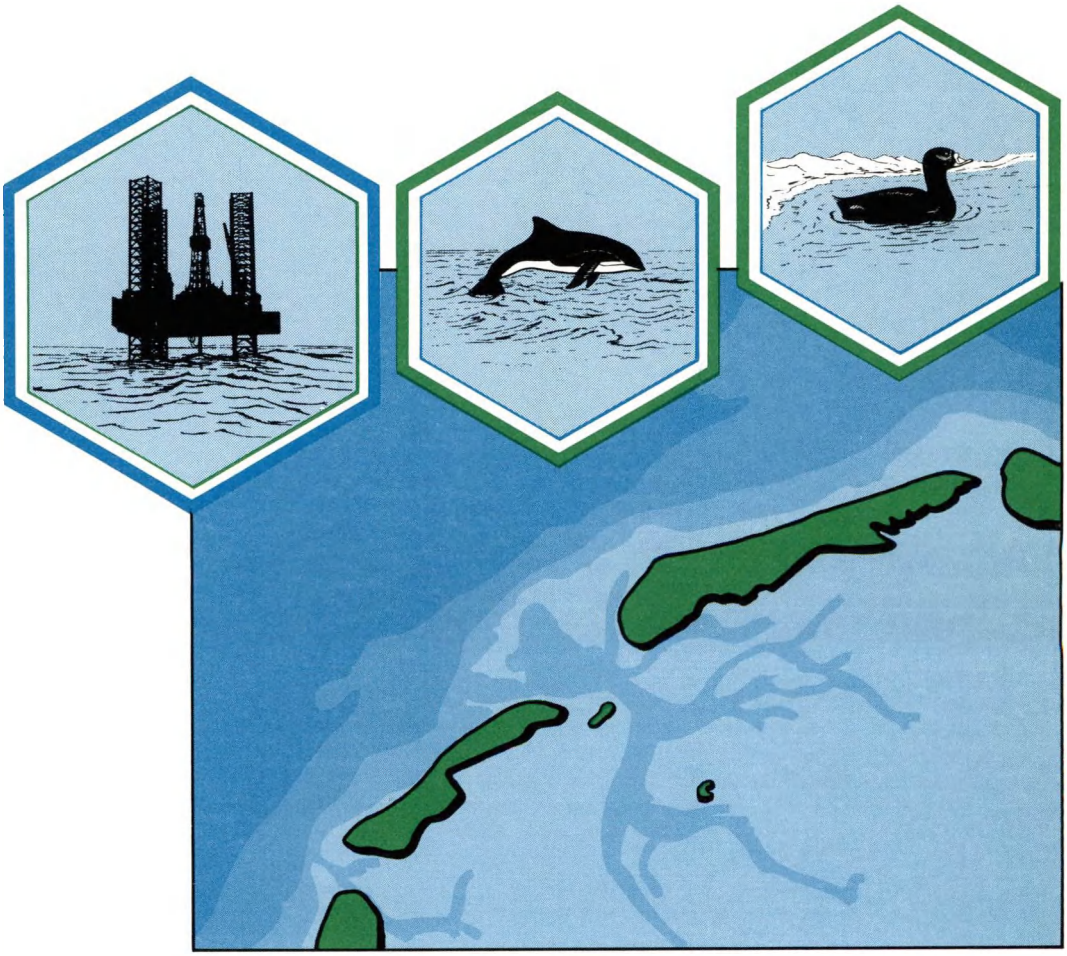
6

NIOZ - RAPPORT 1992 - 2

DE ECOLOGIE VAN DE KUSTZONE VAN VLIELAND EN TERSCHELLING

M.J.N. Bergman en M.F. Leopold



N

Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

© 1992
This report is not to be cited without the consent of:
Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ)
P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg,
Texel, The Netherlands

ISSN 0923 - 3210

Cover design: H. Hobbelink

DE ECOLOGIE VAN DE KUSTZONE VAN VLIELAND EN TERSCHELLING

M.J.N. Bergman en M.F. Leopold

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE
Beleidsgericht Wetenschappelijk Onderzoek NIOZ (BEWON)
Afdeling Kustsystemen

NIOZ - RAPPORT 1992 - 2

VOORWOORD

In dit rapport wordt de ecologie beschreven van de kustzone van de Noordzee ten noordwesten van de waddeneilanden Vlieland en Terschelling.

Informatie over zowel de biologische als de niet-biologische componenten van het ecosysteem komen in deze beschrijving aan de orde. Voor de studie is geen nieuw veldonderzoek verricht. Gegevens uit de literatuur aangevuld met tot nu toe ongepubliceerde NIOZ-gegevens vormen de basis van het rapport. Tevens werden ongepubliceerde gegevens van het Rijks Instituut voor Natuurbeheer te Texel in het rapport opgenomen.

Het rapport is tot stand gekomen op initiatief en met financiële ondersteuning van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) te Assen.

De studie werd uitgevoerd door ir. M.J.N. Bergman en drs. M.F. Leopold van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee te Texel. Drs. J.P. van Dessel van de NAM te Assen trad op als contactpersoon van de opdrachtgever.

Dr. H.J. Lindeboom
Hoofd Beleidsgericht Wetenschappelijk Onderzoek NIOZ

1. SAMENVATTING

Het kustwater ten noordwesten van de waddeneilanden is troebeler, heeft een lagere saliniteit, kent grotere temperatuurschommelingen en is nutriëntrijker dan het water in de meer centrale gebieden van de Noordzee. Door relatief sterke getijstromen, eventueel in kombinatie met wind, is het water in de kustzone over de gehele vertikaal blijvend gemengd.

Het Noordzeewater stroomt vanuit het zuidwesten de zeegaten van de Waddenzee binnen en Waddenzeewater verlaat de zeegaten in noordoostelijke richting. De lokaties van de voorgenomen exploratieboringen van de NAM bevinden zich niet in de watermassa's die direkt bij de uitwisseling via de zeegaten betrokken zijn. De reststroom, als resultante van getij- en windstromingen, is in de kustzone noordoostelijk gericht met een jaargemiddelde maximale snelheid van 0,1 m per sec. Onder invloed van windvelden kunnen echter, ook voor langere tijd, sterk van de jaargemiddelde afwijkende stromingspatronen ontstaan. Aanhoudende wind tussen noord en oost kan de richting van de reststroom bijvoorbeeld doen omkeren, waardoor water in de kustzone ook vanuit noordelijke richting tot de watermassa's kan doordringen, die direkt bij de uitwisseling via de zeegaten betrokken zijn.

De lokaties van de voorgenomen exploratieboringen liggen tussen de 5- en de 10 m dieptelijn nabij de buitendelta's van de zeegaten op een vlakke, fijnzandige en slibarme zeebodem. Lodingsgegevens wijzen uit, dat in het gebied nabij het Eierlandse Gat (Zeegat tussen Texel en Vlieland) waar lokatie Vliehors-A is gesitueerd (zie Fig. 3.2), gedurende de laatste 50 jaar gemiddeld erosie heeft plaatsgevonden. Het gebied wordt beschouwd als een doorgangsgebied t.a.v. het zandtransport in de kuststrook; netto-transport van zand via het Eierlandse Gat naar de Waddenzee zal evenwel gering zijn. Ook in het gebied nabij het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling waar lokatie Terschelling-Noord-B is gesitueerd, is vanaf de 70er jaren gemiddeld erosie opgetreden. Het is niet uitgesloten dat dit gebied, nabij het zandgolvengebied van de buitendelta, bij het complexe zandtransportmechanisme van het zeegat is betrokken. Dit mechanisme heeft de afgelopen 60 jaar enorme hoeveelheden zand uit de buitendelta verwijderd en mogelijk ook de Waddenzee ingevoerd.

In het voorjaar ontstaan in de zuidelijke Noordzee een reeks algenbloeien, waarna de fytoplanktonproduktie tijdens de zomermaanden door lage nutriëntconcentraties beperkt wordt. De jaarlijkse fytoplanktonproduktie in de zuidelijke Noordzee bedraagt circa 200 g C per m^2. Een uitzondering op dit seizoensverloop treedt op in de door toevoer van nutriëntrijk rivierwater meer eutrofe kustzone. Hier komen na een aanvankelijke vertraagde aanvang, ook in de zomer hoge fytoplanktonconcentraties voor. Tot in het najaar treden afwisselende fytoplanktonpieken op, waardoor de maximale jaarproduktie tot 400 g C per m^2 kan toenemen. Het zoöplankton dat voornamelijk uit copepoden bestaat, maar tijdelijk door larven van het macrobenthos gedomineerd kan worden, kan in het algemeen de fytoplanktonbloeien niet efficiënt begrazen. Het merendeel van de fytoplanktonproduktie wordt microbieel omgezet of door bodemdieren geconsumeerd. In de zomer komen copepodenbloeien uitsluitend in de meer eutrofe kustzone voor, waar ook de fytoplanktonproduktie tot in de herfst in stand blijft. In deze periode neemt ook de efficiëntie van begrazing toe, waardoor de produktie van het (meso)zoöplankton in de kustzone tot 6 maal hoger kan liggen dan in de rest van de zuidelijke Noordzee, waar de jaarproduktie op 10 tot 20 g C per m^2 wordt geschat. Mede door deze verhoogde en verlengde zoöplanktonproduktie vormt de kustzone een opgroeigebied voor juveniele pelagische vis.

In het meiobenthos van de Noordzee vormen nematoden een dominante groep. In het Nederlandse kustgebied komt een soortenarme, maar individuenrijke gemeenschap voor met een hoge nematoden/copepoden ratio. De totale dichtheid kan oplopen tot meer dan $2 \cdot 10^6$ individuen per m^2. In de kustzone bij Texel en Vlieland is het meiobenthos soortenrijk, maar individuenarm, waarbij copepoden in relatief grote dichtheden voorkomen. De totale dichtheid meiobenthos neemt buiten de kustzone sterk af. Hoewel de totale biomassa van het meiobenthos gering is, ligt de produktie in dezelfde orde van grootte als de produktie van het macrobenthos en vormt het meiobenthos een belangrijke groep in het benthische systeem.

In een 40 km brede kustzone wordt de macrobenthische infauna qua aantallen sterk gedomineerd door de polychaete wormen. De tweekleppigen vormen eveneens een belangrijk groep. Het zwaartepunt in de verspreiding van crustaceeën, tweekleppigen en polychaete wormen ligt in de kustzone ondieper dan 20 m. De totale dichtheid in het gebied ten noordwesten van Vlieland en Terschelling varieert van 1.000 tot maximaal 16.000 individuen per m^2. Per station worden 15 tot 20 verschillende soorten aangetroffen, waarbij de totale biomassa varieert van enkele grammen tot 50 à 100 g ADW per m^2. In de kustzone van Texel en Vlieland ontbreekt deze rijke kuststrook en soortenrijkdom, dichtheid en biomassa zijn hier het geringst.

De biomassa van de op de bodem levende macrobenthossoorten (epifauna) wordt in de kustzone gedomineerd door de echinodermen (zeesterren). De garnaal is eveneens een typische kustgebonden

soort die in grote dichtheden voor kan komen. In de herfst trekken de garnalen van de Waddenzee naar de ondiepe kustzone, in zeer strenge winters vindt verspreiding tot ver uit de kust plaats. Voor de garnalenpopulatie in de Waddenzee functioneert de kustzone als een essentiële overwinteringsplaats. Voor andere macrobenthossoorten heeft de Noordzee een functie als refugium, van waaruit na strenge winters (re)settlement van koude-gevoelige soorten in de Waddenzee kan optreden. Dit transport kan gebeuren zowel door aanvoer van larven (polychaeten, tweekleppigen) als door aktieve beweging van juvenielen en adulten (garnalen, krabben).

Het macrobenthos kan voedsel uit de waterkolom filteren of vanuit het sediment opnemen. Zowel herbivoren, aaseters als carnivoren zijn in deze groep vertegenwoordigd. Het macrobenthos is een belangrijke voedselbron voor vis. In de bodem levende soorten zoals wormen en tweekleppigen, worden door platvis (schol, tong, schar) gegeten; op de bodem levende soorten, zoals garnalen, vormen belangrijk voedsel voor rondvis (wijting, jonge kabeljauw). Infauna is eveneens een belangrijke voedselbron voor vogels (zeeëenden). Vooral tweekleppigen kunnen in zeer grote dichtheden in de ondiepe kustzone voorkomen. Deze schelpenbanken kunnen bij zware zeegang tijdens stormen over grote afstanden verplaatst worden.

Het kustgebied behoort om uiteenlopende redenen tot het verspreidingsgebied van vele pelagische en demersale vissoorten. In deze biologisch rijke zone vormt zoöplankton, infauna, epifauna en jonge vis een rijke voedselbron. Een groot aantal soorten die de Noordzee als verspreidingsgebied hebben, komen ook in de kustzone voor. Dit geldt voor pelagische soorten als wijting, horsmakreel, kabeljauw, pollak, dwergbolk, steenbolk, makreel, koolvis en sardien en voor demersale soorten als schar, tarbot, griet, schurftvis, tongschar, paling, rode en grauwe poon, zandspiering en smelt. Als seizoensgasten zijn zomers in de kustwateren bijv. de pijlstaartrog, diverse hardersoorten en zeebaars aanwezig, in de wintermaanden drie-doornige stekelbaars, sprot en spiering.

Veel vissoorten gebruiken de kustzone als een opgroeigebied. Van een gering aantal vissoorten groeien de juveniele stadia niet alleen op in de Noordzee, maar ook in de ondiepere kustzone (pollak, steenbolk, koolvis, poon, pitvis, kleine pieterman). Van een groot aantal kustgebonden soorten groeien uiteraard ook de jongere stadia in de kustzone op: zeestekelbaars, geep, fint, zeeforel, koornaarvis, snotolf, ansjovis, bot, 5-dradige meun, zeedonderpad, puitaal, zeenaald, dikkopje, harnasmannetje, botervis, slakdolf, glasgrondel.

Een aantal soorten die de Noordzee als verspreidingsgebied kennen (haring, kabeljauw, schol, tong, tarbot, schar, griet, pijlstaartrog) hebben hun opgroeigebieden uitsluitend of voornamelijk in de kustzone. Vanaf februari wordt 0-groep haring in de kustwateren aangetroffen en in de herfst zijn zeer grote dichtheden 0- en 1-groep aanwezig, waarop zeevogels foerageren. Een belangrijk deel van de tong- en scholpopulatie in de Noordzee is in de eerste levensjaren in de kustzone opgegroeid. Zeker in de herfst- en wintermaanden wanneer de jonge schol en tong uit de Waddenzee naar de kustwateren trekt, heeft deze zone een zeer belangrijke functie als opgroeigebied.

Zeevogels komen het hele jaar door in hoge dichtheden voor in de kustwateren van Vlieland en Terschelling. Sommige soorten, zoals de Zilvermeeuw zijn het hele jaar door in hoge dichtheden aanwezig; maar het voorkomen van de meeste andere soorten is meer seizoensgebonden.

In de zomermaanden (mei tot en met september) zijn de broedvogels van de waddeneilanden de dominante soorten. Behalve de Zilvermeeuw zijn dit de Kleine Mantelmeeuw en een aantal sternsoorten, met name de Grote Stern, die broedt op het eiland Griend in de Waddenzee. Deze soorten leven van kleine vissen, die gevangen worden in de bovenste waterlaag, terwijl meeuwen ook afval van visserschepen in de kustzone benutten.

In de nazomer en herfst verschijnt een aantal soorten, die het rijke kustwater benutten om een vetlaag op te bouwen voor de migratie. Aalscholvers foerageren hier vooral van juli tot september, en eten voornamelijk platvis. Jan van Genten zijn, afhankelijk van de visstand en het weer, in sommige jaren massaal aanwezig in oktober en november, en vangen rondvissen, zoals haring en makreel.

In de herfst trekken enkele honderdduizenden zee- en kustvogels de kustwateren van de waddeneilanden door. Veel vogels vliegen zonder te foerageren langs, maar andere soorten, zoals meeuwen, sterns en jagers foerageren wel onderweg, en benutten zo de rijke kuststrook.

In de winter verblijven vele tienduizenden broedvogels van elders in de kustwateren van Vlieland en Terschelling. Diverse soorten eenden kunnen in groepen van duizenden of tienduizenden in dit gebied overwinteren, en houden zich steeds op tussen de kust en de 20 meter lijn, aangetrokken door de rijke schelpenbanken in deze zone. Stormmeeuwen uit heel Europa hebben de Duitse Bocht als belangrijkste overwinteringsgebied, en komen ook massaal voor bij de Nederlandse waddeneilanden. Andere meeuwen die hier met grote aantallen overwinteren zijn de Zilvermeeuw en de Grote Mantelmeeuw, terwijl ook groepjes van de veel schaarsere Dwergmeeuw juist bij de waddeneilanden overwinteren.

Viseters als Zeekoet, Alk, Roodkeelduiker en Fuut komen van november tot en met februari, in voor Nederlandse begrippen zeer hoge dichtheden, voor in het gebied, aangetrokken door hoge dichtheden van hun belangrijkste prooien: kleine vissen als haring, sprot, zandspiering en grondels.

In het voorjaar (maart/april) zijn de vogeldichtheden van veel soorten het laagst, door wegtrek van wintergasten, en de geleidelijke aankomst van broedvogels. Door de altijd massale aanwezigheid van de Zilvermeeuw in het gebied, en door overlap van weg- en intrekkende vogels zijn de totale dichtheden echter ook in deze maanden hoog.

Zeezoogdieren zijn het hele jaar door in de kuststrook van Vlieland en Terschelling te vinden. Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee bereiken zowel Gewone en Grijze Zeehonden als Bruinvissen de hoogste dichtheden in dit gebied. Grijze Zeehonden hebben een belangrijke rustplaats op de Richel, een zandplaat in het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling, en foerageren in dit zeegat. Ze zijn gevoelig voor verstoring in de zoogperiode van eind december tot maart. De Gewone Zeehond is meer een soort van de Waddenzee, maar regelmatig worden er ook individuen in de kustwateren buiten de zeegaten gezien.

Bruinvissen zijn schaars geworden in de Nederlandse wateren, maar komen juist ten noorden van de waddeneilanden in de hoogste aantallen voor. Ze lijken de laatste jaren weer langzaam in aantal toe te nemen, en worden in het winterhalfjaar weer ieder jaar langs de kust gezien, vooral voor de Noordzeekust van Noord-Holland en de waddeneilanden. De grootste groep, die sinds de 50er jaren in Nederlandse wateren is waargenomen, bevond zich bij Terschelling.

2. INLEIDING

Het voornemen van de Nederlandse Aardolie Maatschappij om in de toekomst in de kustzone van Vlieland en Terschelling exploratieboringen uit te voeren, vormde de direkte aanleiding tot het verschijnen van dit rapport. Kennis van het ecologisch functioneren van dit zeegebied kan bij de planning en uitvoering van de mijnbouwactiviteiten leiden tot beperking van de ecologische gevolgen.

De kustzone ten noordwesten van Vlieland en Terschelling is niet alleen een integraal onderdeel van het ecosysteem 'Noordzee', maar is ecologisch tevens sterk verbonden met het ecosysteem 'Waddenzee', inclusief waddeneilanden en zeegaten. In de beschrijving van de ecologie van de kustzone worden deze verbanden steeds benadrukt. De beschrijving beperkt zich niet uitsluitend tot de smalle zone waarin de voorgenomen boorlokaties zijn gesitueerd, maar beschouwt ook een ruimere ecologische context waar dat relevant lijkt.

In het rapport worden in Hoofdstuk 3 de voor het ecosysteem belangrijke abiotische factoren besproken (hydrografie en morfologie). In Hoofdstuk 4 wordt de seizoensdynamiek van plantaardig en dierlijk plankton behandeld. Het micro- en meiobenthos wordt in Hoofdstuk 5 beschreven, evenals het macrobenthos, waarbij de verspreiding van zowel in de bodem levende en plaatsgebonden soorten als van mobiele soorten aan de orde komt. In Hoofdstuk 6 wordt het functioneren van de kustzone beschreven als verblijfplaats voor zowel pelagische als demersale vissoorten. De rol die de kustzone speelt in de seizoensdynamiek van zeevogels (broed-, foerageer-, overwinteringsperiode) wordt in Hoofdstuk 7 toegelicht. Hoofdstuk 8 tenslotte geeft een overzicht van de waarnemingen van zeezoogdieren (zeehonden, walvisachtigen) in het kustgebied.

3. HYDROGRAFIE EN MORFOLOGIE

Abiotische factoren bepalen in belangrijke mate het voorkomen van lokale levensgemeenschappen, zowel in en op de bodem als in de waterkolom. De hydrografie en de morfologie van de kustzone van Vlieland en Terschelling kunnen als volgt beschreven worden.

HYDROGRAFIE

De kustzone ten noordwesten van de waddeneilanden bevindt zich geheel in de watermassa, die het Continentale Kustwater genoemd wordt. Dit water, een mengsel van Kanaal- en rivierwater, vormt 's zomers een *ca.* 40 km brede zone langs de Nederlandse kust. In de winter versmalt deze zone zich langs Texel, Vlieland en Terschelling tot een breedte van *ca.* 20 km (LAEVASTU, 1963; zie Fig. 3.1). De ondiepste kustzone (tot een waterdiepte van 10 m) waar de voorgenomen exploratieboringen van de NAM zijn gesitueerd, beslaat een strook van slechts 2 à 5 km langs de waddeneilanden; de 20 m dieptelijn bevindt zich op 6 à 14 km (Fig. 3.2).

Vergeleken bij de watermassa's van de open zee vertoont het kustwater in het algemeen een hogere troebelheid door de aanwezigheid van hogere concentraties gesuspendeerd materiaal, een lagere saliniteit door rivierwatertoevoer en een grotere temperatuurschommeling als gevolg van de geringe waterdiepte. Door de nutriëntentoevoer vanuit de rivieren zijn de nutriëntenconcentraties in het kustwater relatief hoog.

De maximale getijstromen in de kustzone hebben een snelheid van 2.5 à 3.0 km·uur^{-1} (CREUTZBERG & POSTMA, 1979; zie Fig. 3.3). In de ondiepe kustzone veroorzaakt deze getijstroom door wrijving aan de bodem, eventueel in combinatie met wind aan het wateroppervlak, een turbulentie waardoor de waterkolom over de gehele hoogte gemengd wordt. Door deze turbulentie onstaat ook in de zomer geen temperatuur stratificatie, zoals in het Friese Frontgebied ten noorden van de 30 m dieptelijn (40 km ten noorden van de waddeneilanden) wel regelmatig optreedt (DE GEE e.a., 1991; zie Fig. 3.4).

Door de geringe waterdiepte kan onder invloed van getijstromingen en vooral van wind, gesedimenteerd materiaal weer in de waterkolom verdeeld raken, waardoor de lichtdoordringing sterk kan afnemen (tot 1 dm). In perioden met rustig weer kan het doorzicht echter enkele meters bedragen.

Via de zeegaten tussen de waddeneilanden vindt uitwisseling van Noordzee- en Waddenzeewater plaats. In de gehele kustzone zijn de waterdeeltjes aan voortdurende diffusieprocessen onderhevig. Indien het kustwater de grens bereikt van de watermassa die bij de uitwisseling via de zeegaten betrokken is, zal het water met de vloedstroom de Waddenzee in worden gevoerd. Dit geldt eveneens voor stoffen (opgelost, gedispergeerd, gebonden aan slib) en kleine biota (eieren, larven, plankton) die zich in de waterkolom bevinden. Noordzeewater stroomt de Waddenzee voornamelijk binnen vanuit het gebied ten zuidwesten van de zeegaten; Waddenzeewater stroomt voornamelijk weg naar het gebied ten noordoosten van de zeegaten (RIDDERINKHOF, 1990; zie Fig. 3.5). De lokaties van de voorgenomen exploratieboringen van de NAM zijn gesitueerd buiten de grenzen van de watermassa's die direkt bij de uitwisseling via de zeegaten betrokken zijn.

Over langere termijn is het transport van deeltjes in de waterkolom afhankelijk van de reststroom op de Noordzee. Deze reststroom is een resultante van getij- en windstromingen. Als lange termijn gemiddelde is de reststroom in de Nederlandse sector, inclu-

sief de kustzone, noordoostelijk gericht (DE RUYTER e.a., 1987; zie Fig. 3.6). De hoogste gemiddelde snelheden (0,10 $m \cdot sec^{-1}$) worden in het zeegebied ten noordwesten van de waddeneilanden bereikt. Door variaties in windrichting en -sterkte is de reststroom op korte termijn echter niet constant: de variatie in de stromingskarakteristiek is groter dan het gemiddelde (HAINBUCHER e.a., 1987). Het gemiddelde stromingspatroon weergegeven in Fig. 3.6 is dan ook zeker niet representatief m.b.t. korte termijn fluctuaties en de daarmee geassocieerde veranderingen in gemiddelde concentraties van in de waterkolom aanwezige stoffen. Langdurige noordoosten wind kan de gemiddelde reststroom volledig omkeren en daarmee kunnen sterk van het gemiddelde afwijkende situaties ontstaan t.a.v. de verspreiding van in de waterkolom aanwezige materialen. Voor het transport van drijvende materialen zal ook het windveld sterk bepalend zijn. Windrichtingen tussen zuidwest en noordoost, representatief voor de periode februari-juni (DE RUYTER e.a., 1987), zullen drijvend materiaal richting waddenkust en zeegaten stuwen.

MORFOLOGIE

In Fig. 3.7 wordt de geomorfologie van het kustgebied van Vlieland en Terschelling weergegeven. De kaart is gebaseerd op lodingsgegevens in het tijdvak 1980-1984 (VAN ALPHEN & DAMOISEAUX, 1987). De lokaties van de voorgenomen exploratieboringen van de NAM bevinden zich tussen de 5 m en de 10 m dieptelijn op de 'onderzeese oever', een overgangsgebied tussen de kust van de waddeneilanden en de vlakke zeebodem in gebieden dieper dan 20 m. De hellingshoek van deze strook varieert van 1 tot 0.1%. De lokaties bevinden zich buiten de ebdelta's van de zeegaten, gebieden waar door accumulatie van sediment een complex en veelal dynamisch patroon van ondiepten en getijdegeulen is ontstaan. Alle lokaties bevinden zich in een kustzone met een min of meer vlakke zeebodem. Lokatie Vliehors A ligt nabij een gebied met brandingsruggen. Lokatie Terschelling-Noord-B ligt nabij een gebied van zandgolven (hoogte 2 tot 4 m). Lokatie Terschelling-Noord-A ligt op enkele kilometers afstand van dit gebied en net buiten een gebied met deltarand ruggen. Alle lokaties bevinden zich in gebieden met een fijnzandig sediment (0.1 à 0.2 mm) (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990). Deze fijnzandige sedimenten strekken zich uit van de waddeneilanden tot aan de 30 m dieptelijn (RGD, 1986). Het gehalte slibdeeltjes ($< 50\ \mu m$) is in dit gehele gebied minder dan 3% (CREUTZBERG e.a., 1984; GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

Gegevens over het zandtransport in de buitendelta's van het Eierlandse Gat (Zeegat tussen Texel en Vlieland), het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling en de aangrenzende kuststroken zijn bekend uit de rapportages van Rijkswaterstaat (RWS, 1986, 1990). Het onderzoek berust op lodingsgegevens van de 10 km brede kustzone over de laatste 50 jaar.

