

Het beheer van de Wadden

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg
Texel, Holland

RAPPORT NRT-231

241909

Het beheer van de Wadden

De visie van de Werkgroep Waddengebied

Een onafhankelijk samenwerkingsverband
van 124 wetenschappelijke onderzoekers
uit Nederland, Duitsland en Denemarken.

RAPPORT NR. T-231

Het beheer van de Wadden

De visie van de Werkgroep Waddengebied

Geschreven door
Wim J. Wolff
met medewerking van
Michel Binsbergen

Figuren
Arjan Griffioen

Fotografen
Bert Aggenbach, NIOZ, pag. 49
Roel van Beek, RIN, pag. 22, 23, 30
Nol Binsbergen †, pag. 62, 64
Jan Heuff, pag. 39
Henk Hobbelenk, NIOZ, omslag, pag. 38, 53
Jan van de Kam, pag. 18
Joop van Osch, RIN, pag. 28
John Stoel, pag. 57
Svend Tougaard, pag. 13, 29, 34, 44, 48, 52
Paul Vogt, pag. 12
Harro de Vries, pag. 56

Tekening
Jos Zwarts, pag. 61

Vormgeving
Jaap en Michel Binsbergen

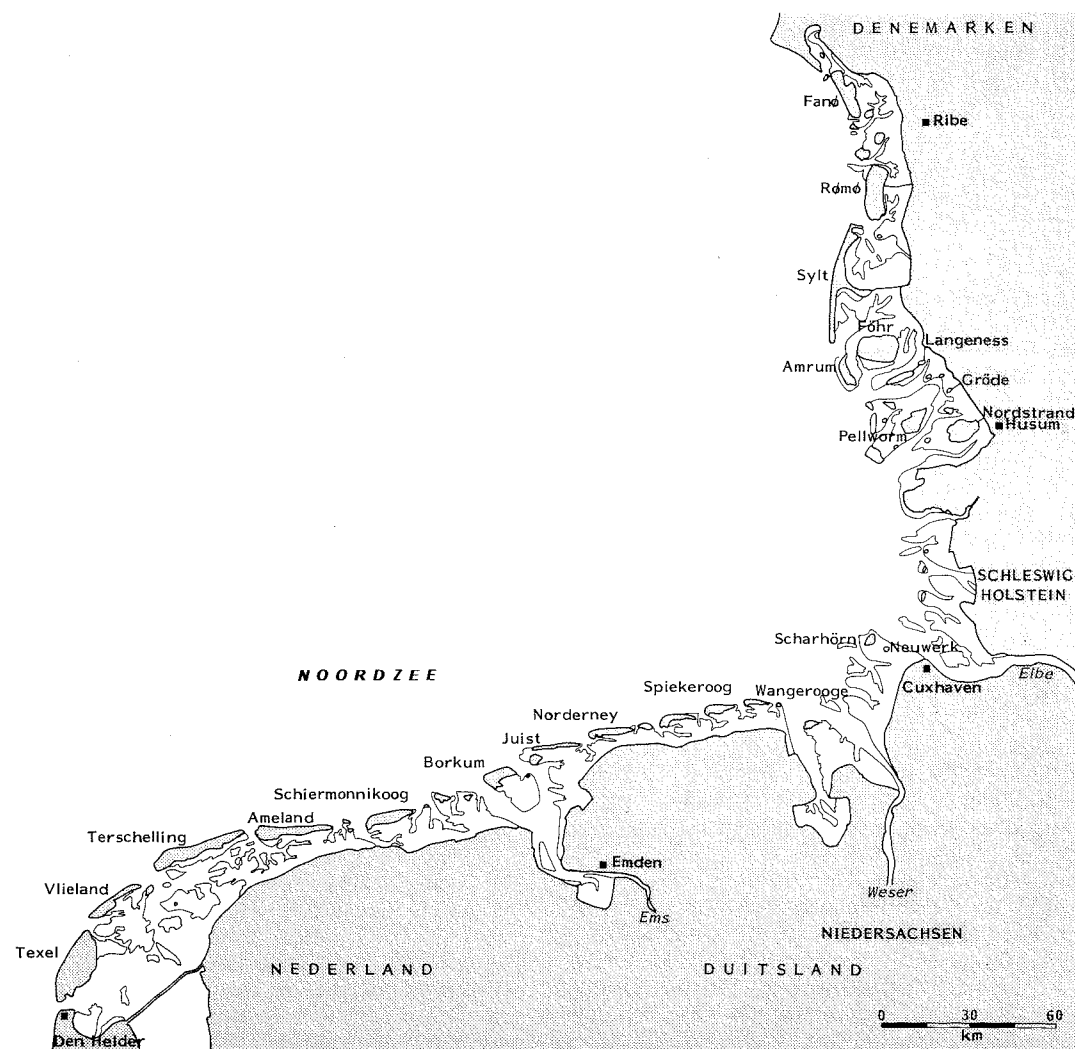
Druk
Handelsdrukkerij van 1874 bv
Leeuwarden

© 1985 Stichting Veth tot Steun aan
Waddenonderzoek, Arnhem

Het Beheer van de Wadden is gebaseerd op de gegevens en inzichten van

Dr. W. Admiraal (Haren), Drs. M. A. van Arkel (Texel), Drs. E. J. M. Arnolds (Wijster), Dipl.-biol. H.-J. Augst (Kiel), Prof. Dr. D. Bakker (†, Haren), Drs. J. P. Bakker (Haren), Drs. J. W. Baretta (Texel), Dr. P. H. Becker (Wilhelmshaven), Dr. J. J. Beukema (Texel), M. A. Binsbergen (Texel), Dr. G. C. Boere (Utrecht), Drs. J. J. Boomsma (Amsterdam), Dr. Ir. L. A. Bouwman (Haren), Drs. A. M. Brand (Leiden), G. Busche (Heide), Dr. B. Clausen (Kopenhagen), Dr. F. Colijn (Haren), Dr. F. Creutzberg (Texel), Drs. Irene Dankelman (Amsterdam), Dr. N. M. J. A. Dankers (Texel), Drs. K. S. Dijkema (Texel), Dipl.-biol. J.-D. Dittmer (Norderney), Dr. H. Doing (Wageningen), Dr. J. Dörjes (Wilhelmshaven), Dr. H. E. Drescher (†, Bremerhaven), Ir. C. A. Drijver (Leiden), Prof. Dr. J. C. Duinker (Kiel), Dr. H. J. During (Utrecht), Drs. B. S. Ebbinghe (Leersum), Dr. D. Eisma (Texel), Dr. F. B. van Es (Assen), Dr. K. Essink (Groningen), Dr. H. Farke (Bremerhaven), Cand.-mag. M. Fog (Kalø), Dr. M. Fonds (Texel), Dr. H. G. Fransz (Texel), Dr. F. Goethe (Wilhelmshaven), Dipl.-ing. G. Grosskopf (Stade), Dr. J. L. van Haaften (Arnhem), M. Sc. E. B. Hansen (Kalø), Dr. G. W. Harmsen (†, Hilversum), Dr. G. Hartman-Schröder (Hamburg), Prof. Dr. C. den Hartog (Nijmegen), Dr. P. F. van Heerd (Utrecht), Ir. J. H. Heijen (Roermond), Prof. Dr. B. Heydemann (Kiel), Prof. Dr. C. van den Hoek (Haren), Dr. D. Hoffmann (Schleswig), Dr. J. den Hollander (Amsterdam), W. Hollwedel (Varel), Dr. J. B. Hulscher (Haren), Dr. J. H. F. Jansen (Texel), M. Sc. M. Jespersen (Kopenhagen), Dr. W. Joenje (Haren), Dr. A. H. Joensen (Kalø), Drs. V. N. de Jonge (Haren), Drs. J. S. van der Kamp (Drachten), Drs. H. G. M. Ketner-Oostra (Wageningen), Prof. Dr. N. Kingo Jacobsen (Kopenhagen), Drs. A. J. Klarenberg (Utrecht), Dr. W. C. M. Klein Breteler (Texel), Drs. S. H. van der Kluit (Amsterdam), Prof. Dr. J. H. Koeman (Wageningen), Dr. D. König (Kiel), Dr. F. Koppe (Bielefeld), H. Kuhbier (Bremen), Dr. H. Kühl (†, Cuxhaven), Dr. B. R. Kuipers (Texel), V. van Laar (Amersfoort), Drs. P. Leentvaar (Leersum), Dipl.-

biol. G. Lemmel (Hannover), Drs. G. Littel ('s-Gravenhage), Dr. G. Londo (Leersum), Dr. G. Luck (Norderney), Prof. Dr. E. van der Maarel (Uppsala), Prof. Dr. H. Mann (Hamburg), M. Sc. H. Meesenburg (Esbjerg), H. Meltofte (Kopenhagen), Drs. J. Mennema (Leiden), Dr. H. Michaelis (Norderney), Prof. Dr. M. F. Mörzer Bruyns (Wageningen), Dr. M. G. Nielsen (Århus), A. Pedersen (Vordingborg), Drs. P. J. S. Polderman (Rockanje), Drs. K. H. Postuma (IJmuiden), Ir. D. Prins (Rhenen), Dipl.-biol. P. Prokosch (Kiel), Prof. Dr. E.-W. Raabe (†, Kiel), M. Sc. E. Rasmussen (Kopenhagen), Dr. G. Rauck (Hamburg), Dr. K. Reise (Göttingen), Prof. Dr. H. Remmert (Marburg), Dr. P. J. H. Reijnders (Texel), Prof. Dr. H.-E. Reineck (Wilhelmshaven), Dr. G. Th. de Roos (Vlieland), Drs. J. Rooth (Leersum), Dr. V. P. Saksena (Ohio), Prof. Dr. M. Schaefer (Göttingen), Drs. H. G. J. Schröder (†, Haren), Drs. C. J. Smit (Texel), C. Swennen (Texel), Dr. D. C. P. Thalen (Leersum), M. Sc. S. Tougaard (Esbjerg), J. F. de Veen (†, IJmuiden), Dr. H. J. Veenstra (Groningen), Prof. Dr. Ir. B. Verhoeven (Delft), Dr. J. Verwey (†, Schoorl), G. J. M. Visser (Terschelling), Prof. Dr. L. Vlijm (Amsterdam), Drs. E. J. Weeda (Leiden), Dr. S. Wellershaus (Bremerhaven), Dr. W. K. R. E. van Wingerden (Arnhem), Dr. A. J. Wiggers (Arnhem), Dr. A. van Wijngaarden (Leersum), Dr. P. A. W. J. de Wilde (Texel), J. Y. Witte (Texel), Dr. P. de Wolf (Texel), Ineke Wolff-de Boom (Texel), Dr. W. J. Wolff (Texel), Dr. B. O. van Zanten (Groningen), Drs. D. van der Zee (Enschede), Dr. J. J. Zijlstra (Texel), Prof. Dr. I. S. Zonneveld (Enschede) en Drs. L. Zwarts (Leeuwarden) en is samengesteld door Wim Wolff en Michel Binsbergen onder verantwoordelijkheid van de Stuurgroep Coördinatie Onderzoek en Beheer Waddengebied, bestaande uit Dr. J. J. Zijlstra (voorzitter), Dr. W. Joenje, Dr. J. van der Land, Prof. Dr. Ir. B. Verhoeven en Dr. A. J. Wiggers.



Kaart van de Waddenzee.

Voorwoord

Twintig jaar geleden werd in Nederland de Werkgroep Waddengebied opgericht, bestaande uit wetenschappelijke onderzoekers die door hun werk op een of andere wijze betrokken waren bij de Waddenzee. Aanleiding tot deze gebeurtenis was de zich in die dagen aftekenende bedreiging van het gebied door plannen als twee dammen naar Ameland, de Groningse "smeerpip" voor veenkoloniaal afvalwater en de inpoldering van het Balgzand. Men beseftte dat uitvoering van deze en mogelijk nog verder gaande plannen zou leiden tot verlies van het enige grote natuurgebied waarover ons land nog beschikte. Om de waarde van dit natuurgebied — wetenschappelijk maar ook maatschappelijk — aan te geven werd besloten de natuurwetenschappelijke waarden van het gebied tesamen met voorstellen voor beheer in een uitvoerige publicatie vast te leggen. Deze publicatie kwam in 1983 gereed en omvat een groot deel van de natuurwetenschappelijke kennis die omtrent de Waddenzee in de loop der jaren werd verzameld. Aan de publicatie "Ecology of the Wadden Sea" werkten 124 wetenschappelijke onderzoekers mee, uit Nederland, maar ook uit Duitsland en Denemarken, waar de Waddenzee op vergelijkbare wijze als in ons land bedreigd werd en wordt. Met het verschijnen van dit boek behoort de Waddenzee tot een van de best gedocumenteerde gebieden ter wereld.

Deze brochure geeft een beknopte samenvatting van het omvangrijke boek voor diegenen, die beleidsmatig, uit hoofde van hun beroep of uit pure interesse bij de Waddenzee-problematiek betrokken zijn en aan wie de tijd ontbreekt het complete werk te bestuderen. De brochure geeft een samenvatting van de huidige kennis over het gebied, inventariseert haar betekenis voor de mens, behandelt in kort bestek de vele bedreigingen waaraan het gebied is bloot-

gesteld en belicht tenslotte voorstellen voor het beheer van het Waddengebied.

In het recente verleden is in Denemarken, Duitsland en Nederland het besef gerezen, dat aan de kust van deze landen een rijke rand van de zee, de Waddenzee, ligt, die bescherming verdient. In alle drie landen is dit principe van regeringswege erkend, in Nederland b.v. door de Planologische Kernbeslissing Waddenzee. Reeds geruime tijd wordt gestreefd naar een overeenkomst tussen de drie Waddenzee-landen ter bescherming van het gebied. Toch is de bedreiging, zoals uit deze brochure blijkt, niet verdwenen, hoewel ze sinds het midden van de jaren zestig wel is afgenomen. De Werkgroep acht daarom het uitbrengen van deze brochure, opgesteld door Dr. W. J. Wolff, tevens hoofdredacteur van de volledige publicatie, met medewerking van M. A. Binsbergen, nog steeds op zijn plaats en hoopt hiermee een bijdrage te leveren aan het begrip over en beheer en behoud van Waddenzee.

Dr. J. J. Zijlstra

voorzitter
Werkgroep Waddengebied.



Voorkomen in Noordzee en Waddenzee van jonge scholletjes in het voorjaar.

De rijke wadden

Broedgebied van vogels die in de loop van het jaar de Waddenzee bezoeken.

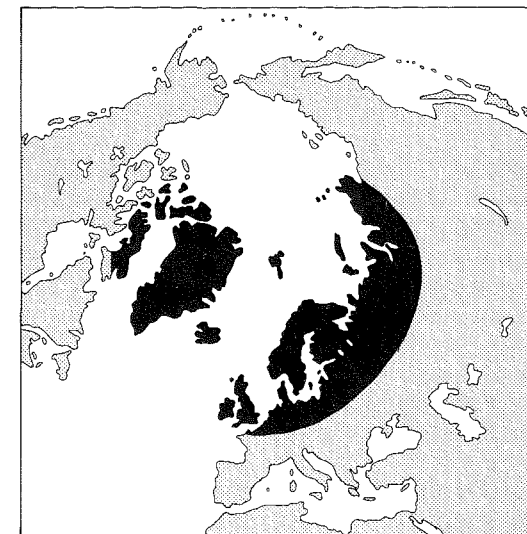
Op de hele wereld kwamen in het voorjaar van 1979 ongeveer 134.000 Rotganzen voor. Daarvan verbleven er in april 1979 125.000 of 92,5 % in het waddengebied langs de kusten van Nederland, Duitsland en Denemarken om voedsel te zoeken. De overige 9000 zaten op dat moment nog in de Wash Bay in Engeland en in het Nederlandse Deltagebied, maar men mag aannemen dat ook deze vogels kort daarop naar de Waddenzee zijn gevlogen.

Langs de kusten van NW-Europa en West-Afrika overwinteren ongeveer 750.000 kanoetstrandlopers. Dit is de totale broedpopulatie van een gebied dat reikt van NO-Canada, via Groenland en Spitsbergen tot in Midden-Siberië. Meer dan eens zijn er bijna 400.000 kanoetstrandlopers tegelijkertijd in de Nederlands-Duits-Deense Waddenzee waargenomen en het is zelfs aannemelijk dat vrijwel de hele populatie van deze vogelsoort tijdelijk de Waddenzee bezoekt om er voedsel te zoeken.

Het blijkt dat de Waddenzee een vitale rol speelt in het leven van zo'n 50 verschillende soorten vogels die afkomstig zijn uit een zeer groot deel van het noordelijk halfrond. Naar schatting gaat het daarbij om 6-12 miljoen vogels.

Ook voor vissen vervult de internationale Waddenzee een uiterst belangrijke rol. Van alle schollen die in de hele Noordzee worden gevangen, is 80 % in de Waddenzee opgegroeid. Van alle gevangen tong is naar schatting 50 % in de Waddenzee groot geworden. Dat wil zeggen dat van de jaarlijkse besomming van de internationale Noordzeevisserij vele honderden miljoenen gulden uiteindelijk uit de Waddenzee afkomstig zijn.

De rijkdom aan vis van de Waddenzee kan verder geïllustreerd worden met de schatting dat de gemiddelde dichtheid van vis in de orde van grootte van een vis per vierkante meter wadbodem moet liggen.

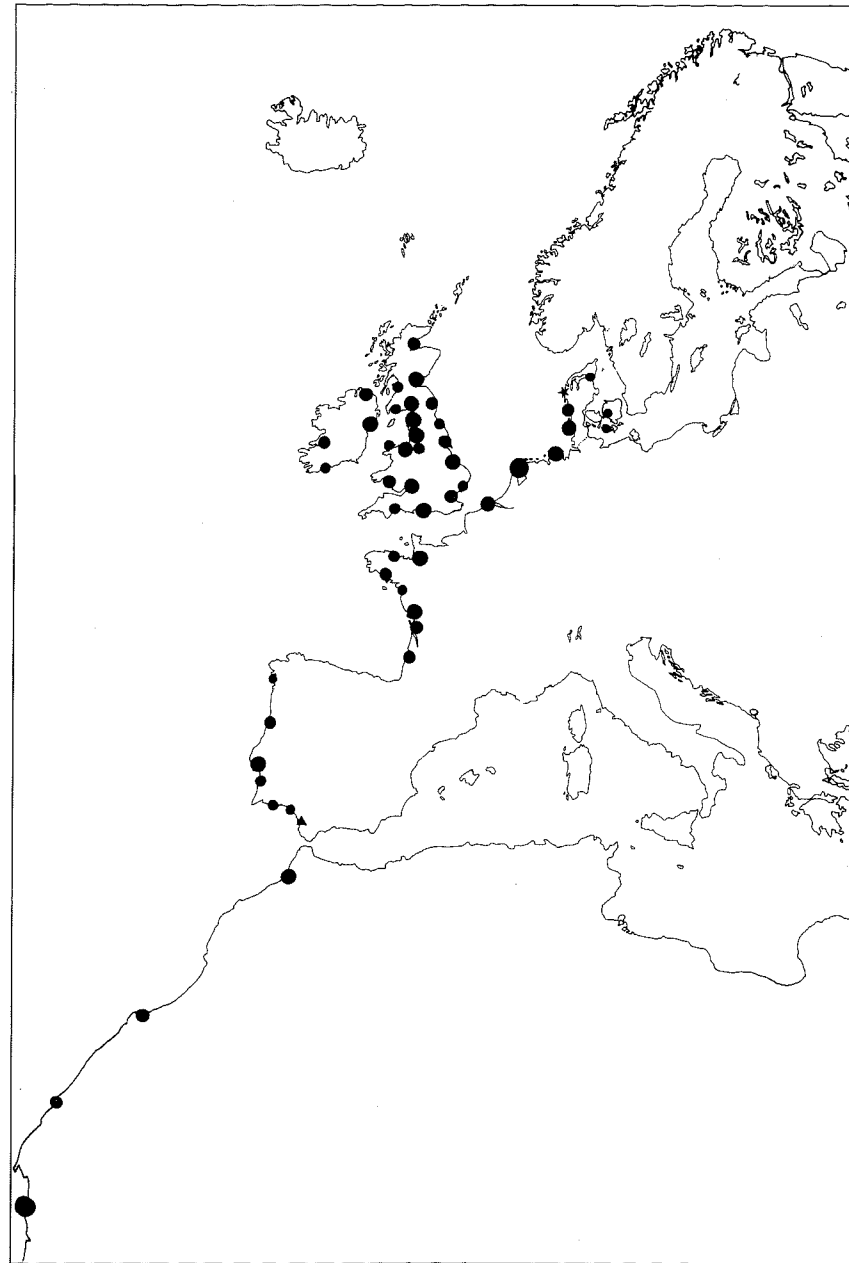


Dat wil zeggen dat er in de hele Wadden vele miljarden vissen leven.

Niet alleen vogels en vissen, maar ook de bewoners van de aangrenzende landen weten het waddengebied te waarderen. Zo vinden er jaarlijks in het waddengebied zo'n 30 miljoen toeristische overnachtingen plaats. De wadden zijn dan ook in Duitsland verreweg de meest gekozen binnenlandse vakantiebestemming.

De bezoekers komen overigens in de meeste gevallen niet in de eerste plaats voor de Waddenzee, doch voor de waddeneilanden. Naast de strandgenoevens die men elders ook aantreft, hebben deze eilanden veel meer te bieden. De duinlandschappen horen tot de mooiste van Europa, de planten- en dierenwereld is over het algemeen veel rijker dan die van het vasteland en er zijn gelegenheden te over om van nabij van deze rijkdom te genieten.

