

Herstel van estuariene gradienten in het waddengebied

Een onderbouwing van de ecologische meerwaarde van dit herstel en een eerste aanzet tot uitwerking

april 2000

RIKZ/2000.021

Dr. G.M. Janssen

Herstel van estuariene gradienten in het waddengebied

Een onderbouwing van de ecologische meerwaarde van dit herstel en een eerste aanzet tot uitwerking

april 2000

RIKZ/2000.021

Dr. G.M. Janssen

Bij dit Rapport hoort een CD-Rom

Projectinformatie: het project OVERGANG werd uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) in opdracht van Rijkswaterstaat Directies Noord-Holland en Noord-Nederland, namens de Commissie Uitvoering Beheersplan Waddenzee (CUBWAD), ter uitvoering van maatregel N12 uit de Maatregelen Programma Waddenzee (MPW) behorende bij het Beheersplan Waddenzee 1996 - 2001 (1996). In opdracht van RIKZ werd door de Rijksuniversiteit Groningen het projectonderdeel Tussen zilt en zoet (1997) uitgevoerd. Het project OVERGANG was een onderdeel van het thema GRADIENTEN, een samenwerkingsverband tussen de RWS-directies Noord Holland, Noord Nederland en het RIKZ (themaleiders drs. T.H.L. Claassen en dr. P. Walker).

2 Inleiding 9

3 Estuariene gradienten 11

3.1 Typologie 11

3.1.1 estuaria 11

3.1.2 eilandkwelderkreken 12

3.1.3 zoet-zoutwisselingen 12

3.1.4 supralitorale poelen 13

3.1.5 binnendijkse brakke wateren 13

3.2 Huidige situatie van estuariene gradiënten in het Waddengebied 14

3.3 De relatie tussen zoutgehalte en het voorkomen van soorten 14

3.4 Habitatdiversiteit 16

3.5 Produktie 16

3.6 Kinderkamerfunctie 17

3.7 Natuurbeleving 17

4 Vismigratie 19

5 Visziekten onderzoek 21

6 Kansrijke locaties voor herstel 23

7 Saliniteitsmodellering 27

8 Vervolgonderzoek 29

9 Literatuur 31

Dankwoord

.....

Graag wil ik de volgende personen bedanken voor hun bijdrage aan de verschillende deelrapporten die in het project OVERGANG tot stand kwamen. Zonder al diegenen zouden we in het onderzoek naar de mogelijkheden voor herstel van estuarienen gradiënten in de afgelopen 10 jaar niet zover zijn gekomen als we nu zijn. Gezamenlijk met hen gaan we voort op de ingeslagen weg. Mijn dank gaat in het bijzonder uit naar:

Wessel Bartelds, Jack Perdon, Dick Vethaak, Joop Jungman, Johan Jol, Rob Jungcurt, Wilma Huisman, Alinda Bron, Jappie van den Bergs, Willem Riesenkamp, Jan de Reus, Marjan Vroom, Jan Hendriksen, Alwin Nijhuis, Carmen Loos, Berend Frederiks, Paddy Walker, Karin Boer, Wim Wolff, Zwanette Jager, Pauline v/d Veldt, Peter Tydeman, Karel Essink, Hans Kleef.

Samenvatting

.....

Het beleidsmatige streven om te komen tot herstel van estuariene gradiënten in het Waddengebied vindt wetenschappelijke ondersteuning in de verwachting dat dit een ecologische meerwaarde betekent van de huidige situatie.

Deze ecologische meerwaarde uit zich in een toename van de habitatdiversiteit in de vorm van een uitbreiding van het brakwaterareaal, en betekent een versterking van de natuurwaarde van het Waddengebied. De mogelijkheden tot herstel en daarmee ook de realisatie van de meerwaarde is overigens afhankelijk van de locatie. Het ultieme streven vanuit het oogpunt van ecologisch herstel naar een open verbinding tussen zoet en zout water met getijdeinvloed kan in een situatie zoals bij de Westerwoldse Aa in belangrijke mate worden gerealiseerd. In veel beperktere mate is herstel mogelijk bij de situaties van zout-zoet-wisselingen bij uitwateringssituaties zoals bijvoorbeeld bij Roptazijl, waar in eerste instantie slechts het deelaspect van vismigratie kan worden aangepakt.

Door het bestuderen van herstelprojecten die reeds zijn uitgevoerd, zoals de ontpoldering van de voormalige 3^e en 4^e polder van de Kroon's Polders op Vlieland, is inzicht te verkrijgen in de haalbaarheid en meerwaarde van herstelprojecten.

De locatie Afsluitdijk is door de grote omvang een geval apart. Volgens Janssen en Bartelds (1999) bieden de grote hoeveelheden zoetwater en de nog bestaande morfologische structuren goede mogelijkheden tot herstel van een estuariene gradiënt juist in dit gebied van de Waddenzee. Hoewel het geheel of gedeeltelijk slechten van de Afsluitdijk als barrière tussen zoet en zout in ecologisch opzicht de meest na te streven situatie is, was de opdracht van het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven om uitsluitend te kijken naar herstel van de estuariene gradiënt aan de Waddenzee-zijde van de Afsluitdijk. Op basis van argumenten afkomstig uit het onderzoek naar visziekten, vismigratie, biodiversiteit, de modellering van de gevolgen op de saliniteit van alternatieve spuilocaties en spuihoeveelheden, lijkt een herstel van één of meer aspecten van estuariene gradiënten in het Afsluitdijkgebied mogelijk. Het merendeel van het IJsselmeerwater zou daartoe moeten worden gespuid via de sluizen bij Kornwerderzand. Bij Den Oever én bij Kornwerderzand zouden de spuiokers vooral 's nachts, wanneer vissen het meest actief zijn, zoveel mogelijk moeten worden geheven tot 50 cm. hoogte ten behoeve van de vismigratie. Het spuien van water moet tenslotte vooral overdag plaatsvinden via zoveel mogelijk spuiokers. Hierbij verdient het aanbeveling om meer variatie in het peil van het IJsselmeer toe te staan.

In een nadere locatie-gerichte studie zouden de gevolgen voor andere, chemische, fysische en biologische gradiënten, moeten worden onderzocht. Een belangrijk punt hierbij is of de bestaande morfologische gesteldheid, de sedimentatie en erosieprocessen die mede leiden tot kweldervorming, passend zijn bij een nieuw groter brakwaterareaal nabij Kornwerderzand.

Tenslotte is van groot belang of herstel van estuariene gradiënten naast een ecologische meerwaarde ook van maatschappelijke, sociaal-economische betekenis kan zijn. Deze aspecten verdienen in de komende jaren in een bredere discussie aandacht.

Het is belangrijk zich te realiseren dat aanvoer van zoetwater voor herstel van estuariene gradienten essentieel is. Daarmee is het Waddengebied ook een water-vragende partij geworden en zal moeten worden meegewogen in zoetwaterhuishoudkundig beheer.

Kennisontwikkeling moet voortvarend ter hand worden genomen om uiteindelijk tot verantwoorde adviezen te kunnen komen. De hoofdvraag voor de komende jaren is:

- welke tijd-ruimte aspecten zijn relevant voor (het herstel van) brakwater intergetijde gebied?
- “hoeveel zoetwater is er per tijd en ruimte nodig ter optimalisatie van een estuariene gradiënt”
- “welke andere (morfologische, chemische en biologische) parameters zijn voor herstel relevant”

2 Inleiding

Nederland als land aan de zee is een land van overgangszônes, van land naar water, van zoet naar zout, een land van delta's en estuaria, van hoger maar vooral van lager gelegen gebieden.

Kenmerkend is de grote mate van dynamiek. Kleinschalige dynamiek, zowel in ruimte als in tijd, zoals die wordt veroorzaakt door getij, wind, golven, seizoenen, strenge en zachte winters etc., maar ook de grootschalige dynamiek, zoals zeespiegeldaling en stijging, sedimentatie en erosie in de loop van eeuwen en millennia. Het is juist deze dynamiek waartegen de mens in de loop van eeuwen zich heeft teweege gesteld door van grote delen van de oorspronkelijke waddenkustzône.