Lokatie Vliehors-A bevindt zich in de zeestrook grenzend aan de buitendelta van het Eierlandse Gat (zie Fig. 3.7). In deze zone heeft gemiddeld over de gehele dieptegradiënt in de periode 1926-1983 erosie plaatsgevonden met een gemiddelde snelheid van 0,5 $cm \cdot j^{-1}$ (gecorrigeerd voor zeespiegelrijzing). Alleen gedurende de periode 1971-1983 vond sedimentatie plaats in de gebieden dieper dan N.A.P. −7 m, terwijl in de ondiepere gebieden de veranderingen nihil bleven. De materiaaltransportmechanismen die aan deze sedimentatie ten grondslag liggen zijn onbekend. In de buitendelta van het Eierlandse Gat heeft in de gehele periode 1926-1981 sedimentatie plaatsgevonden met een gemiddelde snelheid van 0,7 $cm \cdot j^{-1}$. Deze buitendelta en in mindere mate het aangrenzende zeegebied zijn specifieke doorgangsgebieden t.a.v. het zandtransport. Het netto-transport van zand via het Eierlandse Gat de Waddenzee in wordt als gering beschouwd (RWS, 1990).

Lokatie Terschelling-Noord-B ligt in het gebied dat tot de buitendelta van het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling wordt gerekend (zie Fig. 3.7). In dit gebied is gemiddeld over de periode 1972-1982 erosie opgetreden met een gemiddelde snelheid van 2 $cm \cdot j^{-1}$ (gecorrigeerd voor zeespiegelrijzing). In de periode 1972-1982 vond afwisselend ook sedimentatie plaats, vooral op de 'gronden' (gebieden ondieper dan N.A.P. −5 m). In combinatie met golven en branding verplaatsen de getijstromen jaarlijks grote hoeveelheden zand in de buitendelta. Sedert 1933 is een zeer grote hoeveelheid zand uit de buitendelta verdwenen en mogelijk de Waddenzee in getransporteerd. De gecompliceerde zandtransportmechanismen maken het mogelijk, dat materiaal vanuit het smalste deel van het zeegat herhaaldelijk over de buitendelta wordt verplaatst en vice versa. Het is niet uitgesloten dat het gebied rond lokatie Terschelling-Noord-B als doorgangsgebied bij deze circulatie betrokken is (RWS, 1986).

Lokatie Terschelling-Noord-A ligt in de kuststrook grenzend aan de buitendelta van het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling (zie Fig. 3.7). De lodingsgegevens voor dit gebied zijn nog in bewerking.

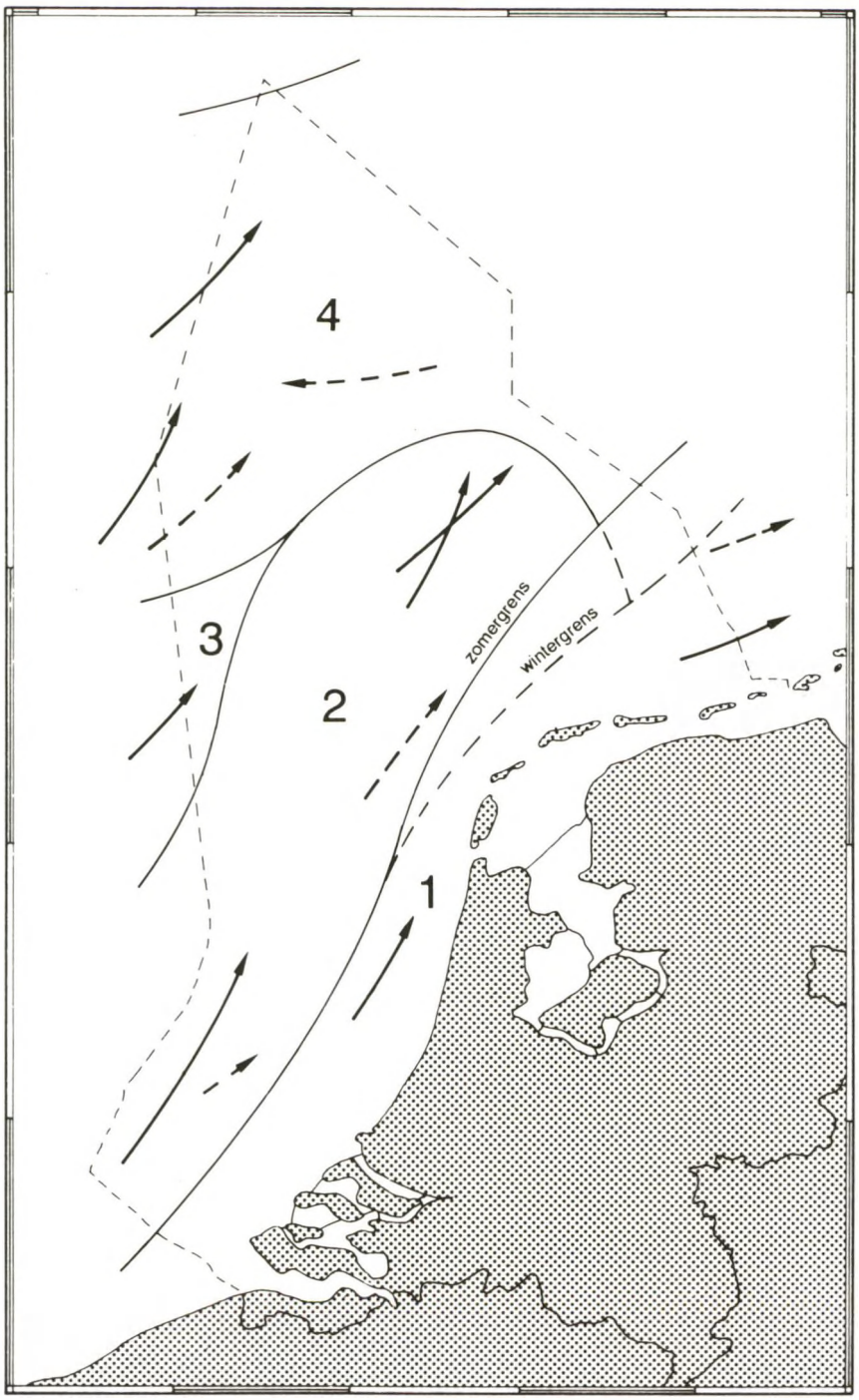


Fig. 3.1. De verschillende watermassa's in de Nederlandse sector van de Noordzee in zomer en winter:
1. Continentaal kustwater
2. Kanaalwater
3. Engels kustwater
4. Centrale Noordzeewater
——— oppervlakte-reststroom
→ bodem-reststroom
(naar LAEVASTU, 1963).

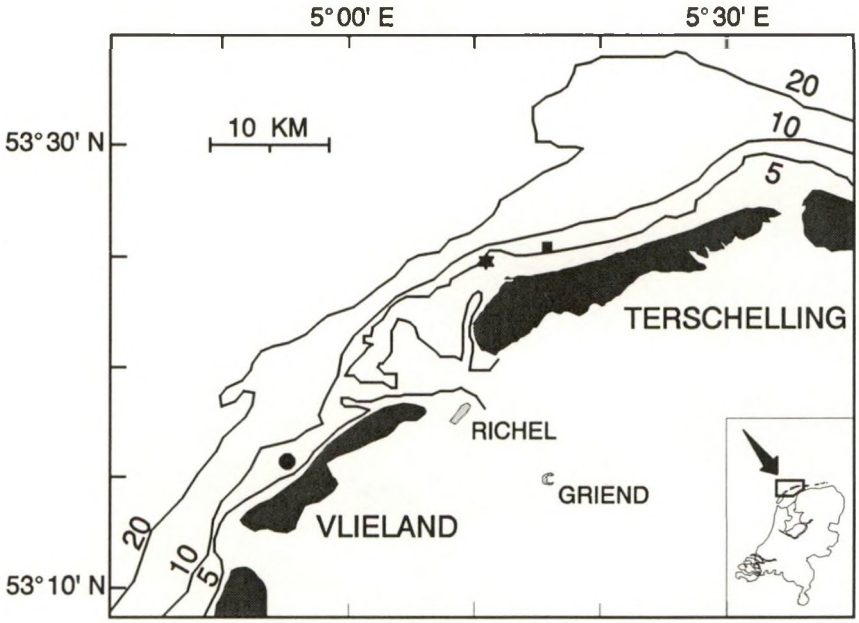


Fig. 3.2. De kustzone van Vlieland en Terschelling; de voorgenomen boorlokaties zijn aangegeven als:
● Vliehors-A
★ Terschelling-Noord-B
■ Terschelling-Noord-A.

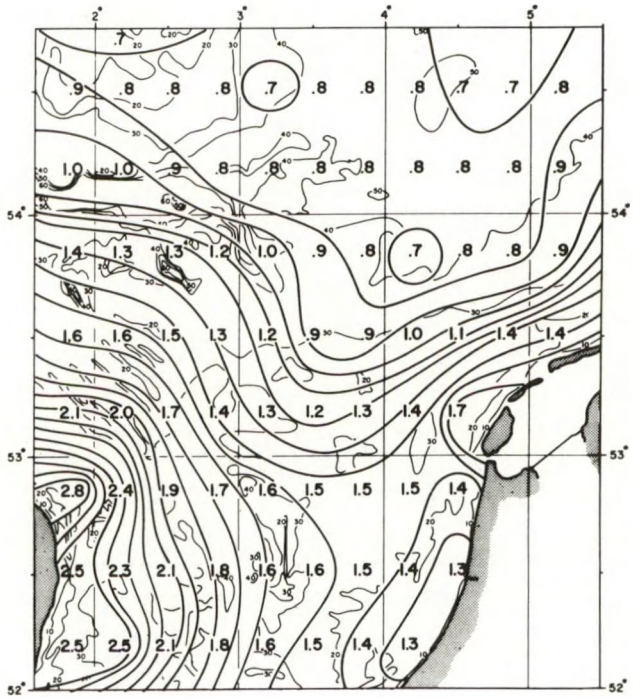


Fig. 3.3. Maximale getijstroomsnelheden bij gemiddeld springtij (mijlen·u^{-1}) en lijnen van gelijke stroomsnelheid (uit: CREUTZBERG & POSTMA, 1979).

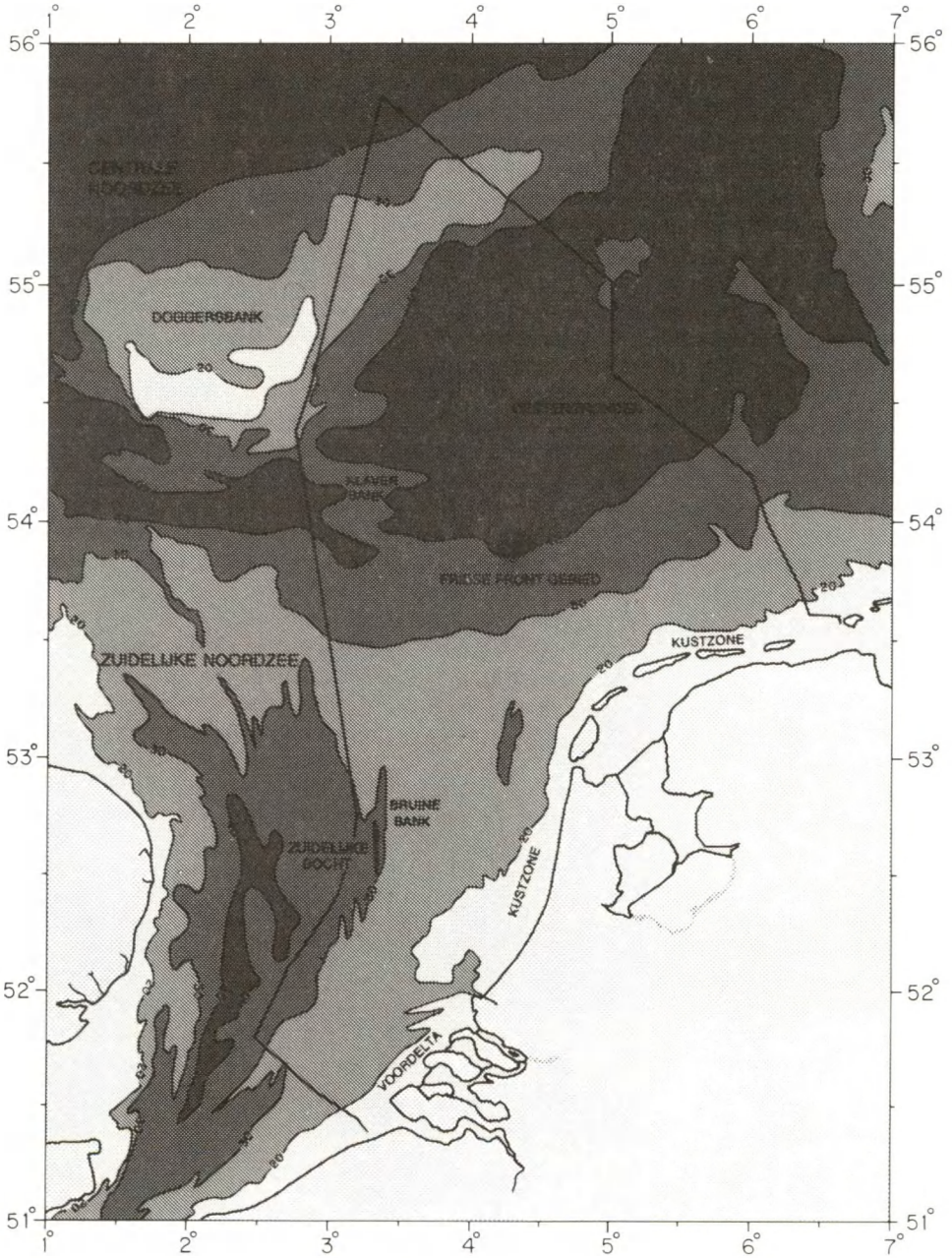


Fig. 3.4. De Nederlandse sector van de Noordzee.

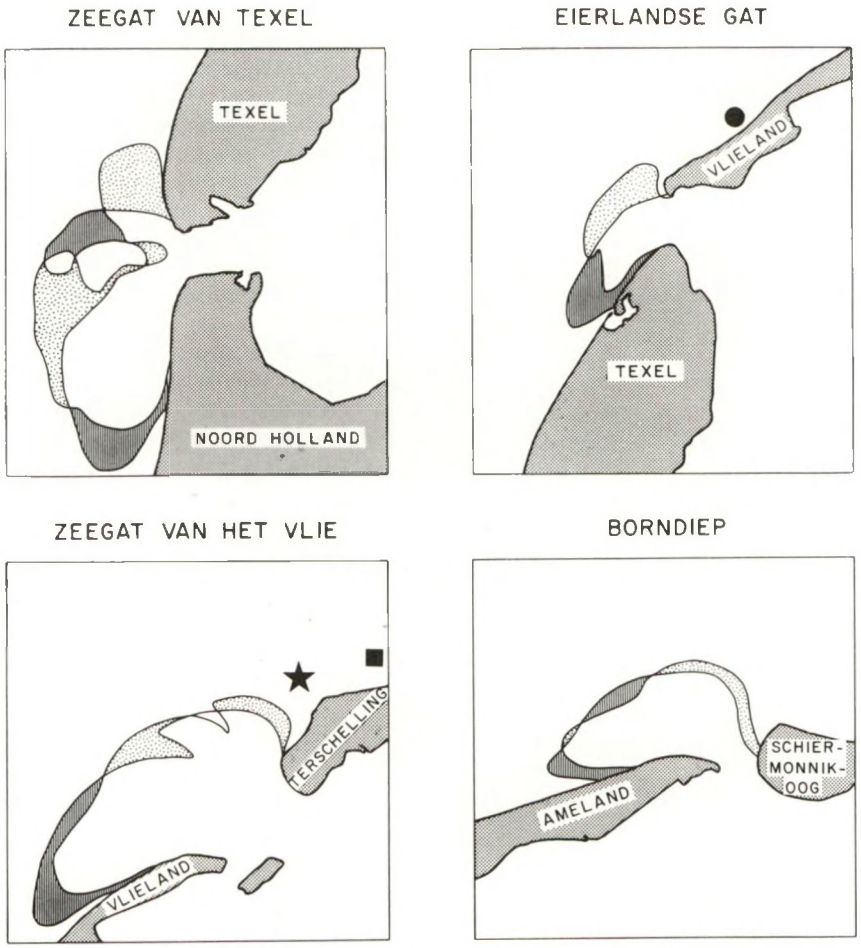


Fig. 3.5. Begrenzing van de watermassa's die bij de uitwisseling tussen Noordzee- en Waddenzeewater betrokken zijn. Gestippelde gebieden blijven in de Noordzee na een volledige getijperiode en gestreepte gebieden stromen de Waddenzee in (RIDDERINKHOF, 1990). De NAM-lokaties zijn aangegeven als:

● Vliehors-A
★ Terschelling-Noord-B
■ Terschelling-Noord-A.

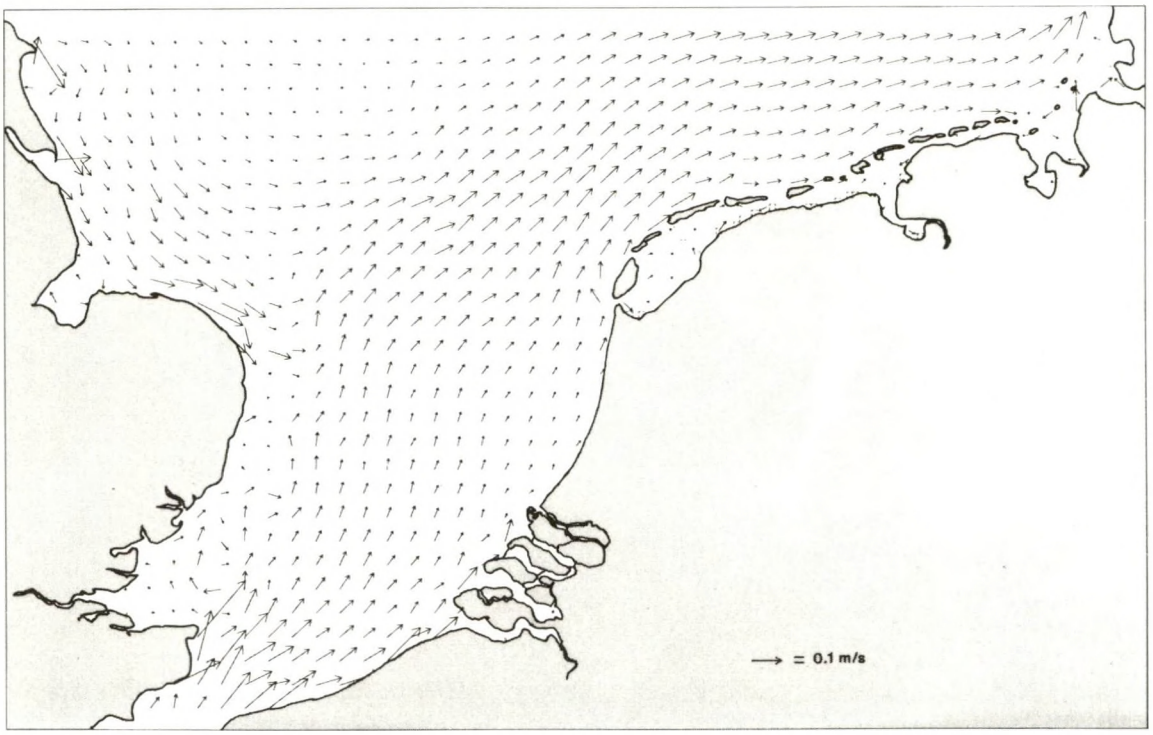


Fig. 3.6. Reststroompatronen berekend voor een situatie met een zuidwesten wind van 4.5 m·sec^{-1} (DE RUYTER e.a., 1989).

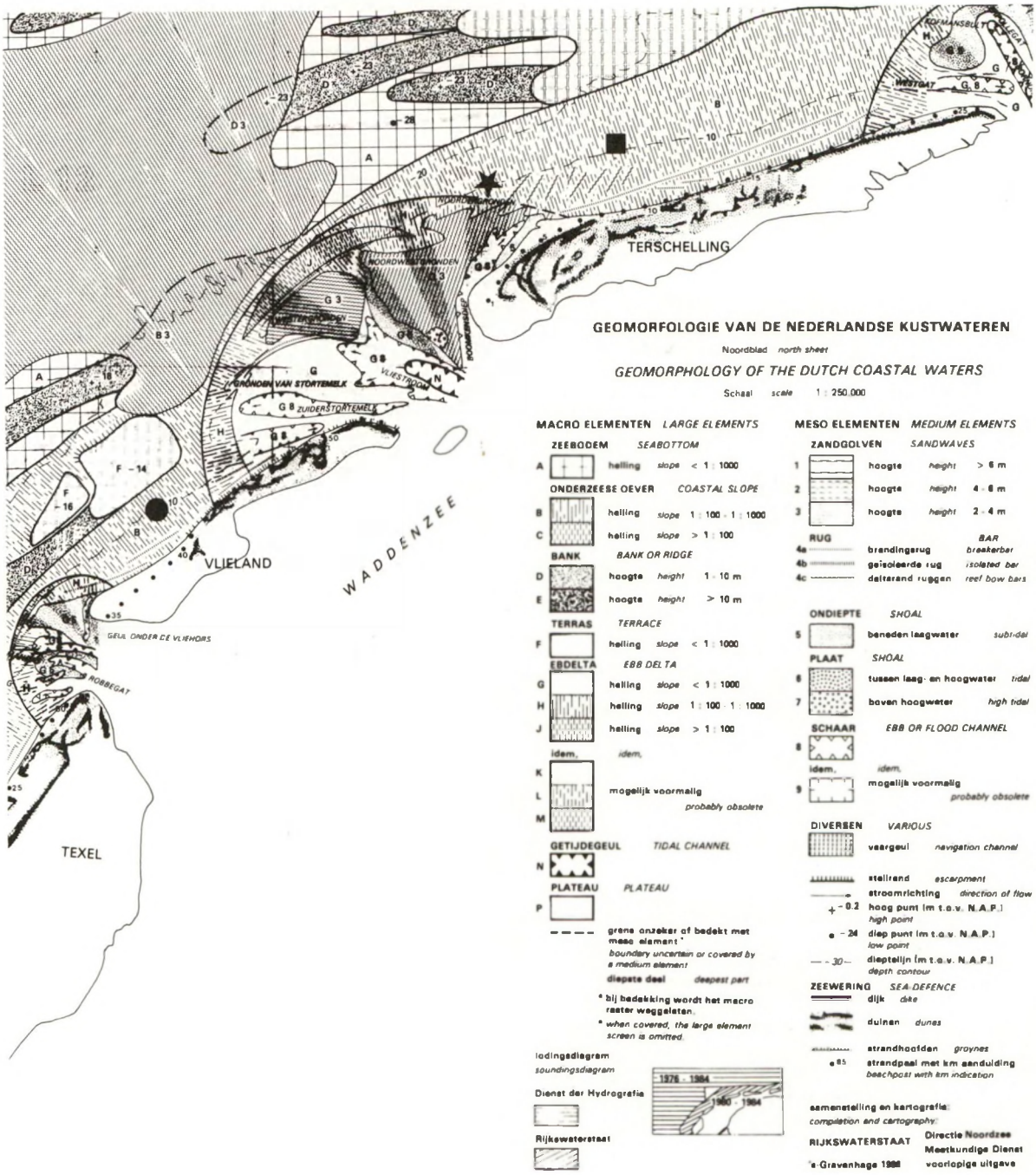


Fig. 3.7. Geomorfologie van het kustgebied van Vlieland en Terschelling (VAN ALPHEN & DAMOISEAUX, 1987). De NAM-lokaties zijn aangegeven als:

- ● Vliehors-A
- ★ Terschelling-Noord-B
- ■ Terschelling-Noord-A.

4. PLANKTON

Met de term plankton worden organismen aangeduid die door hun geringe afmetingen of snelheid, passief met het water worden meegevoerd. Het plankton bestaat uit plantaardige (fytoplankton) en dierlijke (zoöplankton) organismen.

FYTOPLANKTON

De zwevende algen, het fytoplankton, zijn de primaire producenten in zee. In het fotosyntheseproces worden bij voldoende licht uit water en koolzuur, suikers en zuurstof gevormd. De grootte van de primaire produktie is afhankelijk van de hoeveelheid algen, de verdeling van het licht in de waterkolom en de concentraties voedingsstoffen (nutriënten). Het fytoplankton produceert in de Noordzee 100-300 g $C \cdot m^{-2} \cdot j^{-1}$ aan organisch koolstof, zowel in particulaire als in opgeloste vorm (ZIJLSTRA, 1988). Maximale produktie (tot 400 g $C \cdot m^{-2} \cdot j^{-1}$) wordt plaatselijk in de kustwateren gemeten (CADÉE, 1990).

De fytoplanktonproduktie kent een karakteristiek seizoensverloop. Het water in de zuidelijke Noordzee (Fig. 3.4) vertoont in januari maximale concentraties opgeloste anorganische nutriënten (silicaat, fosfaat, nitraat). Wanneer de instraling van zonlicht in het voorjaar een zekere grenswaarde overschrijdt, ontstaat een reeks algenbloeien (GIESKES & KRAAY, 1975). In het minder heldere kustwater wordt de lichtdrempel enkele weken later pas overschreden en ontstaat in april een enorme toename van voornamelijk diatomeeën. Door uitputting van het aanwezige silicaat zakt de diatomeeënbloei in de loop van april weer in. Vervolgens verschuift in de vroege zomer de dominantie naar de microflagellaat *Phaeocystis pouchetii*, waardoor ook de concentraties fosfaat en nitraat sterk afnemen. Deze bloei wordt ook weer beëindigd, waarschijnlijk door een (relatieve) nutriëntenschaarste (VAN BENNEKOM e.a., 1975; VELDHUIS e.a., 1986), waarbij ook begrazing door protozoën een rol kan spelen (ADMIRAAL & VENEKAMP, 1986). In de centrale gedeelten van de zuidelijk Noordzee wordt de primaire produktie in de zomermaanden door lage nutriëntenconcentraties beperkt. In de kustzone komen door de toevoer van nutriëntrijk rivierwater ook in de zomermaanden hoge fytoplanktonconcentraties voor. Tot in het late najaar treden hier afwisselend fytoplanktonpieken op bestaand uit diatomeeën, *Phaeocystis* en dinoflagellaten.