De bovenstaande voorbeelden illustreren overduidelijk dat de Waddenzee en de waddeneilanden in Nederland, Duitsland en Denemarken een buitengewoon rijk gebied zijn voor mensen, dieren en planten.



Een uniek gebied

De Waddenzee en waddeneilanden vormen niet alleen een buitengewoon rijk gebied. Het is bovendien zeer bijzonder, want vergelijkbare gebieden zijn er niet of nauwelijks op aarde.

Naast de karakteristieke planten- en dierenwereld zijn de wadden gekenmerkt door een rij van duineilanden, die beschutting bieden aan uitgestrekte, onbegroeide zand- en slikplaten die met elk getij droogvallen en weer onderlopen. Aan de landzijde worden deze droogvallende gebieden begrensd door kwelders, waarvan in de loop van de eeuwen echter het grootste deel is ingepolderd.

Ook de afmetingen van het wadden-gebied zijn bijzonder. De Waddenzee beslaat 8000 km², waarvan ruwweg 4000 km² bij laagwater droogliggen. De waddeneilanden beslaan 1000 km², zodat het totale wad-engebied ongeveer 9.000 km² groot is.

Zulke gebieden moet men met een lan- taarntje zoeken. Een blik op de kaart laat al zien dat er nergens in Europa een vergelijk- baar gebied bestaat. Gebieden die er aan verwant zijn, missen de eilandenreeks, zo- als bijvoorbeeld de Wash Bay in Engeland of zijn, als er wel een eilandenreeks is, zeer veel kleiner zoals de lagunen bij Venetië (500 km²).

De grootte van het getijverschil blijkt een zeer belangrijke factor. Bij zeer kleine ge- tijverschillen ontwikkelen zich langs vlakke kusten zeer lange schoorwallen met daar- achter lagunen waarvan het grootste deel nooit droogvalt. Langs de kusten van de Oostzee, de Middellandse zee en de Golf van Mexico zijn talrijke voorbeelden te vin- den. Bij zeer grote getijverschillen ontwik- kelen zich kusten zonder eilanden, zodat de zand- en slikplaten onbeschermt aan de open zee grenzen. Voorbeelden van deze kusten liggen bijvoorbeeld rond de Britse eilanden en in NW-Frankrijk.

Typische waddenkusten ontwikkelen

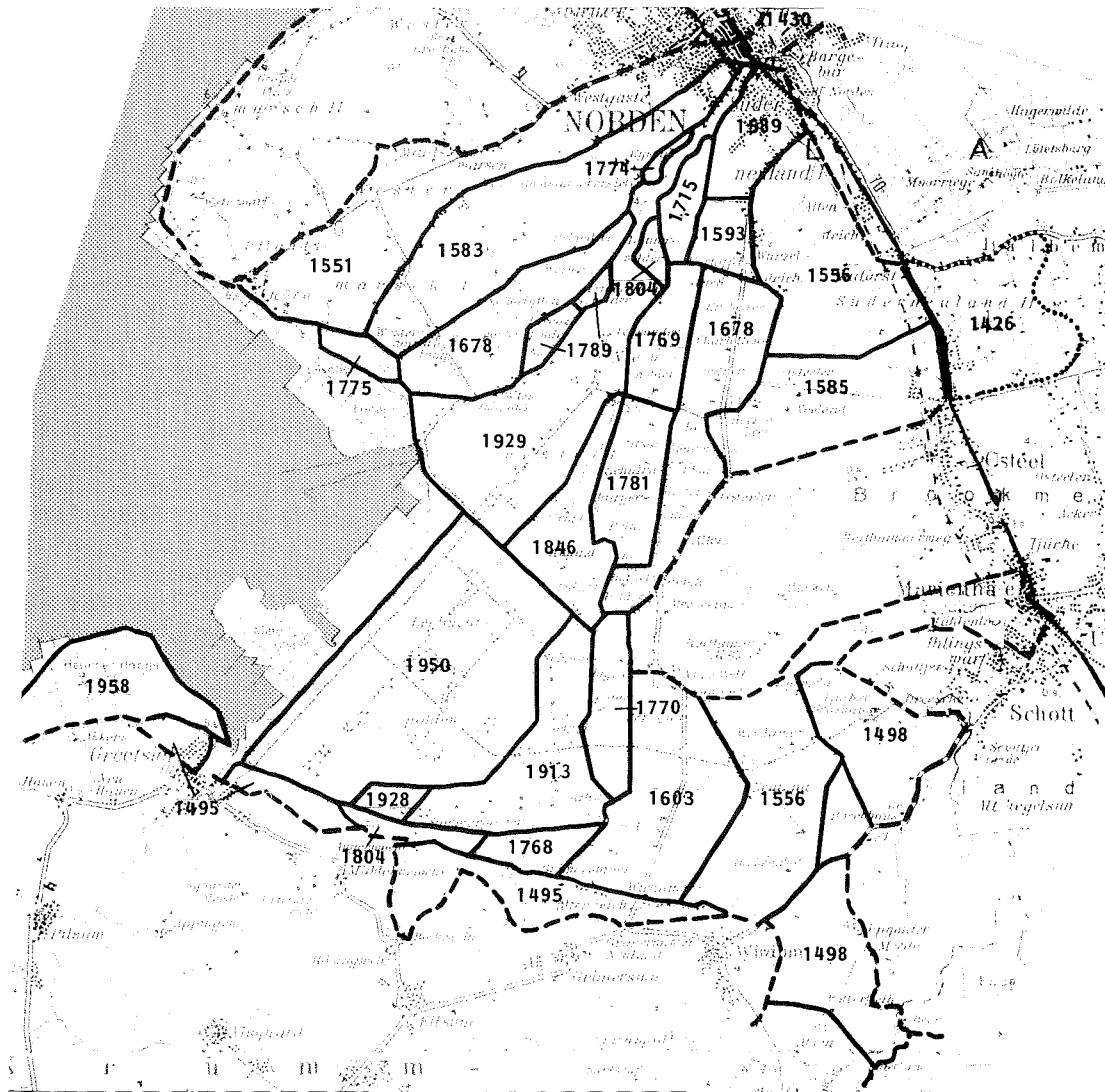
zich slechts bij getijverschillen tussen on- geveer 1 à 2 m en 3 à 4 m. Inderdaad varieert het gemiddelde tijdsverschil in het wadden- gebied tussen 1,36 m bij Den Helder tot 3,43 bij Husum in Duitsland.

De vegetatie is een andere factor die onze Waddenzee uitzonderlijk maakt. In de tropen en subtropen zijn met de Waddenzee vergelijkbare kusten meestal begroeid met mangrovebossen. Langs de oostkust van Amerika daarentegen zijn in Waddenzee- achtige gebieden de droogvallende wad- platen voor het overgrote deel begroeid met een hoogopschietende soort slikgras. In beide gevallen ontwikkelt zich een totaal an- der type landschap.

Er blijft dus slechts een beperkt deel van de wereld over waar nog een "Waddenzee" zou kunnen liggen. Hier en daar blijken in- derdaad kleine gebieden van een zelfde ka- rakter voor te komen, zoals bijvoorbeeld in Alaska, doch in alle gevallen blijft de opper- vlakke ver achter bij die van onze Wadden- zee. De conclusie moet dus wel zijn dat er maar één Waddenzee op de wereld is.

De betekenis van de Waddenzee is ook op andere wijze te demonstreren. In getijden- gebieden en estuaria zijn de bij laagwater droogvallende platen veelal de voedselrijk- ste delen voor vogels en vissen. De opper- vlakke van deze droogvallende platen in de Waddenzee kan vergeleken worden met die in andere kustgebieden. Het blijkt dan dat van alle droogvallende platen die waar dan ook in Europa en in Noord-Afrika tot aan de mangrovenkusten te vinden zijn, er bijna 60 % in de Waddenzee ligt. Evenzo zijn, on- danks de eeuwenlange inpolderingen, nog ongeveer 20 % van alle kwelders in Europa langs de Waddenzee te vinden.

Dankzij de aanvoer van grote hoeveelheden zand en slib kan de Leybucht, een zeearm van NW-Duitsland, in de loop van eeuwen worden ingepolderd.



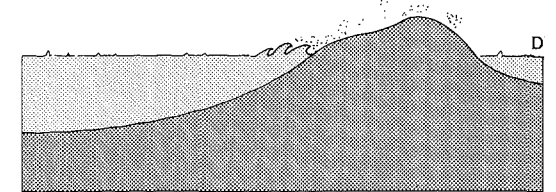
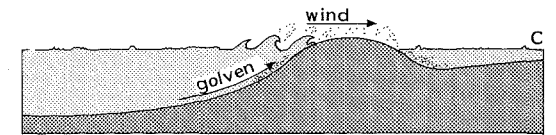
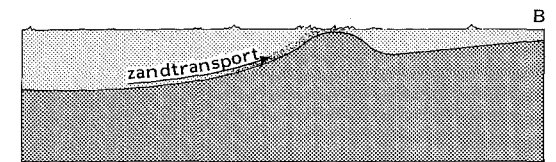
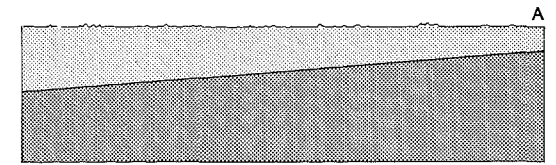
Wordingsgeschiedenis

Ontwikkeling van een strandwal. De tekeningen geven een dwarsdoorsnede in de loop van de tijd.

De Waddenzee is ontstaan door de werking van wind, golven en getijden op een vlakke, zandige kust. Op elke zandige kust die flauw vanuit zee oploopt, zullen de golven van de open zee op een bepaalde diepte in contact komen met de zeebodem. Vanaf dit punt kunnen de golven zand verplaatsen in de richting van de kust. De ophoping van zand in ondieper water leidt tot de vorming van zandbanken evenwijdig aan de kust. Uiteindelijk kunnen die boven water komen en zich ontwikkelen tot strandwallen. Zonder getijden zou zich ongetwijfeld een lange strandwal, slechts onderbroken door enkele riviermonden, hebben ontwikkeld tussen Cap Blanc Nez in Noord-Frankrijk en Kaap Skagen in Denemarken.

Eenmaal boven water kan ook de wind een rol gaan spelen. Het zand zal op brede stranden door de wind worden opgenomen en op plaatsen waar het wat rustiger is, weer neerkomen in de vorm van duinen. Als er dan plantengroei mogelijk is, worden deze duinen vastgelegd en kan zich langzaam maar zeker een brede duinstrook ontwikkelen.

Dit simpele beeld wordt echter ingewikkelder gemaakt door de getijden. Doordat de strandwal zich op enige afstand van de kust ontwikkelt, ligt er tussen de strandwal en de kust een gebied met open water. Als er in zee getijbewegingen voorkomen, zal deze watermassa tijdens eb naar open zee afstromen en tijdens vloed vanuit de open zee weer worden aangevuld. Dit aan- en afstromen gaat vanzelfsprekend door tijdens de vorming van de strandwallen door golven en wind. Daardoor blijven er in de strandwal openingen bestaan om de getijstromen door te laten. Hoe meer water er moet worden verplaatst des te dieper en te groter zullen de openingen of zeegaten zijn. Langs de waddenkust zien we dan ook dat de waddeneilanden kleiner worden naarmate het getijverschil en de



afstand tot het vaste land groter worden.

Een rij van strandwaleilanden met daarachter een Waddenzee vormt echter geen eindpunt in de geologische ontwikkeling. Eb en vloed verplaatsen namelijk geweldige hoeveelheden zand en slib. Voor het zeegat tussen Den Helder en Texel, — het Marsdiep —, is gevonden dat er tijdens elk getij zo'n 35.000 ton zand en slib door het water heen en weer worden verplaatst. De vraag die voor de hand ligt, is of dit materiaal in een bepaalde richting wordt verplaatst. Er zijn inderdaad vele aanwijzingen dat er trans-



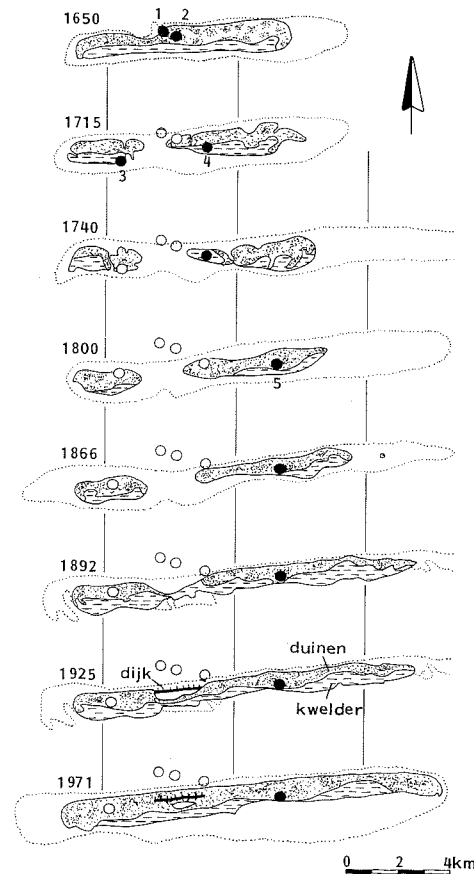
port van zand en slib van de Noordzee van de Waddenzee plaats vindt. Zo liggen er onder delen van het vasteland die aan de Waddenzee grenzen, zoals Noord-Holland in Nederland en Eiderstedt in Sleeswijk-Holstein, complete, doch geheel met zand en slib opgevulde Waddenzee-achtige gebieden. Een andere aanwijzing is het geleidelijk aan dichtgroeien van vroegere en nog bestaande inhammen zoals de Middelzee, de Dollart, de Leybucht, de Jadebusen, de Marnebucht en de Tønderlavningen.

Wellicht de sterkste aanwijzing is de waarneming dat de westelijke Waddenzee tussen Den Helder en Ameland in de periode tussen 1963/68 en 1970/73 gemiddeld ondieper is geworden. Hoewel de getijgeulen gemiddeld dieper werden, was de ophoging van de ondiepe gebieden en platen zo groot, dat het gebied als geheel toch iets ondieper werd.

Er is wel gesuggereerd dat het opvullen van een waddengebied met zand de natuurlijke consequentie is van de afzetting van slib langs de randen van dat gebied.

Waar komen het zand en slib dat voor deze ontwikkeling nodig is, vandaan? Aangezien de rivieren die in de Waddenzee uitmonden, praktisch geen zand in zee brengen, zijn er voor het zand slechts twee andere mogelijke bronnen, namelijk de bodem van de Noordzee en de kust van de Noordzee. De kustafslag langs vrijwel alle waddeneilanden en de waddenzeewaartse verplaatsing ervan in de loop der eeuwen zijn een teken dat de kust van de Noordzee, d.w.z. de stranden en duinen van de waddeneilanden, zeker een rol speelt als leverancier van zand aan de Waddenzee. De hoeveelheid zand die hierbij beschikbaar komt, is echter onvoldoende om de verondieping van de Waddenzee geheel te verklaren, zodat ook de Noordzeebodem in de nabijheid van de kust een rol moet spelen.

De bronnen van het slib dat in de Wad-



denzee terecht komt, zijn de rivieren, de zeestromingen die water vanuit het Kanaal aanvoeren, nieuw-vorming door biologische processen in Noordzee en Waddenzee, en in de laatste jaren ook het storten van riool- en havenslib in zee. In het algemeen geldt dat er veel meer slib wordt aangevoerd dan er in de Waddenzee kan bezinken. Door gebrek aan plaatsen met voldoende rustig water, gaat een zeer groot deel van het slib weer terug naar de Noordzee en bezinkt uiteindelijk in diepe delen van de Noordzee of de Atlantische Oceaan.

Het eindpunt van deze aanzandings- en opslibingsprocessen is een geheel opgevulde Waddenzee. Die mogelijkheid zien we gerealiseerd langs de Noordzeekust van België en Noord- en Zuid-Holland.

Dat de huidige Waddenzee nog bestaat is te danken aan twee factoren: de zeespiegelstijging en de mens.

In gebieden waar de aanvoer van zand en slib zo gering was, dat de verondieping van het wad kon worden gecompenseerd door de tegelijkertijd plaatsvindende stijging van de zeespiegel, kon de oorspronkelijke Waddenzee blijven bestaan. Dit is vermoedelijk het geval geweest in de Nederlandse Waddenzee ten oosten van het Vlie en in Ostfriesland in Duitsland.

Op andere plaatsen was de aanvoer van zand en slib echter zo groot dat de Waddenzee geheel opvulde, vooral toen zo'n 5000 jaar geleden de snelheid van de zeespiegelstijging na de laatste ijstijd wat afnam. Nadat de platen hoog waren opgeslibd, trad er kweldervorming op. Langzaam maar zeker slibde ook de kwelder steeds verder op. De kreken in de kwelder behoeften daardoor minder dienst te doen en raakten ook opgevuld, totdat uiteindelijk de toevoergeulen door de strandwal verzandden en de kustlijn zich sloot. Onder invloed van de neerslag verloor de kwelder ondertussen zijn zilt karakter en veranderde in een zoetwatermoerasgebied. Groei van riet en biezen leidde hier veenvorming in, welke in de loop van de eeuwen leidde tot de ontwikkeling van uitgestrekte hoogvenen. Omdat het veenmos dat de hoogvenen vormt, van uitsluitend regenwater kan bestaan, konden deze hoogvenen tot meters boven het oorspronkelijke grondwaterniveau van de kwelder omhoog groeien. Op die manier konden achter de gesloten strandwallen veengebieden ontstaan, die veel hoger lagen dan de zeespiegel. Ook stormvloedten tastten deze gebieden niet aan omdat ze grotendeels bo-

ven het stormvloedpeil lagen. Deze veenontwikkeling heeft zich voorgedaan in bijvoorbeeld Noord- en Zuid-Holland, in Nordfriesland in Sleeswijk-Holstein en in Denemarken.

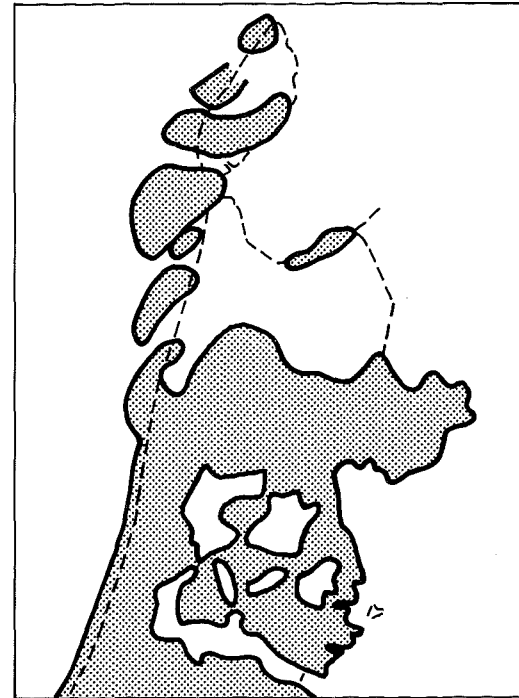
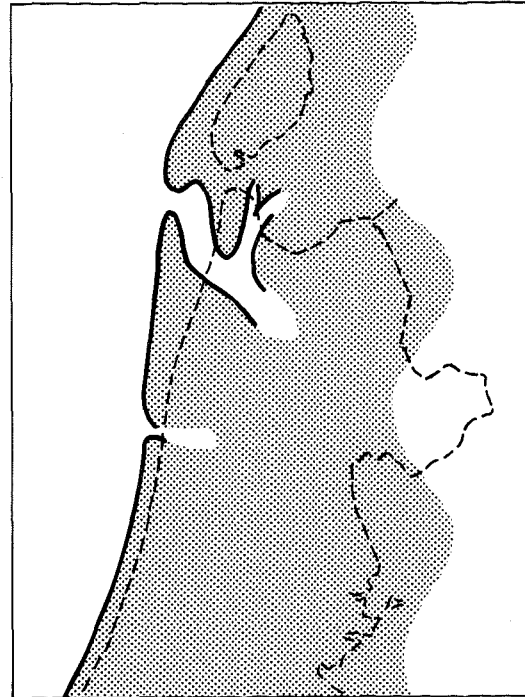
In de gebieden met een openblijvende Waddenzee deed zich ook veenvorming voor, maar in dit geval op de overgang van kwelders naar de hoger gelegen zandgronden in het binnenland. Dit gebeurde bijvoorbeeld in Friesland en Groningen en in Ostfriesland in Nedersaksen.

Pas toen de kustbevolking in de Middeleeuwen de veengebieden koloniseerde, ging deze min of meer stabiele situatie veranderen. Door ontwatering en akkerbouw op het veen klonk het hoogveen snel in en na enkele eeuwen lag de oppervlakte van het veen weer gelijk met de zeespiegel. Toen konden stormvloedten grote gebieden overstromen en konden zich nieuwe zeegetaten en geulenstelsels ontwikkelen, waardoor latere stormvloedten nog meer kansen kregen. Plaatselijk werd dit nog in de hand gewerkt door het steken van turf en het winnen van zout uit de as van veen dat door zeewater overspoeld was.

Ondanks aanleg van dijken ging de vernietiging van veengebieden door de zee onstuitbaar door, plaatselijk tot in de 17e eeuw. Speciaal in Noord-Holland in Nederland en in Nordfriesland in Duitsland was het landverlies enorm.