De vroegere vrije uitstroom van de rivieren als IJssel, Borne, Ee, Lauwers, Reitdiep, Fivel en Westerwoldse Aa wordt beperkt door de huidige waterhuishouding van Nederland.

Van de geleidelijke overgangszônes tussen land en zee, tussen zoet en zout is weinig over.

De gradiënten zijn steil of verdwenen, De vooruitgang voor/en door de mens was tegelijkertijd achteruitgang voor de natuur.

Er is tegenwoordig meer dan vroeger het streven om vooruitgang van de mens te laten samengaan met herstel van verloren gegane natuurwaarden.

Deze nieuwe kustzônezorg moet zowel gericht zijn op in de toekomst te verwachten problemen met een stijgende zeespiegel en een dalend binnenland al op behoud en herstel van natuurwaarden. Of dit mogelijk is zal de toekomst moeten leren.

"Rijkswaterstaat" wil in samenwerking met belanghebbenden een visie ontwikkelen, met als doel het vergroten van de gradiënt tussen land en water, tussen zout en zoet, opdat het beheer en gebruik van zowel het buitendijkse als het binnendijkse gebied op elkaar wordt afgestemd en geoptimaliseerd (Beheersplan Waddenzee 1996 - 2001; 1996).

Ook in de verkenning van de kansen voor natuurontwikkeling in het IJsselmeergebied *"Natuur in het natte hart"* (1996) wordt onderzoek aanbevolen naar de mogelijkheden van het realiseren van een permanente brakwaterzone.

Deze eeuw hebben grote veroveringen op de zee plaatsgevonden. De bouw van de Afsluitdijk betekende in 1932 het einde van een 3700 km² groot brakwatergetijdengebied. Veiligheid en een vergroting van het landbouwareaal (1680 km²) waren de voornaamste drijfveren voor het afsluiten van de Zuiderzee. Ook de Lauwerszee (90 km²) werd van de Waddenzee afgesloten. Niet zo zeer om land te winnen, maar wel voor veiligheid en als opvangbekken voor het Friese en Groningse boezemwater. Zo konden wateroverschotten altijd onafhankelijk van de hoogte van het zeewater uit de boezem uitgeslagen worden.

Natuurlijke kwelders komen langs de vastelandskust vrijwel niet meer voor: daar waar het mogelijk was zijn deze ingelijfd (Dijkema, 1989). We treffen hier nu nog kwelderwerken aan, waarin mindere mate beheersmaatregelen plaatsvinden om erosie tegen te gaan. Op de eilanden zijn nog wel vrij veel natuurlijke kwelders aanwezig. Met name na de aanleg van de stuifdijken na 1900 is het kwelderareaal hier sterk toegenomen.

In de studie naar de mogelijkheden tot herstel van oorspronkelijke geleidelijke overgangen is de keuze gemaakt om allereerst de overgang tussen zoet- en zoutwater te bestuderen. De studie naar de overgang tussen land en zoutwater is gestart middels de studie naar de "gouden randen" van de Waddenzee (Doeglas, 1999)

Aan de vraag naar de meerwaarde van herstel van de geleidelijke overgang tussen zoete en zoute wateren (estuariene gradiënt), "wat levert het op" is in deze studie veel aandacht besteed.

Bovendien is prioriteit gegeven aan één van de meest zichtbare nadelen van de huidige situatie de aanwezigheid van zieke platvis nabij spuisituaties in het Waddengebied.

Tenslotte is in de studie naar feitelijke mogelijkheden tot herstel de aandacht primair uitgegaan naar het kunnen herstellen van een brakwater areaal gegeven het huidige aanbod van zoetwater. Hiertoe is met behulp van modellering een aantal scenario's voor de westelijke Waddenzee berekend.

Voor een aantal kansrijke locaties (Westerwoldsche Aa en Afsluitdijk) en locaties waar reeds plannen werden omgezet in uitvoering (Vlieland en Terschelling) is inmiddels afzonderlijk locatie-gerichte onderzoek gestart (vd Veldt, 2000).

3 Estuariene gradienten

3.1 Typologie

Waar zee en land, zoet- en zoutwater elkaar ontmoeten is sprake van een heterogeen milieu. De meest in het oog springende gradiënt is die tussen zoet- en zeewater. In natuurlijke situaties wordt deze gradiënt gevormd door het zoete water van de rivieren dat zich mengt met het zoute zeewater. Vaak wordt in deze gevallen gesproken van een estuarium. Een estuarium (*aestus* betekent getij) wordt meestal gedefinieerd als een min of meer begrensde riviermond, waar zoet water afkomstig van land mengt met zeewater in een getijdegebied (Pritchard, 1967, in Boer en Wolff, 1997).

Als zoetwater met een zoutgehalte beneden de 0,5‰ en zout water met een zoutgehalte van ongeveer 33‰ of meer elkaar ontmoeten en mengen, zal het zoutgehalte ergens tussen deze twee uiterste waarden liggen. Het water wordt dan gewoonlijk brak genoemd. Deze definitie van brak water is in dit onderzoek niet bruikbaar; vrijwel de gehele Waddenzee zou een brakwatergebied zijn. Daarom spitst zich de aandacht toe op situaties waarin regelmatig een zoutgehalte tussen 1 en 18‰ voorkomt. Dit bereik omvat de habitats van de meest karakteristieke brakwaterorganismen.

Den Hartog (1964) heeft een typologie van brakke wateren opgesteld die in de studie van Boer en Wolff (1997) werd overgenomen. Om te beginnen wordt onderscheid gemaakt tussen wateren met een constant zoutgehalte: de zee en het zoete water, en wateren met een wisselend zoutgehalte. De wateren met wisselend zoutgehalte, waarvan het zout uit zee afkomstig is (dat sluit dus de z.g. continentale brakke wateren met sterk afwijkende zoutgehalten uit), definieert hij als **brakke wateren**. Wisseling van zoutgehalte beschouwt Den Hartog dus als een wezenskenmerk van brakke wateren. Hiervan uitgaand deelt dit rapport de brakke wateren als volgt in: estuaria, eilandkwelderkreken, zoet-zoutwisselingen, supralitorale poelen en binnendijkse brakke wateren.

3.1.1 estuaria

Wateren met een doorlopende en geleidelijke overgang en met zoutgehalten-schommelingen onder invloed van het getij en onder invloed van de seizoenen; zoals bijvoorbeeld de Eems, Westerwoldsche Aa, Thames, en Gironde worden estuaria genoemd. Deze watertypen kwamen én komen in het Waddengebied voor en worden in dit rapport verder aangeduid als estuaria. Dit type wordt vaak weer verder onderverdeeld op basis van de verhouding tussen de hoeveelheden zoet en zout water die per getijcyclus het estuarium binnenkomen in relatie tot de vorm van het estuarium en de amplitude van de getijbeweging. Naar verhouding grote zoetwaterafvoer en/of geringe getijbeweging leiden tot gelaagde estuaria waarin het zoete water zich als een laag op het zoute bodemwater bevindt. Als verhoudingsgewijs de zoetwaterafvoer kleiner wordt en/of de getijbeweging sterker kan het eerste type via gedeeltelijk "gelaagde" estuaria overgaan in volledig "gemengde estuaria". In Nederland heeft de Nieuwe Waterweg vaak sterke kenmerken van een gelaagd estuarium, terwijl de Eems en de Westerschelde voorbeelden zijn van meer gemengde estuaria. In het Waddengebied wordt tegenwoordig op veel plaatsen de situatie aangetroffen waarbij relatief grote hoeveelheden zoet water worden gespuid of uitgemalen.

Het gebied zeewaarts van de sluis of het gemaal moet dan in essentie

volgens de definitie ook als estuarium beschouwd worden.

In het menggebied van zoet en zout water verandert niet alleen het zoutgehalte, maar worden ook alle andere eigenschappen van de rivier 'gemengd' met die van de zee. Dat geldt bijvoorbeeld voor de temperatuur, het zuurstofgehalte en het gehalte aan zwevende stof.