Het merendeel van de primaire produktie in de zuidelijke Noordzee wordt niet door het zoöplankton begraasd, maar wordt microbieel omgezet (JORIS, 1982) en door bodemdieren geconsumeerd. Tijdens de lentebloei kan tot 65% van het fytoplankton door bezinken aan het benthos toevallen (REID e.a., 1990). In ondiepe kustgebieden zal dit afstervende fytoplankton door het getij steeds weer verplaatst worden (JENNESS & DUINEVELD, 1985). Geschat wordt, dat tijdens de voorjaarsbloei in het kustgebied niet meer dan 5% van de primaire produktie door copepoden wordt begraasd; in de zomer is de efficiëntie in de begrazing op haar hoogst (FRANSZ e.a., 1991).

ZOÖPLANKTON

Het dierlijk plankton kan in een aantal grootteklassen worden ingedeeld. Het microzoöplankton (< 0,2 mm) bestaat voornamelijk uit eencelligen en is waarschijnlijk als consument van de primaire produktie van groot belang in het voedselweb. Het mesozoöplankton (0,2-2 mm), dat voor 50 à 90% uit copepoden bestaat, is herbivoor of omnivoor. Tot het mesozoöplankton worden ook de larven van het macrobenthos (zeesterren, krabben, wormen, schelpdieren) gerekend. Dit meroplankton kan incidenteel het mesozoöplankton domineren. Het macrozoöplankton bestaat hoofdzakelijk uit kwallen (dwerg-, schijf- en ribkwallen) en vislarven, dieren met een carnivore leefwijze.

In de zuidelijke Noordzee kan het mesozoöplankton met een generatieduur van enkele weken de plotseling optredende voorjaarsbloeien van het fytoplankton (generatieduur van enkele dagen) niet direkt volgen. Door deze vertraging treedt de zoöplanktonbloei pas in het late voorjaar op. Alleen in het kustwater waar de nutriëntgehalten ook in de zomer door rivierafvoer niet uitgeput raken en de fytoplanktonbloeien elkaar blijven opvolgen, kunnen de copepodenbloeien zich ook in de zomermaanden handhaven. In verder van de kust gelegen gebieden — uitgezonderd gebieden waar zich frontverschijnselen voordoen — lopen de dichtheden copepoden vanaf juni sterk terug als gevolg van een sterk verminderde fytoplanktonproduktie.

De jaarlijkse produktie van het mesozoöplankton (voornamelijk copepoden) in de zuidelijke Noordzee wordt geschat op 10 tot 20 g $C \cdot m^{-2} \cdot j^{-1}$. De produktie kan in de zomermaanden in de kuststrook 3 tot 6 maal hoger liggen dan gemiddeld in de gehele zuidelijk Noordzee over de maanden mei tot september (FRANSZ & GIESKES, 1984). Copepoden zijn voor een aantal pelagische vissoorten, o.a. haring, een belangrijke voedselbron. Deze verhoogde copepodenproduktie die zich over een veel langere periode voortzet, zal mede bepalend zijn voor de mate waarin de kustzone als opgroeigebied voor pelagische vis fungeert.

5. BENTHOS

Organismen die op of in de zeebodem leven worden samengevat onder de term benthos. Plantaardig benthos, fytobenthos, kan uitsluitend bij voldoende licht in de kustzone tot 10 à 20 m diep voorkomen. Door de grote troebelheid van het water en de mobiele sedimenten speelt het fytobenthos in de kustzone van de waddeneilanden een zeer beperkte rol in de totale primaire produktie. Het dierlijk benthos, zoöbenthos, wordt ingedeeld in drie grootteklassen: microbenthos (<0,05 mm), meiobenthos (0,05 - 1 mm) en het macrobenthos (>1 mm).

MICROBENTHOS

Het microbenthos bestaat uit bacteriën, protozoën en schimmels. De kennis over deze groep organismen is uiterst beperkt. In zandige kustgebieden zal de dichtheid van bacteriën over het algemeen lager zijn dan in slibrijke gebieden, die van protozoën zal juist groter zijn (VAN DUYL e.a., 1991). Microbenthos leeft van detritus en andere microörganismen en wordt gegeten door meiobenthos en macrobenthos.

MEIOBENTHOS

De levenscyclus van vrijwel alle meiobenthossoorten speelt zich geheel in of op de zeebodem af (DE WILDE & DUINEVELD, 1990). Het meiobenthos (nematoden, copepoden, protozoën, foraminiferen) vormt een groep met een lagere biomassa dan het macrobenthos. De totale produktie van het meiobenthos zou echter in dezelfde orde van grootte liggen als de produktie van het macrobenthos (MCINTYRE, 1964). Het meiobenthos dat gegeten wordt door o.a. vislarven, nematoden en macrobenthos vormt daarom een belangrijke groep in het benthische ecosysteem.

Nematoden vormen de dominante groep in het meiobenthos van de Noordzee; in dichtheden van 60 tot 5.000 individuen per cm^2 vormen de nematoden 70% tot 80% van de totale gemeenschap (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990; GOVAERE e.a., 1980; DE WILDE e.a., 1984). Copepoden (7%), Gastrotricha (7%) en Turbellaria (3%) zijn na de nematoden numeriek het sterkst vertegenwoordigd. Alleen in de Zuidelijke Bocht (ten zuiden van Den Helder) wordt de dominantie van nematoden verbroken en komt een unieke meiofaunasamenstelling voor, waarbij tussen sedimentkorrels levende copepoden een belangrijke rol spelen.

Gebaseerd op een indeling naar soortsamenstelling van copepoden blijkt de kustzone ten noordwesten van de waddeneilanden tot aan de 30 m dieptelijn tot eenzelfde cluster te behoren (HUYS e.a., 1990). Een indeling op basis van de dichtheid van het gehele meiobenthos (12 taxa) wordt weergegeven in Fig. 5.1 (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990). In een 12 kilometer brede strook langs de Nederlandse kust komt — met uitzondering van het kustgebied van Texel en Vlieland — voornamelijk cluster 4 voor (soortenarm, individuenrijk, hoge nematoden/copepoden ratio). In de kuststrook van Texel en Vlieland behoort het meiobenthos tot cluster 2 (soortenrijk, individuenarm, lage nematoden/copepoden ratio, voorname rol van copepoden en Gastrotricha). Buiten de direkte kustzone wordt in het gehele gebied ten noordwesten van de waddeneilanden cluster 3 aangetroffen (soortenarm, individuenarm, hoge nematoden/copepoden ratio, voorname rol van Gastrotricha).

De hoogste dichtheden meiobenthos ($>2 \cdot 10^6$ $ind \cdot m^{-2}$) worden in de circa 12 km brede kustzone aangetroffen (Fig. 5.2). Deze dichtheden worden voornamelijk door nematoden bepaald. In de kustzone nabij Texel en Vlieland zijn deze dichtheden aanzienlijk lager. Behalve in dit gebied nemen de dichtheden ook buiten de kustzone steeds verder af. De mediane korrelgrootte blijkt een bepalende factor te zijn voor het voorkomen van meiobenthos (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

MACROBENTHOS

Afhankelijk van de levenswijze kan het macrobenthos ingedeeld worden in infauna (in het sediment levend) en epifauna (op het sediment levend). Epifauna kan zowel sessiel als mobiel zijn. Het macrobenthos kan zowel voedsel uit de waterkolom filteren als vanuit het sediment opnemen. Zowel herbivoren en aaseters als carnivoren komen binnen deze groep organismen voor. Het macrobenthos is een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels.

MACROBENTHISCHE INFAUNA

De macrobenthische infauna bestaat voornamelijk uit wormachtigen (Annelida), schelpdieren (Mollusca), stekelhuidigen (Echinodermata) en kreeftachtigen (Crustacea). Zowel wat betreft biomassa als produktie is deze groep binnen het zoöbenthos belangrijk.

De verspreiding van het macrobenthos op de Noordzee wordt in eerste instantie bepaald door temperatuur, maar op kleinere schaal spelen diepte, voedselaanbod en sedimentsamenstelling een bepalende rol. Het macrobenthos op het Nederlandse continentale plat bestaat uitsluitend uit warmwatersoorten (KÜNITZER, 1990).

Het aantal soorten per station in de kustzone ten noordwesten van de waddeneilanden (tussen de 20 tot 30 m dieptelijn) bedraagt gemiddeld 28 per station (Fig. 5.3). Door DUINEVELD e.a. (1990) wordt de ma-

crofauna in deze strook op grond van soortsamenstelling in een tweetal benthosgemeenschappen onderscheiden (Fig. 5.4). In het (middel)grove zand komen als kenmerkende soorten voor de worm *Ophelia borealis* en de zeeëgel *Echinocyamus pusillis*, in het fijnzandige gebied de tweekleppige *Tellina fabula*.

Een 65 km brede kustzone (tot de 30 m dieptelijn) is in 1988/1989 meer gedetailleerd bemonsterd door GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN (1990). De verdeling van de biomassa in deze kuststrook wordt in Fig. 5.5 gegeven. De biomassa kan lokaal oplopen tot 500 g ADW·m^{-2} en varieert in de kustzone van Vlieland en Terschelling van enkele grammen tot 50 à 100 g ADW·m^{-2}. In Fig. 5.6 wordt de totale dichtheid van het macrobenthos in de kustzone gegeven en tevens voor de benthosgroepen apart. De totale dichtheid in de kustzone bedraagt maximaal 16.000 tot 35.000 ind·m^{-2}, benoorden Vlieland en Terschelling varieert de dichtheid van 1.000 tot maximaal 16.000 ind·m^{-2} (Fig. 5.6a). Voor alle afzonderlijke benthosgroepen geldt dat de dichtheden benoorden Terschelling aanzienlijk hoger zijn dan bij Vlieland. In het gehele kustgebied zijn polychaete wormen in aantal dominant. Het zwaartepunt in de verspreiding van crustaceeën, tweekleppigen en polychaete wormen ligt in de kustzone tot circa 20 m diep, uitgezonderd de kustzone van Texel en Vlieland; van echinodermen ligt het zwaartepunt verder uit de kust (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990; Fig. 5.6b t/m 5.6e). GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN (1990) onderscheiden ten noordwesten van de waddeneilanden twee benthosgemeenschappen. Een smalle zone direkt langs de kust tot circa 20 m diepte is het rijkst aan soorten (21 per station) en heeft de hoogste dichtheden (4200 ind·m^{-2}) en biomassa (53,3 g ADW·m^{-2}). Polychaete wormen vormen gemiddeld 66% van de totale dichtheid, tweekleppigen die 66% van de biomassa vormen, dragen gemiddeld 21% tot de totale dichtheid bij. Langs Texel en Vlieland ontbreekt deze rijke zone. Het gebied benoorden de waddeneilanden en dieper dan 20 m, is eveneens rijk aan soorten (gemiddeld 23 per station), maar de dichtheden en biomassa zijn geringer (3300 ind·m^{-2}, resp. 17,6 g ADW·m^{-2}). De smalle zone rijk aan macrobenthos zet zich voort langs de Hollandse kust; de meer offshore gelegen grofzandige en slibarme gebieden zijn daar echter arm aan soorten (gemiddeld 14 per station) en de dichtheid en biomassa zijn gemiddeld laag (circa 1000 ind·m^{-2}, resp. circa 10 g ADW·m^{-2}). Dergelijke sedimenten strekken zich ook gedeeltelijk uit tot in de kustzone van Texel en Vlieland en leiden daar ook tot een arme benthosgemeenschap. In Fig. 5.7 is een overzicht gegeven van bovengenoemde gemeenschappen gebaseerd op de dichtheid van macrobenthossoorten (zonder broed mee te tellen). Tevens worden de biomassa gegevens van verschillende auteurs vermeld.

De meest recente informatie van het voorkomen van macrozoöbenthossoorten in de kustzone werd verzameld in 1990/1991 (OFFRINGA, 1991). Ten behoeve van onderzoek naar de voedseloecologie van zeeëenden, werd op een tweetal lokaties bij de waddeneilanden het macrozoöbenthos, voorzover voor de eenden van belang, bemonsterd. Bij dit onderzoek zijn soorten en grootteklassen betrokken, die als voedsel voor de eenden zouden kunnen dienen. Zeesterren, grote krabben, en schelpdieren groter dan 4 cm (met name *Mactra corallina*) zijn niet meegenomen, maar waren ook relatief schaars. Voor dit rapport zijn met name twee monsterraaien, dwars op de kust, en gelegen dicht bij de voorgenomen boorlokatie Terschelling-Noord A, van belang. Deze raaien (gelegen op de plaats waar enkele tienduizenden zeeëenden verbleven) werden met een van Veen happer bemonsterd op 19 juni 1991. De bivalve *Spisula subtruncata* was de dominante soort, en werd in hoge aantallen en biomassa gevonden (Fig. 5.8). De hoogste dichtheden lagen op 2.5 tot 4 km uit de kust, op een diepte van 17 meter. Hier werd een biomassa gevonden van 60-80 gram ADW per m^2. De dichtheid van de schelpdieren moet aan het begin van de winter, voordat hun belangrijkste predator, de Zwarte Zeeëend arriveerde, nog hoger zijn geweest.

Op de tweede monsterlokatie, bij Schiermonnikoog, werd meerdere malen gedurende de winter een raai bemonsterd. Hieruit kwam naar voren, dat de aantallen schelpdieren niet alleen door predatie (van eenden, vissen en zeesterren) veranderen in de loop van de tijd, maar dat ook door zware zeegang tijdens stormen de ondiep gelegen zeebodem van de kustzone soms dermate wordt omgewoeld, dat de schelpenbanken verplaatst kunnen worden. Meerdere malen werd ook waargenomen, dat grote aantallen levende schelpen zelfs op het strand terecht kwamen. De biomassa per individu blijkt te variëren gedurende het jaar. De *Spisula*'s bij Schiermonnikoog namen met 6% af in de periode 7 november - 22 januari; met 21% tussen 22 januari en 19 februari, en namen weer met 39% in biomassa toe in de periode 19 februari - 13 maart.

De meeste macrobenthossoorten kennen een planktonisch larvestadium, waarin de larven passief met de waterstroom worden getransporteerd. Op deze wijze kunnen gebieden ge(re)koloniseerd worden door larven afkomstig uit andere gebieden. Ook juveniele stadia kunnen op deze wijze getransporteerd worden. (Re)settlement van bijna alle macrobenthossoorten in de Waddenzee kan optreden vanuit de kustzone ten noorden van de waddeneilanden. In het bijzonder na strenge winters waarin koudegevoelige soorten, vooral op de getijdenplaten, massaal kunnen sterven, is dit een belangrijk mechanisme. Uit

onderzoek (BEUKEMA, 1990) is gebleken dat circa 10 van de 28 onderzochte macrobenthossoorten in de Waddenzee na een strenge winter in een lagere dichtheid voorkomen dan na een normale winter. Bij meer dan de helft van deze soorten werden na een extreem koude winter zelfs geen levende exemplaren meer aangetroffen. Genoemde 10 koudegevoelige soorten bestaan uit 4 à 5 soorten polychaeten (*Harmothoe lunalata, Lanice conchilega, Antinoella sarsi*, Nemertina, *Nepthys hombergii*), 4 soorten mollusken (*Abra tenuis, Mysella bidentata, Angulus tenuis, Cerastoderma edule*) en 2 soorten crustaceeën (*Crangon crangon, Carcinas maenas*). Behalve *Abra tenuis* vinden al deze soorten een refugium in de kustzone van de Noordzee, vanwaaruit rekolonisatie na strenge winters optreedt. Dit kan gebeuren zowel door aanvoer van larven (polychaeten en tweekleppigen) als door aktief bewegende juvenielen en adulten (garnalen en krabben). In enkele gevallen vindt ook transport vanuit de Waddenzee naar de kustzone van de Noordzee plaats. Zo wordt aangenomen, dat vrijwel de gehele populatie van de tweekleppige *Macoma balthica* die zich in deze kuststrook bevindt, uit de Waddenzee afkomstig is. Na een eerste settlement op de getijdenplaten in de Waddenzee in de voorafgaande lente en zomer, worden de juvenielen (tot 1 cm lengte) in de wintermaanden naar de Noordzee getransporteerd (BEUKEMA & DE VLAS, 1989).

MACROBENTHISCHE EPIFAUNA

De op de bodem levende macrobenthossoorten (zeesterren, krabben, garnalen, sponzen, zeeanemonen) zijn voor een deel een belangrijke voedselbron voor bijv. rondvis. De mobiele epifauna (krabben, garnalen, zeesterren) voedt zich met o.a. meiobenthos, jong macrobenthos en jonge vis en verwijdert hiermee een enorm potentieel aan opgroeiende individuen uit het ecosysteem (WARWICK, 1990).

De epifauna in de Nederlandse sector behoort geheel tot de voor de zuidelijke zone van de Noordzee kenmerkende epifauna. De biomassa wordt gedomineerd door echinodermen (zeesterren, zeeëgels) (DUINEVELD & VAN NOORT, 1990). Binnen de Nederlandse sector kan de epifauna op basis van voorkomen in een aantal clusters worden onderscheiden (Fig. 5.9). Tot aan de 30 m dieptelijn behoren de soorten tot één cluster; de meest algemene epifauna soorten worden in Tabel 5.1. weergegeven. De biomassa in het kustgebied wordt voor een groot deel door de zeester *Asterias rubens* bepaald. Typische epifauna soorten voorkomend in de kustzone zijn verder de slangster *Ophiura texturata* en de garnaal *Crangon crangon* (DUINEVELD e.a., 1991).

De garnaal is weinig kieskeurig en heeft een menu variërend van kleine kreeftachtigen tot wormen en jonge vis. Zelf wordt de garnaal gegeten door predatoren als vis (wijting, jonge kabeljauw, schar, pitvis) en zwemkrab. Langs de Nederlandse kust worden door BODDEKE (1982) in totaal 4 garnalenpopulaties onderscheiden. De noordwestelijke populatie strekt zich uit van IJmuiden tot Ameland en is tot een smalle zone langs de kust beperkt (hooguit 15 km). Na een pelagisch larvestadium, vestigen de juvenielen (0,6 à 1,5 cm) zich bij voorkeur in ondiepe gebieden ($<$0,5 m diep bij LW) zowel in de kustzone van de Noordzee als in de estuaria. De dichtheden kunnen in deze periode oplopen tot 80 ind·m^{-2}. Naarmate de garnalen groeien vindt verspreiding naar dieper water plaats. Van juni tot oktober neemt de biomassa in de totale kustzone sterk toe door de snelle groei van deze juvenielen. Omstreeks oktober zet de herfst-wintertrek in en verlaten de garnalen de getijdeplaten en ondiepere gebieden. In zeer strenge en lange winters verspreidt het merendeel van de volwassen garnaal zich tot circa 100 km uit de kust; in zeer zachte winters blijft deze afstand beperkt tot circa 10 km. In oktober 1969 t/m 1973 bevond zich 45% van de totale Nederlandse garnalenpopulatie in de kustzone van de Noordzee, in oktober 1980 was dit 80%. Tabel 5.2 geeft een overzicht van de dichtheden garnaal in de direkte kustzone. In de garnalenstand treden grote fluctuaties op met name door de sterk fluctuerende jaarklassterkte van predatoren zoals wijting en jonge kabeljauw (BODDEKE, 1975, 1976, 1989). De grootte van de garnalenpopulatie in de herfst wordt vooral bepaald door de mortaliteit van larven en juvenielen in voorjaar en zomer. In de periode 1985-1990 (augustus t/m oktober) vertoonde de garnalenpopulatie tussen IJmuiden en de Eems een sterk dalende trend: het aantal gevangen consumptiegarnalen per gecorrigeerde visdag bleek gehalveerd. Ten zuiden van IJmuiden is deze trend afwezig (DLO, RIVO, 1990).

TABEL 5.1

De meest algemene epifaunasoorten binnen de 4 onderscheiden clusters in de Noordzee. N=gemiddelde dichtheid per 10.000 m^2; B=biomassa (g ADW per 10.000 m^2); P=aantal trekken, waarin de soort aangetroffen werd (DUINEVELD & VAN NOORT, 1990).

	Kustwater 15 stations			*Oester Gronden 25 stations*			*Dogger Bank 10 stations*			*N van DOGGER 9 stations*		
	N	*B*	*P*	*N*	*B*	*P*	*N*	*B*	*P*	*N*	*B*	*P*
CRUSTACEA totaal	1379	199		597	111		128	21		996	97	
Crangon crangon	1092	123	14	5	1	11	1	-	1	-	-	-
Crangon allmanni	178	13	14	420	37	25	47	3	10	106	9	9
Macropipus holsatus	88	54	14	51	24	20	12	5	8	36	3	7
Pagurus bernhardus	6	2	5	29	11	15	21	5	8	24	11	4
Corystes cassivelaunus	4	5	6	13	15	19	1	-	2	1	1	1
Hyas coarctatus	-	-	-	3	3	13	33	7	5	57	22	9
Pagurus pubescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	20	7
Spirontocaris lilljeborgi	-	-	-	-	-	-	3	+	1	676	23	8
ECHINODERMATA totaal	1230	1098		27565	890		6668	364		890	181	
Psammechinus miliaris	19	5	4	257	55	18	86	7	8	7	-	4
Ophiura texturata	145	23	10	43	6	19	38	5	5	9	2	5
Ophiura albida	403	8	15	26921	451	24	6366	140	7	205	8	6
Asterias rubens	651	1060	15	239	357	25	149	207	10	551	148	9
Astropecten irregularis	8	2	6	84	19	23	22	5	8	98	12	8
Luidia sarsi	-	-	-	1	-	3	-	-	-	7	9	5
Ophiura sarsi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	1	6
ANTHOZOA totaal	2	4		7	25		-	-		239	463	
Metridium senile	1	4	2	-	1	4	-	-	-	20	125	3
Alcyonium digitatum	-	-	-	1	-	4	-	-	-	20	17	6
Bolocera tuediae	-	-	-	4	23	1	-	-	-	170	300	7
Hormathia digitatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	21	4
MOLLUSCA totaal	-	-		21	82		6	19		114	236	
Buccinum undatum	-	-	-	15	63	15	2	6	3	29	94	6
Neptunea antiqua	-	-	-	4	19	8	2	12	2	26	115	9
Colus gracilis	-	-	-	-	-	-	-	1	1	38	27	8
Modiolus modiolus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	3
Aphrodite aculeata	1	4	3	66	69	21	3	7	3	67	50	6
Diversen	-	-	-	1	+		2069	1074		138	79	
Alcyonidium diaphanum	-	-	-	-	-	-	1530	845	10	19	13	6
Ascidiella scabra	-	-	-	-	-	-	529	224	10	5	3	5
Suberites massa	-	-	-	-	-	1	9	5	3	113	63	6

TABEL 5.2

Aantallen garnalen in de kustzone.
*Gegevens BODDEKE (1989), gebaseerd op International Young Flatfish and Brown Shrimp Survey (RIVO). Raai op enkele mijlen uit de kust (n per 1000 m^3).
**Gegevens Stam (ongepubl. NIOZ), gebaseerd op surveys met 3 m boomkor (gestrekte maas: 1 cm) op 10 m dieptelijn (n per 1000 m^2).

		0-53 mm	*30-53 mm*	*>53 mm*
april	'78*		74	35
april	'79*		195	64
april	'80*		169	119
april	'81*		333	151
juli	'88**	290		24
mei	'89**	72		12
oktober	'78*		471	255
oktober	'79*		823	472
oktober	'80*		2960	617
oktober	'88**	3200		1028

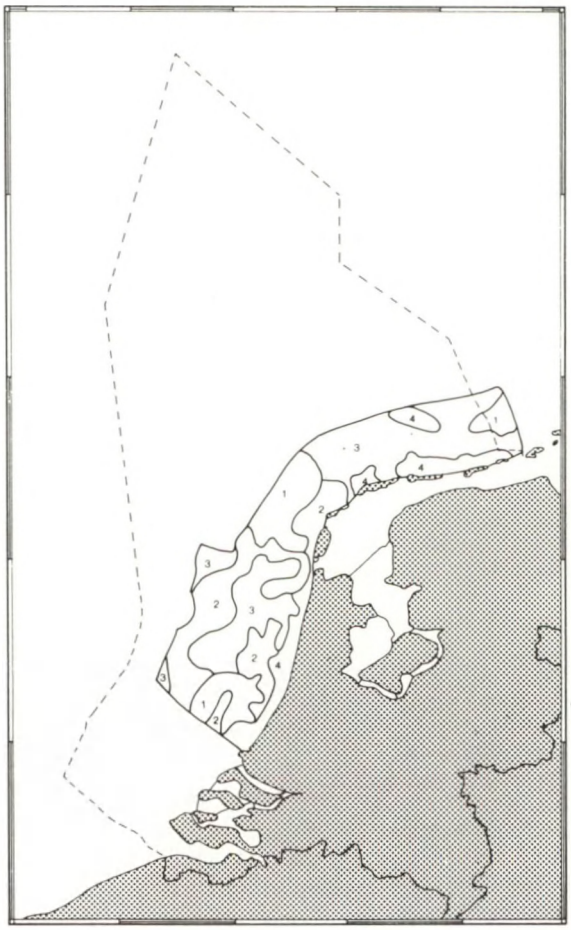


Fig. 5.1. Meiobenthos clusters in de kustzone. (TWINSPAN clusteranalyse; gemodificeerd naar GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990). Cluster 1: soortenrijk, totale dichtheid 180 ind·cm^{-2}; cluster 2: soortenrijk, totale dichtheid 90 ind·cm^{-2}; cluster 3: soortenarm, totale dichtheid 110 ind·cm^{-2}; cluster 4: soortenarm, totale dichtheid 260 ind·cm^{-2}.