Uiteindelijk werd echter vroeger of later een keerpunt bereikt. Op sommige plaatsen had de zee ondertussen de hooggelegen, pleistocene gronden in het achterland bereikt; op andere plaatsen was de dijkbouwtechniek inmiddels zover gevorderd dat men stand kon houden of zelfs verloren terrein terugwinnen. Sindsdien heeft men door honderden polders tienduizenden hectaren kwelders en wadplaten teruggewonnen. Langs vrijwel de gehele vastelandskust heeft men de aangroei van kwelders ook ak-

Landverlies in Noord-Holland. Links de situatie in de vroege Middeleeuwen, rechts die in de veertiende eeuw.



tief bevorderd door landaanwinningswerken. De daardoor veroorzaakte versnelde aangroei van deze kunstmatige kwelders heeft er zelfs toe geleid dat er vrijwel geen natuurlijke kwelders meer langs de vastelandskust voorkomen: alles is ingepolderd.

Juist in onze tijd lijkt er een streep te worden getrokken onder de inpolderingsgeschiedenis. Een zeer tastbare streep zelfs: de Deltadijken. Overal langs de kust van de Waddenzee vinden op het ogenblik versterkingen van de zeewering plaats. Op veel plaatsen bestaan die uit een aanzienlijke verzwarening van de bestaande zeewering; op andere plaatsen wil men, onder meer om een kortere kustlijn te verkrijgen, ook zoveel mogelijk bochten afsnijden of voor landbouw geschikte kweldergebieden inpolderen. Hoe de huidige discussies over deze

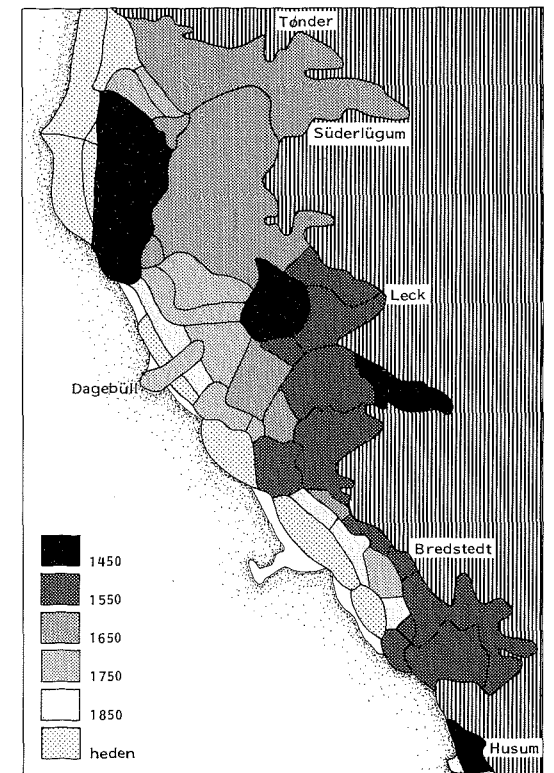
inpolderingen ook zullen uitvallen, het eindresultaat zal zijn dat de grens tussen land en Waddenzee wordt gevormd door zware zeedijken die per km ongeveer f 4.000.000,— kosten. Het is niet waarschijnlijk dat er buiten die dijken voorlopig nog veel inpolderingen zullen plaatsvinden. De kosten van zo'n inpoldering zijn niet of nauwelijks terug te verdienen en het besef dat er een uiterst waardevol natuurgebied door verloren gaat wordt steeds algemener. Gesteld kan dus worden dat binnenkort aan de landkant van de Waddenzee de grens praktisch vastligt.

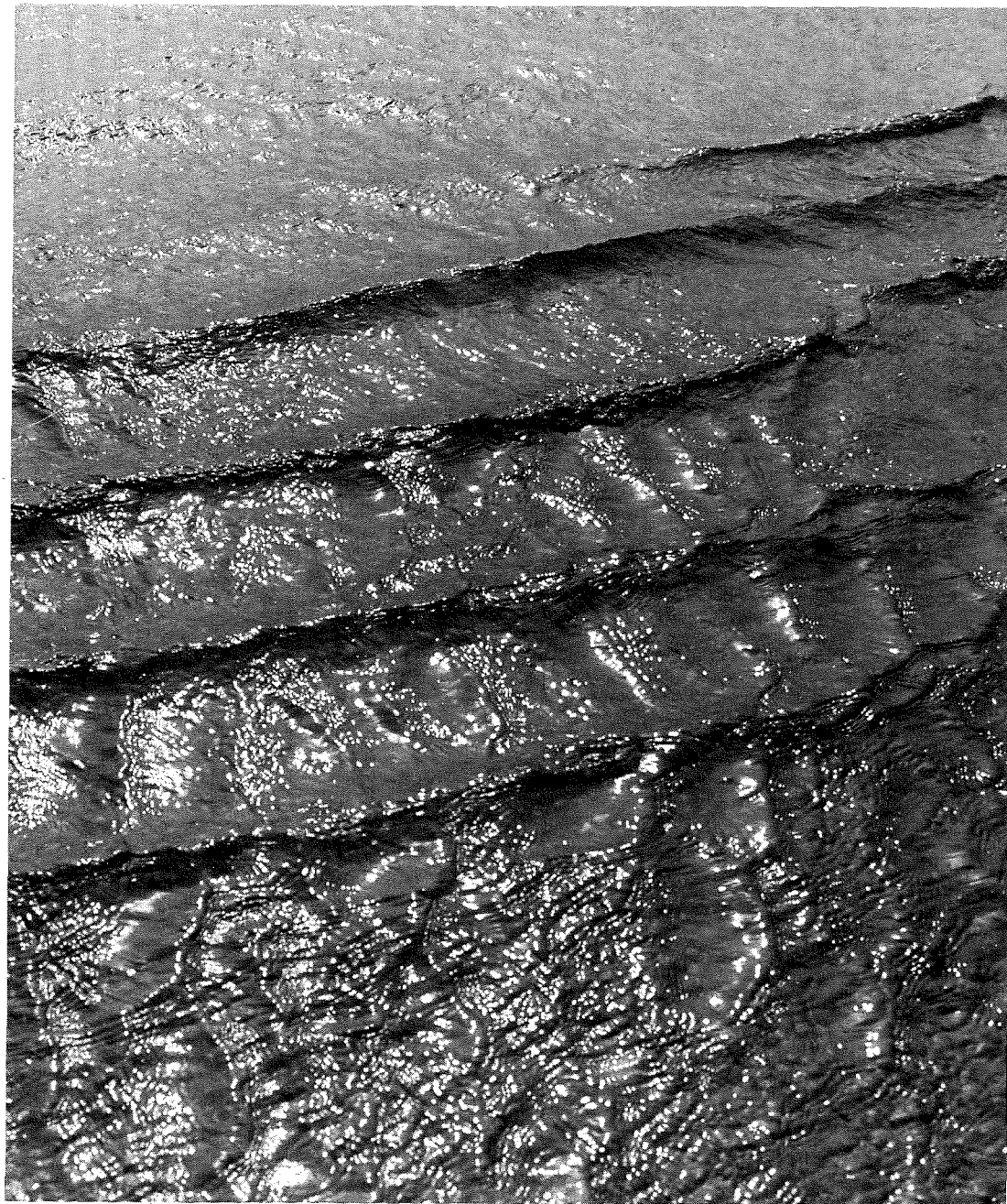
Aan de zijde van de eilanden ligt de zaak iets anders. De natuurlijke tendens voor de waddeneilanden is om Waddenzeewaarts te verschuiven (zie fig. Juist enkele pag's eerder). De laatste honderd jaar is deze neiging echter sterk afgeremd door menselijk

Inpolderingen in Noord-Friesland in Sleeswijk-Holstein na het landverlies in de Middeleeuwen.

ingrijpen. Door middel van golfbrekers en zandsuppletie (met zand uit de Waddenzee) wordt de kustafslag tegengegaan, terwijl het door het vastleggen van de stuivende duinen door helmbeplanting en dennenbossen vrijwel niet meer voorkomt dat de duinen zich uitbreiden over aangrenzende kwelders en wadden. Kweldergroei treedt nauwelijks achter de eilanden op. Ook aan de Noordzeezijde ligt de grens van de Waddenzee dus praktisch vast.

Voor zover valt te overzien zal de Waddenzee in de niet al te verre toekomst niet veel van vorm en oppervlakte veranderen.





Eb en vloed

De alles overheersende faktor voor het leven in de Waddenzee zijn de getijden. Eb en vloed verplaatsen onvoorstelbaar grote hoeveelheden water met daarin opgeloste en zwevende stoffen. Om daarvan enig idee te geven kunnen enkele getallen worden genoemd voor het Marsdiep, — het zeegat tussen Den Helder en Texel. Met elke vloed komen daar meer dan 1 miljard m³ zeewater binnen. Daarin opgelost bevinden zich, naast andere stoffen, omstreeks 35 miljoen ton keukenzout, ongeveer 2 miljoen ton sulfaat en zo'n 200 ton fosfaat. Aan zwevende delen, voornamelijk zand en slib, bevinden zich in deze watermassa nog eens zo'n 35.000 ton gemiddeld, doch deze waarde kan zeer sterk variëren.

Vele, zeer verschillende processen bepalen wat er uiteindelijk met de verschillende bestanddelen van het water zal gaan gebeuren.

Zwevende deeltjes worden door de vloed verder naar binnen getransporteerd dan de eb ze weer in zeewaartse richting meeneemt. Dat betekent dat er een concentratie van zwevende deeltjes of slib plaatsvindt in de rustigste delen van de Waddenzee, d.w.z. op de wantijen achter de eilanden en nabij de vastelandskust in de landaanwinningwerken en kwelders.

Nu bestaat slib niet alleen uit levenloze minerale verbindingen, doch tevens uit levende planten en dieren en hun dode resten. Die organische resten worden als voedsel gebruikt door allerlei dieren, schimmels en bacteriën. Deze breken de organische stof af tot er uiteindelijk alleen koolzuur, water en een aantal opgeloste minerale verbindingen zoals fosfaat, ammoniak, nitraat en silicaat overblijven. Deze verbindingen ondergaan dan hetzelfde lot als het Waddenzeewater waarin ze zijn opgelost, tenzij ze onderwijl door planten in de Waddenzee worden opgenomen.

Het water dat tijdens eb de Waddenzee

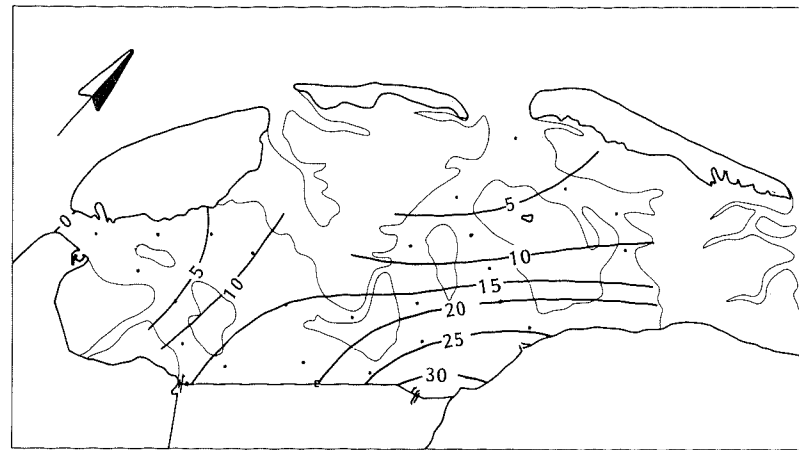
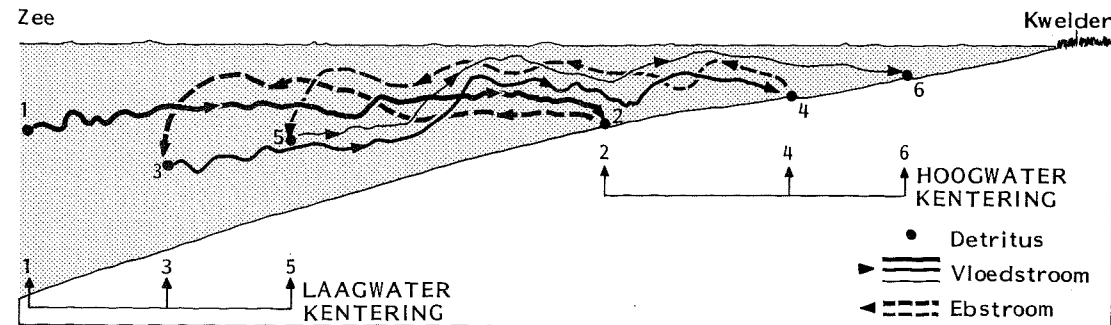
uitstroomt, komt bij de volgende vloed niet allemaal meer terug in de Waddenzee. Een deel daarvan blijft achter in de Noordzee en moet dus worden vervangen door nieuw Noordzeewater. Niet alle water in de Waddenzee heeft een even grote kans om aldus tegen Noordzeewater te worden uitgewisseld. In het algemeen geldt dat hoe verder het van het zeegat verwijderd is, des te langer duurt het gemiddeld voordat een waterdeeltje zal zijn uitgewisseld tegen Noordzeewater. In de westelijke Waddenzee variëren de gemiddelde verblijftijden (d.w.z. de gemiddelde tijd dat een deeltje nog in de Waddenzee zal blijven) van 0 tot ruim 30 getijden, dat is tot meer dan 14 dagen. In verlandinwaarts gelegen delen van de Waddenzee, zoals de Dollart en de Jadebusen, kunnen de gemiddelde verblijftijden wel oplopen tot 40 dagen en meer.

Korter of langer, op de duur zal alle Waddenzeewater met alles wat daarin is opgelost, de Noordzee bereiken. Daardoor zal er een netto transport van opgeloste verbindingen die in de Waddenzee door mineralisatie ontstaan, naar de Noordzee kunnen plaatsvinden. Door het Marsdiep worden aldus per getij bijvoorbeeld zo'n 15 ton fosfaat voorgoed naar de Noordzee afgevoerd.

In heel grove lijnen geschetst ontstaat nu het beeld van een Waddenzee waaraan zwevende stoffen worden toegevoerd en waaruit, na afbraak en mineralisatie van organische bestanddelen, opgeloste stoffen worden afgevoerd. Men zou dit beeld van de Waddenzee kunnen vergelijken met dat van een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Als men deze, niet zeer gelukkige, vergelijking doortrekt, kan worden geschat dat de Nederlandse Waddenzee evenveel organische stof afbreekt als zou worden geproduceerd door zo'n 50-100 miljoen mensen.

Vanzelfsprekend is er zuurstof nodig voor deze afbraakprocessen op grote schaal. Deze zuurstof wordt in de eerste plaats aan

De weg van een slibdeeltje in de Waddenzee. Door de getijbeweging wordt het deeltje steeds verder naar binnen getransporteerd.



Gemiddeld aantal getijperioden dat een waterdeeltje in de westelijke Waddenzee blijft.

het water onttrokken. Aanvulling van de zuurstof in het water geschiedt dan vooral vanuit de lucht en door menging met vers Noordzeewater. Tijdens rustige perioden in het zomerhalfjaar kan echter het aanbod van af te breken materiaal erg groot worden, terwijl tegelijkertijd door geringere waterbeweging de aanvulling vanuit de lucht minder wordt, zodat dan de zuurstofgehalten in

het Waddenzee water gaan dalen. In zulke omstandigheden zijn zuurstofverzadigingspercentages van slechts 40-60 % gemeten, terwijl 80-100 % als regel voorkomt. Onder vergelijkbare omstandigheden is ook sterfte van vis en andere waddieren waargenomen. Verder belasten van de zuiveringsinstallatie "Waddenzee" met organische stof bergt dus duidelijke risico's in zich.

Het ecosysteem

Mede dankzij de afbraakprocessen die zich zo intensief in de Waddenzee afspelen, zijn er voor planten grote hoeveelheden voedingsstoffen zoals fosfaten, stikstofverbindingen en silicaten beschikbaar. Daardoor treden er bijna nooit tekorten aan deze voedingsstoffen op en zijn andere factoren verantwoordelijk voor een bovengrens aan de snelheid waarmee planten in de Waddenzee groeien.

Van groot belang blijkt de hoeveelheid licht die in het water doordringt, te zijn: hoe meer licht, des te meer plantengroei. Het Waddenzee water is echter van nature troebel door deeltjes zwevende stof en die troebelheid zal waarschijnlijk nog worden vergroot door menselijke activiteiten als baggeren, storten van baggerspecie en zandwinning. Daardoor is de hoeveelheid licht in het algemeen de factor die de plantengroei in de Waddenzee beperkt.

De plantengroei van de Waddenzee bestaat uit zeegrassen, zeewieren en eencellige algen. Op de kwelders komen echte landplanten voor, zoals kweldergras en lamsoor. Bekijken we de produktiviteit van de verschillende groepen planten, dan blijken de eencellige algen verreweg de grootste bijdrage te leveren. Dat geldt zowel voor de algen die als plankton in het water zweven als voor die welke op de bodem groeien.

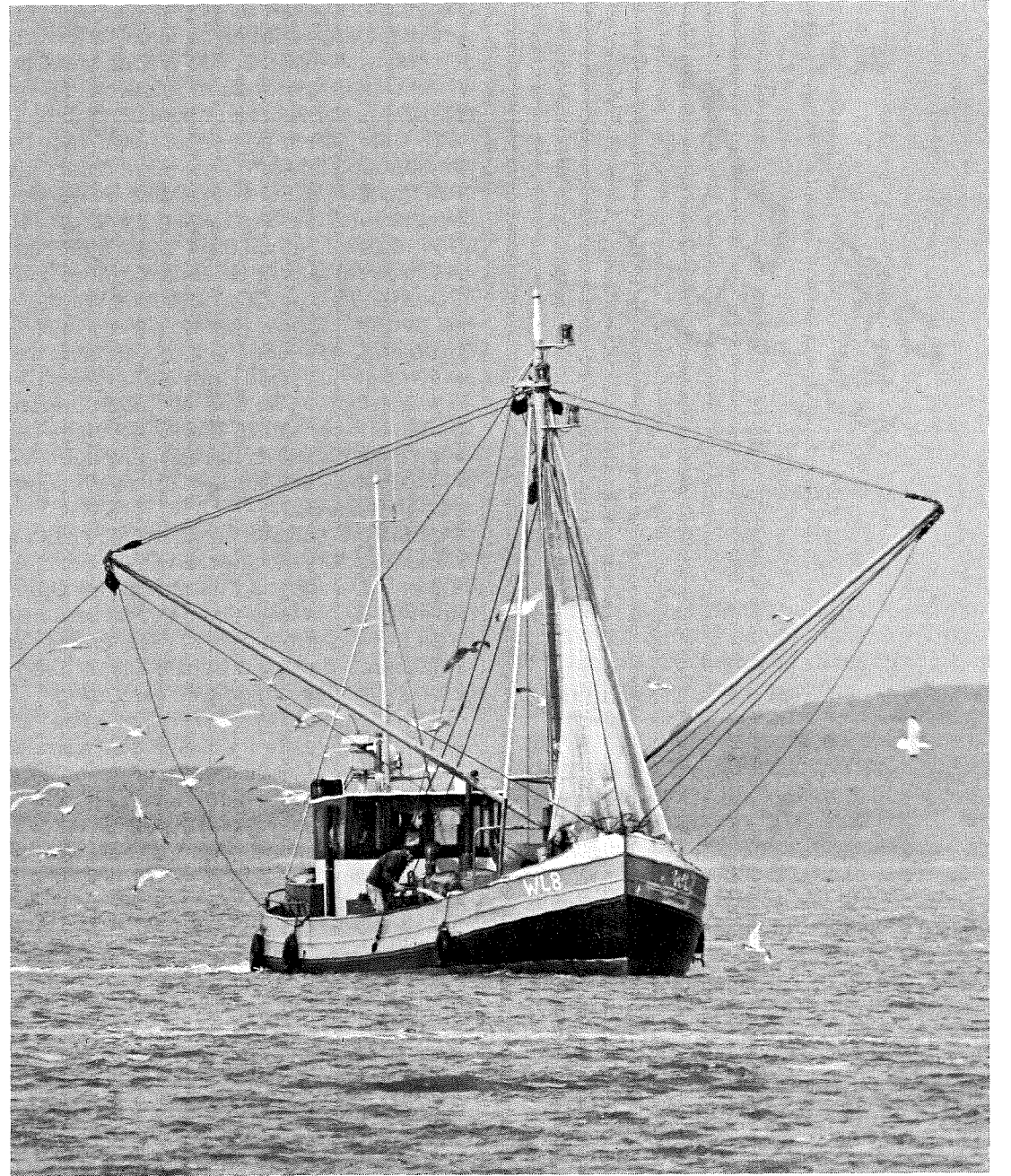
Zeer onduidelijk is nog de rol van het het fijn verdeelde organische materiaal dat vanuit de Noordzee door de getijstromen in de Waddenzee wordt binnengevoerd. De hoeveelheid van dit materiaal, "detritus" genoemd, is in de westelijke Waddenzee groter dan wat er door de planten in het gebied zelf aan organisch materiaal wordt geproduceerd. De kwaliteit als voedsel voor waterdieren van het uit de Noordzee afkomstige materiaal lijkt echter beduidend minder te zijn. Een deel kan misschien nog rechtstreeks worden opgenomen en ver-

teerd, doch een ander deel kan kennelijk alleen nog door bacteriën worden aangetast en opgenomen. In dat laatste geval kunnen de bacteriën wel als voedsel dienen, doch niet de veel grotere hoeveelheden van de oorspronkelijk aanwezige organische deeltjes. Sommige organische deeltjes, bijvoorbeeld restjes veen, schijnen noch door dieren noch door bacteriën als voedsel te kunnen worden opgenomen.