In Nederlandse estuaria varieert het zoutgehalte tussen circa 0,1 en 35‰Cl⁻.

Door het geringere verschil in hoogte bij de monding van de rivier neemt in de richting van de zee de transportcapaciteit van de rivier voor zand geleidelijk af. Dit weerspiegelt zich in de samenstelling van het sediment op de bodem van de rivier. Vanuit zee wordt ook zand aangevoerd; hier vermindert de transportcapaciteit landinwaarts. Het resultaat is een zone met fijne slib in het estuariene bereik; vanaf daar wordt het sediment grover in de richting van de rivier en van de zee. Slib aangevoerd door de rivier wordt in eerste instantie door de oppervlakkige water lagen in gelaagde estuaria naar zee afgevoerd. Tegelijkertijd bezinkt het echter, mede onder invloed van fysisch-chemische processen die de partikelgrootte veranderen, en komt zo terecht in de diepe zoute water lagen die over het gehele getij genomen gemiddeld rivierwaarts stromen. Het wordt dus moeilijk voor het slib om te ontsnappen uit deze estuariene sedimentcirculatie. Het gevolg is zeer troebel water met hoge slibgehalten in de brakke gedeelten van het estuarium en depositie van zeer slikkige sedimenten langs de oevers van het estuarium. In gemengde estuaria zal minder slib gedeponeerd worden.

Een andere gradiënt die veelal in estuaria optreedt is die van toenemende expositie aan golven. In de rivier is de breedte beperkt en zijn de oevers daardoor beschut tegen golfslag. Als er echter sprake is van een trechtervormige mond, -en vele estuaria hebben die-, dan kunnen zich in het estuarium zelf steeds grotere golven ontwikkelen onder invloed van de wind, waardoor de sedimentsamenstelling van de oevers wordt beïnvloed. In zeewaartse richting worden de oevers meer zandig.

3.1.2 eilandkwelderkreken

Op de Waddeneilanden zijn de karakteristieke kwelderkweken als mini-estuaria te beschouwen. Den Hartog onderscheidt deze overigens niet als aparte type. Door drempels aan hun uitmonding staan deze kreken alleen tijdens hoog water in verbinding met de Waddenzee en worden dan voorzien van zout water. De kwelderkreken bevatten water gedurende de gehele getijcyclus. Daarnaast worden ze met afwisseling voorzien van zoet water afkomstig uit het achterliggende duingebied. Dit type wordt hier aangeduid als eilandkwelderkreken. Ze moeten worden onderscheiden van kwelderkreken aan de vastelandskust omdat, in Nederland, de laatstgenoemde kreken over het algemeen, behalve door regenwater, niet door zoet water worden gevoed. De kreken worden begrensd door de begroeide kwelders en vertakken zich aan de landzijde meestal in een wirwar van waterloopjes, greppels en slootjes waardoor het achterliggende duingebied afwatert. De bodem is meestal modderig. Het zoutgehalte varieert tussen 0,1 en 35‰Cl⁻.

3.1.3 zoet-zoutwisselingen

Wateren met een doorlopende, maar plotselinge overgang tussen de zee en het zoete water worden zoet-zoutwisselingen genoemd.

Deze situatie doet zich voor waar kleine zoetwaterstroompjes in een grote hoeveelheid zoutwater uitkomen, bijvoorbeeld bij duikers langs de Waddenkust van de eilanden. In deze situatie is het milieu bij laag water vrijwel zoet en bij hoog water volledig zout.

Natuurlijke zoet-zoutwisselingen vormen evenals de eiland kwelderkreken een slecht onderzocht milieutype. Bekend is dat enkele soorten organismen, zoals de pissebed *Jaera nordmanni* en de vlokreeft *Chaetogammarus stoerensis* speciaal in dit type wateren voorkomen. Het zoutgehalte is gelijk aan dat van het water van de aangrenzende zee of estuarium gedurende hoog water, terwijl tijdens laag water meestal een zeer kleine hoeveelheid zoetwater over een stenige, zandige of modderige bodem uitstroomt. Soms is er geen sprake van afstroming van een waterloop, maar van zoete kwel. De overige milieu-eigenschappen zijn veelal afhankelijk van de lokale situatie en niet afhankelijk van de zoet-zoutwisseling.

3.1.4 supralitorale poelen

Wateren met een permanent of tijdelijk verbroken verbinding tussen zee en zoet water worden supralitorale poelen genoemd.

Supralitorale poelen zijn een zeer normaal verschijnsel aan de meeste kusten, ook die van het Waddengebied. Ze kunnen ontstaan door het dichtslibben of -groeien van delen van kwelder-kreken, doordat tijdens stormvloed het zeewater geulen of kuilen uitschuurt in een kwelder of een zandplaat en doordat de golfwerking wallen opwerpt waarachter water blijft staan. Ook menselijke activiteiten kunnen tot dergelijke poelen leiden, bijvoorbeeld in de vorm van verwaarloosde drinkputten (dobben) of als gevolg van kleiwinning. De poelen zijn zeer divers van karakter; hun voornaamste overeenkomst ligt in het zoutgehalteregime. Ze worden gevuld met zee- of estuariumwater tijdens springvloed of storm. Daarna wordt het zoutgehalte bepaald door de weersomstandigheden. Lange droge perioden veroorzaken verdamping en stijging van het zoutgehalte, soms tot zeer hoge waarden. Neerslag leidt tot verlaging van het zoutgehalte. Het zoutgehalte kan dus variëren tussen vrijwel zoet tot ver boven het zoutgehalte van zeewater.

3.1.5 binnendijkse brakke wateren

Wateren waarvan de verbinding met de zee is verbroken door natuurlijke processen (bijv. de ontwikkeling van zand- of grindwallen door de branding) of door menselijk ingrijpen (bedijking), maar die nog met zeewater worden gevoed door kwel, over de strandwal slaande golven, of tijdelijke opening van de strandwal. In deze wateren fluctueert het zoutgehalte geleidelijk onder invloed van het klimaat. In het Waddengebied komen praktisch alleen de door menselijk ingrijpen gevormde typen voor.

De binnendijkse brakke wateren zijn zeer karakteristiek voor Nederland en enkele aangrenzende landen. Ze kunnen bestaan waar binnendijs het (grond)waterniveau lager ligt dan gemiddeld zeeniveau. Dat is in het algemeen alleen het geval waar na bedijking het land is gedaald ten opzichte van de zee door inklinking en/of veenoxydatie. Een zeespiegelstijging heeft uiteraard hetzelfde effect. Alleen in die omstandigheden kan zich binnendijs zoute kwel voordoen. Noodzakelijk voor een dergelijke situatie is ook een afvoer naar een nog lager gelegen polder. De ontstaansgeschiedenis van binnendijkse brakke wateren is zeer verschillend. Sommige zijn restanten van kreken die bij de inpoldering zijn achtergebleven. Een tweede categorie zijn de diepe meertjes, de wielen, die zijn gevormd tijdens dijkdoorbraken. Een derde categorie, die in het Waddengebied overigens nauwelijks voorkomt, zijn de inlagen. Ter voorbereiding op een te verwachten dijkdoorbraak werd in voral in Zeeland alvast op enige afstand landinwaarts een tweede dijk aangelegd. Het gebied tussen deze 1^e en 2^e dijk wordt een inlaag genoemd. Het brakke karakter van deze inlagen wordt tegenwoordig gebruikt bij de inrichting als Gouden randen van de Oosterschelde (plan Tureluur). De vierde groep bestaat uit wateren die gegraven zijn voor de afwatering van polders: sloten, watergangen,

spuiboezems enz. Tenslotte is er nog een restgroep van bijvoorbeeld kleiputten, bomkraters enz. De ontstaansgeschiedenis heeft echter weinig invloed op de milieuomstandigheden en de levensgemeenschap van deze brakke wateren. Die worden grotendeels bepaald door de hydrologische situatie.