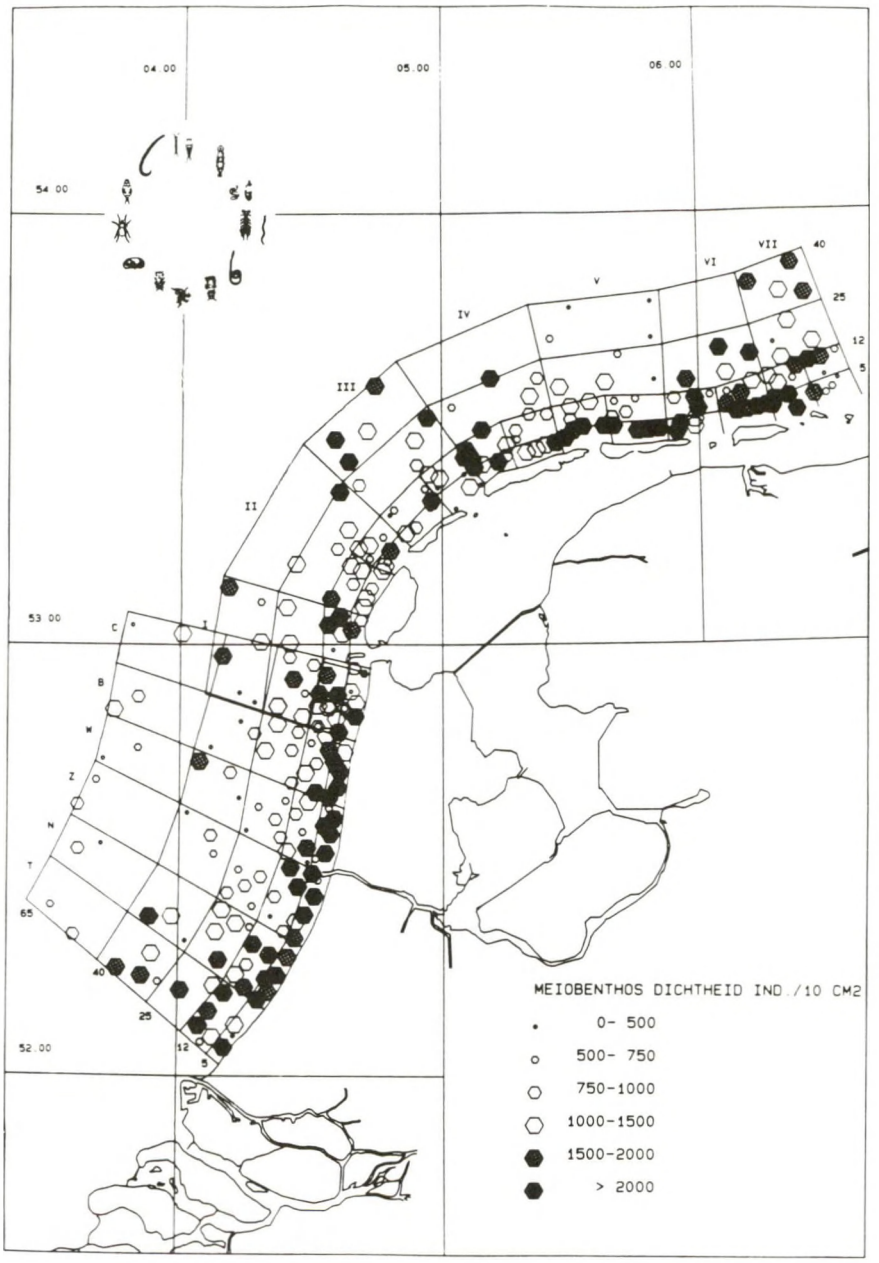


Fig. 5.2. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van het meiobenthos (totaal van de meiobenthische taxa per station). (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

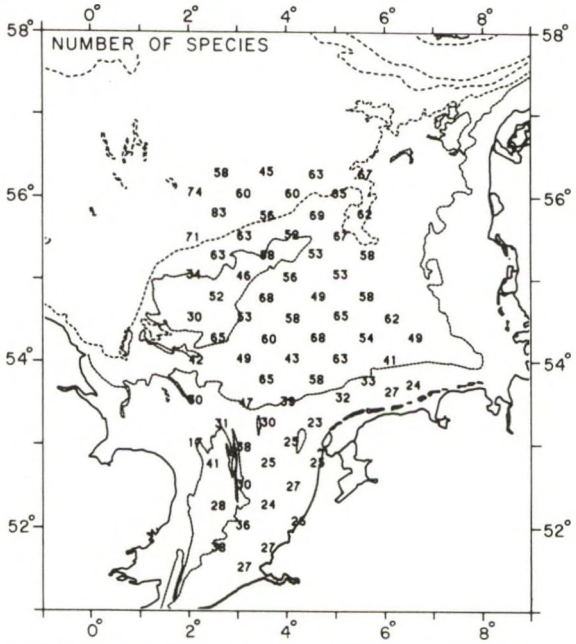


Fig. 5.3. Soortenrijkdom van de macrofauna (infauna) (aantal soorten in 0.3 m^2) (DUINEVELD e.a., 1990).

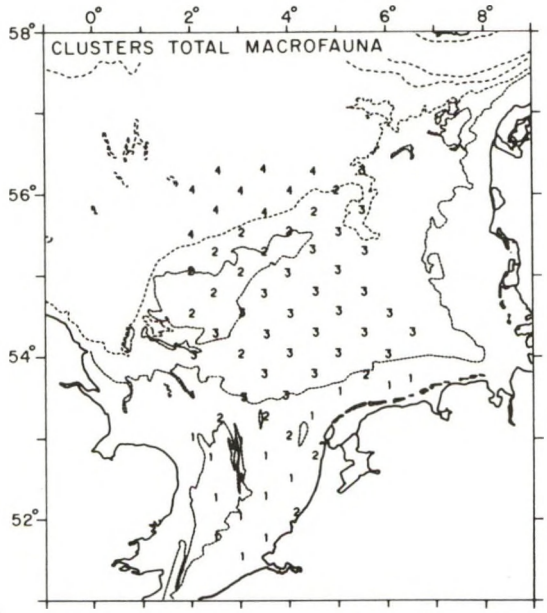


Fig. 5.4. Classificatie van de totale macrofauna van de zuidelijke Noordzee (uit: DUINEVELD e.a., 1990). Cluster 1: gemeenschap voorkomend in het grove en middelgrove zand van de Zuidelijke Bocht. Cluster 2: gemeenschap voorkomend in het fijne zand (*Tellina* gemeenschap). Cluster 3: gemeenschap voorkomend vanaf Friese Front tot het oostelijk deel van de Doggerbank (*Amphiura* gemeenschap), op de overgang van zand in slib. Cluster 4: gemeenschap voorkomend in het 'diepere' slikkige sediment van de centrale Noordzee.

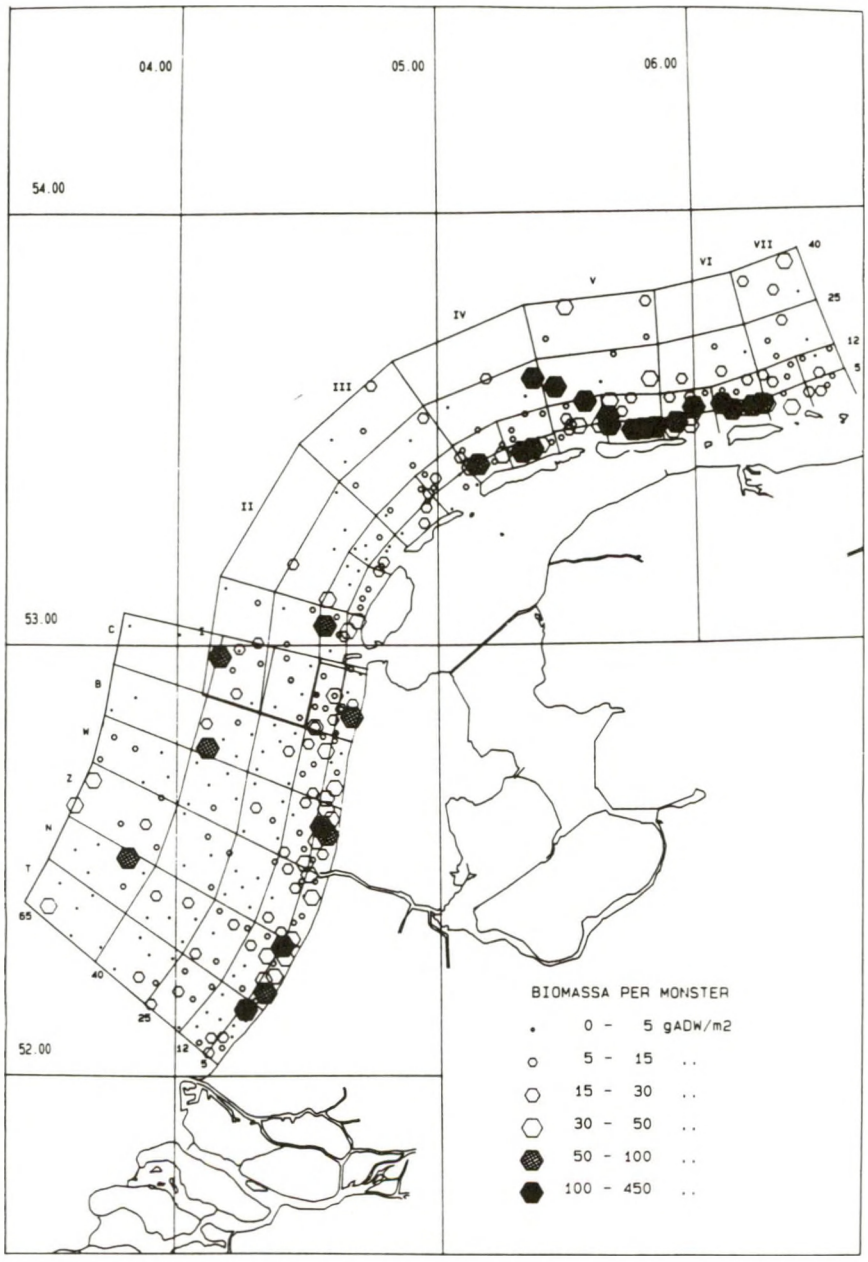


Fig. 5.5. De totale biomassa van het macrobenthos in g ADW·m^{-2}. (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

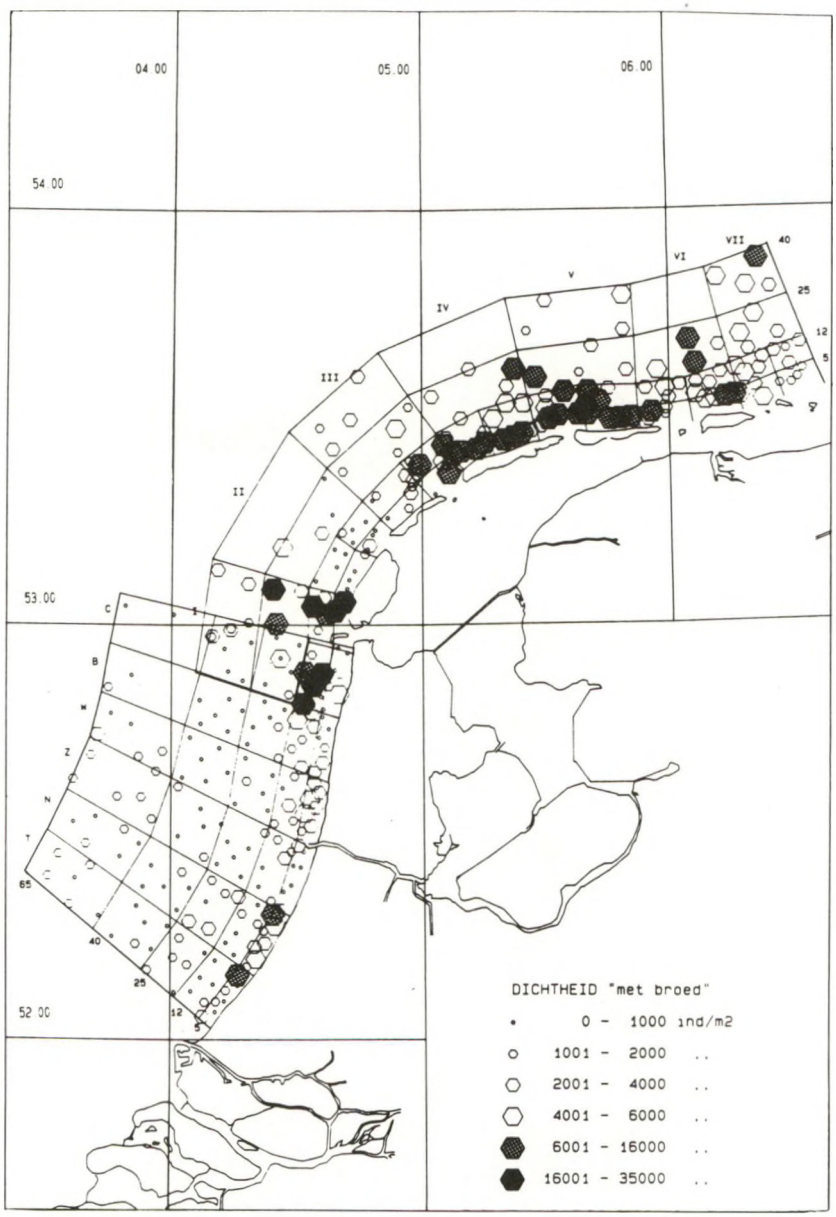


Fig. 5.6A. Totale dichtheid macrobenthos (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

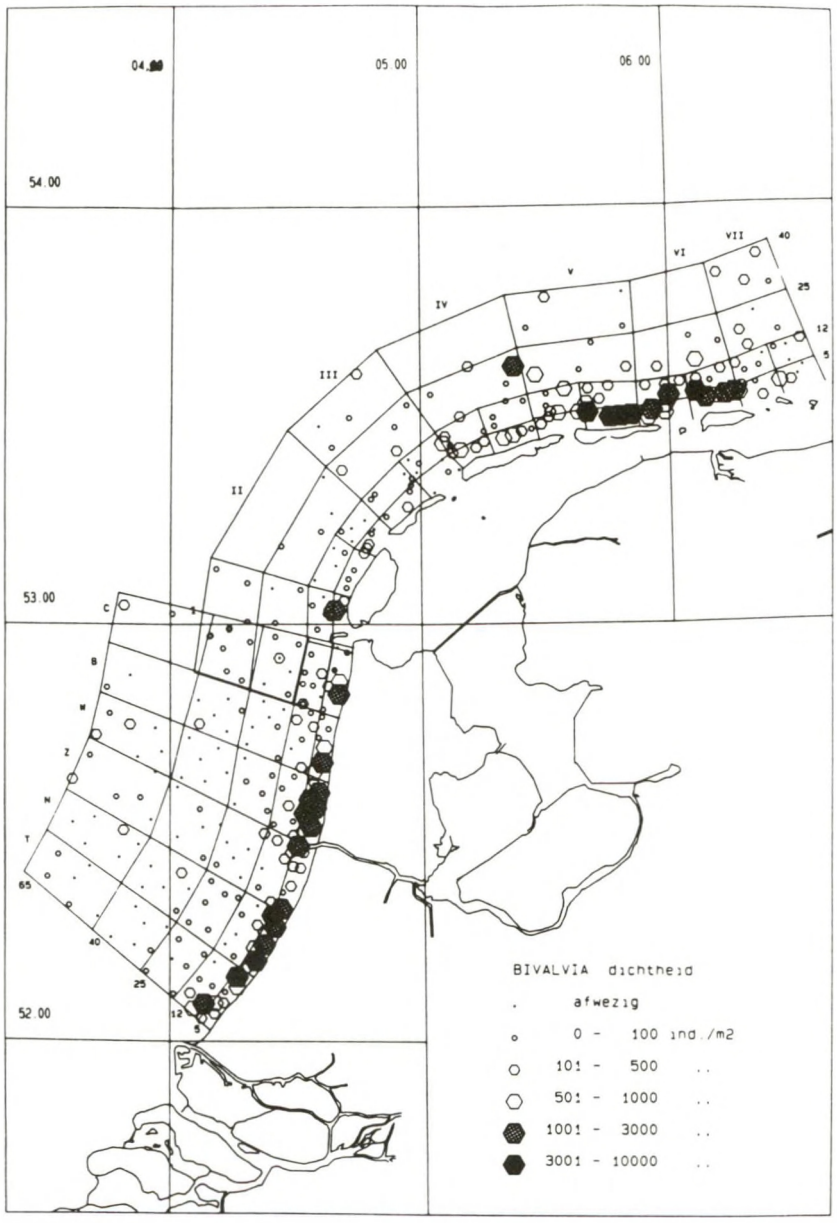


Fig. 5.6B. Dichtheid Bivalvia (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

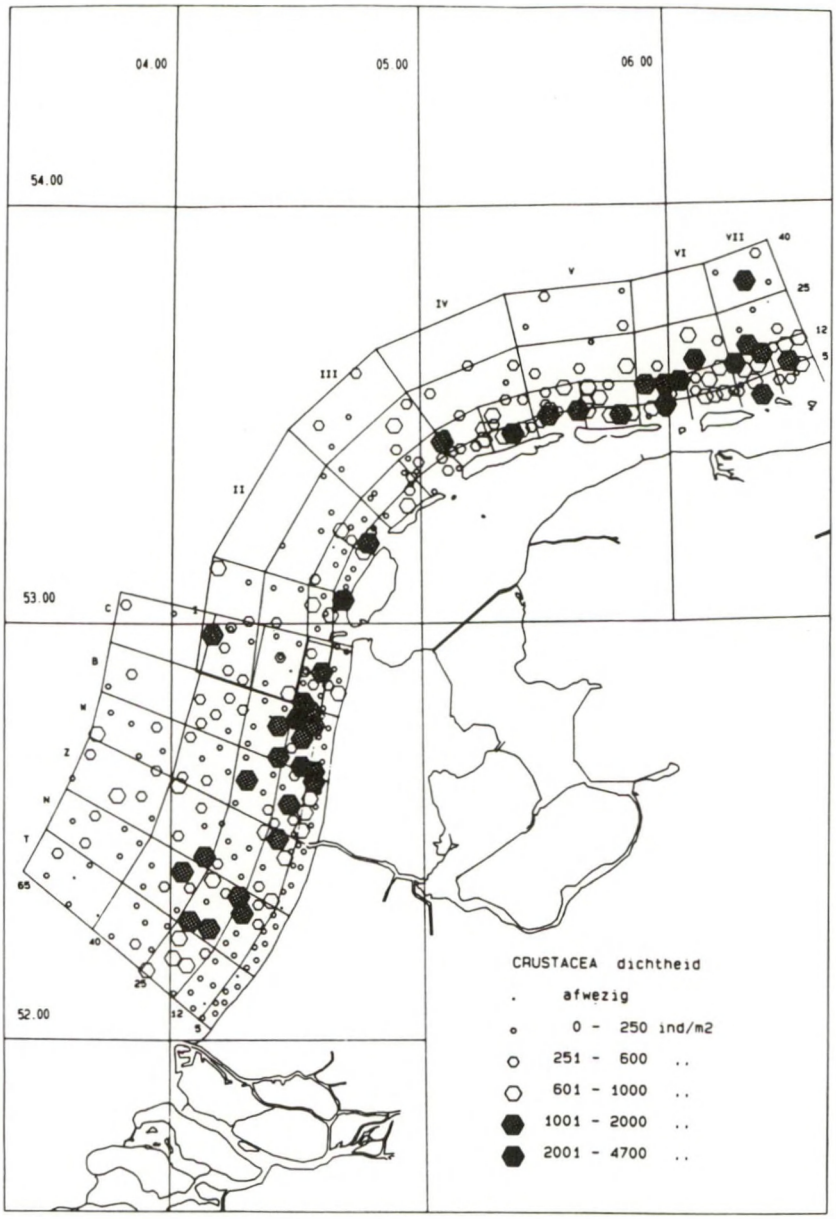


Fig. 5.6c. Dichtheid Crustacea (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

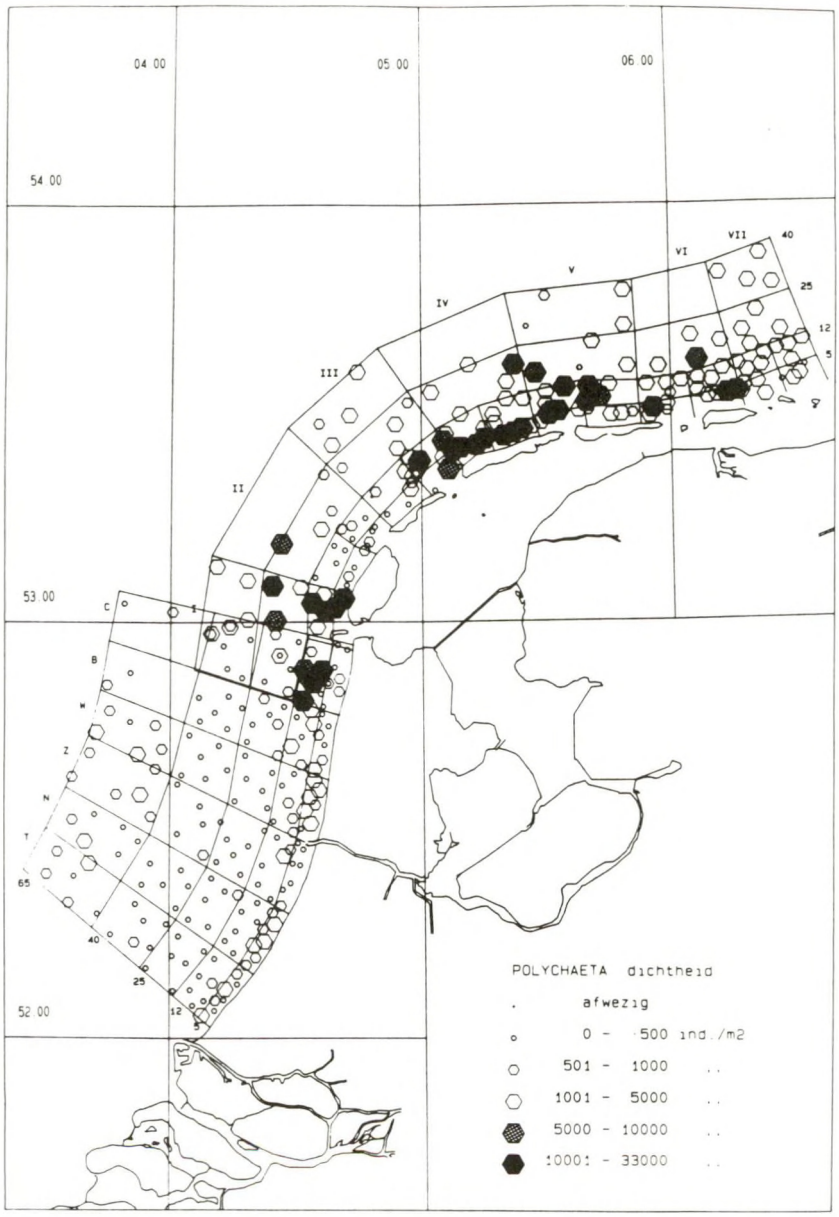


Fig. 5.6D. Dichtheid Polychaeta (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

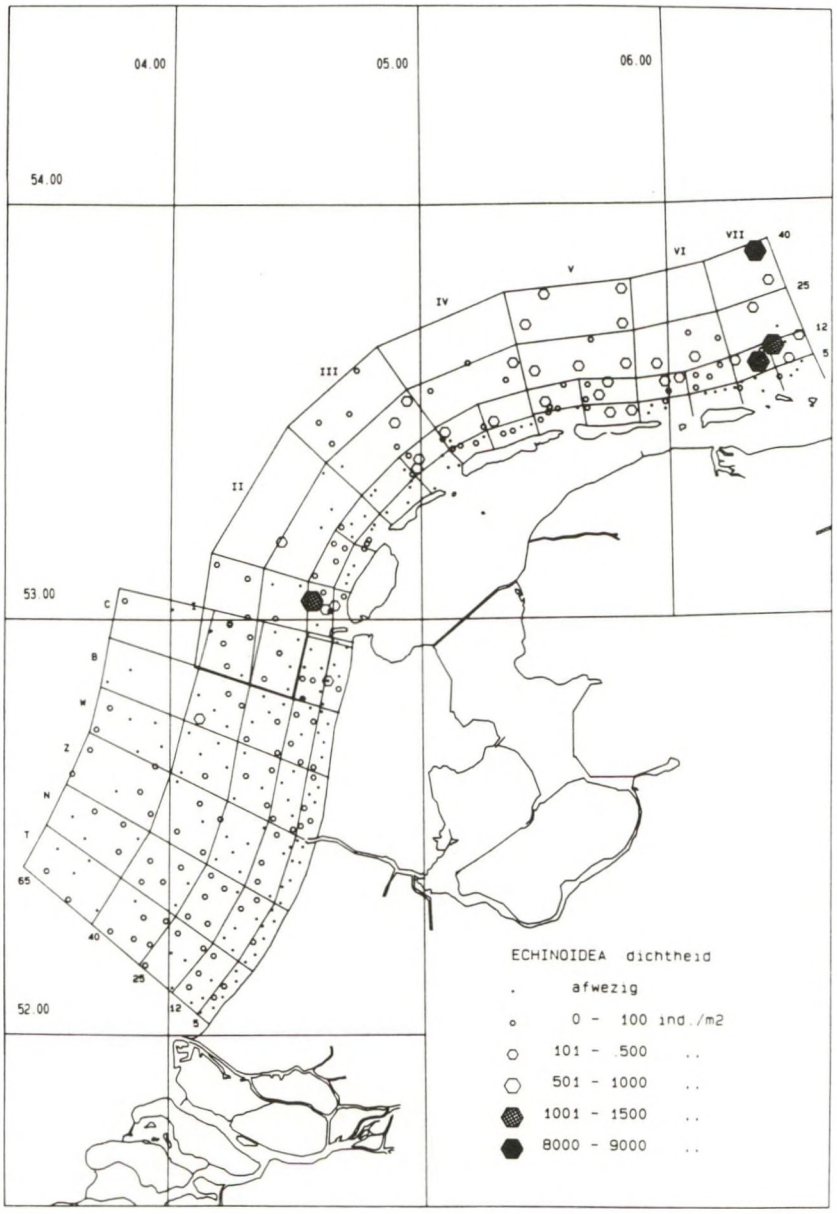


Fig. 5.6E. Dichtheid Echinoïdea (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).

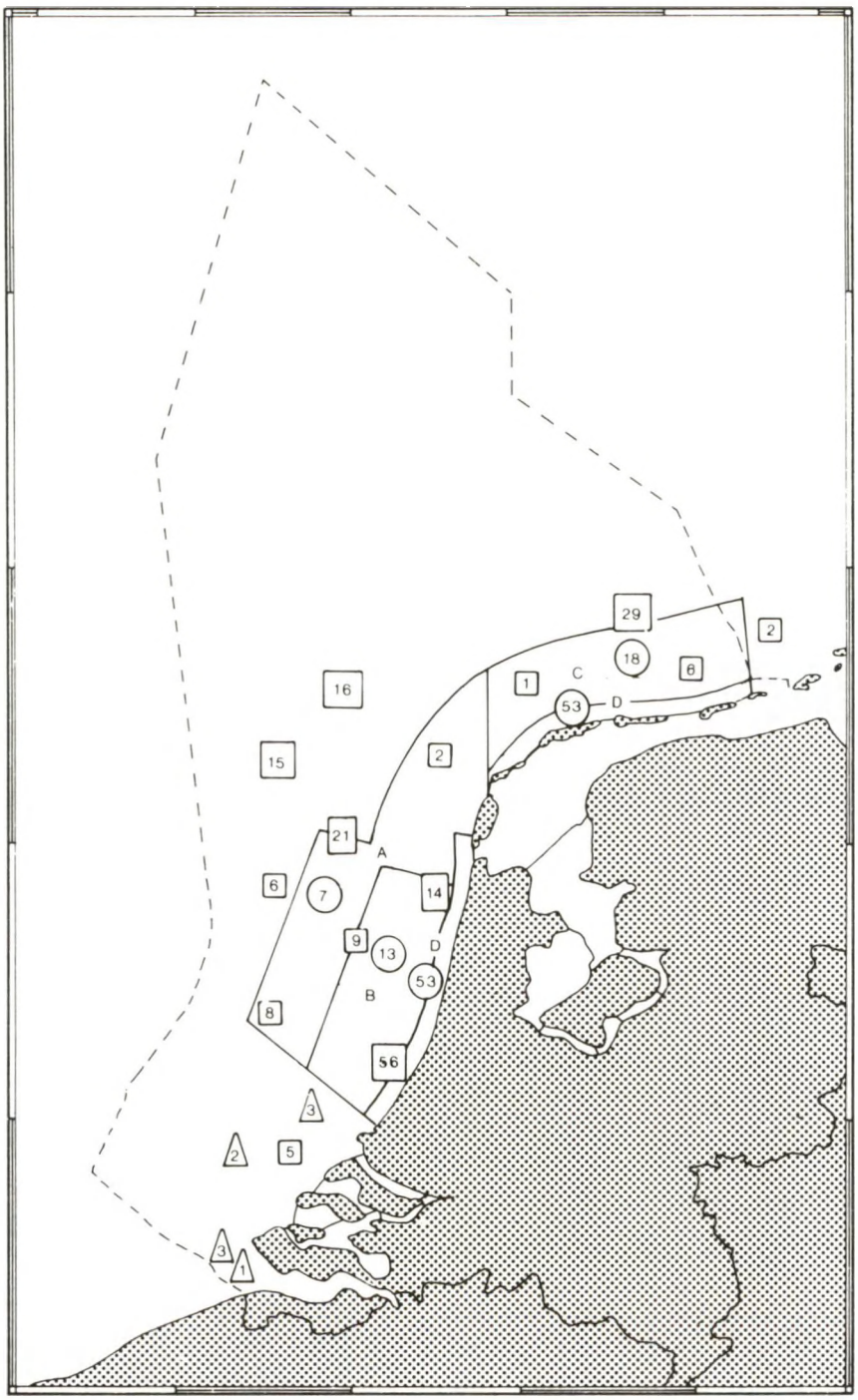


Fig. 5.7. Clusterindeling gebaseerd op dichtheid en tevens biomassa (g ADW·m^{-2}) van het macrobenthos (infauna) in de Zuidelijke Bocht en het Nederlandse kustgebied.
Clusterindeling: A=westelijk offshoregebied;
B=westelijke overgangszone;
C=offshore waddeneilanden;
D=Hollandse kust en waddenkust (naar GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990).
Biomassa: ○ (GROENEWOLD & VAN SCHEPPINGEN, 1990);
□ (DUINEVELD e.a., 1990);
Δ (GOVAERE e.a., 1980).

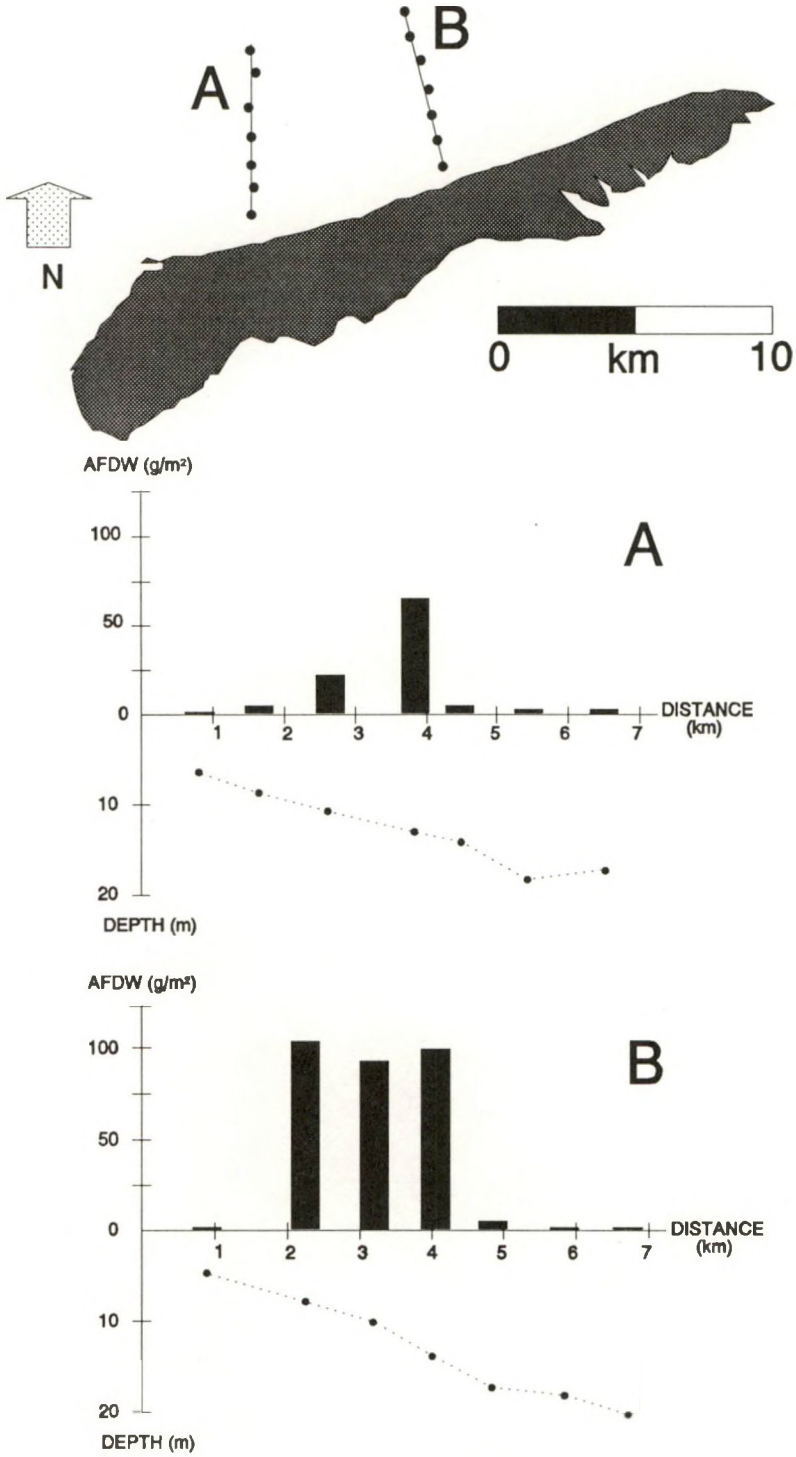


Fig. 5.8. De biomassa van macrozoöbenthos langs twee raaien bij Terschelling (in g ADW per m^2), uitgezet tegen de diepte per monsterplaats (stippen op raaien A en B). Alleen soorten en grootteklassen, die potentieel geschikt zijn als voedsel voor Zwarte Zeeëenden, zijn in deze figuur opgenomen: dieren groter dan 4 cm zijn weggelaten.

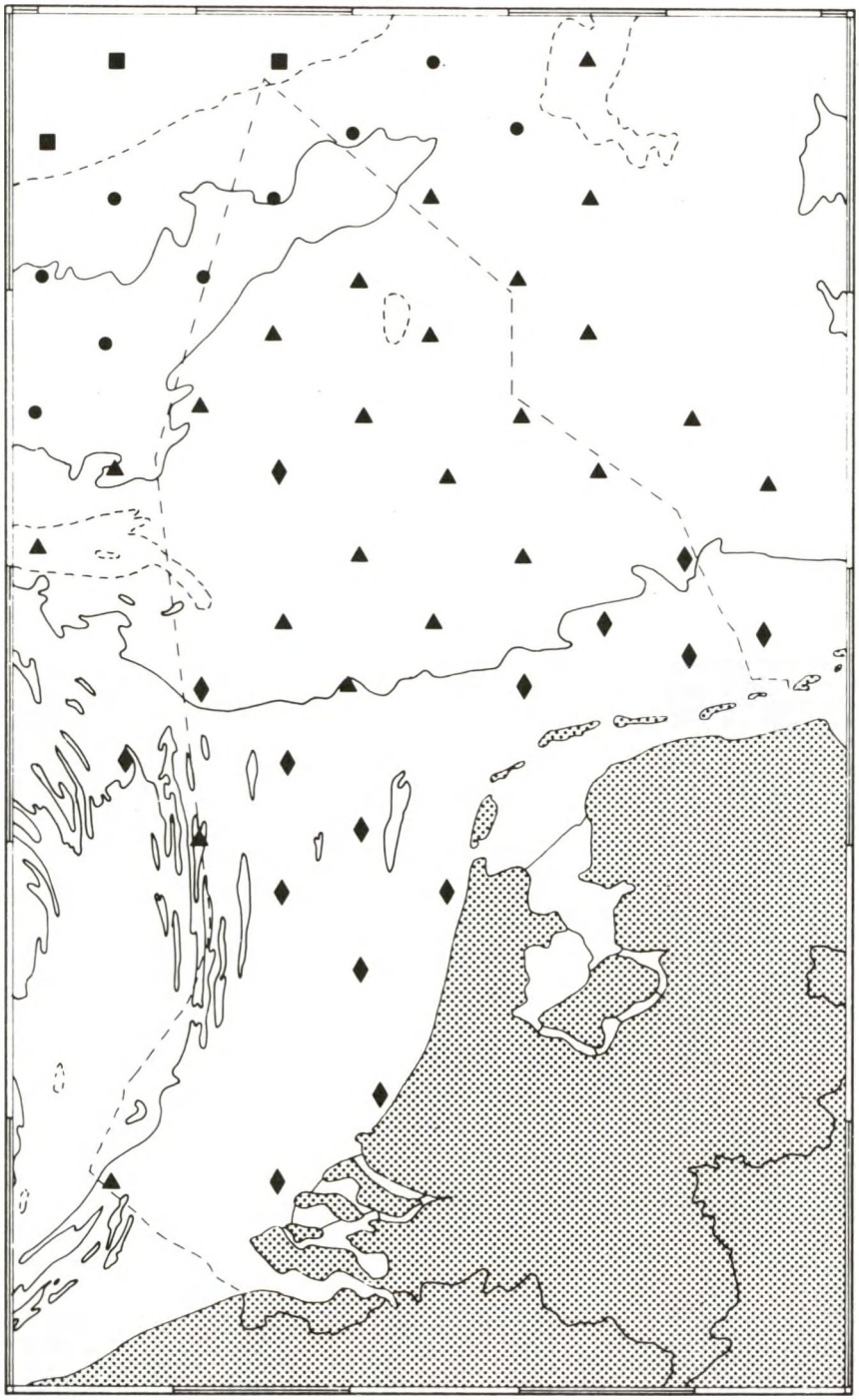


Fig. 5.9. Indeling van de epifauna in de Nederlandse sector van de Noordzee in clusters:
■ ten noorden van de Doggersbank
● Doggersbank
▲ Oestergronden
♦ kustzone (naar DUINEVELD & VAN NOORT, 1990).

6. VISSEN

De verspreiding van vissoorten wordt bepaald door factoren als temperatuur, voedselbeschikbaarheid, saliniteit, sedimenttype en waterdiepte. Geschiktheid van een gebied als paai- en opgroeigebied en seizoensmigraties bepalen eveneens de verspreiding. Om uiteenlopende redenen behoort het kustgebied tot het verspreidingsgebied van vele pelagische en demersale vissoorten. Onderzoeksgegevens hebben vooral betrekking op commerciële soorten, informatie over niet-commerciële soorten is aanmerkelijk schaarser. Het voorkomen van deze vissoorten in de Nederlandse kustzone is o.a. bekend uit inventarisaties van het NIOZ in de periode 1972-1981 en uit de vangstgegevens van de NIOZ-fuiken aan de zuidpunt van Texel.

PELAGISCHE VIS

Pelagische vis zwemt vrij in de waterkolom en is in alle levensstadia carnivoor. Een uitzondering vormen harderachtigen (Mugilidae) die herbivoor zijn. Zowel tussen soorten als tussen levensstadia kan het voedselspectrum variëren: haring eet uitsluitend zooplankton, kabeljauw voedt zich als juveniel met zooplankton, maar later met benthos en vis. Uit de vangstgegevens van de NIOZ-fuik aan de zuidkant van Texel kan een betrouwbaar beeld gevormd worden van het voorkomen en de talrijkheid van pelagische vis in de kustzone langs de waddeneilanden. De fuiken waren in bedrijf in de periode april-november en de vangsten van 1986 tot en met 1990 zijn geanalyseerd (Tabel 6.1). De soorten zijn gerangschikt naar afnemend aantal waarnemingen. Uit de tabel blijkt, dat een aantal vissoorten die de Noordzee als verspreidingsgebied hebben, ook in de kustzone voorkomen o.a. wijting, horsmakreel, kabeljauw, pollak, dwergbolk, steenbolk, makreel, koolvis en sardien.

Van een groot aantal soorten liggen de opgroeigebieden in de kustzone. Deze ligging kan verschillende redenen hebben. Soorten als pollak, steenbolk en koolvis hebben, behalve in de diepere gedeelten van de Noordzee, ook opgroeigebieden in de kustzone. Andere soorten kennen een kustgebonden verspreiding dus ook van de opgroeiende individuen (zeestekelbaars, geep, fint, zeeforel, koornaarvis, snotolf, ansjovis). Soorten als haring en kabeljauw hebben opgroeigebieden die uitsluitend of voornamelijk in de kustzone liggen. Jonge haring (0-groep) verschijnt vanaf februari in de kustzone (CUSHING, 1967; CORTEN, 1986) en als regel wordt de haring als 0- en 1-groep bij een lengte van 8 tot 15 cm in de maanden september t/m november in grote aantallen in de vangsten van de NIOZ-fuiken aangetroffen (LEOPOLD & PLATTEEUW, 1987). In de herfst vormt deze haring een belangrijke voedselbron voor vogels als Jan van Genten en duikers. Vanaf het voorjaar wordt 0-groep kabeljauw in de NIOZ-fuiken aangetroffen (Witte, NIOZ, pers. med.). In de herfst van 1970 werden de hoogste dichtheden 0-groep kabeljauw (tot 125 per 1000 m^2) benoorden de oostelijke waddeneilanden aangetroffen (Daan, 1978). Ook 1- en 2-groep kabeljauw groeit op in de wateren langs de Deense, Duitse en Nederlandse waddenkust (ANONYMUS, 1974).

Een aantal pelagische soorten zijn uitsluitend als seizoensgasten in de kustzone aanwezig. Als zomergasten bezoeken bijv. harders en zeebaars de kustzone, als wintergasten bijv. 3-doornige stekelbaars en spiering (ZIJLSTRA, 1978; WITTE & ZIJLSTRA, 1978). De sprot komt als wintergast massaal en zeer dicht onder de kust van de waddeneilanden voor (v.d. Kamp, RIVO, pers. med.) en kan dan een belangrijke voedselbron voor bijv. Zeekoeten betekenen.

DEMERSALE VIS

Na een kort larvestadium in het pelagiaal vestigen demersale vissoorten zich op de zeebodem. Alle bodembewonende soorten zijn carnivoor; wormen, mollusken, crustaceeën en vis zijn de voornaamste voedselbronnen. De vangstgegevens van de NIOZ-fuiken aan de zuidpunt van Texel geven een representatief beeld van de soorten die in de kustzone langs de waddeneilanden voorkomen. De vangstgegevens van de fuiken werden geanalyseerd voor de periode april-november in het tijdvak 1986-1990 (Tabel 6.2). In deze tabel worden tevens de dichtheden aangegeven waarin deze soorten tijdens de 'Aurelia'-vistochten in de periode 1972-1981 nabij Texel en Vlieland (waterdiepte 10 à 20 m) werden gevangen. Het gebruikte vistuig was een 5.5 m boomkor (1 cm gestrekte maas) en de trekduur bedroeg circa 10 minuten. De basisgegevens zijn beschreven in een serie Interne Verslagen van het NIOZ (CREUTZBERG, 1979 + 9 survey reports) en bewerkt door WITTE e.a. (1991). In de tabel worden de aantallen gevangen vis per 10.000 m^2 weergegeven als variërend van 0 tot de maximaal gevangen aantallen in quadranten van circa 10 bij 10 Mijl. Seizoensverschillen en jaarlijkse fluctuaties zijn in deze tabel niet af te lezen, omdat het basismateriaal over de periode 1972-1981 voor een dergelijke analyse te weinig gegevens bevatte. Uit de tabel blijkt dat een aantal vissoorten die de Noordzee als verspreidingsgebied hebben, ook in de kustzone voorkomen (schar, tarbot, griet, schurftvis, tongschar, paling, rode en grauwe poon, zandspiering, smelt). Als seizoensgast komt de pijlstaartrog (*Dasyatis pastinaca*) in de zomermaanden in onze kustwateren voor (WITTE & ZIJLSTRA, 1978).

Om verschillende redenen hebben vissoorten hun opgroeigebieden in de kustzone. Een aantal (bot, 5-dradige meun, zeedonderpad, puitaal, grote en

kleine zeenaald, dikkopje, harnasmannetje, botervis, slakdolf, glasgrondel) zijn typische kustgebonden soorten en ook de opgroeigebieden liggen in de kustzone. Soorten als rode en grauwe poon hebben opgroeigebieden die behalve in de Noordzee ook wel in de kustzone liggen. Sommige soorten die de Noordzee als verspreidingsgebied kennen (schol, tong, schar, tarbot, griet, pijlstaartrog) hebben hun opgroeigebieden uitsluitend of voornamelijk in de kustzone (ZIJLSTRA, 1978; WITTE & ZIJLSTRA, 1978). Een belangrijk deel van de tong- en scholpopulatie in de Noordzee is in de eerste levensjaren in de Waddenzee opgegroeid. In de gehele Nederlandse kustzone groeit *ca.* 20 à 30% van de 0-, 1- en 2- jarige schol op, waarvan het merendeel in de Waddenzee (BERGMAN e.a., 1989). Het aan de Waddenzee grenzende kustgebied van de Noordzee heeft voor de 0-groep schol een uiterst belangrijke functie als opgroeigebied gedurende herfst en winter. Voor 1- en 2-groep schol, die voor een groter gedeelte in de kustzone verblijven, is deze kuststrook eveneens van essentieel belang (DE VEEN e.a., 1979). In het bijzonder in nazomer en herfst worden de grootste dichtheden jonge schol langs de Nederlandse kust (tot een waterdiepte van 30 m) aangetroffen (VAN NOORT e.a., 1979; zie ook Tabel 6.2). Adulte tong trekt in april-juni vanuit de Noordzee naar de ondiepere gebieden langs de kust om te paaien (DE VEEN, 1967; ANONYMUS, 1981). De jonge tong vestigt zich vervolgens in de ondiepe kustzone en de estuaria. In herfst en winter trekken deze juveniele tongen eveneens vanuit de Waddenzee naar de kustzone ten noorden van de waddeneilanden. Dit kustgebied heeft ook voor tong een uiterst belangrijke functie als opgroeigebied.

TABEL 6.1

Pelagische vissoorten gevangen in de NIOZ-fuiken aan de zuidpunt van Texel in de periode april t/m november 1986-1990. De soorten zijn gerangschikt naar afnemend aantal gevangen exemplaren.
N=in de Noordzee voorkomend
O=opgroeigebieden ook in kustzone
O*=opgroeigebieden uitsluitend in kustzone
S_z=seizoensgast in zomer
S_w=seizoensgast in winter
(Ongepubl. NIOZ-gegevens).

Totaal aantal waarnemingen 1986-1990	*Reden van voorkomen in kustzone*
⩾20.000	
Haring (*Clupea harengus*)	O*
Sprot (*Sprattus sprattus*)	N
⩾1.000	
Geep (*Belone belone*)	O
Fint (*Alosa fallax*)	O
Wijting (*Merlangius merlangus*)	N
Diklipharder (*Crenimugil labrosus*)	S_z
⩾100	
Horsmakreel (*Trachurus trachurus*)	N
Goudharder (*Liza aurata*)	S_z
Kabeljauw (*Gadus morhua*)	O*
Pollak (*Pollachius pollachius*)	O
3-d-Stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)	S_w
Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*)	S_z
Spiering (*Osmerus eperlanus*)	S_w
Dwergbolk (*Trisopterus minutus*)	N
Steenbolk (*Trisopterus luscus*)	O
Zeeforel (*Salmo trutta*)	O
Koornaarvis (*Antherina prespyter*)	O
Snotolf (*Cyclopterus lumpus*)	O
Makreel (*Scomber scombrus*)	N
⩾10	
Dunlipharder (*Liza ramada*)	S_z
Ansjovis (*Engraulis engrasicolus*)	O
Koolvis (*Pollachius virens*)	O
<10	
Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*)	
Zeeprik (*Petromyzon marinus*)	
Zeestekelbaars (*Spinachia spinachia*)	O
Sardien (*Sardina pilchardus*)	N

TABEL 6.2

Benthische vissoorten gevangen in de NIOZ-fuiken aan de zuidpunt van Texel in de periode april t/m november 1986-1990. De soorten zijn gerangschikt naar afnemend aantal gevangen exemplaren. In de laatste kolom worden vermeld de maximaal gevangen aantallen in de kustzone bij Vlieland en Terschelling tijdens de 'Aurelia'-surveys in de periode 1972-1981.
N=in de Noordzee voorkomend
O=opgroeigebieden ook in kustzone
O*=opgroeigebieden uitsluitend in kustzone
S_z=seizoensgast in zomer
S_w=seizoensgast in winter
P=paaigebieden in kustzone
(Ongepubl. NIOZ-gegevens; WITTE e.a., 1991).

Totaal aantal waarnemingen 1986-1990	*Reden van voorkomen in kustzone*	*Aantal gevangen (n per 10.000 m²) 1972-1981 0 tot maximaal...*
⩾20.000		
Schol (*Pleuronectes platessa*)	O*	100-1000
Bot (*Platichthys flesus*)	O	1-100
⩾1.000		
Schar (*Limanda limanda*)	O*	10-1000
5-dradige meun (*Ciliata mustela*)	O	1-100
Zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*)	O	1-5
⩾100		
Tong (*Solea solea*)	O* P	6-100
Paling (*Anguilla anguilla*)	N	1-5
Puitaal (*Zoarces viviparus*)	O	6-25
Tarbot (*Psetta maxima*)	O*	1-5
Grote zeenaald (*Syngnathus acus*)	O	1-25
Dikkopje (*Pomatoschistus minutus*)	O	100-1000
⩾10		
Griet (*Scophthalmus rhombus*)	O*	6-25
Rode poon (*Trigla lucerna*)	N	1-5
Zandspiering (*Ammodytes tobianus*)	N	10-100
Harnasmannetje (*Agonus cataphractus*)	O	6-25
Smelt (*Hyperoplus lanceolatus*)	N	6-100
Pitvis (*Callionymus lyra*)	N	10-1000
Botervis (*Pholis gunnellus*)	O	1-5
<10		
Slakdolf (*Liparis liparis*)	O	1-5
Groene zeedonderpad (*Taurulus bubalis*)	N	
Grauwe poon (*Eutrigla gurnardus*)	N	1-100
Kleine pieterman (*Trachinus vipera*)	N	1-100
Glasgrondel (*Aphia minuta*)	O	
Schurftvis (*Arnoglossus laterna*)	N	1-5
Tongschar (*Microstomus kitt*)	N	
Kleine zeenaald (*Syngnatus rostellatus*)	O	1-100
Dwergtong (*Buglossidium luteum*)	N	10-1000

7. ZEEVOGELS

Het kustgebied ten noorden van de waddeneilanden is één van de rijkste zeevogel-gebieden van Nederland, gedurende het gehele jaar. Op zowel Vlieland als Terschelling zijn grote meeuwenkolonies, terwijl op de aangrenzende eilanden Texel en Griend bovendien grote sternkolonies liggen. De sterns trekken in het najaar uit het gebied weg, evenals de Kleine Mantelmeeuwen, maar Zilvermeeuwen zijn het hele jaar in hoge dichtheden aanwezig. In de winter komen hier nog andere meeuwesoorten bij. De kustzone is voor deze vogels attractief vanwege een groot voedselaanbod, onder andere door de kustvisserij, door de nabije aanwezigheid van de Waddenzee als alternatief foerageergebied, en door goede mogelijkheden om ongestoord te rusten aan land.

In de trektijd (herfst en voorjaar) vliegen honderdduizenden zeevogels door het gebied, op weg naar de winterkwartieren respectievelijk broedgebieden. De kustlijn fungeert als een soort geleidebaan, die de vogels concentreert. Ook op zee foeragerende vogels, die niet aan het trekken zijn worden soms massaal langs de kust gestuwd, wanneer ze door harde wind op zee verdriften. Bij het land gekomen compenseren ze de drift door parallel aan de kust tegen de wind in te gaan vliegen. De Noordse Stormvogel (*Fulmarus glacialis*) is hiervan een voorbeeld. Deze soort komt nauwelijks ten zuiden van de Noordzee voor, maar wordt soms in een stroom van ruim tienduizend exemplaren 'trekkend' langs de kust waargenomen. De trek van de zeevogels door het gebied is uitgebreid beschreven door CAMPHUYSEN & VAN DIJK (1983). Veel van de langsvliegende vogels zijn echte trekkers, die het gebied verder niet gebruiken om bijvoorbeeld te foerageren. Veel zeevogels trekken echter, vooral gedurende het begin van de herfsttrek weinig gericht, en blijven kortere of langere tijd hangen in een gebied waar tijdelijk veel voedsel te vinden is. In de kustzone, met zijn grote verscheidenheid aan voedselbronnen, ontstaan hierdoor vaak concentraties zeevogels in de nazomer en herfst. Een goed voorbeeld hiervan is de Jan van Gent, die in sommige jaren in de herfst met honderden tot enkele duizenden langs de kust, en met name in de zeegaten foerageert (LEOPOLD & PLATTEEUW, 1987).

Het kustgebied is ook van groot belang voor in Nederland overwinterende soorten. Vooral zeevogelsoorten, die aan ondiep water gebonden zijn, zoals Duikers, Futen en Zeeëenden, komen in internationaal belangrijke concentraties binnen dit gebied voor. Ook zeevogels die meestal op dieper water foerageren, zoals Zeekoeten en Alken, zijn in najaar en winter geconcentreerd in de kustzone, vermoedelijk omdat de hoeveelheid kleine vissen hier dan groot is. In onderstaande soortsbesprekingen wordt nader ingegaan op het voorkomen van de belangrijkste zeevogels in het gebied. Soorten van de Waddenzee worden alleen besproken, wanneer er ten minste enige honderden exemplaren ook voedsel zoeken op de aangrenzende Noordzee. De meeste van de besproken soorten zijn het hele jaar in Nederland aan te treffen (SOVON, 1987), al komen ze in een bepaald seizoen in de grootste aantallen voor. Er is een indeling aangehouden van drie hoofdgroepen: broedvogels (die al dan niet wegtrekken na het broedseizoen); soorten die na het broedseizoen het besproken gebied korte tijd bezoeken om er te foerageren; en wintergasten. Soorten die alleen doortrekken, zonder het gebied te benutten om voedsel te zoeken blijven buiten beschouwing. Voor dit rapport zijn de NIOZ scheepstellingen uit de periode mei 1987 tot augustus 1991 geanalyseerd.

BROEDVOGELS

Kleine Mantelmeeuw (*Larus fuscus*)

De grootste kolonie van de Kleine Mantelmeeuw in Nederland ligt op de Boschplaat van Terschelling. Deze soort broedt pas sinds 1926 in ons land. De vestiging vond op Terschelling plaats, en de aantallen zijn gestaag toegenomen tot een kleine 20.000 paar in het begin van de 80-jaren. De stand is sindsdien niet verder toegenomen, en de laatste jaren is er zelfs weer sprake van een afname tot 10.000-15.000 paar (SPAANS & NOORDHUIS, 1989 en Spaans, RIN, pers. med.). Dit wijst erop dat het plafond in de aantallen is bereikt. Op Vlieland en op de andere waddeneilanden broeden slechts enkele honderden Kleine Mantelmeeuwen. De gehele Europese populatie wordt geschat op ±200.000 paar (LLOYD e.a., 1991), dus de Terschellinger kolonie maakt hier 5 tot 10% van uit.

De soort lijkt sterk op zijn naaste verwant, de Zilvermeeuw, maar vertoont twee belangrijke verschillen: de Kleine Mantelmeeuw trekt in tegenstelling tot de Zilvermeeuw in het najaar weg uit het gebied (op een klein aantal overwinteraars na), en foerageert veel meer op de Noordzee dan de Zilvermeeuw, die meer op het wad en op het land voedsel zoekt. Het dieet van de Kleine Mantelmeeuwen op Terschelling bestaat dan ook voor een belangrijk deel uit zeevis, die deels zelf wordt gevangen, en deels afkomstig is van de visserij (SPAANS & NOORDHUIS, 1989).

Kleine Mantelmeeuwen arriveren in maart in Nederland. In april is er, ook verder op zee, nog veel doortrek, maar in de broedtijd (mei-juni) verblijven de meeste vogels dichter bij de kolonie (Fig. 7.1). Naar de zeezijde is het Friese Front in de broedtijd ongeveer de grens van de verspreiding van de vogels (LEOPOLD, 1991a en b), en langs de kust foerageren de vogels tot ongeveer de Vliehors (pers. med. Spaans). Vanaf juli hebben de vogels meer mogelijk-

heden om verder de zee op te gaan, maar door het uitvliegen van de jonge vogels nemen de dichtheden rond Terschelling niet snel af. De dichtheden in de kuststrook blijven hoog tot in september, wanneer de wegtrek plaatsvindt (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983).

Zilvermeeuw (*Larus argentatus*)

Zilvermeeuwen broeden in grote kolonies, van duizenden paren groot, op alle Nederlandse waddeneilanden. De grootste kolonies van Nederland liggen op Vlieland en Terschelling. Beide waren in 1991 10.000-15.000 paren groot (pers. med. Spaans). De aantallen Zilvermeeuwen nemen de laatste jaren evenals de aantallen Kleine Mantelmeeuwen af in Nederland. In het midden van de jaren 80 was de stand op Terschelling het hoogst: ruim 20.000 paar. Dit leek het maximum dat de kolonie kon herbergen, en het broedsucces was door onderlinge concurrentie in die jaren veel lager dan toen de stand nog niet zo hoog was (DE WIT & SPAANS, 1984). De meeuwen beconcurreren elkaar om voedsel, en vliegen grote afstanden om dit voedsel te vinden. Proeven van Spaans op Terschelling wezen uit, dat de Zilvermeeuwen tot in het vaste land van Friesland vliegen om de vuilnisbelten en de zoete wateren te bezoeken. Op de Noordzee hebben de Zilvermeeuwen last van de in de lucht meer wendbare Kleine Mantelmeeuwen, die hen achter viskotters veelal de baas zijn. Op Vlieland en Terschelling bestaat het dieet van de Zilvermeeuwen in de broedtijd dan ook slechts voor een gering deel uit zeevis, terwijl op Schiermonnikoog en Texel, buiten het bereik van de Terschellinger Kleine Mantelmeeuwen, het voedsel veel meer zeevis bevat (SPAANS & NOORDHUIS, 1989).

Zilvermeeuwen zijn het hele jaar door zeer algemeen in de kustwateren ten noorden van de waddeneilanden. Alleen in de maanden augustus tot oktober gaan Zilvermeeuwen nauwelijks de Noordzee op (Fig. 7.2). Vermoedelijk vliegen de vogels in deze periode, wanneer ze hun slagpenrui doormaken, niet goed genoeg om op zee voedsel te kunnen vinden, en zeker niet in een gebied met veel Kleine Mantelmeeuwen. Op het strand (althans de gedeelten zonder veel badgasten) kunnen dan wel grote aantallen verblijven, evenals op de strekdammen en op zee binnen enkele honderden meters uit de kust. Vissersschepen trekken de vogels sterk aan, zodat de visserij-aktiviteit de verspreiding sterk beïnvloedt.

Sterns: Grote Stern (*Sterna sandvicensis*), Noordse Stern (*S. paradisaea*) en Visdief (*S. hirundo*)

Alle sternesoorten zijn in Nederland zomergasten, die tot ver ten zuiden van de evenaar overwinteren. Van april tot in november zijn de vogels in de Nederlandse kustwateren te vinden. In Nederland broeden ze vooral rond de Waddenzee en in de Zeeuwse Delta, maar met name de Grote Stern foerageert ook op de Noordzee. Alleen de Visdief heeft ook grote kolonies in het binnenland (SOVON, 1987). De Grote Stern is de meest talrijke soort in het gebied rond Vlieland en Terschelling. De grootste kolonie van alle drie de soorten in dit gebied ligt op het eiland Griend, waar in 1991 7000 paar Grote Sterns, 1900 paar Visdieven, en 410 paar Noordse Sterns broedden (pers. med. Spaans). Op Vlieland en Terschelling broeden slechts enkele tientallen paren Noordse Sterns en Visdieven. Op de Schorren van Texel bevindt zich ook een kolonie Grote Sterns. Deze kolonie is niet ieder jaar in gebruik, maar de laatste jaren hebben er enkele honderden paren gebroed (750 paar in 1991; pers. med. A.J. Dijksen, SBB). De broedvogels van Texel foerageren vooral in het zeegat van Texel-Vlieland, en in de kuststrook van deze beide eilanden. Sterns foerageren door van meters hoog in het water te plonzen, en vangen zo kleine visjes. Ze volgen in gebieden waar veel grote meeuwen voorkomen, geen viskotters, en zijn dus geheel op zichzelf, en de beschikbaarheid van kleine vis in de bovenste waterlaag aangewezen.

In de jaren 60 stierf de Grote Stern in Nederland vrijwel uit, door lozingen van pesticiden. Onder andere naar aanleiding van de sterfte onder de sterns werden de lozingen gestaakt, en nam de Grote Stern in Nederland weer langzaam in aantal toe, tot het huidige aantal van 11.000-12.000 paar (gegevens SOVON). Het herstel is vermoedelijk deels toe te schrijven aan immigratie: Grote Sterns wisselen makkelijk van kolonie, en nieuwe vestigingen in gedecimeerde kolonies worden hierdoor vergemakkelijkt. Ondanks de gestage groei gedurende de laatste twee decennia is de stand in Nederland, ook door het verloren gaan van broedgebieden, nog maar op ongeveer de helft van de stand van voor 1960 (VEEN & FABER, 1989). Sinds de sterfte in de 60er jaren is de Grote Stern strikt beschermd, en wordt bijvoorbeeld aan het behoud en de bewaking van Griend veel geld besteed. De Grote Stern is kwetsbaar door zijn broedplaatskeuze (verlaten zandplaten en andere rustige plekken aan de kust, die bij stormvloeden onderlopen, bij harde wind onderstuiven, en waar natuurlijke predatoren van eieren en jongen soms veel slachtoffers maken), door zijn gedrag (de kolonies worden bij verstoring makkelijk verlaten), door zijn voedselkeuze (vette vis, met in het algemeen een hoog PCB-gehalte) en door zijn foerageermethode (het benutten van alleen de bovenste decimeters van de waterkolom). Bij harde wind wordt het doorzicht van het water minder en komen vissen minder aan de oppervlakte. Een stormperiode in de zomer kan zo een broedseizoen grotendeels laten mislukken (OSIECK, 1986; VEEN & FABER, 1989). De Visdief en

Noordse Stern kampen met dezelfde problemen, al kan de Visdief wellicht uitwijken naar zoet water, iets dat de andere soorten zelden doen, en eet de Noordse Stern behalve vis ook veel garnalen en krabben, die op het wad worden gevangen (VEEN & FABER, 1989). De verspreiding van de drie soorten in de kustwateren van de Noordzee is vrijwel het zelfde: ze zijn zeer kustgebonden (Fig. 7.3). Alleen trekkende Noordse Sterns worden ook midden op de Noordzee in noemenswaardige aantallen gezien (*cf.* CAMPHUYSEN, 1991). Op Griend worden vooral zandspieringen en haringachtigen als voedsel aangevoerd. Deze vissen moeten dus in de kustzone talrijk zijn.

Eidereend (*Somateria mollissima*)

De Eidereend is een noordelijke soort, die in Nederland de zuidgrens van zijn broedareaal bereikt. De belangrijkste kolonies liggen op Vlieland en Terschelling. Op beide eilanden broeden ongeveer 1000 paar. In de winter krijgen de vogels gezelschap van soortgenoten uit noordelijker streken: de winterpopulatie in de Waddenzee bedraagt 200.000-300.000 vogels (SWENNEN, 1991). Een relatief gering deel van deze vogels benut ook de kustzone van de aangrenzende Noordzee om te foerageren en te rusten. In het algemeen zijn dit voor de kust van Vlieland en Terschelling enkele honderden vogels, maar de laatste jaren is dit aantal fors toegenomen door de sterke overbevissing door de mens op de mossel- en kokkelpopulaties in de Waddenzee, het stapelvoedsel van deze eenden. Op de Noordzee vormde de Halfgeknotte Strandschelp een alternatief voor de Eidereenden. Deze schelpensoort is veel kleiner en daardoor minder lonend voor de Eidereenden, maar bij gebrek aan beter verbleven in de winter van 1990/1991 enkele duizenden Eiders op de Noordzee, voor de kust van de waddeneilanden (OFFRINGA, 1991; SWENNEN, 1991; zie Fig. 7.4).

SOORTEN DIE IN DE NAZOMER EN DE HERFST KOMEN FOERAGEREN

Jan van Gent (*Sula bassana*)

Jan van Genten zijn in Nederland doortrekkers, die vooral tussen half augustus en half december in onze kustwateren voorkomt. Tijdens de voorjaarstrek verschijnen veel minder exemplaren op onze kusten (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983). De vogels hebben na het broedseizoen meer tijd om rond te zwerven dan in de lente, wanneer het zaak is zo snel mogelijk de broedplaatsen te bereiken. Wanneer de omstandigheden voor Jan van Genten gunstig zijn in een bepaald gebied in de herfst, kunnen duizenden vogels er gebruik van maken. In het algemeen betekent dit, dat er veel pelagische vis moet zijn, die bovendien makkelijk te vangen moet zijn. Jan van Genten duiken van grote hoogte in het water, wanneer ze een vis zien zwemmen. Voor de Nederlandse kustwateren betekent dit dat een herfst met weinig wind gunstige voorwaarden schept, want dan is het wateroppervlak vlak, en het water helder door bezinking van slibdeeltjes, waardoor de vissen goed zichtbaar zijn. Een combinatie van rustig najaarsweer en een hoge stand van jonge haring trad hier op in de jaren 1979, 1985 en 1986. Deze jaren werden alle gekenmerkt door grote aantallen Jan van Genten, die voor de kust heen en weer vlogen en in soms grote groepen foerageerden. De groepen duikende Jan van Genten werden waargenomen van Texel tot Ameland, in de kustzone van de Noordzee en in de zeegaten. De grootste groep werd op 21 oktober 1986 gezien in het zeegat tussen Texel en Vlieland: hier foerageerden toen meer dan 1000 Jan van Genten (LEOPOLD & PLATTEEUW, 1987). In jaren met een stormachtige herfst komen veel minder Jan van Genten in onze wateren, ook al is de haringstand hoog. De laatste jaren neemt de haringstand in de Noordzee in het algemeen, en ook in onze kustwateren, toe, dus de kans dat Jan van Genten hier in de herfst massaal verschijnen is groter dan in de jaren 70, toen de haringstand laag was.

Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*)

De Aalscholver broedt in kolonies in het binnenland, en is het hele jaar door in de Waddenzee en IJsselmeer te vinden. De Nederlandse populatie is de laatste decennia door een goede bescherming sterk toegenomen, en bedraagt nu ongeveer 15.000 paar (LLOYD e.a., 1991). Zowel eigen broedvogels als vogels uit naburige landen gebruiken de Waddenzee en het IJsselmeer om voedsel te zoeken, vooral na het broedseizoen. In de maand augustus wordt het hoogste aantal bereikt, en zijn er zo'n 50.000 vogels in Nederland (SOVON, 1987). Het eiland Griend is een van de belangrijkste slaapplaatsen in het hier besproken gebied. Er verblijven in de (na)zomer ongeveer duizend vogels. Ook rusten vele honderden Aalscholvers op de staken, die de mosselpercelen in de Waddenzee markeren. In de zomer van 1991 werd geconstateerd, dat Aalscholvers van de Waddenzee over Vlieland en Terschelling heen vlogen, en tot ongeveer 2 kilometer uit de kust van deze eilanden gingen foerageren. Het ging hierbij om enkele honderden vogels. Aalscholvers produceren dagelijks een braakbal, die onverteerbare resten bevat van de gegeten prooien. Op Griend werden 100 van deze braakballen verzameld. Een voorlopige analyse van dit materiaal leert, dat de vogels vooral platvissen aten, aangevuld met haringachtigen, grondels en een enkele kabeljauwachtige (Leopold, ongepubl.).

Jagers: Grote (*Catharacta skua*), Middelste (*Stercorarius pomarinus*), en Kleine Jager (*S. parasiticus*)

Grote en Kleine Jagers worden jaarlijks in het najaar langs onze kusten waargenomen (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983). Honderden vogels trekken jaarlijks langs, en regelmatig wordt gezien, dat de trekkende vogels onderweg foerageren door de aanwezige meeuwen en sterns van voedsel te beroven. De aanwezigheid van grote aantallen van de meeuwen en sterns in de kuststrook zou deels de aanwezigheid van de jagers kunnen verklaren. De Middelste Jager was altijd een veel zeldzamere gast, maar deze soort wordt de laatste jaren, na de invasie van november 1985 (CAMPHUYSEN & VAN IJZENDOORN, 1988a, 1988b) vaker waargenomen.

WINTERGASTEN

De wintergasten vallen uiteen in drie ecologisch verschillende groepen. De meeuwen benutten een reeks van verschillende voedselbronnen, waaronder afval van de visserij, en komen regelmatig aan land om te rusten. Ze zijn veel in de lucht en daardoor relatief ongevoelig voor verontreinigingen van het wateroppervlakte, en zijn bovendien weinig gevoelig voor verstoring, omdat ze zich vliegend, tegen lage energetische kosten, kunnen terugtrekken van een verstoringsbron. Zeeëenden leven in grote groepen bij elkaar, en zijn zeer gevoelig voor verstoring en verontreiniging. Ze leven van schelpdieren die in banken voorkomen, en zijn dus gebonden aan de plaatsen waar de rijke banken liggen. Duikers, Futen en alkachtigen tenslotte, leven verspreid in de kustzone, zijn middelmatig gevoelig voor verstoring, en ook zeer gevoelig voor verontreiniging. Ze eten vis, die ze onder water duikend vangen. Ze maken nooit gebruik van afval van de visserij.

Meeuwen: Dwergmeeuw (*Larus minutus*); Stormmeeuw (*L. canus*); Grote Mantelmeeuw (*L. marinus*) en Drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*)

De Dwergmeeuw is de kleinste, en minst talrijke van de hier besproken soorten meeuwen. Dwergmeeuwen zijn in Nederland vooral een doortrekker in april/mei en oktober/november (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983), maar enige duizenden exemplaren overwinteren. De grootste groep overwinteraars bevindt zich op het IJsselmeer (SWENNEN, 1970; DUBBELDAM & ZIJLSTRA, 1978). Op de Waddenzee ontbreekt de soort vrijwel (SWENNEN, 1985), maar bij tellingen op de Noordzee werden in de kuststrook langs de waddeneilanden in de winter wel Dwergmeeuwen aangetroffen. Ze bevonden zich vooral bij de zeegaten, bij stroomnaden in het water. De dichtheden waren over het algemeen lager dan 1 per km^2.

Stormmeeuwen broeden op zowel Vlieland als Terschelling (SPAANS & SWENNEN, 1968; ZWART, 1985), maar komen in de zomermaanden niet of nauwelijks voor op de Noordzee bij Vlieland en Terschelling. Stormmeeuwen foerageren in de eerste helft van het broedseizoen vooral op grasland, en komen pas later in de zomer, wanneer het land steeds verder uitdroogt, op zee om te vissen (SOVON, 1987). De kolonies van Vlieland en Terschelling zijn niet groot genoeg om voor een hoge dichtheid van Stormmeeuwen op de Noordzee te zorgen. Ook foerageren veel Stormmeeuwen van de eilanden op de Waddenzee. In het winterhalfjaar echter, verblijven er veel Stormmeeuwen in de Duitse Bocht, afkomstig uit ons eigen land, maar vooral ook uit Fenno-Scandinavië en NW-Rusland (SOVON, 1987; KOOPMAN, 1990). De Duitse Bocht is het centrum van het overwinteringsgebied van deze soort, en als zodanig zeer belangrijk voor de Stormmeeuw. Van november tot maart zijn de dichtheden hoog in de kustzone van de waddeneilanden. In de winter verblijven enige duizenden Stormmeeuwen in de kustzone van Vlieland en Terschelling. De meeste vogels houden zich binnen de 20 meterlijn; op verder naar zee worden de dichtheden lager.

De Grote Mantelmeeuw is de meest uitgesproken wintergast van de soorten, die in Nederland voorkomen. Alleen een gering aantal jonge vogels overzomert in ons land. In september arriveren de overwinteraars, die tot begin maart blijven. Grote Mantelmeeuwen broeden ten noorden van ons land, vooral in Schotland, Scandinavië en rond de Oostzee, en zijn in ons land opvallend winterhard: terwijl veel soorten bij koudegolven heen en weer trekken langs de Nederlandse kust, blijven de aantallen Grote Mantelmeeuwen steeds constant (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983). In Nederland zijn 's winters zo'n 10.000 vogels aan land te vinden, op rustplaatsen langs de hele kust (SOVON, 1987). Ook op zee is de soort wijd verspreid, zonder opvallende concentraties. In het zeegebied ten zuiden van het Friese Front is de dichtheid in de winter ongeveer 0.5 per km^2 (LEOPOLD, 1991a, 1991b). In de kustzone bij de waddeneilanden is de dichtheid iets hoger, met zoals bij alle grote meeuwesoorten, tijdelijke concentraties bij vissersschepen. Bij Texel en Vlieland waren Grote Mantelmeeuwen de laatste jaren iets talrijker dan bij Terschelling (Fig. 7.5). In de noordelijke Noordzee zijn Noordse Stormvogels zeer talrijk, en door hun agressieve gedrag de dominante soort bij vissersschepen. In het troebele kustwater van de zuidelijke Noordzee dringt deze soort echter nauwelijks door, en is de Grote Mantelmeeuw door zijn grootte en kracht de dominante soort.

De Drieteenmeeuw broedt in kolonies op steile rots-

kusten, en prefereert helder water om te foerageren, en ontbreekt dus in Nederland als broedvogel. In de winter zijn ze overal in de zuidelijke Noordzee te vinden, maar meestal mijden ze de Nederlandse kustzone. Ze doen dit echter minder strikt dan de Noordse Stormvogel, en in de herfst en winter kunnen, vooral bij harde westen en noordwesten winden, grote aantallen in de kustwateren terecht komen (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983; SOVON, 1987). Door stormen verdrift, 'trekken' op sommige dagen tienduizenden vogels langs onze kust. Veel individuen sterven jaarlijks door uitputting en door contact met olie, en spoelen op onze stranden aan (CAMPHUYSEN, 1989).

Tijdens redelijk weer, wanneer scheepstellingen mogelijk zijn, is de dichtheid in de kustzone bij Vlieland en Terschelling ongeveer 1 Drieteenmeeuw per km^2. In de maand november waren dichtheden hier het hoogst: tussen de 1 en 5 vogels per km^2. Dit komt overeen met zeetrektellingen, die vanaf land werden gedaan in de jaren 1974-1979 (CAMPHUYSEN & VAN DIJK, 1983), dus het presentie-patroon is in grote lijnen het zelfde gebleven in de afgelopen 15 jaar.

Zeeëenden: Zwarte Zeeëend (*Melanitta nigra*), Grote Zeeëend (*M. fusca*) en Toppereend (*Aythya marila*)

Van de eendesoorten, die op zout water overwinteren, kunnen behalve de Eidereend drie kleinere soorten in grote groepen voorkomen in de kuststrook bij Vlieland en Terschelling. De grote groepen (variërend van honderden tot tienduizenden eenden) zitten altijd binnen de 20 meter lijn, en meestal rond de 10 meter lijn. De eenden komen ook dichter bij de kust voor, tot vlak onder het strand.

Het voorkomen van de Zwarte en Grote Zeeëend wordt vermoedelijk vooral bepaald door de aanwezigheid van rijke voedselbronnen. Met name de aanwezigheid van rijke schelpenbanken kan tienduizenden eenden aantrekken. De Halfgeknotte Strandschelp (*Spisula subtruncata*) lijkt hierbij de belangrijkste soort. Banken van dit schelpdier ontstaan jaarlijks door de broedval, en de plaatsen waar de meeste schelpen in een bepaald jaar zullen zitten zijn niet voorspelbaar. Het voorkomen van de zeeëenden in Nederland varieert dan ook: in de laatste 10 jaar zat de grootste concentratie (enkele tienduizenden vogels) van de belangrijkste soort, de Zwarte Zeeëend, afwisselend in de Voordelta, bij Noordwijk, en bij de waddeneilanden (OFFRINGA, 1991). In de 60er jaren zaten er ook zo'n 40.000 vogels in de westelijke Waddenzee (SOVON, 1987). Door Offringa (NIOZ) cs. is er in de winter van 1990/1991 een speciale zeeëenden-survey gedaan langs de Nederlandse kust. In deze winter zat de hoofdmacht van de zeeëenden eerst bij Schiermonnikoog (ongeveer 100.000 vogels in januari). Na een vorstperiode in februari verdween ongeveer de helft van de vogels, en de andere helft verhuisde naar Terschelling (Fig. 7.6). De vogels bleven hier zeker tot in augustus, en hebben dus in het gebied geruid. Na augustus zijn er geen waarnemingen meer gedaan. Zowel bij Schiermonnikoog als bij Terschelling zat er een groot aantal *Spisula*'s in de bodem (500-6000 schelpen per vierkante meter, zie ook Fig. 5.8). Tussen de Zwarte Zeeëenden zaten ook Grote Zeeëenden: het hoogste aantal werd in april vastgesteld, toen bij Terschelling ruim 1000 Grote Zeeëenden werden geteld.

De Toppereend wordt op de Noordzee gewoonlijk vooral tijdens vorstperioden aangetroffen, wanneer deze soort zijn voorkeursgebied bij de Afsluitdijk (SWENNEN, 1985) moet verlaten. De Toppereend lijkt wat dit betreft op de Fuut, en heeft eveneens sterk te lijden van strenge vorst (LEOPOLD e.a., 1987). Bij vorst kunnen groepen van enkele duizenden vogels voor de Noordzeekust verschijnen (*cf.* SPAANS & SWENNEN, 1968).

Omdat de zeeëenden in dichte groepen voorkomen, zijn de concentraties bijzonder kwetsbaar voor olieverontreiniging. Een enkele olievlek kan, wanneer een groep eenden erdoor getroffen wordt, tienduizenden slachtoffers maken (CAMPHUYSEN e.a., 1988; SWENNEN, 1991). Hierbij moet men bedenken, dat de groep van 100.000 Zwarte Zeeëenden, die in januari bij Schiermonnikoog gevonden werd, 10% uitmaakte van de totale Europese populatie.

Roodkeelduiker (*Gavia stellata*) en Fuut (*Podiceps cristatus*)

Duikers en Futen zijn in de Noordzee voornamelijk wintergasten, die zich vlak onder de kust, binnen de 10 meter lijn, concentreren. Langs de Nederlandse kust worden de hoogste dichtheden aangetroffen in de Voordelta in Zeeland, en langs de waddeneilanden. Haring, Sprot, Zandspiering en Grondels vormen het hoofdvoedsel van de Fuut in dit gebied (Leopold & Camphuysen, ongepubl.). Van de Roodkeelduiker is dit nog niet bekend, maar het valt te verwachten, dat haringachtigen het stapelvoedsel zullen vormen. Futen overwinteren ook op binnenwateren, in Nederland met name op de Grevelingen en het IJsselmeer (SOVON, 1987); Roodkeelduikers doen dit vrijwel niet. Dichtvriezen van het IJsselmeer doet duizenden Futen naar zee uitwijken. De sterfte bij strenge vorst kan onder de Futen aanzienlijk zijn (CAMPHUYSEN & DERKS, 1989). Dode duikers worden 's winters nooit in grote aantallen op het strand gevonden (CAMPHUYSEN, 1989), en zijn dus blijkbaar weinig gevoelig voor strenge vorst. Duikers zijn echter wel gevoelig voor verstoring, en vliegen vaak honderden meters vóór een naderend schip op.

Op grond van scheepstellingen wordt geschat, dat

in de Nederlandse kustzone 3000-5000 Roodkeelduikers, enkele honderden Parelduikers (*G. arctica*) en enkele tientallen IJsduikers (*G. immer*) overwinteren. Het aantal Futen op zee hangt sterk van de weerssituatie af, maar ligt in het algemeen in dezelfde orde van grootte als bij de Roodkeelduiker (LEOPOLD, 1991b). De aantallen van deze twee soorten in de Nederlandse kuststrook zijn internationaal gezien belangrijk, want ze maken meer dan 1 procent uit van de totale Europese populatie.

Alkachtigen: Alk (*Alca torda*) en Zeekoet (*Uria aalge*)

Alken en Zeekoeten komen binnen een zeegebied in de regel vrij regelmatig verspreid voor, en behoren vaak tot de meer algemene soorten. Hierdoor zijn de aantallen olieslachtoffers die op de stranden aanspoelen, een goede maat voor de dichtheden op zee. Bij andere soorten, die sterk geclusterd leven, zoals zeeëenden, kunnen de groepen een hele winter lang door toeval gespaard worden van olieverontreiniging, en zijn de aantallen dode vogels op het strand niet altijd een goede maat voor het voorkomen op zee. Dit was bijvoorbeeld het geval bij de Zwarte Zeeëenden bij de waddeneilanden in 1990/1991. Hiervan spoelde slechts een enkeling aan, terwijl er toch maximaal 100.000 dicht onder de kust verbleven. Verspreid zwemmende soorten als Alken en Zeekoeten kennen echter in alle jaren slachtoffers, en de trend in aantallen kan zelfs gebruikt worden om de relatieve dichtheden op zee over een reeks van jaren te volgen (VAN FRANEKER & CAMPHUYSEN, 1991). Op grond van de aantallen getelde olieslachtoffers is duidelijk geworden, dat zowel de Alk als de Zeekoet in de jaren 60 en 70 in de Nederlandse wateren veel schaarser was dan in de jaren 80 (CAMPHUYSEN, 1989).

Ringvondsten laten zien, dat de Alken en Zeekoeten, die in de winter in de Nederlandse wateren voorkomen, vooral afkomstig zijn uit Engeland, Schotland, en Helgoland. Het is niet goed bekend in hoeverre vogels uit IJsland en de Faroer in de zuidelijke Noordzee overwinteren, door gebrek aan geringde vogels op deze eilanden, maar enkele ringvondsten tonen aan dat ook deze vogels bij ons voor kunnen komen. Binnen het Nederlands Continentaal Plat zijn drie verschillende gebieden aan te wijzen, waar zowel de Alk als de Zeekoet geconcentreerd voorkomt (LEOPOLD, 1991a, 1991b): het Friese Front, het gebied rond de Bruine Bank, en de kustzone, met name langs de waddeneilanden. Op het Friese Front arriveren de Zeekoeten al massaal in augustus, terwijl de Alken daar pas in oktober aankomen. Langs de kust arriveren beide soorten ongeveer gelijktijdig: in oktober. In november neemt de Zeekoet snel in aantal toe, tot een dichtheid van meer dan 10 vogels per km^2 bij Vlieland en Terschelling (Fig. 7.7). In december zijn er geen waarnemingen gedaan, en in januari is de dichtheid gedaald tot 1 tot 5 per km^2, en in februari tot rond de 1 per km^2. In maart dalen de aantallen snel verder, in april zijn er geen waarnemingen, en van mei tot augustus is de kuststrook weer verlaten. De eerste alken worden in de kustzone ook in oktober gezien, maar zijn dan zeer schaars. In november nemen de dichtheden toe tot ruim 1 per km^2. Dit blijft zo tot in februari, al liggen in deze laatste maand de aantallen nog iets hoger, rond de 5 per km^2. In maart zijn de aantallen, evenals bij de Zeekoet, gedaald tot onder de 1 per km^2, en vanaf april werd geen Alk meer gezien in de kustzone.

Alken vertonen in de winter een merkwaardig verspreidingspatroon in de kustzone bij Vlieland en Terschelling. Voor Vlieland en het zeegat tussen Vlieland en Terschelling waren ze steeds zeer talrijk, maar ze ontbraken voor het midden van Terschelling. Voor het zeegat tussen Terschelling en Ameland werden weer wel enkele Alken gezien (Fig. 7.8). Voor midden Terschelling werden alleen in de maand maart, tijdens de wegtrek van de vogels, enkele individuen gezien. Zeekoeten vertoonden dit patroon niet, en waren regelmatig verspreid langs de hele kuststrook van Vlieland en Terschelling. Zonder een gedetailleerde kennis van de verspreiding van kleine vissen in de kustzone kunnen dergelijke opvallende verschillen niet worden verklaard. Onderzoek aan magen van olieslachtoffers (Camphuysen & Leopold, ongepubl.) heeft laten zien, dat het dieet van beide soorten in de kuststrook verschilt. Zo eten Alken soms kleinere haringachtigen dan de Zeekoeten, en worden in magen van Alken vaak resten van Stekelbaarzen aangetroffen, maar bij de Zeekoet is dit zeldzaam. Nader onderzoek naar het voorkomen van kleine vissen, en de relatie hiervan met de vogelsoorten, die van de vissen afhankelijk zijn, is dus gewenst.

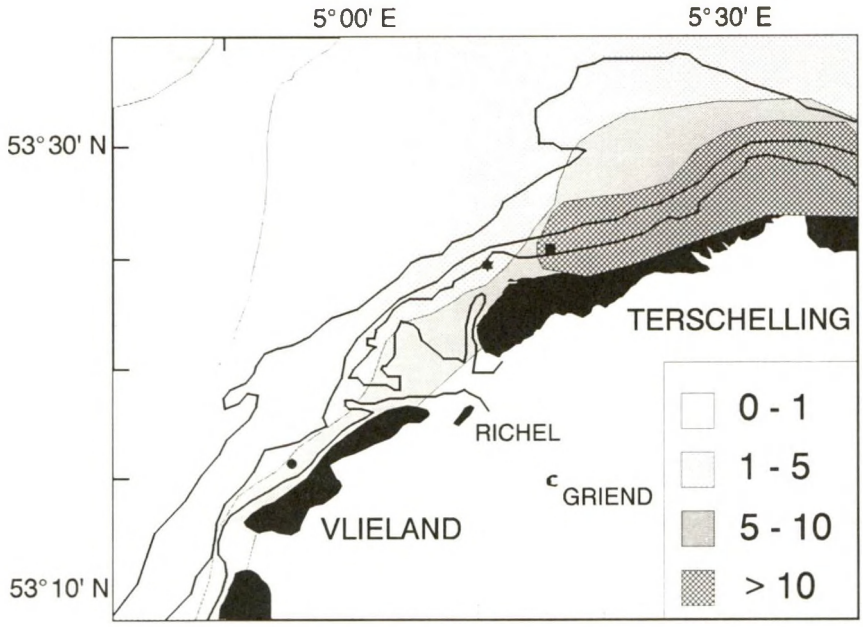


Fig. 7.1. De verspreiding van de Kleine Mantelmeeuw in de broedtijd (mei tot juli). De verschillende arceringen geven dichtheden weer, in gemiddeld aantal vogels per km^2.

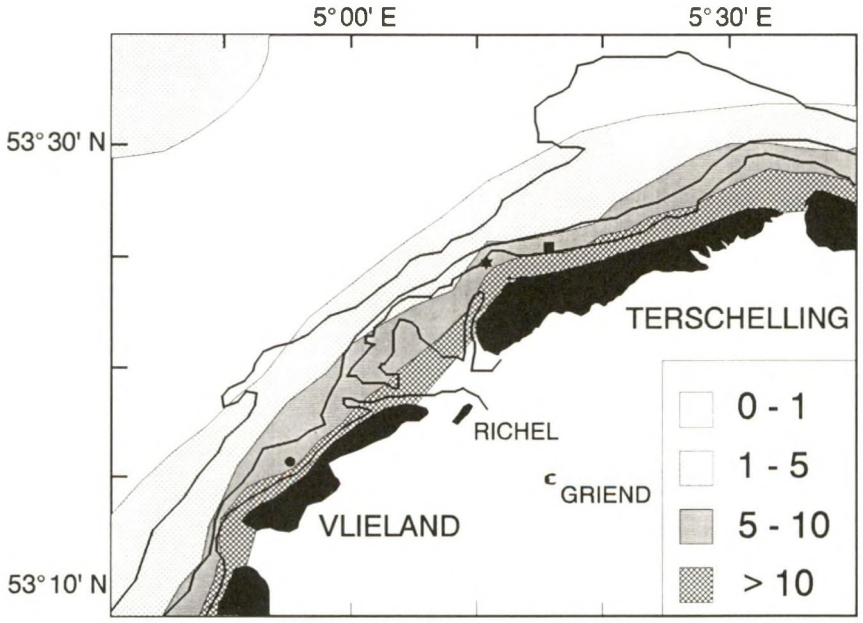


Fig. 7.2. De verspreiding van de Zilvermeeuw in de periode september tot juli. De verschillende arceringen geven dichtheden weer, in gemiddeld aantal vogels per km^2. In de periode augustus tot september gaan Zilvermeeuwen niet ver de zee op, en zijn alleen vlak onder de kust talrijk.

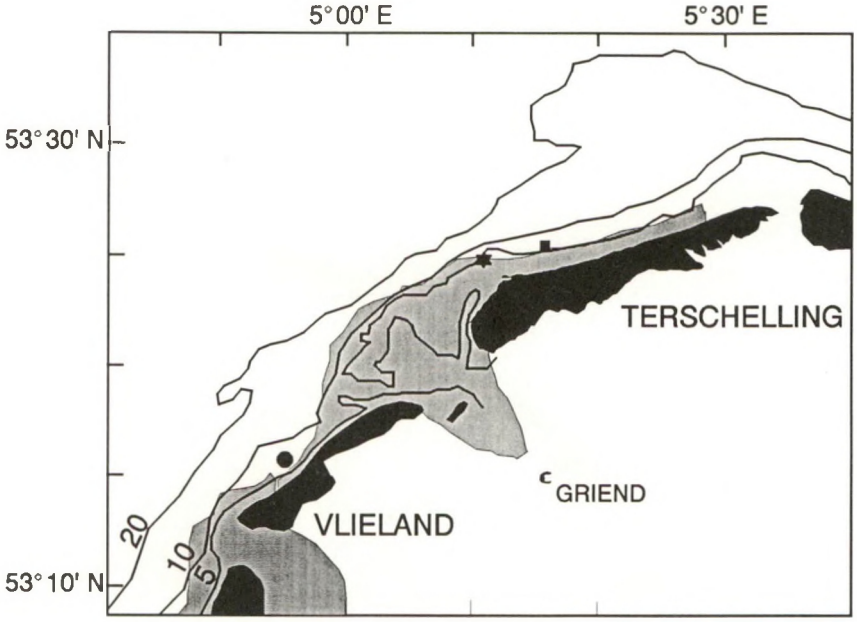


Fig. 7.3. De foerageergebieden van de Grote Sterns van Griend en Texel (gearceerd), naar VEEN (1977) en eigen scheepstellingen.

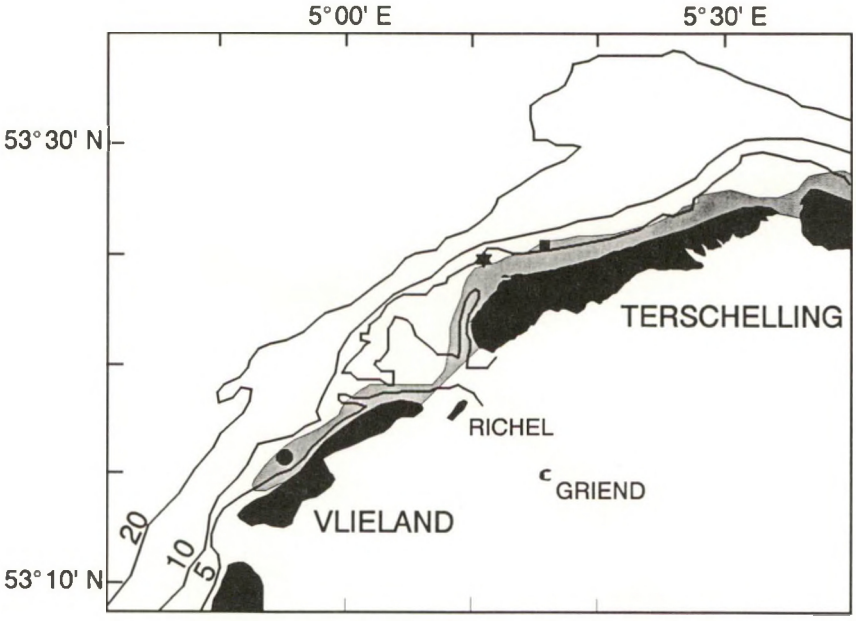


Fig. 7.4. De verspreiding van de Eidereend in de winter van 1990/1991 (gearceerd), naar OFFRINGA (1991) en SWENNEN (1991).

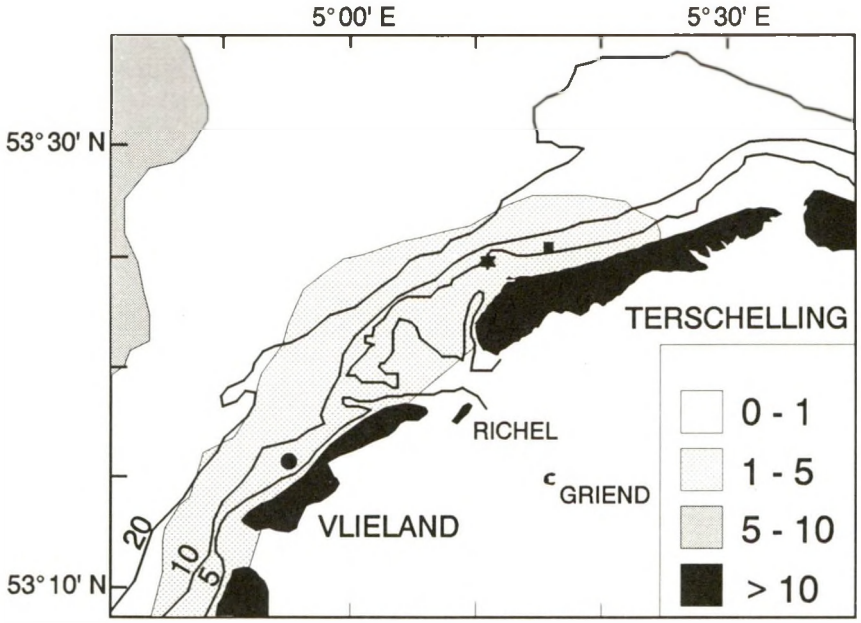


Fig. 7.5. De verspreiding van de Grote Mantelmeeuw in de winter (oktober tot maart). De verschillende arceringen geven dichtheden weer, in gemiddeld aantal vogels per km^2.

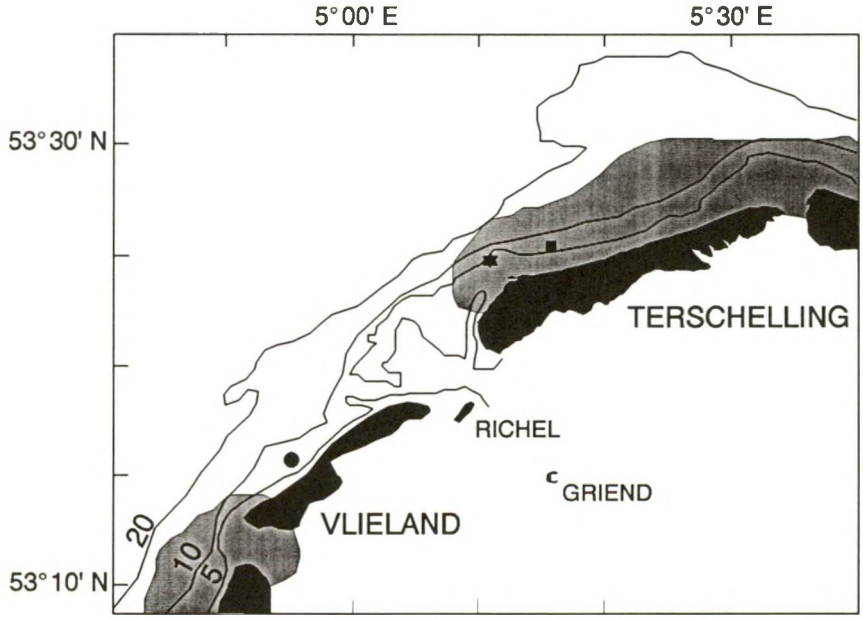


Fig. 7.6. De verspreiding van de Zwarte Zeeëend in de winter van 1990/1991 (gearceerd). Bij Texel zaten maximaal 8.000; bij Terschelling maximaal 46.000 vogels (naar OFFRINGA, 1991).

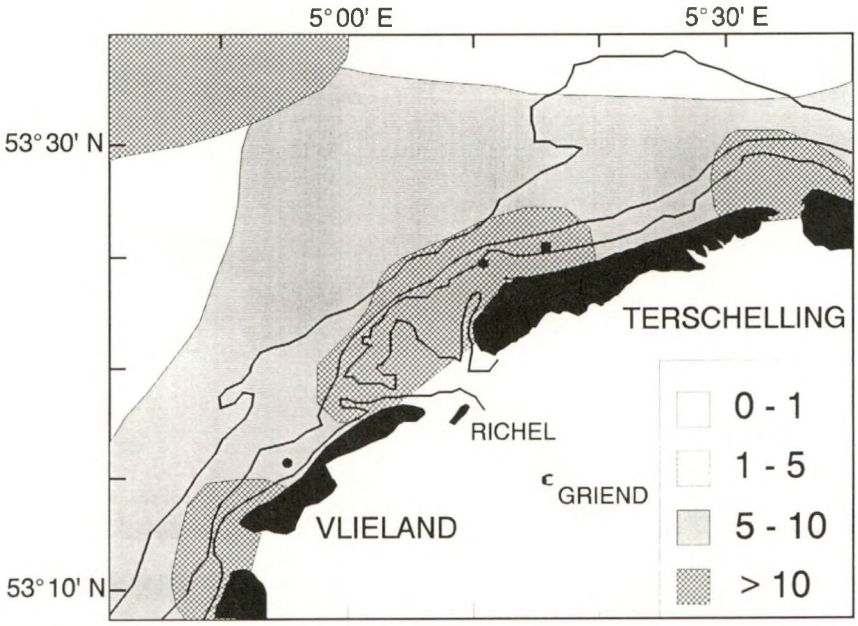


Fig. 7.7. De verspreiding van de Zeekoet in de maand november, wanneer de dichtheden in het gebied het hoogst zijn. De verschillende arceringen geven dichtheden weer, in gemiddeld aantal vogels per km^2.

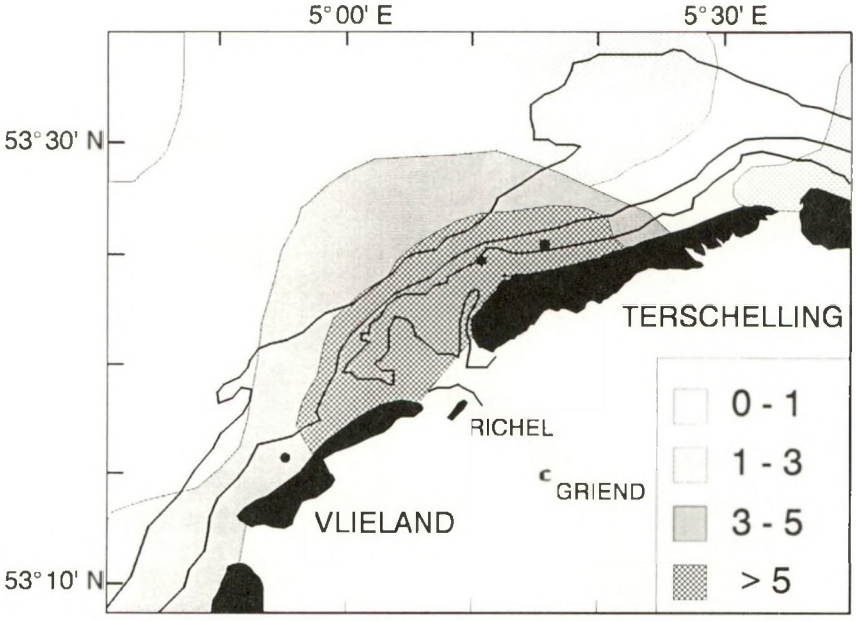


Fig. 7.8. De verspreiding van de Alk in de winter (november tot begin maart) De verschillende arceringen geven dichtheden weer, in gemiddeld aantal vogels per km^2.

8. ZEEZOOGDIEREN

ZEEHONDEN

Gewone Zeehond (*Phoca vitulina*) en Grijze Zeehond (*Halichoerus grypus*)

In het gebied ten noorden van de waddeneilanden komen twee soorten zeehonden voor. De Gewone Zeehond is van oudsher een bekende bewoner van de Waddenzee, terwijl de Grijze Zeehond een betrekkelijke nieuwkomer in het gebied is. Op de Gewone Zeehond werd vroeger veel gejaagd, vanwege schade die deze soort aan de visstand en vistuigen zou toebrengen. Nadat de soort beschermd werd in 1961/1962 namen de aantallen kortstondig toe, totdat vergiftigingen met bestrijdingsmiddelen en PCB's de voortplanting aantastten en de soort met name in de tweede helft van de 60er jaren weer in aantal achteruit ging. Hierna werd ook in Duitsland en Denemarken de jacht gesloten, en namen de aantallen in Nederland, door immigratie uit de buurlanden en door opvang van zwakke dieren in opvangcentra in Nederland, weer toe tot ruim 1000 in 1987. In 1988 sloeg de 'zeehondenziekte' toe, en in korte tijd stierven veel dieren. De stand herstelt zich nu van de epidemie, en in 1991 is de stand weer ongeveer terug op het niveau van 1983. De Grijze Zeehond heeft niet of nauwelijks geleden onder de ziekte, en de aantallen van deze soort zijn de laatste 10 jaar sterk toegenomen.

In Tabel 8.1 zijn de aantallen Gewone Zeehonden en het percentage jonge dieren voor de zeegaten van Texel tot Ameland, en voor de hele Nederlandse Waddenzee gegeven. De getallen berusten op vliegtuig-tellingen (RIN-Texel, pers. med. Reijnders), en zijn de maximale aantallen die geteld zin in de periode juli-augustus. De werkelijke aantallen liggen iets hoger, omdat niet alle zeehonden bij hoogwater gaan rusten op de hooggelegen platen, maar in het water blijven, en dus niet geteld kunnen worden. De gegevens zijn gesplitst in jaren vóór het optreden van de zeehonden-ziekte (1986/1987), en jaren nadat de ziekte was uitgewoed (1990/1991): zie ook Fig. 8.1. Uit de gegevens blijkt, dat de soort in Nederland in 1991 al weer redelijk is hersteld van de sterfte door de epidemie, en dat ook de het aantal jonge zeehonden weer stijgt in het gebied, maar dat dit laatste in het algemeen lager ligt dan in de rest van de (Nederlandse) Waddenzee.

De Grijze Zeehond was tot 1975 een dwaalgast in Nederland, maar heeft zich omstreeks dat jaar definitief in Nederland gevestigd. De dieren zijn zeer waarschijnlijk afkomstig van de Farne Islands in Groot Britannië, en zijn dus de Noordzee overgestoken. De aantalstoename sinds de vestiging in de Nederlandse Waddenzee is te snel om uit de eigen productie verklaard te kunnen worden, dus er moet nog steeds aanvulling vanuit de Farne Islands plaatsvinden (REIJNDERS e.a., 1990; Fig. 8.2). De Grijze Zeehond is meer op de Noordzee georiënteerd dan de Gewone Zeehond. Zijn rust- en foerageergebieden liggen ook meer aan de buitenzijde van de Waddenzee, dan bij de Gewone Zeehond. Grijze Zeehonden worden binnen het gebied vooral aangetroffen rond de Richel, waar ze bij hoogwater rusten. Voorheen deden ze dit op een plaat, die iets verder naar zee lag, de Engelse Hoek, maar deze plaat is in de loop der jaren steeds lager geworden, en tegenwoordig door de Grijze Zeehonden verruild voor de Richel. Beide soorten worden meer in de Waddenzee dan in de Noordzee gezien. Met name in het stroomgebied van de grote geulen bij de zeegaten komen hoge aantallen voor. Gemiddeld komt de Grijze Zeehond meer in de Noordzee voor dan de Gewone Zeehond; beide soorten worden incidenteel in de kustzone van de Noordzee waargenomen, maar zijn hier niet algemeen.

Beide soorten zijn gevoelig voor verstoring door scheepvaart en recreanten, met name in de periode dat er jongen zijn. Deze periode is verschillend voor de twee soorten: de Gewone Zeehond krijgt jongen in de zomer, en is het meest kwetsbaar in de periode van 15 mei tot 1 september. De gebieden in de Waddenzee, waar veel zeehonden voorkomen zijn in deze periode gesloten. De Grijze Zeehond werpt in de winter, tussen eind december en maart. Jonge Grijze Zeehonden blijven na de geboorte langer op het droge dan jonge Gewone Zeehonden, en zijn daardoor langer kwetsbaar voor verstoringen op de platen (REIJNDERS e.a., 1981).

TABEL 8.1

Aantallen Gewone Zeehonden en het percentage jongen (tussen haakjes) per zeegat tussen Texel en Ameland, in vergelijking met de hele Nederlandse Waddenzee, voor de jaren 1986-1991. De epidemie trad in 1988 op, en de directe effecten waren in 1989 nog merkbaar, dus deze twee jaren zijn weggelaten.

Zeegat	*1986*	*1987*	*1990*	*1991*
Texel-Vlieland	71 (1.4)	71 (4.2)	35 (11.4)	66 (4.5)
Vlieland-Terschelling	74 (0.0)	154 (0.0)	27 (3.7)	83 (1.2)
Terschelling-Ameland	103 (1.9)	118 (5.1)	59 (6.8)	133 (6.8)
Totaal Ned. Waddenzee	800 (12.5)	1050 (14.3)	560 (21.4)	750 (18.7)

WALVISACHTIGEN

Bruinvis (*Phocoena phocoena*) en Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*)

Het voorkomen van de Bruinvis en de Witsnuitdolfijn in het gebied ten noorden van de waddeneilanden is bescheven in LEOPOLD (1991) en BAPTIST e.a. (1991). De Bruinvis komt van oudsher in onze kustwateren voor, maar nam vanaf de 40er of 50er jaren af in aantallen (VERWEY, 1975; VERWEY & WOLFF, 1981), waarbij de achteruitgang in de 60er jaren vermoedelijk het sterkst was (SMEENK, 1987). Vóór de 50er jaren was de soort vooral aanwezig in de zomermaanden (VAN DEINSE, 1931; IJSSELING & SCHEYGROND, 1943). In de de jaren 1970-1985 was de soort zeer schaars, maar tegenwoordig komen Bruinvissen in de kuststrook weer vrij algemeen voor, zij het, dat nu de meeste waarnemingen in de wintermaanden worden gedaan. Langs de Hollandse kust worden ook weer jaarlijks (in najaar en winter) Bruinvissen gezien, maar de dichtheden lijken hier lager dan boven de waddeneilanden. Ook bij het Duitse waddeneiland Sylt worden de laatste jaren in herfst en winter aanzienlijke aantallen Bruinvissen gezien (KREMER e.a., 1990). Een analyse van de waarnemingen uit de zuidelijke Noordzee leert, dat er in de Nederlandse (kust)wateren tegenwoordig een winter-populatie is, die in de zomer uit dit gebied verdwijnt (CAMPHUYSEN e.a., in prep.). Vermoedelijk trekken de dieren in de lente naar de Engelse kust, om daar te profiteren van de zich concentrerende haring, die hier in de zomer paait. In de kuststrook van Texel tot Ameland is de Bruinvis sinds het begin van de tellingen op zee iedere winter waargenomen. Omdat Bruinvissen alleen bij zeer goed weer (windkracht 0-1 B) kwantitatief geteld kunnen worden vanaf schepen, en ze in het troebele kustwater ook vanuit een vliegtuig vrijwel niet zichtbaar zijn (pers. med. Baptist, DGW), is het nog niet mogelijk om de dichtheid van de soort in dit gebied te berekenen. De grootste groep, die sinds de 60er jaren in Nederland is gezien, werd op 12 Maart 1991 waargenomen bij Terschelling door Offringa c.s. (NIOZ): 48 exemplaren, die in losse subgroepjes foerageerden in het zicht van de kust. Deze waarneming maakt samen met de relatief frequente waarnemingen van kleinere groepen in het gebied (Fig. 8.3), dat de kustwateren ten noorden van de waddeneilanden beschouwd worden als het rijkste Bruinvissen-gebied in Nederland.

De enige andere walvisachtige, die regelmatig (levend) in het gebied wordt gezien, is de Witsnuitdolfijn. In het algemeen blijven deze dieren verder uit de kust dan Bruinvissen (LEOPOLD, 1991), maar een enkele keer komen ze wel dicht onder de kust, mogelijk om te foerageren. In de winter van 1989/1990 zijn er binnen 10 dagen 5 dieren op de kusten van Texel, Vlieland en Terschelling levend of pas dood gestrand. De dieren vertoonden geen afwijkingen, en hadden hun magen vol vis, iets dat wijst op foerageren vlak onder de kust (SMEENK & ADDINK, 1990). Er is nog een tweede, zeer spectaculaire waarneming van deze soort vlak onder de kust van een waddeneiland: eind maart 1990 werd door sportvissers uit Den Helder een groep van honderden dolfijnen bij de Razende Bol bij Texel waargenomen. Uit gemaakte video-opnamen bleek later, dat het Witsnuitdolfijnen waren. Deze soort kan vermoedelijk het hele jaar dicht bij de waddeneilanden voorkomen, maar wordt tot nu toe nog slechts sporadisch in de kuststrook gezien.

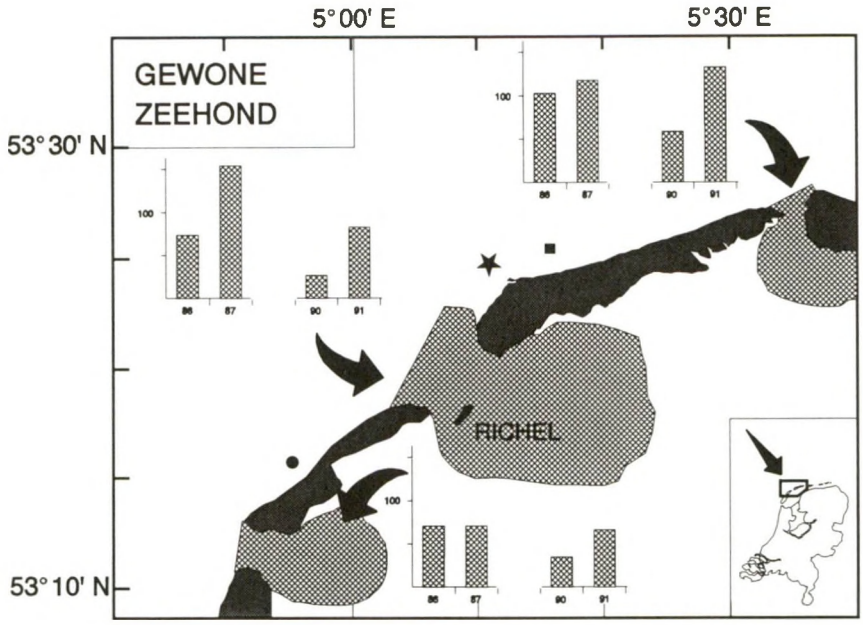


Fig. 8.1. Verspreiding en aantallen Gewone Zeehonden in de zeegaten, in 1986 en 1987 (voor het uitbreken van de zeehondenziekte), en in 1990 en 1991 (nadat de epidemie was uitgewoed). Naar gegevens van Dr. Reijnders, RIN-Texel.

Fig. 8.2. Aantalsverloop van de Grijze Zeehond in het Zeegat tussen Vlieland en Terschelling, naar gegevens van Dr. Reijnders, RIN-Texel. De dieren werden bij hoogwater geteld op de zandplaat Engelse Hoek, (de laatste jaren op de Richel).

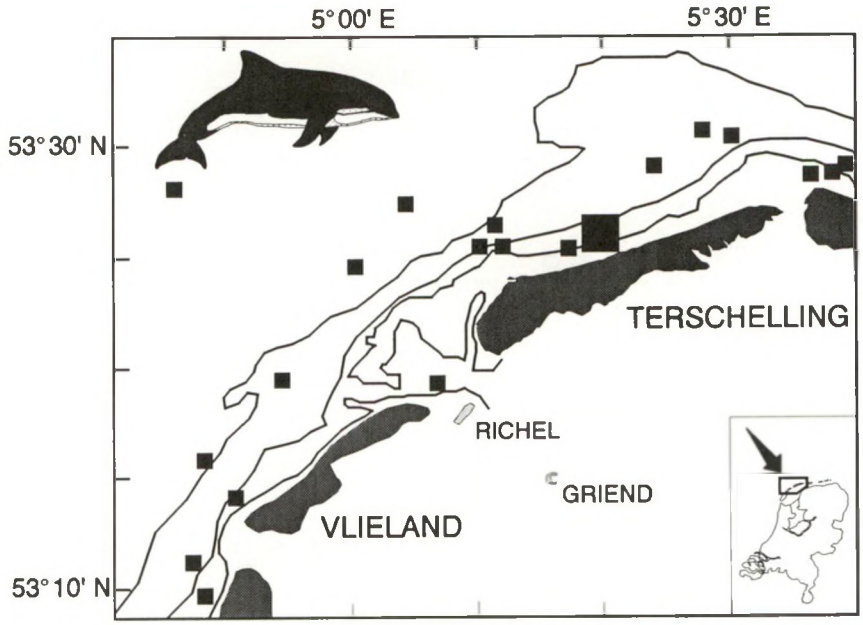


Fig. 8.3. Waarnemingen van Bruinvissen tijdens scheeps- en vliegtuigtellingen. Naar BAPTIST e.a. (1991), en bijgewerkt tot en met september 1991. Ieder symbool geeft één waarneming weer, (van één of meer exemplaren). Het grote symbool geeft een uitzonderlijk grote groep van 48 dieren weer, gezien in maart 1991.

LITERATUUR

ADMIRAAL, W. & L.A.H. VENEKAMP, 1986. Significance of tintinnid grazing during blooms of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. Neth. J. Sea Res. **20:** 61-66.

ALPHEN, J.S.L.J. VAN & M.A. DAMOISEAUX, 1987. A morphological map of the Dutch shoreface and adjacent part of the continental shelf (1:250.000). Rijkswaterstaat-Nota NZ-N-87.21/MDLK-R-87.18, december 1987: 22 pp + 2 App.

ANONYMUS, 1974. Report on the I- and II-group cod, haddock and whiting, caught during the International Young Herring Survey 1974. ICES CM 1974/F: 16.

ANONYMUS, 1981. Atlas of the seas around the British Isles. Min. of Agr., Fish & Food.

BAPTIST, H.J.M., C.J. CAMPHUYSEN & M.F. LEOPOLD, 1990. Seamammal sightings in The Netherlands. In: A. AGUILAR & P.H.G. EVANS. Proc. 4th Ann. Conf. of the European Cetacean Society, Mallorca: 31-33.

BENNEKOM, A.J., W.W.C. GIESKES & S.B. TIJSSEN, 1975 (Annex 1976). Eutrophication of Dutch coastal waters. Proc. R. Soc. B. **189:** 359-374.

BERGMAN, M.J.N., H.W. VAN DER VEER, A. STAM & D. ZUIDEMA, 1989. Transport mechanisms of larval plaice (*Pleuronectes platessa* L.) from the coastal zone into the Wadden Sea nursery area. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **191:** 43-49.

BEUKEMA, J.J., 1990. Expected effects of changes in winter temperatures on benthic animals living in soft sediments in coastal North Sea areas. In: J.J. BEUKEMA e.a. Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Ac. Publ.: 83-93.

BEUKEMA, J.J. & J. DE VLAS, 1989. Tidal-current transport of thread-drifting postlarval juveniles of the bivalve *Macoma balthica* from the Wadden Sea to the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Series **52:** 193-200.

BODDEKE, R., 1975. Autumn migration and vertical distribution of the brown shrimp *Crangon crangon* in relation to environmental conditions. Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp. Ed: Harold Barnes, Aberdeen Un. Press: 483-494.

——, 1976. The seasonal migration of the brown shrimp *Crangon crangon*. Neth. J. Sea Res. **10:** 103-130.

——, 1982. The occurrence of winter and summer eggs in the brown shrimp (*Crangon crangon*) and the pattern of recruitment. Neth. J. Sea Res. **16:** 151-162.

——, 1989. Beschrijving van de populaties van de garnaal (*Crangon crangon*) langs de Nederlandse kust en in de estuaria. In: Ecologisch profiel vissen. RWS-DGW.

CADÉE, G.C., 1990. Planten in zee. In: P. DE WOLF. De Noordzee. Uitgeverij Terra, Zutphen: 83-92.

CAMPHUYSEN, C.J., 1989. Beached Birds Surveys in The Netherlands, 1915-1988. Seabird mortality in the southern North Sea since the early years of oil pollution. Techn. Rapport Vogelbescherming 1, Werkgroep Noordzee, Amsterdam.

——, 1991. Baltsvluchten van Noordse Sterns *Sterna paradisaea* op open zee. Sula **5:** 59-61.

CAMPHUYSEN, C.J. & P.J.T. DERKS, 1989. Voorkomen en sterfte van de Fuut *Podiceps cristatus* voor de Nederlandse kust. Limosa **62:** 57-62.

CAMPHUYSEN, C.J. & J. VAN DIJK, 1983. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974-79. Limosa **56:** 81-230.

CAMPHUYSEN, C.J., S. HART & H.S. ZANDSTRA, 1988. Zeevogelsterfte na olie-lekkage door de ertscarrier MS Borcea voor de Zeeuwse kust, januari 1988. Sula **2:** 1-12.

CAMPHUYSEN, C.J., M.F. LEOPOLD & N.F. VAN DER HAM (in prep.). Present status of the Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in Dutch coastal waters and in the southern North Sea.

CAMPHUYSEN, C.J. & E.J. VAN IJZENDOORN, 1988a. Invasie van Middelste Jager in Nederland in november 1985. Dutch Birding **10:** 54-66.

——, 1988b. Influx of *Pomarine Skua* in northwestern Europe in autumn 1985. Dutch Birding **10:** 66-70.

CORTEN, A., 1986. On the causes of recruitment failure of herring in the central and northern North Sea in the years 1972-1978. J. cons. int. Explor. Mer **42:** 281-294.

CREUTZBERG, F., 1979. 'Aurelia'-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Introductory report. Interne Verslagen NIOZ, Texel, 1979-4: 31 pp + 9 survey reports.

CREUTZBERG, F. & H. POSTMA, 1979. An experimental approach to the distribution of mud in the southern North Sea. Neth. J. Sea Res. **13:** 99-116.

CREUTZBERG, F., P. WAPENAAR, G. DUINEVELD & N. LOPEZ LOPEZ, 1984. Distribution and density of the benthic fauna in the southern North Sea in relation to bottom characteristics and hydrographic conditions. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **183:** 101-110.

CUSHING, D.H., 1967. The grouping of herring populations. J. mar. Biol. **47:** 193-208.

DAAN, N., 1978. Changes in cod stocks and cod fisheries in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 39-57.

DEINSE, A.B. VAN, 1931. De fossiele en recente Cetacea van Nederland. Dissertatie, 304 pp., H.J. Paris, Amsterdam.

DLO, RIVO, 1990. Jaarverslag Visserijonderzoek 1990.

DUBBELDAM, W. & M. ZIJLSTRA, 1978. Dwergmeeuwen op het IJsselmeer in de winter. Watervogels **3:** 119-121.

DUINEVELD, G.C.A. & L. MOODLEY, 1991. Het zoöbenthos van het Friese Front. In: A. DE GEE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De ecologie van het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oester-gronden. NIOZ-rapport 1991-2: 61-74.

DUINEVELD, G.C.A. & G.J. VAN NOORT, 1990. Geographical variation in the epifauna of the Southern North Sea and adjacent regions. ICES C.M.1990/Mini:9.

DUINEVELD, G.C.A., A. DE GEE & G.J. VAN NOORT, 1991. Epibenthische predatoren op het Friese Front: bodemvissen, krabben en zeesterren. In: A. DE GEE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De ecologie van het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oestergronden. NIOZ-rapport 1991-2: 75-78.

DUINEVELD, G.C.A., P.A.W.J. DE WILDE & A. KOK, 1990. A synopsis of the macrobenthic assemblages and benthic ETS-activity in the Dutch sector of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26:** 125-138.

DUYL, F.C. VAN, R.P.M. BAK, A.J. KOP & G. NIEUWLAND, 1991. Het microbiële voedselweb in het Friese Front.

In: A. DE GEE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De ecologie van het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oestergronden. NIOZ-rapport 1991-2: 43-48.

FRANEKER, J.A. VAN & C.J. CAMPHUYSEN (Eds), 1991. Proceedings of the NZG/NSO workshop: oil pollution, beached birds surveys and policy: towards a more effective approach to an old problem. Sula **5**, special issue.

FRANSZ, H.G. & W.W.C. GIESKES, 1984. The unbalance of phytoplankton and copepods in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **183:** 218-225.

FRANSZ, H.G., J.M. COLEBROOK, J.C. GAMBLE & M. KRAUSE, 1991. Zooplankton. Neth. J. Sea Res. **28:** 1-52.

GEE, A. DE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER, 1991. De ecologie van het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oestergronden. NIOZ-rapport 1991-2: 96 pp.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1975. The phytoplankton spring bloom in Dutch coastal waters of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **9:** 166-196.

GOVAERE, J.C.R., D. VAN DAMME, C. HEIP & L.A.P. DE CONINCK, 1980. Benthic communities in the Southern Bight of the North Sea and their use in ecological monitoring. Helgol. Meeresunters. **33:** 507-521.

GROENEWOLD, A. & Y. VAN SCHEPPINGEN, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee. De Nederlandse kustzone overzicht 1988-1989. MILZON-benthos rapport nr. 90-03, juni 1990. RWS-DNZ, DGW.

HAINBUCHER, D.T., T. POHLMANN & J. BACKHAUS, 1987. Transport of conservative passive tracers in the North Sea: first results of a circulation and transport model. Cont. Shelf Res. **7:** 1161-1179.

HUYS, R., C.H.R. HEIP, P.M.J. HERMAN & K. SOETAERT, 1990. The meiobenthos of the North Sea: Preliminary results of the North Sea Benthos Survey. ICES C.M. 1990/Mini:8.

JENNESS, M.I. & G.C.A. DUINEVELD, 1985. Effects of tidal currents on chlorophyll a content of sandy sediments in the southern North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. **21:** 285-287.

JOIRIS, C., G. BILLEN, C. LANCELOT, M.H. DARO, J.P. MOMMAERTS, A. BERTELS, M. BOSSICART, J. NIJS & J.H. HECQ, 1982. A budget of carbon cycling in the Belgian coastal zone: Relative roles of zooplankton, bacterioplankton and benthos in the utilization of primary production. Neth. J. Sea Res. **16:** 260-275.

KOOPMAN, K., 1990. Plaatstrouw van in Nederland overwinterende Stormmeeuwen, *Larus canus*. Limosa **63:** 7-10.

KREMER, H., L. KOCH, O. SCHNEIDER, B. ADLOFF & W. FISCHER, 1990. Surprisingly high numbers of Harbour Porpoises *Phocoena phocoena* close to the Isle of Sylt. In: A. AGUILAR & P.H.G. EVANS (Eds). Proc. 4th Ann. Conf. of the European Cetacean Society, Mallorca: 62-63.

KÜNITZER, A., 1990. The benthic infauna of the North Sea: Species distribution and assemblages. ICES C.M.1990/Mini2.

LAEVASTU, T., 1963. Surface water types of the North Sea and their characteristics. Serial atlas of the marine environment, folio **4:** 1-3. Am. Geogr. Soc, New York.

LEOPOLD, M.F., 1991a. Toppredatoren op het Friese Front: zeevogels en zeezoogdieren. In: A. DE GEE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER. De Ecologie van het Friese Front. NIOZ Rapport 1991-2: 79-89.

——, 1991b. Zeevogels en zeezoogdieren. In: M.J.H. BERGMAN, H.J. LINDEBOOM, G. PEET, P.H.M. NELISSEN, H. NIJKAMP & M.F. LEOPOLD. Beschermde Gebieden Noordzee - Noodzaak en Mogelijkheden. NIOZ Rapport 1991-3: 131-137.

LEOPOLD, M.F., F.-J. MAAS & H. HIN, 1987. Elfsteden-winter 1986: slachting onder wadvogels, met name de Toppereend. Skor **5:** 70-78; 90-96.

LEOPOLD, M. & M. PLATTEEUW, 1987. Talrijk voorkomen van Jan van Genten *Sula bassana* bij Texel in de herfst: reactie op lokale voedsel-situatie. Limosa **60:** 105-110.

LLOYD, C., M.L. TASKER & K. PARTRIDGE, 1991. The Status of Seabirds in Britain and Ireland. T. & A.D. Poyser, London.

MCINTYRE, A.D., 1964. Meiobenthos of sub-littoral muds. J. mar. biol. Ass. U.K. **44:** 665-674.

NOORT, G.J. VAN, F. VAN LEEUWEN & F. CREUTZBERG, 1979-1986. Aurelia-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Interne Verslagen NIOZ 1979-5 t/m 1986-3.

OFFRINGA, H., 1991. Verspreiding en voedseloecologie van de Zwarte Zeeëend (*Melanitta nigra*) in Nederland. Intern Verslag NIOZ 1991-13: 1-62.

OSIECK, E.R., 1986. Bedreigde en Karakteristieke Vogels in Nederland. Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels, Zeist.

REID, P.C., C. LANCELOT, W.W.C. GIESKES, E. HAGMEIER & G. WEICHART, 1990. Phytoplankton of the North Sea and its dynamics: A review. Neth. J. Sea Res. **26:** 295-331.

REIJNDERS, P.J.H., H.E. DRESELER, J.L. VAN HAAFTEN, E. BOGEBJERG HANSEN & S. TONGAARD, 1981. Population dynamics of the Harbour Seal in the Wadden Sea. In: REIJNDERS, P.J.H. & W.J. WOLFF. Marine Mammals of the Wadden Sea. Final Report, sect. 'Marine Marine Mammals', Report 7: Wadden Sea Working Group, Balkema, Rotterdam: 15-19.

REIJNDERS, P.J.H., E.H. RIES, & I.M. TRAUT, 1990. Robbenbestände. In: J.L. LOZÁN *et al.* Warnsignale aus der Nordsee. Verlag Paul Parey, Berlin & Hamburg: 320-324.

RGD, 1986. Geologie van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem. Kaart: Oppervlakte delfstoffen.

RIDDERINKHOF, H., 1990. Residual currents and mixing in the Wadden Sea. Thesis, University Utrecht: 91 pp.

RUYTER, W.P.M. DE, L. POSTMA & J.M. DE KOK, 1987. Transport atlas of the southern North Sea. Nijmegen: 33 pp.

RWS, 1986. Deelonderzoek nr. 7 'Erosie en sedimentatie in de buitendelta van het Zeegat van het Vlie 1933-1982'. In: G.W. GLIM, G. KOOL, M.F. LIESHOUT, M. DE BOER e.a. RWS, dir. N-Holland, Hoorn. Rapportage ANWX-86-H210.

RWS, 1990. Deelonderzoek nrs. 6 en 10 'Erosie en sedimentatie in de buitendelta van het Eierlandse Gat en aangrenzende kuststroken 1926-1983'. In: G.W. GLIM, G. KOOL, M.F. LIESHOUT, M. DE BOER, e.a. RWS, dir. N-Holland, Hoorn. Rapportage ANWX-90-H204.

SMEENK, C., 1987. The Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* L., 1758) in The Netherlands: stranding records and decline. Lutra **30:** 77-90.

SMEENK, C. & M. ADDINK, 1990. Witsnuitdolfijnen in storm en branding: 'Massastranding' op de Nederlandse kust. Zoogdier **1:** 5-9.

SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse Vogels. Jellema Druk, Almelo.

SPAANS, A.L. & R. NOORDHUIS, 1989. Voedselconcurrentie tussen Kleine Mantelmeeuwen en Zilvermeeuwen. In: A.L. SPAANS. Wetlands en Watervogels. Pudoc Wageningen: 35-47.

SPAANS, A.L. & C. SWENNEN, 1968. De Vogels van Vlieland. Wetensch. Med., KNNV, No. 75: 104 pp.

STAM, A., 1988. Kust- en Waddenzeevisserij. Ongepubl. NIOZ-gegevens.

——, 1989. Kust- en Waddenzeevisserij. Ongepubl. NIOZ-gegevens.

SWENNEN, C., 1970. Vogelwaarnemingen op het IJsselmeer. Limosa **43:** 1-10.

——, 1985. Iets over de vogels van het open water van IJsselmeer, Waddenzee en Noordzee. Vogeljaar **33:** 208-214.

——, 1991. Ecology and population dynamics of the Common Eider in the Dutch Wadden Sea. Proefschrift, R.U. Groningen.

VEEN, J., 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (*Sterna s. sandvicensis* Lath.). Behaviour Supplement XX, 1-193.

VEEN, J. & J. FABER, 1989. Sterns: een bedreigde vogelgroep? In: A.L. SPAANS. Wetlands en Watervogels. Pudoc Wageningen: 19-33.

VEEN, J.F. DE, 1967. On the phenomenon of soles (*Solea solea* L.) swimming at the surface. J. Cons. int. Explor. Mer **31:** 207-236.

VEEN, J. DE, R. BODDEKE & K.H. POSTUMA, 1979. Tien jaar kinderkamer-opnames in Nederland. I. het Zeeuwse estuarium. Visserij **32:** 3-23.

VELDHUIS, M.J.W., F. COLIJN & L.A.H. VENEKAMP, 1986. The spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae): Observations in Dutch coastal waters of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **20:** 37-60.

VERWEY, J., 1975. The Cetaceans *Phocoena phocoena* and *Tursiops truncatus* in the Marsdiep area (Dutch Waddensea) in the years 1931-1973. Intern verslag NIOZ, 17: 153 pp.

VERWEY, J., & W.J. WOLFF, 1981. The Common or Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*). In: REIJNDERS, P.J.H. & W.J. WOLFF. Marine Mammals of the Wadden Sea. Final Report, sect. 'Marine Marine Mammals', Report 7: Wadden Sea Working Group, Balkema, Rotterdam: 51-58.

WARWICK, R., 1990. Experimental systems/mesocosms. Field exp. (2). EIASO-cours, Galway: 1-3.

WILDE, P.A.W.J. DE & G. DUINEVELD, 1990. Bodemdieren. In: P. DE WOLF. De Noordzee. Uitgeverij Terra, Zutphen: 103-112.

WILDE, P.A.W.J. DE, E.M. BERGHUIS & A. KOK, 1984. Structure and energy demand of the benthic community of the Oyster Ground, Central North Sea. Neth. J. Sea Res. **18:** 143-159.

WIT, A.N. DE & A.L. SPAANS, 1984. Veranderingen in de broedbiologie van de Zilvermeeuw *Larus argentatus* door toegenomen aantallen. Limosa **57:** 87-90.

WITTE, J.IJ. & J.J. ZIJLSTRA, 1978. The species of fish occuring in the Wadden Sea. In: N. DANKERS, W.J. WOLFF, J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea. pp. 5/10-5/19.

WITTE, J.IJ., R. DAPPER, G.J. VAN NOORT & H.W. VAN DER VEER, 1991. De verspreiding van vissen op het Nederlands continentaal plat van de Noordzee. NIOZ-rapport 1991-7: 110 pp.

IJSSELING, M.A. & A. SCHEYGROND, 1943. De Zoogdieren van Nederland, deel 2. W.J. Thieme, Zutphen.

ZWART, F., 1985. De Broedvogels van Terschelling. KNNV, van Gorkum, Assen.

ZIJLSTRA, J.J., 1978. The function of the Wadden Sea for the members of its fish-fauna. In: N. DANKERS, W.J. WOLFF, J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea: 20-26.

——, 1988. The North Sea Ecosystem. In: H. POSTMA & J.J. ZIJLSTRA. Continental Shelves. Elsevier Sci. Publ. Chapter 8: 231-277.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord 1

1. Samenvatting 3
2. Inleiding 7
3. Hydrografie en morfologie 7
4. Plankton 15
5. Benthos 16
6. Vissen 32
7. Zeevogels 35
8. Zeezoogdieren 45
9. Literatuur 49