Een opvallend kenmerk van de Waddenzee vergeleken met andere zeeën is de grote rol van bodemdieren. In alle zeeën moet het beschikbare plantaardige voedsel worden verdeeld tussen planktondieren en bodemdieren. Omdat het plantaardige voedsel alleen in de bovenste waterlagen, waar het zonlicht in doordringt, wordt geproduceerd, hebben de planktondieren, die in het water zweven, de eerste keus. De bodemdieren moeten maar afwachten wat er voor hen overblijft. In het algemeen geldt daarom dat de stand van bodemdieren afneemt naarmate de zee dieper wordt.

In de ondiepe Waddenzee zitten de bodemdieren echter zelf in de bovenste waterlagen waar het voedsel wordt geproduceerd. Bovendien veroorzaken de getijstromen zo'n krachtige menging van het water dat de bodemdieren steeds nieuw water en dus nieuw voedsel krijgen toegevoerd. Het resultaat is dat in de Waddenzee de bodemdieren meer voedsel opnemen dan de planktondieren. Op hun beurt leveren ze weer meer voedsel dan de planktondieren aan grotere dieren zoals garnalen, vissen en vogels.

Het is nog niet geheel duidelijk welke factor uiteindelijk de grootte van de stand van bodemdieren bepaalt. Het moet niet uitgesloten worden geacht dat dit de hoeveelheid beschikbaar voedsel is. Denkbaar is echter ook dat de wisselvalligheid van de milieu-omstandigheden in de Waddenzee grenzen stelt aan de populatiegrootte van





Broedgebied van bergeenden die in de Duitse Waddenzee de rui van hun vleugelveren doormaken.

de verschillende soorten bodemdieren.

De rijke stand aan bodemdieren is de hoofdoorzaak waarom de Waddenzee op ons zo'n rijke indruk maakt. Deze voedselbron is namelijk de reden dat de Waddenzee fungeert als kinderkamer voor allerlei soorten bodemvissen en als voornaamste voedselgebied voor miljoenen vogels.

Er zijn enkele aanwijzingen dat de vissen en vooral de vogels van de Waddenzee in hun aantallen beperkt worden door de beschikbare hoeveelheid voedsel. Als inderdaad de voedselvoorraden in de Wadden-

zee de grootte van de populaties van verschillende vogelsoorten bepalen, moet worden geconcludeerd dat de Waddenzee van levensbelang is voor de vogelbevolking van een zeer groot deel van het noordelijk halfrond. Dat geldt in een enkel geval voor de wereldpopulatie van een soort zoals de brandgans. In andere gevallen is de wereldpopulatie van een bepaalde ondersoort van de Waddenzee afhankelijk, zoals in het geval van de rotgans en de kanoetstrandloper. In weer andere gevallen wordt de Waddenzee bezocht door vrijwel de gehele in NW-Europa voorkomende broedpopulatie, zoals in het geval van de kluut, de bergeend en de scholekster. Van nog eens tien andere soorten is meer dan 25 % en in sommige gevallen meer dan 50 % van alle individuen die in NW-Europa voorkomen, op de Waddenzee aangewezen.

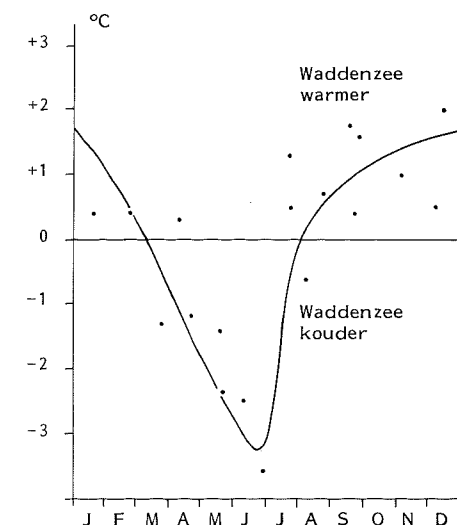
Als laatste schakel in de voedselketens van de Waddenzee fungeren de zeehond en de mens. De zeehond neemt op het ogenblik niet zijn normale positie in de voedselketen in omdat met name in Nederland en Ostfriesland de stand aanzienlijk is teruggelopen door vergiftiging en verstoring.

De mens oefent in de Waddenzee de visserij en mosselcultuur uit. Gemeten aan visgewicht (zonder schelpen van mossels en kokkels) levert de Waddenzee per ha ongeveer twee maal zo veel op als de Noordzee en dat is op zijn beurt al een van de meest produktieve zeeën ter wereld. Bij deze berekening is nog geen rekening gehouden met de kinderkamerfunctie van de Waddenzee voor verschillende soorten Noordzeevis.

Wie zijn de bewoners van de Waddenzee?

De Waddenzee is in wezen een ondiepe randzee van de Noordzee. Daardoor hebben allerlei invloeden van het land en vanuit de atmosfeer een veel grotere invloed op de Waddenzee dan op de Noordzee. In de winter wordt het Waddenzeewater veel kouder dan het Noordzeewater, terwijl het in de zomer juist warmer wordt. Het zoutgehalte van het grootste deel van de Noordzee wordt nauwelijks beïnvloed door het zoete water dat via de rivieren van het land afstroomt, doch in de Waddenzee kunnen rivier- en polderlozingen een sterke daling van het zoutgehalte veroorzaken. In het diepe water van de Noordzee wordt de bodem zelden of nooit omgewoeld door golven, doch in de ondiepe Waddenzee wordt de bodem dagelijks beïnvloed doordat golven en getijstromen zand en slib opwerpen en op andere plaatsen weer neerleggen. Deze en andere invloeden maken de Waddenzee, vergeleken met de Noordzee, tot een wisselvallig milieu.

Deze wisselvalligheid is er de oorzaak van dat de meeste planten en dieren die in de Noordzee voorkomen, het in de Waddenzee niet kunnen uithouden. Voor de ene soort wordt het er 's zomers te warm, voor de andere 's winters te koud. Een derde kan niet tegen de onverwachte dalingen van het zoutgehalte. Aangezien dit grotendeels ontbreken van typische Noordzeesoorten slechts zeer ten dele wordt gecompenseerd door het voorkomen van een betrekkelijk klein aantal typische Waddenzeeorganismen, is de Waddenzee naar verhouding arm aan soorten planten en dieren. Dat kleine aantal soorten komt echter in grote getalsterkte voor. Heel duidelijk is de soortenarmoede van de Waddenzee bij de bodemdieren en de vissen. Op het wad vindt men per oppervlakte meestal niet meer dan zo'n 10 à 15 soorten bodemdieren die met het blote oog zichtbaar zijn. In de Noordzee is dat al gauw twee maal zo hoog. Bij de vis-



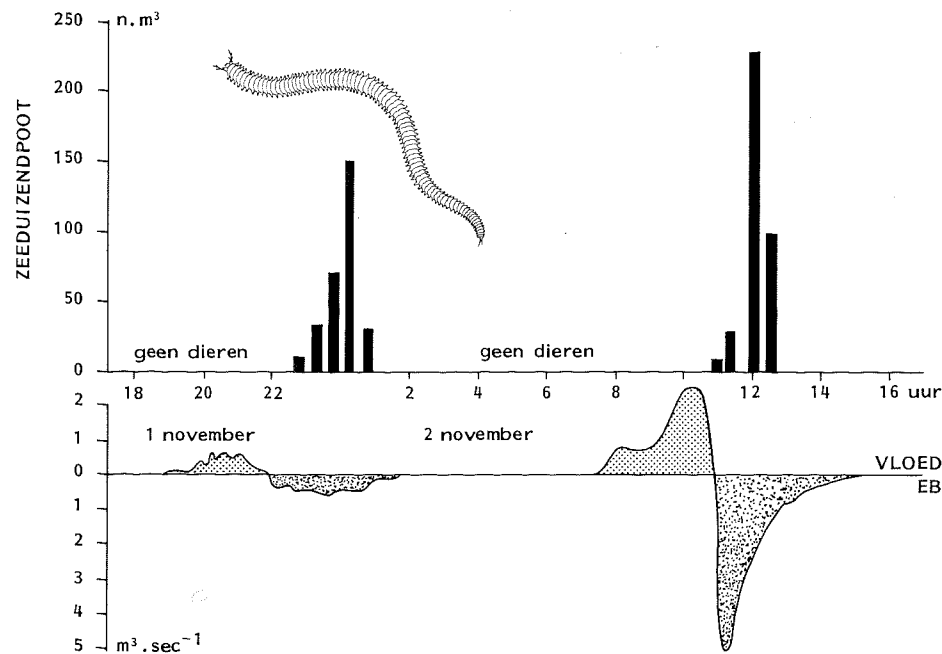
Temperatuurverschillen tussen Waddenzee en Noordzee in de loop van het jaar.

sen vindt men vergelijkbare getallen: omstreeks 20 talrijk in de Waddenzee voorkomende soorten tegenover zeker 40 soorten in de aangrenzende Noordzee.

Speciaal voor bodemdieren is de Waddenzee een ambivalent gebied. Enerzijds is er een aantrekkelijk groot voedselaanbod, anderzijds maakt de wisselvalligheid van het milieu het gebied erg onaantrekkelijk en zelfs levensgevaarlijk. Een dier dat een oplossing voor het probleem van de wisselvalligheid heeft, wordt dan "beloond" met een rijk voorziene dis.

Inderdaad hebben allerlei dieren fysiologische, ecologische en gedragsaanpassingen. Zo beschikken bijvoorbeeld de garnaal en de gewone zeeduizendpoot (een soort worm) over het vermogen tot osmoregulatie, hetgeen onder zeedieren nogal zeldzaam is. Door deze osmoregulatie zijn zij in staat het zoutgehalte en daardoor de osmotische waarde van hun lichaamsvocht

De trek van zeeduizendpoten in de Dollard. Tijdens eb trekken grote aantallen weg; tijdens vloed vindt er geen trek plaats.



op een voldoende hoog niveau te houden als het zoutgehalte van het hun omringende water tot lagere waarden daalt.

Trek of migratie is een andere aanpassing. Vele soorten komen vanuit de Noordzee naar de Waddenzee in het jaargetijde dat de omstandigheden daar gunstig zijn, doch zij verlaten de Waddenzee weer tegen de tijd dat het "leefklimaat" verslechtert. Zo doet bijvoorbeeld de schol. Deze wordt geboren in de open Noordzee. Vanaf de daar gelegen paaigebieden worden de eieren en later de larfjes met de stroom mee getransporteerd in de richting van de kust totdat ze uiteindelijk via de zeegaten in de Waddenzee terecht komen. Daar komen ze op de platen en in de ondiepe gebieden terecht waar ze snel groeien tot ze aan het einde van de zomer bijna 10 cm lang zijn. In het najaar verlaten ze grotendeels de Waddenzee, doch het volgende voorjaar komt een aanzienlijk deel weer terug. Die groeien uit

tot zo'n 15 cm waarna ze in het najaar weer naar de Noordzee trekken. Vanaf dat moment komen de meeste schollen niet meer terug in de Waddenzee, hoewel een klein aantal van de oudere jaarklassen weer terugkeert.

Weer een andere aanpassing aan het Waddenzeemilieu is het vermogen tot snel herstel na een catastrofe. Het blijkt dat vele waddieren zijn gekenmerkt door een grote voortplantingscapaciteit, d.w.z. een enorme produktie van eieren en/of een zeer korte generatieduur. In een strenge winter treedt bij sommige bodemdieren, zoals de kokkel, massale sterfte op, doch in het algemeen laat de eerstvolgende zomer weer een vestiging van reusachtige aantallen jonge dieren zien. Binnen enkele jaren is er nauwelijks meer iets terug te vinden van de ingrijpende sterfte. Hetzelfde snelle herstel lijkt op te treden na bijvoorbeeld zandwinning en het vissen van kokkels.

De Waddeneilanden

De eilanden vormen ecologisch gezien een volkomen andere wereld als de Waddenzee. Het verschil kan worden gekarakteriseerd door drie trefwoorden: afwisseling, stabiliteit en isolatie.

Tegenover de betrekkelijk eenvormige Waddenzee, waar de invloed van golven en getijden weinig verschillen toelaat, vertonen de waddeneilanden een ongelooflijke afwisseling. Vooral in de duingebieden zijn er grote hoogteverschillen en daarmee gepaard verschillen in waterhuishouding en microklimaat. De bodemtypen variëren van klei tot zand en daarbinnen zijn er weer verschillen in voedselrijkdom en kalkgehalte. Het water varieert er van zoet tot brak en zelfs puur zeewater. Er zijn verder grote verschillen in menselijke invloed, variërend van vrijwel geen invloed tot intensieve dagrecreatie. Tenslotte verschillen de eilanden onderling ook nog weer van elkaar. Deze variatie maakt het mogelijk dat zeer veel verschillende soorten planten en dieren ergens op de Waddeneilanden de voor hen gunstige omstandigheden kunnen vinden.

Daarnaast is de omgeving van planten en dieren op de waddeneilanden veel minder wisselvallig dan in de Waddenzee. Een storm bijvoorbeeld woelt in de Waddenzee de oppervlaktelaag van de bodem sterk om, doch op de eilanden zijn er grote gebieden waar in dezelfde omstandigheden de bodem ongerept blijft. Deze stabiliteit van het milieu samen met de bovengenoemde afwisseling van het landschap, maakt het mogelijk dat op de eilanden zeer veel meer soorten planten en dieren dan in de Waddenzee zich niet alleen kunnen vestigen, maar ook kunnen handhaven.

In tegenstelling tot de Waddenzee die een eenheid vormt en in open verbinding staat met de Noordzee, zijn de waddeneilanden geïsoleerd, zowel van elkaar als van het vasteland. Bij ons roept het woord isolatie vervelende bijgedachten op, doch in de natuur

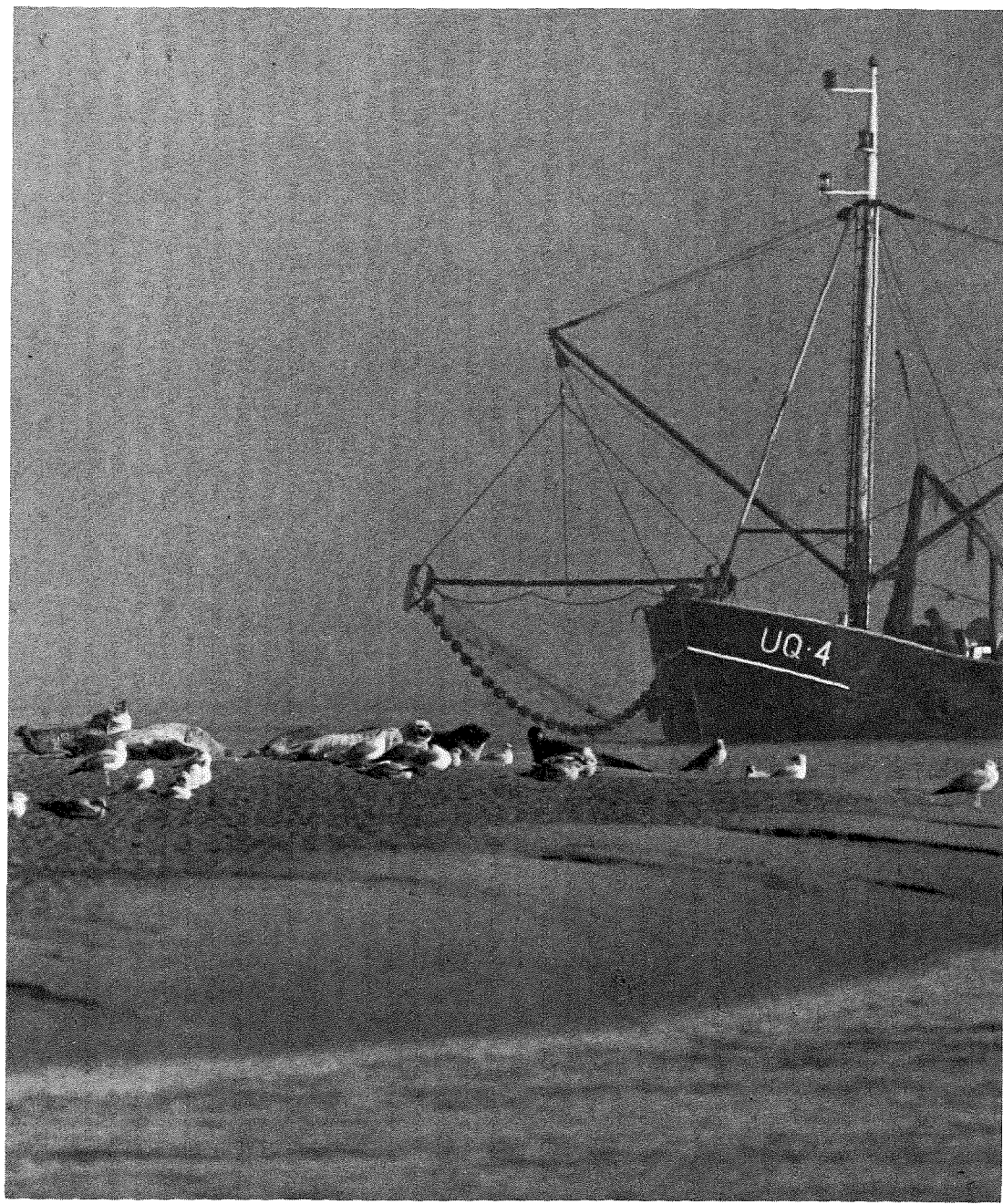
heeft het vaak positieve effecten. Isolatie betekent vaak afwezigheid van roofdieren en van concurrerende andere soorten. Door isolatie krijgen op waddeneilanden planten en dieren die elders ontbreken, een kans. De broedkolonies van meeuwen en sterns op kleine eilandjes zoals Griend en Rottumeroog zijn een duidelijk voorbeeld.

Ook zijn de eilanden veelal schoner dan het vasteland. De luchtverontreiniging is er minder door de grote afstand tot de industriegebieden en de waterverontreiniging is geringer door de lage bevolkingsdichtheid en het feit dat op de meeste eilanden het grootste deel onbewoond is. Voor milieuverontreiniging gevoelige soorten zijn daarom op de waddeneilanden nog aan te treffen. Zo is het aantal soorten korstmossen, erkende indicatoren voor schone lucht, op de waddeneilanden duidelijk groter dan in gebieden van vergelijkbare grootte op het vasteland.

Tenslotte telt dat van de bijna 1000 km² die de Nederlandse, Duitse, en Deense eilanden gezamenlijk innemen, meer dan 50 % als natuurgebied kunnen worden beschouwd. Voor Nederland, Duitsland en Denemarken als geheel zijn de vergelijkbare percentages respectievelijk ongeveer 10, 30 en 20 %, als we de bossen meerekenen.

Geen wonder dat de waddeneilanden zo rijk zijn aan soorten planten en dieren. Geen wonder ook dat er zo veel bijzondere soorten voorkomen. Zo zijn er op de waddeneilanden bijna 900 verschillende soorten hogere planten waargenomen, evenals ruim 300 soorten mossen, bijna 300 korstmossen en ruim 650 paddestoelen. Ook de rijkdom aan op de eilanden broedende vogels is met 177 soorten zeer groot, vooral als bedacht wordt dat in heel Nederland nog geen 200 soorten broeden.



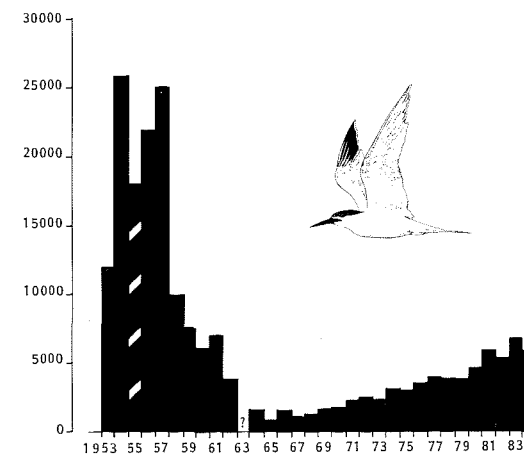


Wat hebben we aan het Wad?

Het waddegebied vervult een aantal belangrijke functies voor onze maatschappij. De meeste mensen zullen het vooral kennen als een vakantie- en recreatiegebied, waar men nauw aan de natuur gebonden vormen van recreatie kan beoefenen. Het wadlopen is daarvan wel de meest karakteristieke bezigheid. Gebruik makend van de eigenschappen van de natuur slaagt men er in dwars door een van Europa's meest ongerepte natuurgebieden te trekken. Iets dergelijks doet de watersporter die met wind en getij in staat is de Waddenzee te bevaren. Maar ook vogelliefhebbers, sportduikers, sportvissers en zo maar wandelaars maken dankbaar gebruik van de unieke mogelijkheden die het waddegebied biedt. Jaarlijks loopt het aantal bezoekers in de miljoenen.

Een tweede gebruiksmogelijkheid van het waddegebied is de visserij. Op het wad zelf vindt een visserij op garnaal, platvis en enkele andere soorten vis en zeedieren plaats. Veel belangrijker is echter de kinderkamerfunctie van de Waddenzee. Jonge exemplaren van verschillende Noordzeevissen groeien in de Waddenzee op totdat ze wegtrekken naar de Noordzee waar ze gevangen kunnen worden door de Noordzeevervisserij. Het belang van de kinderkamerfunctie voor de Noordzeevervisserij kan worden uitgedrukt als het deel van de besomming van internationale Noordzeevervisserij dat van de Waddenzee afhankelijk is. Schattingen voor de hele Nederlands-Duits-Deense Waddenzee komen uit op een bedrag van bijna f 400 miljoen per jaar. Daarbij valt de opbrengst van de rechtstreekse wadvisserij in het niet: f 1 à 2 miljoen aan vis en 20 à 40 miljoen aan garnalen. Daarnaast moeten natuurlijk ook de resultaten van de mosselcultuur worden genoemd. Voor de hele Waddenzee levert die ongeveer f 40 à 50 miljoen per jaar op.