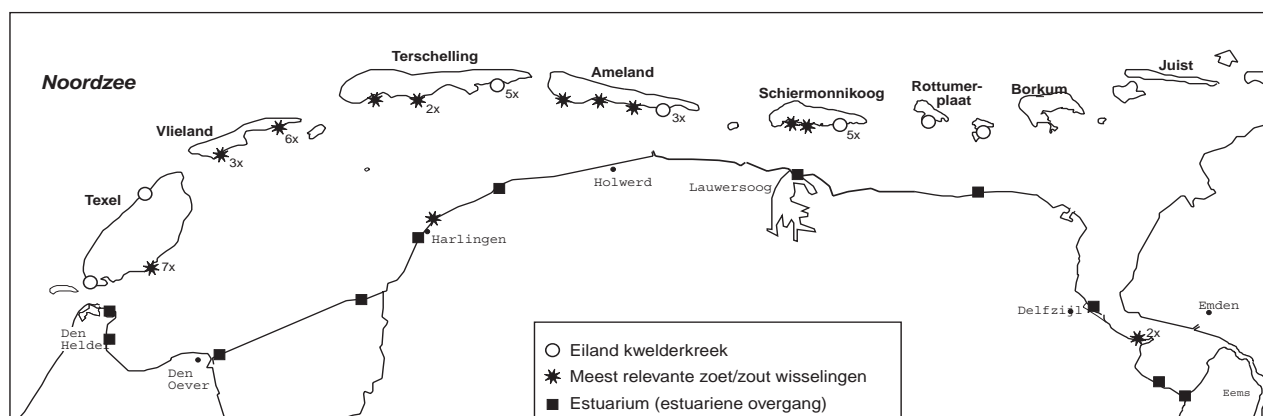
Binnendijkse brakke wateren worden slechts in uitzonderingsgevallen beïnvloed door het getij. In de meeste gevallen legt het zoute kwelwater een dermate lange weg door de bodem af dat alleen sprake is van jaarlijkse fluctuaties in het zoutgehalte onder invloed van de rechtstreekse regenval of de afvoer van neerslagwater uit het omringende polderland. Het gemiddelde zoutgehalte en de zoutgehaltefluctuaties in dergelijke wateren worden bepaald door de verhouding tussen de hoeveelheid zoute kwel en de zoetwateraanvoer in relatie tot de oppervlakte en het volume van de plas.

3.2 Huidige situatie van estuariene gradiënten in het Waddengebied

Op dit moment is het Eems-Dollard estuarium de enige grootschalige estuariene overgang die Noord-Nederland rijk is. In de gehele Waddenzee komen nog vier min of meer vergelijkbare overgangen voor: de Weser, Elbe, Eider (met een dam met spuisluis en gemaal in de bovenloop en een stormvloedkering in de benedenloop) en de Varde Å.

In figuur 1 wordt weergegeven waar in het Waddengebied sprake is van afvoer van zoewater en waar de verschillende typen voorkomen.

Figuur 1
Overzicht van zoet-zout overgangen in de Nederlandse Waddenzee



In de huidige situatie zijn er vooral de plotselinge zout-zoet-wisselingen, vrijwel geen supralitorale poelen, weinig brakke binnendijkse gebieden en nog slechts één echt estuarium. Dit in tegenstelling tot de oorspronkelijke situatie waarin er geen of nauwelijks zoet-zout-wisselingen waren en wel veel estuaria met vrije uitstroom en doorgang voor migrerende organismen.

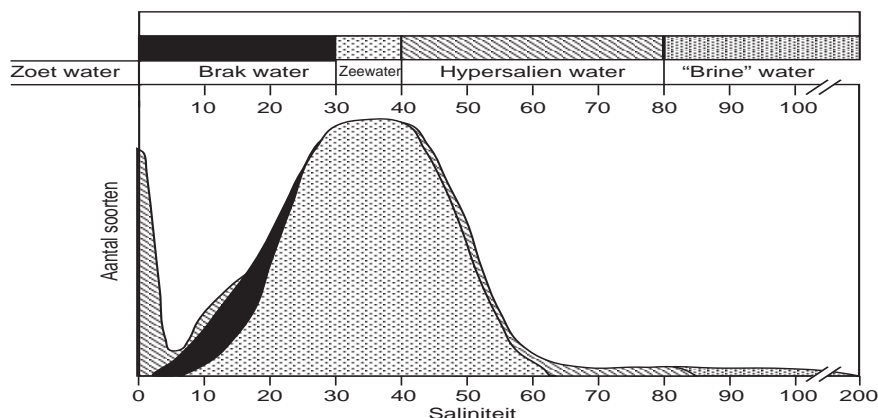
3.3 De relatie tussen zoutgehalte en het voorkomen van soorten

Het voorkomen en de groei van planten- en diersoorten langs estuariene gradiënten wordt voor een belangrijk deel bepaald door het zoutgehalte. Daarnaast bepalen ook de samenstelling van het sediment, de stroomsnelheid, de hoeveelheid opgeloste stof, overvloedingstijd, verontreinigingen, de zuurstofverzadiging en de aanwezigheid van voedsel en predator- of prooi-soorten mede het voorkomen van een soort.

In gebieden met een zoutgehalte tussen marien en zoet liggen voor vrijwel alle aquatische soorten kritische grenzen met betrekking tot het zoutgehalte, die het voorkomen en verspreiding beperken. Deze zoutgehaltetolerantie is onder meer afhankelijk van de levensfase van een organisme, de temperatuur en de zuurstofverzadiging van het water.

De overgangsgebieden tussen de zee en het zoete water worden bewoond door een beperkt aantal euryhalie soorten (=soorten met een brede zoutgehaltetolerantie), afkomstig uit de zee of het zoete water, en een klein aantal 'echte' brakwatersoorten. In het algemeen zien we een verloop in de soorten diversiteit zoals als in de kromme van Remane, in figuur 2 (Remane, 1934).

.....
Figuur 2
 Curve van Remane (Kinne, 1971)



Het kleinste aantal soorten wordt gevonden bij een zoutgehalte tussen 3 en 5‰ Cl⁻. Dit gebied vormt min of meer de grens tussen de mariene soorten en de zoetwaterbewoners. In dit traject treden grote veranderingen op in de ionensamenstelling van het water. Deze veranderingen kunnen de primaire oorzaak zijn van deze ecofysiologische barrière tussen zoet en zout water (Kinne, 1971). Bij lagere zoutgehaltes neemt de soorten diversiteit weer toe, vooraf doordat de zoetwaterfauna in dit traject toeneemt.

Dit patroon, waarbij een minimum in het aantal soorten bij 3-5‰ Cl⁻ aangetroffen wordt, werd zowel voor macro-algen, macro-evertebraten, als voor vissen gevonden (Boer en Wolff, 1997).

Schommelingen in het zoutgehalte, meestal als gevolg van de getijden, beïnvloeden het voorkomen van organismen. De aanpassing aan voortdurend wisselende lage zoutgehaltes is moeilijker dan de aanpassing aan een blijvend laag zoutgehalte. Dat blijkt als de verspreiding van soorten in een relatief stabiele zoutgradiënt (Oostzee) vergeleken wordt met dezelfde soorten die voorkomen bij fluctuerende zoutgehaltes, zoals die in estuaria optreden (Den Hartog, 1967 in Boer en Wolff, 1997). Dan blijkt dat mariene soorten in een stabiele gradiënt tot veel lagere zoutgehaltes voorkomen dan in een fluctuerende gradiënt.

Omdat de zoutgehaltefluctuaties in estuaria met grote regelmaat voorkomen, zijn gedragsaanpassingen een mogelijkheid voor de fauna deze omstandigheden te ontvluchten.

Het zoutgehalte in het sediment vertoont minder grote fluctuaties dan het zoutgehalte in het bovenstaande water, zodat ook bentische organismen minder schommelingen ondervinden.

3.4 Habitatdiversiteit

Een wellicht belangrijker argument dan soortendiversiteit voor het herstel van estuariene gradiënten is het vergroten van de habitatdiversiteit door het uitbreiden van het brakwaterareaal.

