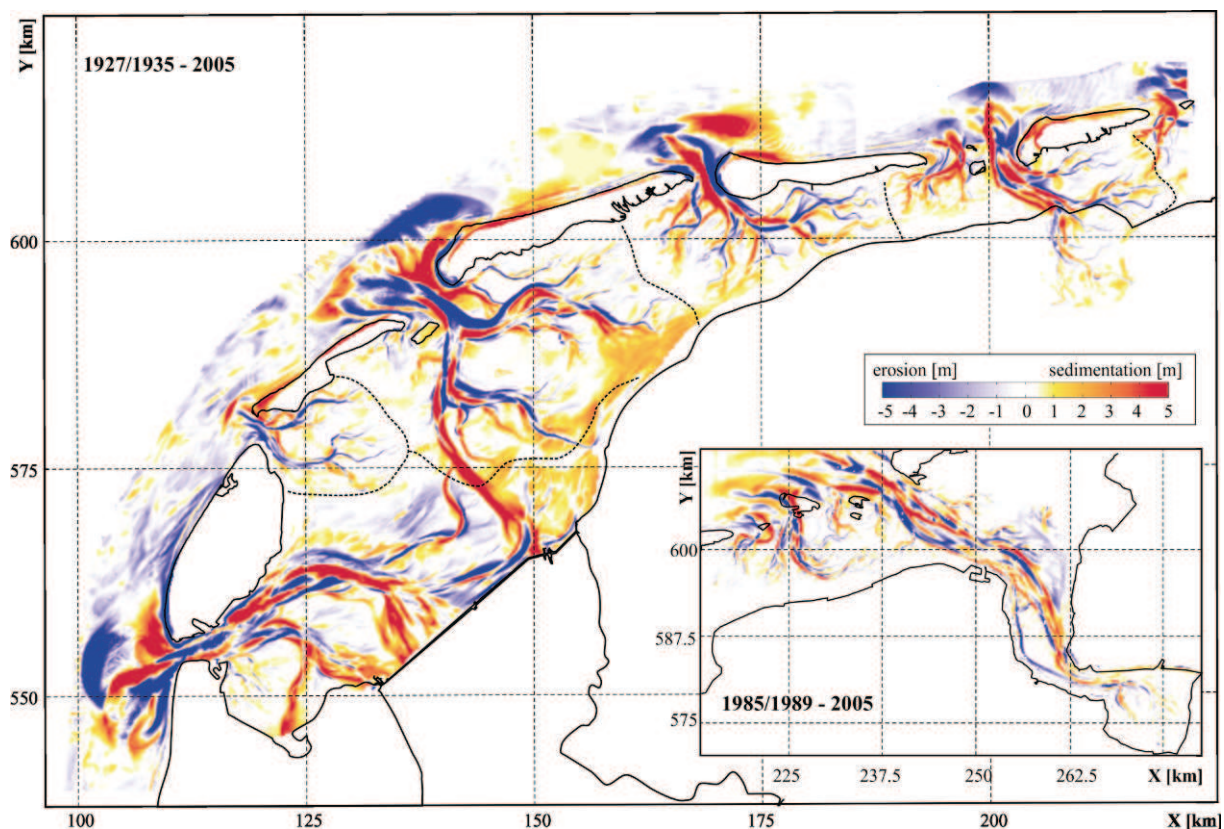
Met behulp van de huidige kennis zijn in het achtergrondrapport (deel 1 van dit rapport) randvoorwaarden voor de ontwikkeling en kwaliteitseisen van deze buitendijkse gebieden opgesteld. In dit deel 2 van het rapport staan kort enkele bevindingen met betrekking tot het maken van een kaart waarop locaties staan aangegeven waar zich pionierzone/kwelder zou kunnen ontwikkelen in de Waddenzee, een "kwelderkanskaart". Daarnaast worden enkele aanbevelingen gedaan met betrekking tot kwelderontwikkeling.

2. Gebruikte data en bevindingen

Voor litorale en sublitorale mosselbanken zijn binnen hetzelfde GeoValley Werkpakket "Kennis van patronen en structuren in natuurlijke systemen", waar dit kwelderrapport ook deel van uitmaakt, met succes kanskaarten gemaakt (Brinkman, in prep.). Veel abiotische data die daarvoor zijn gebruikt, zoals sedimentgegevens, stroomsnelheden, golfhoogte, ligging en diepte/hogte geulen en platen (Figuur I, II), bleken voor de kwelderkanskaart slechts matig bruikbaar, omdat deze data richting kust meestal steeds onnauwkeuriger worden. Hetzelfde geldt voor het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2), dat door de Geodesk beheerd wordt. Dit bestand heeft een goede resolutie van 5 m, maar loopt helaas niet verder dan de kwelderzones.