De functie van de Wadden voor onderzoek en onderwijs is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het waddenecosysteem. Op de

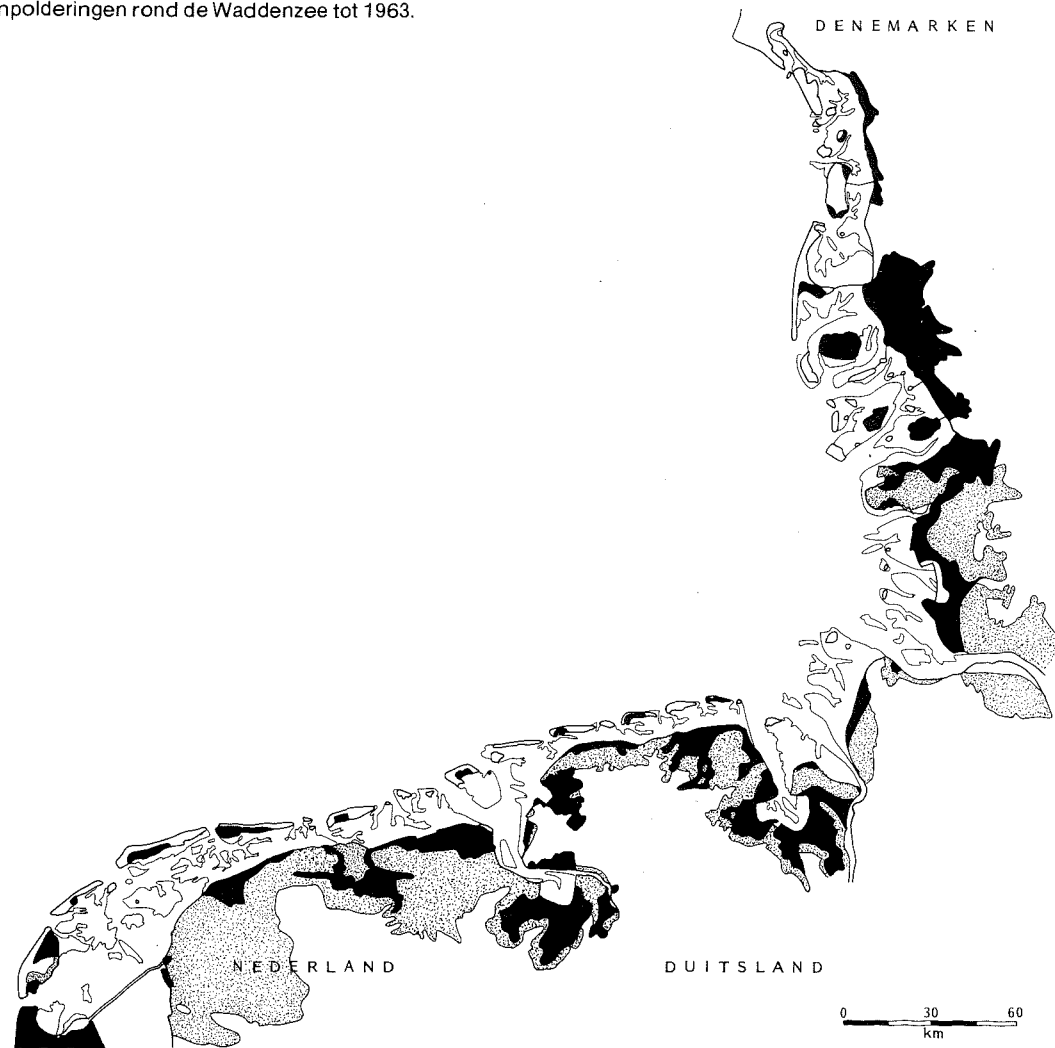


De achteruitgang van de broedpopulatie van de Grote Stern in het Nederlandse Waddegebied rond 1965 was een waarschuwing dat een omvangrijke vergiftiging zich voordeed. Na het wegnemen van de oorzaak treedt weer geleidelijk herstel op.

Nederlandse waddeeilanden bevinden zich drie biologische veldstations waar onderzoekers en studenten onderdak en laboratoriumfaciliteiten kunnen vinden, terwijl er verspreid over het hele waddegebied verschillende grote onderzoeksinstellingen te vinden zijn (bijv. Texel, Wilhelmshaven, Bremerhaven).

Het waddegebied fungeert ook als waarschuwing bij dreigende milieuverslechtering. De catastrofale vogelsterfte in de Nederlandse Waddenzee rond 1965 gaf het sein dat er een vergiftiging van het wadde-systeem met insectenbestrijdingsmiddelen aan de gang was. Dankzij deze waarschuwing kon deze tijdig worden gestopt. De achteruitgang van de zeehond in de westelijke Waddenzee is een volgende waarschuwing, dit maal tegen gepolychlorideerde biphenylen (PCB's).

Het waddegebied vervult nog meer functies voor onze maatschappij, maar in tegenstelling tot bovengenoemde vier, zijn deze



merendeels niet afhankelijk van een gezond waddensysteem. Genoemd kunnen worden landbouw en veeteelt, lozingen van koel- en afvalwater, gaswinning, zand- en schelpenwinning, scheepvaart en militaire oefeningen.

Wel afhankelijk van een gezond ecosysteem zijn de functies die de wadden vervullen ten behoeve van het voortbestaan van allerlei planten en dieren. Hun voortbestaan is afhankelijk van de mogelijkheid van zich in het gebied voort te planten, er te rusten of aan de kost te komen. Uit de hiervoor genoemde maatschappelijke functies van het

waddegebied is met enig rekenwerk wel een gemiddelde economische waarde van de wadden te berekenen. Die komt uit op iets in de orde van grootte van enige tienduizenden gulden per hectare.

In onze dichtbevolkte, verstedelijkte en hooggeïndustrialiseerde maatschappij heeft de Waddenzee echter ook een andere en wellicht nog veel grotere waarde. Het besef dat er in eigen land nog een landschap bestaat waar de natuur oppermachtig is, is voor tientallen miljoenen Nederlanders, Duitsers en Denen van een niet in geld uit te drukken waarde.

	Snelheid van herstel indien probleem zich heeft voorgedaan	Maximale geografische omvang, indien het probleem zich voordoet	Frequentie van optreden van het probleem	Localisering van effecten op ecosysteem			
				1	2	3	4
Inpolderingen en opspuitingen	○○○○	○○	○○	●●●●			
Aanleggen van dammen tussen eilanden en vasteland	○○○○	○	○	●●●●			
Schadelijke effecten door PCB's	○○○	○○○○	○○○○		●●		
Olieramp	○○(○)	○○○	○	●●●●			
Zandwinning, baggeren, schelpenwinning	○(○○)	○○	○○○○	(●)●●●			
Schadelijke effecten door pesticiden	○○	○○○○	○?	(●)●●			
Schadelijke effecten zware metalen	○○	○○○○	○?	●●			
Schadelijke effecten door andere chemische verontreinigingen, bijv. afkomstig van zeehavenindustrie	○○	○○	○?○?	●●●			
Lozing van organisch afvalwater + eutrofiëring	○○	○○	○○○○	●●●			
Mosselcultuur, oester en viskweek	○○	○○	○○○○	●●●●			
Gaswinning + LNG-transport	○○	○○	○(○○○)	●●●●			
Leggen van pijpleidingen, ongelukken door gebroken leidingen	○○	○	○	● ●●			
Visserij op vis en garnaal, sportvisserij	○	○○○	○○○○	●●			
Sportvliegen, helicopters etc.	○	○○○	○○○	●			
Watersport (motorboten, zeilschepen, windsurfers)	○	○○○	○○○	●			
Militaire oefeningen	○	○○	○○○○	● ●●			
Geluidsoverlast industrie	○	○○	○○○○	(●)●?			
Thermische verontreiniging	○	○○	○○○○	●●(●)			
Aktiviteiten t.b.v. scheepvaart (betonning, beloodsing etc.), ongelukken door scheepvaart	○	○○	○○○○	● ●●			
Visserij op kokkels en mosselzaad	○	○○	○○○	●●			
Jacht	○	○○	○○○	●			
Seismisch onderzoek	○	○○	○○	● ●●			
Wadlopen	○	○○	○○○	(●)●			
Wetenschappelijk onderzoek	○	○	○○○	●●●●			
Visserij op zeepeieren	○	○	○○○	●●			

Tabel 1: Poging om de bedreigingen van de Waddenzee te rangschikken naar de grootte van de bedreiging. Uitgegaan is van de huidige situatie en de daaruit af te leiden kansen op problemen (bijv. kans op olieramp). Snelheid van herstel: ○○○○ onherstelbaar; ○○○ herstel kost meer dan 30 jaar; ○○ herstel kost 3-30 jaar; ○ herstel binnen 3 jaar. Maximale geografische omvang: ○○○○ hele Waddenzee; ○○○ 10-100 % van Waddenzee; ○○ 0,1-10 % van Waddenzee; ○ minder dan 0,1 % van de Waddenzee (< 1000 ha). Frequentie van optreden: ○○○○ voortdurend of vrijwel dagelijks; ○○○ vele malen per jaar; ○○ eens of enkele malen per jaar; ○ eens per 10 tot 100 jaar. Aantasting ecosysteem: 1 = landschap, abiotisch milieu; 2 = micro-organismen, plankton; 3 = bodemorganismen, vissen; 4 = vogels, zeehonden.



De Wadden bedreigd

Voorzover met onze huidige inzichten valt te beoordelen, wordt de Waddenzee de eerstkomende eeuwen niet of nauwelijks bedreigd door natuurlijke oorzaken. Des te meer bedreigingen en aantastingen, grote en kleine, zijn er echter van menselijke oorsprong. Een bedreiging of aantasting is elke factor die in de Waddenzee de omvang van populaties van wilde planten of dieren of de oppervlakte van natuurlijke vegetaties of landschapsstructuren doet of kan doen afnemen.

Bij de beoordeling van de ernst van een bedreiging of aantasting dient men ook de mate en snelheid van mogelijk herstel zowel als de frequentie waarmee de bedreiging zich voordoet te beschouwen. De ernst van bedreigingen en aantastingen neemt toe naarmate een groter deel van het ecosysteem wordt beïnvloed, naarmate het herstel moeilijker is en/of langzamer gaat, naarmate het beïnvloede gebied groter is en naarmate de aantasting vaker optreedt.

Volgens deze maatstaven gemeten vormen inpolderingen, voornamelijk voor de landbouw, en het opspuiten van terreinen, vooral voor de vestiging van zeehavenindustrie, op dit moment de grootste bedreiging van de Waddenzee. Hierdoor gaan delen van de Waddenzee, met inbegrip van het hele ecosysteem ter plaatse, verloren. In theorie is dit misschien een omkeerbaar proces, doch in de praktijk kan men er vanuit gaan dat inpolderingen definitief zijn. Op dit moment bestaan reële inpolderingsplannen voor 6500 ha Waddenzee. Vagere plannen bestaan er voor nog eens 15.000 ha.

Dammen tussen eilanden en het vasteland zijn in verschillende opzichten met inpolderingen te vergelijken, doch veel effecten zijn minder omvangrijk. Anderzijds wordt door dergelijke dammen de eenheid van het wad verbroken.

Minder ernstig, want in principe van voorbijgaande aard, is het gevaar van een olie-

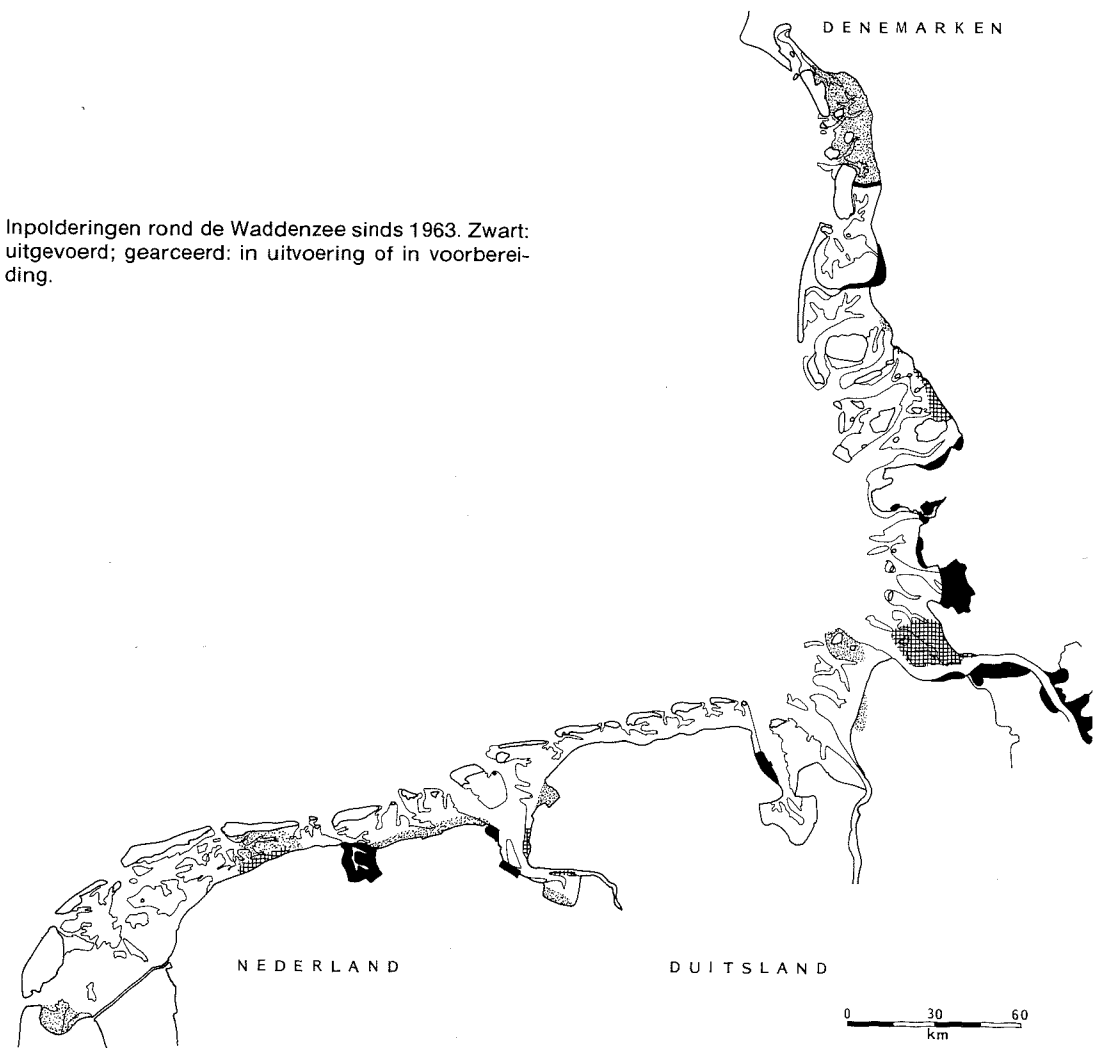
ramp, hetzij door een stranding of een aanvaring van een mammoettanker, hetzij door een ongeluk op een boorplatform of met een pijpleiding. Toch vormen olierampen een grote bedreiging voor het wad, want bij tankerstrandings zoals die van de "Torrey Canyon" en de "Amoco Cadiz" en bij een oliespuiters zoals die in het Ekofiskveld ("Bravo") enige jaren geleden, zijn duizenden vierkante kilometers zeegebied verontreinigd. Dat betekent dat onder ongunstige omstandigheden een zeer groot deel van de Waddenzee, — misschien wel 50 % van de totale oppervlakte —, met olie verontreinigd kan raken. Aangenomen moet worden dat in een gebied als de Waddenzee het jaren, zo geen tientallen jaren, duurt voordat deze olie geheel is verdwenen en de natuurlijke situatie zich weer kan herstellen. Bij een olieramp is grote schade te verwachten aan vrijwel alle onderdelen van het ecosysteem. Vogels zijn echter het meest gevoelig en lijden al grote verliezen bij betrekkelijk kleine hoeveelheden olie. Onomstotelijk vastgesteld is bijvoorbeeld de sterfte van 40.000 eidereenden en andere zeevogels als gevolg van niet meer dan enkele tientallen of honderden tonnen olie in de westelijke Waddenzee.

Ongeveer 35-40 % (= 40 miljoen ton) van de Duitse olievoorziening vindt plaats via havens in het wadengebied. Speciaal Wilhelmshaven, bereikbaar voor tankers tot 267.000 ton, heeft een groot aandeel. Door een goede begeleiding van de tankervervaart en gelukkig toeval heeft zich bij ongelukken tot nu toe echter geen grotere olielozing dan zo'n 100-300 ton voorgedaan.

In de Waddenzee zelf wordt slechts op één plaats in Sleeswijk-Holstein olie gewonnen. De dichtstbijzijnde Noordzeeolievelden liggen op enige tientallen kilometers afstand van de Waddenzee, doch de grote velden zijn meer dan 300 km verwijderd.

Grootschalige lozingen van met organi-

Inpolderingen rond de Waddenzee sinds 1963. Zwart: uitgevoerd; gearceerd: in uitvoering of in voorbereiding.

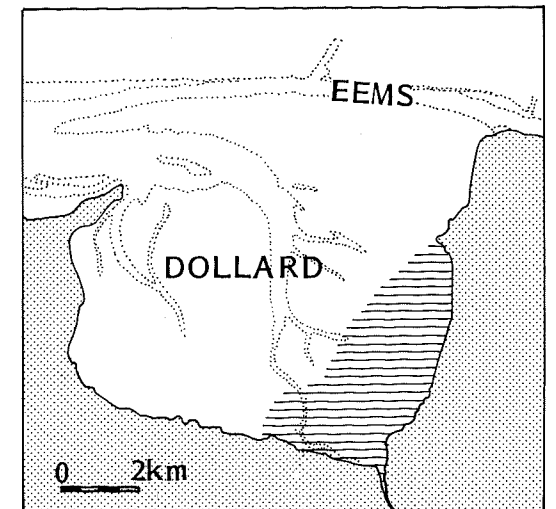


sche stoffen beladen afvalwater kunnen tot zuurstofloosheid in de Waddenzee leiden en daardoor delen van het gebied in levenloze woestenijen veranderen. De lozing bij Noordpolderzijl in Groningen van maximaal 10 miljoen m³ afvalwater per jaar van strokarton- en suikerfabrieken leidde tot grote sterfte van bodemdieren in een gebied van 15-20 ha rond de monding van de afvalwaterleiding. De zeer veel grotere lozing van veenkoloniaal afvalwater bij Nieuw-Statenzijl in de Dollard veroorzaakt in het najaar een levenloos gebied van enige honderden ha. Aangezien de lozing bij Nieuw-

Statenzijl een van de grootste ter wereld is, is hiermee duidelijk gemaakt dat lozing van organisch belast afvalwater slechts betrekkelijk kleine gebieden door zuurstofloosheid diepgaand beïnvloedt. Verdere effecten van afvalwater zijn zeer moeilijk aan te tonen, doch dat wil niet zeggen dat ze ontbreken of gering zijn.

Verbonden met de lozing van afvalwater is de toenemende invoer van organisch materiaal in de Waddenzee vanuit de Noordzee. Vermoedelijk is dit grotendeels afkomstig van toegenomen planktonontwikkeling in het kustwater van de Noordzee onder in-

Levenloos gebied in de Dollard onder invloed van lozing van veenkoloniaal afvalwater in de zeventiger jaren.



vloed van gestegen aanvoer van fosfaten en stikstofverbindingen door de grote rivieren en grote afvalwaterlozingen. Dit leidt tot een stijgende hoeveelheid organisch materiaal die moet worden afgebroken en daardoor tot een stijgende zuurstofvraag in de Waddenzee. Fatale zuurstoftekorten zijn niet denkbeeldig. Daarom is het noodzakelijk deze eutrofiëring van het kustwater van de Noordzee in samenhang met de afvalwaterlozingen te bezien.

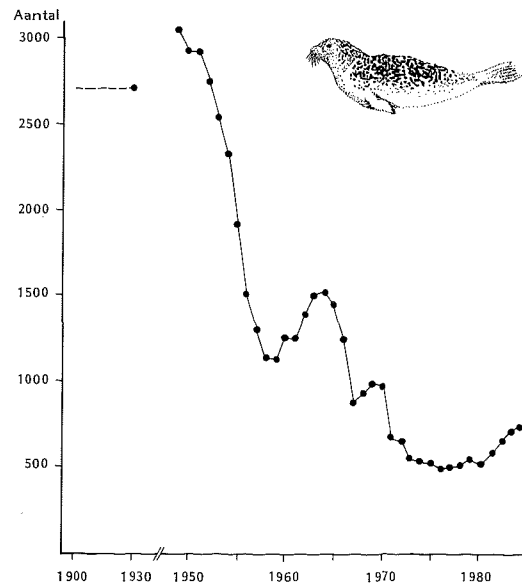
Gaswinning in de Waddenzee zou tot vergelijkbare effecten kunnen leiden. Normaal bedrijf heeft, afgezien van de sterke aantasting van het landschap, weinig gevolgen. Ongelukken kunnen echter leiden tot het oplossen van grote hoeveelheden methaangas en/of stikstof in het water, dat daardoor zuurstofloos kan worden. Sterfte van waddieren is daarvan het resultaat.