'Intermezzo'

"Het is als bij de alpiene gradiënt. Een gradiënt in hoogte en daaraan gekoppeld vele andere gradiënten, die tot uiting komen in tal van biotische en abiotische aspecten. We zien daarmee vele habitats: de laaggelegen zone onder de boomgrens met loof- en vooral naaldbomen, de zone met struiken en de soortenrijkdom van de alpenweide. Hoger gelegen, de soortenarme, kale steenhellingen en tenslotte de met sneeuw en ijs bedekte hoogste bergtoppen. De lappendeken van habitats maakt de Alpen zo bijzonder. Een steenhelling op circa 2500 m. hoogte is bepaald niet interessant uit het oogpunt van soortendiversiteit, toch vormen deze hellingen een essentieel onderdeel van de totale alpiene gradiënt".

Het soortenarme brakwaterareaal, als kenmerkend onderdeel van een estuariene gradiënt, is thans vrijwel verdwenen. Vanuit de compleetheid van de estuariene gradiënt, de compleetheid van het Waddenzee-ecosysteem is de vraag dan ook niet zozeer óf het brakwaterareaal moet worden hersteld, maar in welke omvang en met welke karakteristieke eigenschappen. Naar een minimale, maximale of optimale areaalgrootte zal nader onderzoek moeten worden gedaan.

3.5 Productie

De primaire productie per oppervlakte-eenheid van de estuaria in het Waddengebied is, vergeleken met de eigenlijke Waddenzee, laag (Van der Hoek et al., 1979).

De biomassa van de bodemfauna in brakwatergebieden is vaak lager dan in meer zeewaarts gelegen gebieden (Michaelis, 1983). Gegevens over de macrozoöbenthosproductie in de brakwaterzone van west-Europese estuaria zijn niet bekend, Amerikaanse onderzoeken wijzen regelmatig op een grotere productie in de rivierwaartse delen dan in de zeewaartse delen van het estuarium (Montagna & Kalke, 1992; Wilber, 1992 in Boer en Wolff, 1997). Deels is de lage biomassa in de estuaria misschien toe te schrijven aan de stress door lage zoutgehalten, maar daarnaast zullen de hoge slibgehalten ook een rol spelen. Niet uit te sluiten is dat de waarnemingen een artefact zijn, veroorzaakt door de hogere verontreiniging van de meer rivierwaartse delen, of door de veelvuldige baggeractiviteiten.

De produktiviteit van het estuariene systeem staat echter los van de vorm van de estuariene gradiënt; in principe is het effect van een gemaal hetzelfde als dat van een spuisluis of een vrij afwaterende rivier. Door de grote troebelheid van estuaria is de produktieve zone vaak echter ver zeewaarts verschoven. De ontwikkeling van nieuwe estuariene gradiënten draagt echter niet bij aan verhoging van de produktiviteit van het fytoplankton en de rest van het ecosysteem.

3.6 Kinderkamerfunctie

In estuariene gebieden zoals het Eems-Dollard gebied komt veel juveniele platvis voor (Jager et al., 1993; Jager, 1999-1) maar het belang van estuariene gebieden als opgroeigebied voor jonge vis is vooralsnog niet duidelijk. Onderzoek naar het voorkomen van jonge platvis in de Eems toont aan dat er een relatie bestaat tussen het voorkomen van bot en schol enerzijds en de saliniteit anderzijds (Kleef en Jager, 1999). Veranderingen in saliniteit zullen derhalve een effect hebben op het voorkomen van bot en schol en daarmee op de kinderkamerfunctie.

3.7 Natuurbeleving

Voor veel mensen is natuurbeleving een belangrijke waarde. Directe natuurbeleving vormt één van de belangrijkste motivaties voor het beschermen van natuur (Zoest, 1994). Het vormen van een uniek landschap draagt bij aan de natuurbeleving van recreanten. De mate waarin dit element de waarde van estuariene gradiënten (mede)bepaalt is subjectief. Samenvattend is dus de meerwaarde van het scheppen van nieuwe estuariene gradiënten het verhogen van de biodiversiteit en het creëren van betere trekmogelijkheden voor diadrome vissen.

4 Vismigratie

Een belangrijk onderdeel van het herstel van estuariene gradiënten in het Waddengebied is het herstel van de migratie van vissen tussen het zoete water en de zee. Van de 11 diadrome vissoorten zijn er in Nederland inmiddels 4 verdwenen, en bevinden zich 5 op de rode lijst van het Trilaterale Waddengebied met de status van kwetsbare of bedreigde soort. Het grootste knelpunt in de levenscyclus van deze soorten zit in het algemeen in de bereikbaarheid van de paaigebieden en habitatverlies (Jager, 1999-2). In het rapport Visintrek Noord-Nederlandse kustzone wordt een overzicht gegeven van de vissoorten en hun habitateisen waarvoor het belangrijk is een onbelemmerde doortrekmogelijkheid te realiseren. Samen met het overzicht van de locaties waar thans zoetwater afstroomt naar de Waddenzee en de waterbouwkundige constructies die vrije vistrekk belemmeren (zie figuur 1), biedt het onderzoek aanknopingspunten om per locatie tot verbetering over te gaan. Het "Beslisschema Vis" zoals dat in het rapport is gepresenteerd, biedt na keuze van een locatie, houvast voor te nemen maatregelen.

Op een aantal locaties is een specifiek op het opheffen van de belemmering tussen zoet- en zoutwater gerichte maatregel genomen. Bij Eijerland op Texel is een vishevel in gebruik genomen. Hiermee wordt vooral stekelbaars vanuit de Waddenzee overgebracht naar de zoete poldersloten. Deze maatregel is overigens vooral bedacht om de voedselvoorziening van de lepelaar te verbeteren.

Minstens zo belangrijk als het herstel van migratiemogelijkheden is het behouden van de nog aanwezige vrije doortrekmogelijkheden. In dit verband is het van groot belang het ongestoorde estuariene karakter van de Eems te behouden.

Eén van de meest in het oog springende negatieve gevolgen van afsluiting zoals deze nu nog waarneembaar is, zijn de visziekten die bij de platvissoort bot voorkomen nabij spuisituaties in de Waddenzee. Het betreft vooral een bacteriële infectie die huidzweren veroorzaakt. Vooral de situatie bij de twee spuisluizen in de Afsluitdijk was in 1988 reden voor alarm en onderzoek.

5 Visziekten onderzoek

In 1996 werd evenals in 1988 en 1994 onderzoek gedaan naar het voorkomen van visziekten in de Waddenzee met speciale aandacht voor de problematiek rondom de spuisluizen in de Afsluitdijk. (Vethaak et al 1999).

Er werden 5339 botten gevangen op 10 locaties in de Waddenzee, Eems-Dollard en IJsselmeer juni en september. De bot werd onderzocht op algemene conditie en de aanwezigheid van huidzweren, vinrot, wratziekte en genezen wonden. Na de aanvankelijke daling van het percentage huidzweren in 1994 t.o.v. 1988 is het percentage zweren bij bot in de directe omgeving van de spuisluizen in de Waddenzee in 1996 ten opzichte van 1994 gestegen. Bij de Afsluitdijk naar een niveau van 18,0 tot 32,4 % bij de Afsluitdijkspuisluizen. De zweervoorkomens zijn echter nog wel 20 tot 40 % lager dan welke werden waargenomen in 1988.

Het voorkomen van vinrot bleef in 1996 vrijwel onverminderd op het relatief lage niveau van 1994 (0,7 %). Het voorkomen van wratziekte toont over de hele Waddenzee een verdergaande daling in 1996 t.o.v. voorgaande jaren en bedraagt gemiddeld 0,6 %.

Handhaving van het op zich gunstige spuiwaterbeheer zoals dat in 1991 werd ingesteld (Janssen et al 1995) heeft in 1996 niet geleid tot een verdere daling van het optreden van huidzweren bij botten.