Figuur I. Bathymetriekaart Waddenzee op basis van lodingen van Rijkswaterstaat.

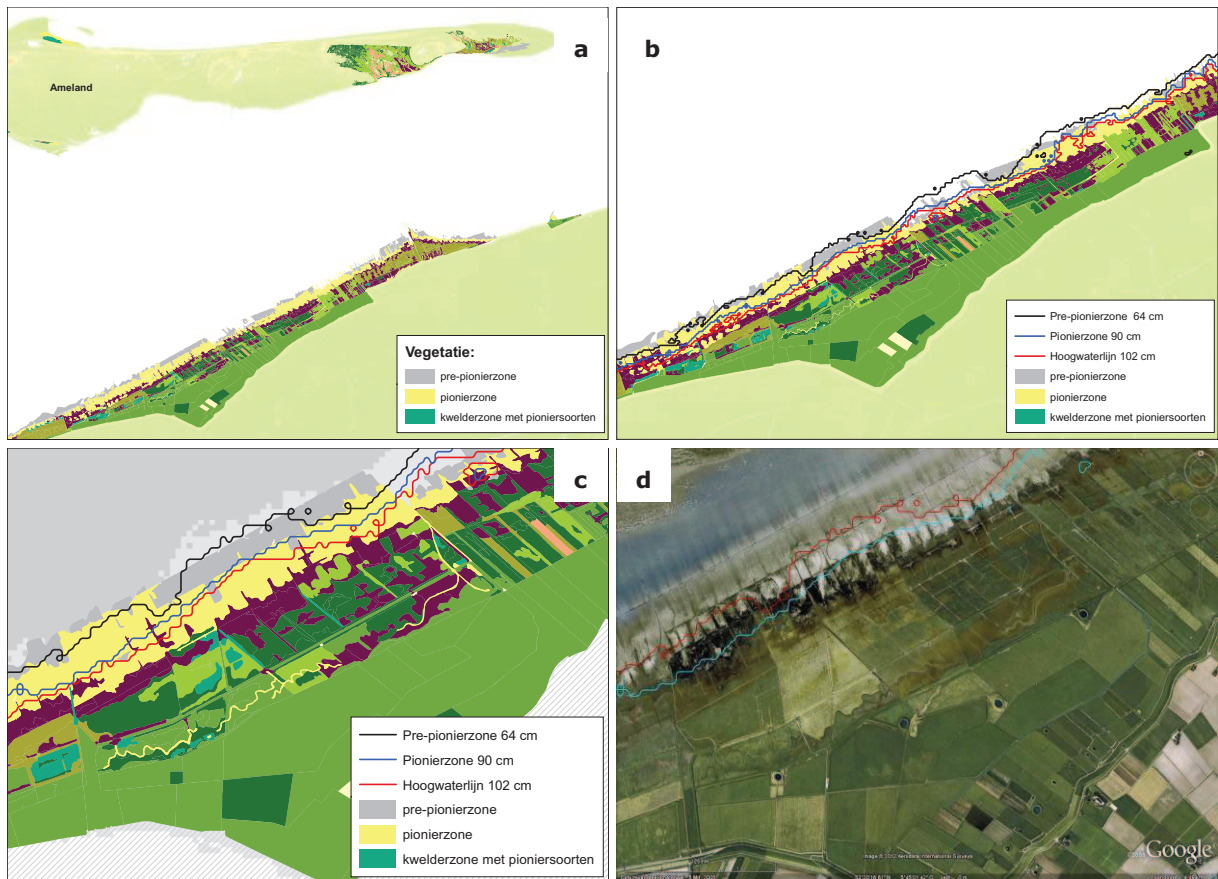


Figuur II. Diepteveranderingen (sedimentatie- en erosiekaart) in de Waddenzee op basis van lodingen van Rijkswaterstaat en bewerkt door Deltares (Elias et al., 2012 en Wang et al, 2012))

Om te zien in hoeverre de hoogtebestanden aansluiten bij de huidige vegetatiezonering is een test uitgevoerd. Hiervoor is de Hoogwaterlijn berekend uit het dieptebestand Combidiep. Dit is gebaseerd op de lodingen van de Hydrologische dienst (voorheen RIKZ) die omgerekend zijn naar een grid. De diepte in dit bestand is in cm. Voor de gemiddeld hoogwaterlijn (ongeveer de ondergrens voor de lage kwelder) is voor het deelgebied tussen Ameland en de Friese vastelandskust, dat als proef onderzocht is, de waarde 102 cm+NAP aangehouden. Voor de ondergrens van de (pre) pionierzones in Friesland zijn de volgende waarden aangehouden:

pre-pionier: 64 cm+NAP en pionier: 90 cm+NAP

Voor de vegetatie zijn de gegevens van de vegetatiekaarten van RWS-DID gebruikt, die zijn vereenvoudigd tot enkele hoofdzones. In sommige gevallen blijkt de aanwezige vegetatie van de pre-pionierzone of pionierzone redelijk goed binnen de gebruikte hoogtelijnen te liggen, maar vaak zijn er te veel afwijkingen om er betrouwbare informatie uit te kunnen halen. In Figuur III wordt een voorbeeld gegeven van deze beperkte "fit" tussen vegetatiedata en hoogtelijnen (behorend bij de ondergrenzen van de vegetatiezones) op basis van het dieptebestand Combidiep. Deelfiguur c laat bv. zien dat hoogtelijn horend bij de ondergrens van de pre-pionierzone deels perfect aansluit bij de grens van de begroeide pre-pionierzone volgens de vegetatiekaart, maar vervolgens aansluit bij de ondergrens van de pionierzone volgens de vegetatiekaart.



Figuur III. a: Overzicht hoofdzones vegetatie in testgebied; b: Hoogtelijnen en vegetatiezones in Noord-Friesland Buitendijks; c: Hoogtelijnen en vegetatiezones na inzoomen; d: GoogleEarth-kaart van hetzelfde gebied als c met de pre-pionierzonegrens (NB: rood gekleurd i.p.v. zwart i.v.m. de zichtbaarheid) en de pionierzonegrens.



Figuur IV. Platen en geulen in de Waddenzee. (Bron: Landsat TM5 sept. 2010)

Het AHN geeft wel een algemeen beeld van het kwelderoppervlak dat voor een dijk aanwezig is, wat met deze resolutie voor dijkbeheerders en modellenmakers al zeer bruikbare informatie kan zijn. Echter, de voor dit project belangrijke (pre-) pionierzone valt dus helaas buiten dit bestand. Samen met laagwater lucht- en satellietfoto's (Figuur IV) en waterstandgegevens kunnen de genoemde bestanden wel een indicatie geven betreffende de mogelijke geschiktheid van een locatie voor kwelderontwikkeling. Slikkig sediment, lage stroomsnelheden en golfhoogtes duiden immers op een beschutte ligging. Enige afstand tot diepe geulen biedt de mogelijkheid van voldoende voorland en een hoge ligging duidt op mogelijke kansen voor vegetatieontwikkeling. De hoop/wens uitsluitend door koppeling van databestanden eenvoudig in GIS een kansenkaart voor de hele Waddenzee te kunnen produceren verviel door deze bevindingen. Bovendien zijn voor het maken van een dergelijke kaart ook gegevens nodig betreffende de biotische toestand. In de Ecologische Atlas Waddenzee (Dankers *et al.*, 2007) zijn veel gegevens weergegeven, maar op een schaal die niet altijd voldoende is om de natuurwaarden van een kleine locatie aan te geven.

Indien een locatie geschikt lijkt op basis van abiotische parameters kan de locatie mogelijk toch nog afvallen als geschikt gebied voor kwelderontwikkeling door een hoge, of misschien zelfs unieke, reeds aanwezige natuurwaarde. "Uitruil" van habitats zou in dergelijke gevallen zelfs nadelig kunnen zijn. Per locatie zal dus altijd, na vaststellen van abiotische en biotische toestand, pas op basis van *expert judgement* een conclusie getrokken kunnen worden over de werkelijke geschiktheid.

Een ander punt van aandacht is de autonome natuurlijke kwelderontwikkeling. Dijkema *et al.* constateerden in 1986 al dat ten westen van Zwarte Haan (Friesland) al een natuurlijke opslibbing gaande was. Ondertussen is de ontwikkeling al zo veel verder dat er vegetatie staat. Er zijn er in ieder geval nog vijf gebieden aan te geven waar kwelderontwikkeling vrij spontaan plaatsvindt (soms met mogelijk enig profijt van een nabijgelegen strekdam):

- Emmapolder (O-Groningen)
- Westhoek (W-Friesland)
- Kroonspolder (Vlieland)
- Peazemerlannen (pre pionier) (NO-Friesland)
- NW hoek bij Den Oever tussen de havendam en Wieringen. Kwelderaanwas gebeurt daar zowel door invang van sediment als aangespoeld (organisch) materiaal. (Noord-Holland)

Voor gebieden waar de hoogteligging nu al tegen GHW of hoger ligt en misschien zelfs al enige vegetatie aanwezig is, is de keuze de autonome/natuurlijke kwelderontwikkeling niet te verstoren voor de hand liggend. Verschillen in mening kunnen ontstaan als een keuze gemaakt moet worden hoe lang het mag duren voordat de hoogteligging voldoende is om vegetatiegroei mogelijk te maken. Moet/mag er een ingreep plaatsvinden als de opslibbingstrend laat zien dat er "pas" over bv. 10, 20, 50 of 100 jaar voldoende hoogte wordt bereikt via natuurlijke sedimentatie? Het is verstandig hierover een wetenschappelijke discussie aan te gaan om alle feiten helder te krijgen en een zo objectief mogelijk beeld van de ontwikkelingen te schetsen. De keuze in een gebied een ingreep uit te voeren wordt uiteindelijk echter meestal gemaakt op basis van sociaaleconomische redenen.