Hoewel zuurstofloosheid vrijwel de hele levensgemeenschap in het water te gronde kan richten, moet wel worden bedacht dat op het wegnemen van de oorzaak vrijwel altijd snel en volkomen herstel zal volgen.

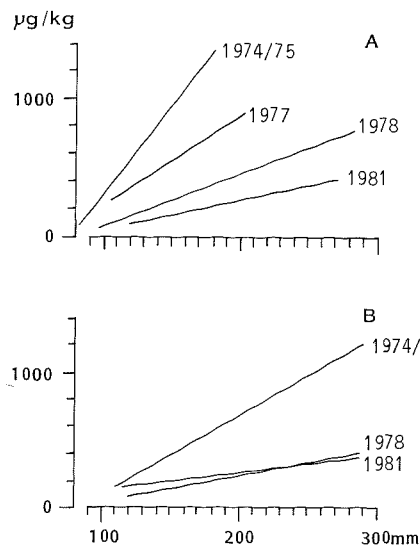
Terwijl grote lozingen van organisch afval de levensgemeenschap van de Waddenzee via de omweg van zuurstofloosheid kunnen bedreigen, doen andere afvalstoffen dat rechtstreeks. Soms worden stoffen in zulke grote hoeveelheden in het water geloosd dat ze meteen dodelijke effecten hebben. Dat was bijvoorbeeld eens het geval bij een illegale lozing van kopersulfaat, waardoor aanzienlijke vissterfte optrad. In andere gevallen nemen organismen in kleine hoeveelheden aanwezige giftige stoffen langzaam uit het water of uit hun voedsel op totdat uiteindelijk dodelijke concentraties worden bereikt. Dat gebeurde bijvoorbeeld toen insectenbestrijdingsmiddelen in de westelijke Waddenzee tot sterfte van duizenden, zo niet tienduizenden zeevogels leidden. Iets dergelijks gebeurt momenteel met de gepolychloreerde biphenylen (PCB's) die de voortplanting van zeehonden nadelig beïnvloeden.

Uit deze paar voorbeelden blijkt dat zeer verschillende groepen van chemische verbindingen een schadelijke invloed op de





Achteruitgang van het aantal zeehonden in de Nederlandse Waddenzee, vrijwel zeker door de invloed van PCB's.



Afname van het kwikgehalte in de puitaal. Horizontaal is de lengte van de vis gegeven, verticaal het kwikgehalte. De lijnen geven de relatie daartussen weer in verschillende jaren. Boven Eems-Dollard gebied, onder: westelijke Waddenzee.

Waddenzee kunnen hebben. Op dit moment bestaan er zeer sterke verdenkingen tegen PCB's, maar bestrijdingsmiddelen lijken nu geen schadelijke effecten te veroorzaken. Lokaal, bijvoorbeeld in de Wesermond, komen de gehalten aan zware metalen gevaarlijk dicht bij de niveaus waarvan bekend is dat ze schade veroorzaken. Van één van de grootste boosdoeners, — kwik —, zijn de gehalten de laatste jaren echter duidelijk afgenomen.

Een groot probleem bij de beoordeling van verontreinigingen is dat ze elkaars werking kunnen versterken of verminderen. Om dat aspect op zijn waarde te kunnen schatten dient nog veel gedetailleerd onderzoek te worden verricht. Ook thermische verontreiniging kan hierbij een rol spelen.

Daarnaast kan ook de temperatuurverandering op zich zelf tot biologische gevolgen leiden. Anderzijds zijn bij de elektrische centrales die langs de Waddenzee en de riviermonden in bedrijf zijn, door de geringe temperatuurverhoging nog geen duidelijke en van enig belang zijnde ecologische effecten aangetoond.

Baggeren, zand- en schelpenwinning hebben wel duidelijke effecten. In alle gevallen gaan de bodemorganismen ter plaatse teloor, terwijl in vele gevallen een schadelijk effect van het opgewervelde zand en slib aannemelijk lijkt. Bij baggeren of zandwinning in de grote getijgeulen treedt snel herstel op, doch bij zandwinning op de bij laag water droogvallende wadplaten blijven de gaten in het wad tientallen jaren zichtbaar. Ook de schaal is van belang. Bij schelpenwinning gaat het om betrekkelijk kleine hoeveelheden sediment en schade van belang is niet te verwachten. Bij zandwinning worden veel grotere hoeveelheden zand en slib opgezogen en gedeeltelijk weer over boord gestort. Plaatselijk en tijdelijk kan dit zeker tot ecologische effecten leiden. Een ander effect is wellicht nog ernstiger. De door de

zandwinning gemaakte gaten in de grote getijgeulen blijken snel te worden opgevuld met nieuw zand. Het is allerm minst uitgesloten dat dit uiteindelijk voor een groot deel wordt ontleend aan de stranden en duinen van de waddeilanden.

De grootste ecologische effecten mogen echter van baggerwerk worden verwacht. In de scheepvaartwegen van de Eems, Jade, Weser en Elbe en naar Esbjerg en enkele kleinere havens worden jaarlijks tientallen miljoenen m³ zand en slib opgebaggerd en elders weer gestort. Aannemelijk is dat hierdoor de troebeling van het water aanzienlijk is toegenomen, hetgeen mogelijk verreikende ecologische effecten heeft gehad. Daarnaast is het vrijwel levenloze karakter van de bodem van deze grote geulen wellicht ook aan het voortdurende baggerwerk toe te schrijven.

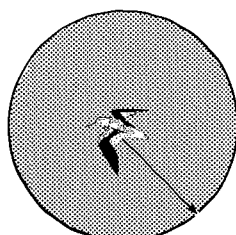
Maricultuur is te omschrijven als veeteelt op zee. Weliswaar bestaat het "vee" in dit geval uit schelpdieren of vissen, doch de principes zijn hetzelfde. Op dit moment is in de Waddenzee alleen de mosselcultuur een activiteit van enige omvang. Net zoals begrazing door vee op het land de begroeiing van karakter doet veranderen, brengt de mosselcultuur ook veranderingen teweeg in zee. Aan het water worden plankton en fijn verdeeld slib onttrokken, terwijl tegelijkertijd op de bodem een laag slib wordt gedeponeerd. Hierdoor treden weer biologische veranderingen op. Zo mijden garnalen en schar de modderige mosselpercelen, terwijl puitaal en eidereend er juist door worden aangetrokken. Of men deze veranderingen positief of negatief moet beoordelen, is een open vraag.

Visserij blijkt in het algemeen weinig effecten te hebben. De meeste soorten blijken zich snel te herstellen en in de Waddenzee is zeker geen sprake van overbevissing. Neveneffecten zijn er wel, doch via een zekere regulering zullen die grotendeels zijn op te

Gemiddelde afstanden waarop wadvogels reageren op over het wad lopende mensen.



WULP
300-500 m
50 ha



TURELUUR
200-400 m
28 ha



BONTE
STRANDLOPER
100-300 m
13 ha



SCHOLEKSTER
100-200 m
7 ha



MEEUWEN
100-150 m
5 ha

vangen. Overbevissing in de Noordzee heeft wel tot effecten in de Waddenzee geleid. Zo is de stekelrog vrijwel verdwenen, terwijl de jonge haring in de Waddenzee tijdelijk sterk is achteruitgegaan.

Recreatie in de Waddenzee heeft vooral effecten op vogels en zeehonden, doordat deze dieren in hun normale bezigheden worden gestoord. Of deze verstoring schadelijke effecten op de populaties van deze dieren heeft, is nog niet in alle gevallen duidelijk. In broedkolonies van zeevogels kan verstoring inderdaad zeer nadelig zijn, doch het effect op vogels die op het wad voedsel zoeken behoeft nog nader onderzoek. Hetzelfde geldt voor zeehonden. Wijfjes schijnen door verstoring hun jongen voortijdig te kunnen verliezen, doch of verstoring buiten de werp- en zoogperiode effecten heeft, is niet bekend.

De mate van verstoring door verschillende bronnen verschilt sterk. Laagvliegende, langzame vliegtuigjes en helicopters kunnen massale verstoring met zich meebrengen. Laagvliegende straalvliegtuigen lijken veel minder effect te hebben.

Wadlopers brengen een zekere verstoring van wadvogels met zich mee, doch door de grote afstand tussen zeehondenrustplaatsen en wadlooproutes worden zeehonden niet vaak verontrust door het georganiseerde wadlopen.

Van de watersport kunnen catamarans, platboomde schepen, schepen met kimkieren en misschien windsurfers tot meer verstoring leiden dan diepstekende motorjachten en kieljachten, omdat de eerste groep kan droogvallen of zonder bezwaren in zeer ondiep water kan varen, terwijl de tweede groep dat minder of niet doet.

Het is duidelijk dat niet alle menselijke bedreigingen van de Waddenzee even groot zijn. Dat is een kwestie van aard van de bedreiging, doch ook van schaal waarop het verschijnsel zich afspeelt. Zo zijn er omstreeks 400 garnalenvissers in de nederlands-duits-deense Waddenzee, tegenover slechts 4 gemechaniseerde vissers op zee-pieren. Al zou, bij wijze van voorbeeld, de tweede groep per schip tien maal zo veel schade veroorzaken als de eerste, dan nog zou het effect van de gezamenlijke garnalenvissers groter zijn. In de tabel is getracht de verschillende bedreigingen van de Waddenzee die regelmatig te berde worden gebracht, te rangschikken naar hun grootte. Uitgangspunten daarbij waren de snelheid en mate van herstel na de storing, de maximale ruimtelijke omvang van het verschijnsel en de frequentie van optreden ervan. Daarbij moet bedacht worden dat ondanks snel herstel een veel voorkomende beïnvloeding toch tot een negatief effect kan leiden.

De eilanden onder de voet gelopen?

In het verleden waren de eilandbewoners voor hun levensonderhoud aangewezen op wat het eiland zelf en de omringende zee hen te bieden hadden. Op zee waren zij werkzaam in de visserij, zowel rond het eiland als bijvoorbeeld in de Poolzee, als loods en als bemanningsleden op de handelsvaart. Effecten van deze activiteiten op het eilandmilieu waren te verwaarlozen.

Op het eiland zelf werd het landschap intensief geëxploiteerd. Akkerbouw en vee-teelt vonden zowel op de al dan niet bedijkte kweldergronden als in duingebieden plaats. Daarnaast werden vele natuurproducten verzameld. Voorbeelden zijn eierrapen, vangen van eenden in de eendekooien en maaien van duinbegroeiing. Voor de begroeiing werkte dit patroon van menselijke beïnvloeding verrijkend, doordat verschillende milieutypen geschapen werden, doch anderzijds ondervonden sommige diersoorten daarvan nadelige effecten omdat voor deze soorten de exploitatie te intensief was.

De laatste 100 jaar hebben verschillende ontwikkelingen geleid tot een nieuwe situatie. Het agrarisch gebruik is sterk veranderd. Exploitatie van duinen en kwelders is sterk verminderd of zelfs geheel gestaakt, terwijl de ingepolderde kweldergebieden juist veel intensiever worden gebruikt. Dit blijkt ook uit de diepere ontwatering, de toegenomen mestgiften en het gebruik van bestrijdingsmiddelen.

Ook vele andere vormen van exploitatie van de natuur zijn verminderd. Eierrapen en eendekooien bijvoorbeeld hebben vrijwel geen economisch belang meer.

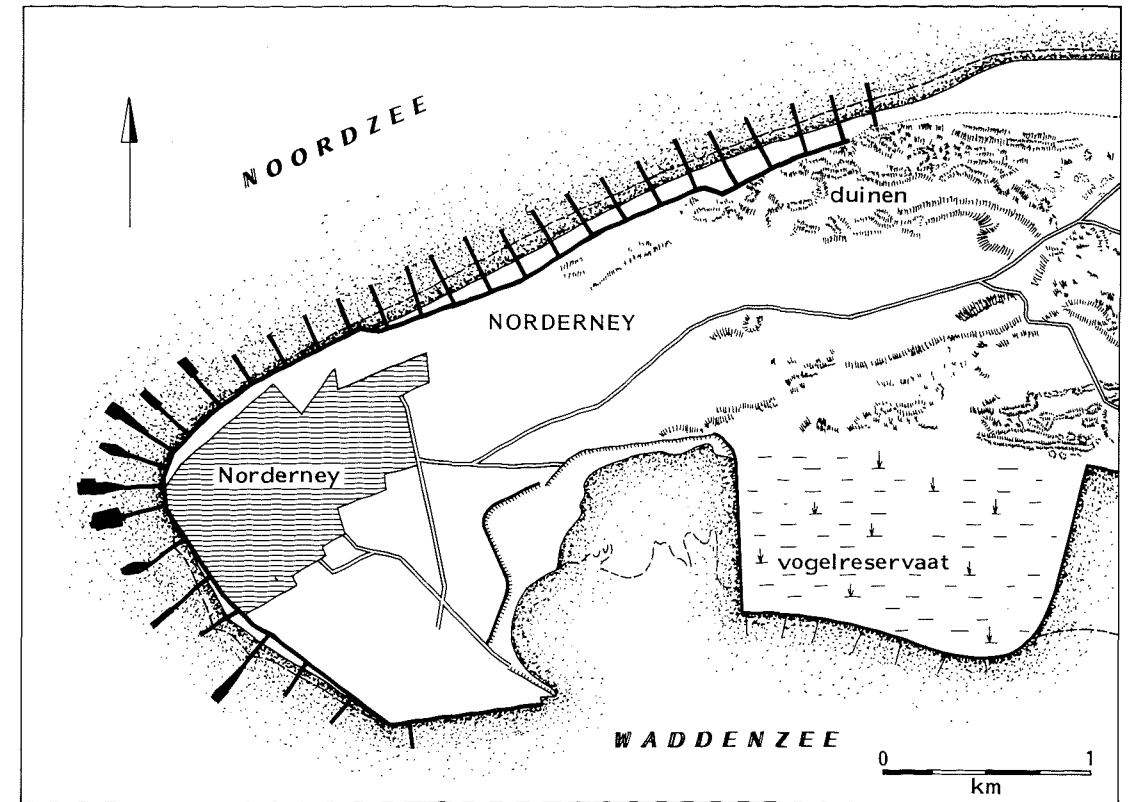
Het resultaat van deze ontwikkeling is onder meer dat de grens tussen natuurgebied en agrarisch gebied tegenwoordig veel scherper is getrokken dan vroeger het geval was. Tegenover het nauwelijks geëxploiteerde natuurgebied staat nu het modern geëxploiteerde landbouwgebied.

Door middel van strandhoofden, zand-

suppleties en werken in de duinreep wordt getracht de kustlijn vast te leggen. Door beplantingen en stuifschermen zijn de duinen vastgelegd en zijn op sommige plaatsen stuifdijken gevormd. Dat heeft enerzijds geleid tot verrijking van bepaalde levensgemeenschappen, doch anderzijds tot een verlies aan dynamiek. Nieuwe pionierssystemen worden niet of nauwelijks meer gevormd en hele duingebieden "verouderen". Ook de geomorfologische dynamiek is verminderd: het eiland is a.h.w. vastgenageld en kan zich niet goed meer aanpassen aan de voortschrijdende kustontwikkeling.

Ook nu hebben de natuurgebieden nog een belangrijke functie in de eilandeconomie. De combinatie van strand, natuurgebieden en dorpen in een landschappelijk fraai poldergebied blijkt in staat jaarlijks miljoenen vakantiegasten aan te trekken. Bij elkaar zorgen die op alle waddeneilanden samen voor zo'n 30 miljoen overnachtingen per jaar.

Hoewel deze bezoekers voor een groot deel hun tijd aan het strand en in de dorpen doorbrengen, is het aantal personen dat de natuurgebieden bezoekt, toch zo groot dat ecologische schade aanwijsbaar optreedt. Deze schade bestaat dan uit vertrappen van begroeiing, vorming van zandpaden en stuifplekken en verdwijnen van schuwe diersoorten. Door eenvoudige beheersmaatregelen, zoals planten van helm en afsluiten van paden, is een deel van deze schade wel op te vangen, doch wanneer het bezoek al te intensief wordt, helpt dat niet meer. Dan rest meestal slechts afsluiting van het natuurgebied, hetgeen dan weer nadelige effecten heeft op de niet afgesloten gebieden door verplaatsing van recreatiedruk. Voor vele eilanden geldt inmiddels dat grote moeite moet worden gedaan om de kwaliteit van de natuurgebieden op peil te houden onder de druk van de talrijke recreanten en andere nadelige invloeden.



Kustverdedigingswerken aan de westpunt van het Duitse waddeneiland Norderney voorkomen verplaatsing van het eiland.

Nationale parken en natuurreservaten in het Waddengebied (situatie 1 december 1985).



Het beheer van het Waddengebied

Hiervoor is reeds uiteengezet dat het Waddengebied een van de meest bijzondere natuurgebieden van Europa en zelfs van de hele wereld is. Maar tevens is duidelijk gemaakt dat diezelfde Waddenzee op velerlei wijzen wordt beïnvloed, aan tal van bedreigingen blootstaat en door een aantal ontwikkelingen zelfs duidelijk wordt aangetaast.

Deze feiten zijn ook reeds geconstateerd door de regeringen van de landen waarin de Waddenzee ligt. Deze hebben — het ene land wat nadrukkelijker dan het andere — daaruit hun conclusies getrokken en in alle Waddeneilanden zijn nu natuurreservaten in het waddengebied gesticht. Voor grote gebieden zijn ook verdergaande speciale beheersregelingen getroffen of in voorbereiding. Dit zijn verheugende ontwikkelingen, maar de doeltreffendheid van de beschermende maatregelen loopt nogal uiteen, hetgeen — door de samenhang binnen het gebied — het uiteindelijke effect van de bescherming ongunstig beïnvloedt. Bovendien wordt steeds duidelijker dat vele kleine ingrepen, hoe onbelangrijk elk ook op zichzelf moge lijken, tezamen een groot nadelig effect op het Waddengebied hebben en op de lange duur zelfs onontkoombaar zullen leiden tot de algehele vernietiging van de natuurlijke waarden van het gebied. Om verbetering van deze situatie te stimuleren geeft de Werkgroep Waddengebied hierna eerst een formulering van de hoofddoelstelling van het beheer en daarna een voorstel voor een verantwoord beheer gebaseerd op enkele essentiële uitgangspunten.

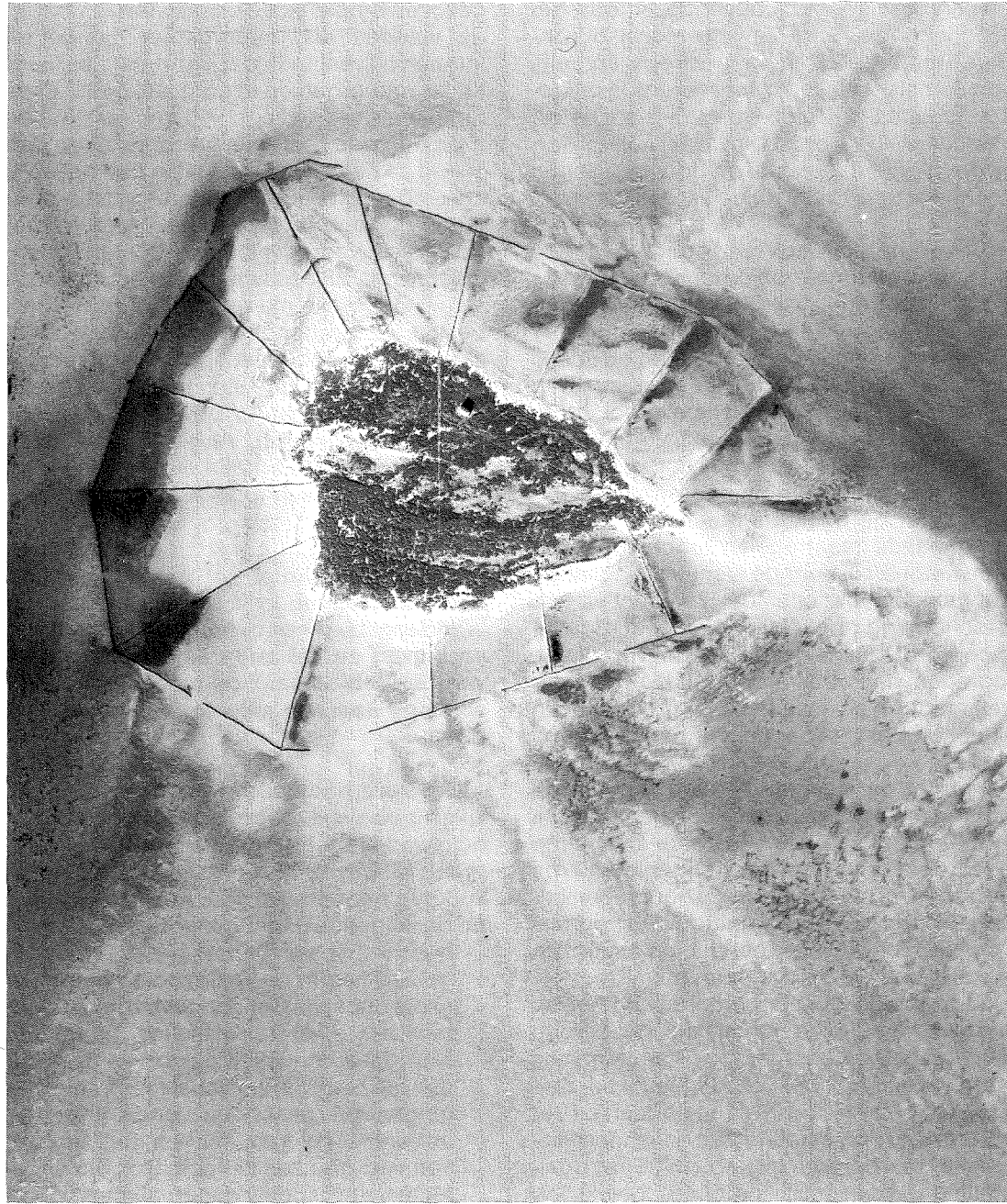
Als hoofddoelstelling voor het beheer van het waddengebied stemt de Werkgroep Waddengebied in met de Planologische Kernbeslissing "De Waddenzee" en omschrijft deze als "het in stand houden en beschermen van de natuurlijke en landschappelijke waarden van dit gebied". Deze doelstelling is opzettelijk als hoofddoelstelling

gekozen omdat dit de enige wijze is waarop de wadden als natuurgebied behouden kunnen blijven. Indien bijvoorbeeld de functie als natuurgebied in conflict komt met de functie als recreatiegebied zonder dat een grens aan de recreatie wordt gesteld, dan zullen de natuurwaarden altijd aan het kortste eind trekken. Er is recreatie in de natuur mogelijk, doch voor ieder natuurgebied is er een grens waarboven een snelle aftakeling plaatsvindt. Bij een watersportdichtheid zoals op de Friese meren zouden er bijvoorbeeld geen zeehonden meer in de Waddenzee kunnen voorkomen. Door nu de recreatie op de natuur af te stemmen, kan bereikt worden dat de natuur bewaard en de recreatie mogelijk blijft. Vergelijkbare relaties gelden tussen de functie als natuurgebied en andere maatschappelijke functies.

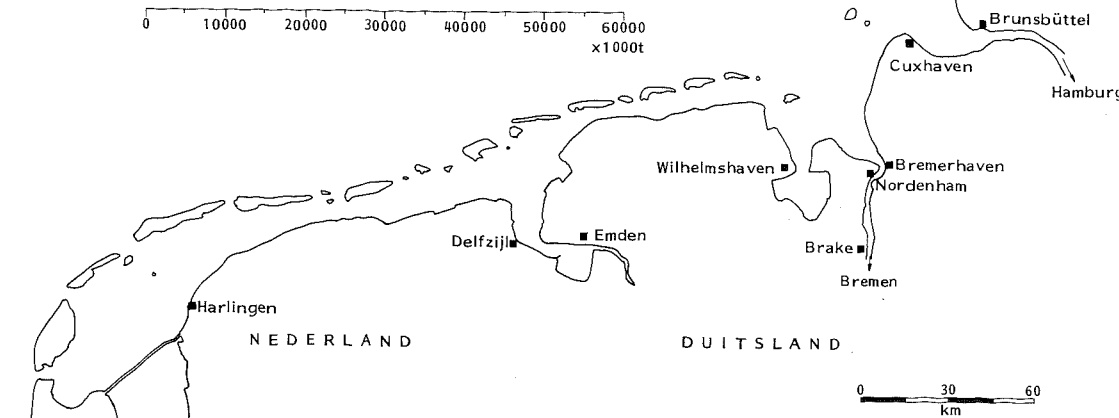
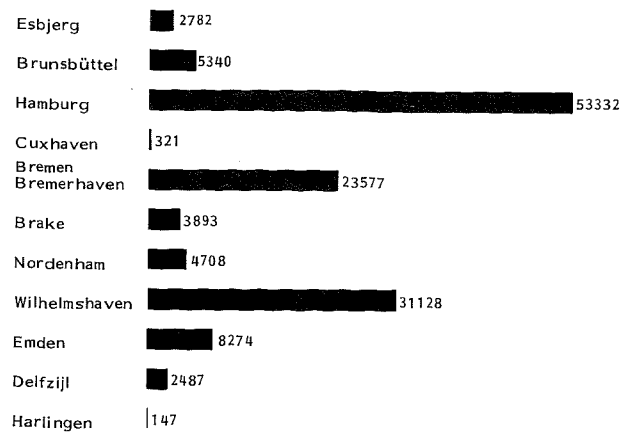
Kort gezegd komt het voorstel voor de hoofddoelstelling er dus op neer dat het Waddengebied een natuurgebied moet zijn en blijven en dat andere gebruiksvormen van het gebied door de menselijke maatschappij daaraan moeten worden aangepast.

Om deze hoofddoelstelling te verwezenlijken is een verantwoord beheer van het gehele waddengebied noodzakelijk. De Werkgroep wil hierbij een voorstel doen voor een zodanig beheer. Dat voorstel is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- bescherming en beheer van het waddengebied heeft alleen zin indien men zeer grote oppervlakten daarin betreft. De intensieve wateruitwisseling met de Noordzee en tussen delen van de Waddenzee onderling, evenals de trekbewegingen van zeehonden, vogels, vissen en andere zeedieren, maken het trekken van veel grenzen zinloos. Ook om de effecten van randinvloeden afkomstig van



Goederenomslag in tonnen per jaar in de Waddenzeehavens.



het vasteland en van industriële en stedelijke gebieden elders te beperken, is een grote schaal noodzakelijk. Dat wil zeggen dat uitgaan moet worden van beheerseenheden in de orde van 10.000 ha en meer (ter vergelijking: het gehele waddengebied omvat 900.000 ha). Dit betekent ook dat het beheer van het waddengebied internationaal moet worden opgezet.

— omdat de verschillende delen van het waddengebied uiteenlopen in kwets-

baarheid en omdat het waddengebied reeds vrij intensief gebruikt wordt door vele maatschappelijke groeperingen, ligt een gedifferentieerd beheer voor de hand. De differentiatie kan dan lopen van totale bescherming tot het toelaten van zoveel mogelijk menselijke activiteiten voor zover die geen onherstelbare of langdurige schade veroorzaken.

— de Werkgroep wil hieronder alleen de grote lijnen aangeven zoals die voortvloeien uit geomorfologische, hydrogra-

fische en ecologische principes en uit de huidige kennis van het waddengebied. De verdere uitwerking moet vanzelfsprekend geschieden door de ter plaatse bevoegde instanties in overleg met de lokale bevolking.

Welke zijn nu die maatschappelijke gebruiksvormen die een gedifferentieerd beheer nodig maken? Een indeling in categorieën van de menselijke activiteiten in het waddengebied is moeilijk, omdat vaak niet alleen de aard en de mate van plaatsgebondenheid van de activiteit zelf, maar ook de schaal waarop deze plaatsvindt en de wijze waarop de handelingen worden verricht, mede bepalend zijn voor de mate van toelaatbaarheid.

Er is echter een aantal menselijke activiteiten die van levensbelang zijn voor de bewoners van de aangrenzende gebieden. In deze categorie valt de kustverdediging. Deze dient — als overal — langs de kusten van de Waddenzee optimaal te zijn. Dat betekent hoge en voldoende zware dijken, mogelijk beschermd door een zo breed mogelijk voorland. In bepaalde gevallen kan ook een tweede dijklijn wenselijk worden geacht, doch dat wil niet zeggen dat die tot stand moet worden gebracht door een nieuwe dijk zeewaarts van de bestaande dijk aan te leggen. Een landwaarts gelegde dijk dient het doel vrijwel even goed, zodat nieuwe inpolderingen meestal niet nodig zijn voor een betere beveiliging.

Ook is het niet nodig om nieuwe polders aan te leggen om door middel van boezems ontwateringsproblemen in het achterland op te lossen. Soms kan men deze problemen geheel of tenminste gedeeltelijk oplossen door in de hogere delen van het achterland de afvoer beter te reguleren en voor het overige kan het verlangde resultaat ook met een gemaal (daarbij wel een grotere energiebehoefte) worden verkregen.

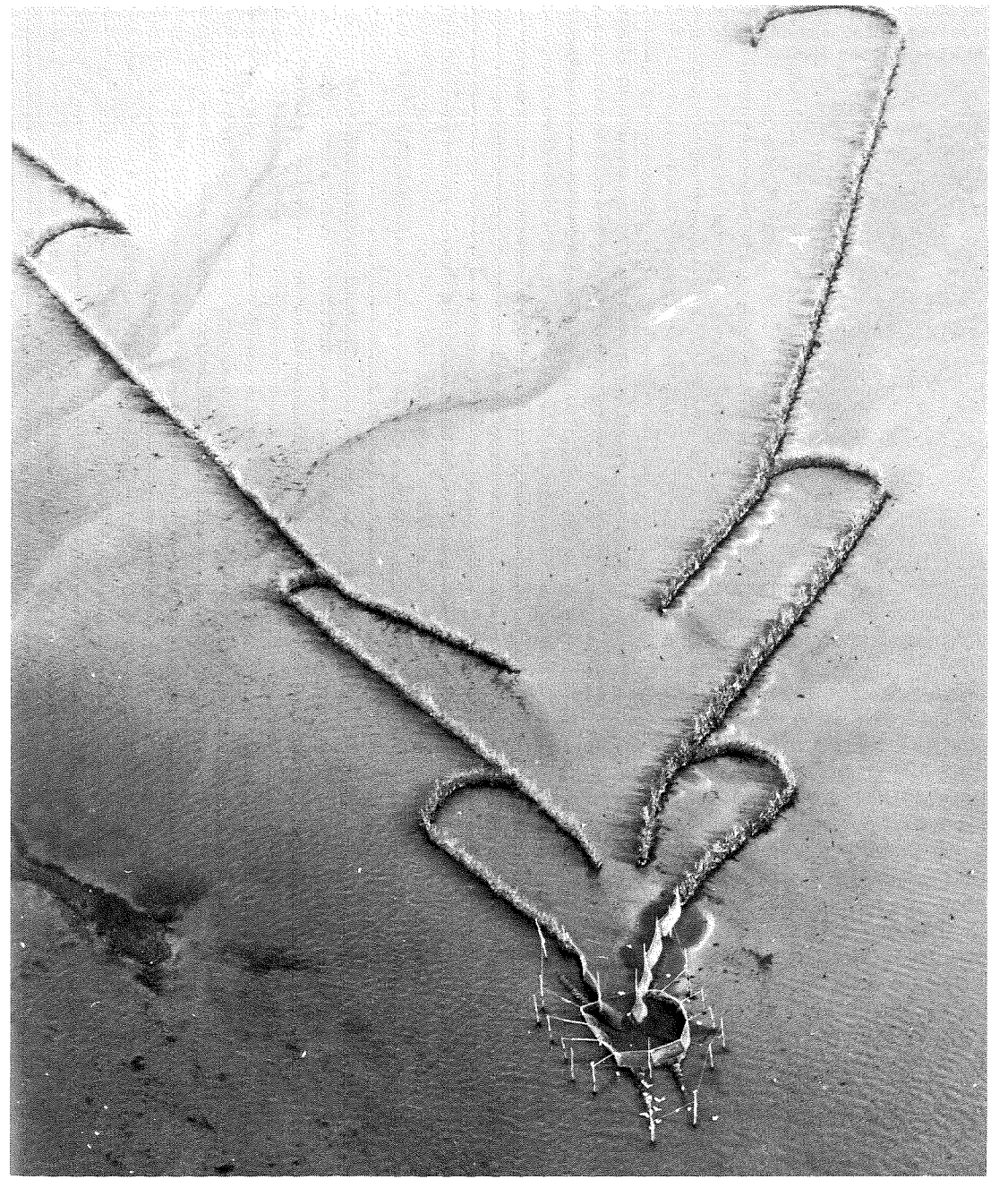
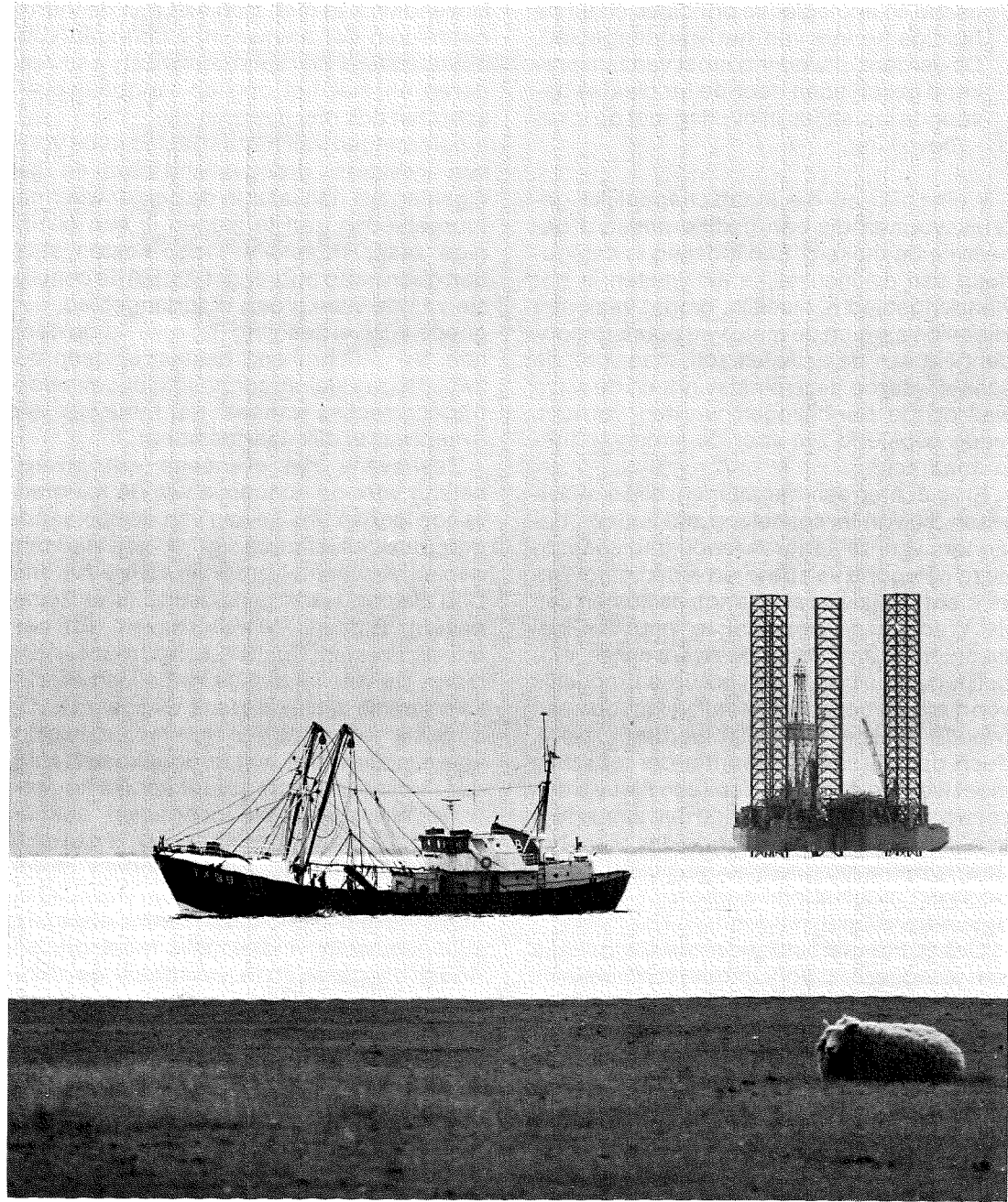
Bovendien kan men zich niet aan de indruk onttrekken dat nieuwe inpolderingen voor de landbouw macro-economisch niet renderen en met het oog op landbouwoverschotten ook niet gewenst zijn.

Inpolderingen van natuurgebied in de vorm van kwelders, droogvallend wad en getijgeulen om dan later in de polder weer natuurgebieden aan te leggen is een onzinnige zaak. Tegenover hoge kosten staat dan geen netto opbrengst. Dus is de conclusie van de Werkgroep Waddengebied: een goede kustverdediging: ja; nieuwe polders: nee. Vanzelfsprekend bestaat er geen bezwaar tegen kleine, zorgvuldig uitgevoerde, tracécorrecties wanneer het tracé van een te verzwaren dijk daartoe noopt.

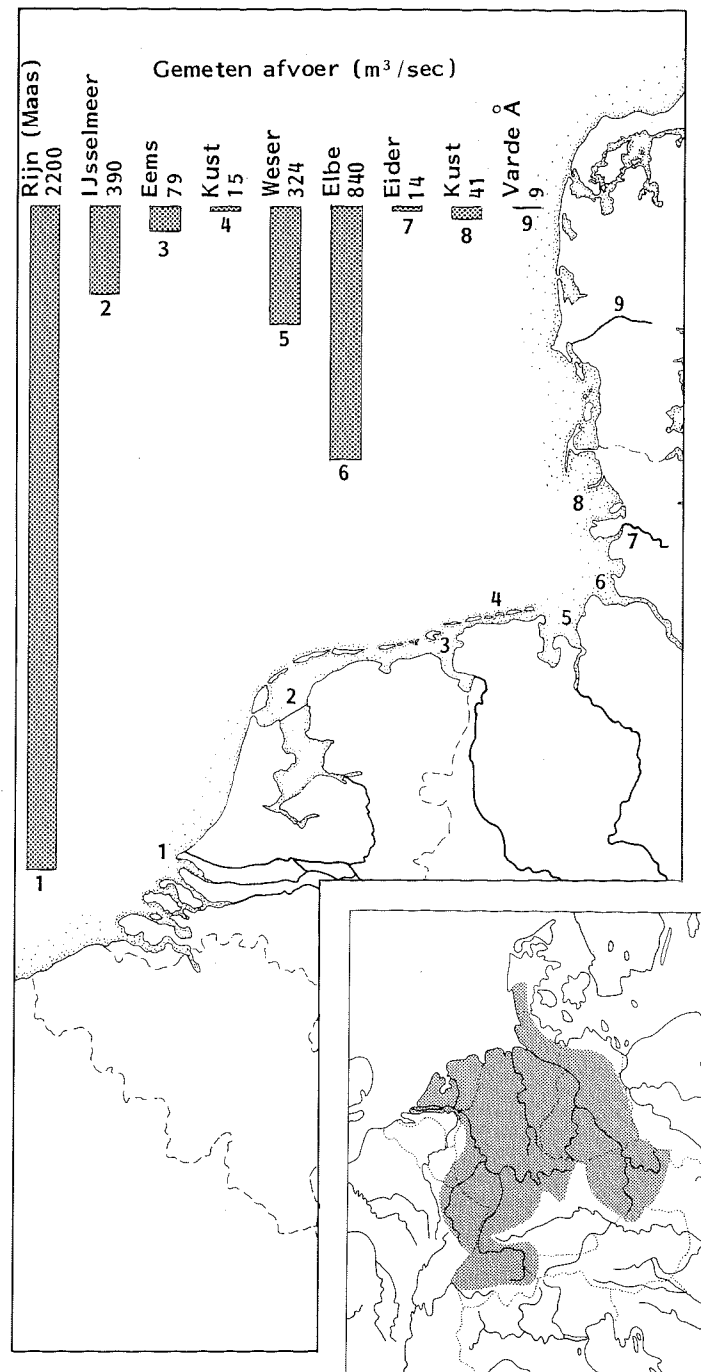
Zeehavens zijn eveneens van levensbelang voor de economie van de aangrenzende landen. Als gevolg van de bestaande geografische situatie ligt in het waddengebied een aantal grote en kleine havens: Den Helder, Harlingen, Delfzijl (met Eemshaven), Emden, Wilhelmshaven, Bremerhaven, Bremen, Cuxhaven, Hamburg en Esbjerg. De vele haventjes met alleen een lokale functie zijn uit deze rij weggelaten. Op deze kleine havens met zeer regionale of lokale functie wordt nog teruggekomen wanneer visserij en recreatie ter sprake komen.

De Werkgroep Waddengebied gaat er van uit dat binnen redelijke grenzen al deze havens bereikbaar zullen moeten blijven voor de zeescheepvaart en dat overslag en industrie in en rond deze havens doorgang zullen moeten vinden. Wel moet om onnodig baggerwerk te vermijden de doorvaart door de Waddenzee voor grote schepen beperkt blijven tot een zeer klein aantal havens.

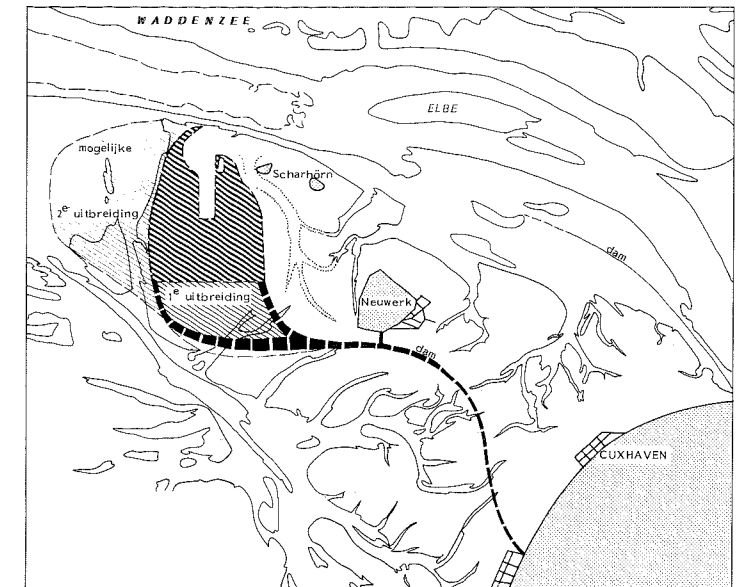
Ten aanzien van de scheepvaart zal men moeten blijven streven naar vermindering van de kans op aanvaringen en strandingen. Gezien de mogelijkheid dat deze zich toch voordoen zal een goed uitgeruste ram-



Het stroomgebied van de rivieren die in de Waddenzee uitstromen of deze sterk beïnvloeden (Rijn).



Het Schärhornplan: een voorlopig uitgesteld plan voor een zeehaven in de Duitse Waddenzee.

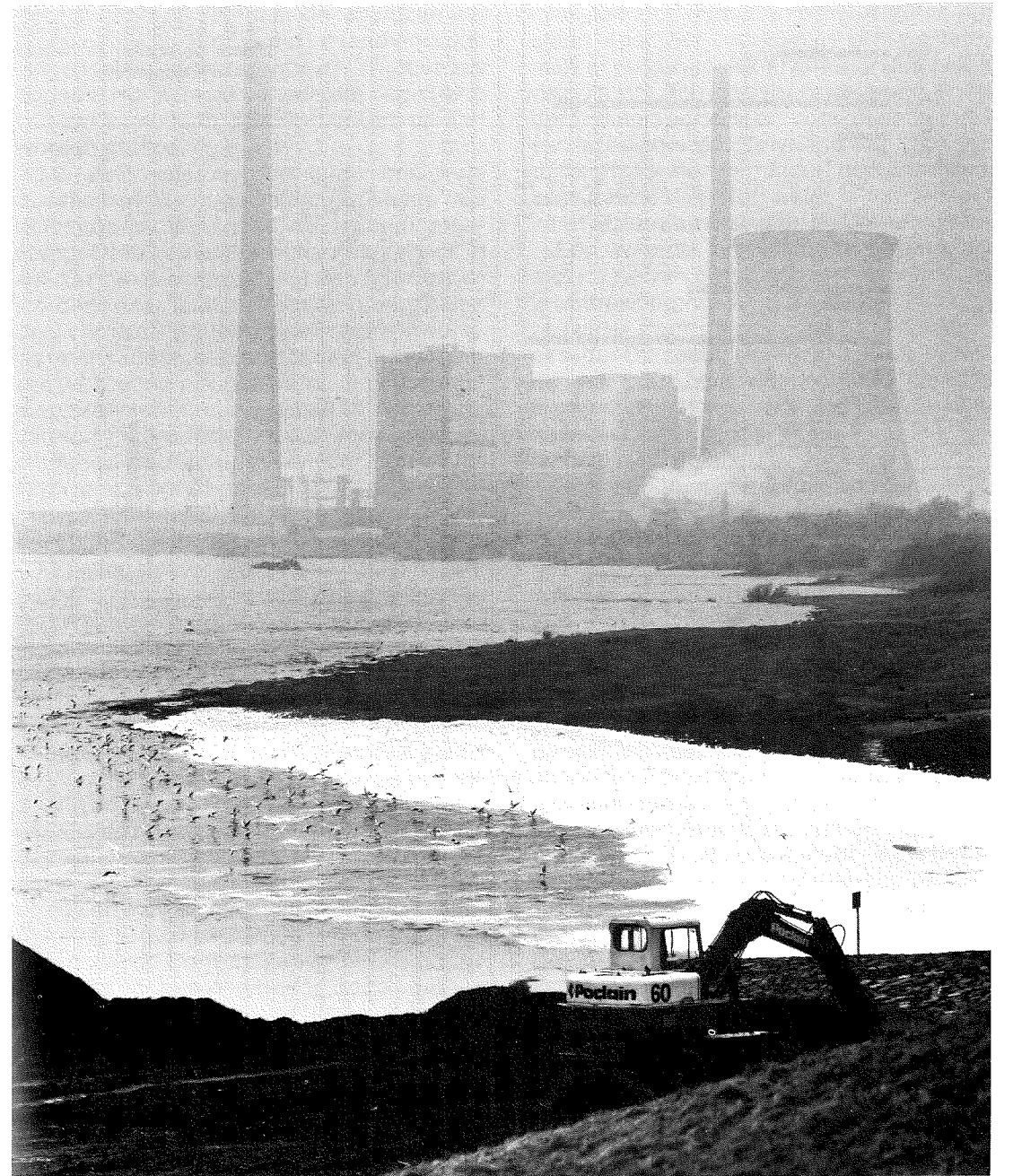


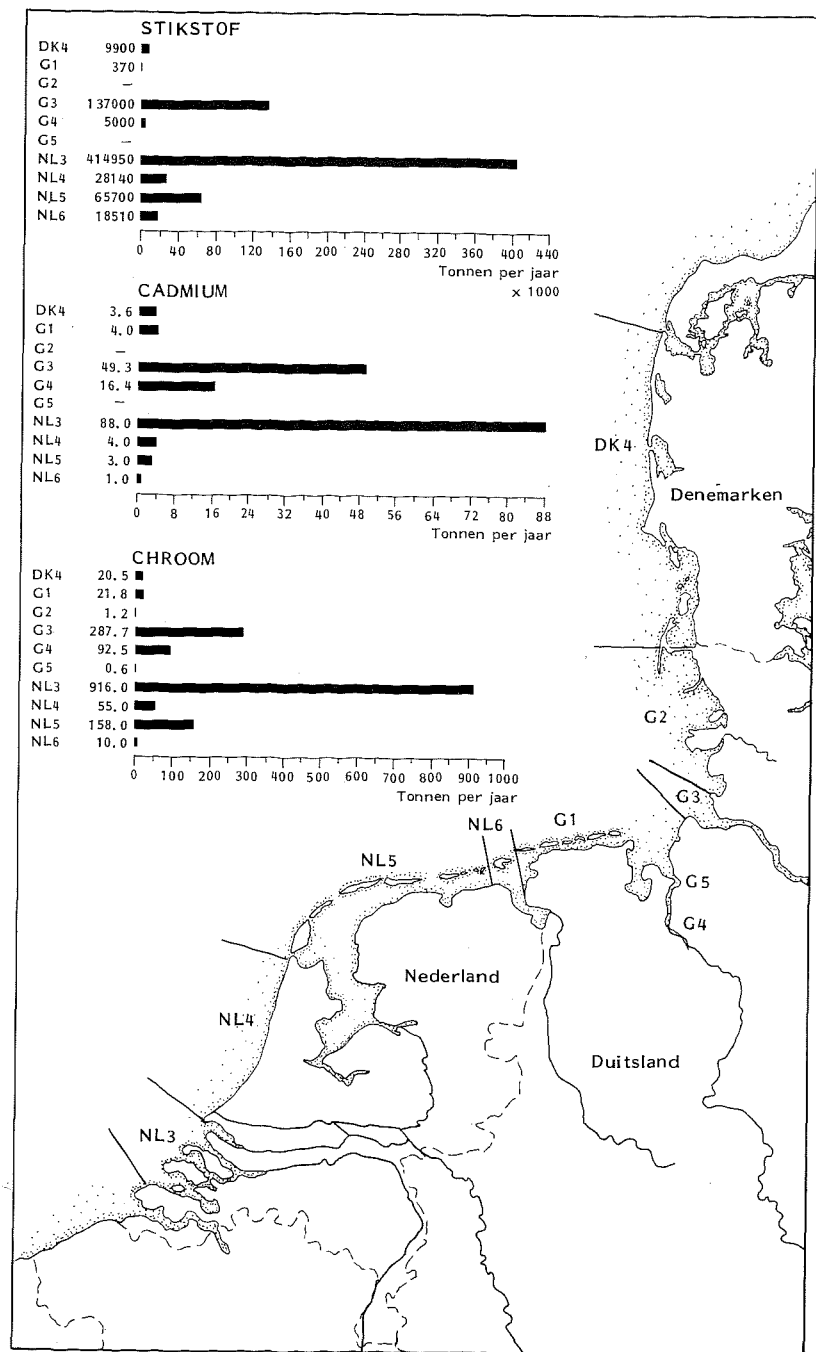
penbestrijdingsorganisatie moeten worden opgebouwd. Olie geniet daarbij de grootste prioriteit gezien de hoeveelheden waarin het wordt vervoerd en de schaal en duur van de mogelijke effecten.

Ten aanzien van overslag en industrie geldt vanzelfsprekend dat gestreefd moet worden naar een zo gering mogelijke vervuiling en geluidsbelasting vanuit de reeds bestaande gebieden. De grote vraag is natuurlijk wat er moet gebeuren bij gewenste uitbreiding van zeehavengebieden. Vanuit het oogpunt van natuurbehoud is, indien noodzakelijk, een uitbreiding in het aangrenzende landgebied verre te prefereren boven een uitbreiding in de Waddenzee. Belangrijker is nog het concentreren van de zeehavenindustrie tot zo weinig mogelijk vestigingsplaatsen. Gestreefd zou kunnen worden naar maximaal één zeehaven met industrie per land en per deelstaat, doch concentratie zonder acht te slaan op landsgrenzen is vermoedelijk effectiever. Op de

ze wijze zal het mogelijk zijn om projecten als de Dollardhaven en het Scharhörplan, dat midden in de Waddenzee is gedacht, te vermijden.

Een goede afwatering is ook van levensbelang voor de bewoners van de gebieden die aan de Waddenzee grenzen. Een zeer groot achterland watert af op de Waddenzee. Dit geschiedt via kleinere rivieren, spuisluizen en gemalen (er is reeds op gewezen dat voor verbetering van deze lokale afwatering de aanleg van spuiboezems niet nodig is) maar verreweg het meeste water komt via de rivieren Rijn, Eems, Weser en Elbe. Daarbij vormt de Rijn een speciaal geval: via het IJsselmeer stroomt ongeveer 15 % van het Rijnwater in de Waddenzee, terwijl via de Noordzee uiteindelijk nog eens ongeveer de helft van het Rijnwater in de Waddenzee terecht komt. Een groot deel hiervan verlaat de Waddenzee echter weer zeer snel (na 1 dag al). Alles bijeen stroomt er per seconde gemiddeld zo'n 1500 m³ zoet water





Jaarlijkse afvoer van stikstof, cadmium en chroom door verschillende rivieren en lozingspunten.

door de Waddenzee naar de Noordzee. Dit is een natuurlijk proces dat bovendien mede het speciale karakter van de Waddenzee bepaalt. Het spreekt vanzelf dat deze gang van zaken niets in de weg behoeft en kan worden gelegd.

Met zoet water worden echter ook grote hoeveelheden opgeloste, zwevende en drijvende stoffen door de rivieren afgevoerd. Deze komen vanzelfsprekend ook in de Waddenzee terecht en bepaalde stoffen worden daar zelfs geconcentreerd. Een deel van deze stoffen zit van nature in het rivierwater, doch een ander deel is via menselijke toedoen in het water terecht gekomen. Het niet-natuurlijke deel van de afvoer varieert sterk van stof tot stof; voor sommige stoffen is de natuurlijke afvoer nauwelijks verhoogd, voor andere is 100 % van kunstmatige herkomst. Kiezeldiënoxide is een voorbeeld van het eerste, DDT van het tweede. Aangezien de rivieren de belangrijkste aanvoerwegen blijken te zijn van stoffen van niet-natuurlijke herkomst, d.w.z. verontreinigingen, dient in het belang van de Waddenzee en van de rivieren zelf en de overige wateren die door deze worden beïnvloed, een sanering van alle lozingen van verontreinigende en eutrofiërende stoffen plaats te vinden. Uiteraard is een dergelijke sanering ook nodig voor lokale lozingen rechtstreeks op de Waddenzee, zoals vanuit zeehavenindustriegebieden. In de eerste plaats komen daarvoor de gepolychloreerde biphenylen en verwante verbindingen in aanmerking. De zogenaamde zwarte en grijze lijsten van de Conventies van Oslo, Londen en Parijs vormen een goede basis voor het stellen van prioriteiten bij het terugdringen van de verontreinigingen door de overige stoffen.

Organisch verrijkt afvalwater, d.w.z. afvalwater afkomstig van huishoudens of van bedrijven die bijv. landbouwproducten verwerken, brengt een heel ander soort proble-

men met zich mee. Een probleem kan ontstaan door het voorkomen van ziektekiemen in huishoudelijk afvalwater. Dit brengt risico's met zich mee voor zwemmers en andere watersporters en voor consumenten van schelpdieren. Zuivering van huishoudelijk afvalwater vermindert de kans hierop zeer aanzienlijk. Nog beter is vanzelfsprekend afzien van lozing op de Waddenzee.

Een tweede probleem samenhangend met lozing van organisch verrijkt afvalwater is onttrekking van zuurstof aan het Waddenzee water door de optredende afbraakprocessen. Dit speelt hoofdzakelijk een rol bij de zeer grote afvalwaterlozingen. Ook hier is zuivering en vermindering van de afvalstroom het voor de hand liggende antwoord.

Hiervoor werden gebruiksvormen van de Waddenzee genoemd waar we niet onderuit kunnen of willen (al kan de eruit resulterende vervuiling wel grotendeels opgeheven worden). In een tweede categorie bespreken we activiteiten die niet van levensbelang zijn voor de bevolking van grote gebieden (wel voor individuen), maar die gebruik maken van en aangewezen zijn op een zichzelf vernieuwende hulpbron in het waddengebied. Als zodanig kunnen worden beschouwd: de kustvisserij op garnalen en vis, inclusief de sportvisserij; de kokkelvisserij; de zeepeiervisserij en -spitterij; de schelpvisserij; de mosselcultuur, inclusief de mosselzaadvisserij; de veeteelt op de kwelders; jacht, inclusief het gebruik van eendekooien; de recreatie, voor zover deze mede wordt beoefend om van de natuur en het landschap van het Waddengebied te genieten, en het wetenschappelijk veldonderzoek. Tegen deze gebruiksvormen behoeven in principe geen bezwaren te bestaan. Wat voor deze categorie echter uitermate belangrijk is, is de schaal waarop het gebruik wordt uitgeoefend. Wanneer de schaal toeneemt, zal eerst de vervuiling van

andere functies door het Waddengebied worden bemoeilijkt en later onmogelijk gemaakt en tenslotte zal de hulpbron zelf worden aangetast. Als voorbeeld moge de mosselcultuur dienen. Uitbreiding hiervan levert nu al "spanningen" op met de garnalenvisserij en met de functie van de Waddenzee als natuurgebied. Nog verdere uitbreiding kan uiteindelijk leiden tot slechte groei van de mossels en sterfte.

De Werkgroep Waddengebied meent dat in al deze gevallen de omvang en de effecten van deze gebruiksvormen dienen te worden onderzocht en dat aan de hand van dat onderzoek een beslissing moet worden genomen over de vragen waar en in welke omvang deze activiteiten mogelijk zijn. Nogmaals, het staat voor de Werkgroep vast dat deze functies van het Waddengebied in principe aanvaardbaar zijn, het gaat slechts om de plaats waar en de schaal waarop.

Resteert nog een derde categorie: die vormen van menselijke gebruik van het Waddengebied die niet gebaseerd zijn op een in principe oneindige hulpbron en/of niet afhankelijk zijn van de aanwezigheid van een gezond en goed functionerend ecosysteem in dit kustgebied. In verschillende gevallen zijn deze gebruiksvormen ook nauwelijks van belang voor de lokale bevolking. Zulke vormen van gebruik zijn bijvoorbeeld: gas- (en olie-)winning; zandwinning; militaire oefeningen; vormen van recreatie die niet voornamelijk zijn gebaseerd op het genieten van natuur en landschap; het storten van baggerspecie, en opvangen van koel- en afvalwater.

Naar de mening van de Werkgroep Waddengebied horen deze gebruiksvormen principieel niet thuis in een Waddengebied dat men wenst te beheren als natuurgebied. Indien niettemin, onder druk van andere overwegingen, deze gebruiksvormen toch in de Waddenzee worden toegelaten, dan is zeker in deze gevallen de schaal waarop dit

gebeurt uiterst belangrijk. Vanzelfsprekend moet ook gelet worden op de plaats.

Om de hiervoor geformuleerde hoofddoelstelling in de praktijk te verwezenlijken is het nodig dat de wenselijkheid — om niet te zeggen de noodzaak — van veiligstelling van de Waddenzee als natuurgebied gesteund wordt door brede lagen uit de bevolking van de betrokken deelstaten en landen en in het bijzonder door de kustbevolking. In brede kring begrip wekken voor de betekenis van de Waddenzee als natuurgebied blijft een eerste vereiste.

Voorts is het nodig dat de verschillende regeringen het wettelijke kader scheppen voor een werkelijke veiligstelling en dat deze opzet ondersteund wordt door een op natuurbeheer gericht beleid van de lagere overheden, onder andere op het gebied van de ruimtelijke ordening. Tenslotte zal, uitgaande van de hoofddoelstelling en de daaruit voortvloeiende en hiervoor vermelde overwegingen, gedragen door de publieke opinie en onderbouwd door een juridisch kader, het beheer van het waddengebied per deelstaat en per land verder moeten worden uitgewerkt.

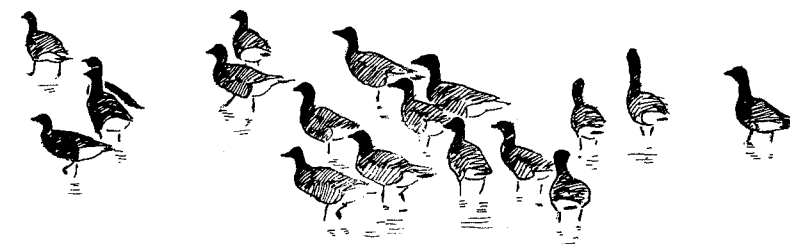
In elke deelstaat en in elk land zal (voor zover nog niet gebeurd) het veldbeheer, het toezicht op het gebied, het volgen van de ontwikkelingen en de uitvoering van wetenschappelijk onderzoek om gerezen beheersproblemen op te lossen van de grond moeten worden gebracht. Bovendien zal overal een zeer sterke coördinatie tussen deze activiteiten nodig zijn; waar mogelijk zouden alle functies binnen een gecoördineerd beheer dienen te worden ondergebracht. In Nederland is deze ontwikkeling reeds ver voortgeschreden, doch in andere landen is er nog slechts een begin mee gemaakt.

De opbouw van een gecoördineerd beheer per deelstaat en per land zal uiteindelijk gevolgd moeten worden door een inter-

ationale samenwerking bij de bescherming en het beheer van het internationale natuurgebied de Waddenzee. Zo zal er zeker een zoveel mogelijk vergelijkbare begrenzing moeten komen van het te beheren gebied. Voorts zullen de criteria voor de zonerings binnen het gebied ongeveer gelijkwaardig moeten zijn. Tenslotte zullen de normen voor toelating van menselijke activiteiten binnen de verschillende zones min of meer gelijklopend moeten zijn.

De basis voor een internationale samenwerking is reeds gelegd door een gezamenlijke beleidsverklaring en de uitwisseling van wetenschappelijke gegevens, doch een intensivering van het contact kan voor alle betrokkenen veel voordelen hebben.

Als sluitstuk zou de bescherming van het Waddengebied kunnen worden vastgelegd in een internationaal verdrag tussen Denemarken, de Duitse Bondsrepubliek en Nederland.





Verantwoording

De hier opgenomen informatie is grotendeels ontleend aan de publicaties van de werkgroep Waddengebied:

1. K. S. Dijkema, H.-E. Reineck & W. J. Wolff, 1980. Geomorphology of the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam, 135 pp.
2. H. Postma, 1982. Hydrography of the Wadden Sea: movements and properties of water and particulate matter. Balkema, Rotterdam, 75 pp.
3. W. J. Wolff, 1979. Flora and vegetation of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, 206 pp.
4. N. Dankers, H. Kühl & W. J. Wolff, 1981. Invertebrates of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, 221 pp.
5. N. Dankers, W. J. Wolff & J. J. Zijlstra, 1979. Fishes and fisheries of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, 157 pp.
6. C. J. Smit & W. J. Wolff, 1980. Birds of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, 308 pp.
7. P. J. H. Reijnders & W. J. Wolff, 1981. Marine mammals of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam, 64 pp.
8. K. Essink & W. J. Wolff, 1978. Pollution of the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam, 61 pp.
9. K. S. Dijkema & W. J. Wolff, 1983. Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Balkema, 413 pp.
10. C. J. Smit, J. den Hollander, W. K. R. E. van Wingerden & W. J. Wolff, 1981. Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam, 275 pp.
11. M. F. Morzer Bruyns & W. J. Wolff, 1983. Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area. Balkema, Rotterdam, 163 pp.

Daarnaast zijn aanvullende gegevens verwerkt uit de volgende recente publicaties:

- Anonymus, 1981. Zandwinning in de Waddenzee. Resultaten van een hydrografisch-sedimentologisch en biologisch-ecologisch onderzoek. Rijkswaterstaat, Leeuwarden, 40+48+22 pp.
- Bergman, M., 1982-83. Gedrag, bestrijding en biologische effecten van olie in estuariene gebieden. RIN-rapport 82/18: 420 pp + 83/22: 87 pp.
- Dijkema, K. S., 1984. Salt marshes in Europe. Council of Europe, Nature and Environment Series 30: 1-178.
- Griede, J. W. & W. Roeleveld, 1982. De geologische en paleografische ontwikkeling van het noordelijk zeeleigebied. Geografisch Tijdschrift 16: 439-455.
- Luck, G. & H. Michaelis, 1982. Ecological effects of tourism in the Wadden Sea. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Angewandte Wissenschaft, 275: 199 pp.
- Tougaard, S. & C. Helweg Ovesen, 1981. Environmental problems of the Waddensea-region. Fredningsstyrelsen, Copenhagen: 149 pp.



Deze brochure wordt franco toegezonden na betaling van f 10,— op giro 29 99 188 van de Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek te Arnhem onder vermelding van 'Beheer'.