Hoewel door de maatregelen ter bevordering van de vistrek sinds 1991 de situatie dus verbeterd is, viel die in 1996 dus weer enigszins tegen. In Janssen et al. (1995) werd overigens aangetoond dat de maatregel uit 1991 wel een toename van bot in het IJsselmeer tot gevolg had. De mogelijkheid tot visintrek was dus wel verbeterd. Maar een verdergaande optimalisatie is nodig. De aanbeveling hiertoe werd beschreven in Janssen et al 1995. De intrek van bot kan worden geoptimaliseerd door in het spuibeheer als uitgangspunt te nemen: s'nachts alle spuideuren heffen op 50 cm., en overdag spuien voor zover nodig in verband met de afvoer van overtollig IJsselmeerwater.

Nadat de belangrijkste oorzaak van het optreden van huidzweren bij bot zoveel mogelijk is weggenomen via een optimalisatie van het spuibeheer, zal verdere aandacht moeten worden geschonken aan de overige mogelijke ziekteoorzaken waaronder de algemene waterkwaliteit direct in de nabijheid van de spuisluizen. Uit het onderzoek van Vethaak et al (1999) volgen sterke aanwijzingen dat chemische vervuiling bij het ontstaan van huidzweren een belangrijke rol kan spelen.

Extra punt van zorg vormt het spuien van polderwater uit de Wieringermeer sinds 1997 rechtstreeks in de Waddenzee in het gebied direct in de nabijheid van de spuisluizen bij Den Oever, het gebied met de hoogste percentages huidzweren.

Het is ook de vraag in welke mate de ruwe wanden van de spuiokers verantwoordelijk zijn voor de waargenomen schaafwonden bij bot. Deze beschadigingen treden mogelijk op tijdens spuien van water waarbij bot weer wordt uitgespoeld naar de Waddenzee. De kans op zweervorming wordt door die schaafwonden sterk vergroot (Vethaak et al , 1999).

6 Kansrijke locaties voor herstel

Of een locatie kansrijk is hangt af van de aanwezigheid van, of het betrekkelijk eenvoudig kunnen creëren van, de voor een estuariene gradient noodzakelijke elementen zoals een hoeveelheid zoetwater, vrij afwaterend in zee, een geschikte morfologische structuur, een aanbod van organismen, dat alles passend in de kenmerkende dynamiek in tijd (seizoenen, getij) en ruimte (minimum areaal voor brakwatersoorten).

Op grond van deze elementen komt het IJsselmeer/Afsluitdijkgebied, het Lauwersmeer in eerste instantie in aanmerking. Ook de Westerwoldsche Aa voldoet aan het gestelde.

Tenslotte is het duidelijk dat behoud van het Eems-estuarium van groot belang is.

Hoeveel zoetwater per tijdseenheid nodig is voor een estuariene gradient van betekenis wordt momenteel nader onderzocht. Onderzoek naar de effecten van de ontpoldering bij Kroon's Polders op Vlieland (Janssen en Veldt, van der, 1999 in prep) en een herstel van de invloed van zee bij Groene Strand Terschelling moet nog uitwijzen of projecten van deze omvang bijdragen aan het herstel van estuarine gradiënten. Overigens kunnen andere doelstellingen dan bovengenoemd voldoende reden voor uitvoering van dergelijke projecten zijn.

In het kader van hernieuwd beheer van de vastelands kwelders wordt onderzoek gedaan naar de vrijere afstroom van eb water. Het meer natuurlijke patroon van kweldergeulen dat zal ontstaan zal een gunstige invloed kunnen hebben op de vorming van supralitorale poelen op de vastelands kwelders.

Het creëren van een geleidelijke zoet-zout gradiënt in stilstaande wateren zal in ieder geval de terugkeer mogelijk maken van soorten als het zuiderzeekrabbetje (*Rhithropanopeus harrisii*) en de zuiderzeeschijfslak (*Corambe batava*). Daarnaast zullen soorten als ruppia (*Ruppia maritima* en *R. cirrhosa*), de trompetkokerworm (*Ficopotamus enigmatica*) en het brakwater-hoorntje of Jenkins' waterhoren (*Potamopyrgus antipodarum*) mogelijk het gebied koloniseren.

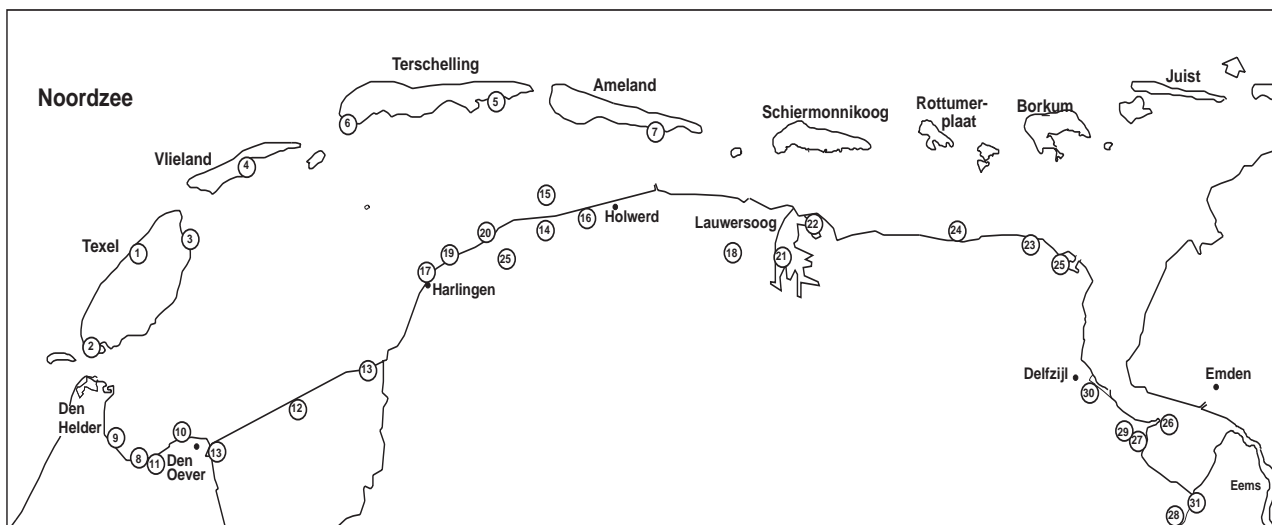
Diadrome of trekvissen zijn vanzelfsprekend gebaat bij open estuariene overgangen. Sluizen belemmeren de trek van en naar zee. Via dammen en gemalen is zelfs niet of nauwelijks trek mogelijk. Verwacht wordt dat het verwijderen van fysieke barrières een positief effect heeft op de paling-, dunlipharder-, bot-, rivierprik-, zee-prik-, zeeforel-, fint-, spiering- en driedoornige stekelbaarsbestanden. Ook voor enkele evertebratensoorten als de chinese wolhandkrab en de langneussteurgarnaal zullen de maatregelen positieve effecten hebben.

De kansrijkheid van een locatie wordt overigens in hoge mate bepaald door sociaal-economische en maatschappelijke ontwikkelingen.