3. Aanbevelingen

Hoewel er binnen de mogelijkheden van het project en de bekeken data geen kwelderansenkaart geproduceerd kon worden, zijn er op basis van de bevindingen zijn wel enige algemene aanbevelingen te doen:

- Op locaties waar geulen dicht langs de kust komen is de investering een kwelder te ontwikkelen groot en is duurzaamheid niet gegarandeerd, zodat die gebieden beter vermeden kunnen worden.
- Voor een locatie waar de aanwezigheid van een kwelder van belang zou kunnen zijn, is het verstandig de opslibbingstrend te reconstrueren (historisch, zoals bij de sedimentatie-erosiekaart

van Deltares in Fig. B) en, indien dat niet mogelijk is, om met behulp van gerichte metingen eerst de opslibbingstrend te bepalen (autonome ontwikkeling).

- Waar al kwelder aanwezig is of waar van nature al sedimentatie plaatsvindt, moeten geen ingrepen gedaan worden om de natuurlijkheid niet te verstoren (zie ook deel 1 van dit rapport).
- Het is nuttig om een 'protocol/beslisboom' op te stellen met randvoorwaarden (abiotisch, biotisch/ecologisch, juridisch enz.) om aan te geven in welke gevallen en hoe het 'op weg helpen' van kwelderontwikkeling geoorloofd en/of het meest verantwoord/duurzaam is.

Bij de aanbeveling over de beslisboom kunnen nog enige opmerkingen gemaakt worden. Doel van deze beslisboom is om op basis van vaststaande feiten (objectief) stapsgewijs o.a. al verschillende eigenschappen van een gebied en mogelijke ingrepen af te handelen, zodat daarna, als gebleken is dat een ingreep wettelijk, economisch, abiotisch, ecologisch, enz. mogelijk is, de discussie kan beginnen over bv. de werkelijke uitvoering en wenselijkheid. Als al vroeg in de beslisboom subjectieve keuzes gemaakt kunnen worden geeft dit namelijk per definitie meteen al aanleiding tot discussie, omdat er zich dan (te) veel verschillende, zowel reële als niet reële, mogelijkheden voordoen.

Daarnaast is het verstandig om eerst naar processen, dan systemen en tot slot soorten te kijken, wat de meest logische volgorde is uitgaande van de overall voorgeschreven (en gewenste) natuurlijkheid en duurzaamheid. Wanneer en in welke mate menselijk handelen de natuurlijke gang van zaken heeft verstoord/onderbroken kan ook als onderdeel worden meegewogen. Dit moet echter wel met duidelijk omschreven argumenten gebeuren, omdat het vaststellen van een referentie-ijkpunt een voorbeeld is van een onderdeel waar meningen makkelijk over kunnen verschillen.

4. Referenties

- Brinkman, A.G. An updated mussel bed habitat map for the Dutch Wadden Sea. Manuscript in prep.
- Dankers, N., Cremer, J., Dijkman, E., Brasseur, S., Dijkema, K., Fey, F., de Jong, M. & Smit, C., 2007. Ecologische Atlas Waddenzee. Wageningen IMARES. 33 p.
- Dijkema, K.S., Kerkhof, J.T., Kooiker, E.P., Luttje, K., Oosterhuis, L., Veld, C. & de Vlas, J., 1986. Omvang kwelderareaal. Notitie Werkgroep Omvang Kwelderareaal. Rijkswaterstaat/Landelijke Gebieden en Kwaliteitszorg/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 9 p. + bijlagen
- Elias, E., van der Spek, A., Wang, Z. & de Ronde, J., 2012. Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. Accepted by Netherlands Journal of Geosciences.
- Wang, Z., Spielman, H. & Hoeksma, R., 2012. Morfologische ontwikkeling van de Nederlandse Waddenzee. H₂O 30 maart 2012: 24-26.


Verantwoording

Rapport: C076/12
Projectnummer: 430.51015-01
Opdrachtgever: Alkyon Hydraulic Consultancy & Research
Drs. B. Kater (contactpersoon)
Postbus 248
8300 AE Emmeloord

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd.

Akkoord: Dr. F. E. Fey-Hofstede
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: juli 2012

Akkoord: Drs. J. Asjes
Afdelingshoofd Ecosystemen

Handtekening:



Datum: juni 2012