Voor het communicatie-traject over mogelijke herstel projecten wordt telkens per locatie bekeken wat de meest geschikte aanpak is. Voor de Westerwoldsche Aa en de Afsluitdijk is reeds een begin met het communicatie-traject gemaakt. In het Beheersplan Waddenzee 1996 - 2001 (1996) en het bijbehorende Maatregelen Programma (MPW) wordt aangegeven dat een breed gedragen visie op het herstel van estuariene overgangen moet worden ontwikkeld. Het project OVERGANG, de daaruit voortvloeiende rapportages en de onderhavige eindrapportage bieden een inhoudelijke bijdrage aan die discussie die in de komende tijd zal worden gevoerd. Ter voorbereiding hierop is een

brochure uitgebracht met een aantal voorbeeld projecten waar al sprake is van herstel of ten minste van vergaande plan- of idee-vorming ten aanzien van herstel van estuariene gradiënten en gradiënten van land naar water. In de brochure *Gevoel voor Zout* (1996) wordt een aantal concrete projecten beschreven van de Zeeuwse Delta tot aan de Eems-Dollard die alle zijn voortgekomen uit een manier van denken die ontstaat wanneer mensen een stap terug doen in het willen sturen en dwingen van de natuurlijke omgeving. Meer ruimte voor natuurlijke processen, zoals dat ook in het rapport *Meegroeien met de Zee* (WNF, 1997) werd beschreven, leidt als vanzelf tot de uitdaging om op intelligente wijze het spel tussen land en water mee te spelen. Maar er zijn nog wel veel weerstanden tegen de gedachte om natuurlijke getijdedynamiek en zoutinvloed meer ruimte te geven. Problemen van technische aard, emotionele weerstanden en benodigde financiën, die gemakkelijker aan concretere projecten met een economisch, korte termijn belang worden uitgegeven, vormen nog tal van barrières voor grote herstelmaatregelen. Toch laten de voorbeeld projecten uit de brochure *Gevoel voor Zout* (1996) zien dat het kan en de resultaten van het project **OVERGANG** laten zien dat het de moeite waard is om met zoveel mogelijk mensen het pad naar herstel verder te bewandelen.

Figuur 3
Overzicht van projecten en ideeën in het kader van herstel gradiënten in het Waddengebied (overgenomen van themagroep gradiënten)



LOCATIE	KWELDERS/PLATEN	ZOET-ZOUT OVERGANGEN	BRAK BINNENDIJKS	VISINTREK
Texel		1. Slufter/v geleidelijke overgang naar duinen	2. Moksloot Rond de Bol/i herstel brak	3. de Cocksdorp/u-1995 vishevel
Vlieland		4. Kroonspolders/u-1996 herstel getij-Invloed in enkele polders		
Terschelling	5. De Grië/u-1989 kwelderlandverdediging	6. Groene Strand/u-1996 herstel getij-Invloed		

LOCATIE	KWELDERS/PLATEN	ZOET-ZOUT OVERGANGEN	BRAK BINNENDIJKS	VISINTREK
Ameland	7. Neerlandsreid/g-1999 kwelderrandverdediging			
Noord- Holland	8. Normerven/u-1995 herstel 9. v.Ewijksluijschor/v tegengaan erosie 10. Vatrop/v ontwikkelingsmogelijk- heden nagaan	11. Amstelmeer/i herstel brakwater-zone		
IJsselmeer		12. Afsluitdijk/i geleidelijker overgang		13. Kornwerderzand en Den Oever/s-1991 spuiregime aangepast
Friesland	14. Noord-Friesland- Buitendijks/i.u. realisering uitgestrekt kweldergebied 15. Kwelderwerken/i.u. vanaf 1985 aanpassen afwateringspatroon Kwelderwerken/i.u. vanaf 1989 aanpassen rijshoutdammen	16. Noord-Friesland- Buitendijks/i zoet-waterinlaat	17. Hegewierster fjild/g zoute kwel 18. Anjumerkolken (105 ha)/u-1995 zoute kwel vergroot	19. Roptazijl/p vishevel 20. Zwarte Haan/p vishevel
Lauwers- meer		21. Lauwersmeer/i herstel getij-invloed		22. Lauwersoog/i spuiregime aanpassen
Groningen	23. Noordpolderzijl/i.u. onderzoek duurzaamheid rijshout 24. Kwelderwerken/i.u. vanaf 1985 aanpassen afwaterings-patroon Kwelderwerken/i.u. vanaf 1989 aanpassen rijshoutdammen		25. Ruidhorn/i.u. (Emmapolder) 100 ha zoute kwel	
Eems- Dollard	26. Punt van Reide/ gestart in 1997 extensivering onderhoud kwelderrandverdediging	27. Breebaart/p herstel getij-invloed 28. Schanskerrakken/p brakwater zone		29. Termunterzijl/p vispassage 30. Damsterdiep, Eemskanaal, Duurswoldkanaal, Termunterzijl 31. Westerwoldsche Aa/i spuiregime aanpassen

LEGENDA

i = idee
g = gereed
p = plan
s = sinds

v = verkenning
u-1995 = uitgevoerd in 1995
g-1996 = gereed in 1996
i.u. = in uitvoering

7 Saliniteitsmodellering

Onderzoek naar de mogelijkheden voor herstel van een estuariene gradiënt rond het Afsluitdijkgebied vindt de komende jaren plaats. Ter voorbereiding op dit locatie-gerichte onderzoek werd één aspect nader bestudeerd, namelijk een wijziging in het spuibeheer. Er werd uitgegaan van een situatie waarbij de Afsluitdijk als zodanig blijft bestaan, maar doormiddel van ander spuibeheer wordt het beschikbare water in ruimte en tijd herverdeeld.

Met behulp van saliniteitsmodellering worden de gevolgen van een aantal spuiscenario's bestudeerd.

De feitelijke hoeveelheden water die per tij in de periode maart t/m september 1988 en 1992 werden gespuid bij Kornwerderzand en Den Oever werden ingevoerd in het waterbewegingsmodel WAQUA. Met behulp van het programma ANIMATE werden de gegevens afkomstig van deze berekeningen zichtbaar gemaakt (zie bijgevoegde cd-rom).

In de eerste plaats tonen de resultaten van de saliniteitsmodellering de grote invloed van de aanvoer van zoet water op het zoutgehalte in de Westelijke Waddenzee. Er zijn grote verschillen tussen voorjaar en najaar, tussen een droog en een nat jaar.

Voor een deel is die temporele variatie door de natuurlijke verschillen in aanvoer bepaald, maar daarnaast ook via waterkwantiteitsbeheer van Rijn en IJssel en IJsselmeer zoals die door de mens wordt beïnvloed. Zeker de ruimtelijke variatie wordt in belangrijke mate door de mens bepaald. Zo wordt ongeveer 3/5 deel van het IJsselmeerwater via Den Oever en 2/5 deel via Kornwerderzand gespuid. Deze keus heeft tot gevolg dat het gebied rond het Balgzand relatief zoet is, terwijl het gebied nabij Harlingen en het kombergingsgebied van de Vliestroom relatief zout is.

Bij de drie varianten in spuibeheer is telkens uitgegaan van de spuihoeveelheden van 1992:

Variant A: verdeling van de spui over de hele Afsluitdijk = 2,7 % per vak over in totaal 37 vakken (hypothetische spuiopeningen) langs de hele Afsluitdijk.

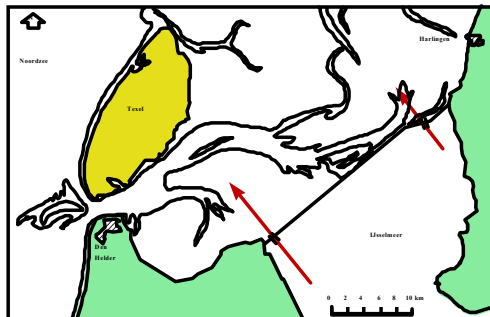
Variant B: verdeling van de spui volgens het profiel en de zoutverdeling van vóór de afsluiting van de Zuiderzee.

Variant C: al het water via Den Oever gespuid, terwijl Kornwerderzand geheel is afgesloten.

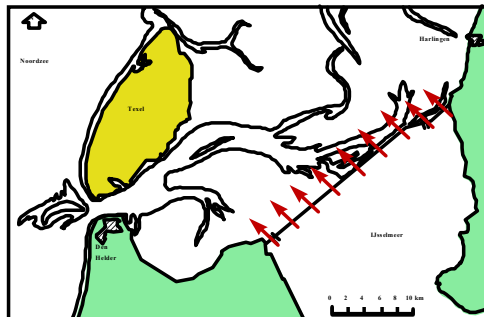
Deze varianten werden afgezet tegen de huidige situatie, zoals die ook in 1988 en 1992 was (figuur 4).

.....
Figuur 4

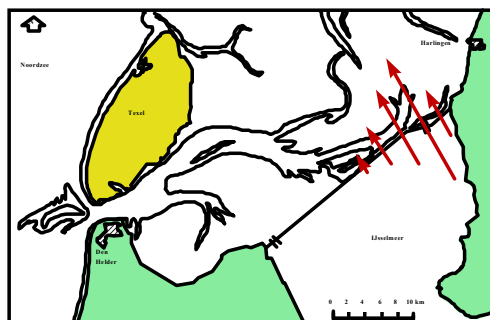
Grafische weergave van 3 varianten voor spui-beheer in de afsluitdijk t.o.v. de situatie 1988 en 1992. De lengte en positie van de pijl is een indicatie voor de hoeveelheid water dat op een bepaalde plaats wordt gespuid



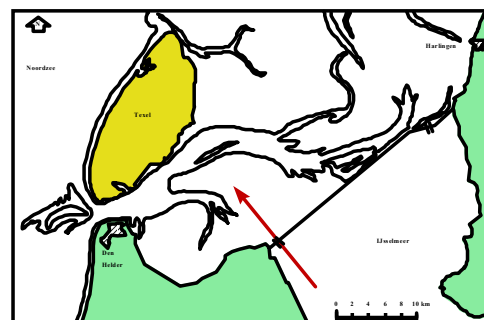
bestaande situatie voor 1988 en 1992



Variant A 35 extra spuilocaties



Variant B Zuiderzee situatie



Variant C Kornwerderzand gesloten

Het streven naar het herstel van een brakwaterareaal met een redelijke omvang is het uitgangspunt. Dit kan op basis van de resultaten van de scenario-berekeningen het best worden ingesteld door al het spuiwater te concentreren. Varianten B en C scoren beter dan de huidige situatie, variant A scoort slechter. Hoewel nader onderzoek naar de gevolgen voor het totale ecosysteem moet worden gedaan bij uitvoering van variant B of C, lijkt het in eerste instantie toch dat locatie Kornwerderzand (variant B) het meest in aanmerking komt. De verminderde uitwisseling en daarmee samenhangende langere verblijfstijden van het water in het meer oostelijk gelegen deel van de westelijke Waddenzee zorgen voor een estuariene gradiënt die zowel in ruimte als in tijd langer aanwezig is.

De gevolgen van het relatief zouter worden van het gebied ten noord-westen van Den Oever, bijvoorbeeld met betrekking tot de kinderkamerfunctie van het Balgzand voor jonge platvis, moeten nader worden onderzocht.

8 Vervolgonderzoek

De advisering over het herstel van estuariene gradiënten zoals in de beleidsnota's is opgenomen is gebaseerd op de huidige kennis. Die kennis is echter gebrekkig op veel punten. Een nauwkeurig omschreven streefbeeld van een estuariene gradiënt ontbreekt. Hoe ziet een optimale of minimale estuariene gradiënt er uit?

Voorspellingen over het bereiken van een doelstelling zoals het herstel van estuariene gradiënten zijn grotendeels gebaseerd op situaties van estuaria in verval, waarbij allerlei menselijke invloed reeds aanwezig is.

Ook is er nauwelijks kennis over het succes van reeds uitgevoerde herstelprojecten.

De hoofdvraag die overblijft voor de komende jaren is:

- welke tijd-ruimte aspecten zijn relevant voor (het herstel van) brakwaterareaal?
- "hoeveel zoetwater is er per tijd en ruimte nodig ter optimalisatie van een estuariene gradiënt"
- "welke andere parameters zijn voor herstel relevant"

Vergelijking van estuaria en zoet-zoutwisselingen in het (internationale) Waddengebied en in vergelijkbare gebieden elders kan eveneens het inzicht doen toenemen in de onderlinge relaties tussen die parameters die karakteristiek zijn voor estuariene gradiënten.

Tenslotte moet het bestuderen van locaties waar herstelprojecten zijn uitgevoerd inzicht geven in het succes van het herstel en de schaal waarop herstelprojecten zinvol zijn.

9 Literatuur

Beheersplan Waddenzee 1996 - 2001, 1996.

Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland. ISBN 90 3693 5113.

Boer, K. & W.J.Wolff, 1997.

Tussen zilt en zoet, voorstudie naar de betekenis van estuariene gradiënten in het Waddengebied; Rijksuniversiteit Groningen.

Doeglas, G., 1999.

Binnendijkse zoute kwelgebieden langs de Waddenzee. Werkdocument RIKZ/AB-99.602x.

Hartog, C., den, 1964.

Typologie des Brackwassers. Helgolaender wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 10, 377 - 390.

Dijkema, K.S., 1989.

Kwelders en schorren. In W.J. Wolff (Ed.), De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. SDU, Den Haag.

Gevoel voor Zout, 1996.

Brochure Integraal waterbeheer 8. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat. 24 p.

Hoek, C., van der, W. Admiraal, V.N. de Jonge & F. Colijn, 1979.

The role of algae and seagrasses in the ecosystem of the Wadden Sae: a review. In W.J.Wolff (Ed), Ecology of the Wadden Sae 3. 3/9 - 3/107. A.A.Balkema, Rotterdam.

Jager, Z., 1999-1.

Floundering. Processes of tidal transport and accumulation of larval flounder (*Platichthys flesus* L.) in the Ems-Dollard nursery. Ph.D.Thesis. ISBN 90-9012525-6.

Jager, Z., 1999-2.

Visintrek Noord-Nederlandse kustzone. RIKZ-99.022

Jager, Z., H.L. Kleef & P.Tydemann, 1993.

The distribution of 0-group flatfish in relation to abiotic factors on the tidal flats in the brackish Dollard (Ems Estuary, Wadden Sae). Journal of Fish Biology, 43, 31 - 43.

Janssen, G.M. en W. Bartelds, 1999.

De invloed van alternatiefspui-beheer Afsluitdijk op de saliniteit van de westelijke Waddenzee. RIKZ CD-ROM.

Janssen, G.M., G.D. Butijn, E.L. Enserink, P.J.F. de Graaf, T. van Heuvel, W.

Riesenkamp, M. van Wieringen, 1995.

Water en vis door de Afsluitdijk. Deel I. Evaluatie van onderzoek 1992 - 1994. Rijksinstituut voor Kust en Zee 95.018.

Janssen, G.M. & P. Vd Veldt, 1999 (in prep).

Herstel van de estuariene gradiënt in de Kroon's Polders op Vlieland. RIKZ OS-99...

Kinne, O., 1971.

Salinity-animals-invertebrates. *In* O.Kinne (Ed.), *Marine Ecology* 1,2. 821 - 995.

Kleef, H. & Z. Jager, 1999 (in prep).

Het functioneren van de Eems-Dollard als kinderkamer voor platvis. Deel 2. Initiële vestiging van schol, bot en tong in het intergetijdengebied. RIKZ. OS-99....

Meegroeien met de Zee, 1997.

Wereld Natuur Fonds. ISBN 90-74595-09-X.

Michaelis, H., 1983.

Intertidal benthic animal communities of the estuaries of the rivers Ems and Weser. *In* W.J.Wolff (Ed), *Ecology of the Wadden Sae* 1. 158 - 188. A.A.Balkema, Rotterdam.

Natuur in het natte hart, 1996.

Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied. 55 p.

Remane, A., 1934.

Die Brackwasserfauna. Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft auf der 36 Jahrverversammlung in Greifswald von 22 bis 24 Mai 1934, 7, 34 - 74.

Veldt, P. vd, 2000

Een onderzoek naar macrozoöbenthos in het sublitorale gedeelte van de derde en vierde Kroon's Polder op Vlieland. RIKZ/OS/2000.606x

Vethaak, A.D., J.P.F. Pieters, J.G. Jol, G.M. Janssen, 1999 (in prep).

Visziekten in de Waddenzee in relatie tot spuisluizen: een vervolgonderzoek in 1996. Rijksinstituut voor Kust en Zee *in prep.*

Zoest, J., van, 1994.

Effecten van openluchtrecreatie op natuurwaarden van de waddeneilanden, een literatuurstudie. Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee.