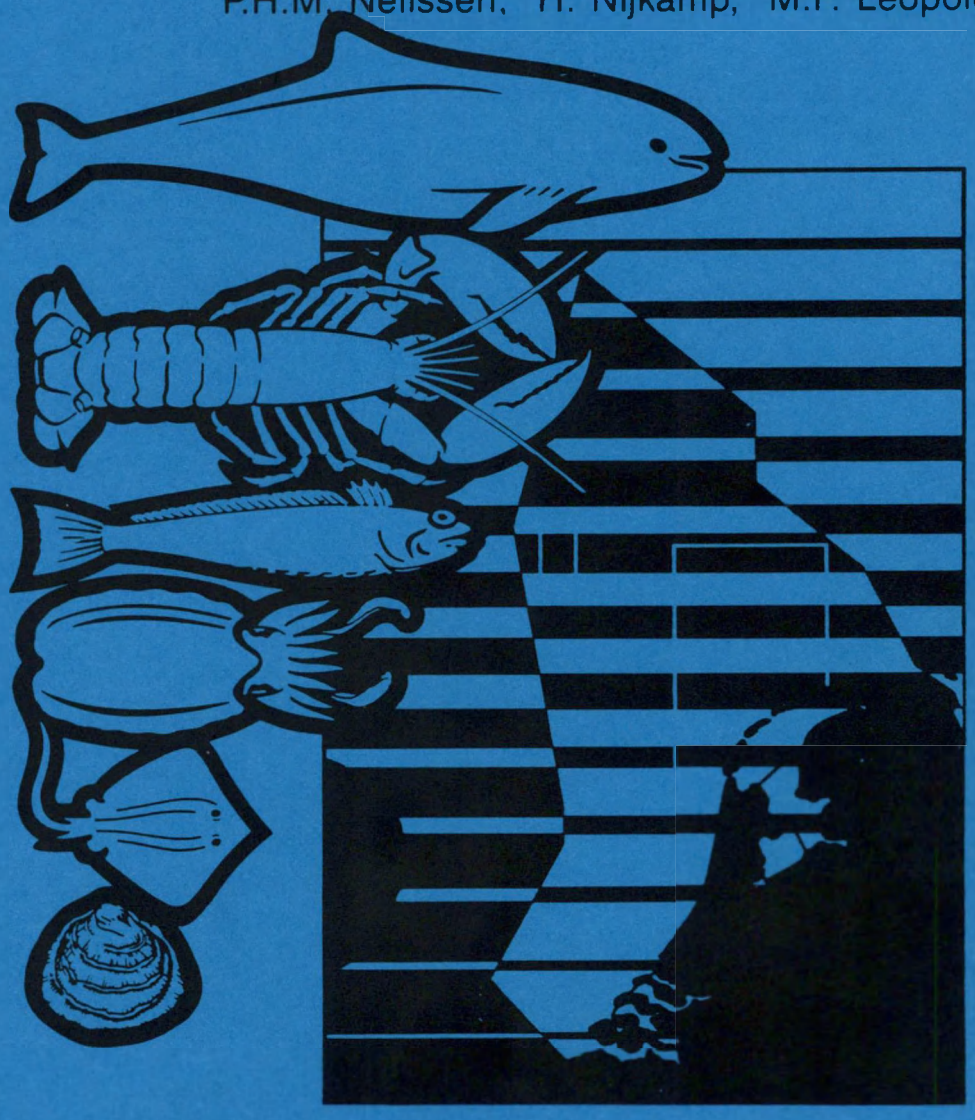
NIOZ - RAPPORT 1991 - 3

BESCHERMDE GEBIEDEN NOCRDZEE

— NOODZAAK EN MOGELIJKHEDEN —

M.J.N. Bergman, H.J. Lindeboom, G. Peet,
P.H.M. Nelissen, H. Nijkamp, M.F. Leopold



Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee

Studie in opdracht van de Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer
van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

© 1991
This report is not to be c[illegible]d without the consent of:
Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ)
P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg,
Texel, The Netherlands

Department of Nature Conservation, Environmental Protection and Wildlife Management
Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries,
P.O. Box 20401, 2500 EK The Hague, The Netherlands

ISSN 0923 - 3210

Cover design: H. Hobbelink

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

BESCHERMDE GEBIEDEN NOORDZEE
—NOODZAAK EN MOGELIJKHEDEN—

M.J.N. Bergman[1], H.J. Lindeboom[1], G. Peet[2],
P.H.M. Nelissen[2], H. Nijkamp[2], M.F. Leopold[1]

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

[1] Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ),
Postbus 59, 1790 AB Den Burg, Texel
[2] Stichting S.E.A.,
Heemraadssingel 193, 3023 CB Rotterdam

NIOZ-RAPPORT 1991 - 3

VOORWOORD

De studie 'Beschermde Gebieden Noordzee' werd uitgevoerd in opdracht van de Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

De studie werd uitgevoerd door:
—ir. M.J.N. Bergman en dr. H.J. Lindeboom van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), en ir. G. Peet van de Stichting S.E.A.
—drs. P.H.M. Nelissen en drs. H. Nijkamp (beiden S.E.A.) en drs. M.F. Leopold (NIOZ) leverden delen van de bijlagen voor deze studie.

Voor de studie is geen nieuw onderzoek verricht, bestaande literatuur aangevuld met gesprekken met deskundigen vormt de basis van het rapport.
Tevens werd voor deze studie een begeleidingsgroep ingesteld met als leden:
—prof. dr. W.J. Wolff (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, voorzitter),
—ir. P.J.M. van der Ham (Ministerie van Economische Zaken),
—drs. A.A. Beukema ((Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Noordzee),
—mr. drs. M. Houpt (Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Juridische en Bedrijfsorganisatorische Zaken),
—drs. M.E. Siemelink (Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Visserijen; in de loop van de studie opgevolgd door drs. R. Muller),
—ir. A. Littel (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, RPD),
—J.A. van Schalkwijk (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken; in de loop van de studie opgevolgd door R.A.W. Pollen).

Het project werd vanuit de Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer begeleid door drs. C.M. Bisseling (tijdelijk vervangen door drs. W.H.C. Heijligers).

Het rapport is tot stand gekomen met medewerking van:
A.C. Bol (typewerk); N. Krijgsman en J.P. Mulder (zetwerk, lay-out); J. van der Hoek (montage); R.P.D. Aggenbach, B. Verschuur, W. Hart en P. van Vliet (reprografie) en drs. M.A. van Arkel (coördinatie tijdens het drukklaar maken van het rapport).

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende · Belgium

1. SAMENVATTING

De studie 'Beschermde Gebieden Noordzee' die is uitgevoerd in opdracht van de Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is onderdeel van een project uit het Natuurbeleidsplan van dit Ministerie (projectnr. 22).
De volgende opdracht ligt aan de studie ten grondslag:
Het onderzoeken van de noodzaak en mogelijkheden voor de instelling van beschermde gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee als bijdrage aan het behoud en waar mogelijk herstel van een zo natuurlijk mogelijke verscheidenheid aan ecologisch waardevolle gebieden met hun specifieke levensgemeenschappen en kenmerkende soorten.

In hoofdstuk 2 zijn de volgende doelstellingen met betrekking tot het instellen van beschermde gebieden geformuleerd:

—Het instandhouden, herstellen en ontwikkelen van natuurlijke waarden in de Nederlandse sector van de Noordzee door het in bepaalde gebieden terugdringen van de effecten van die menselijke activiteiten die meetbare wijzigingen van het Noordzee-ecosysteem tot gevolg hebben.
—Het bieden van bescherming aan diergroepen die tot de natuurwaarden van de Nederlandse sector van de Noordzee behoren en waarvan nu dreiging bestaat dat deze diergroepen niet langer in dit deel van de Noordzee zullen voorkomen dan wel niet langer 'normaal' zullen kunnen functioneren.

De studie is uitsluitend gericht op die menselijke activiteiten, die binnen het Nederlandse deel van de Noordzee te reguleren zijn: visserij, mijnbouw, zand- en grindwinning, militaire activiteiten, scheepvaart, buisleidingen en kabels. Verontreiniging vanaf land, atmosferische depositie, dumping en calamiteiten zijn buiten beschouwing gelaten.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het ecosysteem van de Noordzee (plankton, benthos, vissen, zeevogels en zeezoogdieren). Voor elk van deze groepen is getracht een ecologische zonering (zie kaart achterkaft) te beschrijven, waarbij in veel gevallen in globale zin relevante (a)biotische parameters konden worden aangegeven. Bij de uiteindelijke keuze van de beschermde gebieden spelen deze parameters een belangrijke rol.

De verspreiding van plankton is in belangrijke mate gerelateerd aan de ligging van de watermassa's, waarbij te onderscheiden zijn: kustwater, zuidelijke Noordzee, centrale Noordzee en Friese Front gebied.

De verspreiding van micro-, meio- en macrobenthos wordt voornamelijk door het sedimenttype (zand, slib, grind, stenen) bepaald. Voor infauna (in de bodem levend macrobenthos) en epifauna (op de bodem levend macrobenthos) worden globaal als clusters onderscheiden: Zuidelijke Bocht inclusief de kustzone, Oestergronden, Doggersbank, het gebied ten noorden van de Doggersbank, het Friese Front gebied en de Klaverbank.

De verspreiding van vissen wordt niet alleen bepaald door factoren als temperatuur, voedsel, sedimenttype en waterdiepte, maar ook door de aanwezigheid van paai- en opgroeigebieden en de ligging van migratieroutes.

Wat betreft de zeevogels kunnen 4 gebieden worden onderscheiden: kustzone, Zuidelijke Bocht, Friese Front gebied en noordelijk deel van de Nederlandse sector. De verspreiding van vogels wordt bepaald door factoren als aanwezigheid van broedgebieden, trek- en overwinteringsbewegingen, type voedselverwerving en voedselbeschikbaarheid.

De verspreiding van zeezoogdieren vertoont soortspecifieke verschillen: bruinvissen komen behalve in het noordelijke deel van de Nederlandse sector ook in de kustzone ten noorden van de Waddeneilanden voor, dolfijnen worden in de kustzone zelden waargenomen.

De effecten van menselijke activiteiten op het ecosysteem van het Nederlandse deel van de Noordzee (zie hoofdstuk 4) kunnen als volgt samengevat worden:

De visserij heeft als grootschalige activiteit met een frequent karakter binnen de gehele Nederlandse sector van de Noordzee tot aanzienlijke verschuivingen in het ecosysteem geleid. Benthische levensgemeenschappen kunnen zich vrijwel nergens meer ongestoord ontwikkelen; minstens 10 benthische soorten zijn verdwenen of sterk in aantal verminderd; de paaistand en stabiliteit van vele vispopulaties zijn sterk verminderd; een aantal vogelsoorten is sterk in aantal toegenomen. Bovendien heeft de intensieve visserij waarschijnlijk een bijdrage geleverd aan de teruggang van de populaties zeezoogdieren.

Mijnbouw kan door de lozing van met OBM (oil-based mud) verontreinigd boorgruis tot langdurige locale effecten op het benthische systeem leiden. Effecten van WBM (water-based mud) zijn niet uit te sluiten, maar doen zich voor over veel beperktere oppervlakken en met een veel geringere duur dan effecten van OBM. Effecten van geloosd produktiewater zijn niet waargenomen, maar kunnen locaal optreden bij plankton, vissen en vogels. Het lijkt onwaarschijnlijk, dat geluiden van mijnbouw, inclusief seismisch onderzoek, tot effecten op zeezoogdieren leiden die zich verder dan 100 m van de installatie bevinden. Mogelijk vindt enige verstoring door het met mijnbouw geassocieerde scheeps- en luchtverkeer plaats.

Zand- en grindwinning en aanleg van buisleidingen en kabels leidt tot locale effecten op benthos. Als door winning in de kustzone schelpenbanken verdwijnen zijn langdurige effecten op zeeëenden mogelijk.

De effecten van door de scheepvaart en militaire activiteiten geïntroduceerde stoffen zijn niet te kwantificeren; mogelijk wordt door het geproduceerde geluid de communicatie tussen zeezoogdieren beïnvloed en treden gedragsveranderingen op bij zeevogels.

Na beëindiging van activiteiten als visserij, mijnbouwlozingen, zand- en grindwinning en aanleg van buizen en kabels (zie hoofdstuk 5) in bepaalde gebieden van de Nederlandse sector van de Noordzee zal na verloop van tijd herstel van de beïnvloede populaties op kunnen treden, zodat een bijdrage wordt geleverd aan herstel en behoud van de ecologische groepen. In het algemeen zal herstel van de levensgemeenschappen plaats kunnen vinden in een periode van 1 à 20 jaar (benthos en vissen), 5 à 50 jaar (zeevogels) en 20 tot meer dan 50 jaar (zeezoogdieren). Indien grindwinning de gehele grindlaag heeft verwijderd, zal herstel uitgesloten zijn.

Voor de instelling en de selectie van de te beschermen gebieden is in de studie een aantal criteria gebruikt, die afgeleid zijn van de doelstellingen voor de instelling van beschermde gebieden (hoofdstukken 6 en 7).

Het **eerste** criterium richt zich op de mate waarin bepaalde activiteiten een zodanig karakter hebben aangenomen, dat diergroepen of soorten in de Nederlandse sector van de Noordzee in hun voortbestaan of normaal functioneren bedreigd zijn.

Visserij-activiteiten leiden tot grootschalige effecten op een groot aantal ecologische groepen (benthos, vissen, zeevogels, zeezoogdieren) in het Nederlandse deel van de Noordzee. Lozingen van OBM-boorgruis leiden tot langdurige locale effecten op benthos. De overige mijnbouwlozingen en grind- en zandwinning leiden tot locale effecten op benthos, die zich in specifieke gebieden met een beperkte omvang (Friese Front gebied, Klaverbank) op relatief grote schaal kunnen voordoen.

Het **tweede** criterium richt zich op de vraag of het verbieden dan wel beperken van bepaalde menselijke activiteiten in bepaalde gebieden tot een verminderde bedreiging zal leiden van de diergroepen en/of soorten die op basis van het eerste criterium werden geïdentificeerd. Eventuele alternatieve beleidsmaatregelen worden besproken.

Door de instelling van beschermde gebieden waar bepaalde menselijke activiteiten verboden of beperkt zijn, kunnen bedreigde diersoorten behouden blijven dan wel zich herstellen. In een aantal gevallen is geen ander alternatief voorhanden dan de instelling van beschermde gebieden. Dit geldt ten aanzien van de bedreiging van benthos en vissen veroorzaakt door de visserij en ten aanzien van de bedreiging van benthos in specifieke, in omvang beperkte, gebieden veroorzaakt door mijnbouwlozingen en zand- en grindwinning.

In het **derde** criterium worden vanuit de ecologie van de te beschermen diersoorten en/of -groepen de meest geschikte gebieden aangewezen die voor bescherming in aanmerking komen. Hierbij worden de ecologische criteria diversiteit, representativiteit, samenhang en kwetsbaarheid gebruikt.

Vanuit de ecologie komen binnen de Nederlandse sector een zandig gebied, een slibgebied, een gebied met frontverschijnselen en een gebied met grindvoorkomens voor de beschermde status in aanmerking. Bij voorkeur dient het beschermde gebied een kustzone en een voldoende dieptegradiënt te omvatten; een aaneengesloten gebied zal de meest effectieve bescherming geven. Voor de bescherming van benthossoorten die in beperkte mate migreren zijn gebieden van elk ca. honderd vierkante kilometer voldoende omvangrijk; voor de sterk migrerende vissoorten zou een groot gedeelte van de gehele Noordzee een beschermde status moeten krijgen. Geconcludeerd wordt, dat het voor de bescherming van de meest karakteristieke soorten van de Nederlandse sector van de Noordzee noodzakelijk is een gebied met een totaal oppervlak van ca. drie ICES kwadranten (ieder ca. 60 x 60 km^2) een beschermde status te geven.

Het **vierde** criterium richt zich op de vraag of er voldoende juridische instrumenten beschikbaar zijn om de gewenste bescherming aan de geselecteerde gebieden te kunnen bieden.

Op basis van bestaande juridische instrumenten kan in principe bescherming aan de te beschermen gebieden gegeven worden. Problemen doen zich echter voor bij het nemen van maatregelen t.a.v. visserij, grindwinning en mijnbouw.

Gebaseerd op bovengenoemde criteria komt een tweetal gebieden in de Noordzee voor een beschermde status in aanmerking:

1. Het gebied direct ten noordwesten van de Waddeneilanden (zie Fig. A en B). In dit aaneengesloten gebied met een omvang van *ca.* 10.000 km^2 en een voldoende dieptegradient is het mogelijk een combinatie van verschillende typen benthische gemeenschappen (kustwateren, zandige gebieden, Friese Front gebied, slibrijke gebieden en beperkte gebieden met grind en stenen) te beschermen. Het gebied bevat deelgebieden die van belang zijn als paai- en opgroeigebied van vissen, inclusief inktvissen, en als verblijfplaats van vele (niet commerciële) vissoorten. In dit gebied concentreren zich de routes van sei-

zoensmigranten in en uit de Waddenzee en worden relatief grote aantallen bruinvissen maar ook dolfijnen en zeevogels waargenomen. Bescherming van dit gebied versterkt de kinderkamerfunctie van de Waddenzee en bevordert de rekolonisatie van benthos in de Waddenzee na bijv. een strenge winter. Voor de exacte ligging van dit beschermde gebied komen 2 alternatieven in aanmerking, waarbij het eerste alternatief (Fig. A) met name ten behoeve van het behoud en herstel van de diversiteit van de levensgemeenschappen in de Nederlandse sector is gekozen. Alternatief 2 (Fig. B) sluit meer bij de bestaande visserijbeleidsmaatregelen aan, maar het aandeel slibrijke bodems wordt in dit alternatief zeer gering. Uitbreiding van het te beschermen gebied in oostelijke richting zou overwogen kunnen worden, indien aansluiting bij beschermde gebieden in de Duitse sector gezocht wordt. Uitbreiding in zuidelijke richting sluit beter aan bij de ecologische belangen van de Waddenzee.

Ten aanzien van het te beschermen gebied worden de volgende maatregelen voorgesteld:

—Het gebied wordt gedurende het gehele jaar gesloten voor alle vormen van visserij.

—Oliehoudende lozingen vanaf mijnbouwinstallaties worden voorkomen (OBM's) of tot een minimum teruggebracht (produktiewater).

—Aanvullende gebiedspecifieke maatregelen t.a.v. mijnbouw, scheepvaart, militaire activiteiten, zandwinning, dumping en aanleg van buisleidingen worden, indien noodzakelijk, genomen. Dergelijke maatregelen moeten ook overwogen worden als gestreefd wordt naar beschermde gebieden die als referentiegebieden voor wetenschappelijk onderzoek gelden.

—Toepassing van het beleid dat voortvloeit uit de uitvoering van internationale conventies op het gebied van natuurbescherming (EG-vogelrichtlijn; verdragen van Bonn, Bern en Ramsar; toekomstige EG-habitatrichtlijn).

2. De Klaverbank (zie Fig. A en B). De Klaverbank, het enige grindgebied van betekenis in het Nederlandse deel van de Noordzee, heeft een nog vrij ongestoorde specifieke benthische fauna. Dit gebied (*ca.* 800 km^2) dient een beschermde status te krijgen, waarbij grindwinning wordt verboden en oliehoudende lozingen van mijnbouwinstallaties worden voorkomen (OBM) of tot een minimum worden beperkt (produktiewater). Ook visserij zou verboden moeten worden, maar door de geringe omvang van dit gebied is dit niet effectief controleerbaar. Het verdient daarom aanbeveling in overleg met het Verenigd Koninkrijk in de Engelse sector van de Noordzee een groot grindgebied (eventueel inclusief de Klaverbank) een beschermde status te geven.

Indien overgegaan wordt tot een daadwerkelijke instelling van deze gebieden, zal een beheersplan voor de gebieden opgesteld moeten worden. In hoofdstuk 8 wordt een mogelijke opzet van een dergelijk plan beschreven. Een aantal aspecten is hierbij van belang. Allereerst zullen naast algemene ook gebiedsspecifieke doelstellingen moeten worden geformuleerd. Verder zullen beheersmaatregelen vastgesteld moeten worden om aard en omvang van de activiteiten in overeenstemming te brengen met de gebiedsspecifieke doelstellingen.

In een beheersplan zal ook aandacht moeten worden geschonken aan de organisatorische structuur die voor een effectief beheer noodzakelijk is en tevens aan de wijze waarop de controle op de naleving van de maatregelen zal plaatsvinden. Programma's voor wetenschappelijk onderzoek dienen te worden ontwikkeld.

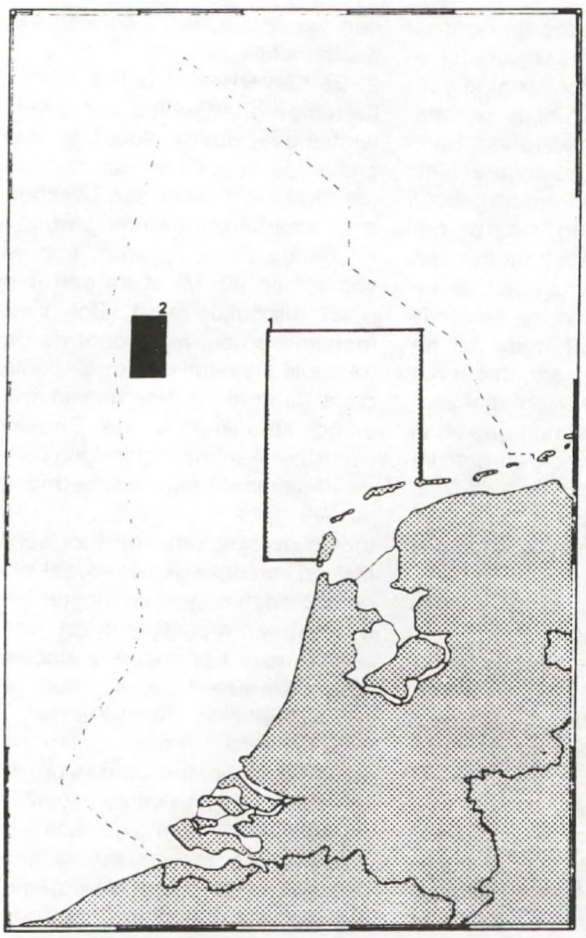


Fig. A. Alternatief 1: Gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee die voor een beschermde status in aanmerking komen: 1 Het gebied direct ten noordwesten van de Waddeneilanden; 2 De Klaverbank.

Alternative 1: Areas within the Dutch sector of the North Sea qualifying for a protected status: 1. The area directly northwest of the Frisian Islands; 2. Klaverbank.

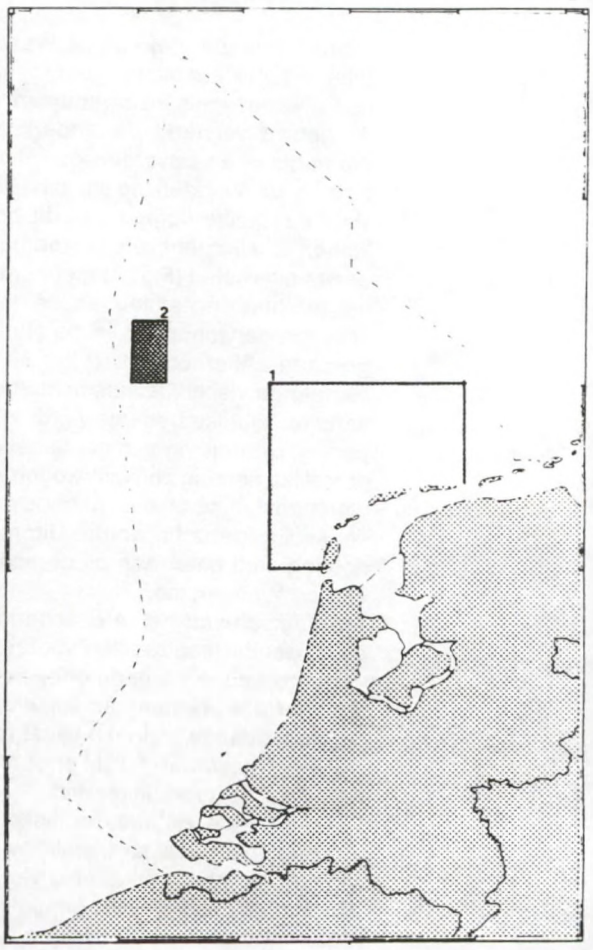


Fig. B. Alternatief 2: Gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee die voor een beschermde status in aanmerking komen: 1 Het gebied direct ten noordwesten van de Waddeneilanden; 2 De Klaverbank.

Alternative 2: Areas within the Dutch sector of the North Sea qualifying for a protected status: 1. The area directly northwest of the Frisian Islands; 2. Klaverbank.

SUMMARY

This study on protected areas in the North Sea has been carried out for the Directorate of Nature, Environment and Fauna Management of the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries. It is part of a project (project number 22) of the Nature Policy Plan of this Ministry. The objective of the study, as defined by the Directorate of Nature, Environment and Fauna Management, is **'to review the necessity and feasibility of the designation of protected areas in the Dutch sector of the North Sea as a contribution to the conservation and, where possible, rehabilitation of a natural diversity of ecologically valuable areas with their specific communities and characteristic species'.**

The objectives for the designation of marine protected areas are given in chapter 2 of the report:
—To preserve, rehabilitate and develop natural values in the Dutch sector of the North Sea by limiting the effects of those human activities that cause detectable changes in the North Sea ecosystem.
—To protect groups of animals which are an integral part of the natural values of the Dutch sector of the North Sea and whose existence or 'normal' functioning is currently threatened within this part of the North Sea.

The study only addresses those human activities which can be controlled within the boundaries of the Dutch sector of the North Sea itself: fisheries, offshore mining, sand and gravel extraction, military activities, shipping, pipelines and telecommunication cables. Pollution from land-based sources, atmospheric deposition, dumping and calamities have therefore not been considered in this report.

Chapter 3 contains a description of the North Sea ecosystem (plankton, benthos, fish, seabirds and marine mammals). An effort was made to develop an ecological zoning for each of these groups of animals (see map on back cover). In many cases it has been possible to present relevant (a)biotic parameters. These parameters have played an important role in the final choice of protected areas.

The distribution of plankton is to a large extent related to the position of water-bodies in the Dutch sector of the North Sea. The following areas can be identified: coastal water, southern North Sea, central North Sea and the Frisian Front area.

The distribution of micro-, meio- and macrobenthos is largely determined by sediment types (sand, mud, gravel, stones). By and large, the following clusters can be identified with respect to infauna (macrobenthos living in the sediments) and epifauna (macrobenthos living on the seafloor): the Southern Bight including the coastal zone, Oystergrounds, Dogger Bank, the area north of the Dogger Bank, the Frisian Front area and the Klaverbank.

The distribution of fish is not only determined by such factors as temperature, food, sediment type and water depth, but also by the presence of spawning and nursery areas and the location of migratory routes.

With respect to seabirds, four different areas can be identified: the coastal zone, the Southern Bight, the Frisian Front area and the northern part of the Dutch sector of the North Sea. The distribution of seabirds is determined by such factors as the presence of breeding areas, migratory and wintering movements, feeding methods and availability of food.

The distribution of marine mammals depends on the species. Porpoises are found both in the northern part of the Dutch sector of the North Sea and in the coastal zone north of the Frisian Islands. Dolphins are rarely seen in coastal waters.

The effects of human activities in the Dutch sector of the North Sea are discussed in chapter 4 and can be summarized as follows. Fishery is a frequent large-scale activity which throughout the Dutch sector of the North Sea has resulted in considerable changes within the ecosystem. There is hardly any place where benthic communities can develop undisturbed. At least 10 benthic species have disappeared or their numbers have decreased substantially. The spawning stocks and stability of many fish stocks have decreased substantially as well. Some bird species, however, have increased in numbers. In addition, intensive fisheries have possibly contributed to the decline of sea mammal populations.

Offshore mining can, as a result of discharges of cuttings contaminated with oil-based muds (OBM), result in long-term local effects on the benthic system. Effects of water-based muds (WBM) cannot be ruled out, but will be found in smaller areas over a shorter period of time than the effects of OBM. Effects of discharges of production water have not been observed but could occur locally with effects on plankton, fish and birds. It seems unlikely that acoustic disturbance by offshore mining (including seismic surveys) should affect sea mammals which are more that 100 m away from the installation producing the disturbance. Some disturbance may occur as a result of ship and helicopter movements associated with offshore mining.

Sand and gravel extraction and the laying of pipelines and telecommunication cables will result in local effects on the benthic system. The destruction of shellfish beds in the coastal zone by sand or gravel extraction might have long-term effects on scoters.

It is not possible to quantify the effects of substances introduced into the marine environment by shipping and military activities. Noise produced by such activities may affect communication between

sea mammals and behaviour of seabirds.

There may be a recovery of those populations which are affected by fisheries, discharges from mining installations, sand and gravel extraction and the laying of pipelines and telecommunication cables after termination of these activities in certain parts of the Dutch sector of the North Sea. This would contribute to the recovery and conservation of these populations in the North Sea in general (see chapter 5).

In general, recovery of communities may take 1 to 20 years (benthos and fish), 5 to 50 years (for seabirds) and 20 to more then 50 years (for sea mammals). Recovery will be impossible if gravel extraction has resulted in the removal of the entire layer of gravel on the seafloor.

Chapters 6 and 7 give the objectives and related criteria which are used for the designation and the selection of areas which qualify for a protected status.

The **first** criterion addresses the extent to which specific activities have developed into a threat to the existence or normal functioning of groups of animals or species in the Dutch sector of the North Sea.

Fishery activities result in large-scale effects on a large number of ecological groups (benthos, fish, seabirds, marine mammals) in the Dutch sector of the North Sea. Discharges of cuttings contaminated with OBM result in long-term local benthic effects. Other discharges by offshore mining installations and sand and gravel extraction have local but possibly large-scale effects on benthos in specific relatively small areas such as the Frisian Front area or the Klaverbank.

The **second** criterion addresses the question whether a prohibition or restriction of certain human activities in specific areas would reduce the threat to those groups of animals or species which were identified through the application of the first criterion. Alternatives for prohibitive or restrictive measures are also discussed.

The designation of protected areas where certain activities are prohibited or restricted has the potential to contribute to the conservation or recovery of threatened species. In a number of cases there is no alternative other than the designation of protected areas. This is true of the threat to the benthos and fish which is caused by fisheries activities in the (Dutch sector of the) North Sea, and, in specific relatively small areas, it is also true of the threat to benthos caused by discharges from offshore mining installations and by sand and gravel extraction.

The **third** criterion is used for identifying the areas most suitable for a protected status on the basis of the ecology of groups of animals or species which need protection. Ecological criteria such as diversity, representativeness, integrity and vulnerability have been used.

The application of ecological criteria results in the general conclusion that, within the Dutch sector of the North Sea, the following types of areas qualify for a protected status: a sandy area, a muddy area, an area with frontal characteristics and a gravel area. A protected area should contain coastal waters and an adequate depth gradient. An unbroken area which contains areas of all types would be the most effective option for protection. For the protection of benthos species with a limited migration, areas of circa one hundred square kilometers each would be sufficient; for fishspecies with an extensive migration pattern it would be necessary to protect a large part of the whole North Sea. It is concluded that for the protection of those species which are most characteristic of the Dutch sector of the North Sea it is necessary to protect an area with a total surface of some 3 ICES blocks (each some 60 x 60 square kilometers).

The **fourth** criterion addresses the question whether there are adequate legal instruments to ensure effective protection of the selected areas.

On the basis of existing legal instruments it is, in principle, possible to protect these areas. However, there are certain problems associated with measures which are required with respect to fisheries, gravel extraction and offshore mining.

On the basis of the above criteria it is concluded that two areas within the Dutch sector of the North Sea qualify for a protected status:

1. An area directly northwest of the Frisian Islands (see Figs A and B). In this unbroken area of some 10,000 square kilometers it will be possible to protect a combination of different types of benthic communities (coastal waters, sandy bottoms, the Frisian Front area, muddy areas and restricted areas with gravel and stones). The area will also have an adequate depth gradient. The proposed area contains important spawning and nursery areas for fish (including squid) and habitats of many (non-commercial) fish species. Seasonal migratory routes to and from the Wadden Sea are concentrated in this area. Relatively large numbers of porpoises as well as dolphins and seabirds occur in this area. Protection of this area also strengthens the functioning of the Wadden Sea as a nursery area and supports the recolonisation of benthos in the Wadden Sea after, for instance, severe winters. There are two alternative options for the exact location of the area to be protected. The first alternative (Fig. A) has been chosen especially with an emphasis on conservation and recovery of the diversity of communities in the Dutch sector of the North Sea. The second alternative (Fig. B) more closely re-

lates to existing measures regarding fisheries. The proportion of muddy areas is very low in this alternative. An expansion of the proposed area in an easterly direction could be considered only if it connected the area with similar protected areas in the German sector of the North Sea. An expansion of the proposed area in a southerly direction would more closely relate to the ecological interests of the Wadden Sea.

The following protective measures are proposed for this area:

—The area will be closed for all types of fisheries throughout the year.

—Discharges from offshore mining installations which contain oil will be prevented (OBM) or minimized (production water).

—Additional area-specific protective measures with respect to offshore mining, shipping, military activities, sand extraction, dumping and the laying of pipelines can be considered whenever the situation in this area calls for such measures. Such measures should also be considered for areas to be used as reference areas for scientific research.

—The application of policies resulting from the implementation of international conventions with respect to conservation (the EC Bird Directive, the Conventions of Bonn, Berne and Ramsar, the proposed EC Habitat Directive).

2. Klaverbank (see Figs A and B). The Klaverbank, the only gravel area of importance in the Dutch sector of the North Sea, has a still relatively undisturbed benthic fauna which is specific to this type of area. The Klaverbank (approximately 800 square kilometers) should be given a protected status under which gravel extraction is prohibited, and discharges from offshore mining installations which contain oil will be prevented (OBM) or minimized (production water). Fisheries too should be prohibited but the limited size of this area rules out effective implementation and enforcement of such a measure. It is therefore advisable to develop proposals in cooperation with the United Kingdom for the designation of a protected area in the U.K. sector of the North Sea which should contain a large gravel area and possibly also the Klaverbank.

If a decision is taken to protect these areas, it will be necessary to develop a management plan. Chapter 8 gives a possible outline for such a management plan, including certain relevant issues. Firstly, it will be necessary to define objectives for these specific areas in addition to the objectives already defined for the designation of protected areas in general. Secondly, it will be necessary to attune measures for the management of these areas to the objectives of their protection.

A management plan will also have to address the organizational structure required for effective management of these areas. Arrangements for adequate enforcement and effective control of measures taken are also necessary. Programmes for scientific research will have to be developed.

2. INLEIDING

2.1. RELATIE TOT HET NATUURBELEIDSPLAN

Het project 'Beschermde Gebieden Noordzee' is opgenomen als project nr. 22 in het Natuurbeleidsplan van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Deze studie, die is uitgevoerd in opdracht van NMF (LNV) is een uitwerking van dit NBP-project.

Onafhankelijk van deze studie is door het Netherlands Institute for the Law of the Sea (NILOS, 1990) een studie uitgevoerd m.b.t. de juridische aspecten van het instellen van beschermde gebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee. De resultaten van deze juridische studie zijn in de onderhavige studie, met name in de hoofdstukken 7 en 8, gebruikt.

2.2. INHOUD VAN HET PROJECT

Voor het project 'Beschermde Gebieden Noordzee' werd door de Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij de volgende opdracht geformuleerd:
Het onderzoeken van de noodzaak en mogelijkheden voor de instelling van beschermde gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee als bijdrage aan het behoud en waar mogelijk herstel van een zo natuurlijk mogelijke verscheidenheid aan ecologisch waardevolle gebieden met hun specifieke levensgemeenschappen en kenmerkende soorten.

Deze werd onderverdeeld in de volgende deelvragen:

1. Het, indien mogelijk, overzichtelijk weergeven van de verspreiding in ecologische zones van plankton, benthos, vissen, zeevogels en zeezoogdieren in de Nederlandse sector van de Noordzee, waarbij de relevante biotische en abiotische kenmerken zullen worden aangegeven.

Dit is in hoofdstuk 3 en de daarbij behorende bijlage van dit rapport uitgewerkt.

2. Het geven van inzicht in 'dosis-effect relaties' tussen de ecologische kenmerken van de in 1 genoemde ecologische zones en de menselijke activiteiten in de Nederlandse sector van de Noordzee die van invloed zijn op deze ecologische kenmerken.

Dit is in hoofdstuk 4 en de daarbij behorende bijlage van dit rapport uitgewerkt.

3. Het geven van inzicht in de ecologische potenties van de Noordzee bij relatief ongestoorde omstandigheden. Hiermee wordt bedoeld een situatie waarin de bij 2 genoemde activiteiten niet plaats zouden vinden.

Dit is in hoofdstuk 5 van dit rapport uitgewerkt.

4. Het selecteren van gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee die in aanmerking komen voor een beschermde status op basis van de ecologische gegevens en criteria en op basis van beleidsmatige en praktische argumenten. Hierbij wordt gestreefd naar het zoveel mogelijk beschermen van gebieden in verschillende ecologische zones, en naar gebieden van voldoende oppervlakte.

Dit is in de hoofdstukken 6 en 7 van dit rapport uitgewerkt.

2.3. AFBAKENING VAN DE STUDIE

De studie richt zich op het ecosysteem van de Nederlandse sector van de Noordzee. De begrenzing van de Nederlandse sector van de Noordzee valt aan de zeezijde samen met de begrenzing van het Nederlands deel van het Continentaal Plat en aan de landzijde met de basislijn (i.h.a. de laagwaterlijn) (Fig. achterkaft). De Voordelta valt buiten het kader van deze studie omdat voor dit gebied een apart integraal beleidsplan in voorbereiding is.

Binnen dit gebied is aandacht geschonken aan die activiteiten die in principe op de Noordzee te reguleren zijn: visserij, offshore mijnbouw, zand- en grindwinning, militaire activiteiten, scheepvaart, en buisleidingen en kabels. De effecten van calamiteiten die bij de uitvoering van deze activiteiten kunnen optreden, zijn niet in deze studie betrokken.

De verontreiniging van de Noordzee vanuit andere bronnen (rivieren, atmosferische depositie, dumping) blijft in dit rapport buiten beschouwing, omdat de daarmee samenhangende problematiek alleen in het kader van het algemeen (Noordzee)milieubeleid kan worden behandeld. Daar waar de in dit rapport wel behandelde activiteiten bijdragen aan de vervuiling van (delen van) de Noordzee zal dit echter zoveel mogelijk in samenhang met de andere bronnen van vervuiling beoordeeld worden.

2.4. DE RELATIE MET HET ALGEMENE NOORDZEEBELEID

Het bieden van bescherming aan specifieke gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee zou één van de instrumenten kunnen zijn binnen het algemene beleid ter bescherming van het Noordzeemilieu. Dat beleid is de afgelopen jaren op nationaal en internationaal niveau vastgelegd in een groot aantal beleidsnota's, overeenkomsten en maatregelen.

Het Nederlands Noordzeebeleid heeft daarbij in algemene zin vorm gekregen in de verschillende nota's met betrekking tot de Harmonisatie van het Noordzeebeleid. De bescherming van het Noordzeemilieu is in dit kader met name uitgewerkt in het Waterkwaliteitsplan Noordzee.

Op nationaal niveau zijn daarnaast ook de volgende beleidsnota's van belang:
—het Nationaal Milieubeleidsplan,
—de Derde Nota Waterhuishouding, en
—het Natuurbeleidsplan.
Deze nota's bieden een algemeen kader voor het Nederlands beleid ten aanzien van de bescherming van natuur en milieu en zijn daarmee ook gedeeltelijk van toepassing op de Noordzee.

Op internationaal niveau zijn de resultaten van de drie internationale Ministersconferenties over de Noordzee van belang. Met name de derde Noordzee Ministersconferentie in Den Haag resulteerde daarbij in uitspraken die zich specifiek richten op natuurbescherming en de bescherming van natuurlijke habitats in de Noordzee.

Een globaal overzicht van relevante beleidsuitspraken op nationaal en internationaal niveau is als bijlage II bij dit rapport gevoegd.

2.5. AFSTEMMING OP ANDERE IN VOORBEREIDING ZIJNDE BELEIDSNOTA'S

Naast de onderhavige studie vinden ook op andere plaatsen activiteiten plaats die relevant zijn in het kader van de mogelijke aanwijzing van beschermde gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee.

Momenteel wordt er binnen de overheid gewerkt aan een vervolg op het Waterkwaliteitsplan Noordzee, het Watersysteemplan Noordzee, waarin onder meer aandacht wordt geschonken aan milieuzonering voor de Nederlandse sector van de Noordzee. De resultaten van deze studie zullen bij het opstellen van het Watersysteemplan (WSP) worden betrokken.

Daarnaast wordt gewerkt aan een in het Beleidsplan 1989-1992 Harmonisatie Noordzeebeleid (1988) aangekondigde discussienota over noodzaak en eventuele inhoud van een verdere ruimtelijke uitwerking van het Noordzeebeleid.

Betrokkenen bij deze nota's waren vertegenwoordigd in de begeleidingscommissie van de voorliggende studie. Daarnaast is ook in direct overleg getracht de werkzaamheden in de verschillende kaders zo veel mogelijk op elkaar af te stemmen.

2.6. DOELSTELLINGEN VAN HET INSTELLEN VAN BESCHERMDE GEBIEDEN

Het aanwijzen van beschermde gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee dient geplaatst te worden in het kader van het Nederlandse natuurbeschermingsbeleid, dat zich richt op duurzame instandhouding, herstel en ontwikkeling van natuurlijke waarden.

Voor de Nederlandse sector van de Noordzee kan dat nader uitgewerkt worden tot de volgende doelstellingen:

1. Het instandhouden, herstellen en ontwikkelen van natuurlijke waarden in de Nederlandse sector van de Noordzee door het in bepaalde gebieden terugdringen van de effecten van die menselijke activiteiten die meetbare wijzigingen van het Noordzee-ecosysteem tot gevolg hebben.

2. Het bieden van bescherming aan diergroepen die tot de natuurwaarden van de Nederlandse sector van de Noordzee behoren en waarvan nu dreiging bestaat dat deze diergroepen niet langer in dit deel van de Noordzee zullen voorkomen dan wel niet langer 'normaal' zullen kunnen functioneren.

3. HET ECOSYSTEEM VAN DE NOORDZEE
(SAMENVATTING VAN BIJLAGE III)

3.1. RELEVANTE ABIOTISCHE ASPECTEN

De hydrografie en de geomorfologie van de Noordzee zijn in belangrijke mate bepalend voor de locale levensgemeenschappen, zowel in en op de bodem als in de waterkolom.

Hydrografie
In de Nederlandse sector van de Noordzee worden 4 watermassa's onderscheiden: Kanaalwater, Centrale Noordzeewater, Engels kustwater en Continentaal kustwater (Fig. 3.1). Het van het zuiden instromend Kanaalwater en de deklaag van het vanuit het noorden aangevoerde Centrale Noordzeewater zijn relatief zout, helder en arm aan nutriënten en organismen. Het dieper gelegen Centrale Noordzeewater is 's zomers rijker aan nutriënten en organismen. Het kustwater is troebeler en nutriëntenrijker en bevat hogere gehalten verontreinigende stoffen. De noord-noord-oost lopende reststroom is de resultante van stromingen veroorzaakt door het getij, de wind en dichtheidsverschillen. In en nabij het Friese Front gebied ligt de grens van het Kanaalwater en het Centrale Noordzeewater; de westgrens van het kustwater ligt *ca.* 40 km ten westen van de Nederlandse kust.

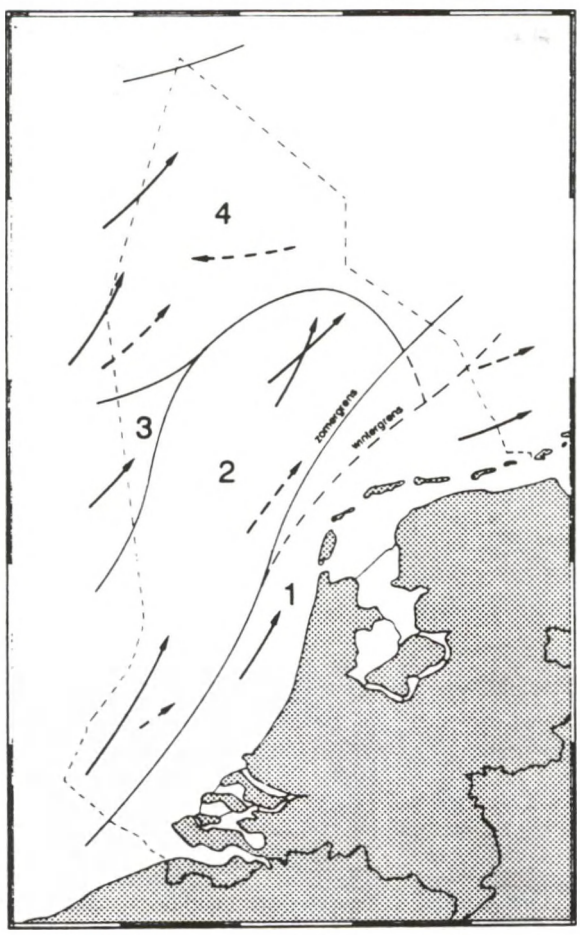


Fig. 3.1. De verschillende watermassa's in de Nederlandse sector van de Noordzee in zomer en winter: 1 Continentaal kustwater; 2 Kanaalwater; 3 Engels kustwater; 4 Centrale Noordzeewater
⟶ oppervlakte-reststroom
- - → bodem-reststroom
(naar Laevastu, 1963).

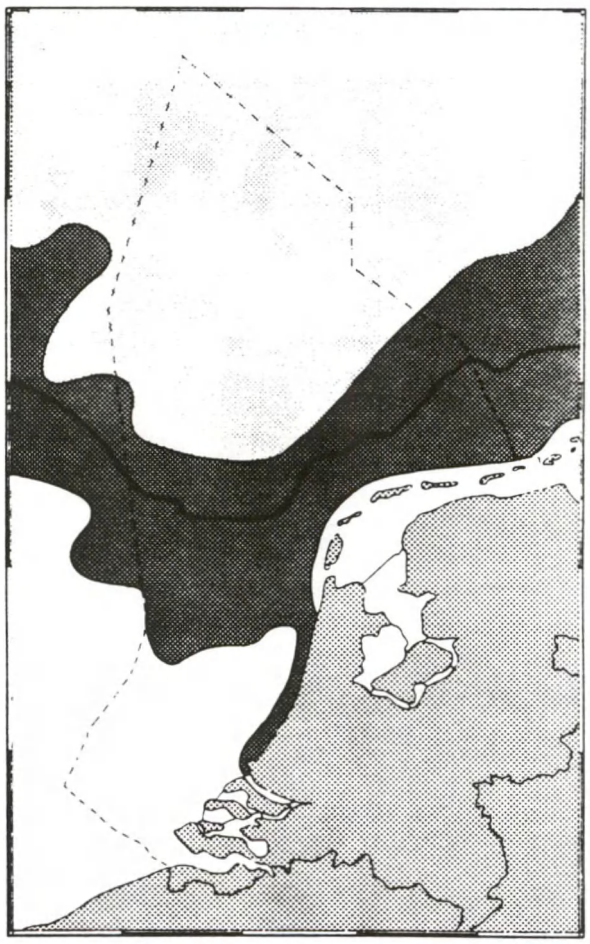


Fig. 3.2. Theoretische ligging van het zomerse getijdefront in de Nederlandse sector van de Noordzee.
— getijdefront
gestratificeerd
overgangsgebied
gemengd
(naar Pingree e.a., 1978)

In de Nederlandse sector van de Noordzee wordt onderscheid gemaakt tussen altijd gemengde en 's zomers gestratificeerde watermassa's (Fig. 3.2). Door getijstromen (en wind) is de Zuidelijke Bocht het gehele jaar verticaal gemengd. De Oestergronden zijn in de zomermaanden door opwarming van de oppervlaktelaag veelal gelaagd en van de gemengde Zuidelijke Bocht gescheiden door een tussenliggend gebied met een getijfront (het Friese Front gebied). De ligging van het front kan van jaar tot jaar, maar ook binnen een seizoen sterk verschillen en het front is incidenteel geheel niet aan te tonen. 's Winters is de gehele Noordzee verticaal gemengd.

Geomorfologie

Het huidige zeebodemprofiel heeft zich gevormd in de laatste 300.000 jaar, waarbij ijstijden en zeespiegelveranderingen een bepalende rol speelden. De meest recente sedimentformaties zijn de zandbanken langs de kust, de zandgolfsystemen in de Zuidelijke Bocht en de slibafzettingen in o.a. de Oestergronden. Dit verloop heeft geleid tot een mozaïekachtig patroon van grind-, zand- en slibafzettingen in de Noordzee (Fig. 3.3). Dit patroon is vrij stabiel: grind wordt niet door de getijstromen verplaatst en netto zandtransport beperkt zich tot ondiepe gebieden met sterke getijstromen en/of golfwerking zoals de branding, waar het zand in suspensie wordt getransporteerd. Fijn gesuspendeerd materiaal (0,45 μm tot 70 μm) bestaat 's zomers voor 90% en 's winters voor 10 à 20% uit organisch

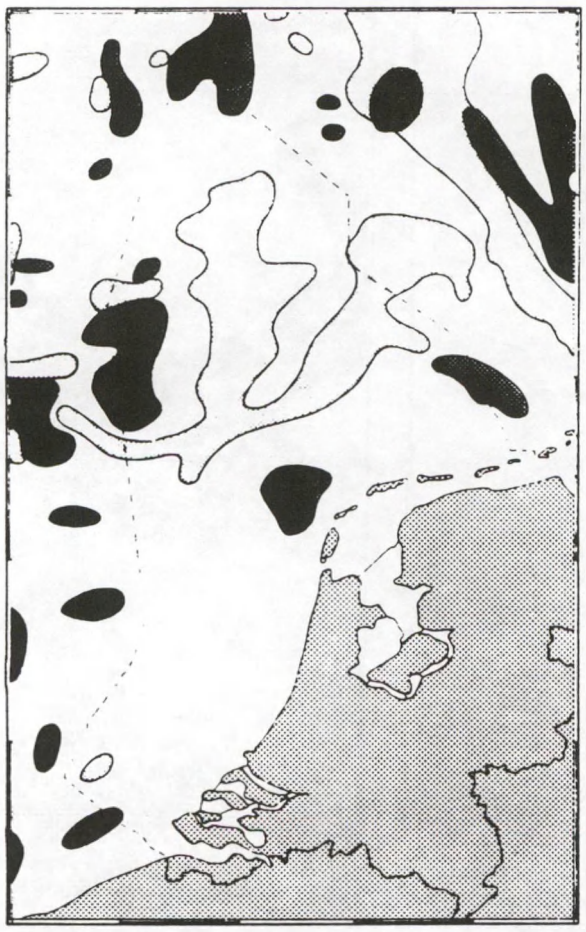


Fig. 3.3. Sedimenten in de Nederlandse sector van de Noordzee.
slib
zand
grind
(naar Veenstra, 1970).

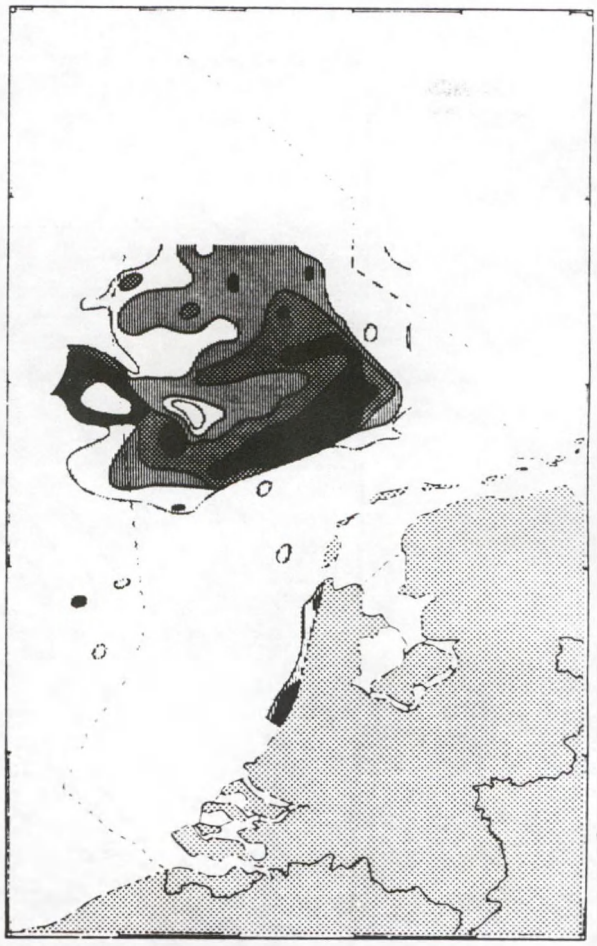


Fig. 3.4. De Oestergronden, globaal te omschrijven als een gebied met een 'mud'gehalte (deeltjes < 50 μm) van meer dan 2%.
> 20%
15-20%
10-15%
5-10%
2-5%
< 2%
(naar Creutzberg e.a., 1984).

materiaal. Minerale deeltjes vormen het overige deel van het fijne gesuspendeerde materiaal. Sterke sedimentatie van fijn organisch materiaal treedt op in de beschut gelegen Oestergronden. Langs de zuidgrens van de Oestergronden bevindt zich de overgangszone tussen de grofzandige, slibarmere Zuidelijke Bocht en de fijnzandige en slibrijkere sedimenten van de Oestergronden (Fig. 3.4). Deze overgangszone in het Friese Front gebied wordt gekenmerkt door sterke sedimentatie en hoge slibgehalten van de bodem veroorzaakt door de vrij plotselinge uitzakking van fijn materiaal uit de waterkolom als gevolg van de in deze zone sterk afnemende stroomsnelheden nabij de bodem.

3.2. PLANKTON

Plankton bestaat uit zich min of meer passief met het water verplaatsende plantaardige en dierlijke organismen.

Op basis van de soortensamenstelling en produktie van fytoplankton zijn in de Nederlandse sector van de Noordzee 4 zones te onderscheiden: kustzone, zuidelijke Noordzee, centrale Noordzee en het Friese Front gebied (Fig. 3.1 en 3.2).

In de zuidelijke Noordzee (inclusief de kustzone) zijn bloeien van diatomeeën, dinoflagellaten en microflagellaten (*Phaeocystis*) afwisselend dominant. De primaire produktie bedraagt *ca.* 200 g C $m^{-2} \cdot j^{-1}$, waarbij in de geëutrofieerde kustzone waarden tot maximaal 400 g C $m^{-2} \cdot j^{-1}$ bereikt worden. Het (meso)zooplankton (voornamelijk bestaand uit copepoden) kan door een trage voortplantingssnelheid slechts een uiterst gering deel van de bloeien begrazen.

In het Friese Front gebied blijft de biomassa fytoplankton gedurende de gehele zomer hoog en wordt een chlorofyl-maximum aangetroffen juist boven de slibrijke overgangszone in het sediment. In de 's zomers gestratificeerde centrale Noordzee bedraagt de fytoplanktonproduktie (diatomeeën, microflagellaten, dinoflagellaten) *ca.* 250 g C $m^{-2} \cdot j^{-1}$, waarbij het chlorofyl-maximum in de thermocline wordt aangetroffen.

Het mesozooplankton (60-70% van de biomassa zijn copepoden) vertoont een naar het noorden toenemende produktie: de produktie bedraagt in de Zuidelijke Bocht 10 g C $m^{-2} \cdot j^{-1}$, oplopend tot 20 g C $m^{-2} \cdot j^{-1}$ in de noordelijke Noordzee. Boven de slibzone van het Friese Front gebied wordt een sterk verhoogde dichtheid copepoden waargenomen.

Lange termijn trends in het plankton van de Noordzee (afnemende diatomeeëndichtheid, vertraagde inzet groeiseizoen, afnemende zooplanktonproduktie in de periode 1950-1980 en een toenemende vanaf 1980) worden toegeschreven aan grootschalige klimatologische veranderingen. De vooral in de Nederlandse kustzone geconstateerde verhoogde primaire produktie en in duur en aantal toegenomen fytoplanktonbloeien worden toegeschreven aan antropogene eutrofiëring die via het fytoplankton het gehele ecosysteem kan beïnvloeden.

Bij de selectie van te beschermen gebieden dienen tevens gebieden te worden gekozen waar antropogene invloeden als eutrofiëring en verontreiniging zo min mogelijk spelen.

3.3. BENTHOS

Het benthos kan naar grootte worden ingedeeld in micro-, meio- en macrobenthos. Het macrobenthos wordt verder onderscheiden in infauna (in de bodem levend) en epifauna (op de bodem levend).

3.3.1. MICROBENTHOS

Bacteriën en protozoa vormen de belangrijkste groepen binnen het microbenthos. Ten aanzien van verspreiding en biomassa in de Noordzee zijn weinig gegevens bekend.

Het microbenthos speelt bij de keuze voor beschermde gebieden geen rol. De diversiteit van het ecosysteem met betrekking tot het microbenthos zal voldoende gewaarborgd zijn als een grote variëteit aan sedimentkarakteristieken in het beschermde gebied aanwezig is.

3.3.2. MEIOBENTHOS

Het meiobenthos, bestaand uit nematoden, kleine crustaceeën (copepoden) en protozoën, vormt een lage maar stabiele biomassa met een hoge productiviteit.

Nematoden vormen in de gehele Noordzee 70 à 80% van de meiofauna-individuen, in dichtheid gevolgd door copepoden en turbellaria. Uitsluitend in de zandige Zuidelijke Bocht domineren copepoden. De copepoden in de Noordzee kunnen in 5 clusters onderscheiden worden, waarvan er 3 in de Nederlandse sector van de Noordzee worden aangetroffen (Fig. 3.5).

In de kustzone worden afnemende dichtheden (max. 2.000.000 ind·m^{-2}) en een toenemende soortenrijkdom van het meiobenthos in zeewaartse richting geconstateerd. Het gebied ten westen van Texel en Vlieland is soortenrijker, maar individuen-armer, dan de gebieden langs de Hollandse kust en benoorden de overige Waddeneilanden. In het algemeen neemt de soortenrijkdom toe bij een toenemende korrelgrootte.

In de slikkiger Oestergronden worden hogere dichtheden (tot 3.000.000 ind·m^{-2}) aangetroffen dan in de kustzone. Maximale dichtheden worden rond de Doggersbank en in het zeer slibrijke Friese Front

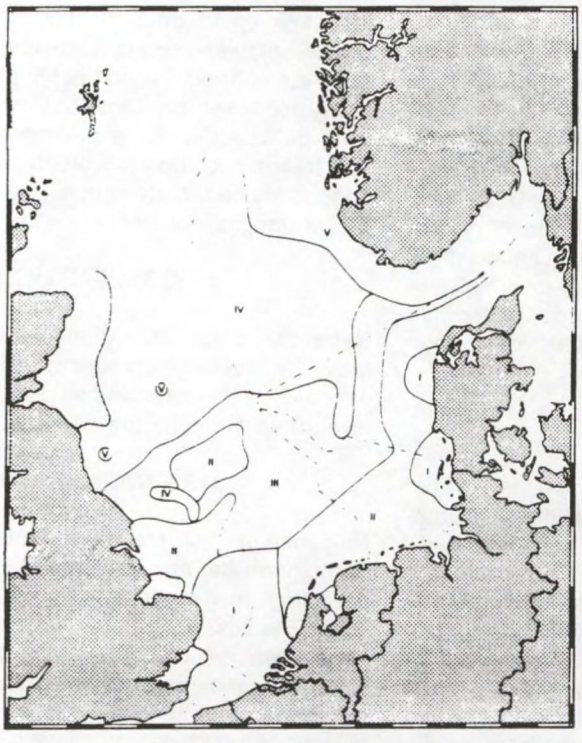


Fig. 3.5. Clusterindeling van copepoden (meiobenthos) in de Noordzee gebaseerd op dichtheden, soortensamenstelling en diversiteit; niet bemonsterde gebieden (naar Huys e.a., 1990).

gebied (tot 4.000.000 ind·m^{-2}) waargenomen. De biomassa wordt in de Oestergronden op 0.3 gC·m^{-2} geschat, in de centrale gebieden van de Zuidelijke Bocht op 0.7 g C·m^{-2}.

Een gradiënt van deze sedimenttypen in het beschermde gebied biedt de beste voorwaarde voor diversiteit in het meiobenthos.

3.3.3. MACROBENTHOS

Infauna

Macrobenthos, voornamelijk bestaand uit in de bodem levende polychaete wormen, mollusken, echinodermen en crustaceeën, is qua biomassa en produktie een belangrijke groep binnen het zoobenthos.

In het algemeen neemt in noordelijke richting op de Noordzee de biomassa en het individueel gewicht af, terwijl de dichtheid en diversiteit toenemen. Locaal kunnen in fijnere sedimenten afwijkende karakteristieken optreden. De gehele Noordzee kan in principe in 3 benthische hoofdzones worden verdeeld. De soortensamenstelling wordt primair bepaald door de waterdiepte, waarmee het temperatuurregiem gecorreleerd is. Binnen een temperatuurzone is het sedimenttype bepalend voor de soortensamenstelling: vele soorten in alle taxonomische groepen zijn wat betreft hun verspreiding tot bepaalde sedimenttypen beperkt.

Voor de Nederlandse sector van de Noordzee, die geheel in eenzelfde temperatuurzone ligt, geldt dat het aantal soorten per station ten noorden van het Friese Front gebied groter is dan ten zuiden van deze zone. Van alle macrobenthossoorten in de Noordzee (uitgezonderd de Noorse Geul) komt *ca.* 40% in de Nederlandse sector van de Noordzee voor. De biomassa die toeneemt in fijnere sedimenten zoals de Oestergronden is het hoogst in extreme sedimentatiegebieden als het Friese Front gebied en benoorden de Doggersbank (Fig. 3.6). Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee kunnen op grond van soortensamenstelling een aantal clusters worden onderscheiden (Fig. 3.7).

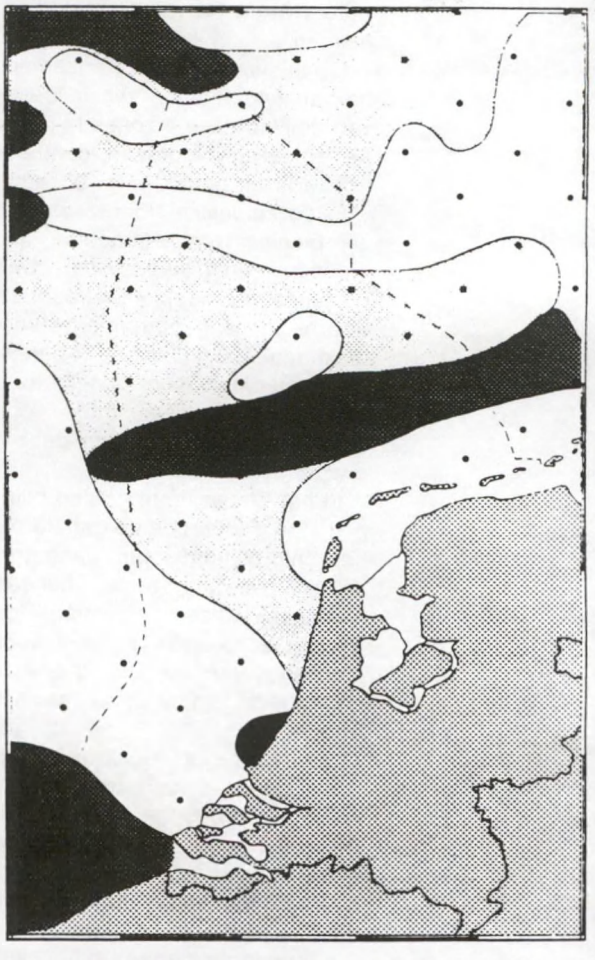


Fig. 3.6. Biomassa van de macrobenthische infauna in de Nederlandse sector van de Noordzee.
0-10 g AFDW·m^{-2}
10-20 g AFDW·m^{-2}
> 20 g AFDW·m^{-2}
(Duineveld e.a., 1990, geïnterpreteerd door de Wilde, NIOZ, pers. com.).

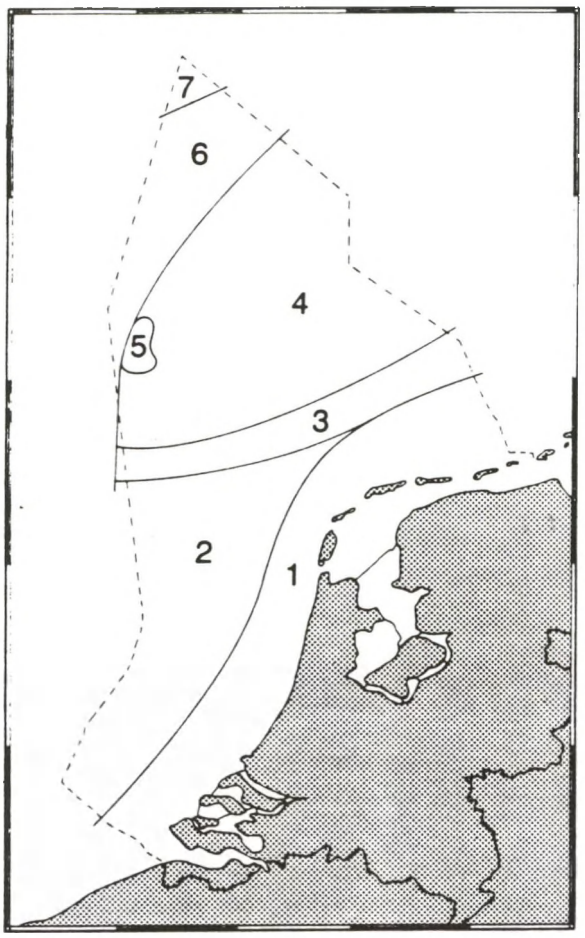


Fig. 3.7. Indeling van de macrobenthische infauna in de Nederlandse sector van de Noordzee.
1 Kustwateren;
2 Zuidelijke Bocht;
3 Friese Front gebied;
4 Oestergronden;
5 Klaverbank;
6 Doggersbank;
7 Het gebied ten noorden van de Doggersbank
(naar Duineveld e.a., 1990; Duursma e.a., 1988).

Deze gebieden kunnen als volgt omschreven worden:
— **de Zuidelijke Bocht** en de **kustzone** (tot 30 m diep) met grof- tot fijnzandige sedimenten worden gekenmerkt door een *Venus gallina*-gemeenschap met *Ophelia borealis* als indicatorsoort. De biomassa is relatief laag en varieert van 1 tot 10 g AFDW·m^{-2} en het aantal soorten per station (0,3 m^2) is gering (20-30). In de kustzone kan een onderscheid worden gemaakt in 4 deelclusters.
—**de Oestergronden** (30-50 m diep) bestaand uit fijnzandige sedimenten met maximaal 20% slib worden gekenmerkt door een *Amphiura*-gemeenschap. De biomassa is 6-18 g AFDW·m^{-2}, het aantal soorten per station 40-70.
—**de Doggersbank** (15-30 m diep) met fijnzandige sedimenten wordt gekenmerkt door een *Venus gallina*-gemeenschap met *Tellina fabula* als indicatorsoort. De biomassa is relatief gering (4-10 g AFDW·m^{-2}), het aantal soorten per station is 40-60.
— het gebied **benoorden de Doggersbank** (30-70 m diep) met fijn zand en een gemiddeld slibgehalte, waar een hoge biomassa (30 g AFDW·m^{-2}) en 50 à 60 soorten per station worden aangetroffen. Opvallend is in dit gebied het voorkomen van zware langlevende mollusken, waarschijnlijk het gevolg van een geringe bodemtrawlvisserij.
—het zeer slibrijke (> 20%) sedimentatiegebied in het **Friese Front gebied** langs de zuidrand van de Oestergronden, waar een gradiënt in slibgehalte en gehalte organische stof samengaat met een gradiënt in soortcompositie en biomassa van de infauna. Deze *Amphiura*-gemeenschap heeft een biomassa van 26-35 g AFDW·m^{-2} en bestaat uit 40-70 soorten per station.
—de **Klaverbank,** een gebied met grindbanken, herbergt een fauna die qua biomassa en soortenrijkdom met de Oestergronden vergelijkbaar is. De fauna wordt qua dichtheid gedomineerd door polychaete wormen, maar qua biomassa door mollusken, met name zware langlevende soorten, die evenals in het gebied benoorden de Doggersbank 70% van de biomassa vormen. De Klaverbank kan als een refugium voor deze langlevende mollusken in de Nederlandse sector van de Noordzee worden beschouwd.

Epifauna

De epifauna (stekelhuidigen, kreeftachtigen, zeeanemonen, koralen, sponzen) van de Noordzee kan worden ingedeeld in noordelijke en zuidelijke soorten: de Doggersbank vormt daarbij een overgangsgebied.

De Nederlandse sector van de Noordzee ligt geheel in de zuidelijke zone. De biomassa is relatief hoog rond de Doggersbank, in de sedimentatiezone in het Friese Front gebied en langs de Hollandse kust. Op basis van de soortensamenstelling die in grote lijnen bepaald wordt door gradiënten in sedimentsamenstelling en diepte, kan de Nederlandse sector van de Noordzee onderverdeeld worden in 4 clusters (Fig. 3.8). Op en ten noorden van de **Doggersbank** wordt de biomassa bepaald door met name sessiele dieren, zoals anemonen en sponzen. Mogelijk houdt dit verband met een lage bodemtrawlintensiteit in deze gebieden. Een dergelijke situatie doet zich ook voor op de **Klaverbank,** waar poliepen, mosdieren en kalkkokerwormen veelvuldig voorkomen. Ten zuiden van de Doggersbank wordt de biomassa gedomineerd door echinodermen. De totale biomassa is niet gecorreleerd met de totale biomassa van het infauna. In het **kustgebied** wordt de bio-

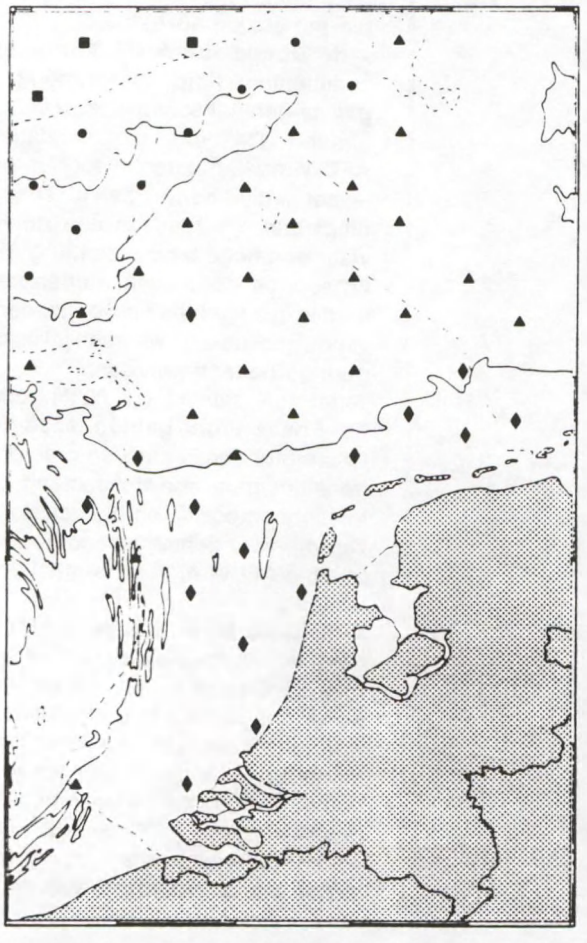


Fig. 3.8. Indeling van de epifauna in de Nederlandse sector van de Noordzee in clusters.
■ ten noorden van de Doggersbank
● Doggersbank
▲ Oestergronden
♦ kustzone
(naar Duineveld & van Noort, 1990).

massa door de zeester (*Asterias rubens*) en in de **Oestergronden** door de slangster (*Ophiura albida*) gedomineerd. Op de slibrijke zone in het **Friese Front** gebied komen vooral kreeftachtigen (zoals de garnaal *Crangon almanni* en de zwemkrab *Macropipus holsatus*) in verhoogde dichtheden voor.

3.3.4. LANGE TERMIJN TRENDS MACROBENTHOS

De in de Nederlandse kustzone en de Duitse Bocht gedurende de laatste decennia gesignaleerde biomassa-toename en verschuivingen in soortensamenstelling van het macrobenthos worden toegeschreven aan eutrofiëring, waardoor de dichtheid van met name polychaeten, maar ook mollusken, in het algemeen toeneemt.

Lange termijn trends in het voorkomen van langlevende soorten infauna en epifauna in de Nederlandse sector van de Noordzee zijn nauwelijk gedocumenteerd. Aanwijzingen uit NIOZ-waarnemingen voor het verdwijnen c.q. sterk verminderd voorkomen van deze soorten worden in verband gebracht met de gedurende de laatste decennia sterk toegenomen bodemtrawlvisserij. De oester (*Ostrea edulis*) is uit de gehele Nederlandse sector van de Noordzee en de Duitse Bocht verdwenen; de paardemossel *Modiolus modiolus* en grote tweekleppigen als *Dosinia exoleta*, *Glycymeris glycymeris* en de noordkromp *Arctica islandica* zijn in de Nederlandse sector van de Noordzee en zeker in de kustzone tot aan het Friese Front gebied sterk in dichtheid achteruitgegaan, evenals de noordhoorn (*Neptunea antiqua*), een grote slak. Er bestaan aanwijzingen dat koralen (bijv. dodemansduim *Alcyonium digitatum*) en sponzen (bijv. de broodspons *Halichondria panicea*) in de zuidelijke Noordzee en de kustzone sterk in dichtheid zijn verminderd. Koralen en anemonen ontbreken nagenoeg ten zuiden van de Doggersbank, uitgezonderd op scheepswrakken. De zeekat (*Sepia officinalis*), een inktvis die aan de bodem (grind en stenen) gehechte eieren produceert, lijkt in aantal sterk achteruit te zijn gegaan in de kustzone. De zeekreeft (*Homarus gammarus*) is in de loop van deze eeuw door overbevissing sterk in aantal achteruit gegaan in de Nederlandse kustzone.

Indien door het instellen van beschermde gebieden de diversiteit van de macrobenthische infauna en epifauna in de Nederlandse sector van de Noordzee zoveel mogelijk gewaarborgd moet blijven, dienen in de beschermde gebieden de voor de Nederlandse sector van de Noordzee karakteristieke sedimenttypen en waterdiepten vertegenwoordigd te zijn. Ook de voor de seizoensmigratie van epifauna vereiste dieptegradiënt dient in deze gebieden aanwezig te zijn.

3.4. VISSEN

3.4.1. VERSPREIDING

Van de 90 tijdens survey's waargenomen vissoorten vormen de 11 commercieel belangrijkste soorten 70 à 80% van de totale biomassa in de Noordzee, die rond de 10^7 ton wordt geschat. De totale jaarlijkse visproduktie wordt eveneens op 10^7 ton geschat.

In de gehele Noordzee kunnen 3 gebieden worden onderscheiden met een kenmerkende visfauna: de zone rond de rand van het continentale plat (200 tot meer dan 1000 m diep), het centrale gebied (40-200 m diep) en het zuidoostelijk zeegebied (< 40 m diep)

Fig. 3.9. Verspreiding van visfauna in de Noordzee in drie hoofdgroepen gebaseerd op clusteranalyse van gemiddelde biomassa van de 50 meest voorkomende soorten gevangen in de English Groundfish Surveys 1982-1986.
visfauna nabij de rand van het continentale plat
centrale visfauna
zuidoostelijke visfauna
(naar Daan e.a., 1990a).

(Fig. 3.9). De Nederlandse sector van de Noordzee bevindt zich geheel in het zuidoostelijk zeegebied en bezit in de zomer de grootste biomassa platvis (schol *Pleuronectes platessa*, tong *Solea solea*, schar *Limanda limanda*) en haring (*Clupea harengus*) en de geringste biomassa roggen.

Niet alleen factoren als temperatuur, voedsel, sedimenttype en waterdiepte bepalen de verspreiding van de soorten in de Nederlandse sector van de Noordzee, maar ook de aanwezigheid van paai- en opgroeigebieden en de ligging van migratieroutes. Gegevens over de verspreiding van niet-commerciële soorten zijn schaars. Voorlopige conclusies uit onderzoek in de Nederlandse sector wijzen op soorten met een meer noordelijke verspreiding in slibrijke gebieden, zoals schurftvis (*Arnoglossus laterna*), pitvis (*Callionymus lyra*) en wijting (*Gadus merlangus*) en soorten met een meer zuidelijke verspreiding in zandige gebieden, zoals grondel (*Pomatoschistus spec.*) en dwergtong (*Buglossium luteum*). In de sedimentatiezone van het Friese Front gebied vertonen schar, dwergtong, pitvis en wijting de hoogste dichtheden. Ook pelagische vissoorten als sprot (*Sprattus sprattus*) en haring zijn boven deze overgangszone in hoge dichtheden aanwezig.

De zone tot *ca.* 40 km uit de Nederlandse kust behoort tot het verspreidingsgebied van vele vissoorten. Niet-commerciële soorten als pitvis, snotolf (*Cyclopterus lumpus*), slakdolf (*Liparis liparis*), meun (*Onos cimbrius*), harnasmannetje (*Agonus cataphractus*) en kleine pieterman (*Trachinus vipera*) bewonen deze zandige kustgebieden, die tevens als opgroeigebieden dienen voor de jongste jaarklassen schol, tong, haring, kabeljauw (*Gadus morhua*), griet (*Scophthalmus rhombus*), tarbot (*Scophthalmus maximus*) en poon (*Trigla gurnardus*). Seizoens- en paaimigraties brengen soorten als tong en pijlstaartrog (*Dasyatis pastinaca*) in de gehele Nederlandse kustzone en seizoensmigranten als koornaarvis (*Atherina presbyter*), geep (*Belone belone*), harder (*Mugil spec.*), ansjovis (*Engraulis encrasicolus*), hondshaai (*Scilorhinus canicula*), bot (*Pleuronectes flesus*), grondel en zeenaald (*Syngnatidae*) in de kustgebieden ten westen en ten noorden van de Waddeneilanden. Dit laatste gebied heeft bovendien een uiterst belangrijke functie als opgroeigebied voor schol en tong in het 2e en 3e levensjaar, nadat de Waddenzee als kinderkamer na het 1e seizoen is verlaten.

3.4.2. PAAI- EN OPGROEIGEBIEDEN

Paaigebieden van soorten met vrij in het water zwevende eieren, zoals schol, kabeljauw, makreel (*Scomber scombrus*) en sprot zijn over het algemeen niet scherp begrensd. Paaigebieden van soorten die de eieren aan bodemstructuren hechten, zoals haring (Fig. 3.10), stekelrog (*Raja clavata*), grondel en zandspiering (*Ammodytes lancea*) worden door o.a. sedimenttype, bodemstructuren en zuurstofgehalte bepaald. Demersale eieren worden veelal in relatief geringe aantallen geproduceerd. De jaarlijkse paaiperioden van de soorten overlappen elkaar sterk.

De verspreiding van de meeste vissoorten is sterk afhankelijk van de leeftijd; jongere jaarklassen bevinden zich in relatief ondiep kustwater, oudere jaarklassen in dieper water. Soorten als schol, tong, schar, koolvis (*Gadus virens*), haring, rog en ook kabeljauw groeien uitsluitend of voornamelijk op in specifieke opgroeigebieden zoals de kustzone tot de 30 m dieptelijn, inclusief de estuaria. Zo groeit 60% van de Noordzee scholpopulatie in het eerste levensjaar op in de internationale Waddenzee, en 20 à 30% in de Nederlandse kustzone waarvan het merendeel in de Waddenzee. De aanwezigheid van geschikte opgroeigebieden leidt tot relatief grote dichtheden schol, tong en schar in de zuidelijke Noordzee.

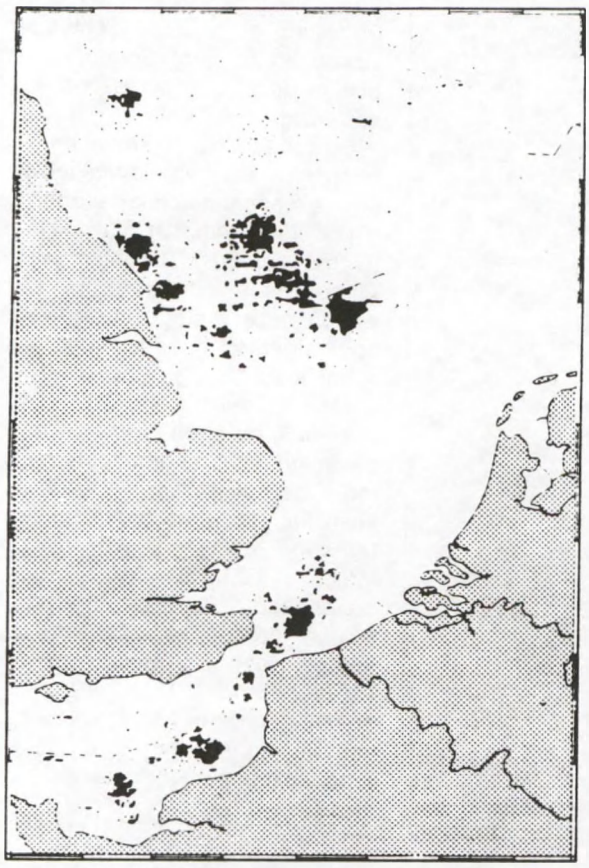


Fig. 3.10. (Potentiële) paaigebieden van haring (*Clupea harengus*) in de Noordzee; in de figuur is het Klaverbankgebied met een rechthoek aangegeven (naar Postuma e.a., 1975).

3.4.3. LANGE TERMIJN TRENDS

De biomassa demersale rondvis (kabeljauw, schelvis (*Gadus aeglefinus*), wijting en koolvis) vertoont een gestaag afnemende trend als gevolg van door de visserij veroorzaakte afnemende jaarlijkse overlevingskansen. De lage paaistand van kabeljauw is reden tot bezorgdheid. Vergeleken bij de 60er jaren bestaat de populatie voor een groter gedeelte uit jongere (1 en 2 jarige) vis, waardoor de totale grootte van de slechts uit enkele jaarklassen bestaande populatie sterk beïnvloed wordt door de fluctuaties in jaarklassterkte.

De biomassa van pelagische soorten als haring en makreel is in het midden van de 60er jaren sterk afgenomen door de snel stijgende visserij-mortaliteit in combinatie met een aantal jaren van slecht recruitment. Vooral de opkomst van de industrievisserij op jonge haring heeft bijgedragen aan de snelle reductie van de haringstand. Na een visserij-stop van enkele jaren die gevolgd werd door een aantal sterke jaarklassen is de biomassa van haring weer sterk toegenomen. De populatiegrootte van makreel (Noordzee-stock) neemt nog steeds verder af; de sterk gereduceerde paaistand verzorgt een eiproduktie die in omvang slechts 1 à 2% is van die van 1960.

De totale biomassa aan kleine, kortlevende soorten als zandspiering, kever (*Trisopterus esmarki*) en sprot is sinds 1970 min of meer constant gebleven. Mogelijk neemt de totale biomassa van zandspiering toe als gevolg van afnemende predatie door grotere roofvissen zoals kabeljauw en makreel. Locale overbevissing kan echter, zoals bij de Shetland-stock van zandspiering is gebeurd, aan plaatselijk gereduceerde biomassa's bijdragen.

De totale biomassa aan tong en schol is vanaf 1960 stabiel gebleven; de tong biomassa is in die periode gestaag afgenomen en de biomassa van schol vertoont een toenemende trend, ondanks de in deze periode verdubbelde visserij-mortaliteit. De stijgende trend in recruitment van schol, die niet door bijv. eutrofiëring kan worden verklaard, is de belangrijkste oorzaak van de toename in biomassa.

De biomassa aan roggen (zoals sterrog en stekelrog) is sinds het begin van deze eeuw zeer sterk teruggelopen in de zuidelijke Noordzee inclusief het gebied op en rond de Doggersbank. Na de 60er jaren wordt de pijlstaartrog een zeldzame verschijning in de kustzone. In de vangst wordt een sterke toename van niet-geslachtsrijpe roggen geconstateerd, samenhangend met een sterke bevissing. Aangenomen wordt dat de bodemtrawlvisserij de paaistand van deze soorten, die pas laat geslachtsrijp worden en een gering aantal aan de bodem gehechte eieren of nakomelingen produceren, sterk heeft verkleind. Voorlopige resultaten van een analyse van in de visserij gevangen 'zeldzame soorten' laten vanaf de 60er jaren afnemende dichtheden zien van de hondshaai (*Scilorhinus canicula*) en toonhaai (*Mustelus mustelus*), vissoorten die eveneens geringe aantallen aan de bodem gehechte eieren produceren. Ook hier wordt de intensivering van de bodemtrawlvisserij als mogelijke oorzaak van de afname van de biomassa gezien.

Lange termijn trends in biomassa van niet-commerciële vissoorten zijn zelden bekend. De grote pieterman (*Trachinus draco*) is een voorbeeld van een vissoort die waarschijnlijk niet tegen de zware visserijdruk met bodemtrawls bestand is geweest en na een sterke aantalsafname in de 50er jaren nu uit grote delen van de Noordzee is verdwenen. Bij de pitvis wordt vergeleken met 1948 in de 70er jaren een veranderde leeftijdsopbouw van de populatie waargenomen. De oudere jaarklassen ontbreken in de huidige populatie, terwijl de mortaliteit relatief hoog is. De afwezigheid van oudere individuen wordt in verband gebracht met de toegenomen bodemvisserij in de laatste decennia. Voor vele andere niet-

commerciële soorten (kleine pieterman, grondel) ontbreken gegevens om een vergelijking mogelijk te maken.

Om de diversiteit van de visfauna in de Nederlandse sector van de Noordzee in een beschermd gebied te waarborgen, dient het gebied aan een aantal voorwaarden te voldoen. De diversiteit van niet-commerciële soorten (zie 3.4.1) wordt het best beschermd indien in het gebied een aantal kenmerkende sedimenttypen voorkomt. Een dieptegradiënt is belangrijk om seizoens- en paaimigraties mogelijk te maken binnen het gebied.

De diversiteit van vissoorten met seizoens- en paaimigraties zal beschermd worden indien het gebied gesitueerd is in de zone waar zich de migratieroutes concentreren en waar (tijdelijk) hoge dichtheden voorkomen. Ten aanzien van de meeste commerciële vissoorten die sterke migraties kennen tot ver buiten de Nederlandse sector van de Noordzee, zal het beschermen van de opgroeigebieden het meest efficiënt zijn. Dit geldt zeker indien deze opgroeigebieden een functie hebben voor jonge vis, die in het eerste levensjaar relatief beschermd in estuaria (zoals de Waddenzee) is opgegroeid.

3.5. ZEEVOGELS EN ZEEZOOGDIEREN

3.5.1. VERSPREIDING

Naast de in Nederland broedende zeevogelsoorten (meeuwen en sterns) maken ook zeevogels die elders broeden tijdens trekbewegingen of tijdens de overwintering gebruik van de Nederlandse sector van de Noordzee. Minstens 2 soorten dolfijnen (bruinvis *Phocoena phocoena* en witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*) en zeehonden (gewone zeehond *Phoca vitulina* en grijze zeehond *Halichoerus grypus*) hebben locale populaties in de Nederlandse sector.

Het aantal broedvogels rond de Noordzee wordt op ruim 4 miljoen geschat. Jaarlijks consumeren de vogels naar schatting 5 à 8% van de pelagische visproduktie en nabij broedkolonies kan dit oplopen tot 30% van de locale visproduktie. De omvang van de consumptie door zeezoogdieren wordt in het algemeen geschat op 25% van de visconsumptie door vogels; in de Nederlandse sector van de Noordzee is dit aanmerkelijk minder. Naast de vogelsoorten die uitsluitend levende, zelfgevangen vis tot prooi hebben (bijv. duikers, futen, alken, zeekoeten, sterns en dwergmeeuwen) zijn er vogelsoorten die ook profiteren van de ingewanden en dode ondermaatse of commercieel niet-interessante vissen die door vissersschepen overboord gezet worden. Noordse stormvogels, jan van genten, jagers en meeuwen zijn voorbeelden van deze laatste categorie soorten. Tot de soorten die duikend in ondiepe kustwateren schelpdieren verzamelen, behoren eidereenden en zwarte en grote zeeëenden. Voor de Nederlandse sector van de Noordzee zijn geen consumptieberekeningen voor vis- en schelpdier-etende vogels of zeezoogdieren beschikbaar.

TABEL 3.1

Overzicht van het voorkomen van de belangrijkste zeevogels in de Nederlandse sector van de Noordzee gebaseerd op scheeps- en vliegtuigtellingen (mond. med. Baptist, DGW & Leopold, NIOZ: samenvatting van nog ongepubliceerde globaal geanalyseerde vliegtuig- en scheepstellingen). (B=broedtijd; H=herfst; W=winter). Legenda: 1=0.01 - 0.99; 2=1.00 - 1.99; 3=2.00 - 4.99; 4= >5 individuen·km^{-2}.

	Kustwateren			*Zuidelijke Bocht*			*Friese Front gebied*			*Overige gebieden noord van 53°N*		
Seizoen	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*
Soort												
Duikers		2	2		1	1						
Fuut		1	2									
Noordse Stormvogel				1	2	1	2	2	2	2	3	3
Jan van Gent		2		1	1	1	1	2		1	1	1
Zeeëenden		3	3									
Jagers	1	1		1	1		1	1		1	1	
Dwergmeeuw	1	1	1									
Kokmeeuw	2	2	3	1	1	1		1			1	
Stormmeeuw	2	2	2	1	1	1		1	1			
Kleine Mantelmeeuw	3	1	1	2	2		2	1		1	1	
Grote Mantelmeeuw		2	2	1	2	1		2	1	1	2	1
Zilvermeeuw	2	3	4	1	3	3	1	1	1	1	1	2
Drieteenmeeuw		1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2
Sterns	2	2										
Alk		1	2			1			1	1	1	2
Zeekoet		1	2		1	3	1	4	3	1	3	3

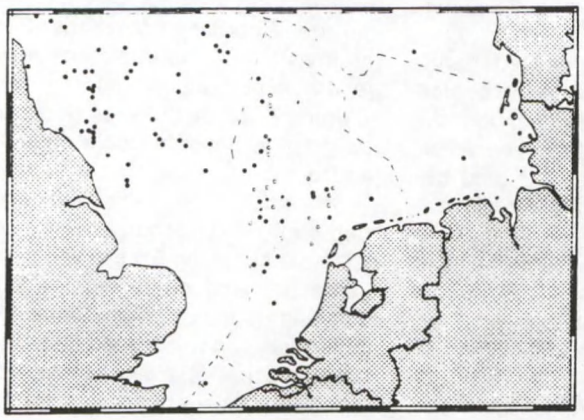


Fig. 3.11. Waarnemingen van witsnuitdolfijnen (*L. albirostris*), witflankdolfijnen (*L. acutus*) en niet geïdentificeerde dolfijnen (*L. spec.*) in de Noordzee, 1984-1990.
● waarnemingen vanaf een schip
○ waarnemingen vanuit een vliegtuig
(naar ongepubliceerde gegevens van H.J.M. Baptist, C.J. Camphuysen en M.F. Leopold).

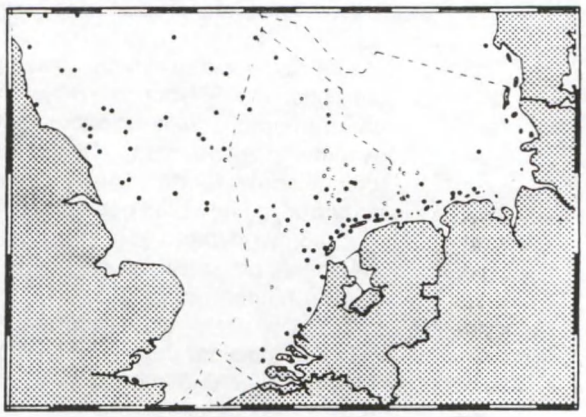


Fig. 3.12. Waarnemingen van bruinvissen (*P. phocoena*) in de Noordzee, 1984-1990.
● waarnemingen vanaf een schip
○ waarnemingen vanuit een vliegtuig
(naar ongepubliceerde gegevens van H.J.M. Baptist, C.J. Camphuysen en M.F. Leopold).

Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee kunnen verschillende gebieden worden aangegeven met een karakteristieke vogel- en zeezoogdiersamenstelling (Tabel 3.1; Fig. 3.11 en 3.12). Opvallend is de grote dichtheid ruiende zeekoeten in het Friese Front gebied in de nazomer en herfst.

3.5.2. LANGE TERMIJN TRENDS

Vóór 1980 is geen onderzoek aan verspreiding van zeevogels gedaan. De soortensamenstelling van de op de Nederlandse kust aangespoelde vogels zal in zekere zin het aantalsverloop in de Nederlandse sector van de Noordzee weerspiegelen. In de afgelopen decennia zijn afnemende aantallen aangespoelde duikers en zeeëenden en toenemende aantallen noordse stormvogels, alken, zeekoeten en drieteenmeeuwen waargenomen.

Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee zijn een aantal meeuwensoorten de laatste decennia sterk in aantal toegenomen o.a. door de geboden bescherming in natuurreservaten.

Eidereenden, grote sterns en visdieven hebben zich grotendeels hersteld na de verontreiniging van het kustwater met pesticiden in de 60er jaren. De tuimelaar en de bruinvis, die in die periode ook grote verliezen leden, hebben zich niet hersteld.

De visserij is een voedselconcurrent voor toppredatoren als zeevogels en zeezoogdieren. Dit speelt o.a. indien de visserij op levende schelpdieren (en in mindere mate de kustvisserij) de schelpenbanken in de kustzone, een essentiële voedselbron voor eidereenden en zeeëenden, zou vernietigen. Het verdwijnen van grote pelagische vis (makreel, haring) heeft mogelijk de populaties zeezoogdieren doen afnemen sinds de 60er jaren. Verondersteld wordt, dat wijzigingen in de winterverspreiding van zeekoeten, alken en drieteenmeeuwen waardoor deze vanaf 1980 in de Nederlandse sector van de Noordzee in aantal zijn toegenomen, mede zijn gegenereerd door de - als gevolg van de visserij veranderde - verspreidingspatronen van de prooivissen (sprot, zandspiering, kever, jonge haring) in de noordwestelijke Noordzee.

Belangrijke effecten van de steeds intensievere visserij op de vogelstand zijn ontstaan door het in toenemende mate overboord zetten van visafval en niet-marktwaardige vis, waardoor stormvogels en meeuwen de laatste decennia enorm in aantal zijn toegenomen. Daarnaast zijn door de intensievere bevissing grote roofvissen in aantal gereduceerd, waardoor alken en zeekoeten mogelijk meer kleine prooivissen ter beschikking kregen.

Effecten op de vogelstand door verdrinking in staand want zijn in de Noordzee vermoedelijk gering. De verdrinking van duizenden bruinvissen in Deense visnetten in Kattegat en Noordzee zal wel effect op de totale populatie van die soort kunnen hebben.

Een toename in sterfte van zeevogels en zeezoogdieren na de ontwikkeling van olie- en gaswinning in de (Nederlandse sector van de) Noordzee is uitgebleven, maar kan ook gemaskeerd zijn door de groei van de vogelpopulatie.

Bij de keuze van de te beschermen gebieden verdient het aanbeveling ook een kustzone (< 15 m diep) aan te wijzen, om de voedselreserves (schelpenbanken) voor zeeëenden en eidereenden veilig te stellen.

4. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN DE ACTIVITEITEN
(SAMENVATTING VAN BIJLAGE IV)

4.1. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN VISSERIJ

4.1.1. VISMETHODEN EN VISSERIJ-INTENSITEIT

In de boomkorvisserij, gespecialiseerd op platvis (o.a. tong, schol) en voornamelijk door Nederlandse kotters uitgevoerd, is het motorvermogen de laatste 20 jaar meer dan verdubbeld. In 1981-1982 werd de gehele Nederlandse sector uitgezonderd de 3 noordelijkste ICES kwadranten jaarlijks naar schatting gemiddeld één à enkele malen (maximaal zeven maal) bevist. De Nederlandse sector van de Noordzee en de Duitse Bocht waren toen de door deze visserij meest frequent beviste gebieden in de Noordzee. Sinds 1985 ontbreken de gegevens om een ruimtelijke verdeling te geven.

Sinds 1989 zijn enige beperkingen t.a.v. de boomkorvisserij in werking getreden. In het 2e kwartaal van 1989 was het verboden met kotters met een vermogen van meer dan 1800 pk ten zuiden van de 55°NB te vissen, teneinde de hoge discardmortaliteit onder jonge tong in de kustzone te verminderen. In 1989 en 1990 was het verboden om in het 2e en 3e kwartaal in de 'schol-box' (Fig. 4.1) te vissen met boomkor- en bordentrawlkotters met meer dan 300 pk om sterfte van jonge schol en tong door de visserij te verminderen.

De garnalenvisserij, die met veel geringere motorvermogens en lichtere boomkorren zonder wekkers vist, wordt het meest intensief uitgeoefend in de zone voor de Hollandse kust en ten oosten van Ameland tot in de Duitse Bocht. Benoorden de Waddeneilanden Texel, Vlieland en Terschelling vindt deze visserij in geringere mate plaats. In de 'kabeljauw-box' (Fig. 4.1) is een grofmazig zeefnet in de garnalenkor verplicht om vis een ontsnappingskans te geven.

De bordentrawl wordt in de Nederlandse visserij gebruikt voor de vangst van rondvis (o.a. kabeljauw, wijting). In de periode 1980-1986 is het aantal pk-dagen met 30% afgenomen. Vooral voor de Hollandse kust en ten noorden van de Waddeneilanden wordt relatief intensief gevist. Slechts een gering deel van de Nederlandse vloot (enkele tientallen schepen) beoefent deze visserij en het aantal visuren is beduidend geringer dan in de boomkorvisserij, terwijl het gemiddeld motorvermogen ook aanzienlijk geringer is. Aangezien de bordentrawl bij andere Noordzeelanden nog veelvuldig in gebruik is, zal de werkelijke intensiteit in de Nederlandse sector van de Noordzee veel hoger zijn. Vanaf 1986 is benoorden de Waddeneilanden de 'kabeljauw-box' ingesteld om de visserij-mortaliteit van kabeljauw te reduceren (Fig. 4.1). In dit gebied zijn grotere maaswijdten verplicht.

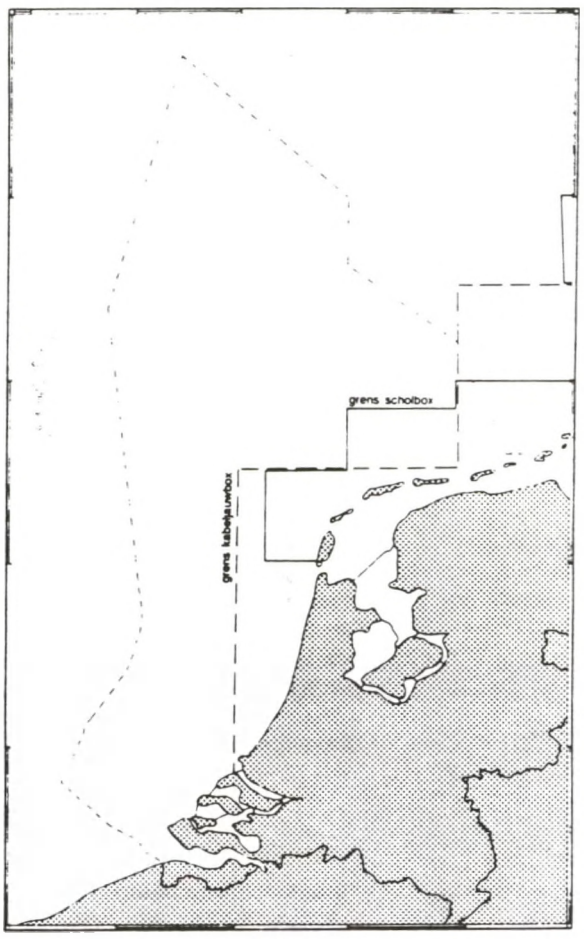


Fig. 4.1. Begrenzing van de schol-box (ononderbroken lijn) en de kabeljauw-box (onderbroken lijn). (naar gegevens van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990).

De pelagische trawl wordt gebruikt om haring en makreel te vangen. Deze vismethode wordt in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee in praktijk gebracht.

De Snurrevaad-techniek (voor de vangst van o.a. platvis, schelvis, kabeljauw) wordt, voornamelijk door Deense vissers, gebruikt in het noordelijke deel van de Nederlandse sector van de Noordzee en in nog noordelijker gebieden van de Noordzee. Ook de Deense spanzegenvisserij (kabeljauw) vindt regelmatig in de Nederlandse sector van de Noordzee plaats.

Ringzegens voor de vangst van o.a. haring, makreel en horsmakreel worden vrijwel uitsluitend ten noorden van de Doggersbank in diep water gebruikt.

Drijfnetten voor de vangst van pelagische vis (haring, makreel, koolvis) worden in de Nederlandse sector nauwelijks meer toegepast.

Staande netten worden gebruikt op de kust, nabij wrakken, in stenige gebieden en in geulen die toe-

gang geven tot de Waddenzee. In deze kieuw- of warnetten worden kabeljauw, tong en tarbot gevangen. Kapotte kieuwnetten blijven soms achter en blijven vissen ('spooknetten').

4.1.2. FYSISCH-CHEMISCHE EFFECTEN

Het gebruik van bodemnetten (boomkor, bordentrawl) leidt tot beïnvloeding van de bodemstructuur. Onderzoek wees uit, dat gemiddeld 6 cm van hardzandig sediment door de gezamenlijke schrapende werking van de wekkers van de moderne commerciële boomkor omgewoeld wordt. Mogelijk zal de omwoeling op zachtere, slibrijkere sedimenten nog dieper zijn. Resuspensie van vooral fijnere deeltjes kan tot verplaatsing van deze fractie over grotere afstanden leiden. Mogelijk kunnen na vrijkomen van bodemgebonden stoffen effecten op de zuurstof- en nutriëntenhuishouding optreden, terwijl ook het vrijkomen van verontreinigende stoffen (bijv. PCB's) niet uitgesloten is; informatie is echter niet beschikbaar. De bodemverstoring zal bij de bordentrawl (gezamenlijke breedte van de borden *ca.* 2 m) veel geringer zijn dan bij het gebruik van de boomkor, waar de wekkerkettingen van beide boomkorren een maximale breedte van 24 m beslaan.

4.1.3. BIOLOGISCHE EFFECTEN

Fyto- en zooplankton
Directe effecten van visserij op fytoplankton, micro- en mesozooplankton zijn niet te verwachten. Pelagische trawlvisserij kan wel effecten hebben op de populatiedynamiek van sommige soorten macrozooplankton, zoals kwallen, omdat de overlevingskansen van meegevangen kwallen nihil zijn.

Zoobenthos
Directe effecten van pelagische vismethoden zijn niet te verwachten; effecten van staande netten, snurrevaad en Deense spanzegen zijn locaal en relatief gering. Directe effecten van de boomkorvisserij zijn bekend uit onderzoek in de 70er jaren en uit recent onderzoek, waarbij een grote sterfte onder coelenteraten, annelide wormen, mollusken, echinodermen en crustaceeën werd geconstateerd. Alleen zeesterren en heremietkreeften blijken een goede kans te hebben om de vangst in de boomkor, inclusief de verwerking aan boord, te overleven. Gezien het grootschalige karakter van de boomkorvisserij op de Noordzee, waarbij de zeebodem in de Nederlandse sector van de Noordzee jaarlijks gemiddeld één of enkele malen wordt bevist en de aanzienlijke directe effecten van deze visserij moet aangenomen worden, dat de boomkorvisserij reeds tot aanzienlijke veranderingen in het benthos heeft geleid. Recent onderzoek naar lange termijn effecten wijst op afgenomen dichtheden van bivalven en sommige crustaceeën- en echinodermensoorten, terwijl kleine annelide wormen juist bij frequente bevissing in dichtheid lijken toe te nemen. Het verdwijnen c.q. verminderd voorkomen van een aantal zoobenthossoorten in de Nederlandse sector van de Noordzee wordt in verband gebracht met de sterk geïntensiveerde boomkorvisserij. In dit verband worden genoemd grote langlevende tweekleppigen als de oester (*Ostrea edulis*), de paardemossel (*Modiolus modiolus*), *Dosinia*, *Glycymeris* en de noordkromp (*Arctica islandica*), en verder de noordhoorn (*Neptunea antiqua*), de tot de koralen behorende dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) de broodspons (*Halichondria panicea*), de tot de inktvissen behorende zeekat (*Sepia officinalis*) en de zeekreeft (*Homarus gammarus*) (zie 3.3.4).

Vissen
Directe effecten van visserij op de commercieel interessante visfauna van de Noordzee zijn evident (zie 3.4.3). Het intensieve gebruik van ringzegens en in mindere mate pelagische trawls heeft de paaistand van haring en makreel gedecimeerd. Het gebruik van bodemvistuigen heeft de paaistand van tong, kabeljauw, schelvis, koolvis en wijting sterk verminderd evenals vermoedelijk de paaistand van een aantal roggen- en haaiensoorten. Het uitsterven van de grote pieterman in grote delen van de Noordzee en zeker in de zuidelijke gebieden wordt eveneens met het gebruik van de bodemvistuigen in verband gebracht.

Het meest selectief, ook op soortniveau, zijn kieuwnetten; alle andere netten vangen min of meer selectief op grootte zolang de mazen niet afgesloten raken door de vangst. Nieuwe vistechnieken waarbij de vangst van ondermaatse vis beperkt moet blijven zijn in onderzoek, maar deze zijn verre van operationeel. Niet-marktwaardige en ondermaatse vis vormt een groot deel van de in de bodemtrawls gevangen vis; voorlopige schattingen in de tongvisserij wijzen op een bijvangst die vergelijkbaar tot enkele malen groter is dan de vangst aan marktwaardige vis. Eenmaal in de trawl aan boord gebrachte vis is dood of stervend. De overlevingskans van vis die via de mazen ontsnapt is soortafhankelijk en varieerde in een recent onderzoek voor de boomkorvisserij uitgerust voor de tongvangst van 60% (schar) tot 100% (dwergtong).

Gebruik van bodemtrawls en pelagische trawls in kustzones (< 30 m diep) waar zich opgroeigebieden van schol, tong, griet, tarbot, haring, rog en ten dele kabeljauw en schar bevinden, zal op het recruitment van grote invloed zijn. Geschat wordt dat de boomkorvisserij in de gehele internationale schol-box een relatieve afname in het recruitment aan de scholpopulatie van *ca.* 20% veroorzaakt; de kustvisserij

(inclusief de garnalenvisserij) heeft een geschat negatief effect op het recruitment van *ca.* 9%. De garnalenvisserij die met kleinere boomkorren zonder wekkers vist, kan in de kustzone grote mortaliteit onder jonge tong veroorzaken indien deze bij een bepaalde lengte in de mazen verstrikt raakt.

Visserij veroorzaakt een verhoogde sterfte in vispopulaties, zodat sterk beviste populaties slechts uit een gering aantal talrijke jaarklassen zijn opgebouwd. Veranderingen in het recruitment hebben daardoor een veel grotere invloed op de totale populatiegrootte dan in de onbeviste situatie en veroorzaken een grotere instabiliteit. Bij een aantal soorten (haring en makreel) heeft de verminderde paaistand in het verleden tot verminderd recruitment geleid. Bij roggen en mogelijk haaien lijkt dit eveneens het geval. Gevreesd wordt dat dit verschijnsel bij de huidige lage paaistand ook bij kabeljauw, schelvis en tong op zal kunnen gaan treden.

Zeevogels

Directe effecten van visserij op vogels treden op door verdrinking in visnetten en ingestie van fragmenten netwerk. In de Nederlandse sector van de Noordzee zullen door de beperkte schaal waarop staand want visserij nu wordt bedreven, de effecten op populatieniveau te verwaarlozen zijn.

Visserij heeft een complexe invloed op het voedselaanbod voor zeevogels. Meeuwen en stormvogels hebben zonder twijfel geprofiteerd van de steeds toenemende hoeveelheid overboord gezet visafval en niet-marktwaardige vis. Enerzijds zijn er aanwijzingen dat ook alken en zeekoeten profiteren van de visserij-activiteit, omdat een belangrijk deel van de roofvissen als kabeljauw, wijting en makreel is weggevist, waardoor sinds de 60er jaren de hoeveelheid prooidieren in de vorm van kleine vis (zandspiering, kevers) aanzienlijk kan zijn toegenomen. Anderzijds zijn er aanwijzingen dat in bepaalde regio's door de afname van kleine vis (sprot, zandspiering, kever, jonge haring) als gevolg van intensievere industrievisserij, grootschalige wijzingen in de winterverspreiding van alken, zeekoeten en drieteenmeeuwen zijn opgetreden. Dit zou er de oorzaak van kunnen zijn dat na 1980 de dichtheden van deze vogels in de zuidoostelijke Noordzee (inclusief de Nederlandse sector van de Noordzee) zijn toegenomen. Verondersteld wordt dat intensieve locale visserij op zandspiering nabij de broedkolonies verband houdt met het afnemende broedsucces in deze kolonies. Ook intensieve locale schelpenvisserij in de Nederlandse kustzone (< 15 m diep) zou het voedselaanbod (kokkels (*Cerastoderma), Spisula, Venus*) voor duikende vogels als zeeëenden kunnen limiteren; in dit verband moeten ook de effecten van boomkorvisserij en garnalenvisserij in de kustzone worden beschouwd.

Zeezoogdieren

Sterfte in visnetten moet als een belangrijke directe oorzaak van de aantalsafname van bruinvissen in de Noordzee gezien worden. geschat wordt dat jaarlijks in Kattegat en Noordzee alleen al in netten van de Deense visserij enkele duizenden exemplaren verdrinken. De meeste bruinvissen verdrinken in grofmazige staande netten waarmee kabeljauw, tarbot en griet wordt gevangen. Incidenteel worden ook in de Nederlandse sector van de Noordzee vangsten gemeld van zeezoogdieren in staand want, een vismethode die in dit gebied overigens in zeer beperkte mate wordt gebruikt. Het is nog niet aangetoond of het technisch mogelijk is zodanige visnetten te ontwikkelen, dat zeezoogdieren niet meer gevangen worden. Aanwijzingen dat zeezoogdieren in de boomkor worden gevangen ontbreken en dergelijke vangsten worden overigens ook niet aannemelijk geacht.

De afname in groei tussen 1940 en 1980, die bij in de Britse visserij gevangen bruinvissen werd geconstateerd, kan in verband gebracht worden met een verminderd voedselaanbod in de vorm van sterk afgenomen populaties makreel en haring, mogelijk gecombineerd met een afgenomen prooilengte, (mede) veroorzaakt door de intensieve visserij. Ook de aantalsafname van bruinvissen in de Noordzee in de 60er jaren kan met dit afnemend voedselaanbod in verband worden gebracht.

Geconcludeerd moet worden dat de visserij in al zijn vormen als een grootschalige activiteit met een frequent karakter binnen de gehele Nederlandse sector van de Noordzee heeft geleid tot aanzienlijke verschuivingen in het ecosysteem. In veel gevallen is de preciese omvang van deze verschuivingen niet vast te stellen door gebrek aan informatie over de niet commercieel belangrijke componenten van het systeem. Vanwege de frequentie waarmee de zeebodem wordt omwoeld, lijkt het echter uitermate onwaarschijnlijk dat de benthische levensgemeenschappen zich nog ergens natuurlijk kunnen ontwikkelen. Daarnaast staat vast dat de paaistand van vele vissoorten sterk is verminderd en vispopulaties uiterst instabiel van opbouw zijn geworden. Een aantal vogelpopulaties is sterk in aantal toegenomen. De intensieve visserij heeft waarschijnlijk tevens direct of indirect een bijdrage geleverd aan de teruggang van de populaties van zeezoogdieren.

4.2. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN MIJNBOUW

Lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties vindt plaats op grond van de 'Regeling inzake lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties', geldend vanaf 1 januari 1988.

In de milieu-effectrapportage 'Lozing oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee' (MER, 1990) wordt beoordeeld of de huidige regelgeving voldoende bijdraagt aan de handhaving c.q. totstandkoming van de gewenste kwaliteit van het Noordzeemilieu, terwijl tevens wordt nagegaan of voldaan wordt aan de uitgangspunten van het brongerichte beleid inzake de terugdringing van verontreinigingen. Naar de conclusies in deze MER zal in deze paragraaf regelmatig verwezen worden.

4.2.1. OMVANG VAN DE MIJNBOUW EN TYPEN INSTALLATIES

In de periode 1986-1988 nam het jaarlijkse aantal boringen t.b.v. exploratie en exploitatie in de Nederlandse sector van de Noordzee af van 65 tot 49. Voor de komende jaren wordt een ongeveer constant activiteitenniveau verwacht met een lichte daling rond het jaar 2000. Bij voorkeur wordt met water-based mud (WBM) geboord. Slechts in specifieke gevallen (indien nodig uit oogpunt van veiligheid, technische problemen en bepaalde kostenaspecten) wordt met OBM (oil-based mud, oliehoudende boorspoeling) geboord. Deze OBM's bevatten *ca.* 30% basisolie, die uit een laag- toxische oliesoort met een laag aromatengehalte (< 5%) bestaat. Lozing van het resterende oliehoudend boorgruis is krachtens de 'Regeling inzake lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee' toegestaan in de Nederlandse sector van de Noordzee mits minder dan 100 g olie per 1000 g droge stof aanwezig is en een OBM wordt gebruikt die genoemd wordt in de Bijlage 1 van de betreffende regeling. De lozing van OBM- boorgruis beslaat maximaal een periode van enkele weken. Naast oliecomponenten worden met het OBM-boorgruis o.a. variabele hoeveelheden bariet, chloriden en chemicaliën geloosd. Bij de publicatie van het MER hebben de ministers van EZ, V & W en VROM te kennen gegeven op afzienbare termijn een lozingsverbod voor OBM- boorgruis tot stand te zullen brengen. Bij booractiviteiten waarbij WBM wordt gebruikt, wordt in het algemeen zowel de boorspoeling als het boorgruis in zee geloosd. WBM's variëren in samenstelling, afhankelijk van de geologische omstandigheden. De voornaamste componenten zijn zeewater, bariet en bentoniet. Chemicaliën vormen een klein bestanddeel en worden veelal in de diepere delen van de boring toegepast. WBM's zijn beperkt toxisch. In Nederland bestaat (nog) geen regelgeving op dit punt. In de praktijk blijkt de Amerikaanse regelgeving relevant voor de WBM-produktontwikkeling.

In de Nederlandse sector van de Noordzee waren in 1988 6 olieproduktie-installaties in gebruik (Fig. 4.2); tot 1992 wordt een toename voorzien, waarna tot 2000 het aantal weer zal afnemen. Gemiddeld

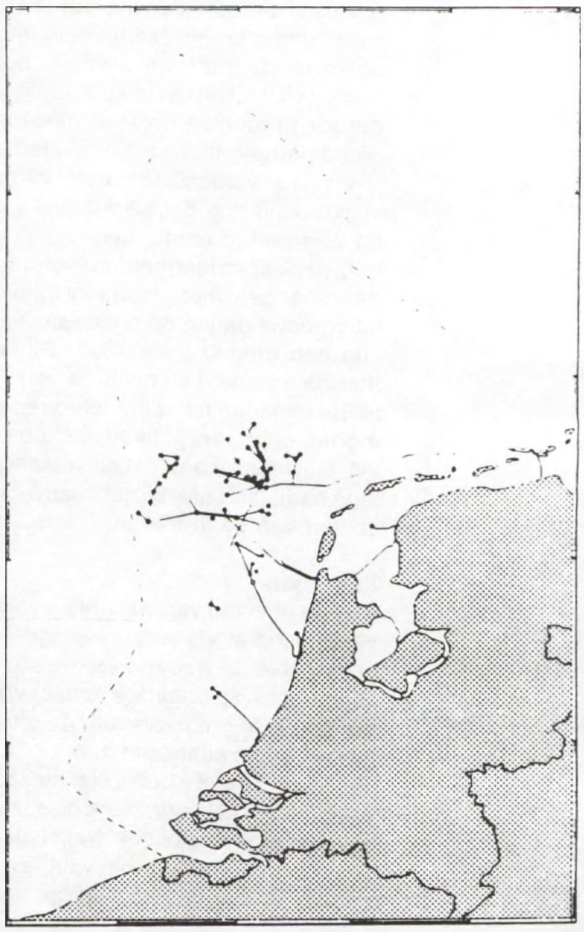


Fig. 4.2. Produktieplatforms en pijpleidingen in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1990.
● produktieplatform gas
▲ onderzeese produktie-installatie gas
○ produktieplatform olie
(naar gegevens van het Ministerie van Economische Zaken, 1990).

wordt van een dergelijke installatie jaarlijks 1.3 miljoen m^3 produktiewater en 1.600 m^3 drainagewater geloosd.

In 1988 waren in de Nederlandse sector van de Noordzee 34 produktiewater lozende gasproduktie installaties in gebruik (Fig. 4.2); de scenario's voor 1992 en 2000 geven een substantiële toename aan. Van een dergelijke installatie wordt jaarlijks gemiddeld 7.300 m^3 produktiewater en 1.600 m^3 drainagewater geloosd. De lozingen van de olie- en gasproduktie-installaties, die als continu worden beschouwd, mogen in de Nederlandse sector van de Noordzee niet meer dan gemiddeld 40 mg olie (niet opgeloste alifaten) per liter bevatten. Daarnaast bevat het produktiewater ook aromaten. Voor de in het produktiewater voorkomende mijnbouwhulpstoffen

en stoffen uit de formatie zullen naar verwachting eind 1991/begin 1992 adequate emmissienormen worden opgesteld.

In 1988 was 6% van de totale oliebelasting van de Nederlandse sector van de Noordzee van de mijnbouw afkomstig (*ca.* 1.333 ton); in 1989 bedroeg de totale oliebelasting van de mijnbouw in de Nederlandse sector van de Noordzee *ca.* 900 ton.

4.2.2. CHEMISCH-FYSISCHE EFFECTEN

Boorgruismengsels
Fijner verdeeld OBM-boorgruis zal langer in de waterkolom aanwezig blijven en daardoor zal een relatief snelle aerobe (bio)degradatie van olie kunnen plaatsvinden, echter zonder meetbare effecten op het zuurstofgehalte. Het totale effect van troebeling wordt, uitgezonderd een locale en tijdelijke vermindering van de fytoplanktonproduktie, als verwaarloosbaar beschouwd.

De biodegradatie van gesedimenteerde oliecomponenten afkomstig uit OBM-boorgruis eist zuurstof en tot op enkele honderden meters vanaf de boorlocaties wordt in het sediment een sterke afname van de zuurstof-concentratie waargenomen; in rustige sedimentatiegebieden kan deze verlaagde concentratie jarenlang voortduren. Bedekking van de bodem met een laag boorgruis (zowel OBM- als WBM-) vermindert het zuurstoftransport vanuit het water naar de bodemsedimenten en kan de nutriëntenregeneratie verstoren.

Produktie- en drainagewater
Effecten op de zuurstofhuishouding van vanuit produktiewater afkomstige drijvende en in de waterkolom opgeloste en gedispergeerde oliecomponenten zijn niet te verwachten.

4.2.3. BIOLOGISCHE EFFECTEN

BOORGRUISMENGSELS
Drijvende componenten
Tijdens de lozing van OBM-boorgruismengsels zijn in een aantal gevallen drijvende oliefilms geconstateerd; effecten op vogel- en zeezoogdierpopulaties zijn waarschijnlijk verwaarloosbaar.

Componenten in de waterkolom
Een aantal componenten die in variabele hoeveelheden in OBM's worden toegepast (waaronder bijv. bariet, chloriden en chemicaliën) wordt als toxisch omschreven. De biologische beschikbaarheid van de geloosde metalen is zeer beperkt.

De LC_{50} waarden (96 uur) van oliecomponenten in OBM's variëren van 100 tot > 10.000 ppm. Op fyto- en zooplankton zijn in de veldsituaties geen effecten van het geloosde boorgruismengsel waargenomen. Verhoogde olieconcentraties werden in weefsels van mosselen tot op enkele kilometers geconstateerd. Modelberekeningen in de MER geven aan, dat tijdens de boorperiode in de worst-case situatie het optreden van een pluim in de waterkolom met een lengte tot 3.5 km met concentraties van meer dan 0.01 mg aromaten/l niet is uitgesloten. Bij een dergelijke concentratie zijn in een aantal onderzoeken biologische effecten aangetoond.

Gesedimenteerde componenten
Biologische effecten van bariet en metalen afkomstig uit WBM en OBM zijn in de veldsituatie en in experimenten niet geconstateerd. De LC_{50} waarden van een referentie-OBM in fijn zand voor *Echinocardium cordatum* in een belastingsexperiment van 3 weken liggen ver beneden de 0.3 g referentie-OBM per kg sediment. In de veldsituatie worden effecten van boorgruislozingen uit de periode vóór de huidige regelgeving als volgt beschreven. In geval van lozing van OBM-boorgruis is direct onder het platform en binnen 50 m weinig tot geen macrobenthos aanwezig; in de eerste 500 m doen zich de grootste veranderingen in het benthos voor, voornamelijk als gevolg van anaerobie en fysieke bedelving. In geval van lozing van WBM- boorgruis ontstaan effecten op het benthos uitsluitend binnen een afstand van 250 m als gevolg van fysieke bedekking en substraatverandering. Deze effecten zullen met name in sedimentatiegebieden in de Nederlandse sector kunnen optreden. Meer subtiele effecten als gevolg van de toxiciteit van oliecomponenten (OBM) treden op in de overgangszone tussen de 500 en 2000 m. Als gevolg van langdurige anaerobie van bodemsedimenten zijn de effecten van OBM-lozingen langdurig (in de orde van 5 à 10 jaar). Effecten van WBM-boorgruis doen zich voor over een veel geringer oppervlak en gedurende een veel kortere periode (2 à 5 jaar) dan effecten van OBM-boorgruis.

Effecten van OBM-boorgruis op macrobenthos manifesteren zich door een gereduceerd aantal soorten en/of gereduceerde dichtheden per soort. Een zevental typen effecten (zie Fig. 4.3) wordt onderscheiden in de veldsituatie. Tot tenminste 2 jaar na de beëindiging van de OBM-lozing worden al deze typen effecten tegelijk aangetroffen, indien de olieconcentraties de 100 mg per kg sediment overschrijden. Bij olieconcentraties van 1 tot 10 mg per kg komen gevoelige soorten in geringere dichtheden voor. De macrobenthossoorten die in de Nederlandse sector van de Noordzee bij onderzoek rond boorlocaties zijn aangetroffen konden naar hun gevoeligheid voor OBM en WBM worden gerangschikt. Uit onderzoek naar de verspreiding van de 17 meest evident OBM-gevoelige soorten, blijken de OBM-gevoelige soorten over de gehele Nederlandse sector van de Noordzee voor te komen (Fig. 4.4); in de Oestergronden blijkt

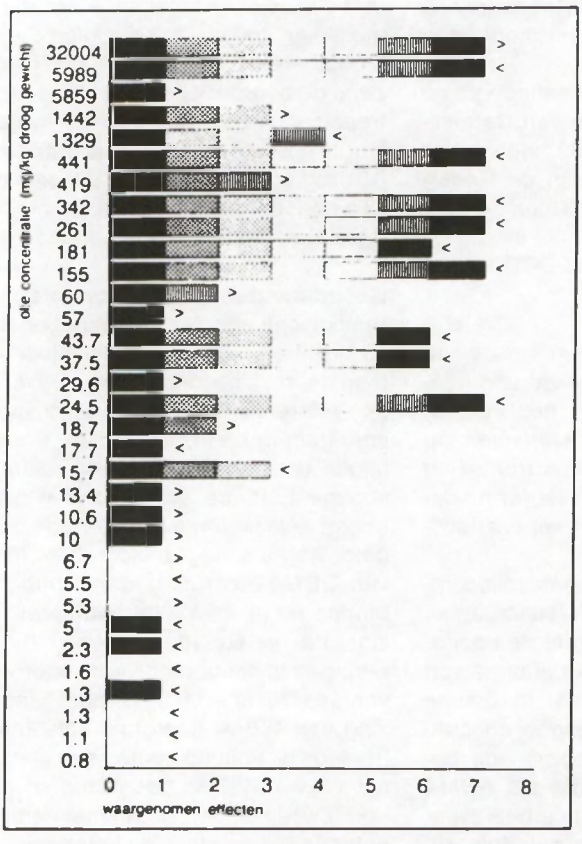


Fig. 4.3. Samenvatting van de waargenomen typen effecten bij contaminatie variërend van 0,8 tot 32.000 mg olie (uit OBM) per kg sediment.

- Gevoelige soorten komen in geringere dichtheden voor
- Dominante soorten komen in geringere dichtheden voor
- Gehele macrofauna-dichtheid is verminderd
- Meer dan 50% van de talrijke soorten vertonen geringere dichtheden
- 'Relative macrofauna abundance' is significant verlaagd d.w.z. gemiddeld over alle macrofauna soorten is de frequentie waarmee een soort voorkomt statistisch significant lager
- Opportunistische soorten komen in verhoogde dichtheden voor
- Soortenrijkdom is verminderd
- < Olie korter dan 2 jaar geleden geloosd
- > Olie langer dan 2 jaar geleden geloosd

(naar Daan e.a., 1990b).

het aantal OBM-gevoelige soorten en de dichtheid van die soorten aanzienlijk hoger te zijn dan in de overige delen van de Nederlandse sector van de Noordzee.

Veldonderzoek toonde aan dat in bodemvis, gevangen tot op een afstand van 5 km van de boorlocatie, verhoogde concentraties oliecomponenten

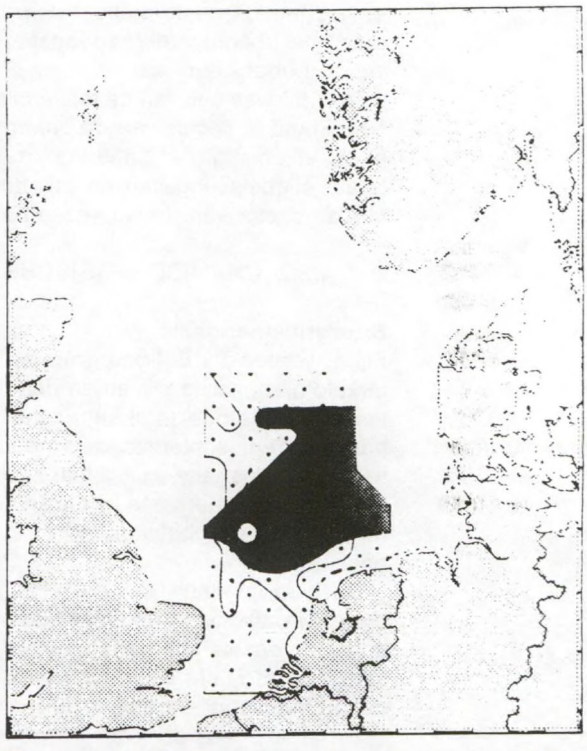


Fig. 4.4. Gebieden met uiteenlopende aantallen OBM-gevoelige soorten per station. In deze analyse zijn 17 OBM-gevoelige soorten betrokken: *Montacuta ferruginosa, Scalibregma inflatum, Pholoë minuta, Amphiura filiformis, Echinocardium cordatum, Mysella bidentata, Nepthys hombergi, Lumbrineris latreilli, Chaetozone setosa, Owenia fusiformis, Nucula turgida, Gattyana cirrosa, Harpinia antennaria, Lagis koreni, Glycinde nordmanni, Cylichna cylindracea en Harmothoë longisetis.*

- < 5 soorten
- 5-10 soorten
- ⩾ 10 soorten

(naar Bergman & Duineveld, 1990).

voorkomen, die in samenstelling overeenkomen met het geloosde OBM en het gebruikte emulgeermiddel.

PRODUKTIE- EN DRAINAGEWATER

Drijvende componenten

Alleen bij olieproduktie-installaties en bij rustig weer zouden de in het produktiewater geloosde oliecomponenten een drijvende oliefilm kunnen vormen. Modelberekeningen in de MER geven aan dat de oliefilm in het ergste geval een oppervlak van 3 km^2 kan beslaan; in de veldsituatie zijn dergelijke oliefilms in een aantal gevallen geconstateerd. Effecten op populaties van zeevogels en zeezoogdieren zijn echter waarschijnlijk te verwaarlozen.

Componenten in de waterkolom

Oliecomponenten, metalen en mijnbouwhulpstoffen in het continu geloosde produktiewater worden als

toxisch beschouwd. De toxiciteit van metalen is sterk afhankelijk van de vorm waarin de metalen voorkomen. Uiterlijk in 1992 zullen voor de mijnbouwhulpstoffen adequate emissienormen zijn opgesteld.

In veldsituaties zijn nabij olie- en gasproduktie platforms geen (sub)lethale effecten op organismen in de waterkolom of op benthische fauna vastgesteld, uitgezonderd het verdwijnen van zeepokken over enkele tientallen meters nabij het lozingspunt. Modelberekeningen in de MER geven aan, dat in de worst-case situatie de olieconcentraties die tot aantoonbare effecten leiden (0.01 mg aromaten/liter zeewater), zich in theorie tot 2 km vanaf gasplatforms en tot meer dan 10 km vanaf olieplatforms kunnen uitstrekken. In situaties dat meerdere olieproducerende platforms op relatief korte afstand van elkaar voorkomen is overschrijving van de achtergrondwaarde voor oliebelasting in een zeegebied met een beduidend oppervlak mogelijk.

AFGEFAKKELD GAS

Droge noch natte depositie van de via de afblaas of fakkel geloosde bestanddelen wordt verwacht. Afdoende maatregelen kunnen worden genomen om attractie van vogels te voorkomen.

AKOESTISCHE VERSTORING

Bij gebrek aan gedetailleerde informatie over de Noordzee is een onderzoek over de Amerikaanse situatie (18 installaties) als uitgangspunt genomen, op basis van de veronderstelling dat de installaties in de Noordzee gemiddeld genomen evenveel geluid produceren als die rond de V.S. Geluiden van de in bedrijf zijnde mijnbouwinstallaties daar zouden tot op afstanden van *ca.* 7.5 km de sociale communicatie van zeezoogdieren kunnen maskeren. In de veldsituatie zijn geen vluchtreacties waargenomen. De met mijnbouwinstallaties geassocieerde intensivering van het locale scheepsverkeer kan akoestische verstoringen veroorzaken. Vooralsnog zijn van zulke verstoringen in het Nederlandse deel van de Noordzee aard noch omvang bekend. Bij mijnbouw ingezette helikopters leiden indien ze lager dan 150 m vliegen tot vluchtreacties; de effecten op populatieniveau zijn onbekend. Sinds *ca.* 1970 worden bij de seismische exploratie geen explosieven meer gebruikt, maar worden airguns ingezet waarmee in een bepaald gebied maximaal enkele maanden wordt gewerkt. Verwacht wordt, dat eventuele effecten daarvan alleen binnen 100 m zullen optreden.

Geconcludeerd kan worden, dat geloosd boorgruis, zoals dat onder de vroegere regelgeving toegestaan was, tot jarenlange locale effecten op het benthisch systeem kan leiden. Effecten van geloosd OBM-boorgruis doen zich voor over een afstand tot *ca.* 2 km, waarbij in de eerste 500 m naast toxische effecten ook fysieke bedelving, belemmerd zuurstoftransport en door olieafbraak veroorzaakte anaerobie een rol spelen. Effecten van geloosd WBM treden op over een veel geringer oppervlak (tot *ca.* 250 m) en zijn vrijwel uitsluitend het gevolg van fysieke bedelving en/of belemmerd zuurstoftransport.

Effecten van geloosd produktiewater zijn in de veldsituatie niet waargenomen. In theorie kunnen effecten op plankton en vissen zich in de worst-case situatie voordoen tot op afstanden van 2 km (gasplatform) tot 10 km (olieplatform) en effecten op vogels als gevolg van drijvende oliefilms over oppervlakten tot 3 km^2. Verwacht mag worden, dat in de toekomst nadere regelgeving de effecten van mijnbouw op het mariene ecosysteem aanzienlijk verder zal terugdringen.

Het lijkt onwaarschijnlijk dat zeezoogdieren enige schade oplopen van enige normale mijnbouwexploratie en/of -exploitatie, inclusief het seismisch onderzoek, op afstanden groter dan 100 m. Rekening moet echter worden gehouden met de mogelijkheid van akoestische verstoring door het bijbehorende scheeps- en luchtverkeer.

Alle genoemde effecten zijn locaal van karakter en zullen uitsluitend in beperkte gebieden (bijv. Friese Front gebied, Klaverbank) een relatief groot oppervlak kunnen beïnvloeden.

4.3. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN ZAND- EN GRINDWINNING

Bij de winning van mariene oppervlaktedelfstoffen kan gekozen worden voor een locale winning tot een diepte van enkele tientallen meters of een winning over een groot zeegebied resulterend in een geringe verdieping (enkele decimeters) van de bodem.

Het gebied ten noorden van de 30 m dieptelijn (Friese Front gebied en Oestergronden) komt door het voorkomen van fijne sediment fracties niet voor zandwinning in aanmerking.

De enige rendabele winningslocatie voor grind in de Nederlandse sector van de Noordzee ligt op de Klaverbank; de ondiepe grindafzettingen (0,2 à 1,3 m diep) dwingen tot winning over grote oppervlakken.

4.3.1. CHEMISCH-FYSISCHE GEVOLGEN

Door winningswerkzaamheden kan de troebeling van de waterkolom tijdelijk toenemen. Het is niet uitgesloten, dat (uitsluitend tijdelijk en plaatselijk) een vermindering van de fytoplanktonproduktie kan optreden. Effecten op de predatiemogelijkheden van oogjagende vissoorten zijn niet te verwachten, gezien het mobiele gedrag van pelagische en demersale vissoorten. Effecten van zwevend materiaal op de kieuwwerking van vislarven zijn in veldsituaties nooit aangetoond. Laboratoriumexperimenten geven aan,

dat vissen over het algemeen zeer goed bestand zijn tegen hoge concentraties zwevende deeltjes. Tijdens de winning kunnen vanuit het bodemmateriaal zuurstofeisende verbindingen, nutriënten en verontreinigende stoffen vrijkomen; in de veldsituatie is dit echter niet aangetoond.

4.3.2. BIOLOGISCHE EFFECTEN

Effecten van zand- en grindwinning op fyto- en zooplankton zullen uitsluitend zeer locaal en zeer tijdelijk zijn.

Locale infauna en sessiel epifauna is door de immobiliteit zeer gevoelig voor zand- en grindwinning. De overleving van benthos dat met het bodemmateriaal wordt opgezogen wordt nihil geacht. Bedelving van benthische organismen die een beperkte uitgraafcapaciteit hebben kan tot mortaliteit leiden.

Rekolonisatie door meiobenthos is een veel sneller proces dan het herstel van het macrobenthos. Volledig herstel van de nematoden-gemeenschap kan binnen enkele dagen plaatsvinden, foraminiferen herstellen zich veel langzamer.

Herstel van de macrobenthos-gemeenschap na beëindiging van de winning is afhankelijk van de mate waarin het nieuwe substraat geschikt is voor rekolonisatie en vestiging van larven. Aard, structuur en topografie (diepteverloop) van zandig sediment zullen zich na de winning relatief snel (< 1 jaar) herstellen in snelstromende gebieden en slechts uiterst traag in gebieden met nagenoeg geen stroming. In gebieden met zeer geringe stromingen kunnen na diepe zandwinning anoxische putten langdurig (> 15 jaar) blijven bestaan. Nadat het sediment zich voldoende heeft hersteld, zal biologisch herstel binnen enkele maanden tot 2 à 3 jaar bereikt zijn, uitgezonderd het herstel van de fractie langlevende mollusken, dat zeker 10 jaar in beslag zal nemen. In ongestoorde gebieden als de Klaverbank waar de biomassa voor een aanzienlijk deel uit grote langlevende mollusken bestaat, zal herstel van het benthisch systeem daarom tientallen jaren duren.

Indien het sediment na de winning ingrijpend en permanent van karakter is veranderd, zal de oorspronkelijke benthische gemeenschap zich niet herstellen. Dit zal het geval zijn, indien bijv. de gehele grindlaag over een groot oppervlak is verwijderd of indien de bodemtopografie extreem is veranderd. Indien de onder het grind van de Klaverbank liggende keileemlagen vrijkomen, zal dat gebied ongeschikt blijven voor benthische vestiging.

Verwacht mag worden dat effecten op de visfauna uiterst gering zullen zijn. Uit onderzoek is bekend, dat pelagische en dermersale vis de troebele gebieden rond de winning mijden. Eventueel met de zand- of grindwinning opgezogen vissen (zoals zandspiering die ingegraven leeft), zullen geen overlevingskans hebben. Ook kunnen locaal aan de bodem gehechte viseieren verloren gaan. Zand- of grindwinning in gebieden die tot specifieke en beperkte paaigebieden behoren kan tot verlies van de beperkt aanwezige paaigronden leiden. Deze situatie geldt alleen enigermate voor de haring, die in de Nederlandse sector van de Noordzee overigens nu geen paaigronden kent en op vastomlijnde (grind)gebieden op het Britse continentale plat eieren afzet. Het enige potentiële paaigebied in de Nederlandse sector van de Noordzee is de Klaverbank. Ten opzichte van het totale oppervlak aan paaigronden in de Noordzee is het Klaverbank gebied echter onbelangrijk.

Directe effecten van zand- en grindwinning op zeevogels en zeezoogdieren zijn niet te verwachten. Indirecte effecten op zeevogels (eidereenden, zeeëenden) van zandwinning in de kustzone kunnen zich voordoen, indien schelpenbanken worden verwijderd.

Geconcludeerd moet worden, dat zand- en grindwinning op plankton, meiofauna en zeezoogdieren niet of nauwelijks effecten heeft. Locaal aanwezige benthische infauna en sessiel epifauna zal zich in de loop van enkele maanden tot enkele jaren (voor langlevende mollusken geldt een periode van tientallen jaren) kunnen herstellen van de winning, maar pas nadat de structuur en de topografie van het gebied zich weer voldoende hersteld hebben. Dit laatste proces vergt een periode van *ca.* 1 jaar (in snelstromende gebieden) tot *ca.* 15 jaar (in gebieden met nauwelijks stroming). Indien het bodemsediment ingrijpend en permanent van karakter is veranderd zal de oorspronkelijke benthische gemeenschap zich nooit herstellen. Dit doet zich voor indien bij grindwinning de grindlaag van het bodemoppervlak wordt verwijderd. Effecten op vispopulaties zijn uitsluitend mogelijk indien voor de grindwinning (potentiële) paaigronden (zoals van haring) worden gebruikt en zulke paaigronden schaars zijn geworden in de Noordzee. Effecten op vogels zijn mogelijk, indien door winning in de kustzone (< 15 m diep) schelpenbanken zouden verdwijnen.

Effecten zijn locaal van karakter en zullen uitsluitend in qua omvang beperkte gebieden (bijv. Friese Front gebied, Klaverbank) relatief een groot oppervlak kunnen beïnvloeden.

4.4. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN SCHEEPVAART

De Noordzee is een van de drukstbevaren zeegebieden ter wereld; 60% van de routegebonden scheepsbewegingen spelen zich af in de Nederlandse sector van de Noordzee (Fig. 4.5).

Fig. 4.5. Scheepvaartroutes en verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse sector van de Noordzee. (naar V&W, 1987 en DGSM, 1990).

De belangrijkste effecten van de scheepvaart op het ecosysteem hangen samen met de introductie van een breed scala aan stoffen (olie, chemicaliën, diverse ladingen en sanitair/huishoudelijk afval).

Uit de literatuur blijkt niet dat de bestaande niveaus van olieverontreiniging een ernstige bedreiging vormen voor het voorkomen van mariene zoogdieren, vis, benthos of plankton. Door operationele olielozingen sterven vogels, maar deze sterfte wordt op populatieniveau bij veel soorten gemaskeerd door een populatie-toename. Bij olieconcentraties die niet hoog genoeg zijn om waarneembare negatieve effecten uit te oefenen, kunnen desondanks belangrijke verstoringen optreden van de chemische signalen die biologische processen beheersen. Het ontdekken van voedsel, het ontlopen van predatoren, het afbakenen van territorium, het regelen van de trek en andere processen die essentieel zijn voor de overlevingskansen van de soort, worden beheerst door uiterst lage concentraties van stoffen in zeewater. De aromatische fractie van ruwe olie en de reeks van olefinen in geraffineerde produkten zouden op deze wijze ernstige verstoringen teweeg kunnen brengen in de gedragsfuncties van mariene organismen. Over de lozingen (legaal en illegaal) van chemicaliën en vanuit bulkladingen zijn geen gegevens t.a.v. de hoeveelheden bekend; mogelijke effecten op het ecosysteem zijn eveneens onbekend. Lozing van sanitair en huishoudelijk afval zal slechts een geringe bijdrage leveren aan de hoeveelheid voedingsstoffen in de Noordzee. Luchtverontreiniging (mede) ontstaan door de scheepvaart draagt bij aan de depositie van bijv. zware metalen en oliekoolwaterstoffen op het zeeoppervlak. Vanaf scheepsrompen komt in het ecosysteem aangroeiwerende verf vrij, die het toxische tributyltin (TBT) en koper bevat. Voor de lozing van de besproken stoffen ontbreken echter kwantitatieve gegevens, zodat de eventuele effecten onbekend blijven.

De door de scheepvaart veroorzaakte verontreiniging treedt met name op in en nabij de scheepvaartroutes. De verontreinigende stoffen verspreiden zich onder invloed van stroming en wind ook buiten deze routes, waarbij verdunning en eventueel afbraak plaatsvindt.

Door de geluiden die de scheepvaart voortbrengt kan de communicatie tussen zeezoogdieren beïnvloed worden, waardoor gedragsveranderingen tot op een afstand van enkele kilometers kunnen optreden. Zeezoogdiersoorten reageren verschillend op het geluid van voorbijvarende schepen. Witsnuitdolfijnen komen vaak naar schepen toe om in de boegen hekgolf mee te zwemmen. Andere soorten, zoals de dwergvinvis lijken zich niets aan te trekken van schepen, en bruinvissen vluchten vrijwel altijd voor motorschepen maar niet voor zeilschepen. Verder zouden de veel gebruikte side-scan sonar apparatuur en echo-sounders de echolocatie van kleinere zeezoogdieren (bruinvissen en dolfijnen) kunnen verstoren.

Geconcludeerd kan worden, dat door de scheepvaart een groot aantal stoffen (olie, chemicaliën, diverse bulkladingen, huishoudelijk afval, componenten uit aangroeiwerende verven) in onbekende hoeveelheden en samenstellingen in het ecosysteem van de Noordzee geïntroduceerd wordt. De effecten zullen diffuus optreden en zijn niet te kwantificeren.

Rondom scheepvaartroutes kan door de geproduceerde geluiden de communicatie tussen zeezoogdieren tot op enkele kilometers worden beïnvloed, terwijl moderne detectie-apparatuur (sonar; echosounders) de echolocatie zou kunnen verstoren.

Ook hier geldt dat de locale effecten uitsluitend in qua omvang beperkte gebieden (bijv. Friese Front gebied, Klaverbank) een relatief groot oppervlak kunnen beïnvloeden.

4.5. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN MILITAIRE ACTIVITEITEN

In het Struktuurschema Militaire Oefenterreinen (1980-1984) is het ruimtelijk beleid van het Ministerie van Defensie uiteengezet. Ten aanzien van de effecten op het ecosysteem spelen de volgende militaire activiteiten een rol: schietoefeningen, vliegoefeningen, vernietiging van explosieven en scheepvaart. Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee zijn 11 gebieden bij de krijgsmacht in gebruik. Vanaf het vasteland wordt op 5 locaties over de Noordzee geschoten (Fig. 4.6).

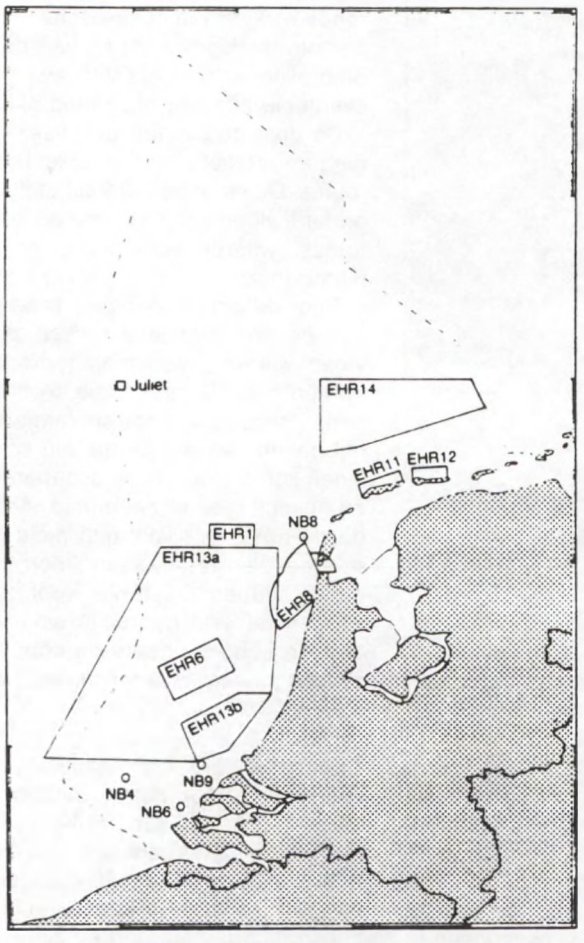


Fig. 4.6. Militaire oefenterreinen in de Nederlandse sector van de Noordzee. (Defensie, 1980).

4.5.1. CHEMISCHE EFFECTEN

Tijdens schietoefeningen en de vernietiging van explosieven kunnen zeer giftige en kankerverwekkende stoffen vrijkomen. De samenstelling, de hoeveelheden, de ruimtelijke verspreiding en de frequentie van dergelijke emissies zijn niet bekend, evenmin als de effecten op het ecosysteem. Door de overige militaire activiteiten zoals scheepvaart en luchtvaart zullen uiteraard ook verbindingen in het milieu vrijkomen (zie 4.4), waarbij geen principieel onderscheid t.a.v. de effecten van de civiele scheep- en luchtvaart kan worden gemaakt. De verspreiding van de geëmitteerde stoffen in het ecosysteem zal diffuus zijn.

4.5.2. VERSTORINGSEFFECTEN

Eventuele verstoring door militaire activiteiten zal in het kustgebied vooral tot effecten op biota boven water leiden, terwijl meer offshore uitgevoerde oefeningen eerder tot effecten op diersoorten in de waterkolom zullen leiden.

Ten aanzien van vlieg- en schietoefeningen zal bij vogels en zeezoogdieren een zekere gewenning kunnen optreden. Bij vogels leidt met name de combinatie van geluid en visuele verstoring tot schrikeffecten en veelvuldige verstoring kan tot vermijding van bepaalde gebieden leiden. Bij zeezoogdieren is dit vermijdingsgedrag niet geconstateerd, maar kunnen wel tijdelijke gedragsveranderingen optreden. Deze veranderingen vormen een complex en (nog) slecht begrepen verschijnsel.

Schok- en drukgolven als gevolg van explosies van o.a. dieptebommen en mijnbestrijdingsmunitie, die overigens slechts gedurende een paar dagen per jaar plaatsvinden, kunnen in een gebied met een straal tot honderd meter alle dieren dodelijk verwonden en vissen met een zwemblaas tot op afstanden van enkele honderden meters. Het is zeker niet uitgesloten dat explosies hebben geleid tot versuffing gevolgd door verdrinking, dan wel tot (meestal op termijn dodelijke) gehoorschade, dan wel tot strandingen, van dolfijnachtigen in de Nederlandse sector van de Noordzee.

Geconcludeerd kan worden, dat tijdens schietoefeningen en vernietiging van explosieven zeer toxische verbindigen kunnen vrijkomen. De effecten op het ecosysteem zijn door onbekendheid met o.a. samenstelling en vrijgekomen hoeveelheden niet te kwantificeren. Door vlieg- en schietoefeningen kunnen gedragsveranderingen bij vogels en zeezoogdieren ontstaan, waarvan de mogelijk complexe effecten nog grotendeels onbegrepen zijn. Schok- en drukgolven als gevolg van explosies kunnen locaal (enkele honderden meters) alle dieren doden; explosies hebben mogelijk reeds tot de dood van zeezoogdieren en/of andere dieren geleid.

Ook hier geldt dat de locale effecten uitsluitend in qua omvang beperkte gebieden (bijv. Friese Front gebied, Klaverbank) relatief een groot oppervlak kunnen beïnvloeden.

4.6. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN BUISLEIDINGEN EN KABELS

In de Nederlandse sector van de Noordzee lag per januari 1990 ruim 1000 km buisleiding voor het transport van olie en gas; in de toekomst zal dit leidingensysteem nog uitbreiding ondergaan. Daarnaast liggen nog een aantal kabels voor telecommunicatie in de Nederlandse sector van de Noordzee (Fig. 4.7).

Voor de aanleg van kabels en buisleidingen kan het noodzakelijk zijn relatief smalle sleuven in de bodem te graven, die later weer worden afgedekt met sediment. De effecten van zowel het graven van de sleuven als de winning van materiaal om de sleuven af te dekken zijn te vergelijken met de effecten van zand- en/of grindwinning (zie 4.3). De effecten zijn locaal van karakter en zullen uitsluitend in qua omvang beperkte gebieden (bijv. Friese Front gebied, Klaverbank) relatief een groot oppervlak kunnen beïnvloeden.

Geconcludeerd kan worden, dat de effecten van de aanleg en het onderhoud van buisleidingen en kabels qua aard te vergelijken zijn met de effecten van zand- en/of grindwinning.

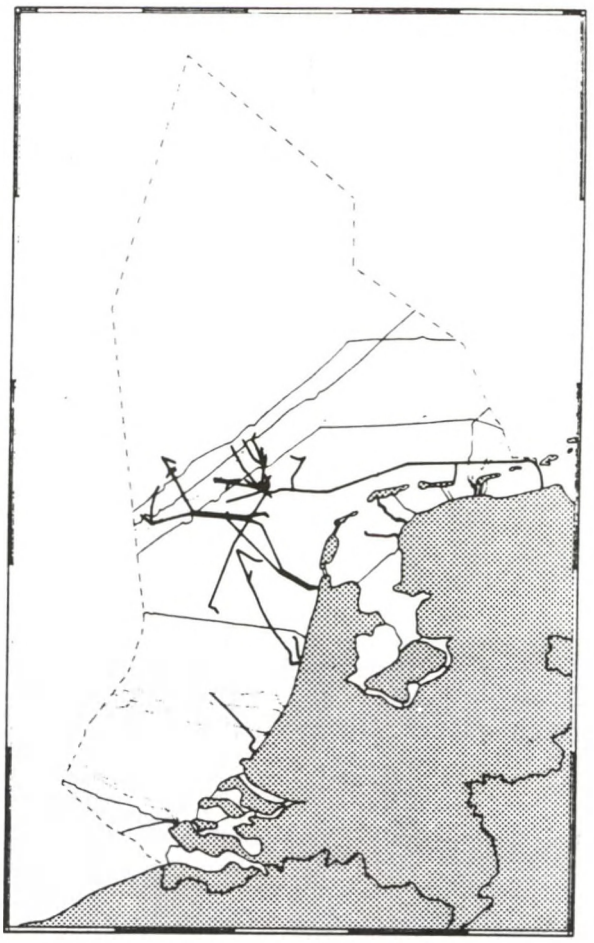


Fig. 4.7. Buisleidingen en kabels in de Nederlandse sector van de Noordzee.
—— buisleidingen voor olie en gas
—— telecommunicatiekabels
..... niet meer in gebruik zijnde telecommunicatiekabels
(naar RWS, 1988 en EZ, 1990).

5. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN HET INSTELLEN VAN BESCHERMDE GEBIEDEN

5.1. INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van de verschillende levensgemeenschappen besproken, indien de beïnvloeding door de in hoofdstuk 4 behandelde menselijke activiteiten niet langer plaats zou vinden. In 5.2 wordt eerst een samenvatting van de effecten van menselijke activiteiten op het ecosysteem gegeven, waarbij ook de schaal en het karakter van de activiteit en de duur van de chemisch-fysische gevolgen wordt vermeld. In 5.3 wordt het herstelvermogen van het ecosysteem per ecologische groep in zijn algemeenheid beschreven. In 5.4 wordt de te verwachten duur van het biologisch herstel na beëindiging van de activiteiten besproken.

5.2. SCHAAL EN KARAKTER VAN DE MENSELIJKE ACTIVITEITEN

In Tabel 5.1 wordt in een overzicht aangegeven welke activiteiten (visserij, mijnbouw, zand- en grindwinning, scheepvaart en militaire activiteiten, buisleidingen en kabels) tot effecten op de in hoofdstuk 3 behandelde ecologische groepen leiden. Onderscheid wordt gemaakt in zowel de schaal (locaal of in grote delen van de Nederlandse sector van de Noordzee) als het karakter van de activiteit (éénmalig of continu/frequent). Tevens wordt de periode aangegeven waarin de chemisch-fysische gevolgen van de activiteit (bijv. verhoogde oliegehalten, troebeling, gewijzigde sedimentkarakteristiek) zich blijven voordoen. Deze periode zal in veel gevallen mede bepalend zijn voor de biologische herstelduur na de beëindiging van de activiteit.

Zoals uit Tabel 5.1 blijkt, moet de visserij als een grootschalige activiteit met een frequent karakter worden aangemerkt, waardoor in het ecosysteem van de gehele Noordzee (in benthos, vissen, vogels en zoogdieren) aanzienlijke verschuivingen zijn opgetreden (zie 4.1). Een periode voor chemisch-fysisch herstel voordat biologisch herstel in kan treden is na de beëindiging van de bodemvisserij niet uit te sluiten.

De produktiefase van mijnbouw en de scheepvaart zijn locatiegebonden activiteiten, waarbij het vrijkomen van olie tot effecten op plankton en vogels kan leiden. Door het chronisch karakter van de (olie)lozingen wordt een bijdrage geleverd aan de bestaande achtergrondconcentratie van olie in grotere delen van de Noordzee (zie 4.2 en 4.4). De olie zal in de zuurstofrijke waterkolom in het algemeen binnen een jaar afgebroken zijn.

De boorfase van de mijnbouwactiviteit, zand- en grindwinning en de aanleg van buisleidingen en ka-

TABEL 5.1

Schaal (L=locaal; G=grootschalig) en karakter (E=éénmalig; C=continu/frequent) van de activiteiten die tot effecten leiden op ecologische groepen, alsmede de duur van het chemisch-fysisch herstel (in jaren) (n.v.t.=niet van toepassing; -=geen effecten aangetoond; ?=onbekende effecten).

Activiteit	*Chemisch-fysisch herstel (jaren)*	*Schaal en karakter van de activiteiten die tot effecten leiden op:*				
		Plankton	*Benthos*	*Vissen*	*Zeevogels*	*Zeezoogdieren*
Visserij						
- bodem	?	-	GC	GC	GC	GC
- pelagisch	n.v.t.	-	-	GC	GC	GC
Mijnbouw						
- boorfase WBM	2-5	-	LE	-	-	-
- boorfase OBM	5-10	-	LE	LE	LE	-
- produktiefase	<1	LC	-	-	LC	-
- geluid	n.v.t.	-	-	-	-	LC
Winning						
- zand	1-10	-	LE	-	-	-
- grind	1 tot ∞	-	LE	LE	-	-
Scheepvaart						
- olie	<1	LC	-	-	LC	-
- geluid	n.v.t.	-	-	-	-	LC
Militair						
- geluid	n.v.t.	-	-	-	LC	LC
- explosies	n.v.t.	-	-	LE	LE	LE
- chemische verbindingen	?	?	?	?	?	?
Buizen en kabels	1-10	-	LE	-	-	-

bels zijn activiteiten met een éénmalig en locaal karakter. Indien dergelijke locale activiteiten in een specifiek en in omvang beperkt gebied plaatsvinden, kunnen de effecten op dat beperkte gebied echter relatief grootschalig zijn. Dit zou bijv. gelden indien door zandwinning de schelpenbanken in de kustzone zouden verdwijnen of in aantal verminderen. Fysisch herstel bij zandwinning blijkt sterk afhankelijk van het sedimenttype op de winningslocatie: in grof sediment in (estuariene) gebieden met hoge stroomsnelheden vindt fysisch herstel in minder dan 1 à 3 jaar plaats, terwijl dit herstel in fijnzandige gebieden 5 à 10 jaar en in gebieden met uiterst geringe stroomsnelheden in diepe zandwin-putten meer dan 15 jaar kan duren. Bij grindwinning zal herstel van de bodemsedimenten niet meer optreden, indien de grindlaag over de totale dikte is verwijderd. Indien de bovenlaag na winning niet essentieel is gewijzigd en de omvang van het met grind bedekte oppervlak ongewijzigd is, zal herstel van het sediment binnen korte tijd plaatsvinden (zie 4.3). De afbraak van oliecomponenten in de zeebodem, afkomstig van met OBM (oil-based mud) verontreinigd boorgruis, duurt in het algemeen maanden tot jaren en is afhankelijk van type olie en de zuurstofconcentratie in het bodemsediment. De afbraakperiode bedraagt in de veldsituatie gemiddeld 5 à 10 jaar (Davies, 1984, 1988; Bakke, 1988a en 1988b). Effecten van fysische bedelving van bodemorganismen en belemmerd zuurstoftransport die ook na de sedimentatie van WBM (water-based mud) optreden, kunnen enkele jaren duren (zie 4.2).

Geluids- en schokgolven die zich voordoen langs scheepvaartroutes, rondom mijnbouwinstallaties en/of nabij militaire oefengebieden zijn locale verschijnselen met een min of meer chronisch karakter, waarbij effecten op vissen, vogels en zoogdieren kunnen optreden. Na beëindiging van dergelijke activiteiten is geen chemisch-fysische herstelperiode nodig. Effecten van het vrijkomen van chemische stoffen door militaire activiteiten zijn door onbekendheid met de samenstelling en hoeveelheid van deze verbindingen niet in te schatten (zie 4.2, 4.4 en 4.5).

5.3. HERSTELVERMOGEN VAN HET ECOSYSTEEM

Beëindiging van menselijke activiteiten in bepaalde gebieden van de Nederlandse sector van de Noordzee zal na verloop van tijd aan het herstel van populaties kunnen bijdragen. Uitgaande van de schaal waarop de activiteiten zich voordoen (zie 5.2) kan de bijdrage van het instellen van 'beschermde' gebieden aan het herstel en behoud van de ecologische groepen in de Nederlandse sector van de Noordzee worden ingeschat. Opgemerkt moet worden, dat de Nederlandse sector t.a.v. sterk migrerende vissoorten en zeezoogdieren geen 'ecosysteem' is, omdat de grensoverschrijdende migratieprocessen zeer belangrijk zijn. Dit bepaalt sterk de verwachtingen die bestaan met betrekking tot het herstel van deze populaties op basis van tot de Nederlandse sector beperkte beschermde gebieden.

5.3.1. BEËINDIGING VAN VISSERIJ

Herstel van benthos

In gebieden die voor de bodemvisserij gesloten zijn, zal de biomassa en de diversiteit van de op en in de bodem levende ongewervelde dieren van het benthisch systeem zich in een periode van 1 à 10 jaar grotendeels kunnen herstellen. Het herstel van de populatieopbouw van langlevende mollusken zal echter zeker enkele tientallen jaren duren. Herstel tot het oorspronkelijke benthische systeem is niet uitgesloten, mits de bescherming het gehele jaar van kracht is en de gebieden een voldoende grootte hebben. Voor sessiele benthossoorten (bijv. mollusken) en sessiel epibenthos (sponzen, koralen) zijn gebieden met een oppervlakte van honderd km^2 in ieder van de verschillende typen sediment voldoende. Gebieden met een dergelijke omvang zullen naar verwachting een voldoende diversiteit aan sessiele benthossoorten bezitten, terwijl de eieren en larven van deze soorten voor een deel binnen het beschermde gebied zullen blijven. Bovendien is een dergelijk minimaal oppervlak gewenst opdat de ontwikkeling van zich herstellende benthische levensgemeenschappen binnen de dimensies van het beschermde gebied gerealiseerd kunnen worden (bijv. wormenbanken). Voor de bescherming van mobiel epibenthos (bijv. krabben) is het noodzakelijk grotere aaneengesloten gebieden te kiezen, die qua omvang zijn gerelateerd aan de actieradius van deze dieren. Aangezien vele mobiele epibenthossoorten seizoens- en paaimigraties uitvoeren is het noodzakelijk om beschermde gebieden te kiezen die een voor de seizoensmigratie voldoende sterke dieptegradiënt (bijv. 0-40 m) omvatten en een breedte van *ca.* 50 km beslaan. Gebieden met een dergelijke omvang maken het mogelijk dat de gehele levenscyclus van het mobiele epibenthos zich binnen de grenzen van het gebied afspeelt, waarbij ook eieren en larven voor een groot deel binnen het beschermde gebied zullen blijven. De continuiteit in de ontwikkeling van de levensgemeenschappen zal dan het best gewaarborgd blijven. De gebieden zouden bij voorkeur verschillende sedimenttypen moeten insluiten. Het verdient aanbeveling om de gebieden niet verspreid maar aaneengesloten te kiezen, en ze een gradiënt te laten omvatten van zandig naar slikkig sediment met inbegrip van grindgebieden en gebieden met stenen. Op die manier kunnen de voor de Noordzee karakteristieke levensgemeenschappen (micro-, meio- en macrobenthos) worden behouden.

Herstel van vispopulaties
Het sluiten van gebieden voor de visserij (demersaal en pelagisch) kan tot herstel van de vispopulaties leiden. Na de sterk afgenomen visserij-mortaliteit tijdens de 2e Wereldoorlog, bleek de stand van bijv. rog en vleet sterk toegenomen. Verwacht wordt, dat door het sluiten van de schol-box voor alle bodemvisserij het recruitment van schol aan de volwassen populatie in de Noordzee met 25% zal toenemen (zie 4.1.3).

Vissoorten die een relatief **geringe migratie** vertonen, niet-commerciële soorten als bijv. harnasmannetje, pieterman, pitvis, slakdolf, snotolf en meun behoren meestal tot de kleinere vissoorten. In beschermde gebieden zullen effecten van de bodemvisserij op deze soorten niet langer optreden en kunnen de populaties zich herstellen waarbij mogelijk weer sprake kan zijn van een 'normale' leeftijdsopbouw. Uiteraard zullen de beschermde gebieden een zodanig oppervlak moeten hebben, dat een voldoende groot deel van de (zich herstellende) populaties gedurende een voldoende lange periode binnen het gebied blijft en beschermd wordt tegen visserijinvloeden. De omvang van de beschermde gebieden zal gerelateerd moeten zijn aan actieradius van de vissoorten inclusief seizoens- en paaimigraties. Gedacht moet worden aan een totale gebiedsgrootte in de orde van enkele ICES kwadranten (*ca.* 3500 km^2 elk), zodanig gelegen dat ieder van de karakteristieke sedimenttypen (zandig, slikkig, grind/stenig en overgangszone) in een gebied ter grootte van *ca.* een kwadrant vertegenwoordigd is. Ook in dit geval is het wenselijk, dat de gebieden zoveel mogelijk aaneengesloten worden gekozen.

Voor het herstel van **sterker migrerende** vissoorten zijn twee aspecten belangrijk. In de eerste plaats zal de visserij-mortaliteit zoveel mogelijk voorkomen moeten worden in de gebieden waar vissen zoals schol, tong, haring, griet, tarbot, schar, kabeljauw, poon en enkele roggensoorten de eerste levensjaren doorbrengen. Een deel van deze gebieden zou het gehele jaar voor alle vormen van visserij gesloten kunnen worden. Verwacht mag worden dat zowel het herstel van de totale visfauna van de Noordzee als dat van de commerciële soorten op deze wijze kan worden gestimuleerd, gezien ook de positieve effecten die van de instelling van de 'schol-box' (Fig. 4.1) op het herstel van de schol en de tong worden verwacht. Een tweede belangrijk aspect is het gevolg van enerzijds de sterke migratiebewegingen van bepaalde vissoorten en anderzijds de visserij-mortaliteit in de niet-beschermde gebieden van de Noordzee. Sterker migrerende vissoorten vereisen een groter beschermd gebied, gezien het wegvang-effect door de visserij in de rest van de Noordzee. Daarbij valt te verwachten dat deze visserij zich mogelijk langs de randen van de beschermde gebieden zal concentreren. Voorlopige modelberekeningen geven aan dat sluiting van 25% van de gehele Noordzee gecombineerd met een ongewijzigde totale visserij-inspanning het herstel van de sterker migrerende visfauna en de stabilisatie van deze populaties in geringe mate zal bevorderen, als gevolg van een met 4 tot 12% afnemende visserij-sterfte (Daan, in prep.). Uit dezelfde berekeningen mag worden afgeleid, dat sluiting van 25% van de gehele Noordzee slechts een geringe invloed op de visserijvangsten zal hebben. Hieruit kan worden afgeleid, dat de sluiting van een beperkt gebied in de Nederlandse sector weinig schade toebrengt aan de visserij, maar eveneens dat de instelling van dergelijke gebieden niet als een volledig alternatief gezien kan worden voor het beheer van vispopulaties met een sterk migratiegedrag.

Veranderingen in vogelpopulaties
De visserij op de Noordzee heeft overwegend tot stimulerende effecten op de vogelstand geleid: stormvogels, meeuwen, alken en zeekoeten zijn de laatste decennia sterk toegenomen. De instelling van beschermde gebieden in de kustzone zal mogelijk de koloniegrootte van op het land broedende meeuwen weer doen verkleinen tot de grootte van enkele decennia geleden, omdat het extra beschikbare voedsel in de vorm van visafval van schepen verdwijnt. Verdrinking in (verloren gegaan) staand en drijvend want komt in de Nederlandse sector van de Noordzee slechts in geringe mate voor en beschermende maatregelen zullen derhalve niet tot veranderingen op populatieniveau leiden.

Instelling van beschermde gebieden kan in een aantal specifieke gevallen vogelpopulaties rond de Noordzee beschermen. Het broedsucces van alken en koeten aan de Engelse kust kan door uitsluiting of beperking van de locale visserij uit voedselgebieden nabij de broedkolonies mogelijk worden vergroot als gevolg van de toenemende beschikbaarheid van voedsel in de vorm van zandspiering. Mogelijk spelen echter ook andere factoren een bepalende rol bij dat herstel. In de Nederlandse sector van de Noordzee zal het verbieden of het beperken van de kust- en garnalenvisserij een bedreiging van de populaties van de zwarte en grote zeeëend en de eidereend kunnen voorkomen door de beschikbaarheid van rijke schelpenbanken in de kustzone binnen de 15 m-dieptelijn veilig te stellen.

Herstel van zeezoogdierpopulaties
Een belangrijke oorzaak van de afname in populaties bruinvissen, verdrinking in staande en drijvende netten, kan door het instellen van voor deze visserij gesloten gebieden in aanzienlijke mate worden bestreden. Instelling van dergelijke grote gebieden in Deense wateren, Kattegat en de Deense sector van de Noordzee zou jaarlijks het verdrinken van mogelijk

enkele duizenden bruinvissen en dolfijnen kunnen voorkomen. In de Nederlandse sector van de Noordzee verdient het overweging om de gehele kustzone te vrijwaren van staande en drijvende netten en fuiken, teneinde eventuele verdrinking van bruinvissen te voorkomen.

De bijdrage aan de achteruitgang van de zeezoogdierpopulaties in de Noordzee veroorzaakt door de geringere beschikbaarheid van prooien (haring, makreel), zal als gevolg van het sterke migratiegedrag van deze vissoorten, slechts zeer ten dele ongedaan kunnen worden gemaakt door het instellen van gesloten gebieden in de Nederlandse sector.

5.3.2. BEËINDIGING VAN LOZINGEN VANAF MIJNBOUWINSTALLATIES

Indien gebieden worden ingesteld, waar mijnbouwinstallaties tijdens de boorfase niet langer oliehoudende afvalstoffen mogen lozen, zullen zich na de boorfase geen effecten op benthos (in geval van afvoer van alle boorgruis naar het vasteland) voordoen, of effecten over een veel geringer oppervlak (in geval van lozing van uitsluitend WBM). De effecten van eerder in het gebied gestort oliehoudend boorgruis zullen naar schatting na 5 à 10 jaar voorbij zijn. Ook sublethale effecten van OBM-boorgruis op vissen zullen in dergelijke beschermde gebieden niet meer optreden.

Het terugdringen of beëindigen van de lozing van oliehoudend produktiewater zal het optreden van olievlekken op korte termijn verminderen of voorkomen, waardoor de kans op vogelsterfte in zijn totaliteit verminderd wordt. Planktonorganismen zullen geringere of geen effecten van in de waterkolom opgeloste of gedispergeerde olie meer ondervinden. De totale bijdrage van de mijnbouwactiviteit aan de achtergrondconcentratie van olie in de Noordzee zal verminderen.

5.3.3. BEËINDIGING VAN ZAND- EN GRINDWINNING

Zandwinning in de Noordzee beperkt zich om economische redenen tot het gebied ondieper dan de 30 m lijn, waar het zand relatief grofkorrelig is. In dergelijke gebieden heeft zandwinning een locaal karakter en kent het benthos een relatief korte herstelduur van 1 à 10 jaar. De leeftijdsopbouw van langlevende mollusken zal zich in vele tientallen jaren herstellen. Gezien het grote herstelvermogen van aan mobiele sedimenten aangepast macrofauna lijkt het niet zinvol om zandwinning, (bij voorkeur uitgevoerd met sleephopperzuigers) te beëindigen in gebieden als het 'zandgolvengebied' ten zuiden van 53°NB. Gezien de uitgestrektheid van de gebieden waar jonge vis opgroeit lijkt het weren van zandwinning uit deze gebieden niet effectief voor het herstel van de visfauna op de Noordzee.

Grindwinning in de Nederlandse sector van de Noordzee zal zich beperken tot winning op de Klaverbank. Indien het grind niet over de gehele diepte (20 à 130 cm) of slechts over geringe oppervlakten wordt weggehaald, zal herstel van benthos in 1 à 20 jaar kunnen optreden. Verwijdering van de gehele grindlaag zal het keileem blootleggen, waarop rekolonisatie van het specifieke benthos vrijwel uitgesloten is. De Klaverbank is een potentieel paaigebied voor haring. Niet alleen het weghalen van de grindlaag over de gehele dikte maar ook het veranderen van de samenstelling van het grind kan dergelijke gebieden ongeschikt maken als potentieel paaigebied. Op het Britse continentale plat bevinden zich uitgestrekte grindgebieden; aangezien de Klaverbank het enige gebied in de Nederlandse sector van de Noordzee met uitgebreide grindafzettingen is verdient het overweging, de Klaverbank als een tegen grindwinning beschermd gebied aan te wijzen, zodat de specifieke benthosgemeenschappen binnen de Nederlandse sector behouden blijven.

5.3.4. BEËINDIGING VAN SCHEEPVAARTLOZINGEN EN SCHEEPVAARTGELUID

De huidige ligging van de scheepvaartroutes op de Noordzee lijkt het minst ongunstig voor vogels. In het verkeersscheidingsstelsel Texel, Vlieland, Terschelling benoorden de Waddeneilanden worden de meeste olievlekken waargenomen; dit relatief vogelarme gebied ligt tussen de veel rijkere kustzone en het Friese Front gebied (Fig. 4.5). Instelling van tegen scheepvaartlozingen en -geluid beschermde gebieden zal niet leiden tot veranderingen op populatieniveau.

Het is niet uitgesloten dat bruinvissen scheepvaartroutes vermijden vanwege het permanente geluid van scheepsmotoren en -schroeven. Het verleggen van scheepvaartroutes lijkt echter voor het herstel van de bruinvispopulatie geen doelmatige beheersmaatregel.

5.3.5. BEËINDIGING VAN MILITAIRE ACTIVITEITEN

Het instellen van tegen militaire geluids- en schokgolven gesloten gebieden zal waarschijnlijk niet tot effectief behoud respectievelijk herstel van populaties vogels en zeezoogdieren leiden. Gezien de onbekendheid met de hoeveelheid en samenstelling van de bij militaire activiteiten in de Noordzee vrijkomende zware metalen en overige verbindingen en gezien de mogelijkheid van biologische schade door dergelijke emissies is het niet wenselijk dergelijke activiteiten zonder meer overal toe te staan.

5.3.6. BEËINDIGING AANLEG BUISLEIDINGEN EN KABELS

Indien in een bepaald gebied geen buisleidingen en kabels meer worden aangelegd, zullen de locale effecten op benthos niet meer optreden. Herstel van zulke effecten zal binnen 1 à 10 jaar optreden.

5.4. TIJDSCHAAL VOOR BIOLOGISCH HERSTEL

De lengte van de periode van biologisch herstel zal in belangrijke mate afhangen van de tijdsduur die het herstel van de chemisch-fysische gevolgen van de activiteit vergt (zie Tabel 5.2). Indien de chemisch-fysische gevolgen in voldoende mate gereduceerd zijn, zal het biologisch herstel uitsluitend nog samenhangen met het soortspecifieke herstelvermogen van de betreffende ecologische groep. Dit herstelvermogen is o.a. afhankelijk van reproduktiecapaciteit, generatietijd, leeftijdsopbouw, expansiedrang, rekolonisatiemogelijkheden, vestiging van juvenielen en vermijdingsgedrag.

Na de beëindiging van de activiteiten in een bepaald gebied zal het herstel van de ecologische groep sterk afhangen van de mobiliteit (migratiebewegingen) van de soorten in verhouding tot de grootte van het beschermde gebied (zie 5.3). Sessiele soorten (infauna en epifauna) en ecologische groepen met een relatief beperkte migratie (vele niet-commerciële vissoorten) zijn in principe effectief binnen bepaalde gebieden te beschermen. Voor meer mobiele ecologische groepen (sterk migrerende vissen, zeevogels en zeezoogdieren) zullen locale beschermingsmaatregelen een bijdrage aan het herstel kunnen leveren mits de beschermde gebieden voldoende groot zijn, ook als in de overige gebieden van de (Nederlandse sector van de) Noordzee de activiteiten onverminderd voortgaan.

In veel gevallen zal de totale biomassa van een ecologische groep zich eerder herstellen dan de soortendiversiteit en de relaties in de levensgemeenschap. Het hervinden van het oorspronkelijk biologisch evenwicht zal een relatief traag proces zijn, waarbij niet zeker is of volledig herstel mogelijk blijkt. Verondersteld wordt (May, 1975) dat een ecosysteem tot een aantal verschillende evenwichtssituaties kan evolueren en dat maakt het volledig herstel tot het oorspronkelijk ecosysteem onzeker. Bovendien zijn de effecten van de sterke veranderingen in bijv. vispopulaties op andere groepen binnen het ecosysteem van de Noordzee (benthos, vissen, vogels, zeehonden) grotendeels onbekend. Intra- en interspecifieke predatie bij vissoorten is een belangrijke factor die de effecten van beheersmaatregelen kan beïnvloeden. Hierbij kan de vraag gesteld worden of met het huidige intensieve gebruik van de Noordzee herstel tot de oorspronkelijke toestand wel een haalbaar doel is of zou moeten zijn.

In Tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van de

TABEL 5.2

Geschatte duur (in jaren) van het biologisch herstel van de ecologische groepen na beëindiging van de activiteiten. (-=geen effecten aangetoond; ~0=vrijwel onmiddellijk herstel; ?=onbekende effecten, dus onbekend herstel; n.v.t.=niet van toepassing).

Activiteit	*Chemisch-fysisch herstel (jaren)*	*Biologische herstelperiode in jaren*				
		Plankton	*Benthos*	*Vissen*	*Zeevogels*	*Zeezoogdieren*
Visserij						
- bodem	?	-	1-20	5-20	5-50	20- > 50
- pelagisch	n.v.t.	-	-	5-20	5-50	20- > 50
Mijnbouw						
- boorfase WBM	2-5	-	2-5	-	-	-
- boorfase OBM	5-10	-	5-10	5-10	< 1	-
- produktiefase	< 1	~0	-	-	< 1	-
- geluid	n.v.t.	-	-	-	-	~0
Winning						
- zand	1-10	-	1-10	-	-	-
- grind	1 tot ∞	-	1-∞	1-∞	-	-
Scheepvaart						
- olie	< 1	~0	-	-	< 1	-
- geluid	n.v.t.	-	-	-	-	~0
Militair						
- geluid	n.v.t.	-	-	-	~0	~0
- explosies	n.v.t.	-	-	~0	~0	~0
- chemische verbindingen	?	?	?	?	?	?
Buizen en kabels	1-10	-	1-10	-	-	-

verwachte herstelduur van de ecologische groepen, na beëindiging van de menselijke activiteiten.

Uit Tabel 5.2 blijkt, dat na beëindiging van de bodemvisserij in een bepaald gebied de biologische herstelduur van het benthos op 1 à 20 jaar wordt geschat; de herstelduur van de leeftijdsopbouw van gemeenschappen met langlevende mollusken kan vele tientallen jaren bedragen. Biomassaherstel zal eerder optreden dan het herstel van het oorspronkelijke benthische systeem. Het herstel van vis- en vogelpopulaties wordt in principe op 5 à 20, resp. 5 à 50 jaar geschat; van zeezoogdierpopulaties op 20 tot meer dan 50 jaar; de relatief lange herstelperiode hangt o.a. samen met het trage herstel van de leeftijdsopbouw in deze populaties.

Locaal herstel van de benthosgemeenschap na beëindiging van de lozing van OBM-boorgruis zal over het algemeen 5 à 10 jaar duren. De duur van het chemisch-fysisch herstel van het sediment blijkt een belangrijke oorzaak van de trage inzet van het biologisch herstel. Na de lozing van WBM-boorgruis worden gedurende 2 à 5 jaar nog (subtiele) effecten op het benthisch systeem waargenomen. De duur van de sublethale effecten op vissen als gevolg van de lozing van OBM-boorgruis wordt eveneens geschat op 5 à 10 jaar, afhankelijk van de biodegradatiesnelheid van de oliecomponenten in het sediment.

Locaal herstel van benthos na beëindiging van zandwinningsactiviteiten en aanleg van buisleidingen en kabels zal sterk afhangen van het sedimenttype op de winningslocatie. Herstel in grovere sedimenten zal in 1 à 3 jaar plaatsvinden; herstel in fijner sediment zal naar schatting 5 à 10 jaar duren. Indien na grindwinning geen grind meer op de bodem overblijft zal herstel van benthos en (potentiële) paaigronden voor bijv. haring onmogelijk zijn. Indien grindlagen niet over de gehele diepte of slechts over een gering oppervlak worden verwijderd, zal gedeeltelijk herstel van benthos afhankelijk van de locatie binnen 1 à 10 jaar plaatsvinden; voor grotere langlevende mollusken zal het herstel tientallen jaren in beslag nemen.

Biologisch herstel van planktongemeenschappen zal na beëindiging van de olielozingen in de produktiefase van de mijnbouwactiviteit en door de scheepvaart op korte termijn kunnen optreden als gevolg van verdunning en snelle biodegradatie van oliecomponenten onder zuurstofrijke condities. Effecten van de olievlekken op vogels zullen vrij snel na de beëindiging van de lozingen niet meer voorkomen.

Door onbekendheid met de aard en de hoeveelheid van de bij militaire activiteiten in de Noordzee vrijkomende verbindingen is een schatting van de biologische effecten en het herstel niet mogelijk.

Na beëindiging van door scheepvaart, militaire activiteiten of mijnbouwactiviteiten veroorzaakte geluids- en schokgolven zal het herstel van vis-, vogel- en zeezoogdierpopulaties uitsluitend afhangen van de expansiedrang en het vermijdingsgedrag van deze diergroepen.

6. METHODIEK T.A.V. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN

6.1. INLEIDING

Om te komen tot de keuze van één of meer te beschermen gebieden is uit de doelstellingen voor het instellen van beschermde gebieden (zie 2.6) een aantal criteria afgeleid.

In de literatuur over planning en beheer van beschermde zeegebieden wordt doorgaans alleen een uitgebreide set van ecologische criteria, zoals bijv. uniciteit, afhankelijkheid, diversiteit en natuurlijkheid, gehanteerd. Oorspronkelijk lag het in de bedoeling in dit rapport met name dit type criteria te gebruiken. Het is echter de vraag of voor het beheer van de Nederlandse sector van de Noordzee deze ecologische criteria als uitgangspunt toepasbaar zijn. De kennis over het ecosysteem van de Noordzee is nog steeds beperkt, zodat de beoordeling van (delen van) de Noordzee aan de hand van de geschetste criteria moeilijk en vaak zelfs onmogelijk zal zijn.

Daarnaast is de Noordzee een gebied waar verschillende menselijke activiteiten reeds vele decennia lang plaatsvinden. Hoewel de kennis over het ecosysteem van de Noordzee in zijn algemeenheid nog beperkt is, neemt de kennis over de effecten van menselijke handelingen op het Noordzee ecosysteem toe. Het is duidelijk (hoofdstuk 4) dat bijv. de visserij, de vervuiling door mijnbouw en scheepvaart en de winning van zand en grind aantoonbaar effecten op het Noordzee ecosysteem hebben, effecten die zich voegen bij de effecten die de vervuiling uit andere bronnen (verontreiniging vanaf land, dumping, atmosferische depositie) heeft. Als daarbij de frequent uitgevoerde menselijke handelingen een grootschalig karakter krijgen, zullen die effecten zich op grote schaal voordoen en het ecosysteem meetbaar wijzigen. Bekend is inmiddels dat bepaalde handelingen zo'n omvang hebben gekregen dat voor bepaalde diergroepen gevreesd moet worden dat hun voorkomen of 'normaal' functioneren binnen het Nederlandse deel van de Noordzee thans bedreigd wordt. Tegen deze achtergrond zijn criteria als representativiteit, diversiteit, productiviteit en natuurlijkheid die feitelijk gebaseerd zijn op een natuurlijke situatie, slechts ten dele bruikbaar.

Het toepassen van een viertal criteria vormt de methode t.a.v. instelling en selectie van te beschermen gebieden.

Het eerste criterium is gericht op de bedreigingen waaraan het ecosysteem onderworpen is. Daarbij is de ernst van de bedreiging die van een bepaalde activiteit uitgaat maatgevend voor het al dan niet wenselijk zijn van het instellen van beschermde gebieden.

Het tweede criterium is gericht op de vraag of het instellen van beschermde gebieden zal leiden tot een afname van de bedreiging van het ecosysteem in de Noordzee.

Bij het derde criterium worden ecologische criteria gehanteerd om te komen tot een ecologisch verantwoorde keuze ten aanzien van omvang en plaats van te beschermen gebieden.

Tot slot worden er nog criteria van praktische, met name juridische, aard gehanteerd waarmee de uitvoerbaarheid van de gemaakte keuzen beoordeeld wordt.

6.2. CRITERIA

De overwegingen uit paragraaf 6.1 leiden tot de volgende criteria:

CRITERIUM 1. DE MATE VAN BEDREIGING VAN HET ECOSYSTEEM

Zijn de effecten van bepaalde menselijke activiteiten (schaal en intensiteit in aanmerking genomen) binnen de Nederlandse sector van de Noordzee zo groot dat bepaalde soorten en/of diergroepen dreigen te verdwijnen of zodanig worden beïnvloed dat er vrijwel geen sprake meer kan zijn van een natuurlijke ontwikkeling van de populaties?

Met de gegevens uit hoofdstuk 4 is het antwoord op deze vraag in kaart gebracht. Van bedreiging wordt gesproken indien:

—activiteiten die in een groot gebied herhaald voorkomen, effecten hebben op soorten en/of diergroepen.

—locale activiteiten eenmalige en langdurige effecten hebben op soorten en/of diergroepen in een specifiek gebied.

Op basis hiervan kan worden aangegeven t.a.v. welke menselijke handelingen maatregelen ter bescherming van het ecosysteem noodzakelijk zijn, en voor welke soorten of diergroepen deze maatregelen noodzakelijk zijn.

CRITERIUM 2. EFFECTIVITEIT VAN HET INSTELLEN VAN GESCHERMDE GEBIEDEN

Kan door het verbieden of beperken van deze activiteiten in bepaalde gebieden deze bedreiging worden weggenomen en hoe groot dienen die gebieden dan te zijn?

Met de gegevens uit hoofdstuk 5 is beoordeeld wat de effecten zullen zijn van het beëindigen van die activiteiten die een bedreiging voor soorten en diergroepen inhouden.

Vervolgens is aangegeven of er alternatieven zijn voor de instelling van beschermde gebieden waar mee de doelstelling van herstel van bedreigde dier

groepen en diersoorten ook verwezenlijkt zou kunnen worden.

Op basis hiervan is aangegeven voor welke diergroepen of diersoorten de instelling van beschermde gebieden een voorwaarde is voor herstel en bescherming en hoe groot dergelijke gebieden dienen te zijn.

CRITERIUM 3. KEUZE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN

Wat is (welke zijn) vanuit de ecologie van de bedreigde diersoorten en vanuit de ecologie van de Nederlandse sector van de Noordzee het meest geschikte deel (delen) van de Nederlandse sector van de Noordzee om als beschermd gebied aangewezen te worden?

Hierbij worden de volgende ecologische criteria gebruikt:

—Wordt in de gebieden die voor een beschermde status in aanmerking komen de ecologische **diversiteit** van de Nederlandse sector van de Noordzee teruggevonden? Zijn de gebieden die gekozen worden **representatief** voor de verschillende typen gebieden die binnen de Nederlandse sector voorkomen? Ook de vraag of gebieden **uniek** zijn binnen de Nederlandse sector speelt in dit verband een rol.

—In hoeverre vormt een gebied dat in aanmerking komt voor een beschermde status een **samenhangend geheel?**

—In hoeverre is een gebied dat in aanmerking komt voor een beschermde status **kwetsbaar** voor de gevolgen van menselijke activiteiten? Ook de vraag of en in hoeverre gebieden reeds zijn aangetast door menselijke activiteiten kan hierbij aan de orde komen.

Ook deze ecologische criteria functioneren als opeenvolgende stappen die uiteindelijk resulteren in een keuze van specifieke gebieden die voor bescherming in aanmerking komen.

CRITERIUM 4. JURIDISCHE MOGELIJKHEDEN

Zijn er voldoende juridische instrumenten beschikbaar om de gewenste bescherming aan de geselecteerde gebieden te kunnen bieden?

Dit criterium richt zich op de vraag of er juridische instrumenten beschikbaar zijn of ontwikkeld kunnen worden om de geselecteerde gebieden de gewenste bescherming te kunnen bieden en aan welke voorwaarden de gebieden dienen te voldoen om deze instrumenten effectief te kunnen toepassen.

7. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN

7.1. CRITERIUM 1, DE MATE VAN BEDREIGING

Zijn de effecten van bepaalde menselijke activiteiten (schaal en intensiteit in aanmerking genomen) binnen de Nederlandse sector van de Noordzee zo groot dat bepaalde soorten en/of diergroepen dreigen te verdwijnen of zodanig worden beïnvloed dat er vrijwel geen sprake meer kan zijn van een natuurlijke ontwikkeling van de populaties?

7.1.1. INLEIDING

In hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 (Tabel 5.1) is een algemeen overzicht gegeven van de ecologische effecten van een aantal menselijke activiteiten in de Nederlandse sector van de Noordzee, alsmede de schaal en het karakter van deze activiteiten. In de volgende paragrafen zal worden gepreciseerd welke activiteiten soorten of diergroepen zodanig beïnvloeden dat beschermende maatregelen noodzakelijk zijn.

7.1.2. VISSERIJ

Er zijn aanwijzingen dat de intensieve visserij binnen vrijwel de gehele Nederlandse sector van de Noordzee verschuivingen heeft veroorzaakt in vrijwel alle diergroepen. Benthossoorten en vissen met een lange levensduur en relatief trage voortplanting zijn daardoor vervangen door soorten met een kortere levensduur en een hoog reproduktievermogen.

Door de intensieve boomkorvisserij kunnen benthische levensgemeenschappen zich nergens in de Nederlandse sector van de Noordzee meer natuurlijk ontwikkelen. Binnen het macrobenthos zijn verschuivingen waargenomen waarbij grote mollusken, zoals *Dosinia exoleta*, oester (*Ostrea edulis*), paardemossel (*Modiolus modiolus*), noordhoorn (*Neptunea antiqua*), en mogelijk noordkromp (*Arctica islandica*) in aantal zijn afgenomen, en wormen in hogere dichtheden voorkomen. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat koralen (dodemansduim *Alcyonium digitatum*) en sponzen (zoals broodspons *Halichondria panicea*) alsmede zeekreeft (*Homarus gammarus*) en zeekat (*Sepia officinalis*) in een belangrijk deel van de Nederlandse sector van de Noordzee sterk in aantal zijn verminderd, mogelijk als gevolg van deze visserij.

Ook op de visstand heeft de intensieve visserij in al zijn vormen grote effecten gehad. Naast soortenverschuivingen of verschuivingen in de leeftijdsopbouw van populaties door onbedoelde neveneffecten (zoals discards) zijn de populaties van commercieel belangrijke soorten direct beïnvloed. Dit kan voor een aantal soorten als volgt worden samengevat:
—de paaistand van haring, makreel, kabeljauw, schelvis, tong, koolvis en wijting is sterk verminderd;
—de paaistand van een aantal roggen- en haaiensoorten is sterk afgenomen;
—de grote pieterman is vrijwel uitgestorven.

Er is een aanzienlijke invloed van de visserij op vogelpopulaties aangetoond. Diverse populaties zijn enorm toegenomen, omdat door de visserij meer voedsel beschikbaar kwam. Hoewel er tot nu toe in de Nederlandse sector van de Noordzee geen aantalsverminderingen bij zeevogelsoorten zijn geconstateerd, kan het verminderen van het voedselaanbod in de kustzone tot een afname in bepaalde vogelpopulaties leiden. Met name het wegvissen van schelpenbanken in de kustzone zou oorzaak kunnen zijn van een afname in het aantal eidereenden en zwarte en grote zeeëenden.

De intensieve visserij heeft waarschijnlijk in de hele Noordzee, door de verminderde beschikbaarheid van vis als voedsel voor zeezoogdieren en zeker door de verdrinking van zeezoogdieren in met name staande netten, bijgedragen aan de teruggang in de aantallen zeezoogdieren.

Concluderend kan gesteld worden dat de visserij op een dermate grote schaal effecten op vele aspecten van het ecosysteem heeft (gehad) dat maatregelen ter bescherming van het ecosysteem in de (Nederlandse sector van de) Noordzee noodzakelijk zijn.

7.1.3. MIJNBOUWACTIVITEITEN

Uit onderzoek naar de effecten van mijnbouwactiviteiten (die nog onder de vroegere mijnbouwregeling werden uitgevoerd) blijkt dat met name door de lozing van oil-based mud (OBM) locaal effecten op het benthos optreden. In geval van lozing van water-based mud (WBM) treden deze effecten over een veel geringer oppervlak op en uitsluitend als gevolg van fysieke bedelving en belemmering van zuurstoftransport. De herstelduur ligt na een lozing van OBM-boorgruis in de orde van 5 à 10 jaar, na WBM-lozing in orde van 2 à 5 jaar. Macrobenthossoorten die gevoelig zijn voor OBM-boorgruis komen in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee voor. Vooral in het Friese Front gebied en in de Oestergronden zijn het aantal soorten èn de dichtheid van soorten die gevoelig zijn voor OBM-boorgruis, aanzienlijk hoger dan in andere delen van de Nederlandse sector van de Noordzee.

Hoewel er aanwijzingen zijn dat het dumpen van met OBM verontreinigde cuttings, en voortdurende lozingen van oliehoudend produktiewater ook effecten op plankton, vissen en vogels kunnen hebben, is dit nooit aangetoond, en moet er van uitgegaan worden dat deze effecten slechts een zeer locaal karak-

ter hebben. Indien zich als gevolg van produktiewaterlozingen olievlekken vormen, zullen deze in het Friese Front gebied met name in de nazomer en herfst sterfte kunnen veroorzaken onder de zich daar in grote dichtheden verzamelde ruiende zeekoeten.

Het lijkt onwaarschijnlijk, dat zeezoogdieren van mijnbouwexploratie en -exploitatie, inclusief het seismisch onderzoek, enige schade oplopen op afstanden groter dan 100 m.

In het grootste deel van de Nederlandse sector van de Noordzee is het aantal mijnbouwinstallaties klein t.o.v. het gebiedsoppervlak. Het gebied waar benthische levensgemeenschappen aan langdurige effecten blootstaan is daarom relatief gering. In het relatief kleine Friese Front gebied staan echter veel mijnbouwinstallaties. Als gevolg hiervan wordt een relatief groot deel van het Friese Front gebied beïnvloed door mijnbouwactiviteiten. Ook in het relatief kleine Klaverbankgebied zouden de effecten van (daar nu nog niet aanwezige) mijnbouwinstallaties relatief grootschalig zijn. Hier geldt tevens dat de afzetting van boorgruis op de grindbodems een blijvende verandering in het bodemsubstraat tot gevolg zou hebben.

Concluderend kan gesteld worden dat de mijnbouwlozingen in de vorm van OBM-boorgruis tot locale en langdurige effecten op het benthos leiden, zodat maatregelen noodzakelijk zijn om deze effecten te voorkomen. De effecten van WBM-boorgruis zijn van veel kortere duur en treden op over een veel geringere afstand vanaf de boorlocatie dan die van OBM-boorgruis. Afhankelijk van de grootte van het eventueel te beschermen deelgebied en de intensiteit van de mijnbouwlozingen kunnen aanvullende beschermende maatregelen bijv. t.a.v. WBM-boorgruis en produktiewater noodzakelijk zijn.

7.1.4. ZANDWINNING

De winning van zand vindt binnen de Nederlandse sector van de Noordzee thans op beperkte schaal plaats. De winning van zand leidt alleen locaal, ter plaatse van de winningsactiviteiten, tot effecten op benthische levensgemeenschappen. De gebieden waar zandwinning in de toekomst zal plaatsvinden zullen, naar verwachting, slechts een klein gedeelte van de Nederlandse sector van de Noordzee beslaan. Zandwinning vormt derhalve voor de totale Nederlandse sector van de Noordzee geen bedreiging. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat noch in het Klaverbankgebied noch in het Friese Front gebied zandwinning zal plaatsvinden. Indien dat wel geval zou zijn, zullen in deze gebieden de effecten, de grootte van het gebied in aanmerking genomen, aanzienlijk kunnen zijn.

Concluderend kan gesteld worden, dat de effecten van zandwinning zeer locaal zijn en grotendeels binnen een periode van 1 tot 3 jaar hersteld zijn, uitgezonderd de leeftijdsopbouw van de langlevende soorten. In het algemeen worden maatregelen niet noodzakelijk geacht, maar afhankelijk van de grootte van het eventueel te beschermen deelgebied en de intensiteit van de zandwinning kunnen aanvullende beschermende maatregelen wenselijk zijn. Dit zou ook het geval kunnen zijn, indien door zandwinning in de kustzone (< 15 m diep) schelpenbanken die een essentiële voedselbron voor zeeëenden zijn, zouden verdwijnen.

7.1.5. GRINDWINNING

Thans vindt geen grindwinning plaats binnen de Nederlandse sector van de Noordzee. Er zijn echter aanvragen ingediend om tot winning over te mogen gaan. Indien grindwinning plaats zou vinden heeft dit direct effect op het benthos op de grindwinningslocatie. De locale populatie zal door de winningsactiviteiten vernietigd worden en de oorspronkelijke soortensamenstelling zal zich nooit herstellen in dat gedeelte dat na de winning niet langer met grind bedekt is.

De winning van grind op de Klaverbank zou een potentieel paaigebied voor haring in de Nederlandse sector van de Noordzee wegnemen. Voor het herstel van de haringstand in de Noordzee in zijn totaliteit heeft dit grindgebied echter door zijn geringe oppervlakte geen betekenis.

Concluderend kan gesteld worden dat, indien tot grootschalige winning van grind binnen de Nederlandse sector wordt overgegaan, bijv. op de Klaverbank, vrijwel de gehele Nederlandse grindvoorkomens zullen verdwijnen en daarmee de gehele daarbij behorende benthische levensgemeenschappen. Dergelijke effecten ontstaan met name door de beperkte aanwezigheid van grind in de Nederlandse sector van de Noordzee.

7.1.6. SCHEEPVAART

De vervuiling door en het geluid van de scheepvaart kunnen in de drukke scheepvaartroutes locaal effecten op zeezoogdieren en zeevogels hebben. In de praktijk blijkt dat in de scheepvaartroutes zelf zeer weinig bruinvissen worden waargenomen. Een van de belangrijkste verblijfsgebieden van de bruinvis, het Friese Front gebied, ligt in de nabijheid van dergelijke scheepvaartroutes. Ook lopen de verkeersscheidingsstelsels direct ten noorden van de Waddeneilanden door de voor zeevogels belangrijke kustzone.

Hoewel het aanbeveling verdient om bij het vaststellen van scheepvaartroutes ook rekening te houden met de aanwezigheid van zeezoogdieren en zeevogels, zijn de problemen die de scheepvaart veroorzaakt momenteel niet van dien aard dat van een bedreiging van deze populaties gesproken kan worden. Ongewenste lozingen vanaf schepen dienen evenwel krachtig bestreden te worden.

Voor de toekomst worden ten opzichte van de huidige situatie geen al te grote veranderingen verwacht, het routepatroon en de omvang van het scheepvaartverkeer zullen waarschijnlijk grotendeels ongewijzigd blijven.

7.1.7. MILITAIRE ACTIVITEITEN

Militaire activiteiten kunnen locaal effecten hebben op vissen en zeezoogdieren (onderwaterexplosies) en op vogels (schiet- en vliegoefeningen). Plaatselijk kunnen verontreinigingen geïntroduceerd worden, waarvan de verspreiding onbekend is. Er zijn momenteel geen aanwijzingen dat hier van een grootschalige bedreiging sprake is.

7.1.8. BUISLEIDINGEN EN KABELS

De aanleg van buisleidingen en kabels heeft ten tijde van de aanleg locaal effecten op benthische levensgemeenschappen, die te vergelijken zijn met de effecten van zandwinning. De schaal waarop deze effecten optreden is echter relatief gering.

7.1.9. CONCLUSIE

Op basis van de voorgaande paragrafen is het nu mogelijk om Tabel 5.1 nader te preciseren met betrekking tot de plaatsen waar soorten of diergroepen bedreigd worden door menselijke activiteiten (zie Tabel 7.1).

7.2. CRITERIUM 2, EFFECTIVITEIT VAN HET INSTELLEN VAN BESCHERMDE GEBIEDEN

Kan door het verbieden of beperken van deze activiteiten in bepaalde gebieden deze bedreiging worden weggenomen en hoe groot dienen die gebieden te zijn?

In 5.3 is een algemeen overzicht gegeven van de mogelijkheden tot herstel van de verschillende diergroepen en diersoorten indien de activiteiten waardoor deze bedreigd worden zouden worden gestaakt. Voor de in de vorige paragraaf aangegeven belangrijkste bedreigingen kan dit herstel als volgt weergegeven worden.

7.2.1. EFFECTEN T.G.V. BEPERKING VAN DE BODEMVISSERIJ

Benthos

Indien gebieden geheel voor bodemvisserij gesloten zouden worden, kunnen de biomassa en de diversiteit van de op en in de bodem levende ongewervelde dieren in een periode van 1-20 jaar

TABEL 7.1

Samenvatting van significante effecten van menselijke activiteiten op de ecologische groepen; tevens worden de schaal waarop en de gebieden waarin deze effecten zich voordoen vermeld (-=geen significante effecten; ?=onbekende effecten).

Activiteit	*Plankton*	*Benthos*	*Vissen*	*Zeevogels*	*Zeezoogdieren*
Visserij					
- bodem	-	G/NNZ	G/NNZ	G/NNZ	G/NNZ
- pelagisch	-	-	G/NNZ	G/NNZ	G/NNZ
Mijnbouw					
- boorfase WBM	-	L/FF-KB*	-	-	-
- boorfase OBM	-	L/FF-KB	-	-	-
Zandwinning	-	L/FF-KB*	-	-	-
Grindwinning	-	L/KB*	-	-	-
Scheepvaart	-	-	-	-	-
Militaire activiteiten	?	?	?	?	?

G = grootschalig, frequent
L = locaal, langdurig effect
NNZ = Nederlandse sector van de Noordzee
FF = Friese Front gebied
KB = Klaverbank
* = deze activiteiten vinden thans niet plaats maar zijn in de toekomst mogelijk
+ = t.o.v. OBM doen de effecten van WBM zich over veel geringere oppervlakten voor en een veel geringere tijdsduur.

herstellen. Herstel kan plaatsvinden mits de bescherming het gehele jaar van kracht is en de gebieden voldoende groot zijn. Voor sessiele benthossoorten (bijv. mollusken) en sessiel epibenthos (sponzen, koralen) zijn gebieden met een oppervlak van honderd km^2 verdeeld over de voor het ecosysteem kenmerkende sedimenttypen voldoende. Voor de bescherming van mobiele epibenthossoorten met een seizoensmigratie (bijv. krabben) is het noodzakelijk grotere aaneengesloten gebieden te kiezen. Deze gebieden dienen een voldoende diepte-gradiënt (bijv. 0-40 meter) te omvatten, een minimale breedte van *ca.* 50 km te hebben, en bij voorkeur dienen in deze gebieden de karakteristieke sedimenttypen voor te komen (zie 5.3.1). Gebieden die zich ongestoord ontwikkelen, kunnen via een uitstralingseffect (larvale vestiging en rekolonisatie) op de langere termijn bijdragen aan het herstel van omliggende gebieden, zowel in de Noordzee als in de Waddenzee.

Effectieve alternatieve oplossingen lijken niet voorhanden. Onderzoek vindt wel plaats naar alternatieve vistuigen, maar richt zich daarbij op alternatieve methoden ten dienste van de visserijbelangen en niet op de bescherming van het benthische systeem. Het enige alternatief lijkt te bestaan uit het gebruik van lichter vistuig. Hoewel de effecten van lichter vistuig kleiner zijn, blijft er desondanks sprake van significante effecten op de (epi)benthische levensgemeenschappen.

Vissen

Het sluiten van gebieden voor de visserij (bodemvisserij en pelagische visserij) kan tot herstel van vispopulaties leiden.

In een gebied met een totale grootte van enkele ICES kwadranten (ieder *ca.* 3500 km^2), waarbij elk sedimenttype vertegenwoordigd is in gebieden ter grootte van *ca.* één ICES kwadrant, kan het staken van de visserij-activiteiten leiden tot het herstel van vissoorten die een geringe migratie vertonen (zoals pieterman, pitvis, meun), zodat weer sprake kan zijn van een natuurlijke leeftijdsopbouw.

Sterker migrerende vissoorten (schol, tong, rog, kabeljauw) vereisen een groter beschermd gebied dan in de Nederlandse sector van de Noordzee te realiseren is. Zelfs het sluiten van 25% van de gehele Noordzee voor visserij-activiteiten zal het herstel van de visfauna en de stabiliteit van de populaties sterker migrerende vissoorten slechts in geringe mate bevorderen (zie 5.3.1). De effectiviteit van de instelling van gesloten gebieden in de Nederlandse sector voor het herstel van de sterker migrerende vissoorten wordt echter sterk vergroot als juist de opgroeiende (1- tot 3-jarige) vis wordt beschermd.

Effectieve alternatieve mogelijkheden voor het herstel van de visstand in de Noordzee zouden in theorie gevonden kunnen worden in een systeem van effectief gecontroleerde quotering en/of door het nemen van maatregelen ten aanzien van de te gebruiken vistuigen en schepen (zoals maaswijdtes, selectieve vistuigen, motorvermogen, aantal visdagen). Dergelijke maatregelen voorkomen echter niet dat de visserij als selectiemedium gevoelige (niet-commerciële) vispopulaties, inclusief hun leeftijdsopbouw, negatief blijft beïnvloeden. Dit speelt zeker in het geval van de bodemvisserij, bij uitstek een gemengde visserij waarin onvermijdelijk soorten met een geringe reproductiecapaciteit en niet-commerciële soorten worden meegevangen. Derhalve komen deze maatregelen niet als alternatief in aanmerking.

Zeevogels

Instelling van beschermde gebieden waar visserij-activiteiten beperkt of verboden worden, kan in een aantal specifieke gevallen bijdragen aan het behoud van bepaalde vogelpopulaties. Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee speelt dit ten aanzien van de mogelijke overbevissing van schelpenbanken in de kustzone waardoor de populaties van zeeëenden en eidereenden in dichtheid kunnen afnemen.

Alternatieve mogelijkheden om het wegvallen van het voedselaanbod voor bovengenoemde vogelsoorten te voorkomen zijn niet voorhanden.

Opgemerkt moet worden, dat beperking van de visserij activiteiten ten noorden van de Waddeneilanden tot een beperkter voedselaanbod voor meeuwen kan leiden, waardoor de koloniegrootte op de Waddeneilanden kan afnemen. Deze kolonies die de laatste decennia mede door de visserij enorm in grootte zijn toegenomen, zullen dan tot hun vroegere grootte afnemen.

Zeezoogdieren

Het instellen van gebieden waar visserij met staande en drijvende netten verboden is, kan het verdrinken van bruinvissen en dolfijnen in die netten voorkomen en daarmee een bijdrage leveren aan het herstel van de populaties.

Het instellen van voldoende grote gebieden die gesloten zijn voor visserij zal, door de daardoor toenemende beschikbaarheid van geschikte prooien, ook kunnen bijdragen aan het herstel van de zeezoogdierenpopulaties.

Effectieve alternatieve mogelijkheden om verdrinking van zeezoogdieren in staande en drijvende netten te voorkomen, zouden gevonden kunnen worden in technische aanpassingen van de netten. Dergelijke voorzieningen zijn echter nog niet beschikbaar.

Effectieve alternatieve mogelijkheden voor het herstel van de beschikbaarheid van geschikt voedsel voor zeezoogdieren in de Noordzee zouden in theorie gevonden kunnen worden in een systeem van gecontroleerde quotering. In combinatie met selectieve

pelagische vismethoden zou een dergelijk systeem een goed alternatief zijn.

7.2.2. EFFECTEN T.G.V. BEPERKING VAN LOZINGEN VAN OIL- EN WATER-BASED MUDS

Benthos

Indien geen emissies van boorgruis vanaf mijnbouwinstallaties plaatsvinden zullen geen effecten op het benthos optreden. Herstel van de effecten van lozingen van oil-based mud neemt naar schatting 5 tot 10 jaar in beslag, herstel van de effecten van water-based muds 2 à 5 jaar.

Alternatieve mogelijkheden zouden gevonden kunnen worden in een andere wijze van behandeling (bijv. verdere reiniging) van oil-based mud of in een verbod op de lozing van met name oil-based muds in combinatie met opslag van OBM-boorgruis aan land. In de MER hebben de betrokken ministers (EZ, V & W en VROM) te kennen gegeven binnen afzienbare termijn een lozingsverbod voor OBM-boorgruis tot stand te zullen brengen. In Nederland bestaat voor de lozing van WBM-boorgruis (nog) geen regelgeving, maar ook hier zijn dergelijke alternatieven denkbaar. Daarnaast zijn er ook technische alternatieven beschikbaar waardoor winning in bepaalde gebieden zelf niet nodig is omdat de gas- of olievoorkomens (binnen beperkte afstanden) vanuit nabijgelegen gebieden aangeboord kunnen worden (door gedevieerd boren). In bijzondere gevallen zouden met dergelijke technieken de effecten op specifieke benthische levensgemeenschappen in bepaalde gebieden beperkt kunnen blijven.

7.2.3. EFFECTEN T.G.V. BEPERKING VAN GRINDWINNING

Benthos

Volledige verwijdering van de gehele grindlaag maakt rekolonisatie door het benthos onmogelijk. Indien grindwinning in bepaalde gebieden wordt verboden, zullen dergelijk effecten op benthos niet langer optreden.

Een alternatief voor het verbieden van de winning van grind in de Nederlandse sector voor de Noordzee is de winning van grind tot een bepaalde dikte van de grindlaag te beperken en/of het na de grindwinning terugbrengen van het bodemoppervlak in de oorspronkelijke staat. Herstel zou dan in theorie in 1-20 jaar kunnen optreden.

Vissen

Verwijdering van de gehele grindlaag maakt het gebied blijvend ongeschikt als potentieel paaigebied voor haring.

Ten aanzien van alternatieven geldt hetzelfde als t.a.v. benthos is opgemerkt.

7.2.4. EFFECTEN T.G.V. BEPERKING VAN ZANDWINNING EN DE AANLEG VAN BUISLEIDINGEN EN KABELS

Benthos

Indien zandwinning en de aanleg van buizen en kabels in voor benthos specifieke, in omvang beperkte gebieden zou worden beperkt of verboden, zullen de effecten op deze beperkt voorkomende benthische levensgemeenschappen gering blijven of niet ontstaan.

7.2.5. CONCLUSIE

Samengevat geldt het volgende:

—Instelling van beschermde gebieden waarin bepaalde activiteiten beperkt of verboden worden kan tot herstel en behoud van de bedreigde diersoorten leiden.

—Ten aanzien van de bedreiging van het benthos, de visstand en duikende eenden die wordt veroorzaakt door de visserij is er geen effectief alternatief voorhanden voor de sluiting van beschermde gebieden.

—Ten aanzien van de bedreiging van zeezoogdieren die wordt veroorzaakt door de visserij zijn alternatieven beschikbaar voor het instellen van beschermde gebieden (effectieve quotering visvangsten; ontwikkeling van vistuigen waarin de dieren niet meer worden gevangen).

—Ten aanzien van de effecten van lozingen van met name oil-based muds, maar ook van water-based muds op benthos geldt dat er verschillende alternatieven bestaan naast de mogelijkheid van een volledig verbod van mijnbouwactiviteiten (lozingsverbod op zee; andere wijze van verwerking op zee; alternatieve locatie voor winningsinstallaties).

—Ten aanzien van de onherstelbare effecten op het benthos en de definitieve ongeschiktheid als potentiële paaiplaats voor haring door grindwinning geldt, dat alternatieven voor het sluiten van het gebied voor de grindwinning gevonden kunnen worden in een verplichting om na de winning het bodemoppervlak terug te brengen in de oorspronkelijke staat of slechts winning tot een bepaalde dikte van de grindlaag toe te staan.

—Ten aanzien van de bedreiging van benthos door zandwinning en de aanleg van buisleidingen en kabels in specifieke, in omvang beperkte, gebieden zijn geen alternatieven voorhanden dan het verbod op dergelijke activiteiten.

7.3. CRITERIUM 3, KEUZE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN

Wat is (of welke zijn) vanuit de ecologie van de bedreigde diersoorten en vanuit de ecologie van de Nederlandse sector van de Noordzee het meest

geschikte deel (of delen) van de Nederlandse sector van de Noordzee om als beschermd gebied aangewezen te worden?

7.3.1. BENTHOS

Het benthos wordt in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee sterk beïnvloed door de bodemvisserij. Locaal, met name ter plaatse van het Friese Front gebied en de Klaverbank, zijn er belangrijke (potentiële) effecten van mijnbouw en zandwinning. Voor de Klaverbank bestaat daarnaast nog de bedreiging door grindwinning.

Diversiteit en representativiteit
Op basis van het diversiteitscriterium zou voor elk van de te onderscheiden benthische gemeenschappen een beschermd gebied gekozen dienen te worden. In het Nederlandse deel van de Noordzee werden op basis van het macrobenthos 7 verschillende zones onderscheiden (Fig. 3.7). Het is mogelijk een brede selectie van verschillende typen benthische fauna te beschermen door de te beschermen gebieden zo te kiezen dat zoveel mogelijk van de voor het benthos karakteristieke sedimenttypen vertegenwoordigd zijn.

Samenhang
Om herstel van de benthische gemeenschappen mogelijk te maken zullen de te beschermen gebieden ieder minimaal *ca.* honderd vierkante kilometer groot dienen te zijn. Voor sessiele (epi)benthossoorten (bijv. mollusken, sponzen) zijn gebieden van een dergelijke grootte verdeeld over de voor het ecosysteem kenmerkende sedimenttypen voldoende. Voor de bescherming van epibenthossoorten met een seizoensmigratie (bijv. krabben) is het noodzakelijk grotere aaneengesloten gebieden te kiezen. Deze gebieden moeten dan een voldoende diepte-gradiënt (bijv. 0-40 meter) omvatten en een breedte van 50 km hebben.

De keuze van een gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden maakt een combinatie van een groot deel van de voor de Nederlandse sector van de Noordzee representatieve zones mogelijk (met name gedeelten van de kustwateren, zandige zuidelijke Noordzee, Friese Front gebied en Oestergronden). In een dergelijk gebied zou een gradiënt van zandig naar slikkig sediment gerealiseerd kunnen worden waarin zich ook gebieden met stenen en grind bevinden. Tevens is voor seizoensmigrerend epifauna een voldoende diepte-gradiënt aanwezig.

Mate van beïnvloeding door menselijke activiteiten, kwetsbaarheid
De Klaverbank is binnen de Nederlandse sector van de Noordzee het enige grindgebied dat nog relatief ongestoord is en waar ook soorten die elders in de Nederlandse sector van de Noordzee nauwelijks (meer) voorkomen nog in grote aantallen worden aangetroffen.

In een gedeelte van het Friese Front gebied (in de mijnbouwblokken L3b, L6d, M1 en M2) hebben nog geen boringen plaatsgevonden, zodat de bodem hier niet beïnvloed is door oil- of water-based muds. In de Oestergronden en het Friese Front gebied komen de grootste aantallen voor OBM kwetsbare soorten voor.

Conclusie ten aanzien van de bescherming van benthos
Voor het benthos kan in feite alleen in algemene termen aangegeven worden welke typen gebieden een beschermde status dienen te krijgen en welke omvang deze gebieden minimaal dienen te hebben. Een duidelijk afgebakende ligging van de te beschermen gebieden kan niet gegeven worden. Het gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden biedt goede mogelijkheden. Bij de uiteindelijke keuze speelt de ligging van de gebieden die ten behoeve van andere soorten voor bescherming in aanmerking komen ook een rol.

Ten aanzien van de ligging van te beschermen gebieden kan het volgende geconcludeerd worden:
—het gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden is een gebied waarin verschillende sedimenttypen naast elkaar voorkomen en zou daarom geschikt zijn voor een beschermde status;
—de Klaverbank zou als het enige omvangrijke en nog relatief ongestoorde grindgebied binnen de Nederlands sector van de Noordzee een beschermde status kunnen krijgen.

7.3.2. VISSEN

De visstand in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee wordt in sterke mate beïnvloed door de visserij.

Diversiteit en representativiteit
Het is mogelijk een breed spectrum van (niet commerciële) soorten met een beperkt migratie-gedrag te beschermen door de beschermde gebieden zodanig te kiezen dat de voor deze vissoorten karakteristieke sedimenten vertegenwoordigd zijn.

Op basis van representativiteit en diversiteit is het niet mogelijk binnen de Nederlandse sector van de Noordzee gebieden te selecteren die voor bescherming van sterk migrerende soorten in aanmerking komen.

Samenhang
Voor het herstel van vissoorten die een geringe migratie vertonen dienen de te beschermen gebieden een minimale omvang van enkele ICES kwadranten

(*ca.* 3500 km^2 elk) te hebben. Voor deze vissoorten geldt, evenals voor het benthos, dat het nuttig is om aansluitende gebieden te selecteren met verschillende bodemkarakteristieken. Sterker migrerende vissoorten vereisen een aanzienlijk groter gebied zelfs bij een sluiting van 25% van de gehele Noordzee zal het herstel van deze soorten slechts in geringe mate optreden. Bescherming van gebieden in de Nederlandse sector waar deze soorten opgroeien zal echter tot effectief herstel van populaties kunnen leiden.

Beschermde gebieden nabij de Waddeneilanden versterken de kinderkamerfunctie van de Waddenzee en bieden een plaats aan de migratieroutes voor vissoorten in en uit de Waddenzee.

Mate van beïnvloeding door menselijke activiteiten, kwetsbaarheid

De visserijdruk op de vispopulaties is over de gehele Noordzee zeer sterk. Op basis hiervan is het niet mogelijk gebieden te selecteren. Met betrekking tot de kwetsbaarheid van zowel gebieden als soorten komen met name paai- en opgroeigebieden en de routes waarlangs paai- en seizoensmigraties plaatsvinden voor een beschermde status in aanmerking.

Bij de keuze van te beschermen paaigebieden geldt daarbij de beperking dat alleen die paaigebieden waar eieren op de bodem worden afgezet effectief beschermd kunnen worden. Tegen deze achtergrond zouden delen van de kustwateren waar zeekat- en roggeëieren op de bodem worden afgezet voor een beschermde status in aanmerking dienen te komen.

Voor de visstand geldt dat met name de visserijmortaliteit in de eerste drie levensjaren zoveel mogelijk voorkomen dient te worden. Een groot deel van de jongste jaarklassen van tong, schol, tarbot, griet, kabeljauw, haring en enkele roggensoorten groeit op in de kustwateren (kinderkamers), zodat te beschermen gebieden in de kustwateren aangewezen dienen te worden. Bij de selectie van te beschermen gebieden in de kustzone gaat de voorkeur uit naar de kustwateren ten noorden van de waddenkust, die minder beïnvloed zijn door vervuiling en eutrofiëring dan de kustzone voor de Hollandse kust.

Conclusie ten aanzien van de bescherming van vissen

Ten aanzien van de ligging van te beschermen gebieden kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

—een belangrijk deel van de kustwateren dient een beschermde status te krijgen ter bescherming van potentiële paaigebieden voor inktvissen, haaien en roggen en ter bescherming van een groot aantal vissoorten in hun eerste drie levensjaren;

—ter bescherming van vissoorten die een geringe migratie vertonen dient een gebied ter grootte van enkele ICES kwadranten een beschermde status te krijgen, dit gebied dient zo gekozen te worden dat daarin verschillende typen bodems (zand, grind/stenen, slib) gecombineerd worden;

—effectieve bescherming van sterk migrerende vissoorten is binnen de relatief kleine Nederlandse sector van de Noordzee niet mogelijk;

—op de Klaverbank, die een potentieel paaigebied voor de haring is, dient geen grindwinning plaats te vinden.

7.3.3. ZEEVOGELS

De kustwateren en het Friese Front gebied spelen voor een groot aantal vogelsoorten een belangrijke rol. Een verminderd voedselaanbod (bijv. schelpenbanken in het kustgebied) zal effecten hebben op de populaties van soorten zoals de eidereend, de zwarte en de grote zeeëend. Een ten behoeve van de vogelstand te beschermen gebied zal dan ook in de kustwateren gevonden dienen te worden.

7.3.4. ZEEZOOGDIEREN

Ten aanzien van de zeezoogdieren in het Nederlandse deel van de Noordzee zijn te weinig gegevens beschikbaar om de ecologische criteria te kunnen toepassen op dezelfde wijze als dat gebeurde bij het benthos of de vissen.

De gebieden die op basis van de beschikbare kennis over zeezoogdieren voor een beschermde status in aanmerking komen, zijn die gebieden waar relatief veel van deze dieren worden waargenomen. Voor de bruinvis en de zeehond zijn dat de kustwateren ten noorden van de Waddeneilanden en voor bruinvis en dolfijnen het Friese Front gebied noordelijk van de Waddeneilanden.

7.3.5. CONCLUSIE

Binnen de Nederlandse sector komen op basis van toepassing van voorgaande criteria een zandig gebied, een slibgebied, een gebied met frontverschijnselen (het Friese Front gebied), en een gebied met grindvoorkomens (zoals de Klaverbank), voor een beschermde status in aanmerking. Deze gebieden dienen zodanig gekozen te worden, dat een dieptegradiënt van 0-40 m in het gebied voorkomt. Ook is het noodzakelijk dat een kustgebied onderdeel van het beschermde gebied uitmaakt. Het verdient aanbeveling het gebied in aansluiting op het natuurgebied de Waddenzee te kiezen, zodat wederzijdse versterking van het ecologisch functioneren kan plaatsvinden.

Indien men van elk type gebied een deelgebied van voldoende grootte als beschermd gebied aan-

wijst, kan verwacht worden dat vrijwel alle voor de Nederlandse sector van de Noordzee specifieke levensgemeenschappen een zekere mate van bescherming zullen krijgen.

Afhankelijk van de diersoorten die men wil beschermen zullen deze gebieden een minimale omvang moeten hebben. Voor sessiel (epi)benthos zijn eenheden van *ca.* honderd vierkante kilometer voldoende. Het herstel en de ontwikkeling van mobiel epibenthos zal een gebied met een minimale breedte van *ca.* 50 km eisen, waarbij een diepte-gradiënt (0 tot 40 m) ingesloten is. Effectief herstel van vissoorten met een beperkte migratie zal gebieden eisen met een omvang van *ca.* een ICES-kwadrant (*ca.* 3500 km^2) in ieder sedimenttype. Effectief herstel van sterk migrerende vissoorten zal door instelling van beschermde gebieden op het Nederlandse deel van de Noordzee slechts in zeer geringe mate gerealiseerd kunnen worden. Bescherming van gebieden waar deze soorten opgroeien zal echter wel een bijdrage aan herstel van populaties kunnen leveren. Het is in het algemeen zinvol de verschillende gebieden op elkaar te laten aansluiten, zodat ook migrerende dieren zoveel mogelijk bescherming genieten.

7.4. CRITERIUM 4, JURIDISCHE MOGELIJKHEDEN

Zijn er voldoende juridische instrumenten beschikbaar om de gewenste bescherming aan de geselecteerde gebieden te kunnen bieden?

7.4.1. INLEIDING

In de juridische studie, die ten aanzien van Gebiedsbescherming op de Noordzee werd verricht door het Netherlands Institute for the Law of the Sea (NILOS, 1990), wordt niet alleen aangegeven welke knelpunten er zijn die een belemmering zouden kunnen vormen om in een bepaald gebied van de Noordzee bescherming van natuurwaarden te realiseren, maar wordt ook een aantal opties geïdentificeerd om beschermde gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee te realiseren.

7.4.2. KNELPUNTEN

Het NILOS-rapport onderscheidt een vijftal knelpunten:

—Internationaalrechtelijke bevoegdheden

Ten aanzien van een aantal activiteiten ontbreekt het Nederland aan de bevoegdheid om eenzijdig door het reguleren van activiteiten bescherming te realiseren. Dat is het geval voor scheepvaart buiten de territoriale zee, visserij en inbreng van stoffen door schepen. In deze gevallen moet het vaststellen van maatregelen via de bevoegde internationale organisaties (te weten de IMO en de EG) verlopen, hetgeen langdurige procedures met zich mee kan brengen.

—Nationaal instrumentarium

Voor een aantal activiteiten ten aanzien waarvan Nederland eenzijdig bevoegd is, is in het nationale instrumentarium niet uitdrukkelijk voorzien in de bescherming van natuurwaarden.

—Knelpunten in langdurig ruimtebeslag

Een aantal activiteiten waarvoor Nederland de noodzakelijke bevoegdheden heeft, legt nu al een langdurig ruimtebeslag op delen van de Noordzee. Indien deze activiteiten plaats vinden of plaats gaan vinden in gebieden die in aanmerking komen voor aanwijzing als beschermd gebied, en indien deze activiteiten strijdig worden geacht met het belang van natuurwaarden in dat gebied, is het moeilijk die activiteiten in dat gebied te beëindigen.

—Horizontale bevoegdheidsverdeling

De bevoegdheid voor de meeste sectorale nationale wetgeving op grond waarvan gebieden een beschermde status zouden kunnen krijgen, ligt bij de desbetreffende vakdepartementen, zonder dat expliciet is voorzien in een rol voor de bevoegde minister, de minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Doordat de sectorale afwegingen worden gemaakt zonder een coördinerende rol van de minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is het moeilijk om ten aanzien van een bepaald gebied een evenwichtig beschermend beleid te voeren.

—Verticale bevoegdheidsverdeling

In een beperkt aantal gevallen is de bevoegdheid voor het nemen van bepaalde maatregelen verdeeld over de verschillende bestuurslagen (bijv. de provincie m.b.t. stiltegebieden en de gemeenten m.b.t. recreatie).

7.4.3. OPTIES

Op het nationale niveau worden in het NILOS-rapport zeven naar aard en karakter geheel verschillende opties onderscheiden: (1) toepassing van de Natuurbeschermingswet, (2) toepassing en aanpassing van sectorale wetgeving, (3) milieu-effectrapportage, (4) toepassing van de Wet op de Ruimtelijke Ordening, (5) bescherming van gebieden in het kader van het harmonisatiebeleid, (6) een nieuwe Noordzeecoördinatiewet, en (7) de instelling van een exclusieve economische zone.

In het NILOS-rapport wordt geen keuze gemaakt voor één of een combinatie van deze opties, maar wel wordt een aantal factoren genoemd die bij een uiteindelijke keuze van belang zijn:

—Van de wettelijke instrumenten zouden uitsluitend de Natuurbeschermingswet en een eventuele Noordzeecoördinatiewet kunnen voorzien in een daadwerkelijke gebiedsaanwijzing.

—Toepassing van de Natuurbeschermingswet of een eventuele Noordzeecoördinatiewet is de enige mogelijkheid om (ook) de minister die bevoegd is ten aanzien van natuurbescherming op de Noordzee bevoegdheden te geven indien natuurbeschermingsbelangen raken aan die van andere sectorale activiteiten. Uit het oogpunt van een integrale afweging, waarbij de procedures en toetsingscriteria voor afweging telkens dezelfde zijn, zou dat als een voordeel kunnen worden gezien.
—Toepassing van de Natuurbeschermingswet is de enige optie die de bevoegdheid (voor het aanwijzen van te beschermen gebieden en het binden van activiteiten in die gebieden aan vergunningen met het oog op natuurbescherming) primair legt bij de voor natuurbescherming eerst verantwoordelijke minister, de minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Het is denkbaar dat bij andere opties procedures worden vastgelegd waarbij inspraak van dit departement wordt geformaliseerd, doch dat zal nooit meer zijn dan een medeverantwoordelijkheid.
—Een nieuwe Noordzeecoördinatiewet zou een aanzienlijk grotere wetgevingsoperatie met zich meebrengen dan de overige opties. Gezien de dereguleringstoets waaraan nieuwe wetgeving onderworpen is, kan dat als een argument tegen deze geheel nieuwe wet worden gezien.

Het NILOS geeft aan dat deze overwegingen zouden kunnen leiden tot een zekere voorkeur voor toepassing van de Natuurbeschermingswet (eventueel in combinatie met andere instrumenten). Daarbij dient aangetekend te worden dat daarvoor wel wijzigingen in deze wet noodzakelijk zullen zijn.

Ook op het internationale niveau wordt een aantal opties onderscheiden: (1) het gebruik van sectorale instrumenten in het kader van bijv. de IMO en de EG, (2) de bescherming van gebieden in het kader van de Noordzee-Ministersconferenties, en (3) de bescherming van gebieden in het kader van internationale overeenkomsten voor natuurbescherming. Het is belangrijk hier te signaleren dat het niet mogelijk is via de Nederlandse natuurbeschermingswetgeving voor de Nederlandse overheid extra bevoegdheden op internationaal niveau te creëren.

In het rapport worden vervolgens verschillende scenario's gegeven om de aanwijzing van beschermde gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee mogelijk te maken:
(1) beschermde gebieden buiten de territoriale zee met gebruikmaking van bestaande (sectorale) wetgeving,
(2) beschermde gebieden buiten de territoriale zee met gebruikmaking van overkoepelende wetgeving (zoals de Natuurbeschermingswet, een Noordzeecoördinatiewet of MER-plicht),
(3) beschermde gebieden binnen de territoriale zee met gebruikmaking van bestaande wetgeving, en
(4) beschermde gebieden binnen de territoriale zee met gebruikmaking van overkoepelende wetgeving.

7.4.4. TOEPASSING VAN HET JURIDISCHE CRITERIUM

Voor de toepassing van het juridische criterium zal met name aandacht geschonken worden aan de vraag of de voorgestelde aanwijzing van beschermde gebieden in zand-, slib-, fronten- en grindzones van enige omvang met bestaande wetgeving mogelijk is. Een grindgebied van enige omvang komt alleen op de Klaverbank voor.

Uit het NILOS-rapport is gebleken dat toepassing van de Natuurbeschermingswet (eventueel in combinatie met andere instrumenten) een zekere voorkeur zou kunnen genieten. Daarbij is het echter van belang aan te tekenen dat de huidige Natuurbeschermingswet alleen binnen de territoriale zee kan worden toegepast. Om effectief gebruikt te kunnen worden voor gebiedsbescherming binnen de gehele Nederlandse sector van de Noordzee zou de Natuurbeschermingswet aangepast dienen te worden. Wijziging van de Natuurbeschermingswet is een reële optie.

De regulering van de visserij in beschermde gebieden
Buiten de territoriale wateren heeft Nederland geen unilaterale mogelijkheden tot het nemen van maatregelen. Nederland kan echter wel in EG-verband maatregelen voorstellen. De mogelijkheden in EG-verband zijn:
—Indien schade wordt veroorzaakt door het gebruikte vistuig (bijvoorbeeld de boomkor), kunnen technische maatregelen worden getroffen waarin het betrokken vistuig in het te beschermen gebied wordt verboden of het gebruik ervan wordt beperkt.
—Indien deze technische maatregelen niet afdoende zijn, kan een gebied worden gesloten voor de visserij.

Binnen de territoriale wateren heeft Nederland beperkte unilaterale mogelijkheden. Daarbij gaat het met name om het instellen van technische maatregelen voor Nederlandse vissers. Buitenlandse vissers die op grond van historische rechten binnen de Nederlandse territoriale wateren vissen, kunnen echter niet geweerd worden. Daarnaast kunnen net zoals dat buiten de territoriale wateren het geval was, ook binnen de territoriale wateren in EG-verband maatregelen worden genomen.

Voorstellen aan de Gemeenschap om gebieden te sluiten voor visserij dienen gebaseerd te zijn op de overweging dat deze maatregelen de instandhouding van de visbestanden dienen. Met name voor het gebied ten westen van Den Helder en ten noorden van de Waddeneilanden is dat expliciet het geval. In dit

gebied kunnen de te nemen maatregelen gedeeltelijk aansluiten bij de reeds bestaande schol-box en kabeljauw-box waar bepaalde vormen van visserij in bepaalde periodes van het jaar reeds verboden zijn.

In EG-verband zou het daarnaast ook mogelijk kunnen zijn dat beschermende maatregelen genomen worden in het kader van het gemeenschappelijk milieubeleid, waarbij met name de doelstellingen geformuleerd in artikel 130R van het EG-Verdrag aanknopingspunten zouden kunnen bieden voor het treffen van maatregelen voor gebiedsbescherming tegen visserij-activiteiten.

Concluderend kan gesteld worden dat t.a.v. een gebied ter grootte van enkele ICES kwadranten ten noordwesten van de Waddeneilanden voorstellen kunnen worden ontwikkeld voor een besluit van de Europese Gemeenschap om dit gebied te sluiten voor de visserij. De maatregel zal in de praktijk neerkomen op een vergroting van de bestaande schol-box en kabeljauw-box, en op het uitbreiden van de in die gebieden reeds geldende beperkende maatregelen tot een volledige sluiting in het gehele jaar voor alle vormen van visserij. Deze maatregelen zijn mogelijk omdat sluiting van deze gebieden nadrukkelijk ook in het belang van het herstel en instandhouding van de visstand wordt nagestreefd. Voor een grindgebied (zoals de Klaverbank in de Nederlandse sector van de Noordzee) verdient het aanbeveling kontakt te zoeken met de regering van het Verenigd Koninkrijk om gezamenlijk een voorstel te ontwikkelen voor een besluit van de Europese Gemeenschap over de bescherming van een groter gebied met daarin grindgebieden (al dan niet inclusief de Klaverbank).

De regulering van de mijnbouw in beschermde gebieden

Voor de zone tot drie zeemijl uit de kust kunnen bij toepassing van het vergunningenstelsel op basis van de Mijnwet 1810 op grond van ecologische overwegingen gebieden worden uitgezonderd.

Voor de zone buiten drie zeemijl uit de kust heeft Nederland de volgende unilaterale mogelijkheden:

—Indien bescherming verkregen kan worden door het verbinden van voorschriften aan vergunningen kan een te beschermen gebied worden aangewezen, met vermelding van op te nemen voorwaarden, op grond van artikel 12 van de Mijnwet Continentaal Plat.

—Indien het verbinden van voorschriften niet afdoende is kan een te beschermen gebied als gesloten gebied worden aangewezen op grond van artikel 3 van de Mijnwet Continentaal Plat.

—Reeds van kracht zijnde vergunningen kunnen in beginsel niet worden gewijzigd of ingetrokken. In het geval dat wel zou gebeuren, moet rekening gehouden worden met claims tot schadevergoeding.

—In algemene zin kunnen voorschriften ter bescherming van natuurlijke rijkdommen of ter voorkoming van verontreiniging van de zee worden vastgesteld op basis van hoofdstuk IVa van de mijnwetgeving.

Voor het grootste deel van de Nederlandse sector van de Noordzee zijn reeds opsporingsvergunningen of winningsvergunningen verleend. Ter plaatse van de Klaverbank (globaal gelegen in de blokken E13 en E16) zijn voor een groot deel opsporingsvergunningen van kracht. Alleen in de blokken E13b, E14b en E17c zijn geen vergunningen van kracht. In het Friese Front gebied is voor een aantal blokken (L3b, L6d, M1, M2, M4b) pas recentelijk een opsporingsvergunning verleend. Deze vergunning is in een aantal blokken (L3b en M1) betwist voor de Raad van State die de vergunningen geschorst heeft.

Concluderend kan het volgende worden vastgesteld:

—De mogelijkheden om het Klaverbankgebied volledig te sluiten voor de mijnbouw zijn beperkt. In die delen van de Klaverbank waarvoor momenteel vergunningen van kracht zijn, kunnen nadere maatregelen gesteld worden in het belang van de bescherming die aan dit gebied gegeven dient te worden. Dit zou echter financiële consequenties kunnen hebben.

—Indien de vergunningen verleend voor de in het Friese Front gebied gelegen blokken L3b en M1 uiteindelijk worden vernietigd, ontstaat in beginsel een situatie waarin een nieuwe afweging kan plaatsvinden tussen mijnbouw en natuurbeleidsdoelstellingen.

De regulering van de winning van zand en grind in beschermde gebieden

Binnen en buiten de territoriale wateren heeft Nederland unilaterale mogelijkheden om maatregelen te nemen ten aanzien van de winning van zand en grind. Deze zijn:

—Het uitzonderen van een te beschermen gebied in het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee van die gebieden die kunnen worden aangewezen voor de winning van bodemmaterialen. Dit plan heeft echter geen juridische status.

—Het creëren van een thans nog ontbrekend publiekrechtelijk vergunningenstelsel met een waarborg voor het in acht nemen van ecologische belangen. Dit vereist echter de ontwikkeling van nieuwe wetgeving.

Binnen de territoriale zee kunnen daarnaast met het vergunningenstelsel van de Ontgrondingenwet gebieden worden vrijgehouden van winningsactiviteiten.

De regulering van de aanleg van buisleidingen en kabels
In de praktijk worden buisleidingen gelegd na overleg tussen aanvrager, het ministerie van Economische Zaken en andere betrokken departementen. Op deze wijze kan in de praktijk rekening gehouden worden met de belangen van natuurwaarden. Ten aanzien van transitleidingen is er geen juridische waarborg dat met natuurbelangen rekening gehouden zal worden.

7.4.5. ANDERE JURIDISCHE OVERWEGINGEN

Indien de voorgestelde gebiedsbeschermende maatregelen inderdaad worden genomen, zouden deze maatregelen ook een bijdrage kunnen leveren aan doelstellingen en voornemens van een aantal andere (inter)nationale instrumenten met betrekking tot natuurbescherming. Daarbij kan met name gedacht worden aan:
1. **Het beleid ter bescherming van de Waddenzee**
Het gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden is ook van groot belang voor de bescherming van de Waddenzee en daarmee voor de verwezenlijking van het beleid dat gericht is op de bescherming van dat gebied. Overwogen zou kunnen worden een deel van dit gebied binnen de werkingssfeer van de PKB Waddenzee te brengen, en in het verlengde daarvan van de Natuurbeschermingswet.
2. **De Natuurbeschermingswet**
Op basis van artikel 22 van de Natuurbeschermingswet zijn de bruinvis en de tuimelaar aangewezen als beschermde diersoorten. De aanwijzing van het beschermde gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden draagt bij aan de bescherming van, in ieder geval, de bruinvis.
3. **De Ramsar Conventie**
De bescherming van een klein gedeelte van de kustwateren in het belang van onder meer de zich daar ophoudende vogels, maakt dat een deel van het te beschermen gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden (tot de 6 meter dieptelijn) in aanmerking zou kunnen komen voor plaatsing op 'the List' van de Ramsar Conventie. Voor in ieder geval drie vogelsoorten (roodkeelduiker, fuut en zwarte zeeëend) geldt, dat regelmatig meer dan 1% van de Nederlandse populatie in de kustwateren verblijft. Hoewel het om een relatief klein gebied zou gaan, kan dit van belang zijn omdat deze strook aansluit bij de Waddenzee, die reeds als Wetland is aangewezen.
4. **De EG Vogelrichtlijn**
De aanwijzing van met name het gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden zou bij kunnen dragen aan de uitvoering van de EG Vogelrichtlijn.
5. **De overeenkomst ter bescherming van de zeehond in het kader van het Verdrag van Bonn**
De aanwijzing van het beschermde gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden is ook in het belang van de zeehonden van de Waddenzee.
6. **De ontwerp overeenkomst ter bescherming van kleine walvisachtigen in de Noordzee in het kader van het Verdrag van Bonn**
De aanwijzing van het beschermde gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden draagt bij aan de bescherming van, in ieder geval, de bruinvis.

7.4.6. CONCLUSIES

De bescherming die gegeven dient te worden aan gebieden die worden geselecteerd als te beschermen gebied kan dus voor het grootste deel op basis van **bestaande juridische instrumenten** geboden worden. Daarbij dient aangetekend te worden dat:
—de maatregelen ten aanzien van de visserij alleen op Europees niveau genomen kunnen worden,
—voor maatregelen ten aanzien van grindwinning een specifiek wettelijk instrumentarium vooralsnog ontbreekt,
—mijnbouwvergunningen voor een deel reeds zijn verleend.

Naast de mogelijkheden die de bestaande instrumenten bieden zijn er ook verschillende mogelijkheden om nieuw of aangepast instrumentarium te ontwikkelen. Daarbij kan uit het NILOS-rapport worden afgeleid dat een aangepaste Natuurbeschermingswet een geschikte optie zou kunnen zijn. De benodigde aanpassingen aan de bestaande Natuurbeschermingswet kunnen daarbij specifiek worden afgestemd op het beleid zoals dat ten aanzien van gebiedsbescherming binnen de Nederlandse sector van de Noordzee zal worden vastgesteld. Het is belangrijk hierbij aan te tekenen dat in vrijwel alle gevallen verschillende departementen betrokken zullen zijn bij het aanwijzen van te beschermen gebieden met het oog op de verschillende in het geding zijnde bevoegdheden.

7.5. TE BESCHERMEN GEBIEDEN IN DE NEDERLANDSE SECTOR VAN DE NOORDZEE

In de voorgaande paragrafen is de noodzaak aangetoond van het geven van een beschermde status aan een aantal gebieden in de Noordzee. Een tweetal gebieden komen voor deze status in aanmerking.

Het eerste gebied bevindt zich **direct ten noordwesten van de Waddeneilanden** (zie Fig. 7.1 en 7.2).
In dit gedeelte van de Nederlandse sector bevinden zich voldoende grote gebieden met zandige en slibrijke bodems, een overgangszone en een gebied met grind en stenen. Het is mogelijk hier een combinatie te creëren van verschillende typen benthische

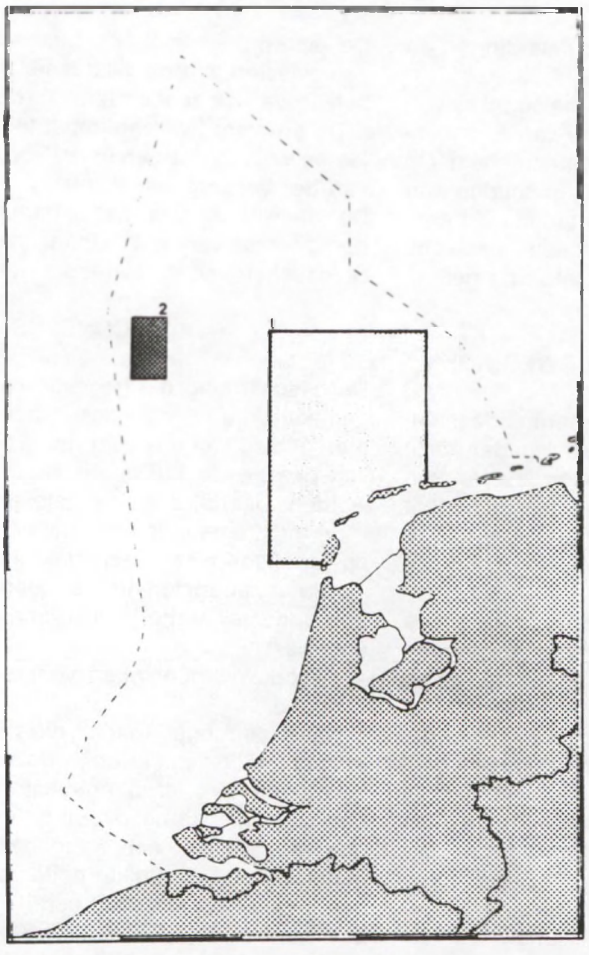


Fig. 7.1. Alternatief 1: Gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee die voor een beschermde status in aanmerking komen: 1 Het gebied direct ten noordwesten van de Waddeneilanden. 2 De Klaverbank.

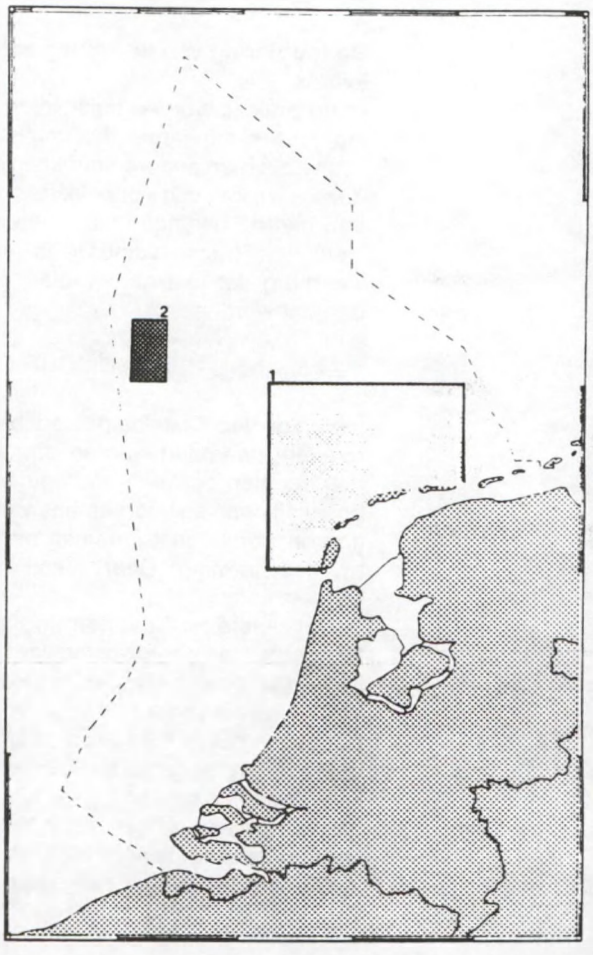


Fig. 7.2. Alternatief 2: Gebieden binnen de Nederlandse sector van de Noordzee die voor een beschermde status in aanmerking komen: 1 Het gebied direct ten noordwesten van de Waddeneilanden. 2 De Klaverbank.

gemeenschappen (kustwateren, zandige zuidelijke Noordzee, Friese Front gebied, slibrijke gebieden en gebieden met grind en stenen) die daarmee in een aaneengesloten gebied een beschermde status zouden krijgen. Ook komt in deze zone een zodanige diepte-gradiënt voor dat migrerende bodemdieren gedurende hun gehele levenscyclus ongestoorde gebieden kunnen vinden. Tevens worden deelgebieden omsloten,

—waar inktvissen, haaien en roggen hun eieren afzetten;

—waar diverse vissoorten hun paai- en opgroeigebied hebben;

—waar de voor (niet-commerciële) vissen karakteristieke sedimenten voorkomen;

—waar de routes van seizoensmigranten (zoals geep, harder, grote zeenaald, grote pieterman, pijlstaartrog) tussen Noord- en Waddenzee zich concentreren;

—waar relatief grote aantallen bruinvissen worden waargenomen;

—die van belang zijn voor zeehonden;

—waar veel (schelpdier-etende) vogelsoorten worden waargenomen.

Bovendien versterkt een dergelijk gebied de kinderkamerfunctie van de Waddenzee, omdat jonge vis (bijv. schol) na het verlaten van de Waddenzee in dit nieuwe beschermde gebied nog enkele jaren ongestoord kan opgroeien. Ook kan vanuit het gebied herbevolking van de Waddenzee plaatsvinden, bijv. als een strenge winter tot grote mortaliteit onder het benthos heeft geleid.

De grootte van het gebied dient te worden ingegeven door de soorten die men wenst te beschermen. Voor dieren (zoals infauna en sessiel epifauna) die nauwelijks migreren zijn enkele honderden vierkante kilometers al voldoende. Voor mobiel epifauna en (niet-commerciële) vissen met een beperkte migratie

zijn gebieden met een intermediaire omvang (*ca.* 50 bij 100 km, respectievelijk enkele ICES kwadranten) vereist. Een mogelijkheid voor het beschermen van de meest karakteristieke soorten van de Nederlandse sector van de Noordzee kan in het gebied direct noordwestelijk van de Nederlandse Waddeneilanden worden gerealiseerd door een gebied ter grootte van minimaal 3 ICES kwadranten (*ca.* honderd bij honderd kilometer) de status van beschermd gebied te geven.

Ligging en omvang:
De volgende alternatieven verdienen overweging:
1. Het gebied begrensd door 4°15'OL, 5°40'OL, 53°NB, 54°15'NB. Dit gebied heeft voldoende grootte om de meeste diergroepen effectief te beschermen. Het bevat zowel grote zandige als slibrijke gebieden, alsmede een overgangszone, (beperkte) gebieden met grind en/of stenen en een frontengebied. De west- en zuidgrenzen sluiten goed aan bij de schol- en kabeljauw-box.
2. Het gebied begrensd door 4°15'OL, 6°OL, 53°NB, 54°NB. Dit gebied heeft eveneens voldoende grootte om de meeste diergroepen effectief te beschermen. Het sluit qua grenzen beter aan bij bestaande visserijregelingen als schol- en kabeljauw-box. Nadeel is dat het gebied slechts een zeer klein gebied met een slibrijke bodem bevat, en dat het zandig kustgebied relatief zeer groot is.

Vanuit het oogpunt van bescherming en herstel van de diversiteit van de levensgemeenschappen in de Nederlandse sector van de Noordzee heeft **alternatief 1** (Fig. 7.1) de voorkeur.

Indien men bij de gebiedskeuze een hoge prioriteit wil geven aan herstel en instandhouding van de visstand - en men dit (deels) ten koste wil laten gaan van de ecologische diversiteit - kan nog nauwer bij de bestaande visserijregelingen worden aangesloten. In dit geval komt **alternatief 2** (Fig. 7.2) in aanmerking.

Indien men de gebiedskeuze beter bij de ecologische belangen van de Waddenzee wil laten aansluiten kan uitbreiding met een gebied voor het Marsdiep en een zone langs de Hollandse kust overwogen worden.

Overwogen zou verder kunnen worden het gebied in oostelijke richting zodanig uit te breiden dat t.z.t. aansluiting kan worden verkregen bij een eventueel in de Duitse sector aan te wijzen beschermd gebied. Vanuit het oogpunt van te beschermen diersoorten in de Nederlandse sector lijkt deze uitbreiding echter voorlopig niet noodzakelijk.

Beschermende maatregelen:
—Gedurende het gehele jaar sluiten van het gebied voor alle vormen van visserij.
—Het nemen van nadere maatregelen om in het gebied elke vorm van olieverontreiniging vanaf mijnbouwinstallaties vanuit OBM-boorgruis te voorkomen en vanuit produktiewater zoveel mogelijk te voorkomen.
—Indien noodzakelijk, het nemen van specifieke maatregelen ten aanzien van activiteiten die niet als bedreiging werden aangemerkt voor het ecosysteem van de Nederlandse sector van de Noordzee in zijn geheel, maar die in dit speciale gebied wel significante effecten zouden kunnen hebben, zoals mijnbouw (lozingen van produktiewater, lozingen anders dan olie), scheepvaart, militaire activiteiten, zandwinning en de aanleg van buisleidingen en kabels. Ook aanvullende maatregelen t.a.v. bijv. het risico van mijnbouw-calamiteiten en t.a.v. dumping kunnen overwogen worden.
—Het plaatsen van (delen van) het gebied op lijsten van verschillende conventies. Bijvoorbeeld het gebied ondieper dan 6 m op 'the List' van de Ramsar Conventie.

Het tweede gebied dat voor bescherming in aanmerking komt is **de Klaverbank** (Fig. 7.1).

Grindgebieden in de Noordzee hebben een locale fauna met een geheel eigen karakter, terwijl bepaalde dieren ook juist hier hun eieren afzetten. Daarom dient ook een grindgebied een beschermde status te krijgen. Binnen het eerstgenoemde te beschermen gebied bevinden zich op zeer beperkte schaal dergelijke gebieden in de Texelse en Borkumse Stenen.

Omdat de Klaverbank het enige grindgebied van betekenis is en omdat het vooralsnog niet reëel lijkt dat deze dunne grindlagen maar tot een beperkte diepte worden gewonnen, zodanig dat het grindoppervlak ook ná de winning zo goed als onveranderd voortbestaat, dient grindwinning hier verboden te worden. Bovendien kan grindwinning slechts in zeer beperkte mate in de Nederlandse grindbehoefte voorzien; de tot dusver geschatte winbare hoeveelheid dekt de totale Nederlandse grindbehoefte voor *ca.* 1 à 2 jaar. Een volledig verbod op alle visserij valt te overwegen, maar dit lijkt door de geringe omvang van het gebied zeer moeilijk controleerbaar, dus weinig effectief. Daarom verdient het aanbeveling in overleg met het Verenigd Koninkrijk in de Engelse sector van de Noordzee een groot grindgebied een beschermde status te geven, zodat vele diersoorten, inclusief van het grind afhankelijke vissen, zich daar normaal kunnen ontwikkelen. Eventueel kan het Klaverbankgebied deel uitmaken van zo'n groter beschermd gebied.

Ligging en omvang: het gebied begrensd door 3°OL, 3°20'OL, 54°NB, 54°20'NB

Beschermende maatregelen:
—Het niet verlenen van winningsvergunningen voor

grind (ook niet voor de kleine grindvoorkomens die vlakbij het te beschermen gebied liggen).
—Het nemen van nadere maatregelen om in het gebied elke vorm van olieverontreiniging vanuit OBM-boorgruis vanaf mijnbouwinstallaties te voorkomen en vanuit produktiewater zoveel mogelijk te voorkomen.
—Indien noodzakelijk, het nemen van specifieke maatregelen ten aanzien van activiteiten die voor het ecosysteem van de Nederlandse sector van de Noordzee in zijn geheel niet als bedreiging worden aangemerkt, maar die in dit speciale gebied wel significante effecten zouden kunnen hebben, zoals mijnbouw (lozingen anders dan olie), scheepvaart, militaire activiteiten, zandwinning en aanleg buisleidingen en kabels.
—In overleg met het Verenigd Koninkrijk verdient de instelling van een groot ten aanzien van de visserij beschermd gebied in de grindzone in de centrale Noordzee overweging. De Klaverbank zou onderdeel van zo'n groot gebied kunnen zijn, maar noodzakelijk is dit niet.

8. AANDACHTSPUNTEN VOOR HET BEHEER VAN DE TE BESCHERMEN GEBIEDEN

8.1. INLEIDING

Om de doelstellingen die met het aanwijzen van beschermde gebieden in de Noordzee worden nagestreefd te verwezenlijken is het essentieel dat deze gebieden effectief worden beheerd. Het besluit om een deel van de Nederlandse sector van de Noordzee een beschermde status te geven zal dan ook vergezeld dienen te gaan van een beheersplan voor dat gebied. In dit hoofdstuk wordt een aantal elementen behandeld die onderdeel moeten vormen van een dergelijk beheersplan.

8.2. OPZET VAN EEN BEHEERSPLAN

In een beheersplan voor de te beschermen gebieden dienen de volgende elementen aan de orde te komen:

8.2.1. BESCHRIJVING VAN HET TE BESCHERMEN GEBIED

Hierin dienen onder andere aan de orde te komen de geografische begrenzing van, de ecologische kenmerken van, en de activiteiten in het gebied. Dit rapport biedt de gegevens die voor dit deel van een beheersplan noodzakelijk zijn.

8.2.2. DOELSTELLINGEN VOOR HET TE BESCHERMEN GEBIED

Naast de algemene doelstellingen zullen ook de gebiedspecifieke doelstellingen aan de orde dienen te komen. Dit rapport biedt voldoende informatie om dit voor beide gebieden uit te kunnen werken.

Opgemerkt moet worden, dat daadwerkelijke naleving van de ingestelde regelgeving een primaire voorwaarde is voor het verwezenlijken van de doelstelling. Toekomstige toetsing of de doelstellingen bereikt zijn, dient dan ook mede hierop gericht te zijn. Als de regelgeving wordt nageleefd mag men verwachten dat, mits het betreffende gebied groot genoeg is, de fauna zich weer 'normaal' zal ontwikkelen. Dit dient middels onderzoek te worden vastgesteld.

8.2.3. BEHEERSMAATREGELEN

In het beheersplan dient een volledig overzicht geboden te worden van maatregelen die worden genomen om het gebied de gewenste bescherming te geven.

Daarbij gaat het om de volgende maatregelen:

—**Maatregelen gericht op het wegnemen van ecologische bedreigingen,**
met daarin aandacht voor de beperkende maatregelen die genomen zullen worden ten aanzien van die activiteiten die in deze studie als een bedreiging voor het ecosysteem van de Nederlandse sector van de Noordzee werden aangemerkt. Hierbij zal ook, waar mogelijk, worden aangegeven wat de effecten van de te nemen maatregelen op het ecosysteem van het te beschermen gebied en de Nederlandse sector van de Noordzee zullen zijn.

—**Maatregelen om overige activiteiten in overeenstemming te brengen met gebiedspecifieke doelstellingen,**
met daarin aandacht voor alle andere activiteiten die locaal, binnen het te beschermen gebied, van invloed zijn op de natuurlijke waarden, en de maatregelen die genomen dienen te worden om deze locale ecologische effecten te verminderen dan wel te voorkomen. In dit verband kan gedacht worden aan aanvullende maatregelen t.a.v. scheepvaart en mijnbouw (ook i.v.m. bijv. het risico van calamiteiten), militaire activiteiten en dumping. T.a.v. de mijnbouw kan overwogen worden in beperkte gebieden (bijv. het Friese Front gebied) àlle lozingen te voorkomen.

Indien dergelijke beschermde gebieden tevens als referentiegebied voor wetenschappelijk onderzoek moeten gelden, zal een aantal van de bovengenoemde activiteiten zoveel mogelijk vermeden dienen te worden. Waar mogelijk zullen de effecten van de te nemen aanvullende maatregelen op het ecosysteem van het te beschermen gebied aangegeven worden.

—**Maatregelen op de langere termijn,**
waarbij met name gedacht kan worden aan de inpassing van het gebied in een netwerk van beschermde gebieden in de gehele Noordzee (bijv. in overleg met het Verenigd Koninkrijk en/of Duitsland) en aan maatregelen die in het kader van internationale verdragen genomen kunnen worden.

8.2.4. CONTROLE EN SANCTIEBELEID

In het beheersplan zal aandacht geschonken dienen te worden aan de wijze waarop de controle op de genomen maatregelen zal plaatsvinden. De controle op de naleving van de maatregelen ten aanzien van de visserij zal daarbij de meeste aandacht vergen.

De controle op de naleving van de voorgestelde maatregelen ten aanzien van de visserij is in theorie eenvoudig: elk schip dat binnen het gebied vist is in overtreding. Het effectief uitvoeren van een dergelijke controle vergt echter een grote inzet van controleurs aan boord van schepen of vliegtuigen. Nagegaan dient te worden of nieuwe technieken en ontwikkelingen een rol kunnen spelen bij de controle op de naleving van de maatregelen ten aanzien van de visserij. De volgende mogelijkheden kunnen daarbij onderzocht worden:

—Het vaststellen van een strafmaat voor overtredingen, die effectief ontmoedigend zal werken.
—De plaatsing van transponders aan boord van vissersschepen die actief zijn in de Noordzee, zodat controle via radar of met satellieten mogelijk wordt.
—Controle met gebruikmaking van radar, hoewel het daarbij moeilijk kan zijn om vissende van niet-vissende vissersschepen te onderscheiden.
—De mogelijkheid om voor de controle op de naleving gebruik te maken van een verkeersbegeleidingssysteem dat mogelijk ingevoerd zal worden ter bevordering van de veiligheid van het scheepvaartverkeer langs de Nederlandse kust. Invoering van een dergelijk systeem is echter vooralsnog uiterst onzeker.

8.2.5. EDUCATIE EN VOORLICHTING

Educatie en voorlichting zijn van groot belang bij het vergroten van het draagvlak voor maatregelen zoals het verlenen van een beschermde status aan delen van de Nederlandse sector van de Noordzee. Dit geldt met name voor de Noordzee omdat de bekendheid met natuurlijke waarden van de Noordzee in vergelijking tot die van het land zeer beperkt is. Vergroting van het draagvlak voor het beleid ten aanzien van beschermde gebieden is mede van belang voor de bevordering van de naleving van de ingestelde beheersmaatregelen. In het kader van voorlichting en educatie dient aandacht te worden gegeven aan:
—algemene voorlichting aan het publiek (ecologische basisvorming) over het beschermde gebied en de redenen waarom dit gebied een beschermde status heeft gekregen, met als doel het creëren van een draagvlak voor de ingestelde beheersmaatregelen alsmede de naleving te bevorderen, en
—gerichte voorlichting aan de visserijsector (toepassingsgerichte ecologische vorming) eveneens met als doel het creëren van een draagvlak voor de ingestelde beheersmaatregelen, alsmede de naleving te bevorderen, waarbij met name duidelijk zal moeten worden dat de genomen maatregelen ook in het belang zijn van de visserij.

8.2.6. ONDERZOEK

In het kader van het beheersplan (in coördinatie met het Beleidsgericht Ecologisch Onderzoek Noordzee) zullen specifieke onderzoeksprogramma's moeten worden ontwikkeld, gericht op:
—de monitoring van de ecologische ontwikkeling van het gebied na het van kracht worden van de beschermende maatregelen,
—de evaluatie van de effectiviteit van de genomen beschermende maatregelen,
—de vergroting van de algemene kennis van de ecologie van de Nederlandse sector van de Noordzee, gebruik makend van de mogelijkheden die het gebied biedt om onderzoek te doen in een relatief ongestoord gebied.

Door instelling van beschermde gebieden komen referentiegebieden beschikbaar, die bepaalde typen onderzoek mogelijk maken. Gedacht wordt o.a. aan onderzoek naar de effecten van eutrofiëring en microverontreinigingen in een gebied waar effecten van visserij en van mijnbouwlozingen (OBM-boorgruis) zijn uitgesloten. Vermoed wordt dat bijv. bij het verdwijnen van bepaalde organismen (o.a. wulken) uit de Nederlandse kustzone de vervuiling een rol heeft gespeeld. Onderzoek naar de uitwisseling van nutriënten en verontreinigende stoffen tussen bodem en water in een onbevist gebied behoort tot de mogelijkheden.

8.2.7. ORGANISATIE

Voor een effectief beheer van de beschermde gebieden is het ook noodzakelijk een efficiënte organisatorische structuur te ontwikkelen waarbij alle betrokkenen een rol kunnen spelen. Daarbij zijn met name de volgende zaken van belang:
—de organisatorische structuur voor de samenwerking tussen betrokken overheidsdiensten, en
—de organisatorische structuur voor de samenwerking met wetenschappelijke en maatschappelijke organisaties die bij het gebied betrokken zijn.

LITERATUUR

BERGMAN, M.J.N. & G.C.A. DUINEVELD, 1990. Verspreiding van OBM-gevoelige macrobenthossoorten in de Noordzee. NIOZ-rapport 1990-7.

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 the bottom characteristics and hydrographic conditions. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer **183:** 101-110.

DAAN, N., P.J. BROMLEY, J.R.G. HISLOP & N.A. NIELSEN, 1990a. Ecology of North Sea Fish. Neth. J. Sea Res. **26:** 343-386.

DAAN, R., W.E. LEWIS & M. MULDER, 1990b. Biological effects of discharged oilcontaminated drill cuttings in the North Sea. NIOZ-rapport 1990-5: 79 pp.

DEFENSIE, 1980. Ministerie van Defensie, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. Structuurschema Militaire Terreinen. Deel a: beleidsvoornemen, Tweede Kamer, zitting 1980-1981, nr. 16 666 nrs. 1-2, Den Haag, 9 maart 1980.

DGSM, 1990. Directoraat-Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken. Kaart van het Routering System 'Off Friesland', juni 1990.

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., 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.

DUURSMA, E.K., J.J. BEUKEMA, G.C. CADÉE, H.J. LINDEBOOM & P.A.W.J. DE WILDE, 1988. Assessment of environmental impact of nutrients. In: P.J. NEWMAN & A.R. AGG. Envir. Prot. of the North Sea. WCR Int. Conf.: 176-188.

EZ, 1990. Ministerie van Economische Zaken. Olie en gas in Nederland, Opsporing en winning 1989, Den Haag, april 1990.

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.

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.

MAY, R.M., 1975. Stability and complexity in model ecosystems (sec. edition). Princeton University Press, Princeton.

MER, 1990. Lozing oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee. Ministerie van Economische Zaken: pp. 172 + 10 basisrapporten.

NILOS, 1990. Gebiedsbescherming op de Noordzee. T. IJLSTRA & A. NOLLKAEMPER. Utrecht: 174 pp.

PINGREE, R.D., P.M. HOLLIGAN & G.T. MARDELL, 1978. The effects of vertical stability on phytoplankton distributions in the summer on the northwest European Shelf. Deep-Sea Res. **25:** 1011-1028.

POSTUMA, K.H., A. SAVILLE & R.J. WOOD, 1975. Herring spawning grounds in the North Sea. ICES C.M. H:46 Pelagic Fish (Northern) Committee.

RWS, 1988. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee. Nederlands Continentaal Plat, Overzicht Off-shore Aktiviteiten, kaart NZRF 1988-004, bijgewerkt t/m december 1987, Rijswijk, 1988.

VEENSTRA, H., 1970. Sediments of the southern North Sea. ICSU-SCOR Working party 31 Symposium, Cambridge, vol. 3: 13-23.

V&W, 1987. De Minister van Verkeer en Waterstaat. Scheepvaartverkeer Noordzee, Beleidsnota 'Op Koers', Tweede Kamer, vergaderjaar 1986-1987, nr. 17 408 nrs. 25-26, Den Haag, 13 januari 1987.

BIJLAGE II
NATIONAAL EN INTERNATIONAAL BELEID

II. Nationaal en internationaal beleid 61
II.1. Inleiding 63
II.2. Waterkwaliteitsplan Noordzee 63
II.3. Harmonisatie Noordzeebeleid, beleidsplan 1989-1992 64
II.4. Derde nota waterhuishouding 64
II.5. Ministeriële verklaring van de derde internationale conferentie over de bescherming van de Noordzee (1990) 65
II.6. Natuurbeleidsplan 65
II.7. Vierde nota over de ruimtelijke ordening extra 67

II.1. INLEIDING

De doelstellingen van de studie 'Beschermde Gebieden Noordzee' dienen geplaatst te worden binnen het kader van beleidsdoelstellingen zoals die zijn geformuleerd in verschillende nota's met betrekking tot het Nederlandse Noordzeebeleid, Milieubeleid, Natuurbeschermingsbeleid en het beleid ten aanzien van de waterhuishouding. Daarnaast is ook de slotverklaring van de derde Noordzee-Ministersconferentie van belang. Deze bijlage bevat een overzicht van een aantal voor deze studie belangrijke doelstellingen en uitgangspunten uit deze nota's.

II.2. WATERKWALITEITSPLAN NOORDZEE (2e Kamer nr. 17.408, nr. 22, 1986-1987)

blz. 15:
'Het behouden en zonodig bereiken van een zodanige waterkwaliteit van de Noordzee dat een duurzaam behoud van de ecologische waarden van de Noordzee bevorderd wordt, rekening houdend met de maatschappelijk gewenste gebruiksfunkties van de Noordzee. Volgens de regeringsbeslissing Harmonisatie Noordzeebeleid houdt het streven naar het duurzaam behoud van de ecologische waarden onder meer het volgende in:
—het behouden of herkrijgen van een zo natuurlijk mogelijke verscheidenheid aan soorten organismen en aquatische ecosystemen in de Noordzee;
—het voorkomen dat het ecosysteem van de Noordzee schadelijke onomkeerbare veranderingen ondergaat en dat daarmee belangrijke functies van de zee aangetast worden.'

blz. 72/73:
'Het lange termijn beleid - Algemeen'
'De gevolgen van veel aktiviteiten op de Noordzee voor de waterkwaliteit kunnen beïnvloed worden door ruimtelijke keuzen. Aan zones toegekende ecologische waarden en het belastingniveau van bepaalde gebieden spelen daarbij een rol. Voorts zullen ruimtelijke keuzen economische gevolgen voor de vervuilers kunnen hebben.
Voor de ontwikkeling van een doelmatig en effectief waterkwaliteitsbeleid voor de Noordzee is derhalve een ruimtelijke uitwerking van bijzondere betekenis. In dit plan zal deze ruimtelijke uitwerking van het waterkwaliteitsbeleid nog geen gestalte kunnen krijgen. De regering streeft ernaar in de komende jaren tot realistische en gedifferentieerde zonering ten aanzien van ecologische waarden en gebruiksfuncties te komen.'

blz. 73/74:
'Beleidsdoelen'
'Directe bronnen van verontreiniging'
'De oppervlaktedelfstoffen-voorziening (zand en grind) zal op de langere termijn een hogere vlucht kunnen nemen. Hierbij zullen de gevolgen voor het mariene milieu zo beperkt mogelijk moeten worden gehouden, met name door een zorgvuldige keuze van de winningstechniek en de wijze van winning. Bij grotere ontgrondingen (550 ha) zal een MER opgesteld dienen te worden. Gebieden die op basis van nadere studies als kwetsbaar moeten worden aangemerkt zullen van deze aktiviteit gevrijwaard dienen te blijven.'

blz. 76:
'Uitvoeringsprogramma 1986-1989 - Inleiding'
'Bij de formulering van het beleid per bron kunnen accenten worden gelegd met betrekking tot:
—zonering; op grond van ruimtelijke aspecten in de beoordeling van risico's en effecten kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende zones wat betreft na te streven kwaliteit en emissies;'

blz. 85/86:
'Beleid ten aanzien van de lozingen door mijnbouwinstallaties'
'H.4. De lozingen van boorgruis kunnen, met name indien boorspoelingen op oliebasis worden gebruikt, plaatselijk tot ernstige verstoringen van het bodemleven leiden. Daarom zal worden onderzocht of ter plaatse van de paaigebieden de lozing van boorgruis vermeden dient te worden.
H.5. Op grond van artikel 3 van de Mijnwet Continentaal Plat zijn gebieden aangewezen waarvoor uit een oogpunt van defensie- en scheepvaartbelangen geen vergunningen kunnen worden gegeven. Ter bescherming van dezelfde belangen zijn op grond van artikel 12 van die wet gebieden aangewezen waarvoor alleen onder strikte beperkingen vergunningen worden verleend. Bij de opstelling van de Koninklijke Besluiten waarbij de hiervoor genoemde gebieden zijn aangewezen, zijn belangen zoals milieu en visserij in de gedachtenvorming betrokken. Momenteel wordt uitsluitend het treffen van bedoelde maatregelen met het oog op de bescherming van de scheepvaart en de defensie noodzakelijk geacht.
Zodra de resultaten van de in dit plan genoemde onderzoeken die betrekking hebben op de offshore mijnbouw beschikbaar komen, zal overwogen worden of er aanleiding is om hieruit conclusies te trekken met betrekking tot de toepassing van artikel 3 en/of 12 van de Mijnwet Continentaal Plat met het oog op de bescherming van andere belangen dan scheepvaart en defensie. Hierbij zal de aandacht speciaal gericht zijn op de specifieke kenmerken van het kustmilieu.'

blz. 87/88/89:
'Beleid ten aanzien van informatie en onderzoek'
'Ecosysteem van de Noordzee'
'Biotisch
M.3. De regering wil specifieke aandacht voor in dit plan beoogde zonering en daarvoor een zodanige onderzoeksopzet kiezen dat inzicht wordt verkregen in relaties tussen en relatief belang en kwetsbaarheid van de te onderscheiden organismesoorten en gebieden.'

II.3. HARMONISATIE NOORDZEEBELEID, BELEIDSPLAN 1989-1992
(2e Kamer nr. 17.408, nrs. 44-45, 1988-1989)

blz. 31/32:
'Uitwerking van het ruimtelijk uitgangspunt voor het Noordzeebeleid'
'De ontwikkeling van een realistische en gedifferentieerde zonering ten aanzien van ecologische waarden en gebruiksfuncties; daarbij gaat de voorkeur uit naar ruimtelijke differentiatie van milieu-voorschriften voor verschillende gebruiksfuncties boven het aanwijzen van beschermde gebieden.'

'Winning van delfstoffen (olie en gas):'
'—beoordeling op grond van de resultaten van nog lopend onderzoek of, rekening houdend met de beschikbare mijnbouwtechnieken, aanleiding bestaat te komen tot een ruimtelijke afstemming tussen mijnbouwaktiviteiten en ecologische waarden.'
'Winning van bodemmaterialen (zand en grind):
— voorkoming van aantasting van ecologisch waardevolle gebieden in de Noordzee.'

blz. 32/33:
'Uitwerking van het milieu-uitgangspunt voor het Noordzeebeleid'
'In relatie tot het milieu is het streven gericht op een duurzaam behoud van de ecologische waarden van de Noordzee. De geheel eigen kenmerken van de Noordzee noodzaken tot een beleid van voorzichtig en preventief handelen. In dat verband is het van belang de gevolgen van voorgenomen activiteiten vooraf zo goed mogelijk aan te geven teneinde maatregelen te kunnen treffen die zoveel mogelijk voorkomen dat schadelijke stoffen in zee terechtkomen of dat het mariene milieu ernstig verstoord raakt.'

'Meer uitgewerkt houdt dit milieu-uitgangspunt het volgende in: Het beleid is gericht op het behouden of herkrijgen van een zo natuurlijk mogelijke verscheidenheid aan soorten organismen en aquatische ecosystemen in de Noordzee.
Voorkomen moet worden dat het ecosysteem van de Noordzee schadelijke onomkeerbare gevolgen ondergaat ten gevolge van menselijk handelen en dat daarmee belangrijke funkties van de zee aangetast worden.'

'Het vermijden en bestrijden van waterverontreiniging in de Noordzee moet bij voorkeur plaatsvinden bij de bron, met name door verandering van produktieprocessen en produkten waardoor het ontstaan van afvalstoffen beperkt wordt.'

'Meer concreet geldt voor gebruiksfuncties van de Noordzee in milieu-opzicht het volgende beleid:'
'Buisleidingen:
—voorkoming van verstoring van het mariene milieu als gevolg van de aanleg van buisleidingen in de Noordzee, op basis van het Mijnreglement Continentaal Plat.'
'Beroepszeevisserij:
—instandhouding van de visbestanden in de Noordzee, mede ten behoeve van de toekomstige mogelijkheden van het visserijbedrijfsleven.'

blz. 34/35:
'Uitwerking van het sociaal-cultureel uitgangspunt voor het Noordzeebeleid'
'In sociaal-cultureel opzicht is het streven erop gericht de betekenis van de Noordzee voor het welzijn van huidige en toekomstige generaties zoveel mogelijk gestalte te geven en de wetenschappelijke kennis van de Noordzee te vergroten.'
'Meer uitgewerkt houdt dit sociaal-cultureel uitgangspunt het volgende in:'
'Het beleid is gericht op een aktieve doch selektieve bescherming van de in de Noordzee aanwezige scheepswrakken en andere monumenten.'

II.4. DERDE NOTA WATERHUISHOUDING
(2e Kamer nr. 21.250, nrs. 1-2, 1988-1989)

blz. 51:
'De Noordzee heeft als belangrijke functies scheepvaart, visserij, offshore mijnbouw en recreatie langs de kust. Behoud en ontwikkeling van het ecosysteem moeten daarbij worden gegarandeerd.'

blz. 55:
'Streefbeeld zeeën'
'De Noordzee wordt gekenmerkt door het samengaan van een breed scala aan menselijke activiteiten. Eutrofiëringsverschijnselen zijn zeldzaam. De vispopulatie is gezond en vangsten van een aantal vissoorten liggen op een aanzienlijk hoger niveau dan nu. Winning van olie, gas en zand zijn aan adequate milieu- en veiligheidsvoorschriften gebonden. De schone kust vormt een toeristische trekpleister. Zeehonden, bruinvissen en dolfijnen worden regelmatig waargenomen. De vogelpopulaties zijn stabiel en divers.'

blz. 111/112:
'Einddoel:
—de morfologie, inrichting en het waterregime van de watersystemen in Nederland bieden goede voorwaarden voor complete en evenwichtig opgebouwde levensgemeenschappen en duurzaam gebruik door de mens.'
'Tussendoel 1995:'
'—er is een betere zonering van aktiviteiten in de zoute wateren'
'Beleid:'
'—uit het oogpunt van natuurbeleid kunnen na verkenning van de mogelijkheden in de zoute wateren zones worden ingesteld waar bepaalde vormen van visserij, recreatie, scheepvaart en jacht (gedurende een deel van het jaar) worden geweerd. Dit gebeurt door de daarvoor verantwoordelijke instanties, in overleg met de waterbeheerders en de gebruikers.'

II.5. MINISTERIËLE VERKLARING VAN DE DERDE INTERNATIONALE CONFERENTIE OVER DE BESCHERMING VAN DE NOORDZEE (1990)

blz. 166/167:
'Bescherming van leefomgeving en soorten'
'Verdere bescherming te bieden aan mariene fauna in de Noordzee en belangrijke hiaten in de kennis die hieromtrent bestaan te dichten, en daartoe:'
'het Memorandum van Overeenstemming voor de Bescherming van Kleine Walvisachtigen toe te juichen als tussentijdse stap in de richting van een regionale overeenkomst ter bescherming van kleine walvisachtigen tussen de kuststaten van de Noordzee en de Oostzee uit hoofde van het Verdrag van Bonn (1979);'
'de bescherming van de mariene fauna te verbeteren en derhalve, in overeenstemming met Bijlage 5, een gezamenlijke en gecoördineerde aanpak aan te nemen voor de ontwikkeling van de bescherming van soorten en leefomgeving en geschikte natuurbeschermingsmaatregelen voor de Noordzee, in het bijzonder ter bescherming van zeehonden, zee- en kustvogels, leefomgeving en vindplaatsen, te ontwikkelen.'
'Visserij':
'hun inspanningen, die erop gericht zijn te verzekeren dat de visserij en de vangsten in de Noordzee verenigbaar zijn met het op een bevredigend niveau handhaven van de visstand als een hernieuwbare hulpbron, voortzetten en te voorkomen dat het ecosysteem wordt ontwricht;'

blz. 189/190:
'Bijlage 5 - Bescherming van soorten en natuurlijke leefomgeving'
'2. Inspectie van vindplaatsen en gebieden, waarover moet worden gerapporteerd aan de 'North Sea Task Force' die deze coördineert, met hulp van aanvoerende landen:
2.1. op een gestandaardiseerde wijze integreren en bijwerken van nationale gegevens over zee- en kustvogels op zee, om kwetsbaarheidsnormen te kunnen bepalen voor soorten en gebieden die beschikbaar zijn voor autoriteiten verantwoordelijk voor vervuiling en gebruikers van de zee; en
2.2. mariene vindplaatsen met inbegrip van kustgebieden en estuaria en de open zee verkennen, teneinde vindplaatsen te kunnen vaststellen die van nationaal of internationaal belang zijn, dit in overeenstemming met door de 'North Sea Task Force' vast te stellen criteria voor de desbetreffende soorten en leefgemeenschappen.
3. Geschikte methoden toe te passen voor beheer, behoud en bescherming van de vindplaatsen zoals genoemd in de hierboven vermelde paragraaf 2.2. Deze kunnen omvatten:
—aanwijzing uit hoofde van het Verdrag van Ramsar of de Richtlijn van de Europese Gemeenschappen inzake het behoud van de vogelstand;
—activiteiten die mogelijk schade kunnen berokkenen, moeten zijn onderworpen aan een verplicht meldingsschema voor dergelijke vindplaatsen aan de kust, met inbegrip van zoutmoerassen en intertijdegebieden, en aan raadpleging in andere gebieden voor de kust;
—wettelijk toezicht op bepaalde vormen van gebruik van de zee in aangewezen gebieden; en
—het nemen van passende maatregelen voor het behoud of het herstel van de gewone zeehonden die ernstig in aantal zijn teruggelopen door ziekte of vervuiling, met inbegrip van beperkingen ten aanzien van het doden of verstoren, en het instellen van reservaten die beperkt toegankelijk zijn voor het publiek, teneinde de zeehondenkolonies in staat te stellen zich te herstellen zonder te worden verstoord.'

II.6. NATUURBELEIDSPLAN (2e Kamer nr. 21.149, nr. 2-3, 1989-1990)

blz. 36:
'Hoofddoelstelling
Rekening houdend met de uiteenlopende motieven en opvattingen ten aanzien van het natuur- en landschapsbeleid geldt als hoofddoel voor het rijksbeleid: Duurzame instandhouding, herstel en ontwikkeling van natuurlijke en landschappelijke waarden.
Deze hoofddoelstelling geldt allereerst voor Nederland (inclusief het Nederlandse deel van het Continentaal Plat), maar is in zijn algemeenheid ook geldig voor het internationale natuurbeleid.'

blz. 39:
'De rijksoverheid beschouwt verscheidenheid afgemeten aan de (inter)nationale zeldzaamheid van

soorten en ecosystemen als het belangrijkste criterium voor de strategische beleidskeuzen. Derhalve wordt prioriteit gegeven aan de volgende voor ons land kenmerkende ecosystemen:
'8. getijdegebieden (wadden, estuaria); 9. Noordzee.'

blz. 74:
'Het kan van belang zijn gebieden aan te wijzen waar de menselijke verstoring tot een minimum wordt beperkt zodat de natuur zich kan herstellen en relatief ongestoord ontwikkelen. Dergelijke 'beschermde gebieden' kunnen een belangrijke functie vervullen voor het behoud en herstel van (benthische en pelagische) levensgemeenschappen en/of voor specifieke soorten. Hierdoor zullen zij tevens een belangrijke ecologische uitstraling hebben naar aangrenzende gebieden waar het menselijk ingrijpen intensiever is. Beschermde gebieden kunnen ook een belangrijke functie hebben als referentiegebied, zowel voor het wetenschappelijk onderzoek als voor het formuleren en aanscherpen van de doelstellingen voor het natuurbeleid van de Noordzee.'

blz. 79:
'— prioriteit van rijkszijde voor duurzaam behoud, herstel en ontwikkeling van nationaal en internationaal belangrijke ecosystemen binnen een ruimtelijk stabiele ecologische hoofdstructuur;'
'— instandhouding en herstel van een zo natuurlijk mogelijke verscheidenheid aan in het wild levende plante- en diersoorten als elementen van de ecosystemen, waarvan zij deel uitmaken (soortenbeleid);'

blz. 82:
'Voor wat betreft de grote wateren en de Noordzee heeft het begrip kerngebied een iets andere inhoud. Tussen de problematiek van de natuur op het land en die op het water bestaat immers een wezenlijk verschil. Op het land is de versnippering van de natuur door menselijke activiteiten aanleiding om verbindingszones te ontwikkelen of te versterken. De grote wateren en de Noordzee zijn weliswaar ook op tal van plaatsen verstoord, echter van een sterke versnippering is geen sprake (zij het dat plaatselijk moeilijk passeerbare barrières aanwezig kunnen zijn). Het medium water is een verbindende factor. Deze samenhang bepaalt in hoge mate het functioneren van de watersystemen. Om deze reden worden de grote wateren en de Noordzee in hun geheel als kerngebied aangeduid en wordt gestreefd naar een algehele versterking van de natuurfunctie. Bij verdere planvorming kan binnen deze kerngebieden een zonering worden aangebracht. In de Noordzee kan zo bijvoorbeeld sprake zijn van het instellen van beschermde gebieden.'

blz. 139/140:
'Doorwerking in het beleid voor de grote wateren:
De toekenning van de status kerngebied voor alle grote wateren (in beheer bij het rijk) en de Noordzee vindt zijn doorwerking in de functietoekenning in de Derde Nota Waterhuishouding'

'De volgende beleidsaccenten worden gelegd:'
'—voor wat betreft de Noordzee wordt onderzocht of toekenning van een beschermde status aan bepaalde gebieden haalbaar en noodzakelijk is, mede gelet op de aanwezigheid van bijzondere natuurlijke kwaliteiten;'

blz. 153:
'Vanuit de doelstellingen van het Natuurbeleidsplan zal ten aanzien van de relatie ecologie en mijnbouw met name aandacht worden besteed aan de noodzakelijke afstemming in een zone van twintig zeemijlen breed langs de Noordzeekust, teneinde zowel risico's voor gevoelige gebieden als de kustzone, de Waddenzee en de Voordelta, alsmede voor paaigebieden voor vis en/of gebieden met waardevolle benthische ecosystemen te beperken.
In een projekt Beschermde Gebieden Noordzee (zie 7.2.2) zal de relatie ecologie en mijnbouw voor het gehele Nederlandse deel van de Noordzee worden geanalyseerd.'

blz. 163:
'Ten aanzien van de visserij geldt het volgende:
—het EG-beleid is bepalend. Bovendien zijn voor het Noordzeebeleid de afspraken van de in maart 1990 gehouden ministersconferentie mede richtinggevend. Ten aanzien van het visserijbeleid is hierbij in beschouwing genomen de invloed van de visserij op het Noordzee-ecosysteem en de invloed van het mariene milieu op de visbestanden, mede in relatie tot de sociaal-economische betekenis van de visserij.
In het licht van het bovenstaande en de conclusies van de Brundland-commissie met betrekking tot duurzame hulpbronnen, zal het beleid gericht op het reduceren van de verontreiniging van de Noordzee worden voortgezet en zullen de inspanningen zijn gericht op het verenigbaar zijn van de visserijactiviteiten en de omvang van de visvangsten met het instandhouden van de visbestanden als vernieuwbare hulpbron, waarbij ontwrichting van het ecosysteem moet worden voorkomen;
—een verstandig gebruik van natuurlijke bronnen houdt in dat vangstmethoden en -middelen die ernstige schade toebrengen aan populaties of aan het leefgebied worden vermeden.'
'—onderzocht zal worden in hoeverre de instelling van beschermde gebieden en de aanscherping van milieu-eisen in bepaalde delen van de Noordzee en

de kustwateren kunnen bijdragen aan de instandhouding van waardevolle benthische ecosystemen en van de paai- en kinderkamergebieden voor vissoorten;'

blz. 171/172:
'Noordzee
Belangrijke beleidsaccenten ter versterking van de ecologische functie van het kerngebied zijn:'
'—studie naar de aanwezigheid van gebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee waar een extra beschermingsniveau gewenst is ten behoeve van behoud en ontwikkeling van de mariene levensgemeenschappen en specifieke mariene soorten;'
'—het uitwerken van de afspraken inzake de bescherming van soorten en hun leefomgeving, zoals deze zijn gemaakt op de Noordzee-Ministersconferentie in maart 1990.'

blz. 205/206/207:
'De Natuurbeschermingswet'
'Toepassing in planperiode van 8 jaar
Voor de planperiode is toepasssing van de Wet voorzien op de volgende terrein(typen):'
'delen van de Noordzee;'
'Toepassing op delen van de Noordzee zal afhankelijk zijn van de resultaten van project 22.'

blz. 230:
'In de planperiode zal een aantal soorten prioriteit krijgen bij het treffen van soortgerichte maatregelen, bij het vaststellen van soortenbeschermingsplannen en/of het ondersteunen van activiteiten van derden. Uit een grote groep van soorten zijn voor de planperiode op grond van de criteria (inter)nationaal belang, signaalfunctie en herkenbaarheid en aansprekendheid de volgende soorten geselecteerd: Zoogdieren:'
'zeehond, bruinvis'

blz. 244/245:
'21. Project Natuurontwikkeling Voordelta
Doel/omschrijving: Dit project richt zich, als vervolg op de reeds verrichte verkenningen, op het veiligstellen van de natuurlijke ontwikkeling van de Voordelta. Het project vormt een onderdeel van de integrale beleidsplanning voor het gebied en legt de basis voor de inbreng van het natuuraspect.'
'22. Projekt Beschermde gebieden in Noordzee
Doel/omschrijving: Dit proefproject beoogt de concrete wenselijkheid en mogelijkheden te verkennen die er zijn om beschermde gebieden in te stellen in delen van de Noordzee. Indien reële mogelijkheden aanwezig zijn, zal tot de instelling van enkele beschermde gebieden worden overgegaan. De begrenzing en de regulering in het gebruik van deze gebieden vormt dan tevens onderdeel van dit project.'

blz. 247:
'25b Watervogels
Doel/omschrijving: Het uitvoering geven aan onze internationale verantwoordelijkheid (Conventies van Ramsar en Bonn) voor het duurzaam in stand houden van de watervogelpopulaties (zoas futen, ganzen, eenden, zwanen, reigers, aalscholvers, steltlopers, meeuwen, sterns) uit de West-Palearctische trekroute.'

II.7. VIERDE NOTA OVER DE RUIMTELIJKE ORDENING EXTRA
(2e Kamer nr. 21.879, nrs. 1-2, 1990-1991)

blz. 89:
'In de randgebieden van de Noordzee waar nieuwvorming van land optreedt wordt in aansluiting op de keuze voor de Waddenzee de groene koers gekozen; het betreft Noorderhaaks en de Engelse Hoek, gelegen tussen Vlieland en Terschelling. Mogelijke vormen van medegebruik zijn visserij, extensieve recreatie en onder voorwaarden ook schelpdierculttuur. Wat betreft de Voordelta wordt verwezen naar blz. 157 van deel d van de Vierde Nota. Daar wordt de nadruk gelegd op een zorgvuldige belangenafweging die kansen biedt voor de benutting van de potenties voor natuurontwikkeling maar die andere functies niet uitsluit.'
'Het ruimtelijk en milieubeleid voor de Noordzee is gericht op behoud en ontwikkeling van het ecosysteem. Het samengaan van het brede scala van menselijke activiteiten vereist daartoe adequate sturing via o.a. milieu- en veiligheidsvoorschriften. In het Noordzee-actieplan worden maatregelen getroffen om de verontreiniging van het ecosysteem terug te brengen. Teneinde te komen tot een goede bescherming van bijzondere waarden binnen de Noordzee wordt thans in het kader van project 22 uit het Natuurbeleidsplan een onderzoek uitgevoerd. Eindrapportage vindt eind 1990 plaats. De resultaten zullen worden betrokken bij het opstellen van het Watersysteemplan Noordzee, in welk kader wordt gewerkt aan een uitwerking van de mogelijkheden van een ruimtelijke zonering voor de Noordzee.'

BIJLAGE III
HET ECOSYSTEEM VAN DE NOORDZEE

III. Het ecosysteem van de Noordzee 69
III.1. Relevante abiotische aspecten 73
III.1.1. Hydrografie 73
III.1.1.1. Watermassa's en Noordzeeregio's 73
III.1.1.2. Stromingen 73
III.1.1.3. Verticale menging; het Friese Front 74
III.1.2. De zeebodem 74
III.1.2.1. Opbouw en morfologie 74
III.1.2.2. Recent transport van grind, zand en fijner materiaal 75
Literatuur 77
Figuren 79

III.2. Plankton 85
III.2.1. Inleiding 85
III.2.2. Beschrijving plankton 85
III.2.2.1. Indeling 85
III.2.2.2. Produktie en consumptie 85
III.2.2.3. Zonering plankton 86
III.2.3. Lange termijn trends 89
III.2.4. Conclusie 89
Literatuur 89
Figuren 92

III.3. Benthos 93
III.3.1. Inleiding 93
III.3.2. Microbenthos 93
III.3.3. Meiobenthos 93
III.3.4. Macrobenthische infauna 94
III.3.5. Macrobenthische epifauna 97
III.3.6. Lange termijn trends 97
Literatuur 98
Tabellen en figuren 100

III.4. Vissen 109
III.4.1. Inleiding 109
III.4.2. Beschrijving visfauna 109
III.4.2.1. Biomassa en produktie 109
III.4.2.2. Verspreiding 109
III.4.2.3. Migraties 110
III.4.2.4. Paaigedrag 110
III.4.2.5. Opgroeigebieden 111
III.4.2.6. Voedselgedrag 111
III.4.3. Lange termijn trends in vangsten, biomassa en visserijmortaliteit 112
III.4.3.1. Kabeljauw, schelvis, wijting, koolvis 112
III.4.3.2. Haring, makreel 112
III.4.3.3. Zandspiering, kever, sprot 113
III.4.3.4. Schol, tong 113
III.4.3.5. Roggen, haaien 114
III.4.3.6. Niet-commerciële soorten 115
III.4.4. Oorzaken van lange termijn trends 115
III.4.4.1. Variaties in recruitment 116
III.4.4.2. Variaties in visserijmortaliteit 116
III.4.4.3. Variaties in predatie 117
Literatuur 117
Tabellen en figuren 120

III.5. Zeevogels en zeezoogdieren . . . 131
III.5.1. Inleiding . . . 131
III.5.2. Consumptie door toppredatoren . . . 131
III.5.3. Verspreiding . . . 131
III.5.3.1. Visetende soorten die uitsluitend zelfgevangen, levende vis eten . . . 132
III.5.3.2. Visetende soorten die ook profiteren van de menselijke visserij . . . 133
III.5.3.3. Schelpdieretende zeevogels . . . 134
III.5.4. Lange termijn trends . . . 134
III.5.5. Oorzaken van lange termijn trends . . . 134
III.5.5.1. Bescherming of vervolging in de broedkolonies . . . 134
III.5.5.2. Verontreiniging . . . 134
III.5.5.3. Visserij . . . 135
III.5.5.4. Mijnbouw . . . 136
III.5.5.5. Scheepvaart . . . 136
III.5.5.6. Zand- en grindwinning . . . 136
Literatuur . . . 136
Tabellen en figuren . . . 138

III.1. RELEVANTE ABIOTISCHE ASPECTEN

III.1.1. HYDROGRAFIE

III.1.1.1. WATERMASSA'S EN NOORDZEEREGIO'S

Op basis van parameters (zoals saliniteit en temperatuur) gemeten aan het wateroppervlak, kan de Noordzee onderverdeeld worden in min of meer homogene regio's, waartussen tamelijk abrupte overgangen bestaan. In deze regio's worden karakteristieke watermassa's of waterlichamen gesitueerd. In de Nederlands sector van de Noordzee zijn vier watermassa's te onderscheiden (Fig. III.1):

—het instromend **Kanaalwater,** relatief zout, helder, en arm aan nutriënten, organismen en organische produkten (gevolg van zijn herkomst, de oppervlaktelagen van de Atlantische Oceaan);

—het **Centrale-Noordzeewater,** dat kwalitatief verwant is aan het vorige (dezelfde oorsprong), maar dan uit het noorden is aangevoerd. Het is 's winters verticaal gemengd. 's Zomers bestaat het uit een 20 à 30 m dikke toplaag, die arm is als het Kanaalwater, en een meer nutriëntenrijke koele onderlaag;

—het **Engelse Kustwater,** dat van Noord-Schotland tot East-Anglia de Britse kust heeft gevolgd, op die route gaandeweg verrijkt/belast is geraakt met opgeloste en particulaire stoffen uit rivieren en met erosieprodukten van vooral de Zuidengelse kust en zeebodem; en

—het **Continentale Kustwater,** een mengsel van Kanaal-, Schelde-, Maas- en Rijnwater, vooral getekend door de procentueel grote bijdrage van de Rijn (ook via het IJsselmeer aangevoerd).

De kustwatermassa's onderscheiden zich van de overige door een grotere sedimentlast (troebelheid) dus kleinere lichtdoordringing, een lagere saliniteit en grotere temperatuurfluctuaties dan op volle zee, veroorzaakt door het rivierwater en de ondiepte van kustgebieden; dat wil zeggen 's winters is het kustwater kouder en 's zomers warmer dan de meer oceanische watermassa's. Als gevolg van de hoge concentraties nutriënten en verontreinigende stoffen (bijv. PCB's) in het rivierwater bevat het kustwater ook relatief hoge gehalten van deze stoffen.

In het algemeen wordt een vrij steile gradiënt vanaf de kust in zeewaartse richting waargenomen, waarin de gehalten sterk afnemen. Zowel voor nutriënten als voor bijv. PCB's geldt dat de last ten westen van de Hollandse kust aanzienlijk hoger is dan benoorden de Waddeneilanden (van Raaphorst, NIOZ, p.c.; Boon e.a., 1985). Bij metalen (Ni, Cd, Cu, Zn en Fe) geldt de in noordelijke richting afnemende gradiënt in het kustwater niet, maar treedt alleen een zeer sterke afnemende gradiënt vanaf de kust in zeewaartse richting op (Nolting, 1986).

De grenzen tussen de watermassa's kennen een kleine seizoensvariatie in ligging. De variatie op termijn van dagen tot weken is echter veel sterker; deze ontstaat onder invloed van voornamelijk de wind, en hangt nauw samen met de veranderlijkheid van de reststroom. Grenzen tussen de watermassa's kunnen scherp of vaag zijn, al naar gelang de massa's verschillen in saliniteit en temperatuur (hoe groter de verschillen, des te moeizamer de menging) en afhankelijk van de windhistorie van de voorafgaande dagen tot weken.

Enkele Noordzeeregio's waarvan verderop in dit rapport sprake is zullen nu kort worden geïntroduceerd (zie kaart achterkaft). Onder de **Zuidelijke Noordzee** wordt gewoonlijk het gehele zeegebied ten zuiden van 54°N verstaan, d.w.z. inclusief het grootste deel van de Westduitse kustwateren. De **Zuidelijke Bocht** is de Noordzee ten zuiden van 53°N (een lijn die door het Marsdiep loopt). De **Oestergronden** is een gebied gelegen in de centrale Noordzee tussen de Doggersbank en 54°N, met relatief slibrijke sedimenten (Fig. III.9; zie ook III.1.2.2). Met het **Friese Front gebied** wordt in dit rapport bedoeld de strook gevormd door de zuidelijkste *ca.* 25 km van de Oestergronden en de even brede strook direct ten zuiden daarvan. De ruwweg 50 km breedte van dit gebied is op hydrografische gronden gekozen (zie III.1.1.3). Kenmerkend voor dit gebied zijn de belangrijke bodemmorfologische, hydrografische en sedimentaire overgangen die er samen in voorkomen. Deze worden gezien als de oorzaken van diverse unieke biologische verschijnselen op elk niveau van de mariene flora- en faunagemeenschappen, en meer algemeen gesproken van een regionaal verhoogde biologische produktie.

III.1.1.2. STROMINGEN

Stromingen in zee worden in het algemeen genoemd naar het mechanisme waardoor ze veroorzaakt worden; zo is er sprake van o.a. getijstromingen, windgeïnduceerde stromingen, en dichtheidsgeïnduceerde stromingen. Reststromen die van belang zijn voor lange termijn transporten resulteren uit het totaal van tegelijk werkzame invloeden zoals de getijkrachten, de wind en dichtheidverschillen. Richting en snelheid van de reststroom wordt meestal uitgedrukt als lange termijn gemiddelde met een tijdschaal van jaargetijden of langer.

De reststroom (Fig. III.1) is in het hele gebied globaal noord-noord-oost gericht; zij maakt deel uit van de antikloksgewijze restcirculatie door de Noordzee als geheel. Op korte termijn (maanden of korter) kan hiervan in elke denkbare richting worden afgeweken, evenals in de rest van de Noordzee.

III.1.1.3. VERTICALE MENGING; HET FRIESE FRONT

Dwars door de ruimtelijke verdeling over vier watermassa's loopt de verdeling van hetzelfde gebied naar de mate van verticale menging. De horizontale getijstroming in het Nederlands deel behoort tot de sterkste in de gehele Noordzee. Afhankelijk van vooral de diepte kan de door wrijving aan de bodem veroorzaakte turbulentie menging over de gehele waterkolom teweegbrengen. Wind aan het wateroppervlak veroorzaakt turbulentie in het bovenste gedeelte van de kolom en bevordert de menging. 's Winters is door deze invloeden het water overal in de Noordzee over de verticaal gemengd. 's Zomers echter wordt menging tegengewerkt door opwarming van oppervlakkige waterlagen, waardoor deze lagen aan drijfvermogen winnen en een van de dieper gelegen watermassa afgezonderde 'oppervlaktelaag' vormen. Bij voldoende grote diepte veroorzaakt getijmenging een 'bodemmenglaag'. Een min of meer duurzame gelaagdheid (stratificatie) kan in stand blijven gedurende de zomer (afgezien van incidentele verstoring door stormen). De bovenlaag (gemengd door de wind) wordt dan afgescheiden van de bodemlaag (gemengd door het getij) door een niet-turbulente tussenlaag, de zgn. thermocline.

Het evenwicht tussen de ontmengende en de mengende invloeden is op grote schaal tamelijk constant, doordat de (geheel voorspelbare) getijstromingen veruit de belangrijkste mengende kracht zijn. De Nederlandse sector van de Noordzee valt daardoor uiteen in een 's zomers meestal gelaagd gebied, een het hele jaar verticaal gemengd gebied, en een intermediair gebied, waar 's zomers een zgn. getijdefront heen en weer pendelt, onder invloed van de periodiek (14 dagen) variërende verhouding tussen mengende en scheidende krachten. Fig. III.2 geeft de theoretische ligging aan van het front, zoals empirisch gevonden aan de hand van uitsluitend lokale getijstroomsnelheden en diepte, door Pingree e.a. (1978). Hun 'tidal front' zou in het Nederlandse sector van de Noord, van west naar oost gezien, achtereenvolgens het Engelse kustwater, het Kanaalwater en het Continentale kustwater doorsnijden.

Waarnemingen (Creutzberg, 1985; van Aken, 1986; van Aken e.a., 1987) bevestigen dat een dergelijke overgang zich 's zomers in ongeveer dit gebied voordoet. Dit 'Friese Front' zou plaatselijk kunnen samenvallen met de grenzen tussen watermassa's (in principe een ander soort hydrografische fronten dan getijfronten): zo schrijven van Haren & Joordens (1990) de frontachtige verschijnselen ter plaatse van 35 m-isobath ten noorden van Texel toe aan de overgang tussen Kanaalwater en Centrale-Noordzeewater. Een belangrijk verschil met het concept van een getijdefront zou in dat geval zijn dat een getijdefront 's zomers in de loop van elke 'springtij-doodtij' cyclus over een afstand van *ca.* 100 km van noord naar zuid en weer terug pendelt, hetgeen een 'gewoon' watermassa-grensvlak niet doet.

Het Friese Front lijkt ingewikkelder van opbouw te zijn dan een 'eenvoudig' getijdefront: het wordt beschouwd als 'een combinatie van een saliniteitsfront, een temperatuur-bodemfront en een zich ver zuidelijk uitstrekkende stratificatie' (Joordens, 1987).

In de loop van dit rapport zal de term **Friese Front** voorbehouden blijven aan het front in de oorspronkelijke (d.w.z. hydrografische) zin van het woord: een verticaal verlopend grensvlak tussen waterlichamen. Dit vlak (van bovenaf gezien een lijn) heeft geen vaste positie op de zeekaart. Dit ter onderscheiding van het **Friese Front gebied**, waarmee wordt bedoeld een geografisch gefixeerde strook waarin het front zich (gewoonlijk) ophoudt, en waarvan de kern (zowel topografisch als ecologisch gesproken) wordt uitgemaakt door de scherpe overgang van zandig naar slikkig sediment op de zuidrand van de Oestergronden (ongelukkigerwijs ook nogal eens aangeduid met 'front' of 'bodemfront', hetgeen beide termen zijn die al een hydrografische betekenis hadden).

III.1.2. DE ZEEBODEM

III.1.2.1. OPBOUW EN MORFOLOGIE

Het huidige zeebodemprofiel in de Nederlandse sector van de Noordzee dateert voornamelijk van de laatste 300.000 jaar van het Pleistoceen (het tijdvak der ijstijden, van 1,8 miljoen tot *ca.* 10.000 jaar geleden) en het Holoceen (-10.000 tot nu). Gletsjers afkomstig uit het Schotse en het Scandinavische gebied zetten in de diverse ijstijden grote vrachten rotsblokken, grind (partikels van 2 cm - 2 mm) en zand in het toen al bestaande Noordzeebekken af. De zeespiegel over de gehele aarde steeg en daalde evenredig mee met het slinken resp. groeien van landijsmassa's. In hetzelfde ritme drong de kustlijn van de Noordzee nu eens op (transgressie), en trok zich dan weer terug (regressie), in wisselende geografische patronen.

Tijdens de voorlaatste en grootste ijstijd, het **Saalien** (*ca.* 200.000 - 80.000 jaar geleden) lag de Noordzeespiegel het laagst, maximaal *ca.* 150 m lager dan nu. Het gebied ten zuiden van de Doggersbank (dat nergens dieper is dan -60 m NAP) lag nog geheel droog en was nabij de ijskappen een soort toendragebied, te vergelijken met het huidige Alaska of noord-Siberië. Westenwinden zetten in dat landschap metersdikke lagen dekzand af: laat-Pleistocene zanden.

Tijdens het Saalien drongen landijsmassa's het verst zuidelijk door (in Nederland tot de lijn Scheveningen-Arnhem; Fig. III.3 C). Tot aan het Saa-

lien was de Noordzee aan het zuideinde gesloten geweest, en het Britse plateau maakte deel uit van het continent. Periodiek maakten in het Saalien ijskappen vanuit Schotland en vanuit Scandinavië in het Noordzeebekken onderling kontakt, en sloten de Noordzee noordwaarts af (Fig. III.3 B). De voorgangers van Schelde, Rijn, Maas en Eems veroorzaakten dan een opstuwing van water, die zuidwaarts doorbrak en in het Nauw van Calais zoetwatergeulen uitsleep. Waren de ijskappen gescheiden, dan stroomden deze rivieren noordwaarts via de zee uit in de Atlantische Oceaan (Fig. III.3 A).

De rivieren zetten in de Zuidelijke Bocht zanden en kleien af in alle fasen van het Pleistoceen. Sporen van de ijskappen vindt men in de ondergrond van de zuidelijke Noordzee in de vorm van keileem, een mengsel van grind, zand en klei (de grondmorene), en tevens in de vorm van smeltwaterafzettingen (Borkumer Rif, Texelse Stenen) waarvan door latere uitspoeling alleen de grove zand-, grind- en steenfracties overbleven (Fig. III.4). De stenenvelden ten westen van Schouwen zijn waarschijnlijk een rest van een stuwwal uit die periode (Zonneveld, 1980), evenals de Klaverbank, direkt ten zuidwesten van de Doggersbank (Eisma e.a., 1979). Enkele diepe geulen op de Noordzeebodem (gearceerd en van letters voorzien in Fig. III.5) worden algemeen geduid als zgn. tunnel valleys: smeltwatergeulen ontstaan onder landijs, nabij het uitbreidingsfront daarvan.

Ook gedurende de volgende - en laatste - ijstijd (**Weichsel,** *ca.* 70.000-10.000 jaar geleden) lag het hele gebied nog droog (de zeespiegel was *ca.* 100 m lager dan nu), maar het was grotendeels niet met ijs bedekt (Fig. III.3 D). De Noordzeevlakte was toen in wezen een voortzetting van de dekzandgebieden op het huidige vasteland, waar eveneens op verschillende punten stuwwallen en massa's morenemateriaal in meerdere of mindere mate door de dekzandruggen heen staken.

Ongeveer 18.000 jaar geleden zette de tot op heden voortgaande zeespiegelstijging in. Na 8000 jaar was deze zo ver gevorderd dat zeewater door het Nauw van Calais de zuidelijke Noordzee begon te betreden, via aanvankelijk de diepere riviergeulen die daar eerder waren uitgeslepen. Na nog eens 2000 jaar liep de gehele zuidelijke Noordzee onder en werd de Doggersbank een eiland, dat snel slonk. In dit stadium ontstonden diverse van de huidige zandbanken, waarschijnlijk toen het zeeniveau nog relatief laag was, en de getijstromen relatief sterk: o.a. de Vlaamse Banken, de Noordhinder- en de Zeeland-banken (Eisma e.a., 1979) (Fig. III.5). Ca. 5000 jaar geleden ontstonden de huidige Waddeneilanden, eerst als strandwallen: voor eilanden met een pleistocene kern (zoals Texel, Borkum, Amrum, Sylt) werden door getijstromingen lagen opgewoeld zeezand afgezet. Hierdoor ontstond een lange, plaatselijk onderbroken gordel van zandbanken op enkele km zeewaarts van de huidige zeekusten van de Waddeneilanden en Holland. De stijging van de zeespiegel zorgde voor een terugwijken van de vastelandkust en landwaartse migratie van de nieuwe strukturen tot de huidige topografie (Veenstra, 1976). Het bij dit alles verwerkte zand bestond uit omgewerkte dekzanden en door het zeewater aangevoerde zanden; deze liggen er nu nog.

De meest recente sedimentformaties (van de laatste *ca.* 3000 jaar) liggen aan en nabij de kusten: ondiepe zandbanken en stranden waar golfwerking invloedrijk is, 'zandgolf'systemen op de bodem van de centrale Zuidelijke Bocht waar de getijstroming sterk is, en 'mud'afzettingen in beschutte en/of verdiepte gedeelten (estuaria, Waddenzee, Duitse Bocht, Oestergronden). Door deze gevarieerde geschiedenis zijn grind, zand en klei (< 2 μm) op de Noordzeebodem aanwezig in een mozaïekachtig patroon (Fig. III.4) (Veenstra, 1976; Eisma, 1986)

III.1.2.2. RECENT TRANSPORT VAN GRIND, ZAND EN FIJNER MATERIAAL

Zand en grind

Tegenwoordig vervoeren de rivieren geen grind meer naar de Noordzee en nauwelijks nog enig zand; erosie van rotskusten draagt ook zeer weinig bij aan de sedimentvrachten (Eisma e.a., 1979). Alle vervoerde zand en kiezel (Tertiair, Pleistoceen en oud Holoceen van oorsprong; Eisma, 1973) wordt opgewoeld van de bodem door golven en bodemstromingen. De stromingen in de Noordzee kunnen vrijwel geen kiezel vervoeren; alleen op stranden is de golfwerking hiertoe over kleine afstanden in staat. Haast alle kiezel ligt in water van 30 m of dieper en men neemt aan dat het de laatste *ca.* 7000 jaar niet is getransporteerd.

Zandtransport blijft beperkt tot gebieden met sterke getijstroming of golfwerking. In de Zuidelijke Bocht, in water dieper dan *ca.* 20 m (d.i. *ca.* 20 km en meer uit de kust) bevindt zich een groot zgn. zandgolven-veld (Fig. III.5). De rijen zandgolven met een lengte van 200 tot 500 m en toppen tot 15 m boven de zeebodem, waarvan de kammen NW-ZO verlopen, liggen loodrecht op de sterkste getijstromen. Netto zandtransport vindt mogelijk in geringe mate plaats, in een stroombeweging vlak over de bodem, en in de richting van de sterkste getijstromen. Deze bodemvorm wordt alleen daar gevonden, waar stormgolven niet kunnen doordringen. De met de getijden over de bodem pendelende hoeveelheden zand kunnen zeer groot zijn, zonder evenwel een nettoverplaatsing van betekenis te veroorzaken (Eisma e.a., 1979). Zand komt alleen in 'echte' suspensie in de branding langs stranden of boven ondiepe zandbanken; hierbij vindt tussentijdse opslag in ribbels

van diverse afmeting plaats. Coulter Counter-onderzoek aan deeltjes in de gehele Zuidelijke Bocht wees uit dat slechts weinig minerale korrels groter dan 70 μm in de waterkolom aanwezig waren op afstanden van meer dan 1 m boven de bodem bij windsnelheden tot 7 Beaufort (Eisma & Gieskes, 1977; Eisma, ongepubl.). Alleen tijdens stormen wordt zand in suspensie over aanmerkelijke afstanden vervoerd.

Alleen fijn materiaal wordt over beduidende afstanden vervoerd. Waar het sediment van een gegeven grootteklasse zijn eindbestemming vindt, is afhankelijk van de stroomsnelheden van het het water aan de zeebodem. De in de zuidelijke Noordzee van zuid naar noord afnemende getijstroomsnelheden worden weerspiegeld door de (mediane) korrelgrootten van de aangetroffen sedimenten (Fig. III.6).

Fijn gesuspendeerd materiaal

De term 'gesuspendeerd materiaal' wordt in de literatuur doorgaans gebruikt voor mineraal materiaal kleiner dan *ca.* 70 μm en deeltjes van organische oorsprong die eventueel groter (want lichter) kunnen zijn; een synoniem is 'mud' (o.a. McCave, 1973).

Zwevende deeltjes groter dan 0,45 μm heten 'gesuspendeerd' (kleinere deeltjes noemt men colloiden, nog kleinere ware oplossingen). Het levende - planktonische - aandeel in het gesuspendeerd materiaal varieert in de Nederlandse sector van de Noordzee tussen 10% ('s winters) en 90% ('s zomers; Eisma, 1981).

Het minerale aandeel van het niet-levend gesuspendeerd materiaal beslaat in ondiepe kustwateren alle grootteklassen onder de 70 μm: fijn zand (70-50 μm), silt (50-2 μm) en lutum of klei (kleiner dan 2 μm). Met toenemende afstand tot de kust wordt door uitzinken een toenemend aandeel van dit spectrum verwijderd vanaf het grove uiteinde, tot ver van land alleen de fijnste fracties overblijven. De mate van aggregatie (samenklontering, met vrijwel altijd organisch materiaal als de kitstof) is afhankelijk van de afmetingen: het fijnste materiaal bestaat uit louter losse korrels (organisch en mineraal), rond de 5 μm is ongeveer de helft aggregaat, en boven de 70 μm zijn praktisch alle deeltjes aggregaten (Eisma, 1981).

Het organisch aandeel in gesuspendeerd materiaal (levend plus niet-levend) varieert met de jaargetijden. In het groeiseizoen kan het meer dan 90% belopen. In de winter is 10-20% van het gesuspendeerd materiaal in de Zuidelijke Bocht organisch. Met het naderen van de kust wordt de bijdrage van het benthos aan het niet-levend organisch materiaal steeds belangrijker, met name 'faecal pellets', vaak geaggregeerd met mineralen tot deeltjes in de klasse 50-700 μm. In de winter vormen deze benthisch-faecale en minerale aggregaten een belangrijk deel van het gesuspendeerde materiaal (Eisma & Kalf, 1979). Na afzetting wordt 50-75% van dit organisch materiaal door het benthos afgebroken, zodat de aldus ontstane bijdrage aan het sediment 5% of minder organisch materiaal bevat. Het organisch aandeel in Noordzeesedimenten is geheel van mariene oorsprong (Eisma, p.c.).

Hoe kleiner een deeltje, des te groter zijn zijn oppervlakte/volume verhouding en de oppervlakte/gewicht verhouding. Hierdoor heeft het fijne materiaal een naar verhouding groot oppervlak beschikbaar voor de afzetting van allerlei stoffen. De organische coating die afgezet wordt op alle deeltjes in natuurlijke wateren (Eisma, 1986) is dus sterker vertegenwoordigd in de fijnere grootteklassen. Voorts is organisch materiaal sterk vertegenwoordigd in de categorie van de fijnste losse partikels. Hiermee hangt samen de globale regel 'hoe fijner het gesuspendeerd materiaal, des te groter het aandeel organisch materiaal' (o.a. Creutzberg e.a., 1984). Bodems waar het fijnste gesuspendeerd materiaal uitzinkt krijgen hiermee ook een grote aanvoer van organisch materiaal.

Het 'gesuspendeerd materiaal' zoals boven beschreven, dat dus relatief duurzaam in suspensie blijft, volgt globaal de antikloksgewijze reststroomrichting (zie III.1.1.2) langs de Britse, Belgische, Nederlandse, Duitse en Deense kust naar het Skagerrak en noordwaarts weer de Noordzee uit. Onderweg worden de hoeveelheden die in suspensie zijn beïnvloed door variaties in getijstroomsnelheid nabij de bodem en door variaties in golfactiviteit (veroorzaakt door de wind), die beide de mate van opwerveling beïnvloeden.

Het fijne materiaal in suspensie wordt geleverd door de rivieren (vooral die in het zuiden), erosie van de kusten en de bodem, instroom uit de Atlantische Oceaan, het Kanaal en de Oostzee, organische produktie in de Noordzee en luchttransport van stof. Plaatsen van erosie van fijn materiaal dat vervolgens de Nederlandse sector van de Noordzee bereikt zijn oude kleibanken aangesneden op de zeebodem, zoals de Vlaamse banken (Fig. III.5; zie ook Eisma, 1973), en banken even ten oosten van East Anglia (Fig. III.5). Fijn materiaal wordt ook geleverd door de Schelde, de Maas en de Rijn. Verder wordt fijn materiaal uit zee in het Nederlandse kustwater geaccumuleerd door een daar vrijwel permanente dichtheids-circulatie waarbij suspensierijk bodemwater naar de kust stroomt, en suspensie-armer oppervlaktewater van de kust af (Postma, 1978). Dit proces houdt vrijwel overal langs de kusten een sterke gradiënt van fijn (en dus ook van organisch) zwevend materiaal in stand, met de hoogste concentraties vlak onder de kust en een exponentiële zeewaartse afname in het oppervlaktewater.

Een en ander geeft aanleiding tot het langetermijngemiddelde patroon van troebelheid in de

Zuidelijke Bocht (Fig. III.7) en het iets noordelijker gelegen gebied (Fig. III.8), waarop de transportroutes van de Zuidelijke Noordzee zichtbaar zijn. Tot zover over de eigenschappen en bronnen van het gesuspendeerd materiaal.

In de Nederlandse sector van de Noordzee zijn de volgende gebieden met recente depositie van fijn materiaal bekend:

—de estuaria van Schelde, Rijn/Maas en Eems

—de Waddenzee

—de Oestergronden (Fig. III.9), aan de zuidrand waarvan zich een veelbeschreven scherpe overgang bevindt tussen zandig en zeer fijn sediment (Creutzberg & Postma, 1979, en ref. daarin). Bij het noordwaarts passeren van deze overgang daalt het bodemprofiel relatief steil, zodat de stroomsnelheid van het water sterk afneemt en een sterke depositie plaatsvindt. Deze auteurs toonden sedimentatie aan van silt en organisch materiaal. In tank-experimenten met sediment uit het gebied bestudeerden zij het proces van voortgaande consolidatie van eenmaal uitgezonken 'mud'. Ze toonden aan dat op diepten groter dan 30 m noch de getijstroom, noch de golfwerking een tegenwicht kan bieden tegen dit proces, terwijl in de omringende wateren deze invloeden dezelfde soort materiaal steeds opnieuw opwervelen. Dit komt door de hevig schurende getijstromen in de zuidelijke Noordzee, en ten noorden van de Doggersbank door de oceanische deining ('long waves'), die sedimenten tot op grotere diepte dan 30 m kan verstoren. De Oestergronden zelf worden beschut tegen deze deining door hun ligging in de luwte van de Doggersbank (Eisma, 1975). Het resultaat van deze processen (en van de geologische geschiedenis van het gebied, een voormalige 'Waddenzee') is zichtbaar in de sedimentaire kaart van Creutzberg e.a. uit 1984 (Fig. III.9). De Oestergronden zijn daarin globaal gesproken het gebied met een 'mud' aandeel groter dan 2%.

De zuidrand van deze Oestergronden, waar zich de scherpe sedimentaire overgang bevindt, ligt in het Friese Front gebied (zie III.1.1.3). Bijzondere biologische verschijnselen daar waargenomen worden in meerderheid toegeschreven aan de plotseling 'sediment-val' op deze zuidrand (zie III.2.2.3).

LITERATUUR

AKEN, H.M. VAN, 1986. The onset of seasonal stratification in shelf seas due to differential advection in the presence of a salinity gradient. Cont. Shelf Res. **5:** 475-485.

AKEN, H.M. VAN, G.J.F. VAN HEIJST & L.M.R. MAAS, 1987. Observations of fronts in the North Sea. J. Mar. Res. **45:** 579-600.

BOON, J.P., M.B. VAN ZANDVOORT & M.J.M.A. GOVAERT, 1985. Organochlorines in benthic polychaetes *(Nephthys spp.)* and sediments from the southern North Sea. Identification of individual PCB components. Neth. J. Sea Res. **19:** 93-109.

CREUTZBERG, F., 1985. A persistent Chlorophyll-*a* maximum coinciding with an enriched benthic zone. 19th EMBS, P.E. Gibbs. Plymouth, U.K., Cambridge University Press.

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. perm. int. Explor. Mer **173:** 101-110.

EISMA, D., 1973. Sediment distribution in the North Sea in relation to marine pollution. In: E.D. GOLDBERG. North Sea Science: 131-150. MIT Press.

EISMA, D., 1975. Holocene sedimentation in the Outer Silver Pit area (Southern North Sea). Mar. Sci. Comm. **1:** 407-426.

EISMA, D., 1981. Suspended matter as a carrier for pollutants in estuaries and the sea. In: R.A. GEYER. Mar. Envir. Pollution, 2. Mixing and dumping. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam.

EISMA, D., 1986. The North Sea - an Overview. In: E. HEY & G. PEET. The status of the North Sea environment; Reasons for Concern. Volume **1:** 9-28. Werkgroep Noordzee, Amsterdam.

EISMA, D. & W.W.C. GIESKES, 1977. Particle size spectra of non-living suspended matter in the southern North Sea. NIOZ Publ. en Versl. 1977-7: 1-7.

EISMA, D., J.H.F. JANSEN & TJ.C.E. VAN WEERING, 1979. Seafloor morphology and recent sediment movement in the North Sea. In: E. OELE, R.T.E. SCHUTTENHELM & A.J. WIGGERS. The Quaternary History of the North Sea, 217-231. Acta Univ. Ups. Symp. Univ. Ups. Annum Quingentesimum Celebrantis: 2, Uppsala. ISBN 91-554-0495-2.

EISMA, D. & J. KALF, 1979. Distribution and particle size of suspended matter in the Southern Bight of the North Sea and the eastern Channel. Neth. J. Sea Res. **13:** 298-324.

EISMA, D. & J. KALF, 1987. Dispersal, concentration and deposition of suspended matter in the North Sea. J. Geol. Soc. London **144:** 161-178.

HAREN, J.J.M. VAN & J.C.A. JOORDENS, 1990. Observations of physical and biological parameters at the transition between the Southern and the Central North Sea. Neth. J. Sea Res. **25:** 351-364.

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.

MCCAVE, I.N., 1973. Mud in the North Sea. In: E.D. GOLDBERG. North Sea Science: 75-100. MIT Press.

NOLTING, R.F., 1986. Copper, Zinc, Cadmium, Nickel, Iron and Manganese in the southern Bight of the North Sea. Mar. Poll. Bull. **17:** 113-117.

PINGREE, R.D., P.M. HOLLIGAN & G.T. MARDELL, 1978. The effects of vertical stability on phytoplankton distributions in the summer on the northwest European Shelf. Deep-Sea Res. **25:** 1011-1028.

POSTMA, H., 1978. The nutrient content of North Sea water: Changes in recent years, particularly in the Southern Bight. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer **172**: 350-357.

POSTMA, H. & A.J. VAN BENNEKOM, 1974. Budget aspects of biologically important chemical compounds in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. **8**: 312-318.

STOWE, K., 1983. Ocean Science (2nd ed.) John Wiley & Sons, Inc.: 673 pp.

VEENSTRA, H., 1970. Sediments of the southern North Sea. ICSU-SCOR Working party 31 Symposium, Cambridge, vol. **3**: 13-23.

VEENSTRA, H., 1976. Getijdenlandschap: struktuur en dynamiek. In: J. ABRAHAMSE, W. JOENJE & N. VAN LEEUWEN-SEELT. Waddenzee, Natuurgebied van Nederland, Duitsland en Denemarken. Land. Ver. tot Behoud van de Waddenzee, Harlingen; Ver. tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland.

ZONNEVELD, J.I.S., 1980. Tussen de bergen en de zee. De wordingsgeschiedenis der lage landen. Vijfde druk. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.

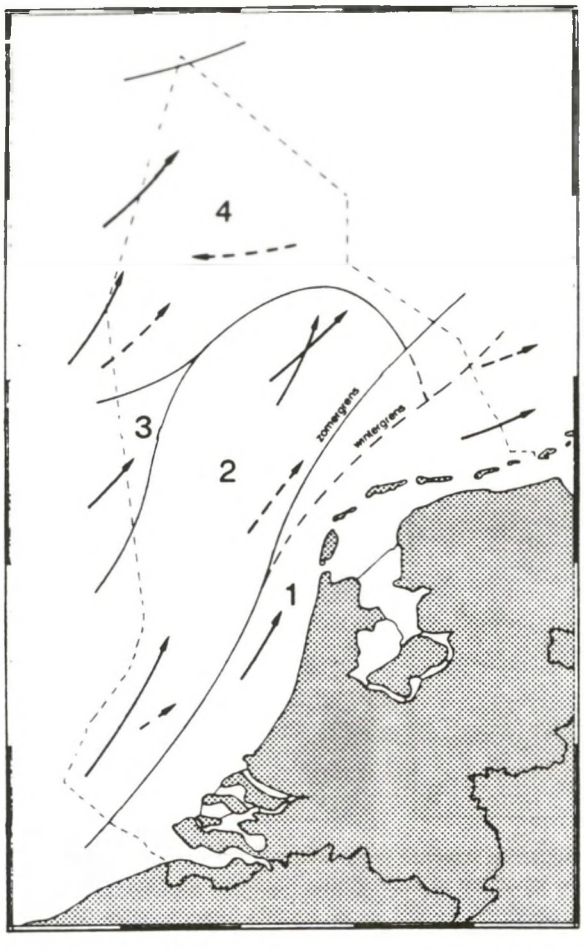


Fig. III.1. De verschillende watermassa's in de Nederlandse sector van de Noordzee in zomer en winter:
1. Continentaal kustwater
2. Kanaalwater
3. Engels kustwater
4. Centrale Noordzeewater
——→ oppervlakte-reststroom
- - → bodem-reststroom
(naar Laevastu, 1963).

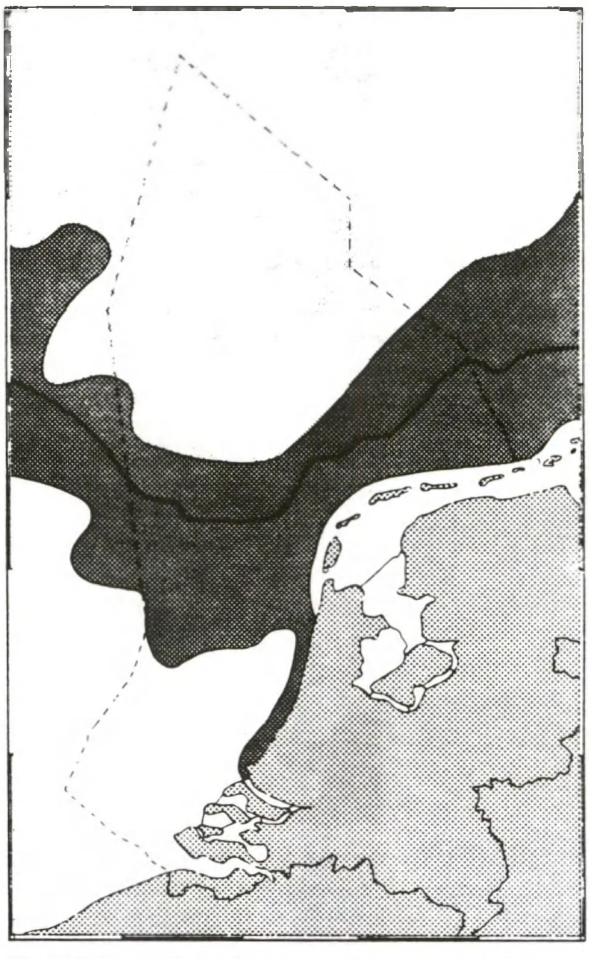


Fig. III.2. Theoretische ligging van het zomerse getijdefront in de Nederlandse sector van de Noordzee.
—— getijdefront
gestratificeerd
overgangsgebied
gemengd
(naar Pingree e.a., 1978).

Fig. III.3. A-B: twee situaties in het Noordzeegebied tijdens het oprukken van het landijs. A: de ijskappen van Scandinavië en Groot-Brittannië raken elkaar niet; B: de ijskappen sluiten de weg naar het noorden af en doen aldus een stuwmeer ontstaan; C: de maximale uitbreiding van het Saale-landijs; D: de situatie gedurende de maximale uitbreiding van het Weichsellandijs (Zonneveld, 1980)

open water;
ijs;
rivier

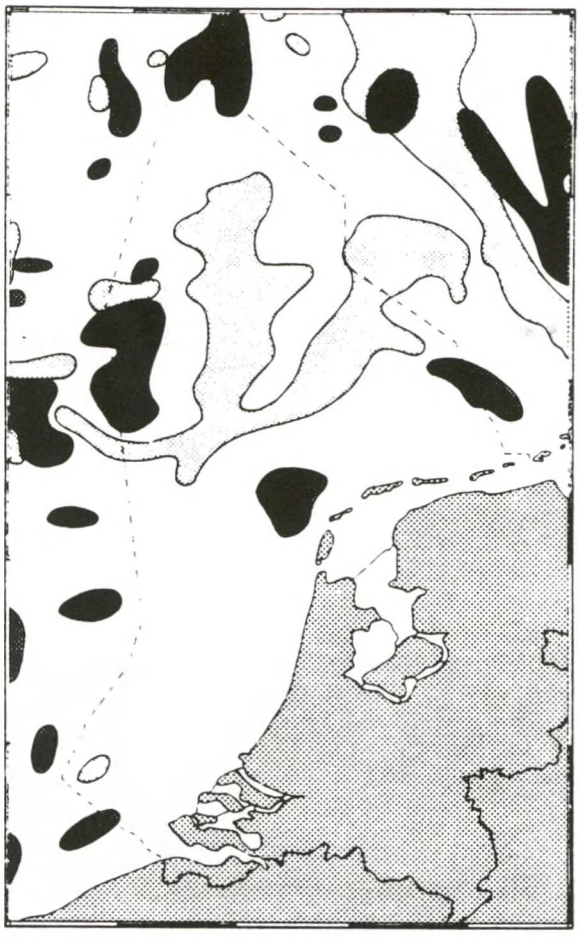


Fig. III.4. Sedimenten in de Nederlandse sector van de Noordzee.
slib
zand
grind
(naar Veenstra, 1970).

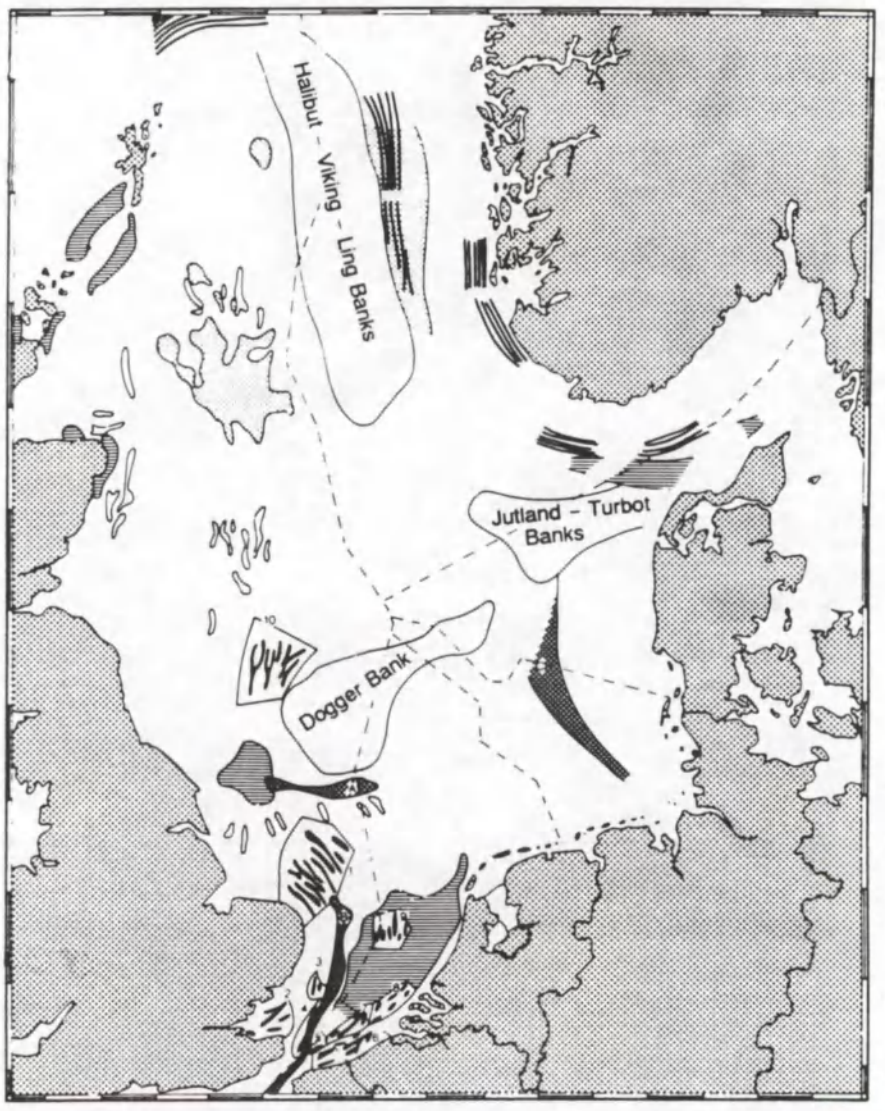


Fig. III.5. Morfologische kaart van de Noordzee. 1 - Norfolk Banken; 2 - Thames-estuarium Banken; 3 - Gabbard Banken; 4 - The Falls; 5 - Sandettie; 6 - Vlaamse Banken; 7 - Hinderbanken; 8 - Zeelandbanken; 9 - Bruine Bank; 10 - East Bank. A - Outer Silver Pit; B - Deep Water Channel; C - Helgoland Rinne (Eisma e.a., 1979).

Iceberg grooves
Tunnel valleys
Tidal sand ridges
Sandwaves
Channels
Pockmarks

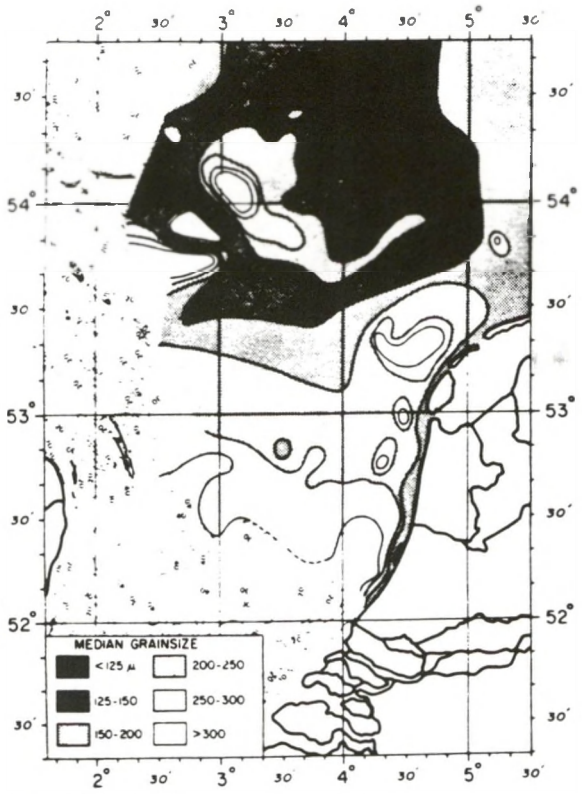


Fig. III.6. Verdeling van sedimenten op basis van mediane korrelgrootte (Creutzberg e.a., 1984).

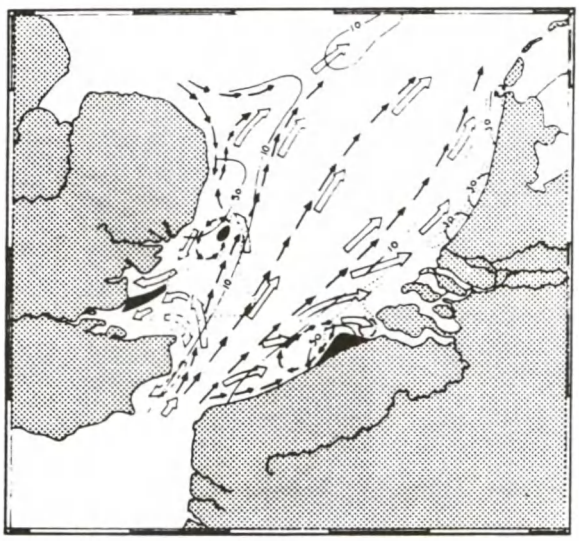


Fig. III.7. Algemeen beeld van transport van gesuspendeerd materiaal in de Zuidelijke Bocht, met: gehalten (isoplethen in $mg \cdot l^{-1}$); lange termijn reststroompatroon (kleine pijlen); afgeleide transportroutes (witte pijlen); 'mud' afzettingen (minstens 50% materiaal kleiner dan 50 μm; zwarte gebieden); en gebieden waar meer dan 2% materiaal kleiner dan 50 μm aanwezig is in het bodemsediment (omstippelde gebieden) (Eisma & Kalf, 1979).

Fig. III.8. Troebeling (lichtextinctie) met het reststroompatroon in de zuidelijke Noordzee. Men ziet twee advectieve 'mud'stromen, één overstekend, en één noordwaarts trekkend langs de Nederlandse kust. In de laatste zijn de totale sedimentconcentraties het hoogst van de twee (McCave, 1983). Extinctie tegen gedistilleerd water:

- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,5
- >1,5

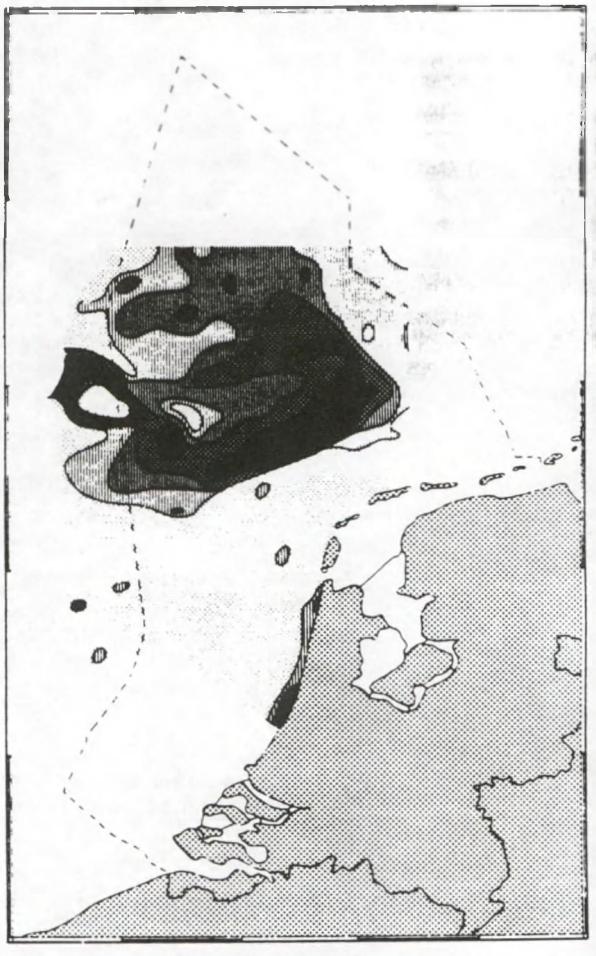


Fig. III.9. De Oestergronden, globaal te omschrijven als een gebied met een 'mud'gehalte (deeltjes < 50 μm) van meer dan 2%.

- > 20%
- 15-20%
- 10-15%
- 5-10%
- 2-5%
- < 2%

(naar Creutzberg e.a., 1984).

III.2. PLANKTON

III.2.1. INLEIDING

Plankton is de verzamelterm voor de zich passief met het water verplaatsende organismen. De verspreiding, samenstelling en biomassa van zowel fyto- als zoöplankton zijn dus ten nauwste verbonden met de waterbeweging en -menging. De relevante aspekten van de hydrografie in het gebied zijn in paragraaf III.1 besproken. De volgende indelingen van plankton in categorieën zijn gebruikelijk:

—**indeling naar afmeting**: bij plankton onderscheidt men pico- (of ultra-) plankton (kleiner dan 5 μm), nanoplankton (*ca.* 5-20 μm), micro- of netplankton (20-200 μm), mesozoöplankton (0.2-2 mm) en macrozoöplankton (groter dan 2 mm). De kleinste twee groepen zijn voorbehouden aan het fytoplankton, de grootste twee aan het zoöplankton; in het microplankton komen ze beide voor.

—**indeling naar levenscyclus** (zoöplankton): holoplankton (gehele levenscyclus in het pelagiaal; met doorgaans meerdere generaties per jaar) tegenover meroplankton (levenscyclus slechts gedeeltelijk pelagiaal; meestal maar een generatie per jaar).

—**indeling naar voedingswijze**: autotroof (fytoplankton, sommige bacteriën) tegenover heterotroof (vnl. zoöplankton, bacteriën, flagellaten); de laatste onderverdeeld in herbivoor, carnivoor, bacteriovoor, detritivoor (levend van dood organisch materiaal) en omnivoor.

III.2.2. BESCHRIJVING PLANKTON

III.2.2.1. INDELING

Uitgaand van de indeling naar grootte, gelden voor de verschillende planktoncategorieën in de Nederlandse sector van de Noordzee de volgende algemene opmerkingen.

Van het **pico- en nanoplankton** is nog zeer weinig bekend.

Het **microzoöplankton** bestaat voornamelijk uit eencelligen en is herbivoor, detritivoor of bacteriovoor. De laatste jaren wordt vermoed dat zij qua produktie en als consumenten van primaire produkten van enorm belang zijn in het voedselweb.

In het **mesozoöplankton** van de Noordzee staan de Copepoda (Roeipootkreeftjes) centraal met meestal 50-90% van de totale metazoë (=meercellige) zoöplanktonbiomassa (Fransz e.a., in press). Zij zijn holoplanktonisch en herbivoor of omnivoor. Ze eten behalve algen ook eencellige heterotrofen, en in het meest voedselarme seizoen zelfs hun eigen larven (Daan, 1988). Een kleine minderheid van het mesozoöplankton is strikt carnivoor. Het meroplanktonisch mesozoöplankton bestaat voornamelijk uit larven van macrobenthos als zeeëgels, zeesterren, krabben, wormen en schelpdieren. Incidenteel kan het meroplankton binnen het mesozoöplankton domineren; het is voornamelijk herbivoor.

Het **macrozoöplankton**, ten slotte, is in het Nederlands deel van de Noordzee hoofdzakelijk carnivoor. Kleinere soorten leven van mesozoöplankton; grotere van ander macrozoöplankton of, zoals kwallen, van vissen. Meroplanktonisch zijn hier alleen enkele kustgebonden groepen kwallen, de dwergkwallen (Hydrozoa) en schijfkwallen (Scyphozoa), die als sessiele stadia resp. de poliep en de strobilus hebben; de rest van het macrozoöplankton leeft holoplanktonisch. Vislarven worden ook tot het macrozoöplankton gerekend.

III.2.2.2. PRODUKTIE EN CONSUMPTIE

Het fytoplankton produceert in de Noordzee 100-300 $gC \cdot m^{-2} j^{-1}$ aan organisch koolstof; dit is de som van de particulaire en de opgeloste produktie (Zijlstra, 1988). De produktie verloopt geografisch van 150-200 $gC \cdot m^{-2} j^{-1}$ ten noorden van de Doggersbank, via 250 in de centrale Noordzee, naar 200 in de open wateren van de Zuidelijke Bocht (Fransz & Gieskes, 1984). Maximale produktie (tot 400 $gC \cdot m^{-2} j^{-1}$ plaatselijk) wordt in de kustwateren gevonden (Cadée, 1990a).

Bij het metazoë zoöplankton wordt min of meer een omgekeerde gradiënt gevonden: 20 $gC \cdot m^{-2} j^{-1}$ (alleen particulair) in de Fladen-gronden (noordwestelijke Noordzee) en 10 (Fransz & Gieskes, 1984) tot 15 (Billen, 1976) $gC \cdot m^{-2} j^{-1}$ in de zuidelijke Noordzee. (Hierbij maakt Fransz (p.c.) het voorbehoud dat het cijfer voor het noordwesten waarschijnlijk deels het gevolg is van import van elders).

Joiris e.a. (1982) verklaarden deze discrepantie in trends met de hypothese, dat in de zuidelijke Noordzee het merendeel van de primaire produktie wordt geconsumeerd door microbiële activiteit, terwijl in het noorden een groter aandeel direkt de hogere trofienivo's van Steele's (1974) klassieke voedselketen bereikt, door een efficiëntere begrazing. Zijlstra (1988) oppert dit verschil in 'ketens' tevens als verklaring voor de lagere (pelagische) visproduktie in de zuidelijke Noordzee, bij een hogere primaire produktie.

Alleen in de zomer in de centrale en noordelijke Noordzee houdt begrazing door copepoden gelijke tred met de primaire produktie zodat door begrazing dan de algenbiomassa gereguleerd wordt. De explosieve algenbloeien van het voor- en najaar ontwikkelen zich echter te snel voor de zich trager voortplantende zoöplankters; bloeiomstandigheden verlagen altijd de transfer-efficiëntie naar hogere trofieniveaus (Tett & Mills, in prep.). De rol van microheterotrofen als protozoën, microflagellaten, ciliaten en

bacteriën wordt in die omstandigheden belangrijk, en de primaire produkten gaan het 'small food web' in, i.p.v. direkt hogerop in Steele's keten.

Als tweede (deel)verklaring is aangevoerd het verschil in sedimentatie van fytoplanktoncellen, dood dan wel levend. Bij het onttrekken van primaire produkten aan de waterkolom speelt sedimentatie een veel belangrijker rol in de ondiepe zuidoostelijke Noordzee dan elders. Terwijl door uitzinken 20-35% van de primaire produktie toevalt aan het benthos van de noordelijke Noordzee, kan dat aandeel tijdens de lentebloei in het zuiden tot 65% oplopen (Reid e.a., in press). Onder meer daardoor is het zuidelijke benthos veel rijker (biomassa en dichtheid) dan het noordelijke, en dit is waarschijnlijk weer de belangrijkste oorzaak van de grote demersale visproduktie in de zuidelijke Noordzee (Zijlstra, 1988).

III.2.2.3. ZONERING PLANKTON

In publicaties over plankton valt de Nederlandse sector van de Noordzee, op basis van de erin gegeven geografische aanduidingen, globaal in drie zones uiteen: de zuidelijke Noordzee, waarin apart een *ca.* 20 km brede kustzone kan worden onderscheiden (Gieskes & Kraay, 1975), het Friese Front gebied en de centrale Noordzee (inclusief de Doggersbank). Het passieve transport van plankton in de zee en de veranderlijkheid van de reststroompatronen op korte tot middellange termijn leiden ertoe, dat planktonregio's grootschalig zijn, met diffuse onderlinge grenzen. De regio's vallen ongeveer samen met de in III.1.1 genoemde watermassa's, en aparte aandacht wordt besteed aan het frontale gebied daartussen, vanwege de bijzondere condities voor plankton die daar heersen.

Zuidelijke Noordzee inclusief Nederlandse kustzone

Hiermee wordt bedoeld de Noordzee ten zuiden van het Friese Front. Centraal in de Zuidelijke Bocht ligt het Kanaalwater. De hoeveelheden van de belangrijkste nutriëntelementen (silicium, fosfor en stikstof) die hierin worden aangevoerd, variëren weinig door het jaar. Alleen is 's zomers een groot deel ervan in organismen vastgelegd, terwijl ze 's winters haast alleen in opgeloste anorganische vormen (silicaat, fosfaat, nitraat) worden aangevoerd. De voor de Noordzee relatief lage gehalten van deze elementen zijn er maximaal in januari. Het water is relatief arm (zie III.1) en stroomopwaarts zijn er amper bronnen van gesuspendeerde deeltjes (Postma, 1978). Waarschijnlijk hierdoor is het midden van de Zuidelijke Bocht permanent helder. Daardoor overschrijdt hier de instraling het vroegst in het seizoen een zeker grenswaarde (Gieskes & Kraay, 1975), waarna de exponentiële toename van het fytoplankton (met de diatomeeën) begint. In de kustwateren wordt de lichtdrempel pas enkele weken later overschreden en is de voorjaarstoename pas in april zichtbaar.

In deze fase is silicaat de doorslaggevende nutriënt voor de algenpopulatie. Na in de vorm van schaaltjes van diatomeeën te zijn uitgezonken, wordt dit het langzaamst van alle macronutriënten geregenereerd (opnieuw vrijgemaakt voor opname door algen). In de loop van april zakt de diatomeeënpopulatie in door silicaat-uitputting. Via minder silicaat behoevende algen (bepaalde diatomeeën, silicoflagellaten) verschuift de dominantie naar de microflagellaat *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae), die zijn eerste bloei in mei beleeft. Deze soort vormt kolonies in de vorm van gelatineuze bollen (tot enkele mm groot), die een opslagplaats vormen voor primaire produkten ten eigen bate, en mogelijk bescherming bieden tegen predatie door klein zoöplankton. Vooral in kustnabij water wordt ook deze bloei weer snel beëindigd, door waarschijnlijk nutriëntschaarste (van Bennekom e.a., 1975; Veldhuis e.a., 1986) en doordat protozoën het bestand van individuele, vrijzwevende *Phaeocystis*-stadia begrazen (Admiraal & Venekamp, 1986) waaruit recrutering zou moeten plaatsvinden. Verder van de kust vindt die neergang langzamer plaats. De rest van het seizoen wisselen in de zuidelijke Noordzee de fytoplanktonpieken elkaar af, waarbij diatomeeën, *Phaeocystis* en - vooral in de zomer - dinoflagellaten elkaar in onregelmatige volgorde afwisselen.

De jaarcurve van gemiddelde dichtheden (zie OV en OW in Fig. III.10) vertoont een 'gebergte' dat geleidelijk in hoogte afneemt gedurende het groeiseizoen van maart-april tot begin december. In de curve voor sector NW spelen data uit offshore-wateren (en dan met name het overgangsgebied van Fig. III.2) een grotere rol dan die uit kustwateren. Dit leidt kennelijk tot een grotere veranderlijkheid van de fytoplanktonbiomassa over het groeiseizoen dan in gebied OW. In het geschetste hydrografische regime van het overgangsgebied is de combinatie van licht- en nutriëntwaarden gunstiger voor fytoplankton-ontwikkeling dan in OW, zij het dat deze gunstige voorwaarden patchy verdeeld zijn over ruimte en tijd. De dominante copepoden van de zuidelijke Noordzee zijn kleiner dan die van de noordelijke Noordzee (Zijlstra, 1988), en hebben kortere generatietijden (*ca.* 3 weken tegenover 2 maanden; Tett & Mills, in prep.). Toch is dit niet kort genoeg om de grillig piekende algenproduktie efficiënt te benutten, zodat een fytoplanktonbloei alweer afneemt voor een copepodenpiek als reactie kan doorzetten. 's Zomers is de efficiëntie in de begrazing op haar hoogst, zoals overal elders in de Noordzee; in bloeien is zij steeds laag. Van de lentebloei in ondiepe Noordzeekustgebieden zou minder dan 5% begraasd worden door copepoden, wat een

aanzienlijk kleiner aandeel is dan in de centrale Noordzee (Nielsen & Richardson, 1989, in review door Fransz e.a., in press).

De consumptie van algen en hun produkten door microheterotrofen is in de ondiepe Zuidelijke Bocht belangrijk, en een groot deel van de primaire produktie gaat het zg. small food web in, dat meer van belang is in de zuidelijke Noordzee dan ten noorden van het Front. De invloed van het land (nutriëntenstromen) is in de zuidelijke Noordzee de laatste decennia aanzienlijk groter geworden (van Bennekom e.a., 1975; zie voor een overzicht Nelissen & Stefels, 1988). Hierdoor zijn de verhoudingen tussen de concentraties van de belangrijkste nutriënten verschoven. Bevorderden deze verhoudingen voorheen de dominantie van diatomeeën (kiezelwieren), de laatste decennia benadeelde (vooral) het relatief afnemen van de silicaatconcentraties deze groep, ten gunste van niet-kiezelbehoevende soorten. Tett & Mills (in prep.) signaleren als gevolg van deze verandering een verschuiving in de richting van een voedselweb gekenmerkt door flagellaten (*cf.* Cadée & Hegeman, 1986; Hagmeier, 1978, Gillbricht, 1988), kleine zoöplanktonsoorten en kwallen en schaarste aan actieve predatoren en grotere copepoden. Dit web stellen zij tegenover een gemeenschap van voornamelijk diatomeeën, grote copepoden en actieve predatoren (vissen), waar een nauwere koppeling tussen primaire produktie en hogere trofieniveaus bestaat. De laatste is ten noorden van het Friese Front algemener, als gevolg van de meer stabiele hydrografische situatie daar. Zij stellen, als vele anderen (o.a. Parsons, 1979), dat de hydrografie primair bepalend is voor de opbouw van de planktongemeenschap, maar voegen de hypothese toe dat de zuidelijke gemeenschap in meer trekken overeen zou komen met de noordelijke als de antropogene nutriëntenlast er niet zo groot was.

Fytoplanktonbloeien in de zuidelijke Noordzee

In dit aanhangsel wordt een overzicht gegeven van diverse bloeien, zoals gerapporteerd voor het gebied.

Nederlandse kustzone (diepte tot ca.15 m, saliniteit (S) < *ca.* 33,5): Herhaaldelijk zijn bloeien waargenomen van:
—de diatomeeën *Rhizosolenia delicatula* en *Skeletonema costatum* (1973-1981; Kat, 1982), en *Coscinodiscus concinnus* (Cadée, 1990b en ref. daarin) in het voorjaar;
—in de vroege zomer de microflagellaat *Phaeocystis* sp.: toename (in aantal en duur) van bloeien in het hele kustgebied sinds *ca.* 1970 (Cadée & Hegeman, 1986; Lancelot e.a., 1987), mogelijk trendmatige verschuiving hiervan van open zee naar kust (Cadée, 1990). In juni in het noordoostelijk kustgebied uitgestrekte bloeien van de kleine diatomee *Leptocylindrus danicus* (Colijn e.a., 1990);
—in de latere zomer bloeien van de dinoflagellaten *Ceratium fusus, Prorocentrum redfieldii* en *Dinophysis acuminata* (de laatste toxisch) (Kat, 1982).

Rest van Zuidelijke Bocht:
Noctiluca-bloeien (dinoflagellaten) zijn sinds 1971 in de zuidhelft van de Zuidelijke Bocht waargenomen (Mommaerts, 1985). *Phaeocystis*-bloeien komen ieder jaar voor (Gieskes & Kraay, 1977). Bloeien van *Coscinodiscus* sp. werden al de vorige eeuw gemeld in het gebied en recenter door Gieskes (1973); een wekenlange *Leptocylindrus danicus*-bloei werd in het vroege voorjaar van 1977 door Fransz & Gieskes (1984) geregistreerd. *Biddulphia regia* en *Streptotheca tamensis* veroorzaken in het open water vroege voorjaarsbloeien die zich verplaatsen naar kustwateren en naar het noorden; latere voorjaarsbloeien van diatomeeën, in het noordelijke deel van de Zuidelijke Bocht: *Cerataulina bergoni, Guinardia flaccida, Rhizostolenia stolterfothii, Eucampia zodiacus, Lauderia borealis, L. danicus* (Gieskes & Kraay, 1977)

Friese Front gebied

Met dit gebied wordt bedoeld het overgangsgebied uit Fig. III.2, het gebied dat 's zomers gewoonlijk afwisselend gelaagd en gemengd is. Gebieden van dit type verenigen in zich de voordelen van helderheid (bovenlaag gestratificeerde zijde) en nutriëntenrijkdom (gemengde zijde), en gelden algemeen als 'zones of enhanced biological production' (Pingree e.a., 1978; Legendre e.a., 1986). Een voorbeeld hiervan geeft Fig. III.10, waar de niet-frontale gebieden OV en OW (het gehele jaar gemengd) een gestage daling in fytoplankton-kleur te zien geven vanaf juni, terwijl in NV en NW ('overgangsgebied' in Fig. III.2) de standing stocks relatief hoog blijven tot oktober-november. Er zijn geen meetresultaten bekend van primaire of secundaire produktie in dit gebied.

Een permanent chlorofyl(*a*)-maximum - net zoals door Pingree e.a. (1978) gepostuleerd nabij elk getijdefront - werd weliswaar gevonden, maar de aanwezigheid en positie daarvan waren onafhankelijk van het mobiele front, en waarschijnlijk bepaald door de sterke helling in de bodem ter plaatse. Hierdoor is er een abrupte noordwaartse afname in stroomsnelheid boven de bodem, waardoor fijn materiaal plotseling kan uitzinken, dat iets zuidelijker nog in suspensie bleef. Daarbij is veel organisch materiaal, hetgeen een abrupte biologische overgang veroorzaakt: er verschijnt noordelijk van de 30 m-isobath tamelijk plotseling een rijke bodemfauna (zie ook III.3). Het is boven de zuidrand van dit depositiegebied dat dit fytoplankton-maximum zich voortdurend bevindt, steeds vlak boven de bodem, en kennelijk geheel on-

afhankelijk van de aan- of afwezigheid van het Friese Front. Joordens (1987) acht het meer topografie- dan frontgeïnduceerd, evenals Creutzberg (1985). Niettemin is het mogelijk dat toekomstige produktiemetingen ook een, zij het minder opvallende, produktieverhoging te zien zullen geven in de waterkolom van het overgangsgebied, vergeleken met de aangrenzende gebieden, getuige Fig. III.10.

Aan het westelijke uiteinde van het Front, voor Flamborough Head, troffen Pingree e.a. (1978) in het - daar door hen in de thermocline gevonden - chlorofyl(*a*)-maximum een populatie van voornamelijk kleine diatomeeën *(Leptocylindrus danicus, L. minimus* en enkele andere soorten) en een kleine minderheid van dinoflagellaten.

Specifiek onderzoek naar zoöplankton in/nabij het Friese Front is ten tijde van het schrijven van dit rapport niet bekend. De verwachting is echter, dat ook dit er abundant zal zijn, gezien de zeer gunstige voedselomstandigheden.

Centrale Noordzee
(Oestergronden en Doggersbank)

In de centrale (en noordelijke) Noordzee beïnvloedt de zomerse thermocline doorslaggevend het nutriënten- en planktonbeeld. Vanaf het moment in de lente dat deze gevestigd is (van jaar tot jaar verschillend o.i.v. het weer; Dietrich, 1950) begint in de deklaag een voortschrijdende uitputting van nutriënten: dode organismen zinken door de spronglaag heen en nemen vastgelegde nutriënten mee naar het sub-thermocliene water, waar ze weer vrijgemineraliseerd worden. Behoudens incidentele verstoringen, zullen die onthouden blijven aan het fytoplankton daarboven tot de herfstmenging van september/oktober de scheiding weer ongedaan maakt. Deze zomer-verarming stelt de belangrijkste randvoorwaarde aan het regionale plankton.

De fytoplanktonsuccessie begint (na de overschrijding van de lichtdrempel, enkele weken later dan in het zuiden) met de bloei van diatomeeën, die in een korte, hoge piek het water van de juist ontstane deklaag van silicaat ontdoen. Zij worden opgevolgd door de microflagellaten, die de overige nutriënten (stikstof en fosfor) uitputten in de loop van de zomer. Grote bloeien ontstaan hierbij niet, waarschijnlijk o.i.v. nutriëntenschaarste en begrazing. In de nazomer gaan populaties domineren (af en toe bloeiend) van grote, vertikaal migrerende dinoflagellaten als *Ceratium spp.* (Reid e.a., 1987). Deze pendelen dagelijks tussen de nutriëntenrijke diepte en het lichtrijke oppervlaktewater, en worden waarschijnlijk weinig begraasd (ze hebben stekels en een cellulosepantser, en sommige soorten scheiden zoöplankton afstotende exudaten uit). Tenslotte erodeert de thermocline en piekt er nog een herfstgroei met grote diatomeeën, voordat het groeiseizoen door lichtschaarste beëindigd wordt (Tett & Mills, in prep.).

Wat betreft de zoöplankton-zonering stelt Adams (1983) dat de centrale Noordzee een gebied is waar, door de gelaagde hydrografie, een overlap in stand wordt gehouden tussen enkele biogeografische groepen uit het zoöplankton, elk gebonden aan een typisch onderdeel van het gebied:
—'Southern Intermediate Species' (Colebrook, 1964) als de cladoceer *Podon intermedius* en de copepode *Corycaeus anglicus* (die in de zomer in het warme gemengde water van de Zuidelijke Bocht te vinden zijn) in de warme bovenlaag van het gelaagde Centrale-Noordzeewater;
—'Northern Intermediate Species' (id.) als *Calanus finmarchicus* en *Sagitta elegans* (typisch voor de zee ten noorden van de Doggersbank in het relatief koude water onder de spronglaag in de centrale Noordzee;
—'Oceanic Species' aangevoerd in bijzondere stromingen hetzij uit het Kanaal (zoals de schijfkwal *Pelagia noctiluca*; van der Baan, 1967) hetzij via de noordelijke aanvoerroute (Fraser, 1965).

In een produktie-onderzoek middelden Colebrook & Robinson (1965) de jaarcurves van fytoplankton (arbitraire kleureenheden op de gazen van de Continuous Plankton Recorder (CPR; beschreven in III.2.3)) en van aantallen copepoden over de Noordzee, die daartoe onderverdeeld werd in enkele gebieden (Fig. III.11). De Nederlandse sector van de Noordzee valt voor het grootste deel samen met deelgebied D1, en ligt gedeeltelijk in C1 en C2. Het fytoplankton van de Nederlandse sector van de Noordzee vertoont de van de zuidelijke Noordzee bekende dalende gebergtevorm in zijn jaarcurve; waarschijnlijk beginnend op het Front, gaat deze curve noordwaarts geleidelijk over in een vorm met een lente- en een herfsttop van vergelijkbare grootte, en een gepronoceerder zomerminimum (vgl. Fransz & Gieskes, 1984). De jaarcurve van het zoöplankton in de open wateren verandert weinig van vorm over het gebied, wordt alleen noordwaarts iets hoger, en weerspiegelt zo de in die richting toenemende efficiëntie van de begrazing van de primaire produktie door herbivoor zoöplankton (35-50%; Baars & Fransz, 1984). Deze auteurs stellen dat de primaire produkten in het centrale Noordzeegebied in een 1:1:1 ratio geconsumeerd worden door herbivoor zoöplankton, microheterotrofen en benthos, tussen mei en september.

Bij dit alles moet worden opgemerkt dat de CPR alleen het water op 10 m diep bemonstert; noord van het Front is dit alleen representatief voor de (windgemengde) deklaag. De meeste planktonbiomassa bevindt zich daar waarschijnlijk op grotere diepte, en wel rond de thermocline op 20-25 m diepte (hiervan is overigens het water recht boven de Doggersbank

uitgezonderd; daar is de menging ook 's zomers door en door; Dietrich, 1950). Het dinoflagellatengenus *Ceratium*, waarschijnlijk het meest abundante van alle geslachten in de Noordzee, is in de spronglaag de hele zomer zeer talrijk.

III.2.3. LANGE TERMIJN TRENDS

De Continuous Plankton Recorder (CPR) is een achter schepen bevestigde 'bandrecorder', die op voortdurend afdraaiende rollen planktongaas (maaswijdte 0.27 mm) een opname maakt van de doorgevaren watermassa's. De mate van groenkleuring van het gaas is gebruikt om er trends in de (grotere klassen van) het fytoplankton aan af te lezen, zowel per seizoen als meerjarig. Ook zoöplankton wordt zo verzameld en bestudeerd (Dickson e.a., 1988; Colebrook, 1985, 1986). In de gehele Noordzee en noordoostelijke Atlantische Oceaan is een gestaag neerwaartse trend in het zoöplankton aangetoond tussen ongeveer 1950 en 1980 (Dickson e.a., 1988). Deze periode van neergang werd verder gekenmerkt door:
—afname van de diatomeeëndichtheid in de gehele Noordzee;
—een later op gang komen van het fytoplanktongroeiseizoen in het gehele gebied;
—(toch) een toename van fytoplankton-kleur in de Noordzee ten zuiden van 55°N en de Atlantische Oceaan over dezelfde breedte.

Als verklaring voeren Dickson e.a. (1988) een blijvende verandering aan in de atmosferische circulatie, tot uiting komend in toenemende noordelijke luchtstroming over de noordoost-Atlantische Oceaan en Noordzee. De resulterende sterkere menging over de kolom vertraagde het totstandkomen van de voorjaarsbloei, verkortte het groeiseizoen en verminderde zo de algenproduktie; daardoor zou ook de zoöplanktonproduktie afgenomen zijn. Een herstel van de zoöplanktonproduktie lijkt sinds 1980 op te treden (Colebrook, 1986). Sinds *ca.* 1986 lijkt ook de genoemde diatomeeëntrend te zijn gekeerd, althans in de centrale en noordelijke Noordzee (Reid e.a., in press). De discrepantie in het gebied ten zuiden van 55°N tussen trends in diatomeeën en fytoplanktonkleur is alleen voor het continentaal kustgebied verklaard (Lancelot e.a., 1987; zie ook Berg & Radach, 1985). De sterke toename in duur en aantal van de *Phaeocystis*-bloeien daar moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan eutrofiëring: het verhogen van de nutriëntenvracht in kustwateren en hun bodems via antropogene bijdragen vanaf het land.

Samenvattend kan gesteld worden dat er belangrijke lange-termijnveranderingen op grote schaal zijn aangetoond in het plankton van de Noordzee, maar zij zijn voor het grootste deel in verband gebracht met klimaatveranderingen in het gebied; slechts in het continentale kustgebied zijn direkte trends als gevolg van toegenomen belasting met antropogene nutriënten aannemelijk gemaakt.

III.2.4. CONCLUSIE

Ten aanzien van het belang van plankton voor ecologische zonering van de Nederlandse sector van de Noordzee en voor het instellen van beschermde gebieden kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt.

De produktie van fytoplankton, de basale schakel in elke mariene voedselketen, is een integratie van abiotische faktoren als licht, helder-/troebelheid en nutriëntenconcentraties. De planktonzonering valt samen met de indeling in watermassa's (zie Fig. III.1). De veranderlijkheid in de ligging der watermassa's geldt tevens voor de planktonzones. Deze veranderlijkheid maakt de planktonzonering ongeschikt als basis voor een gebiedskeuze; bovendien wordt de invloed van menselijke activiteiten op het voorkomen van planktonsoorten nog te weinig begrepen om het gevolg van ingrepen op dat niveau adekwaat te kunnen voorspellen.

Landinvloeden als vervuiling en nutriëntenverrijking (eutrofiëring) werken via het fytoplankton in op de gemeenschap als geheel; dit geldt vooral in het Continentale Kustwater (Fig. III.1). Bij het selecteren van te beschermen gebieden moet hiermee rekening gehouden worden, waarmee niet gezegd wil zijn dat te beschermen gebieden per se buiten deze watermassa gekozen zouden moeten worden. Het verdient echter aanbeveling deze gebieden tevens te kiezen in zones waar deze antropogene invloeden zo min mogelijk spelen.

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.

AKEN, H.M. VAN, 1986. The onset of seasonal stratification in shelf seas due to differential advection in the presence of a salinity gradient. Cont. Shelf Res. **5**: 475-485.

AKEN, H.M. VAN, G.J.F. VAN HEIJST & L.M.R. MAAS, 1987. Observations of fronts in the North Sea. J. Mar. Res. **45**: 579-600.

BAAN, S.M. VAN DER, 1967. Invasie van de Parelkwal *Pelagia noctiluca*. De Levende Natuur **70**: 66-71.

BAAN, S.M. VAN DER, 1980a. The seasonal occurrence of scyphomedusae in surface waters near the 'Texel' light vessel. NIOZ Internal Reports, 1980-8, Texel.

BAAN, S.M. VAN DER, 1980b. Hydromedusae in surface water around the 'Texel' light vessel. NIOZ Internal Reports, 1980-1, Texel, Holland.

BAAN, S.M. VAN DER, 1980c. Overzicht macro-plankton onderzoek bij het lichtschip 'Texel', 1961-1966. Int. Versl. NIOZ, 1980-7, Texel.

BAARS, M.A. & H.G. FRANSZ, 1984. Grazing pressure of copepods on the phytoplankton stock of the central North Sea. Neth. J. Sea Res. **18:** 120-142.

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.

BERG, J. & G. RADACH, 1985. Trends in nutrient and phytoplankton concentrations at Helgoland Reede (German Bight) since 1962. ICES C.M. 1985/L : 2.

BILLEN, G., 1976. Etude ecologique des transformations de l'azote dans les sediments marins. Thes Fac. Sci., Universite Libre de Bruxelles, Bruxelles.

CADÉE, G.C., 1985. Macroaggregates of *Emiliana huxleyi* in sediment traps. Mar. Ecol. Progr. Ser. **24:** 193-196.

CADÉE, G.C., 1990a. Planten in zee. In: P. DE WOLF. De Noordzee.

CADÉE, G.C., 1990b. Increase of *Phaeocystis* blooms in the westernmost inlet of the Wadden Sea, The Marsdiep, since 1973. In: H. BARTH. Proceedings EC Workshop on Eutrophication and algal blooms in North Sea coastal zones, the Baltic and adjacent areas. Brussels, 26-28 October 1988.

CADÉE, G.C. & J. HEGEMAN, 1986. Seasonal and annual variation in *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in the westernmost inlet of the Wadden Sea during the 1973 to 1985 period. Neth. J. Sea Res. **20:** 29-36.

COLEBROOK, J.M., 1985. Sea surface temperature and zooplankton, North Sea, 1948 to 1983. J. Cons. int. Explor. Mer **42:** 179-185.

COLEBROOK, J.M., 1986. Environmental influences on long-term variability in marine plankton. Hydrobiologia **142:** 309-325.

COLEBROOK, J.M. & G.A. ROBINSON, 1965. Continuous plankton records: seasonal cycles of phytoplankton and copepods in the northeastern Atlantic and the North Sea. Bull. Mar. Ecol. **5:** 90-97.

COLIJN, F., L. VILLERIUS, M. RADEMAKER, K.D. HAMMER & K. EBERLEIN, 1990. Changes in spatial distribution of primary production, photosynthetic pigments and phytoplankton species composition during two surveys in the German Bight. Neth. J. Sea Res. **25:** 155-164.

CREUTZBERG, F., 1985. A persistent Chlorophyll-*a* maximum coinciding with an enriched benthic zone. 19th EMBS, P.E. Gibbs (ed.). Plymouth, U.K., Cambridge University Press.

CUSHING, D.H., 1973. Productivity of the North Sea. In: E.D. GOLDBERG. North Sea Science. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.: 249-266.

DAAN, R., S.R. GONZALEZ & W. KLEIN BRETELER, 1988. Cannibalism in omnivorous calanoid copepods. Mar. Ecol. Progr. Ser. **47:** 45-54.

DICKSON, R.R., P.M. KELLY, J.M. COLEBROOK, W.S. WOOSTER & D.H. CUSHING, 1988. North winds and production in the eastern north Atlantic. J. Plankt. Res. **10:** 151-169.

DIETRICH, G., 1950. Die natuerlichen Regionen von Nord- und Ostsee auf hydrographischer Grundlage. Kieler Meeresf. **7.**

FRANSZ, H.G., 1977. Productiviteit van zoöplankton in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee. Vakbl. Biol. **17:** 288-291.

FRANSZ, H.G., 1980. Zooplankton development in a patch of juvenile plaice during 26 February - 18 March 1980 in the Southern Bight of the North Sea. ICES. CM 1980/L:72.

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.C. MIGUEL & S.R. GONZALEZ, 1984. Mesozooplankton composition, biomass and vertical distribution and copepod production in the stratified central North Sea. Neth. J. Sea Res. **18:** 82-96.

FRANSZ, H.G., M. OTTEMA & P.A. SEIP, 1978. Abundance and growth of fish larvae during the summer decline of copepod populations in Dutch coastal waters of the North Sea and possible interactions with jellyfish and ctenophores. ICES, C.M. 1978/L:19.

FRANSZ, H.G., J.M. COLEBROOK, J.C. GAMBLE & M. KRAUSE, 1991. Zooplankton. Neth. J. Sea Res. **27.**

FRASER, J.H., 1965. Zooplankton indicator species in the North Sea. Serial Atlas of the Marine Environment. Folio 8. Am. Geogr. Soc.

GIESKES, W.W.C, 1974. Phytoplankton and primary productivity studies in the Southern Bight of the North Sea. eastern part, in 1972. Annales Biologiques, vol. XXIX 1972 (1974).

GIESKES, W.W.C., 1977. Primaire produktie en eutrofiering in de zuidelijke Noordzee. Vakbl. Biol. **57:** 267-270.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1975. The phytoplankton spring bloom in Dutch coatal waters of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **9:** 166-396.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1977. Primary production and consumption of organic matter in the southern North Sea during the spring bloom of 1975. Neth. J. Sea Res. **11:** 146-167.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1983. Dominance of Cryptophyceae during the phytoplankton spring bloom in the central North Sea detected by HPLC analysis of pigments. Mar. Biol. **75:** 179-185.

GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1984. Phytoplankton, its pigments, and primary production at a central North Sea station in May, July and September 1981. Neth. J. Sea Res. **18:** 51-70.

GILLBRICHT, M., 1988. Phytoplankton and nutrients in the Helgoland region. Helgol. Meeresunters. **42:** 435-467.

HAGMEIER, E., 1978. Variations in phytoplankton near Helgoland. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 361-363.

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.

JOORDENS, J., 1987. De fytoplanktonverdeling voor, tijdens en na de vorming van een frontale zone in het zeegebied benoorden de Nederlandse Waddeneilanden. Deelonderzoek van het Friese-Frontprojekt 1986. NIOZ, Texel. Landbouwuniversiteit, Wageningen.

KAT, M., 1982. The sequence of the principal phytoplankton blooms in the Dutch coastal area (1973-1981). ICES C.M. 1982/L:22.

LANCELOT, C. & G. BILLEN, 1984. The activity of heterotrophic bacteria and the coupling to primary production during the spring phytoplankton bloom in the southern Bight of the North Sea. Limnol. Oceanogr. **29:** 721-730.

LANCELOT, C., G. BILLEN, A. SOURNIA, T. WEISSE, F. COLIJN, M.J.W. VELDHUIS, A. DAVIES & P. WASSMAN, 1987. *Phaeocystis* blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. Ambio **16**: 38-46.

LEGENDRE, L., S. DEMERS & D. LEFAIVRE, 1986. Biological production of marine ergoclines. In: Marine interfaces ecohydrodynamics. J.C.J. NIHOUL. Elsevier Oceanography Series 42.

LOUIS, A., J. PETERS, T. RAMBOER & L. VANDERVEKEN, 1974. La vegetation phytoplanctonique de l'Ocean atlantique N-E et la Mer du Nord. University of Louvain: 1-370.

MOMMAERTS, J.-P., 1985. Observation of phytoplankton in the ICES area. Annls. Biol., Copenhagen **39**: 85-89.

NELISSEN, P.H.M & J. STEFELS, 1988. Eutrophication in the North Sea. NIOZ-rapport 1988-4. NIOZ, Texel.

NEWELL, R.C. & E.A.S. LINLEY, 1984. Significance of microheterotrophs in the decomposition of phytoplankton: Estimates of carbon and nitrogen flow based on the biomass of plankton communities. Mar. Ecol Progr. Ser. **16**: 105-119.

NIELSEN, T.G. & K. RICHARDSON, 1989. Food chain structure of the North Sea plankton communities: seasonal variations of the role of the microbial loop. Mar. Ecol. Progr. Ser. **56**: 75-87.

PARSONS, T.R., 1979. Some ecological, experimental and evolutionary aspects of the upwelling ecosystem. South African J. Sci. **75**: 536-540.

PINGREE, R.D., P.M. HOLLIGAN & G.T. MARDELL, 1978. The effects of vertical stability on phytoplankton distributions in the summer on the northwest European Shelf. Deep Sea Res. **25**: 1011-1028.

POSTMA, H., 1978. The nutrient content of North Sea water: changes in recent years, particularly in the Southern Bight. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer **172**: 350-357.

REID, P.C., G.A. ROBINSON & M.G. HUNT, 1987. Spatial and temporal patterns of marine blooms in the North Eastern Atlantic and North Sea from the Continuous Plankton Recorder survey. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **187**: 19-26.

REID, P.C., C. LANCELOT, W.W.C. GIESKES, E. HAGMEIER & G. WEICHART, in press. Phytoplankton of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26.**

TETT, P. & D. MILLS, in prep. The plankton of the North Sea - pelagic ecosystems under stress? North Sea 2000. Heriot-Watt University, Edinburgh.

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.

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

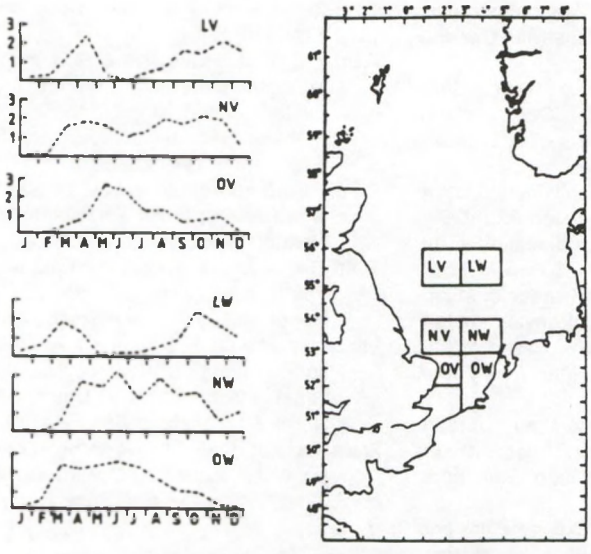


Fig. III.10. Seizoensvariatie in de fytoplankton standing stock op 10 m diepte, gemiddeld over de jaren 1949-1960, in zes deelgebieden van de Noordzee. Eenheden: arbitrair, mate van groenkleuring op gazen van de Continuous Plankton Recorder (uit: Cushing, 1973).

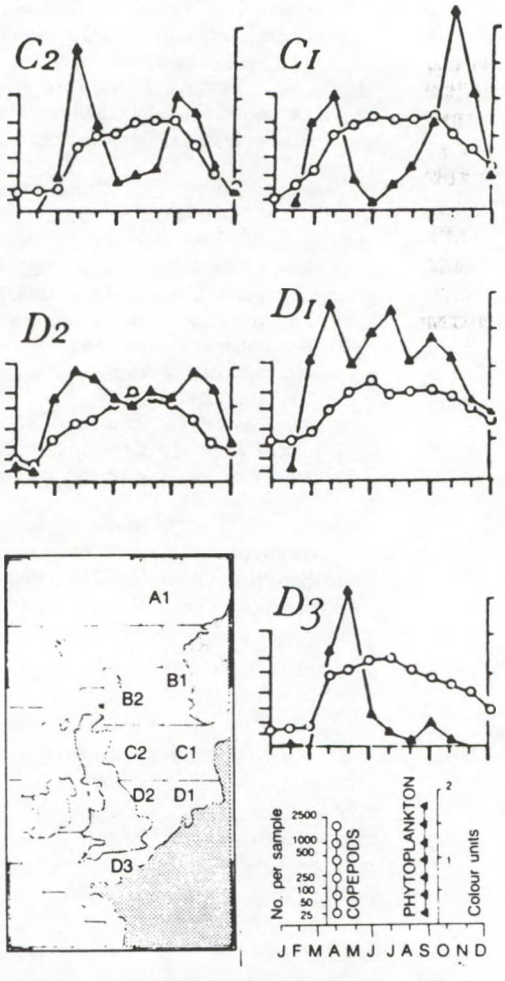


Fig. III.11. Gemiddelde seizoensvariatie (over 1948-1960) van dichtheid van fytoplankton en copepoden in de zg. standard areas (N.B.: ongelijk aan de deelgebieden van Fig. III.10. !) (uit: Colebrook & Robinson, 1965)

III.3. BENTHOS

III.3.1. INLEIDING

De zeebodem biedt huisvesting aan uiteenlopende organismen die in of op het substraat leven, samengevat onder de term benthos. Het benthos kan bestaan uit plantaardige en dierlijke organismen, het zogenaamde fyto- en zoöbenthos. Waar de Noordzee dieper is dan circa 10 m is het fytobenthos van geen belang, omdat op de zeebodem geen of nauwelijks licht doordringt. In deze paragraaf zal alleen het zoöbenthos behandeld worden.

In de praktijk van het onderzoek wordt het Noordzeebenthos in drie groepen onderverdeeld op basis van lichaamsgrootte. Tot de 'macrofauna' behoren de organismen die groter zijn dan 1 mm. De 'meiofauna' bestaat uit de dieren kleiner dan 1 mm maar groter dan 0,05 mm. Dieren met nog kleinere afmetingen worden gerekend tot de microfauna. Dit ogenschijnlijk arbitraire criterium van lichaamsgrootte reflecteert essentiële biologische verschillen tussen de groepen. De meeste macrofaunasoorten hebben bijvoorbeeld een planktonisch larvestadium, in tegenstelling tot vrijwel alle meiofaunasoorten, waarvan de levenscycli zich geheel op of in de zeebodem afspelen (de Wilde & Duineveld, 1990).

De indeling van het macrobenthos is gebaseerd op de plaats waar de organismen leven. Dieren die permanent onder het bodemoppervlak in buizen, kokers of ondergrondse gangenstelsels leven, worden infauna genoemd (waaronder wormen, mollusken, maar ook sommige kreeftachtigen en stekelhuidigen), terwijl de op het sediment levende soorten gerekend worden tot de epifauna (bijv. krabben, zeesterren, zeeanemonen). Afhankelijk van de vraag of de organismen hierbij al of niet aan het substraat zijn vastgehecht, wordt gesproken van sessiel of mobiel epifauna. De grens tussen epi- en infauna is niet altijd duidelijk.

Op grond van het type voedselopname kan de macrofauna ingedeeld worden in suspensie-eters (dieren die voedseldeeltjes filtreren uit het water) en sediment-eters (dieren die de voedseldeeltjes opnemen vanaf of uit het sediment). Verder kunnen binnen de macrofauna nog worden onderscheiden: herbivoren (dieren die uitsluitend plantaardig voedsel eten), aaseters (dieren die zich voeden met dode organismen) en carnivoren/predatoren (dieren die andere dierlijke organismen vangen en eten).

III.3.2. MICROBENTHOS

Van het microbenthos in de Noordzee zijn weinig gegevens bekend. Het bestaat uit protozoën en bacteriën als belangrijkste groepen.

Een van de weinige kwantitatieve metingen aan benthische micro-organismen is gedaan in het sediment van de Duitse Bocht waar Hickel en Gunkel in de bovenste 2 cm een maximaal natgewicht vonden van 48 $mg \cdot m^{-2}$ (McIntyre, 1978). Het asvrij drooggewicht van benthische bacteriën werd in de Duitse Bocht nabij Helgoland bepaald op 0,08 tot 1,4 $mg \cdot m^{-2}$ (de Lange & Hummel, 1978). Gegevens over soortensamenstelling in relatie tot sedimenttype ontbreken. In gebieden met toenemend slibgehalte neemt de biomassa van bacteriën over het algemeen toe, die van protozoën juist af (van Duyl, NIOZ, mond. meded.).

Het microbenthos voedt zich met detritus en microörganismen, en wordt gegeten door de andere benthische diergroepen.

III.3.3. MEIOBENTHOS

Het meiobenthos, bestaande uit nematoden, kleine crustaceeën en protozoën, vormt een belangrijke groep binnen het benthische ecosysteem. Hoewel de organismen een lage totale biomassa bezitten in vergelijking met het macrobenthos, hebben ze een tot 5 maal zo hoge metabolische activiteit (Gerlach, 1971). Zeitschel & Davies (1978) schrijven 30 tot 45% van de sedimentrespiratie toe aan de meio- en microfauna. Volgens McIntyre (1964) kan het meiobenthos dan ook als competitief worden beschouwd voor het macrobenthos.

Meiobenthospopulaties zijn in dichtheid zeer stabiel vanwege een zeer regelmatige aanwas van individuen (McIntyre, 1964). Gerlach (1971) noemt generaliserend een gemiddelde van 3 generaties per jaar.

Het voedsel van het meiobenthos bestaat uit algen, micro- en meiobenthossoorten. Het meiobenthos wordt gegeten door vislarven, juveniele vis, Hydrozoa, nematoden en macrobenthos (de Lange & Hummel, 1978).

Zonering

Uit de ICES Synoptic Mapping Program gegevens blijkt dat in het onderzochte gedeelte van de Noordzee (tot 58°NB) de nematoden zonder uitzondering de dominante groep in de meiofauna zijn. Dichtheden nematoden variëren van 60 tot 5.000 $ind \cdot cm^{-2}$. Numeriek worden de gemeenschappen voor 70-79% gedomineerd door nematoden (Groenewold & van Scheppingen, 1990; Govaere e.a., 1980; de Wilde e.a., 1984). Na nematoden komen harpacticoide copepoden, Turbellaria, of in enkele gevallen Gastrotricha in dominantie op een tweede plaats. Andere taxa zijn in vergelijking met deze groepen ver in de minderheid (Huys e.a., 1990).

De voornaamste uitzondering op de absolute dominantie van de nematoden vormt de Zuidelijke

Bocht, waar de nematoden slechts in lage dichtheden voorkomen (zie Fig. III.12). In dit gebied nemen de andere taxa een relatief belangrijke positie in. Harpacticoiden bereiken soms dezelfde dichtheden als nematoden en zijn zelfs de dominante groep op enkele stations. In de centrale Zuidelijke Bocht leidt dit volgens Huys e.a. (1990) tot een gespecialiseerde, voor de Noordzee unieke meiofaunasamenstelling met een voorname rol voor interstitieel (tussen de sedimentkorrels) voorkomende copepoden. Momenteel is voor de copepoden in de gehele Noordzee een clusterindeling bekend op basis van de soortensamenstelling op de stations van de Synoptic Mapping (Huys e.a., 1990). Deze onderscheidt 5 clusters waarvan er 3 worden aangetroffen in de Nederlandse sector van de Noordzee (zie Fig. III.13).

Door Heip e.a. (in press) wordt gewezen op de weinig gedetailleerde kennis van de meiofauna van de gehele Noordzee, waarop de Zuidelijke Bocht, en met name de Nederlandse kustzone, een positieve uitzondering vormt. De in de kustzone gevonden dichtheden lopen uiteen. Govaere e.a. (1980) geven voor de zuidelijke regio een afnemende dichtheid van kust naar open zee ($1{,}1 \cdot 10^6$ naar $0{,}8 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}), waarbij de soortenrijkdom toeneemt (het totale aantal soorten dat aangetroffen werd in kust-, overgangs- en open-zeezone was resp. 10, 31 en 54).

Uit Groenewold & van Scheppingen (1990) blijkt dat langs de gehele Nederlandse kust (met uitzondering van een 'gat' ter hoogte van Texel en Vlieland) de dichtheden in een direkt aan de kust grenzende zone (0 tot 12 km) het hoogst zijn (over het algemeen hoger dan $2 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}). Vanaf de kust naar zee nemen deze dichtheden af (aantallen tot $1{,}5 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}), waarna incidenteel hogere dichtheden worden aangetroffen ($1{,}5 \cdot 10^6$ - $2 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}). Met cluster-analyse werden 4 clusters onderscheiden, waarvan de ruimtelijke verdeling globaal is weergegeven in Fig. III.14. Opvallend is een vrij smalle (12 km) strook langs de Hollandse kust en ten noorden van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog, gevormd door cluster 4 (soortenarm/individuenrijk). Buiten deze smalle zone wordt het gebied noordelijk van de Waddeneilanden voornamelijk gekenmerkt door cluster 3 (vrij soortenarm met een voorname rol van Gastrotricha naast de nematoden). Het gebied ten westen van Texel en Vlieland is soortenrijker. Ten westen van Nederland kan een gebied onderscheiden worden gekenmerkt door een mozaïekpatroon van de clusters 1, 2 en 3. De clusters 1 en 2 hebben een relatief hoge diversiteit; cluster 2 heeft lage dichtheden met een voorname rol van de groep Gastrotricha, cluster 1 heeft hogere dichtheden dan cluster 2, maar lager dan cluster 4, waarbij de groep copepoden goed vertegenwoordigd is. Groenewold & van Scheppingen (1990) vonden een significant negatieve correlatie tussen dichtheden meiobenthos en macrobenthos in de kustzone. Tussen soortenrijkdom van het meiobenthos en korrelgrootte werd een positieve correlatie gevonden.

In het centrale Oestergrondengebied vonden de Wilde e.a. (1984) hoge dichtheden meiobenthos, namelijk $2{,}1 \cdot 10^6$ - $2{,}8 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}. Aan de noordelijke en zuidelijke grenzen van het gebied (tegen de Doggersbank resp. in het Friese Front gebied) werden nog hogere dichtheden gemeten, resp. gemiddeld $4{,}2 \cdot 10^6$ en $3{,}7 \cdot 10^6$ ind$\cdot$m^{-2}.

Voor de Oestergronden als geheel werd door de Wilde e.a. (1984) een biomassa berekend van 0,3 gC$\cdot$m^{-2}, gebaseerd op een vrij grove interpolatie. Heip e.a. (1983) geven voor de open-zeezone van de Zuidelijke Bocht een standing stock van 0,7 gC$\cdot$m^{-2}.

III.3.4. MACROBENTHISCHE INFAUNA

De macrobenthische infauna - in deze sectie verder genoemd 'macrobenthos' - bestaat voornamelijk uit polychaeten, mollusken, echinodermen en crustaceeën en vormt qua biomassa en secundaire produktie de belangrijkste groep van het zoöbenthos.

Zonering

Gegevens over zonering van macrobenthos in de gehele Noordzee zijn recentelijk beschikbaar gekomen vanuit het ICES 'Benthic Mapping Program' uitgevoerd in 1986. Met het grootschalige bemonsteringsprogramma werd in zeer korte tijd (2 maanden) de gehele Noordzeebodem bemonsterd, waarna de macrofauna in kaart kon worden gebracht.

Künitzer (1990) maakte m.b.v. het TWINSPAN-programma een indeling van het macrobenthos op basis van soortensamenstelling. Hieruit bleek dat het Noordzeebenthos in 3 benthische zones kan worden onderverdeeld. De grenzen tussen deze zones blijken nagenoeg samen te vallen met de grenzen tussen de 3 zgn. étages van Glémarec (1973) (zie III.2) waarin de watermassa's van de Noordzee op basis van temperatuurkarakteristieken konden worden onderscheiden. Het gebied ten noorden van de 80-100 m helling (ter hoogte van de 59^e breedtegraad) wordt gekarakteriseerd door het voorkomen van uitsluitend typische koudwatersoorten. Het gebied ten zuiden van de 50 m isobath wordt gekarakteriseerd door het voorkomen van uitsluitend warmwatersoorten. Het derde gebied ligt tussen de bovengenoemde gebieden in en bevat zowel warm- als koudwatersoorten.

De verspreiding van macrobenthos op de Noordzee wordt bepaald door temperatuur, waarbij locaal ook diepte en voedselaanbod een rol kunnen spelen, en sedimentsamenstelling (Künitzer, 1990). Vooral deze laatste factor wordt door vele auteurs als zeer belangrijk beschouwd (Jones, 1950; Glémarec, 1973; Govaere e.a., 1980; Salzwedel e.a., 1985; Eleftheriou & Basford, 1989 en Duineveld e.a., 1990). Voor de

Nederlandse sector van de Noordzee, die geheel gelegen is in de Infralittorale étage van Glémarec, speelt de temperatuur een ondergeschikte rol. Het voorkomen van de soorten wordt hier bepaald door sedimentsamenstelling, voedselaanbod en diepte. Vele soorten van alle taxonomische groepen komen uitsluitend in bepaalde typen sediment voor (Künitzer, 1990). Het aantal soorten per station in de Zuidelijke Bocht is lager dan in het noordelijke deel in de Nederlandse sector (Fig. III.15); de totale biomassa is hoger in fijnere sedimenten (Oestergronden) en het hoogst in extreme sedimentatiegebieden zoals het Friese Front gebied en benoorden de Doggersbank (Fig. III.16). Van alle soorten macrobenthos die de Noordzee kent (soorten van de Noorse Geul niet meegerekend) komt zo'n 40% voor op de Nederlandse sector van de Noordzee (de Wilde, mond. meded.). Vanwege het vrijwel uitsluitend voorkomen van 'warmwatersoorten' hebben de bodemgemeenschappen in de Nederlandse sector van de Noordzee ten opzichte van de andere Noordzeesectoren echter een unieke samenstelling.

Fig. III.17 geeft een indruk van de ligging van de verschillende bodemgemeenschappen in de Nederlandse sector van de Noordzee. Deze figuur is samengesteld uit een globale indeling van de Nederlandse sector in benthische aandachtsgebieden (Duursma e.a., 1987) en een clusterindeling van de macrobenthische infauna (zie ook Tabellen III.1 en III.2) (Duineveld e.a., 1990). Fig. III.17 is een goed uitgangspunt voor een meer gedetailleerde beschrijving van het macrobenthos van de Nederlandse sector van de Noordzee.

Zuidelijke Bocht en kustzone

Het macrobenthos van de Zuidelijke Bocht is, op een 65 km brede kuststrook na, weinig gedetailleerd beschreven. In het algemeen wordt de benthische fauna van dit zandige sediment gekarakteriseerd als een *Venus gallina*-gemeenschap (Govaere e.a., 1980; Kingston & Rachor, 1982; Cadée, 1984; Creutzberg e.a., 1984), waarbij de kustzone zich onderscheidt als een 'boreal shallow sand association' volgens Jones (in Govaere e.a., 1980; Groenewold & van Scheppingen, 1988). Het gehele gebied is vrij grofmazig bemonsterd tijdens de Synoptic Mapping expeditie (zie Duineveld e.a., 1990). Hierbij werden vrij lage biomassa's gevonden van 1 tot 10 g AFDW·m^2 met enkele uitschieters op de Vlielandgronden (10 tot 20 g AFDW·m^2) en in het Noordwestelijk gebied (15 tot 21 g AFDW·m^2) (Fig. III.16).

Een (*ca.* 65 km) brede strook langs de kust is vrij gedetailleerd beschreven door Govaere e.a. (1980), die het zuidelijk deel (ten westen van de Zeeuwse eilanden) bemonsterden, en door Groenewold & van Scheppingen (1988, 1990) die het noordelijk deel, van Hoek van Holland tot Rottumerplaat, beschrijven.

Door Govaere e.a. (1980) wordt een onderscheid gemaakt in een kustzone en een verder van de kust gelegen zone, waartussen zich een overgangsgebied bevindt. Zo'n overgangsgebied heeft geen duidelijke grenzen en draagt de kenmerken van beide zones (van Scheppingen, RWS/DGW, mond. meded.) In de richting van kust naar open zee vindt een toename van diversiteit plaats, evenals een toename van biomassa (van 1,46 ± 0,78 tot 2,12 ± 0,37 g AFDW·m^{-2}), waarbij de hoogste gemiddelde biomassa werd gemeten in de vrij heterogene overgangszone (2,74 ± 1,45 g AFDW·m^{-2}) (Govaere e.a., 1980). Opgemerkt moet worden dat de gegeven biomassa-waarden gebaseerd zijn op monsters genomen met een Van Veenhapper. Boxcorer-waarden liggen doorgaans een factor 2 hoger. Een dergelijke correctie brengt de waarden voor dit gebied in overeenstemming met de gegevens van de Synoptic Mapping (zie Duineveld e.a, 1990).

De door Groenewold & van Scheppingen (1990) beschreven strook langs de Nederlandse kust werd met TWINSPAN verdeeld in 4 clusters die als volgt worden beschreven (Fig. III.18):

—westelijk offshore-gebied, relatief arm, weinig soorten per monster (gemiddeld 13 soorten), lage gemiddelde dichtheid (826 ind·m^{-2}) en lage biomassa (6,6 g AFDW·m^{-2}).

—westelijke overgangszone tussen het kustgebied en het offshore-gebied. Iets rijker dan de offshorezone. Meer soorten per monster (gemiddeld 15 soorten), grotere dichtheden (1171 ind·m^{-2}), en hogere biomassa (12,5 g AFDW·m^{-2}).

—een offshore-gebied ten noorden van de eilanden Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog, rijk aan soorten (gemiddeld 23 soorten per monster), grote dichtheden (3300 ind·m^{-2}) en hoge biomassa (17,6 g AFDW·m^{-2}).

—de smalle zone langs de kust (tot max. 5 à 10 km uit de kust), op een 'gat' ter hoogte van Texel na. Deze kustzone heeft van alle clusters de hoogste dichtheden (4232 ind·m^{-2}) en biomassa (53,3 g AFDW·m^{-2}). Ook is er een hoog gemiddeld aantal soorten per monster (21).

In Fig. III.18 is een collage gemaakt van de Zuidelijke Bocht en het Nederlandse kustgebied waarin de biomassagegevens van de verschillende auteurs zijn weergegeven.

Oestergronden

De Oestergronden zijn rijk aan bodemorganismen, welke als geheel zijn te karakteriseren als een '*Amphiura*'-gemeenschap (Creutzberg & Postma, 1979; Cadée, 1984; de Wilde e.a, 1984, Duineveld e.a., 1990), karakteristiek voor slibrijke substraten. Door de Wilde en collega's wordt een onderscheid gemaakt in soorten van de centrale Oestergronden en van het noordwestelijk deel, waar met name een andere *Amphiura*-soort en kleine bivalven worden aan-

getroffen. De biomassa varieert tussen 6 en 16 g AFDW·m^{-2}, zoals beschreven door Duineveld e.a. (1990). Hogere waarden, van 10 tot 18 g AFDW·m^{-2} worden door de Wilde e.a. (1984) gerapporteerd. Het aantal soorten per station (de totale bemonsterde oppervlakte op een station is 0,3 m^2) loopt uiteen van 40 tot 70 soorten (Duineveld e.a., 1990); in het hele Oestergrondengebied zijn meer dan 100 soorten geregistreerd (de Wilde e.a, 1984). Hiervan kan het burchtenbouwende kreeftje *Calianassa subterranea* als een endemische soort voor de Oestergronden (en het Friese Front gebied) gekarakteriseerd worden (de Wilde, NIOZ, mond. meded.). Verondersteld wordt, dat storingsgevoelige macrobenthossoorten zich in de Oestergronden kunnen handhaven o.a. omdat ze bij waterdiepten van meer dan 30 m tegen stormeffecten beschermd zijn (Creutzberg & Postma, 1979; Heip e.a., in press).

In de Oestergronden is de metabolische activiteit met behulp van zuurstofmetingen bestudeerd door de Wilde e.a. (1984). De jaarlijkse secundaire productie wordt in dit gebied berekend op minstens 46 gC·m^{-2}. Dit is vrij hoog in vergelijking met de produkties berekend voor de kustzone en voor de rest van de Zuidelijke Bocht (resp. 11,2 en 3,2 gC·m^{-2}j^{-1}; de Lange & Hummel, 1978). Een verhoogd voedselaanbod als gevolg van sterkere sedimentatie van gesuspendeerd materiaal kan deze relatief hoge produktie mogelijk verklaren (III.1).

Friese Front gebied

Het Friese Front gebied herbergt evenals de centrale Oestergronden een '*Amphiura filiformis*-gemeenschap', door Creutzberg e.a. (1984) beschreven als een '*E. cordatum-A. filiformis*-gemeenschap'. De biomassa die hier wordt aangetroffen is hoger dan in de rest van de Oestergronden, namelijk 26 g AFDW·m^{-2} (Duineveld e.a., 1990). De Wilde e.a. (1984) vonden 30 tot 35 g AFDW·m^{-2}. Creutzberg e.a. (1984) vonden met een minder efficiënte bemonsteringsapparatuur 13 g AFDW·m^{-2}, maar t.o.v. de Zuidelijke Bocht en Oestergronden eveneens een sterke verhoging van biomassa (Fig. III.19). Hoewel de biomassa in het Friese Front gebied hoger is dan op de Oestergronden, worden er niet meer soorten aangetroffen. Voor enkele soorten (*Tellina fabula, Nucula turgida, Abra alba, Turritella communis* en *Chaetopterus variopedatus*) wordt in het Friese Front gebied een zonering beschreven die gerelateerd lijkt te zijn aan de boven het gebied afnemende stroomsnelheid (Creutzberg e.a., 1984; Creutzberg, 1986).

Klaverbank

De Klaverbank is een opvallend gebied in de Nederlandse sector van de Noordzee, vanwege het hier in grote hoeveelheden aanwezige grind. Deze grindbank die zich kenmerkt door zeer regelmatige Noordwest-Zuidoost georiënteerde grindbanen, herbergt een fauna die qua biomassa (20,1 g AFDW·m^{-2}) en soortenrijkdom (100 aangetroffen soorten) vergelijkbaar is met de naburige Oestergronden. De soorten *Chone duneri* (polychaete worm), *Dosinia exoleta* en *Tellina crassa* (tweekleppige schelpdieren), *Psammechinus miliaris* (echinoderm) en *Branchiostoma lanceolatum* (lancetvis) worden als karakteristieke soorten aangeduid. De fauna wordt wat dichtheid betreft gedomineerd door polychaeten. De biomassa daarentegen wordt voornamelijk (70%) bepaald door de aanwezige mollusken (Sips & Waardenburg, 1989; van Moorsel & Waardenburg, 1990). In het Klaverbankgebied wordt geen 100% begroeiing van het sediment waargenomen, zoals dit bijvoorbeeld op de in de Noordzee gelegen wrakken (ook harde substraten) wel het geval is. Ook de voortdurende aanwezigheid van pioniersoorten als *Tealia felina* (anemoon) en *Psammechinus miliaris* (echinoderm) (Sips & Waardenburg, 1989) lijkt te wijzen op een zekere chronische verstoring. Het voortdurend veranderende ribbelpatroon van de grindafzetting wijst op een grote bodemdynamica (van Moorsel & Waardenburg, 1990). Aangenomen wordt dat het substraat via een 'counter revolving' mechanisme als gevolg van de waterstromingen wordt omgewerkt (Sips & Waardenburg, 1989), waardoor de organismen met een voortdurend veranderend substraat te maken hebben. Blijkbaar zijn ze als gemeenschap met een relatief hoge, stabiele biomassa goed aangepast aan deze situatie. Vanwege het veelvuldig voorkomen van de Noordkromp (*Arctica islandica*) en andere langlevende grote mollusken, zoals *Dosinia exoleta* kan van een nog betrekkelijk ongestoord gebied worden gesproken (de Wilde, NIOZ, mond. meded.). Dit blijkt ook uit de rijke, kwetsbare epifauna van dit gebied (zie III.3.5).

Doggersbank

De macrofauna op de Doggersbank wordt beschreven als een '*Venus gallina*-gemeenschap' (Kingston & Rachor, 1982). De biomassa in dit gebied werd gemeten als 4 tot 10 g AFDW·m^{-2}, met 40 tot 60 soorten per station (Duineveld e.a., 1990). Kröncke (1990b) beperkte zich tot de echinodermen, polychaeten, mollusken en crustaceeën en vond voor Tail End (net buiten de Nederlandse sector van de Noordzee) een soortenaantal van 50 tot 60 per station. Noordelijk van de Doggersbank loopt een helling naar de grotere diepten (60 tot 80 meter) van de centrale Noordzee. De Nederlandse sector van de Noordzee eindigt op deze helling, gekarakteriseerd als een overgangsgebied dat zeer individuenrijk is, maar minder soortenrijk (50 à 60 per station) dan de nog noordelijker gebieden (Duineveld e.a., 1990). De biomassa in deze overgangszone is hoog (rond 30 g AFDW·m^{-2}), de productiviteit relatief laag door het

voorkomen van zware, langlevende dieren, mogelijk als gevolg van de lage boomkorvisserij-intensiteit in dit gebied, zeker gedurende de laatste 10 jaar (Heyman, NIOZ, mond. meded.; Kröncke, 1990a).

III.3.5. MACROBENTHISCHE EPIFAUNA

Evenals bij de infauna blijkt de soortensamenstelling van de epifauna in de Noordzee een verdeling te kennen die relaties vertoont met de indeling van de Noordzee volgens Glémarec (zie Fig. III.20). Uit clusteranalyse van gegevens van het ICES Benthic Mapping Program blijkt dat de epifauna in de zuidelijke Noordzee uit soorten bestaat die noordelijk van de Doggersbank niet worden aangetroffen en vice versa. De Doggersbank is hierbij een overgangsgebied; het TWINSPAN clusterprogramma bepaalde een vrij duidelijke grens aan de noordelijke zijde van de Doggersbank. Soorten die de epifauna ten noorden van deze grens domineren komen slechts plaatselijk voor op de Doggersbank en slechts in zeer kleine aantallen, terwijl 'zuidelijke' soorten, die op de Doggersbank nog talrijk zijn, ten noorden van de grens nog slechts incidenteel voorkomen (Duineveld & van Noort, 1990). De Nederlandse sector van de Noordzee ligt geheel in het zuidelijke gebied en de epifauna die hier wordt aangetroffen is dus verschillend van die van de centrale en noordelijke Noordzee.

De TWINSPAN clusteranalyse geeft een onderverdeling in de Nederlandse sector van de Noordzee zoals weergegeven is in Fig. III.21. De per cluster aangetroffen soorten zijn opgenomen in Tabel III.3. De parameters sedimentsamenstelling en diepte, die in de noordelijke Noordzee bepalend zijn voor de epifaunaverspreiding (Dyer e.a., 1982, uit Duineveld & van Noort, 1990), spelen, hoewel ze wel verantwoordelijk geacht worden voor locale gradiënten, niet dezelfde rol in de Nederlandse sector van de Noordzee. De soortensamenstelling van de ondiepe kustzone is duidelijk anders dan die van de eveneens ondiepe Doggersbank.

Op en ten noorden van de Doggersbank wordt de biomassa bepaald door met name sessiele dieren. Deze komen hier in grote aantallen voor, waarschijnlijk door de lage intensiteit van de boomkorvisserij in deze regio (Duineveld & van Noort, 1990). Dit wordt geïllustreerd met de verspreiding van anemonen, koralen, manteldieren en sponzen, die in hoge aantallen voorkomen op en ten noorden van de Doggersbank (Duineveld & van Noort, 1990; Tabel III.3). Eenzelfde ongestoorde situatie doet zich overigens voor op de Klaverbank, waar Hydrozoa (poliepen), Bryozoa (mosdieren) en Serpulida (kalkkokerwormen) veelvuldig voorkomen (Eisma e.a., 1979).

Ten zuiden van de Doggersbank wordt de biomassa gedomineerd door echinodermen. Hierbij bepaalt de zeester (*Asterias rubens*) voor een groot deel de biomassa in het kustgebied, terwijl de slangster (*Ophiura albida*) qua biomassa dominant is op de Oestergronden (Duineveld & van Noort, 1990). De rol van het Friese Front gebied in de verspreiding van de epifaunasoorten wordt geïllustreerd door Tabel III.4. Hieruit blijkt de verhoogde dichtheid van met name de kreeftachtigen in dit gebied (de garnaal *Crangon almanni* en de zwemkrab *Macropipus holsatus)*. De garnaal (*Crangon crangon*) komt zeer kustgebonden voor en de dichtheden gaande vanaf de kust nemen zeer snel af met toenemende diepte (zie ook Tabel III.3). Dichtheden van 4 te onderscheiden garnalenpopulaties langs de kust kunnen van jaar tot jaar sterk wisselen, met name onder invloed van sterk wisselende dichtheden van de predatoren, zoals wijting en kabeljauw (Boddeke, 1989).

De biomassa van de epibenthische evertebraten is hoog rond de Doggersbank, in de zuidelijke Oestergronden (Friese Front gebied) en langs de Nederlandse kust. De biomassa is daarentegen laag op de centrale Oestergronden en de ondiepe gedeelten van de Doggersbank (Fig. III.22). Epifaunasoorten zijn meestal predatoren en voeden zich met macrobenthossoorten. Toch is de biomassaverspreiding van de epifauna niet in overeenstemming met die van de infauna zoals op grond van de predator-prooirelatie verwacht zou worden. Dit is met name te verklaren met de eenzijdige verspreiding van sessiele, niet rovende soorten in het noordelijke gebied. Ook speelt hierbij de verspreiding van zware echinoderme macrobenthossoorten in de Zuidelijke Bocht een rol. Deze zijn te groot om te worden gegeten door het epifauna, maar zijn dominant in de locale biomassa van de macrofauna (Duineveld & van Noort, 1990).

III.3.6. LANGE TERMIJN TRENDS

De direkte invloed van grootschalige veranderingen van het zeemilieu (eutrofiëring, verontreiniging met PCB's en/of zware metalen, saliniteit- of temperatuurveranderingen) kunnen na enige tijd verschuivingen in de benthische samenstelling veroorzaken. Deze invloeden kunnen pas worden waargenomen als men beschikt over referentiewaarnemingen. Veranderingen in de vorm van een toename van de totale biomassa gepaard aan een verschuiving in soortensamenstelling worden in een aantal gevallen toegeschreven aan eutrofiëring (Duineveld e.a., 1987; Pearson e.a., 1985; Rosenberg e.a., 1987; Salzwedel e.a., 1985). In het algemeen wordt organische verrijking in een gebied geassocieerd met hoge dichtheden en biomassa's van polychaeten (Rosenberg e.a., 1987). Rachor (1990) vermeldt een toename van 50% aan macrofaunabiomassa in de Duitse Bocht tussen 1924 en 1984, vooral als gevolg van toegenomen aantallen polychaeten en mollusken. Duineveld e.a.

(1987) opperen de theorie dat de toename van *Amphiura* sp. en *Chaetopterus variopedatus* in de zuidelijke Noordzee, in zowel aantallen als biomassa ten opzichte van de vijftiger jaren, juist bij deze suspensie-eters tot uiting komt, omdat deze als eerste kunnen profiteren van een toegenomen voedselaanbod. Het effect van eutrofiëring is volgens Rosenberg e.a. (1987) tevens afhankelijk van de zuurstofconcentratie die nabij de bodem ontstaat. Na een daling van de zuurstofconcentratie treedt veelal een toename op van het aantal opportunistische soorten. Deze effecten van eutrofiëring treden vrijwel uitsluitend in de kustzone op.

In het benthos van de Doggersbank (Tail End) vond Kröncke (1990a) t.o.v. een benthosbemonstering in de 50-er jaren een verandering in soortensamenstelling, waarbij carnivore organismen waren toegenomen, sediment-eters afgenomen en suspensie-eters in dichtheid gelijk waren gebleven. Bovendien werd onder de mollusken een toename geconstateerd van het aantal opportunistische soorten en een afname van de langlevende soorten.

Een aantal van de bovengenoemde verschuivingen in soortensamenstelling kan ook aan de gedurende de laatste decennia sterk toegenomen bodemtrawlvisserij worden toegeschreven. Lange termijn trends in voorkomen van langlevende soorten zijn echter nauwelijks gedocumenteerd. Duidelijke aanwijzingen voor het verdwijnen of sterk verminderd voorkomen van een aantal soorten zijn uit NIOZ-waarnemingen bekend (Swennen, de Wilde, NIOZ, mond. meded.) en worden in verband gebracht met de sterk toegenomen bodemtrawlvisserij in de Nederlandse sector van de Noordzee. De oester (*Ostrea edulis*) blijkt na de 50-er jaren door bevissing sterk te zijn afgenomen en komt in de Nederlandse sector van de Noordzee en in de Duitse Bocht niet meer voor (Reise & Schubert, 1987). De paardemossel *Modiolus modiolus* en andere grote tweekleppigen als *Dosinia exoleta* en *Glycymeris glycymeris* zijn sterk in aantal achteruitgegaan in de Nederlandse sector van de Noordzee, zeker in de kustzone tot het Friese Front gebied. De Noordhoorn, een tot de epifauna behorende grote slak (*Neptunea antiqua*) wordt in de zuidelijke Noordzee veel minder vaak waargenomen dan enkele decennia geleden, evenals grote, langlevende mollusken zoals de Noordkromp (*Arctica islandica*) die in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee weinig meer wordt aangetroffen (de Wilde, mond. meded.). Sterke vermoedens bestaan dat de noordkromp, die pas na *ca.* 10 jaar tot voortplanting komt, in de Nederlandse sector van de Noordzee een sterk gewijzigde populatie-opbouw kent (Witbaard e.a., 1990). Er bestaan aanwijzingen dat ook koralen als de dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) en sponzen als de broodspons (*Halichondria panicea*) in de zuidelijke Noordzee in aantal zijn verminderd. Opvallend is het in het ICES Benthic Mapping programma (1986) nagenoeg ontbreken van koralen en anemonen ten zuiden van de Doggersbank (Duineveld & van Noort, 1990), uitgezonderd het massaal voorkomen van anemonen op scheepswrakken (tot 280 g AFDW·m^{-2}) (Waardenburg, 1987). De inktvis *Sepia officinalis* (de zeekat), een mollusk die aan de bodem gehechte eieren produceert, blijkt de laatste tientallen jaren sterk in aantal te zijn afgenomen (Swennen, de Wilde, NIOZ, mond. meded.). Vermeld moet hier ook worden de zeekreeft (*Homarus gammarus*) die in de loop van deze eeuw door overbevissing in de kustzone sterk in aantal is achteruitgegaan (Bergman 1989).

LITERATUUR

Boddeke, R., 1989. Beschrijving van de populaties van de garnaal (*Crangon crangon* L.) langs de Nederlandse kust en in de estuaria. Ecoprofiel NW3 Natuur. RWS.

Bergman, M.J.N., 1989. Ecologisch profiel van de zeekreeft. In: Ecologisch profiel vissen. RWS-DGW: pp: 10.

Cadée, G.C., 1984. Macrobenthos and macrobenthic remains on the Oyster Ground, North Sea. Neth. J. Sea Res. **18:** 160- 178.

Creutzberg, F. 1986. Distribution patterns of two bivalve species (*Nucula turgida, Tellina fabula*) along a frontal system in the Southern North Sea. Neth. J. Sea Res. **20:** 305-311.

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 the bottom characteristics and hydrographic conditions. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer **183:** 101-110.

Duineveld, G.C.A., A. Künitzer & R.P. Heyman, 1987. *Amphiura filiformis* (Ophiuroidea: Echinodermata) in the North Sea. Distribution, present and former abundance and size composition. Neth. J. Sea Res. **21:** 317-329.

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., 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.

Duursma, E.K., J.J. Beukema, G.C. Cadée, H.J. Lindeboom & P.A.W.J. de Wilde, 1988. Assessment of environmental impact of nutrients. In: P.J. Newman & A.R. Egg. Environmental protection of the North Sea. WRC Int. Conf., Heinemann Prof. Publish. Ltd. Oxford: 176-188.

Eisma, D., J.H.F. Jansen & T.J.C.E. van Weering, 1979. Sea-floor morphology and recent sediment movement in the North Sea. In: E. Oele, R.T.E. Schuttenhelm

8 A.J. Wiffers. The quaternary history of the North Sea, 217-231. Acta Univ. Ups. Symp. Univ. Ups. Annum Quingentesimum Celebrantis:2, Uppsala. ISBN 91-554-0495-2.

ELEFTHERIOU, A. & D.J. BASFORD, 1989. The macrobenthic infauna of the offshore northern North Sea. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. **69:** 123-143.

GEE, A. DE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER, in press. Het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oestergronden. NIOZ rapport

GERLACH, S.A., 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. Oecologia (Berl.) **6:** 176-190.

GLÉMAREC, M., 1973. The benthic communities of the European North Atlantic shelf. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. **11:** 263-289.

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, 1988. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de Zuidelijke Noordzee. Milzon-rapport nr. 2. DNZ, DGW-Rijkswaterstaat.

GROENEWOLD, A. & Y. VAN SCHEPPINGEN, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de Zuidelijke Noordzee. De kustzone van Nederland, 1988 en 1989. CONCEPT Milzon-rapport DGW, DNZ- Rijkswaterstaat.

HEIP, C., R. HERMAN & M. VINCX, 1983. Subtidal meiofauna of the North Sea: a review. Biol. Jb. Dodonaea **51:** 116-170.

HEIP, C., R. HUYS, M. VINCX, A. VANREUSEL, N. SMOL, R. HERMAN & P.M.J. HERMAN, in press. Composition, distribution, biomass and production of North Sea Meiofauna. Neth. J. Sea Res.

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.

JONES, N.S., 1950. Marine bottom communities. Biol. Rev. **25:** 283-313.

KINGSTON, P.F. & E. RACHOR, 1982. North Sea level bottom communities. ICES C.M. 1982/L:41: 1-16.

KRÖNCKE, I., 1990a. Macrofauna standing stock of the Doggerbank. A comparison: 1950-1954 versus 1985-1987. ICES C.M.1990/Mini3: pp: 22.

KRÖNCKE, I., 1990b. Macrofauna standing stock of the Doggerbank. A comparison: II. 1951-1952 versus 1985-1987. Are changes in the community of the Northeastern part of the Doggerbank due to environmental changes? Neth. J. Sea Res. **25:** 189-198.

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

LANGE, G.J. DE & H. HUMMEL, 1978. Beschrijving van het abiotisch en biotisch milieu van het Nederlands Continentaal Plat (STUNET- rapport). Intern rapport NIOZ 1978-3.

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

MCINTYRE, A.D., 1978. The benthos of the western North Sea. Rapp. P. -v. Réun Cons. int. Explor. Mer **172:** 405-417.

MOORSEL, G.W.N.M. VAN & H.W. WAARDENBURG, 1990. Impact of gravel extraction on geomorphology and the macrobenthic community of the Klaverbank (North Sea) in 1989. CONCEPT. Bur. Waardenburg B.V., Culemborg.

NOORT, G.J. VAN, 1979-1984. 'Aurelia'-cruise reports on the benthic fauna of the Southern North Sea. Interne Rapporten NIOZ, 1979-4; 1979-6; 1979-7; 1979-8; 1981-1982-7; 1983-3; 1984-1.

PEARSON, T.H., A.B. JOSEFSON & R. ROSENBERG, 1985. Petersen's benthic stations revisited. I. Is the Kattegat becoming eutrophic? J. Exp. Mar. Ecol. **92:** 157-206.

RACHOR, E., 1990. Changes in sublittoral zoobenthos in the German Bight with regard to eutrophication. Neth. J. Sea Res. **25:** 209-214.

REISE, K. & A. SCHUBERT, 1987. Macrobenthic turnover in the subtidal Wadden Sea: the Norderaue revisited after 60 years. Helgol. Meeresunt. **41:** 69-82.

ROSENBERG, R., J.S. GREY, A.B. JOSEFSON & T.H. PEARSON, 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **105:** 219-251.

SALZWEDEL, H., RACHOR, E. & GERDES, D., 1985. Benthic macrofauna communities in the German Bight. Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. **20:** 199-267.

SIPS, H.J.J. & H.W. WAARDENBURG, 1989. The macrobenthic community of gravel deposits in the Dutch part of the North Sea (Klaverbank): ecological impact of gravel extraction. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.

WAARDENBURG, H.W., 1987. De fauna op een aantal scheepswrakken in de Noordzee in 1987. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.

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.

WILDE, P.A.W.J. DE & G.C.A. DUINEVELD, 1990. Bodemdieren. In: De Noordzee. P. DE WOLF. Uitgeverij Terra, Zutphen: pp 200.

WITBAARD, R. & G.C.A. DUINEVELD, 1990. Shell-growth of the bivalve *Arctica islandica* (L.) and its possible use for evaluating the status of the benthos in the subtidal North Sea. Basteria **54:** 63-74.

ZEITSCHEL, B. & J.M. DAVIES, 1978. Benthic growth chambers. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer **173:** 31-42.

TABEL III.1

Gemiddeld aantal soorten (n·0.3 m^{-2}), individuen (n·m^{-2}) en biomassa (g AFDW·m^{-2}) van de belangrijkste groepen van de totale macrobenthische infauna in de onderscheiden clusters (naar Duineveld e.a., 1990). A=Zuidelijke Bocht; B=Doggersbank; C=Oestergronden; D=benoorden Doggersbank.

	CRUSTACEANS			ECHINODERMS			MOLLUSCS			POLYCHAETES			TOTAL		
CLUSTER	spec	ind	biom	spec	ind	biom	spec	ind	biom	spec	ind	biom	spec	ind	biom
A Shallow coarse sand	7.1	114	0.2	2.5	42	2.3	2.7	33	1.0	14.7	413	1.3	28.7	636	5.9
B Shallow fine-sand	9.9	582	0.5	3.6	138	4.7	9.1	400	6.7	18.4	660	2.2	44.1	1900	15.0
C Shallow muddy-sand	10.3	214	1.1	4.1	602	6.2	12.6	446	2.6	24.6	762	4.0	56.3	2193	15.0
D Deep muddy-sand	13.4	159	<0.1	4.3	153	2.1	12.1	122	11.0	28.9	669	1.6	63.2	1184	16.9

TABEL III.2

De meest voorkomende soorten in iedere cluster. MEAN ABUNDance (ind·m^{-2}); NUMerical DOMInance (100*het aantal individuen van een soort gedeeld door het totaal aantal individuen in de cluster) en PRESence (het percentage van de stations waar de soort voorkomt). A=Zuidelijke Bocht; B=Doggersbank; C=Oestergronden; D=benoorden Doggersbank. (naar Duineveld e.a., 1990).

Cluster	Species	MEAN ABUND (ind·m^{-2})	NUM DOMIN (%)	PRES (%)	DAI (%)	DAS (%)
A SHALLOW COARSE-SAND	*Pisione remota*	100	16	29	91	71
	Scoloplos armiger	68	11	94	36	28
	Ophelia borealis	65	10	94	60	46
	Bathyporeia elegans	36	6	82	10	29
	Nephtys cirrosa	30	5	94	34	47
B SHALLOW FINE-SAND	*Bathyporeia elegans*	310	16	94	85	33
	Spiophanes bombyx	175	9	88	62	25
	Magelona papillicornis	132	7	100	40	33
	Tellina fabula	101	5	88	65	47
	Urothoe poseidonis	97	5	76	91	59
C SHALLOW MUDDY-SAND	***Amphiura filiformis***	534	24	100	91	57
	Myselia bidentata	225	10	100	78	50
	Myriochele oculata	198	9	22	72	30
	Magelona papillicornis	116	5	78	55	40
	Phoronis muelleri	94	4	100	76	53
	Pholoe minuta	77	4	100	83	59
D DEEP MUDDY-SAND	*Myriochele oculata*	193	16	100	24	45
	Amphiura filiformis	116	10	100	7	19
	Scoloplos armiger	57	5	100	16	16
	Goniada maculata	47	4	100	38	17
	Spiophanes bombyx	40	3	89	7	13

TABEL III.3

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).

	COASTAL 15 stations			OYSTER GROUND 25 stations			DOGGER BANK 10 stations			N of DOGGER 9 stations		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P	N	B	P
CRUSTACEANS ALL	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
ECHINODERMS ALL	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
ANTHOZOANS ALL	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
MOLLUSCS ALL	-	-		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
MISCELLANEOUS	-	-	-	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 III.4

Gemiddelde aantallen (N) en biomassa's (B, uitgedrukt in g AVD (As Vrij Drooggewicht)) van de epibentische soorten per 10.000 m² in de zeegebieden Noord (gemiddelde waarden berekend over 15 trekken met een boomkor), Front (11 trekken) en Zuid (11 trekken). De data, afkomstig van Van Noort e.a. (1979-1986), werden verzameld in 1972-1980 (naar de Gee e.a. in press).

	Noord		Front		Zuid	
	N	B	N	B	N	B
-KREEFTACHTIGEN-(Arthropoda)						
Ebalia cranchii	5	1	3	1	1	-
Corystes cassivelaunus	18	16	8	9	1	1
Processa edulis	1	-	7	1	-	-
Crangon allmanni	51	4	135	11	5	1
Pagurus bernhardus	56	29	44	25	98	50
Macropipus holsatus	40	23	244	143	40	28
Macropodia rostrata	2	1	8	2	3	1
Pontophilus trispinosus	1	-	4	1	42	2
Crangon crangon	1	-	11	2	121	13
Totaal		74		194		96
-STEKELHUIDIGEN-(Echinodermata)						
Ophiothrix fragilis	2	1	1	-	-	-
Ophiura albida	2396	63	747	25	4	-
Astropecten irregularis	185	61	131	41	165	55
Asterias rubens	69	152	283	604	1381	2549
Ophiura texturata	4	1	78	15	175	26
Psammechinus miliaris	5	2	5	2	12	4
Totaal		280		687		2633
-SCHELPDIEREN-(Mollusca)						
Neptunea antiqua	1	1	1	-	-	-
Buccinum undatum	4	9	1	2	1	2
Totaal		10		2		2
-WORMACHTIGEN-(Annelica)						
Aphrodite aculeata	65	65	5	5	-	-

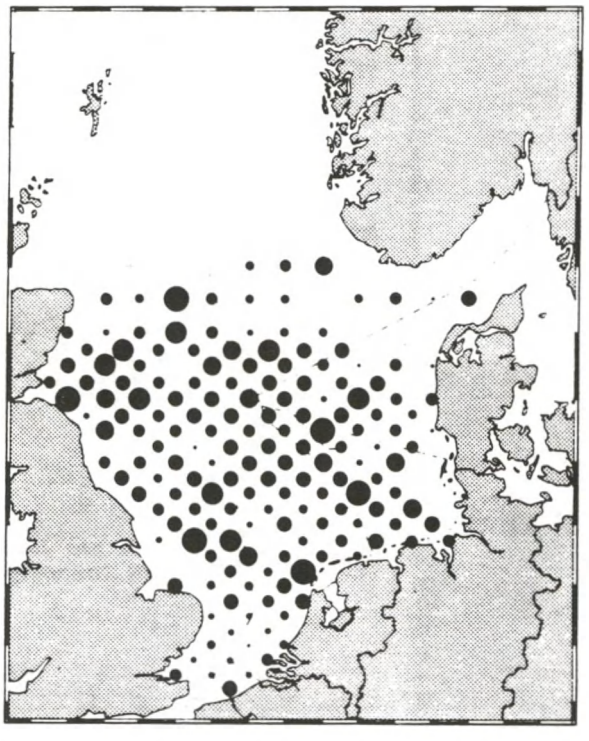


Fig. III.12. De relatieve dichtheid van nematoden in de Noordzee (straal van de cirkel is evenredig aan log (dichtheid+1)) (Huys e.a., 1990).

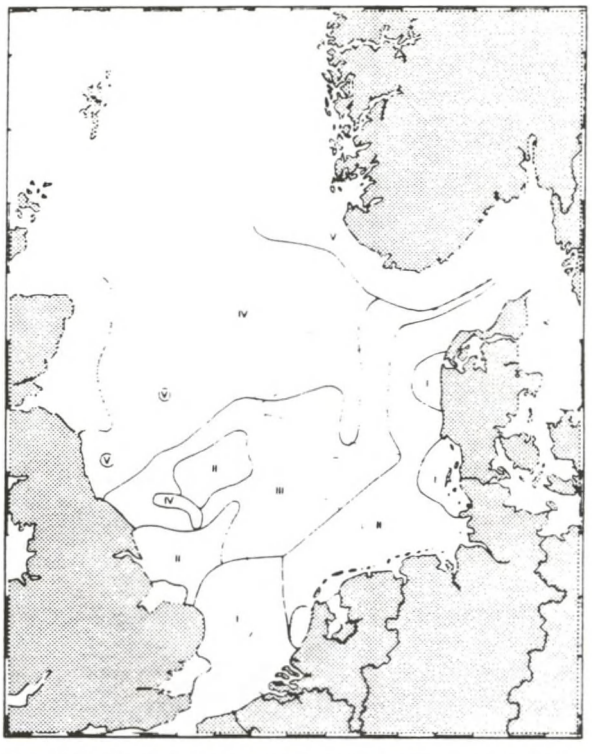


Fig. III.13. Clusterindeling van copepoden (meiobenthos) in de Noordzee, gebaseerd op dichtheden, soortensamenstelling en diversiteit; ⊏⊐ niet bemonsterde gebieden (naar Huys e.a., 1990).

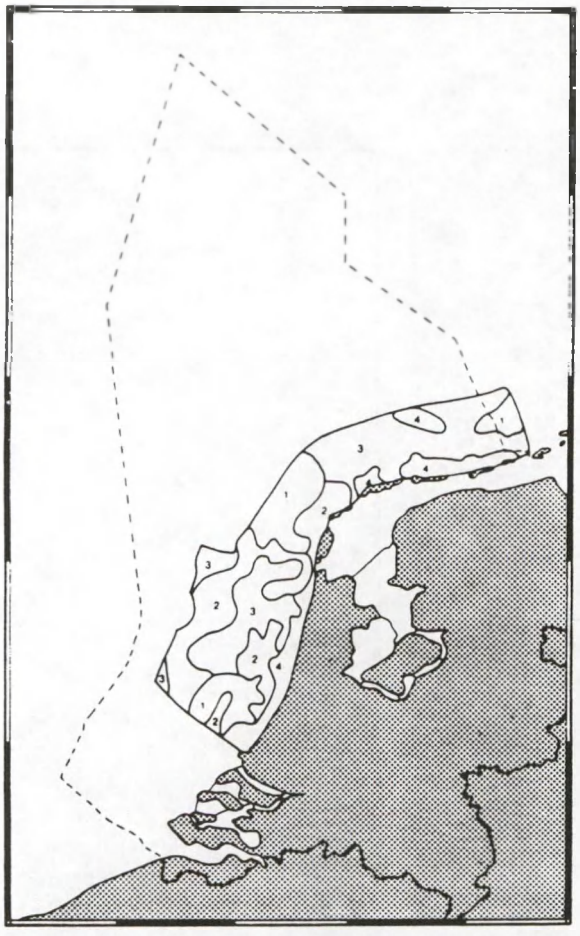


Fig. III.14. Een weergave van de clusters die voor het meiobenthos in de kustzone werden onderscheiden via een TWINSPAN clusteranalyse (gemodificeerd naar Groenewold & van Scheppingen, 1990). Cluster 1: soortenrijk, totale dichtheid 180 ind·cm^{-2}; cluster 2: soortenrijk, totale dichtheid 90 ind·cm^{-2}; cluster 3: soortenarm, totale dichtheid 110 ind·cm^{-2}; cluster 4: soortenarm, totale dichtheid 260 ind·cm^{-2}.

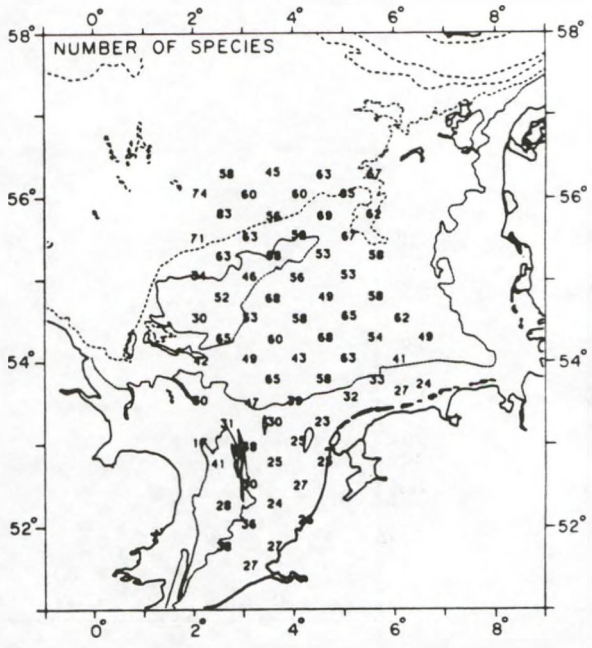


Fig. III.15. Soortenrijkdom van de macrofauna (infauna) (aantal soorten in 0.3 m^2) (Duineveld e.a., 1990).

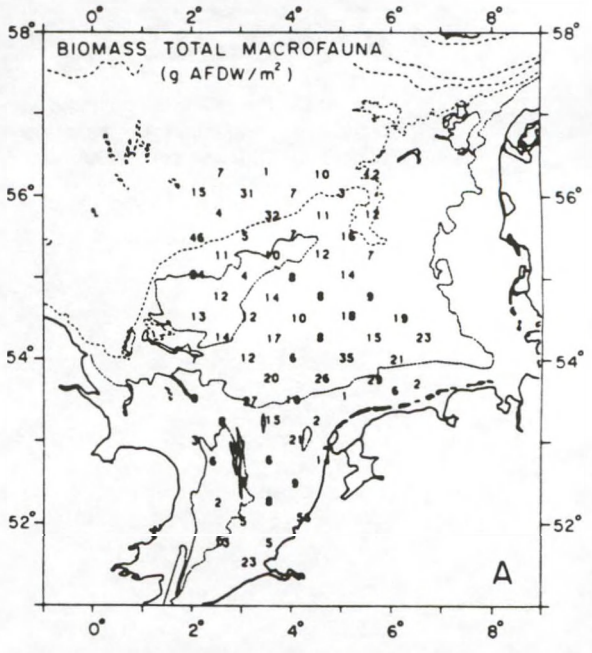


Fig. III.16. Biomassa (g AFDW·m^{-2}) verdeling van de macrofauna (infauna) (Duineveld e.a., 1990).

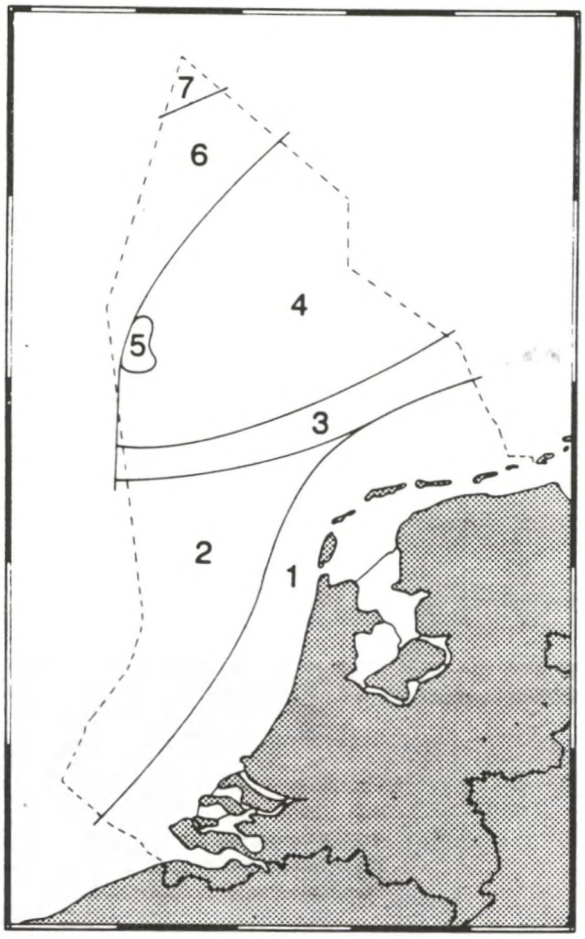


Fig. III.17. Indeling van de macrobenthische infauna in de Nederlandse sector van de Noordzee.
1 Kustwateren
2 Zuidelijke Bocht
3 Friese Front gebied
4 Oestergronden
5 Klaverbank
6 Doggersbank
7 Het gebied ten noorden van de Doggersbank
(naar Duineveld e.a., 1990; Duursma e.a., 1988).

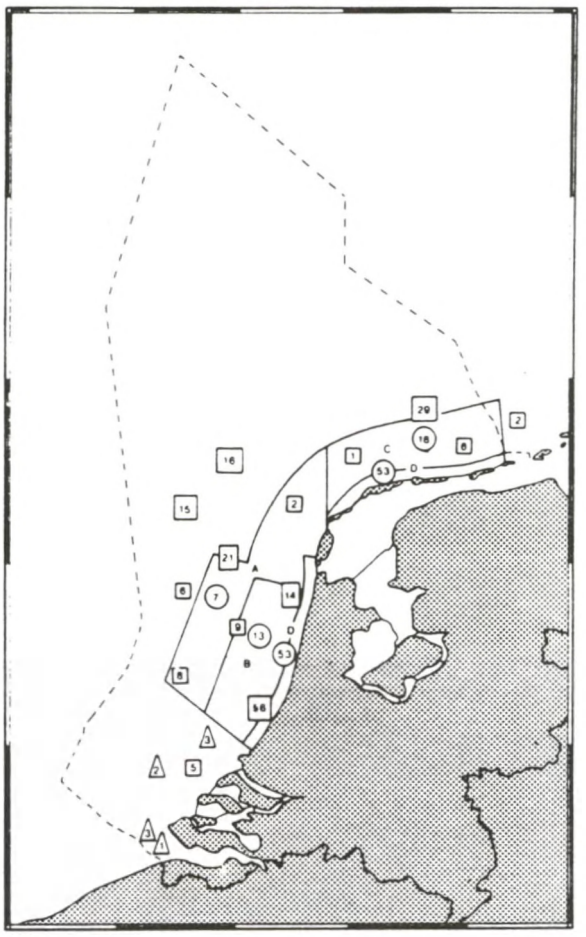


Fig. III.18. Clusterindeling en biomassa (g AFDW·m^{-2}) van het macrobenthos (infauna) in de Zuidelijke Bocht en het Nederlandse kustgebied.
Clusterindeling: A = westelijk offshoregebied
B = westelijke overgangszone
C = offshore Waddeneilanden
D = Hollandse kust en Waddenkust
(naar Groenewold & van Scheppingen, 1990).
Biomassa: ○ (Groenewold & van Scheppingen, 1990)
□(Duineveld e.a., 1990)
Δ (Govaere e.a., 1980)

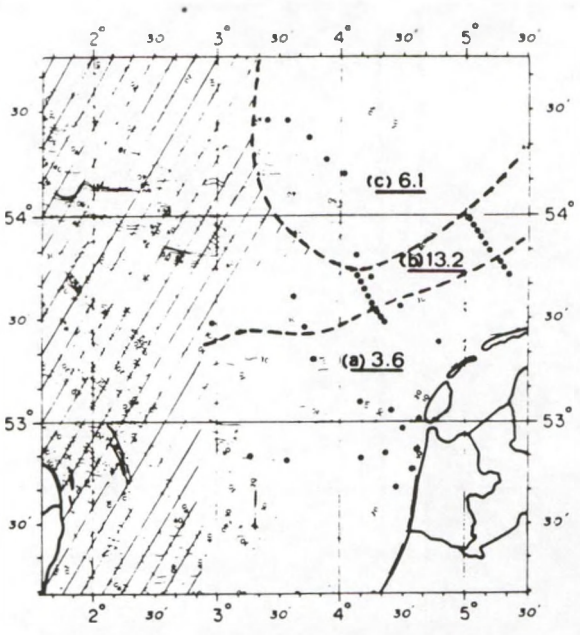


Fig. III.19. Gemiddelde biomassa (g AFDW·m^{-2}) van de macrofauna in: (a) Zuidelijke Bocht (b) Friese Front gebied (c) Oestergronden (Creutzberg e.a., 1984).

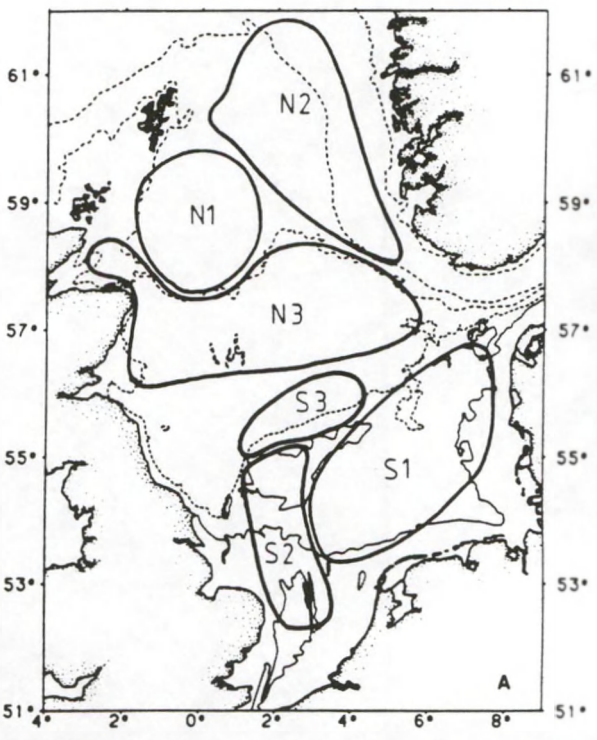


Fig. III.20. Epibenthische zones in de Noordzee naar Dyer e.a. (1983). Deze auteurs wijzen op de volgende overeenkomst met de classificatie van Glémarec (1973): S1, S2, S3 = 'infralittorale étage'; N3 = 'kust-étage' en N1, N2 = 'open-zee-étage' (Duineveld & van Noort, 1990).

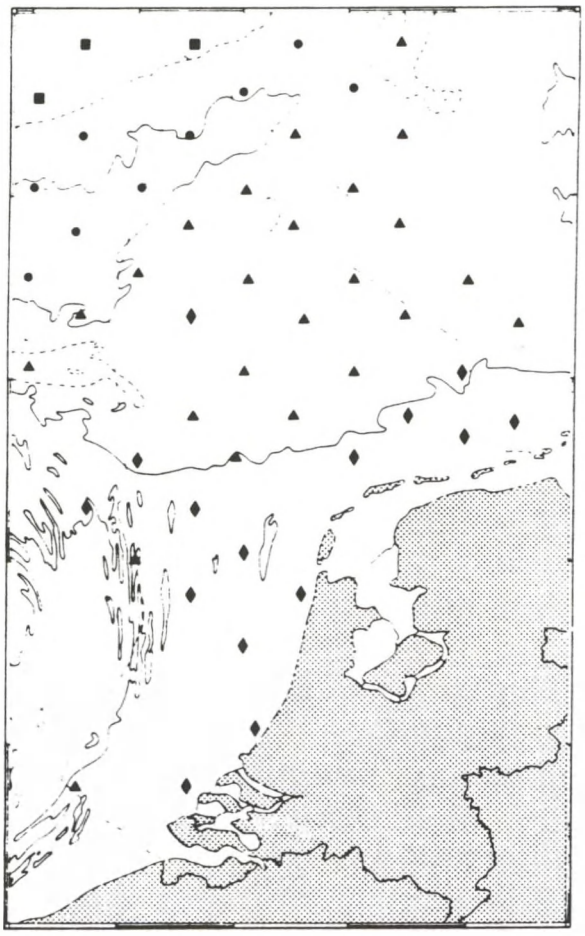


Fig. III.21. Indeling van de epifauna in de Nederlandse sector van de Noordzee in clusters:
■ ten noorden van de Doggersbank
● Doggersbank
▲ Oestergronden
♦ kustzone
(naar Duineveld & van Noort, 1990).

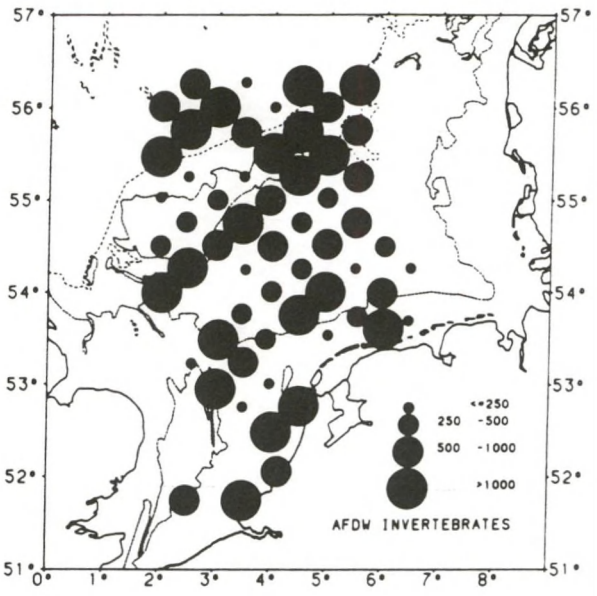


Fig. III.22. Biomassaverdeling (g AFDW/10.000 m ^{2}) van de epifauna in de Noordzee (Duineveld & van Noort, 1990).

III.4. VISSEN

III.4.1. INLEIDING

In de Noordzee, die via de westzijde van het Schotse Continentale Plat, het Kanaal en het Skagerrak in open verbinding met andere zeegebieden staat, hebben grote regionale variaties in diepte, temperatuur, saliniteit en bodemsamenstelling tot het ontstaan van een gevarieerde visfauna (meer dan 200 waargenomen soorten) geleid. Verreweg de meeste informatie over de verspreiding en ecologie van vissen in de Noordzee heeft betrekking op de commerciële soorten, waartoe vrijwel alle veelvuldig voorkomende soorten behoren. Gegevens over de verspreiding van veelal kleinere, niet-commerciële soorten en betrouwbare analyses van lange termijn veranderingen zijn schaars.

III.4.2. BESCHRIJVING VISFAUNA

III.4.2.1. BIOMASSA EN PRODUKTIE

De totale biomassa (Tabel III.5) van vis in de Noordzee wordt voor de periode 1977-1985 op 8,6 x 10^6 ton ('s winters) geschat, waarvan 70% voor rekening komt van de 11 commercieel belangrijkste soorten (Daan e.a., 1990). Aan het eind van de zomer loopt de totale biomassa op tot 13 x 10^6 ton, voornamelijk als gevolg van de zomerinvasie van horsmakreel (*Trachurus trachurus*) (Sparholt, 1987). De niet in Tabel III.5 verwerkte zomerinvasie van makreel (*Scomber scombrus*) zorgt voor een nog sterkere seizoensvariatie in totale biomassa. De jaarlijkse fluctuaties in biomassa kunnen aanzienlijk zijn (Daan e.a., 1990). Deze gegevens moeten als een ruwe benadering worden beschouwd. Van de 90 tijdens trawlsurveys waargenomen soorten vormen de 16 top-soorten (inclusief de lange schar *Hippoglossoïdes platessoïdes*) 89-96% van de totale biomassa; de 11 belangrijkste commerciële soorten vormen 70 à 80% van de totale biomassa aan vis in de Noordzee.

De totale produktie aan vis (uitgezonderd de 0-groep) wordt geschat op 10 x 10^{12} g nat gewicht overeenkomend met 1,8 $gC \cdot m^{-2} \cdot j^{-1}$ bij een verondersteld oppervlakte van de Noordzee van 0.57 x 10^{12} m^2 (Riley & Chester, 1971). De totale jaarlijkse visproduktie kan door extrapolatie van de waarden die berekend zijn voor 9 soorten (zie Tabel III.6) geschat worden op 10^7 ton. Dit is een onderschatting door het niet incalculeren van de 0-groep vis (Anon., 1987c; Daan e.a., 1990).

III.4.2.2. VERSPREIDING

Gebaseerd op de 50 meest voorkomende vissoorten in de 'English Groundfish summer surveys, 1982-1986' kunnen in de Noordzee drie gebieden (zie Fig. III.23) worden onderscheiden die een kenmerkende visfauna bezitten: de zone rond de rand van het Continentale Plat (200 - > 1000 m diep), het centrale gebied (40-200 m diep) en het zuidoostelijk zeegebied (< 40 m diep) (Daan e.a., 1990). De 10 qua biomassa dominante soorten zijn per gebied in Tabel III.7 vermeld. De duidelijkste scheiding in visfauna wordt waargenomen tussen het centrale en het zuidoostelijke zeegebied, langs de 40-m-dieptelijn ten noorden van de Doggersbank, nabij de grens van noordelijke (in de zomer gestratificeerde) en zuidelijke (gemengde) watermassa's (zie ook III.1).

De totale Nederlandse sector van de Noordzee bevindt zich in het zuidoostelijk zeegebied en bezit vergeleken bij de overige gebieden in de zomer de grootste biomassa aan platvis en haring, een gemiddelde biomassa aan kabeljauwachtigen en haaien en de geringste biomassa aan roggen. In de winter kunnen zich op relatief beperkte schaal verschuivingen voordoen. Jongere jaarklassen (0-, 1- en 2-groep) kunnen in relatie tot fysische condities (diepte, temperatuur, saliniteit) een andere verspreiding vertonen dan oudere (Daan e.a., 1990).

De ICES is voornemens in 1992 een Atlas of North Sea Fishes te publiceren, waarin de zomer- en winterverspreiding in de periode 1983-1987 wordt weergegeven, zoals die uit internationaal onderzoek is gebleken. Dit document zal als basis kunnen dienen voor het bepalen van veranderingen in de visfauna in de toekomst (ICES, 1989).

De verspreiding van de vissoorten binnen de Nederlandse sector van de Noordzee wordt door een groot aantal factoren bepaald, zoals temperatuur, voedselbeschikbaarheid, sedimenttype en waterdiepte. De aanwezigheid van paai- en opgroeigebieden en de ligging van de migratieroutes bepalen eveneens of een soort in een bepaald gebied voorkomt. Verspreidingsgegevens van niet-commerciële soorten zijn schaars. Momenteel worden de vangstgegevens van een serie vaartochten in de Nederlandse sector van de Noordzee in de 70er jaren door het NIOZ (Texel) geanalyseerd (data uit van Noort e.a., 1979-1986). Voorlopige resultaten gebaseerd op een beperkt deel van dit gegevensbestand dat gecentreerd is rond het Friese Front gebied wijzen uit dat bepaalde vissoorten een meer noordelijke (schurftvis *Arnoglossus laterna*, pitvis *Callionymus lyra*, wijting *Merlangius merlangius*) dan wel een meer zuidelijke verspreiding (grondels *Pomatoschistus* spec., dwergtong *Bugglossidium luteum*) kennen. Voor de bodembewonende soorten geldt, dat de soorten met een meer noordelijke verspreiding op de relatief slibrijke sedimenten van de Oestergronden voorkomen, terwijl de meer zuidelijke soorten in de zandige kustzone leven. Schar (*Limanda limanda*), dwergtong, pitvis en

wijting vertonen de hoogste dichtheid in de slibzone (waterdiepte 30 à 40 m) van het Friese Front gebied (Tabel III.8) (de Gee e.a., in press).

Waarnemingen m.b.v. 'echosoundings' wijzen uit, dat pelagische vis als sprot en haring in zeer grote aantallen aanwezig is in het Friese Front gebied, in een *ca.* 20 km brede zone juist boven het gebied met de hoogste slibfracties in het sediment (Leopold, NIOZ, mond. meded.). Ook Sprong e.a. (1990) constateerden hoge concentraties pelagische vis in dit gebied in de late zomer en herfst. De volwassen sprot en jonge haring profiteren waarschijnlijk van de hoge biomassa herbivoor zooplankton (*Temora longicornis*) in dit frontgebied, die samenhangt met een verhoogde primaire produktie (Creutzberg, 1985) boven deze slibrijke benthische zone.

Het gebied tot *ca.* 40 km uit de Nederlandse kust behoort door uiteenlopende oorzaken tot het verspreidingsgebied van vele vissoorten. Niet-commerciële vissen als bijv. pitvis, snotolf (*Cyclopterus lumpus*), slakdolf (*Liparis liparis*), meun (*Ciliata mustela*) en harnasmannetje (*Agonus cataphractus*) bewonen deze relatief ondiepe en zandige kustgebieden. Migratiebewegingen als gevolg van seizoenspatronen of paaigedrag brengen soorten als bijv. tong (*Solea solea*) en pijlstaartrog (*Dasyatis pastinaca*) periodiek in deze kustgebieden. De gehele kustzone fungeert als opgroeigebied voor de jongste drie jaarklassen van schol, tong, haring (*Clupea clupea*), griet (*Scophthalmus rhombus*), tarbot (*Psetta maxima*), schar, kabeljauw (*Gadus morhua*) en poon (*Eutrigla gurnardus* en *Trigla lucerna*). Het kustgebied ten noordwesten van de Waddeneilanden tot aan het Friese Front gebied fungeert niet alleen als opgroeigebied voor bovengenoemde vissoorten, maar behoort als gevolg van seizoens- en paaimigraties tevens tot het verspreidingsgebied van soorten die de Waddenzee periodiek bewonen zoals bijv. de koornaarvis (*Atherina prespyter*), geep (*Belone belone*), harders (Mugilidae), pijlstaartrog, ansjovis (*Eugraulis eugrasicolus*), hondshaai (*Scyliorhinus canicula*), bot (*Pleuronectes flesus*), grondels (*Pomatoschistus* spec.), grote zeenaald (*Syngnatus acus*) en grote pieterman (*Trachinus draco*) (Zijlstra, 1978; Witte & Zijlstra, 1978). Een belangrijk deel van de schol- en tongpopulaties in de Noordzee is in het eerste levensjaar in de Waddenzee opgegroeid (van der Veer, 1986). Het aangrenzende kustgebied benoordwesten de Waddeneilanden heeft voor deze commerciële soorten een uiterst belangrijke functie als opgroeigebied gedurende het 2e en 3e levensjaar.

III.4.2.3. MIGRATIES

Grootschalige migraties binnen de Noordzee en uitwisseling met omliggende gebieden komen het sterkst voor bij pelagische vissoorten en maken deel uit van het paai- en voedingsgedrag. De migratiepatronen van bijv. haring en makreel zijn goed beschreven. De haring (*Clupea harengus*) leeft het gehele jaar gemengd vooral benoorden de 54° breedtegraad, maar splitst zich in de paaitijd in subpopulaties die ieder naar nauw omschreven paaigebieden aan de Britse oostkust terugkeren (Burd, 1978; Corten, 1986). De makreel trekt 's zomers in grote aantallen vanuit het noorden de Noordzee in en mengt zich met de Noordzee-populatie; in het late voorjaar paaien de afzonderlijke populaties resp. ten zuidwesten van de Britse eilanden en ten westen van Denemarken (Anon., 1978).

Demersale soorten vertonen minder grootschalige migraties en meer beperkte seizoensbewegingen. Schol (*Pleuronectes platessa*), kabeljauw (*Gadus morhua*) en schelvis (*Melanogrammus aeglefinus*) vertonen een jaarlijkse trek naar de paaigebieden (Thompson, 1928; de Veen, 1978; Daan, 1978). Tong (*Solea solea*) migreert vanuit de offshore voedselgebieden in korte tijd naar de paaigebieden langs de kust en keert dan terug (de Veen, 1967). De stekelrog (*Raja clavata*) kent ook dergelijke locale migraties (Anon., 1927; Wheeler, 1969, 1978); de pijlstaartrog (*Dasyatis pastinaca*) is een zomergast uit zuidelijke wateren die zich vooral in de kustzone ophoudt (Nijssen & de Groot, 1987). Als gevolg van deze meer beperkte migraties kunnen bij demersale vissoorten ook afzonderlijke subpopulaties ontstaan.

III.4.2.4. PAAIGEDRAG

Ondanks uitgebreid onderzoek gedurende meer dan een eeuw is over de factoren die de keuze van de paaigebieden bepalen weinig bekend. De jaarlijkse variatie in eiproduktie binnen de onderscheiden paaigebieden is afhankelijk van o.a. de populatiegrootte: afnemende populatiegrootte bij haring, kabeljauw en makreel leidde tot het verlaten van paaigebieden. Over het algemeen geldt, dat de paaigebieden van soorten met vrij in het water zwevende eieren niet scherp begrensd zijn. De ligging van deze gebieden zal zodanig door hydrografische omstandigheden zijn bepaald dat de eieren en later de larven getransporteerd worden naar gebieden met geschikte opgroeicondities voor de juvenielen. De meeste vissoorten (o.a. schol, kabeljauw, makreel, sprot *Sprattus sprattus*) leggen een zeer groot aantal in het water zwevende eieren en paaien in grote delen van de Noordzee inclusief de Nederlandse sector (Simpson, 1959; Anon., 1981 Daan, 1978). De tong maakt gebruik van de relatief ondiepe gebieden tot *ca.* 50 km langs de gehele Noordzeekust waar in april tot juni de zwevende eieren worden afgezet (Anon., 1981).

Bij een deel van de vissoorten hechten de eieren, die veelal in relatief geringe aantallen worden ge-

legd, zich vast aan stenen, grind, schelpen of planten op de bodem. De keuze van de paaigebieden wordt hierbij niet alleen bepaald door de hydrografie maar tevens door het type substraat. Soorten als haring, stekelrog, grondel (*Pomatoschistus* spec.) en zandspiering (Ammoditydae) zetten eieren af die zich aan de bodem hechten (Anon., 1981). De paaiplaatsen van de haring worden gekenmerkt door een grindachtige bodembedekking en relatief hoge stroomsnelheden (> 1 m/sec), die verslibbing en te lage zuurstofgehalten voorkomen (Cushing, 1982; Fig. III.24). In het Nederlandse deel van het Klaverbankgebied is een potentieel paaigebied voor haring, maar onderzoek wijst uit dat het gebied nu niet als paaigebied wordt gebruikt, waarschijnlijk als gevolg van de sterk afgenomen populatiegrootte. De Groot (1980) wijst op het belang van ongestoorde grindbanken en paaibodems in de Noordzee, waarop het paaigedrag van de haring subtiel is afgestemd. De zandspiering is minder selectief in de keuze van paaigebieden en paait over uitgestrekte zandige gebieden o.a. in een zone tot 200 km uit de Duitse en Deense kust. De stekelrog hecht zoals de meeste roggen de eieren, *ca.* 140 stuks per jaar die zich in kapsels bevinden, aan wieren, zeegras of stenen op de bodem in de kustzone (Anon., 1927; Redeke, 1935; Holden, 1975; Wheeler, 1969, 1978). De pijlstaartrog, die eierlevendbarend is, brengt de jongen (6 à 9 per jaar) in de ondiepe kustzone ter wereld (Wheeler, 1969, 1978).

De meeste vissoorten hebben jaarlijks een duidelijk paaiperiode waarin in één keer of over de periode verspreid de eieren worden afgezet. De paaiperioden van de verschillende soorten overlappen elkaar sterk; de totale lengte van de periode per soort weerspiegelt zowel de verspreiding van de vissoort over de geografische breedte, waarbij de paaigolf zich van zuid naar noord uitstrekt, als de soortspecifieke lengte van de periode (Daan e.a., 1990).

III.4.2.5. OPGROEIGEBIEDEN

De verspreiding van de meeste vissoorten is sterk afhankelijk van de leeftijd. Jongere jaarklassen komen veelal voor in het relatief ondiepe water van de centrale en zuidoostelijke Noordzee, terwijl oudere jaarklassen zich in dieper water bevinden. Dit geldt voor veel demersale soorten, maar bijv. schelvis en kever (*Trisopteris esmarkii*), waarbij de verspreiding van jonge en die van oude dieren min of meer samenvallen, vormen een uitzondering.

Bij een aantal vissoorten worden de jongste jaarklassen uitsluitend of voornamelijk in specifieke opgroeigebieden aangetroffen. Schol, tong, griet, tarbot, haring, sommige soorten roggen en in mindere mate kabeljauw en schar (*Limanda limanda*) benutten de kustzone inclusief de estuaria als kinderkamer. Geschat wordt, dat 60% van de 0-, 1- en 2-jarige schol opgroeit in de Nederlandse, Duitse en Deense kustzone inclusief de Waddenzee (Zijlstra, 1972; Anon., 1985). In de Nederlandse kustzone groeit 20 à 30% op waarvan het merendeel in de Waddenzee; voor 1987 wordt dit aandeel opgroeiend in de Waddenzee geschat op 10 à 25% (Bergman e.a., 1989). Voornamelijk in het najaar komen de 0- en 1-groep schollen ook veel voor in de kustzone (de Veen e.a., 1979). In alle seizoenen maar zeker in zomer en herfst worden de grootste dichtheden jonge schol tot een waterdiepte van 30 m langs de Nederlandse kust aangetroffen (van Noort e.a., 1979). De 0- en 1-groep van de Noordzee-haring groeit voornamelijk op langs de gehele Nederlandse, Duitse en Deense Waddenzee tot een afstand van 50 à 70 km uit de kust (Burd, 1978; Corten, 1986). De jongen van de pijlstaartrog en in mindere mate die van de stekelrog groeien dicht onder de kust op (Wheeler, 1969, 1978; Nijssen & de Groot, 1987). De 0-groep kabeljauw groeit voor een deel op in de estuaria; in de herfst worden de hoogste concentraties 0-groep ter hoogte van de oostelijke Nederlandse Waddenzee aangetroffen (Daan, 1978). De 1- en 2-groep kabeljauw groeien op in de kustwateren; de 1-groep komt vooral langs de Nederlandse, Duitse en Deense waddenkust voor, maar ook langs de noordrand van de Doggersbank (Anon., 1974).

Het feit, dat schol, tong, schar, koolvis, haring en kabeljauw tesamen 40% van de totale visvangst op de Noordzee vormen, geeft het belang aan van de kustzone voor de visfauna (en de visserij) op de Noordzee (Zijlstra, 1972). Schol, tong en schar zijn relatief schaars in de noordelijke Noordzee maar komen in grote dichtheden voor aan de ondiepe, zandige kusten van de zuidelijke Noordzee. De aanwezigheid van geschikte opgroeigebieden zou bij deze verspreiding een rol kunnen spelen (Zijlstra, 1988). Met uitzondering van koolvis en haring paaien deze soorten ook min of meer nabij de opgroeigebieden.

De overige demersale vissoorten kennen dergelijke opgroeigebieden voor hun nakomelingschap nauwelijks (wijting *Merlangius merlangius*, makreel, horsmakreel en sprot) of niet (kever, lange schar, tongschar *Microstomus kitt*, poon Eutriglidae, zandspiering en schelvis)

III.4.2.6. VOEDSELGEDRAG

Uitgezonderd de familie Mugilidae (harderachtigen) behoren de vissen in alle levensstadia tot de carnivoren. Haringachtigen voeden zich met zooplankton, platvissen prederen op macrobenthos, kabeljauwachtigen consumeren zowel zooplankton, benthos als vis en roggen eten mollusken, crustaceeën en vis. De meeste soorten zijn generalisten en voeden

zich met vrijwel alles, indien de afmetingen geschikt zijn. De voedselsamenstelling van een soort kan sterke verschillen vertonen in verschillende gebieden en seizoenen en zelfs tussen individuen (Daan, 1973; Holden & Tucker, 1974; Nijssen & de Groot, 1987).

III.4.3. LANGE TERMIJN TRENDS IN VANGSTEN, BIOMASSA EN VISSERIJMORTALITEIT

Vanaf 1960 worden vrijwel jaarlijks schattingen gemaakt van de biomassa en de verspreiding van alle belangrijke vissoorten; de resultaten verschijnen in ICES-publicaties. Commerciële vangstgegevens zijn beschikbaar over een veel langere periode en kunnen in enkele gevallen als ruwe schatting voor de trend in biomassa worden gebruikt. Voor 11 commercieel belangrijke soorten zijn tijdseries van recruitment, totale biomassa, paaibiomassa, vangst en exploitatie beschikbaar. De resultaten zullen per groep soorten besproken worden met eventuele relevante details per soort. De groepen zijn samengesteld op grond van zowel ecologische verwantschap als in de visserij gebruikelijke vangstcombinaties (Daan e.a., 1990).

III.4.3.1. KABELJAUW (*GADUS MORHUA*), SCHELVIS (*MELANOGRAMMUS AEGLEFINUS*), WIJTING (*MERLANGIUS MERLANGIUS*), KOOLVIS (*POLLACHIUS VIRENS*)

Deze kabeljauwachtigen worden als demersale soorten gevangen in de bodemtrawlvisserij. Fig. III.25a toont de sterke toename van deze 'rondvis' vangsten in de loop van de 60er jaren; in 1969 bedroeg de totale vangst aan rondvis als consumptie-vis, industrievis (vismeel) en bijvangst aan jongere, ondermaatse jaarklassen *ca.* 1,5 miljoen ton. In de 80er jaren liepen de totale rondvisvangsten terug tot 800.000 ton.

In Fig. III.25b wordt het biomassaverloop van de rondvis weergegeven. Na een enorme piek in de biomassa in 1968, als gevolg van de zeer sterke 1967 jaarklas schelvis loopt de totale biomassa in de periode 1970-1980 terug van 4 miljoen ton tot 3 miljoen ton. Deze afname in biomassa is het gevolg van zowel de afnemende invloed van de sterke jaarklas 1967 als de steeds toenemende visserij-druk (uitgedrukt als de gewogen visserijmortaliteitscoëfficiënt, zie Fig. III.25c). Geconcludeerd moet worden, dat de gestaag afnemende biomassa rondvis het gevolg is van steeds afnemende jaarlijkse overlevingskansen, veroorzaakt door de visserij (Daan e.a., 1990).

In Fig. III.26 worden de tijdseries van kabeljauw apart weergegeven. Na een periode van stabiele vangsten (*ca.* 100.000 ton·j^{-1}) in de periode 1910-1930 (Daan, 1978, 1980) en vanaf 1948 tot het midden van de 60er jaren, zijn de vangsten na 1965 meer dan verdubbeld om in het begin van de 80er jaren tot 150.000 à 200.000 ton terug te lopen. Het huidige niveau van visserijmortaliteit betekent dat kabeljauw van 2 jaar en ouder ieder jaar 70% kans heeft om te sterven, waarvan 80% wordt veroorzaakt door de visserij en 20% door natuurlijke oorzaken. Ondanks de gestaag toenemende visserijmortaliteit blijven de vangsten constant. Het recruitment (aanwas aan ouderpopulatie) dat vergeleken bij de periode 1930-1935 verdrie- à viervoudigd is in 1980-1986 (Daan, 1980; Anon., 1987b) is sinds het midden der 70er jaren gemiddeld constant gebleven (400 milj. individuen; Cushing, 1980), zodat een gestage reductie van de paaistand optreedt. Aangezien de jaren 1986-1989 bovendien geringe jaarklassterkten hebben opgeleverd (gem. 220 milj. individuen) is de lage paaistand reden tot bezorgdheid.

Vergeleken met de kabeljauwpopulatie van de 60er jaren bestaat de populatie nu voor een veel groter deel uit jongere individuen (0-, 1-, 2- en 3-jarigen). De vangsten bestaan hoofdzakelijk uit nog onvolwassen 1- en 2-jarige vis (Heessen, RIVO, mond. meded.). Het aandeel van de oudere jaarklassen in de populatie is zeer sterk afgenomen. De jaarlijkse vangst, die afhankelijk is van het aandeel maatse vis, is in de huidige uit slechts enkele jaarklassen bestaande populatie sterk afhankelijk geworden van fluctuaties in jaarklassterkte (Daan e.a., 1990).

III.4.3.2. HARING (*CLUPEA HARENGUS*), MAKREEL (*SCOMBER SCOMBRUS*)

Haring en makreel zijn pelagische soorten, die met de pelagische of bodemtrawl dan wel met ringzegens gevangen worden. Fig. III.27a toont aan dat de totale vangsten aan pelagische vis in de periode 1965-1970 sterk stegen tot 2 miljoen ton·j^{-1}. Daarna daalden de vangsten zeer sterk, tot 200.000 ton in 1980. De haringvangst nam gedurende de laatste jaren weer sterk toe; de makreelvangst is uiterst laag gebleven.

In Fig. III.27b wordt het biomassaverloop weergegeven. Tussen 1950 en 1960 wordt de totale biomassa van deze soorten ruw geschat op 6 à 8 miljoen ton (Hamre, 1978). De in het midden van de 60er jaren snel stijgende visserijmortaliteit (zie Fig. III.27c) heeft in combinatie met een aantal jaren van slecht recruitment geleid tot sterk gereduceerde populaties.

Fig. III.28 toont een aantal tijdseries voor haring apart. Tussen 1947 en 1960 bleven de haringvangsten stabiel rond de 700.000 ton·j^{-1}, waarna de vangsten binnen 5 jaar verdubbelden. In de periode na 1955 veranderden de vangstgebieden en -samenstelling sterk: Denemarken, W-Duitsland en Noorwegen begonnen jonge haring voor de vismeelindustrie te vangen in de zuidoostelijke Noordzee en het vangstaandeel van deze jonge haring steeg tot 50% (Burd, 1978). Tot aan het begin van de 70er jaren bleef de visserijmortaliteit hoog en de jaarlijkse

overlevingskans in de populatie werd op 20% geschat. De dalende trend in biomassa is direct na 1945 ingezet en zelfs vóór 1960 was de populatie reeds sterk overbevist. Dit geldt vooral voor de zuidelijke haringpopulatie, die tot 1951 een stabiele bijdrage van 45% van de totale Noordzeevangst leverde (Burd, 1978; Anon., 1987d). De combinatie van steeds hogere visserijmortaliteit met achtereenvolgende zeer slechte jaarklassen in de jaren 1972-1979 (mogelijke mede het gevolg van veranderde hydrografische condities; Corten, 1990), heeft geleid tot de sterke reductie in biomassa aan het eind van de 70er jaren. Na de extreme afname van de populatie (naar schatting tot 5% van de grootte van 1945) werd de visserij van 1978 tot 1983 gesloten. Sluiting van de visserij gevolgd door sterke jaarklassen vanaf 1980 tot 1987 heeft de populatie in grootte doen toenemen, waardoor de recente vangsten te vergelijken zijn met die van 1950. De laatste jaren zorgden echter voor matig tot slecht recruitment, terwijl de Deense industrievisserij in en nabij de opgroeigebieden in Skagerrak, Kattegat en voor de Deense kust jaarlijks aanzienlijke hoeveelheden jonge haring bleef vangen. Bezorgdheid over de haringstand blijft bestaan.

Anders dan bij de haring neemt de populatiegrootte van de makreel nog steeds verder af. Hier speelt eveneens het effect van sterke overbevissing in combinatie met slechte jaarklassen. Vanaf midden 60er jaren nemen de aantallen door de Noordzee-makreel geproduceerde larven steeds verder af; de eiproduktie had in 1986 als gevolg van de sterk verkleinde paaistand nog slechts een grootte van 1 à 2% van die van 1960 (Daan e.a., 1990).

III.4.3.3. ZANDSPIERING (AMMODITYDAE), KEVER (*TRISOPTERIS ESMARKII*), SPROT (*SPRATTUS SPRATTUS*)

Deze kleine, kortlevende soorten worden met ringzegens en trawls gevangen voor de vismeelproduktie. Fig. III.29a geeft de geleidelijk toenemende vangst aan industrievis van 1948 tot 1970. Maximale vangsten van 1,3 miljoen ton werden in 1975 gerealiseerd. De vangst aan sprot liep in de 80er jaren terug tot nihil; de vangsten van zandspiering en kever bleven op het niveau van 1975 (Daan e.a., 1990).

Vanaf 1970 is de totale biomassa aan industrievis min of meer constant gebleven (Fig. III.29b). Over de biomassa vóór 1970 zijn geen gegevens bekend. De vangsten van sprot vóór 1970, als bijvangst van de haringvisserij, suggereren een veel lagere biomassa; ook na 1980 neemt de biomassa van sprot zeer sterk af. Dergelijke biomassaveranderingen worden door Corten (1990) toegeschreven aan grootschalige hydrografische wijzigingen op de Noordatlantische oceaan, waardoor sprot in de jaren 1970-1980 in het noordwesten van de Noordzee sterk toe kon nemen, omdat de stroom niet langer de larven van de noordwestelijke paaigronden wegvoerde.

De vangsten aan zandspiering namen vanaf 1948 gestaag toe (zie Fig. III.29c). De biomassa nam ondanks sterk wisselende jaarklassterkten eveneens gestaag toe (Fig. III.29b). Mogelijk was deze toename in biomassa een gevolg van de afname in predatie door grotere roofvissen, zoals kabeljauw en makreel, die sterk in aantal waren teruggelopen. Op de Noordzee worden 3 zandspiering-stocks onderscheiden. De Shetland-stock verkeert in een zorgelijke toestand; het is niet uitgesloten dat locale overbevissing tot sterke reductie in biomassa van deze stock heeft geleid (Furness, 1978; Dunnet e.a., 1990).

III.4.3.4. SCHOL (*PLEURONECTES PLATESSA*), TONG (*SOLEA SOLEA*)

Schol en tong, de belangrijkste platvissoorten, worden in de Nederlandse visserij voornamelijk met de boomkor gevangen. Uit Fig. III.30a blijkt, dat de tongvangsten vanaf 1948 redelijk constant zijn gebleven, terwijl de scholvangsten gestaag zijn toegenomen.

De totale biomassa van tong en schol (Fig. III.30b) is vanaf 1957 opmerkelijk stabiel, als gevolg van de langzaam toenemende biomassa van de in grotere aantallen voorkomende schol. De tongbiomassa is sinds 1957 gestaag afgenomen. Ondanks verdubbelde visserijmortaliteit (Fig. III.30c) blijkt de biomassa van schol zich te stabiliseren of zelfs toe te nemen. Dit kan verklaard worden door de stijgende trend in het recruitment van schol (Daan e.a., 1990).

In de periode 1910-1930 nam de visserij op schol enorm toe, zowel door toenemende aantallen schepen als door verbeterde visserijmethoden. In deze periode werd de stand geschat op *ca.* 100.000 ton (Baerends, 1947). Er werd in de zuidelijke Noordzee voornamelijk vrij dicht onder de kust gevist, in of nabij de opgroeigebieden, en de vangst (*ca.* 50.000 ton) bestond daardoor uit relatief kleine (jonge) schol. Na de Tweede Wereldoorlog waarin de visserij 5 jaar vrijwel stilgelegen had, was een toename in gemiddelde lengte en leeftijd duidelijk aantoonbaar (Gulland, 1977). In 1980-1985 was de vangst t.o.v. 1910-1930 verdrievoudigd: 150.000 ton. Dit is het gevolg van zowel een intensievere visserij als een uitbreiding van de visgebieden in de centrale en noordelijke Noordzee, terwijl ook de stand zeker is verdrievoudigd en eind 80er jaren naar schatting 500.000 ton bedroeg (Anon., 1987a). De oorzaken van de enorme biomassatoename moeten gezocht worden in de toename van de gemiddelde jaarklassterkte. Het recruitment is van *ca.* 300.000 miljoen individuen in de vooroorlogse jaren, toegenomen tot 600.000 miljoen exemplaren in de periode 1977-1986 (Bannister, 1978; Anon., 1987a). Of eutrofiëring in de kustzone een rol speelt bij dit toenemende recruitment is onduidelijk.

In ieder geval is de groeisnelheid van 0-groep schol op het Balgzand (westelijke Waddenzee) vanaf 1973 al maximaal, zodat verminderde voedselbeperking in de laatste 20 jaar geen verklaring lijkt te geven voor het toegenomen recruitment (Zijlstra e.a., 1982).

III.4.3.5. ROGGEN, HAAIEN

Roggen en haaien (behorend tot de kraakbeenvissen) worden met bodemtrawls gevangen.

De ten zuiden van de Doggersbank meest frequent voorkomende roggen zijn de sterrog (*Raja radiata*) en in mindere mate de stekelrog (*R. clavata*). De vleet (*R. batis*) komt in de noordelijke Noordzee voor. De pijlstaartrog (*Dasyatis pastinaca*) komt uitsluitend in de directe kustzone en de estuaria voor en is tegenwoordig schaars. Fig. III.31 geeft een overzicht van de totale aanvoer van rog en vleet (vleet vormt circa 30% van de totale vangst) uit de Noordzee. In de periode 1910-1930 bedroegen de vangsten gemiddeld 15.000 ton, in 1930-1940 afnemend tot 8.000 ton. Na de oorlog waren de vangsten aanvankelijk toegenomen, maar bleven daarna steeds dalen om in de periode 1973-1984 vrij constant te blijven rond 5.000 ton (Holden, 1978; Bulletin Statistique). In 1980-1983 wordt er jaarlijks door Nederlandse visserijschepen nog slechts 220-330 ton stekelrog (incl. 30% vleet) aangevoerd (Nijssen & de Groot, 1987). Deze aanvoer is afkomstig uit een gebied veel groter en ook veel verder van de kust gelegen dan in 1910. Sinds de 50er jaren is de totale aanvoer van rog uit de zuidelijke en centrale Noordzee (tot 57°20' NB) geleidelijk afgenomen, terwijl de vangsten ten noorden van 57°20' NB het grootste aandeel in de aanvoer kregen.

Uit de vooroorlogse periode zijn geen biomassa's bekend, maar de literatuur geeft enkele aanwijzingen. Redeke (1910) bericht, dat in 1907-1909 jaarlijks door de Nederlandse vloot 800 ton sterrog en stekelrog voornamelijk uit de kustzone van de Noordzee werd aangevoerd. Per visdag lag deze vangst in dezelfde orde als de vangst aan bijv. wijting, schelvis, kabeljauw of kleine schol (de vangst aan grote schol bedroeg slechts 20% van de vangst aan roggen). Aangenomen mag worden, dat stekelrog rond 1910 zeer algemeen was in de zone langs de Nederlandse kust. Tegenwoordig is de stekelrog zeker niet meer algemeen in de kustzone en estuaria (Witte & Zijlstra, 1978).

Vangstgegevens leveren eveneens een duidelijke aanwijzing voor de sterke aantalsafname van roggen, zeker in de zuidelijke en centrale Noordzee. Zo blijkt dat in de periode 1920-1965 de totale bodemtrawlvangst aan demersale vis in de Noordzee door de intensieve visserij verdrievoudigd is (Holden, 1978), terwijl de vangst aan rog (incl. vleet) in de bodemtrawl met *ca.* 65% is afgenomen (Fig. III.31). Ook onderzoek naar de Engelse vangstgegevens wijst uit, dat de roggenvangsten in de 2^{e} helft van de 60er jaren sterk daalden (Fig. III.32b). De laatste 15 jaren nam de Engelse visserij op demersale soorten als kabeljauw, schelvis en tong in intensiteit toe op en rond de Doggersbank. In dit gebied met een oppervlak van 10 ICES-kwadranten daalden de vangsten van rog en vleet vanaf midden 60er jaren echter geleidelijk tot nihil (Fig. III.32a) (Purdom & Garrod, 1990).

Voor de biomassa-afname van roggen bestaan meer aanwijzingen. Al in de 30er jaren werd een afname van stekelroggen in de kustzone en de Waddenzee gesignaleerd die ongetwijfeld samenhing met intensieve visserij met bodemtrawls in de kustzone. Na 1965 wordt de stekelrog evenals de pijlstaartrog een zeldzame verschijning in het Deltagebied en de Waddenzee (Boddeke, RIVO, mond. meded.; ongepubl. NIOZ-geg.; Meyer, 1984, 1986). Nadat in de Tweede Wereldoorlog de visserij 5 jaar bijna stillag, waren de aantallen roggen en vleten sterk toegenomen, zelfs tot het niveau van de jaren 20 (Fig. III.31), een aanwijzing voor intensieve bevissing al voor de Tweede Wereldoorlog. Eikapsels van de stekelrog, aangespoeld op het strand, waren voor de oorlog een zeer algemeen verschijnsel, maar zijn tegenwoordig even zeldzaam geworden als de eikapsels van andere zeldzame roggensoorten (Swennen, mond. meded.). Nijssen & de Groot (1987) constateerden een toename van het aandeel niet-geslachtsrijpe roggen in de vangsten, mogelijk samenhangend met een sterke bevissing.

Een aantal factoren speelt een rol bij de sterke afname van biomassa van de roggen, zeker in de kustzone van de zuidelijke Noordzee. De bodemtrawlvisserij heeft een goede kans deze soorten te vangen, die pas laat (pijlstaartrog in 9^{e} levensjaar!) geslachtsrijp worden, zodat de paaistand snel gevaar loopt te verkleinen. Aangezien de rog slechts over een geringe reproduktiecapaciteit beschikt - per jaar worden 6 à 9 jongen (pijlstaartrog) geboren of 140 eieren (stekelrog) gelegd - zal de overleving van deze jongen of aan stenen en wieren gehechte eikapsels een essentiële factor voor het instandhouden van de paaistand zijn. Effecten van bodemvisserij op overleving van jongen en eikapsels zijn niet onderzocht, maar indien (onbeschadigde) ontsnapping door de mazen onmogelijk is, zal de sterfte vrijwel 100% zijn (Bergman e.a., 1990).

Over de lange termijn trends bij haaien is een studie in voorbereiding (RIVO/DGW, in prep.). Voorlopige resultaten van een studie bij het NIOZ, waarbij de bijzondere vangsten van de Nederlandse Noordzeevisserij worden geanalyseerd (de Vooys e.a., in press) laten een trend zien vanaf de 60er jaren met afnemende dichtheden van de hondshaai (*Scyliorhinus canicula*) en toonhaai (*Mustelus mustelus*). Het

moet niet uitgesloten worden, dat de bodemtrawlvisserij een belangrijke bijdrage heeft geleverd aan deze dichtheidsvermindering door het wegvissen van zowel haaien als de in geringe aantallen geproduceerde eieren, die gevat in kapsels aan de bodem (stenen) worden gehecht.

III.4.3.6. NIET-COMMERCIËLE SOORTEN

Over lange termijn trends in niet-commerciële soorten is slechts zeer weinig bekend.

De grote pieterman *Trachinus draco*, een bodemvis die zich in de zomer in de zandige kustzone ophoudt en in de herfst en winter verspreid over de Zuidelijke Bocht verspreid voorkomt, was vroeger een algemeen voorkomende soort in de Noordzee, die ook commerciële waarde had. Deze soort, die tegelijk met andere vissoorten in de bodemtrawlvisserij en ook in de boomkorvisserij werd gevangen, is waarschijnlijk niet bestand geweest tegen de zware exploitatiedruk en is na een sterke afname in dichtheid in de 50er jaren nu uit grote delen van de Noordzee verdwenen (Daan, 1989; Zijlstra, 1978).

In een enkel geval wordt ook bij niet-commerciële vissoorten, evenals bij de commercieel beviste soorten, een trend tot vermindering van het aantal in de populatie aanwezige jaarklassen geconstateerd. Onderzoek aan groei en mortaliteit van de pitvis (*Callionymus lyra*), een op de bodem levende vis die vooral in de kustzone voorkomt, leerde dat vergeleken met 1948 de oudere jaarklassen in de 70er jaren ontbraken, terwijl de mortaliteit in de 70er jaren 55% per jaar bedroeg (van der Veer e.a., 1990). De afwezigheid van oudere individuen wordt in verband gebracht met de toegenomen bodemvisserij in deze periode.

Inzicht ontbreekt in de lange termijn trends in de dichtheid van bijv. de kleine pieterman *Trachinus vipera*, eveneens een bewoner van zandige sedimenten tot een diepte van 50 m, die zich voornamelijk (86%) voedt met grondels (*Pomatoschistus* spec.). Tijdens een onderzoek in de periode 1972-1984 (Creutzberg & Witte, 1989) bleek de kleine pieterman veelvuldig voor te komen in de zuidelijke Noordzee ten zuiden van de Oestergronden met de grootste dichtheden nabij de Bruine Bank, aan de westzijde van de Nederlandse sector. In de kustzone komt deze soort 's zomers algemeen voor. De verspreiding lijkt voornamelijk door de korrelgrootteverdeling van het sediment te worden bepaald. Jaarklassen 0 t/m 3 vertegenwoordigen 90% van de populatie; de oudste gevangen dieren bleken 6 jaar oud te zijn. Vergelijking van de populatie met vroeger is door gebrek aan gegevens onmogelijk.

De grondels vertegenwoordigen een andere bodembewonende niet-commerciële vissoort, waar gebrek aan oude gegevens een inzicht in lange termijn trends verhindert. Verondersteld wordt, dat de aantallen grondels eerder door predatie dan door beschikbaarheid van voedsel worden bepaald (Evans, 1983; Miller, 1984). Visserij zal op deze kleine vissen (max. 10 cm) weinig direct effect hebben, omdat het merendeel door de mazen ontsnapt. Hamerlynck e.a. (1986) constateerden dat de grondels 80 à 95% van hun voedsel uit de waterkolom betrekken en daardoor een belangrijke bijdrage leveren aan het beschikbaar maken van pelagiale sedundaire produktie (calanoïden, mysiden, etc.) voor demersale predatoren. Speciaal in gebieden met een hoge turbulentie en een arme benthische fauna in mobiele sedimenten kan dit een belangrijke rol spelen binnen het ecosysteem. De grondels zijn zeer talrijk in de zuidelijke Noordzee met afnemende dichtheden gaande vanaf de kust tot aan de Doggersbank (van Noort e.a., 1983, 1984). De eieren, relatief gering in aantal, worden aan lege schelpen op de bodem gehecht en met een zekere broedzorg omringd. Specifieke paai- en opgroeigebieden ontbreken. De populatie bestaat vrijwel uitsluitend uit 0- en 1- jarigen (Fonds, 1974, 1978).

III.4.4. OORZAKEN VAN LANGE TERMIJN TRENDS

Trends in het biomassaverloop kunnen het gevolg zijn van veranderingen in de groei of in aantallen individuen.

Voorlopige analyse van de gegevens afkomstig van het English Groundfish Survey (Bromley, in prep.) in de periode 1977-1985 geeft aan dat het voorkomen en de groeisnelheid van 1-groep kabeljauw, wijting en schelvis gebiedsafhankelijk zijn (Harding e.a., 1986).

Veranderingen in het verloop van de biomassa als direct gevolg van aantalsveranderingen kunnen in vispopulaties ontstaan door variaties in recruitment, in visserijsterfte of in natuurlijke sterfte (mortaliteit door predatie). Deze factoren hangen nauw samen. Zo kan in een door overbevissing sterk gereduceerde paaipopulatie de ei- en larvenproduktie zover afnemen, dat het recruitment sterk vermindert. Een door overbevissing, eventueel in combinatie met geringe jaarklassterkte, sterk gereduceerde populatie kan een verandering in predatiedruk veroorzaken waar van prooi-populaties kunnen profiteren. In het algemeen geldt, dat een hogere visserijmortaliteit leidt tot een geringer aantal jaarklassen in de populatie, waardoor de jaarlijkse variaties in de biomassa als gevolg van fluctuaties in recruitment toenemen (Daan e.a., 1990). Voor de overzichtelijkheid zullen de factoren die de totale biomassa in belangrijke mate bepalen (recruitment, visserijmortaliteit en natuurlijke sterfte) afzonderlijk behandeld worden.

III.4.4.1. VARIATIES IN RECRUITMENT

De uiteindelijke jaarklassterkte wordt in belangrijke mate bepaald gedurende het 1e levensjaar. Vispopulaties vertonen grote jaarlijkse verschillen in recruitment, d.w.z. de aanwas van nieuwe individuen aan de populatie, meestal gemeten als het aantal overlevenden in een enkele jaarklas op 1-jarige leeftijd (als 1-groep). Inzicht in de oorzaken van de fluctuaties in recruitment moet als een belangrijke onderbouwing van beheersstrategieën worden beschouwd (Rothschild, 1986). Mogelijk dragen predatie door evertebraten op eieren en larven en intra- en interspecifieke predatie bij tot de regulatie van de jaarklassterkte (Bailey & Houde, 1987; Sissenwine, 1984; van der Veer, 1986).

In Fig. III.33 worden de tijdseries van het recruitment van de 11 commercieel meest belangrijke vissoorten weergegeven.

Onder de kabeljauwachtigen blijken vanaf de eindjaren '60 schelvis een zeer variabel, koolvis een stabiel en kabeljauw en wijting een qua stabiliteit intermediair recruitment te vertonen. De alternerende jaarklassterkte bij kabeljauw wordt wel aan kannibalisme toegeschreven, hoewel direct bewijs hiervoor ontbreekt (Daan, 1973).

Onder de pelagische soorten vertoont makreel sinds 1969 een uiterst laag recruitment. Dit lage recruitment lijkt verband te houden met de door visserij zeer sterk gereduceerde paaistand (Daan e.a., 1990). De haring vertoonde in het midden van de 70er jaren langdurig een uiterst laag recruitment, dat mogelijk niet uitsluitend een gevolg was van overbevissing maar eveneens van ongewone hydrografische condities. Corten (1990) geeft als hypothese voor het falende recruitment in de 70er jaren dat dit mede veroorzaakt werd door afwijkende patronen in de Noordatlantische circulatie. Gewijzigde windpatronen leidden tot een sterke reductie in de stroming van Atlantisch water langs de westkust van Schotland en de Noordzee in. Er zijn aanwijzingen dat als gevolg van deze stromingsveranderingen sterke wijzigingen ontstonden in het transport van haringlarven van de verschillende Noordzee-stocks naar de opgroeigebieden in de zuidoostelijke Noordzee. In elk geval leidde het falende recruitment gecombineerd met de zware visserijdruk tot een snelle reductie van de paaistand na 1972. Na 1980 is het recruitment weer redelijk stabiel. Deze stabiliteit wordt waarschijnlijk mede gegenereerd door meerdere sub-stocks in de Noordzee.

Van de kortlevende soorten blijkt kever een redelijk stabiel recruitment te vertonen. Het recruitment van zandspiering en sprot blijkt zeer variabel, waarbij zandspiering vooral in de zuidelijke paaipopulatie een alternerend recruitment lijkt te vertonen.

Van de platvissen vertoont schol een relatief stabiel recruitment. Dichtheidsafhankelijke regulatie, vooral in de fase waarin de eieren en larven nog op de Noordzee verblijven, vóórdat de kinderkamers zijn bereikt, zou hierbij een rol kunnen spelen (Bannister, 1978; Rauch & Zijlstra, 1978; van der Veer, 1986). Tong daarentegen vertoonde in het verleden een sterk wisselende jaarklassterkte, hoewel in recente jaren het recruitment relatief stabiel is gebleven, mogelijk als gevolg van de lagere wintertemperaturen (Daan e.a., 1990).

Uit Fig. III.33 blijken weinig aanwijzingen voor overeenkomsten in jaarklassterkten tussen verschillende soorten in hetzelfde jaar (Anon., 1987c). In het algemeen blijkt recruitment niet in gevaar te zijn gekomen door visserij-activiteiten; een uitzondering vormen makreel en haring waarbij een extreem klein paaibestand voor een uiterst laag recruitment zorgde (Daan e.a., 1990). Het lijkt zeer aannemelijk, dat ook de populaties van roggen in de zuidelijke en centrale Noordzee sterk zijn afgenomen doordat een door bevissing sterk gereduceerde paaistand een zeer laag recruitment opleverde. Ook bij kabeljauw, schelvis en tong zou bij een ongewijzigde visserijdruk in de nabije toekomst het recruitment gelimiteerd kunnen worden door de geringe aantallen volwassen vissen (Daan, 1989).

III.4.4.2. VARIATIES IN VISSERIJMORTALITEIT

Het exploiteren van de vispopulaties in de Noordzee moet een aanzienlijke invloed op de ecologie van de Noordzee hebben gehad. Sinds 1945 nam deze invloed sterk toe, zoals blijkt uit de trends in visserijsterfte in alle commerciële vissoorten. In 1975 bedroeg de totale Noordzeevangst het dubbele van 1945, namelijk 3×10^6 ton, waarna de totale vangst afnam tot ruim 2×10^6 ton begin 80er jaren (Holden, 1978; ICES; Bull. Statistiques).

De decimatie van diverse populaties (zoals haring, makreel en mogelijk ook rog), die in eerste instantie een gevolg van overbevissing is, zal ongetwijfeld tot veranderingen in het ecosysteem hebben geleid, hoewel de precieze oorzaak-gevolgrelaties niet opgehelderd zijn (Hempel, 1978). De informatie zowel over verschuivingen binnen de visfauna als over effecten op andere trofieniveaus is verre van compleet (Daan, 1978).

Visserijsterfte leidt tot een sterke reductie van het aantal talrijke jaarklassen in de populatie. In niet beviste populaties kabeljauw, platvis en haring varieert de natuurlijke sterfte naar schatting tussen 10 en 20% per jaar, zodat in dergelijke populaties vissen ouder dan 25 jaar geen zeldzaamheid zijn. De totale biomassa van de populatie bestaat uit zeer veel jaarklassen en zal daarom zeer stabiel zijn. In een sterk beviste populatie wordt de levensverwachting drastisch gereduceerd en daarmee het aantal talrijke

jaarklassen; variaties in het jaarlijks recruitment zullen hierdoor een veel sterkere invloed op de totale biomassa van de populatie hebben. Eén slechte jaarklas in een uit 3 à 5 jaarklassen opgebouwde populatie kan de totale paaipopulatie van het ene op het andere jaar sterk doen afnemen. De tegenwoordige visserijsterfte ligt in sommige gevallen in de orde van 70% per jaar en dit niveau geeft de vis slechts een uiterst geringe kans om 5 jaar oud te worden (Daan e.a., 1990). Ook onder niet-commerciële vissoorten wordt deze trend geconstateerd, bijv. bij de pitvis (*Callionymus lyra*) (van der Veer e.a., 1990). De hoge mortaliteit (55% per jaar) en de zeldzaamheid van oudere individuen vergeleken met de periode direct na de oorlog kunnen in verband gebracht worden met de toegenomen bodemvisserij in deze periode.

In het algemeen leidt een verjonging van de totale stand als gevolg van visserij tot een hogere produktie als gevolg van een hogere conversie-efficiëntie van jonge vis (Jones, 1984).

Een hogere visserijmortaliteit zal in het algemeen tot een kleinere paaistand kunnen leiden. Hoewel het recruitment in grote lijnen onafhankelijk lijkt te zijn van de grootte van de paaistand (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1954; Shepherd, 1982), kan bij een zeer sterk gereduceerde paaistand de verminderde ei- en larvenproduktie een beperkende factor worden. Soorten met een door visserij sterk gereduceerde populatie (makreel, haring) kunnen hierbij als voorbeelden gelden (Daan e.a., 1990). Voor soorten gekarakteriseerd door een geringe voortplantingscapaciteit (haaien, roggen) zou ditzelfde waarschijnlijk in nog sterkere mate kunnen gelden.

Door de visserij in het Noordzee ecosysteem geïnduceerde veranderingen kunnen niet of nauwelijks gescheiden worden van effecten van andere lange termijn veranderingen binnen het ecosysteem. De effecten van hydrografische variaties op recruitment van haring en sprot in de Noordzee (Cushing, 1982; Corten, 1990) zijn hiervan een sprekend voorbeeld (zie III.4.3). Ook effecten van andere antropogene invloeden kunnen moeilijk afzonderlijk gekwantificeerd worden. De Veen (1976) vond een positieve correlatie tussen enerzijds de totale visserij-inspanning en eutrofiëring en anderzijds de versnelling van de groei bij tong in de zuidelijke Noordzee. Houghton (1979) schreef deze groeiversnelling echter toe aan een dichtheidsafhankelijke groei, maar deze bewering is weerlegd (van Rijnsdorp e.a., 1991). Vergelijking van de groei van pitvis in 1948 met de periode 1972-1984 leidt tot de conclusie, dat de groei van deze crustaceeën, echinodermen en wormen consumerende bodemvis niet is toegenomen in de periode van toenemende eutrofiëring van de Noordzee (van der Veer e.a., 1990, in press). Bij de huidige visserijsterfte zullen in het algemeen de effecten van eutrofiëring op de productiviteit ondergeschikt blijven aan de effecten van de visserij. Eutrofiëring van de Noordzee lijkt niet een voldoende verklaring voor de waargenomen toename van de totale Noordzeevangsten sinds 1960 (Ursin & Andersen, 1978). Mogelijk zal eutrofiëring van het kustwater tot effecten op de locale produktie kunnen leiden. Indien de productiviteit van de kinderkamers m.b.t. bijv. platvis in de kustzone daardoor toeneemt, zal dit voor de totale Noordzee-populatie gevolgen kunnen hebben (Daan e.a., 1990).

III.4.4.3. VARIATIES IN PREDATIE

Interspecifieke predatie onder commerciële vissoorten is een factor gebleken die de effecten van beheersmaatregelen in hoge mate kan beïnvloeden (Anon., 1987c). In termen van biomassa zijn de hoeveelheid vis die in het ecosysteem wordt geconsumeerd en de hoeveelheid die door de visserij wordt gevangen vergelijkbaar. In termen van aantal individuen overtreft de consumptie van (voornamelijk jonge) vis de visvangst echter verre (Daan e.a., 1990).

Verschuivingen binnen de predator-prooi relaties als gevolg van visserij zijn zeker te verwachten, maar directe aanwijzingen ontbreken nog. Andersen & Ursin (1977) schrijven op basis van de fosfor-flux door het systeem de toename van de industrievis en de rondvis in de 60er jaren toe aan de toegenomen hoeveelheid voedselorganismen na de ineenstorting van de haring- en makreelstand als gevolg van overbevissing.

LITERATUUR

ANDERSEN, K.P. & E. URSIN, 1977. A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production. Meddr. Danm. Fisk. og Havunders. NS7: 319-435.

ANONYMOUS, 1927. Jaarverslag omtrent de toestand der visscherijen op de Zeeuwse stroomen over het jaar 1926.

ANONYMOUS, 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.

ANONYMOUS, 1978. The biology, distribution and state of exploitation of shared stocks in the North Sea area. ICES Coop. Res. Rep. **74:** 81 pp.

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

ANONYMOUS, 1985. Report of the 0-group North Sea flatfish Working Group, IJmuiden 21-25 November 1983. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea C.M.ICES/G:2.

ANONYMOUS, 1987a. Report of the North Sea flatfish Working Group. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea C.M.ICES/A:7.

ANONYMOUS, 1987b. Report of the North Sea Roundfish Working Group. ICES CM 1987/A: 15.

ANONYMOUS, 1987c. Report of the ad hoc Multispecies Assessment Working Group, Copenhagen, 12-18 November 1986. ICES C.M. 1987/Assess:9 (mimeo).

ANONYMOUS, 1987d. 13e Report of the Scientific and Technical committee for fisheries. Commission of the European Communities. Brussels. Okt. 1987. SEC (87) 1557.

BAERENDS, G.P., 1947. De rationeele exploitatie van den zeevischstand, in het bijzonder van den vischstand van de Noordzee. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening. Verslagen en Mededeelingen van de Afdeeling Visserijen **36:** 99 pp.

BAILEY, K.M. & E.D. HOUDE, 1987. Predators and predation as a regulatory force during the early life of fishes. ICES C.M. 1987/mini No 2 (mimeo).

BANNISTER, R.C.A., 1978. Changes in plaice stocks and plaice fisheries in the North Sea Plaice. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 86-101.

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.

BERGMAN, M.J.N., M. FONDS, M. HUP, W. LEWIS, P. VAN DER PUYL, A. STAM & D. DEN UYL, 1990. Direct effects of beamtrawl fishing on benthic fauna in the North Sea. BEON-rapport 8: 33-57.

BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest., Lond. **19:** 1-533.

BROMLEY, P.J., in prep. Evidence for density dependent growth in North Sea fish.International Symposium on fish population Biology, July 1989, Aberdeen.

BURD, A.C., 1978. Long-term changes in North Sea herring stocks. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 137-153.

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

CORTEN, A.H.C.M., 1990. Long-term trends in pelagic fish stocks of the North Sea and adjacent waters and their possible connection to hydrographic changes. Neth. J. Sea Res. **25:** 227-235.

CREUTZBERG, F., 1985. A persistent chlorophyll *a* maximum coindiciding with an enriched benthic zone. In: P.E. GIBBS. Proc. of 19th EMBS, Cambridge Univ. Press: 97-108.

CREUTZBERG, F. & J.IJ. WITTE, 1989. An attempt to estimate the predatory pressure exerted by the lesser weever, *Trachinus vipera*, in the southern North Sea. J. Fish. Biol. **34:** 429-449.

CUSHING, D.H., 1980. The decline of the herring stocks and the gadoid outburst. J. Cons. int. Explor. Mer **39:** 70-81.

CUSHING, D.H., 1982. Climate and fisheries. Academic Press Inc. New York: 373 pp.

DAAN, N., 1973. A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod, *Gadus morhua*. Neth. J. Sea Res. **6:** 479-517.

DAAN, N., 1975. Oecologische gevolgen van de visserij op Noordzee-kabeljauw. Thesis, Leiden.

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.

DAAN, N., 1980. A review of the replacement of depleted stocks by other species and the mechanisms underlying such replacements. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **177:** 405-421.

DAAN, N., 1989. The ecological settling of North Sea fisheries. Dana **8:** 17-31.

DAAN, N., P.J. BROMLEY, J.R.G. HISLOP & N.A. NIELSEN, 1990. Ecology of North Sea Fish. Neth. J. Sea Res. **26:** 343-386.

DUNNET, G.M., R. FURNESS, M. TASKEN & P.H. BECKER, 1990. Seabird ecology in the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26:** 387-425.

EVANS, S., 1983. Production, predation and food rich segregation in a marine shallow sof bottom community. Mar. Ecol. Prog. Ser. **10:** 147-157.

FONDS, M., 1974. Sand gobies in the dutch Wadden Sea (*Pomatoschistus*, Gobiidae, Pisces). Thesis, Leiden: 418-487.

FONDS, M., 1978. The seasonal distribution of some fish species in the western dutch Wadden Sea. In: N. DANKERS, W.J. WOLFF & J.J. ZIJLSTRA. Fishes and fisheries of the Wadden Sea: 42-77.

FURNESS, R.W., 1978. Energy requirements of seabird communities: a bioenergetics model. J. Anim. Ecol. **47:** 39-53.

GEE, A. DE, M.A. BAARS & H.W. VAN DER VEER, in press. Het Friese Front. Waarnemingen aan een biologisch-rijke zone in de Noordzee, gelegen tussen de Zuidelijke Bocht en de Oestergronden. NIOZ-rapport.

GROOT, S.J. DE, 1980. The consequences of marine gravel extraction on the spawning of herring *Clupea harengus*. J. Fish. Biol. **16:** 605-611.

GULLAND, J.A., 1977. Fish population dynamics. John Wiley & Sons London: 372 pp.

HAMERLYNCK, O., C. HEIP & F. REDANT, 1986. Life history, food consumption and food resource partioning in two sympatric gobius *Pomatoschistus minutes* and *P. lozanoi* in the Belgian coastal waters. ICES C.M. 1986/L:14.

HAMRE, J., 1978. The effect of recent changes in the North Sea mackerel fishery on stock and yield. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 197-210.

HARDING, D., L. WOOLNER & J. DANN, 1986. The English groundfish surveys in the North Sea, 1977-1985. ICES C.M. 1986/G:13 (mimeo).

HEMPEL, G., 1978. North Sea fish stocks - recent changes and their causes. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 449 pp.

HOLDEN, M.J., 1975. The fecundity of *Raja clavata* in British waters. J. Cons. int. Explor. Mer **36:** 110-118.

HOLDEN, M.J., 1978. Long-term changes in landings of fish from the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 11-27.

HOLDEN, M.J. & R.N. TUCKER, 1974. The food of *Raja clavata*, *R. montagui*, *R. naevus* and *R. brachyura* in British water. J. Cons. int. Explor. Mer **35:** 189-193.

HOUGHTON, R.G., 1979. Density-dependent growth in demersal fish. ICES C.M. 1979/G:22 (mimeo).

ICES, 1989. Report of the study group on the feasibility of an Atlas of North Sea Fishes. ICES 1989/G:7: 14 pp.

JONES, R., 1984. Some observations on energy transfer through the north Sea and Georges Bank food webs. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **183:** 204-217.

MEIJER, A.J.M., 1984. Monitoring-onderzoek aan de visstand van de Oosterschelde. Overzicht 1982-1983. Bureau Waardenburg BV: 25 pp + bijlagen.

MEIJER, A.J.M., 1986. Monitoring-onderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde. Overzicht 1984 en 1985. Bureau Waardenburg BV: 21 pp + bijlagen.

MILLER, P.J., 1984. Fish reproduction strategies and tactics. G.W. Potts & R.J. Wootton, London: 119-153.

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.

NIJSSEN, H. & S.J. DE GROOT, 1987. De vissen van Nederland. Utrecht: 224 pp.

POSTUMA, K.H., A. SAVILLE & R.J. WOOD, 1975. Herring spawning grounds in the North Sea. ICES C.M. H:46 Pelagic Fish (Northern) Committee.

PURDOM, C.E. & D.J. GARROD, 1990. Fisheries on the Doggerbank. ICES CM 1990/G:66: 5 pp.

RAUCK, G. & J.J. ZIJLSTRA, 1978. On the nursery aspects of the Waddensea for some commercial fish species and possible long-term changes. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 266-275.

REDEKE, H.C., 1910. Statistiek der Nederlandse zee- en kustvisserij voor 1909. In: Jaarboek van het Rijksinstituut voor het onderzoek der zee: 7-36.

REDEKE, H.C., 1935. De Noordzeevisserij. N.V. de Arbeiderspers, Amsterdam: 103 pp.

RILEY, J.P. & R. CHESTER, 1971. Introduction to marine chemistry. Academic Press, London and New York: 465 pp.

RICKER, W.E., 1954. 'Stock and recruitment'. J. Fish. Res. Bd Can. **11:** 559-623.

ROTHSCHILD, B.J., 1986. Dynamics of marine fish populations. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts & London.

RIJNSDORP, A.D., N. DAAN, F.A. VAN BEEK & H.J.L. HEESSEN, 1991. Reproductive variability in North Sea plaice, sole and cod. J. Cons. int. Explor. Mer **47.**

SHEPHERD, J.G., 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. J. Cons. int. Explor. Mer **40:** 67-75.

SIMPSON, A.G., 1959. The spawning of the plaice in the North Sea. Fishery Invest. Lond. Ser. 2, **22:** 1-111.

SISSENWINE, M.P., 1984. Why do fish populations vary? In: R.M. MAY. Exploitation of marine communities. Dahlem Konferenzen 1984, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: 59-94.

SPARHOLT, H., 1987. An estimate of the total biomass of fish in the North Sea, with special emphasis on fish eating species not included in the MSVPA model. ICES C.M. 1987/G:52 (mimeo).

SPRONG, I., B.R. KUIPERS & H. WITTE, 1990. Acoustic phenomena related to a enriched benthic zone in the North Sea. J. Plank. Res. **12:** 251-261.

THOMPSON, H., 1928. Haddock biology. IV. The haddock of the northwestern North Sea. Sci. Invest. Fishery Bd Scotl. **1927:** 20 pp.

URSIN, E. & K.P ANDERSEN, 1978. A model of the biological effects of eutrophication in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 366-377.

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.F. DE, 1976. On changes in some biological parameters in the North Sea sole (*Solea solea* L.). J. Cons. int. Explor. Mer **37:** 60-90.

VEEN, J.F. DE, 1978. On selective tidal transport in the migration of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*) and other flatfish species. Neth. J. Sea Res. **12:** 115-147.

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

VEER, H.W. VAN DER, 1986. Regulation of the population of 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the Waddensea. Thesis, University of Groningen.

VEER, H.W. VAN DER, F. CREUTZBERG, R. DAPPER, G.C.A. DUINEVELD, B.R. KUIPERS, G.J. VAN NOORT & J.IJ. WITTE, 1990. On the ecology of the dragonet (*Callionymus lyra*) in the southern North Sea. Neth. J. Sea Res. **26:** 139-150.

VINTHER, M. & H. SPARHOLT, 1988. The biomass of skates in the North Sea. ICES C.M. 1988/G:48.

VOOYS, C.G.N. DE, J.IJ. WITTE, R. DAPPER, J.M. VAN DE MEER & H.W. VAN DER VEER, in press. Lange termijn veranderingen in zeldzame vissoorten op het Nederlands Continentaal Plat van de Noordzee. NIOZ-rapport.

WHEELER, A., 1969. The Fishes of the British Isles and North-West Europe: 613 pp.

WHEELER, A., 1978. Key to the fishes of Northern Europe. Publ. Fred. Warne Ltd London: 308 pp.

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: 5/10-5/19.

ZIJLSTRA, J.J., 1972. On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishery resources. Symp. zool. Soc. Lond. **29:** 233-258.

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.

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

ZIJLSTRA, J.J., R. DAPPER & J.IJ. WITTE, 1982. Settlement, growth and mortality of post-larval plaice (*Pleuronectes platessa*) in the western Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. **15:** 250-272.

TABEL III.5

Geschatte biomassa in 10^3 ton in de Noordzee op basis van (B) survey data (Sparholt, 1987) in vergelijking met data van commerciële soorten (A) gebaseerd op numerical assessment. Alleen soorten met waarden boven de 10.000 ton zijn genoemd. (IYFS: International Young Fish Surveys in februari; EGFS: English Groundfish Surveys in augustus) (uit Daan e.a., 1990).

A. Key species	*Analytical assessment*	
	January 1st	*October 1st*
Gadus morhua	261	212
Melanogrammus aeglefinus	473	633
Merlangius merlangus	355	482
Pollachius virens	477	516
Clupea harengus	933	1660
Scomber scombrus	156	720
Trisopterus esmarkii	948	1446
Sprattus sprattus	144	252
Ammoditydae	1556	2081
Pleuronectes platessa	475	475
Solea solea	60	60
Total	5898	8537

B. Other species	*Trawl surveys*	
	IYFS	*EGFS*
Squalus acanthias	13	46
Raja radiata	138	252
Raja montagui	18	5
Raja batis	45	3
Raja naevus	23	24
Raja clavata	2	30
Argentina sphyraena	6	47
Lophius piscatorius	14	17
Pollachius pollachius	36	26
Trisopterus luscus	17	4
Trisopterus minutus	15	55
Micromesistius poutassou	3	131
Molva molva	49	22
Merluccius merluccius	6	13
Sebastes viviparus	6	48
Eutrigla gurnardus	48	146
Trachurus trachurus	6	1585
Anarhichas lupus	18	24
Callionymus spp.	3	17
Lepidorhombus whiffiagonis	32	17
Glyptocephalus cynoglossus	29	10
Hippoglossoides platessoides	241	207
Limanda limanda	1576	1620
Microstomus kitt	226	162
Platichthys flesus	38	+
Other species	42	51
Total	2813	4524

TABEL III.6

Gemiddelde biomassa en mortaliteit (in 10^3 ton) voor 9 commerciële soorten over de periode 1974-1985 (Anon., 1987 in Daan e.a., 1990).

average biomass	
Total	6772
(Predators only**)	2139)
mortality (per year)	
Fishery yield	2454
Internal consumption	2726
Residual mortality	2891
Total	7071

*)cod, haddock, whiting, saithe, herring, mackerel, Norway pout, sprat, sandeel

**) cod, haddock, whiting, saithe, mackerel

TABEL III.7

Samenstelling van 3 Noordzee visfauna associaties. Weergegeven zijn de 10 in biomassa dominerende soorten uit de English Groundfish Surveys 1982-1985 (uit Daan e.a., 1990).

Group 1 *Shelf edge*	%	*Group 2* *Central N.S.*	%	*Group 3* *Southern & Eastern N.S.*	%
Saithe	43.6	Haddock	42.4	Dab	21.8
Haddock	11.6	Whiting	13.9	Whiting	21.6
Norway pout	10.7	Cod	9.2	Grey gurnard	12.8
Whiting	9.1	Norway pout	4.7	Scad	9.9
Scad	7.6	Saithe	4.5	Plaice	6.3
Blue whiting	4.1	Dab	3.7	Cod	5.5
Cod	3.8	Grey gurnard	2.0	Haddock	4.7
Mackerel	1.6	Herring	2.5	Herring	4.5
Hake	1.3	Lemon sole	1.8	Mackerel	3.0
Ling	1.2	Starry ray	2.0	Tope	2.1
Total	94.6	Total	86.7	Total	92.2

TABEL III.8

Gemiddelde aantallen (N) en biomassa's (B, uitgedrukt in g AVD (As Vrij Drooggewicht)) van vissen per 10.000 m^2 in de zeegebieden Noord (gemiddelde waarden berekend over 15 trekken met een boomkor) Front, (11 trekken) en Zuid (11 trekken). De gebieden Noord, Front en Zuid zijn ca. 25 km breed en bevinden zich tussen 4^0 en 5^0 OL. De data, afkomstig van Van Noort e.a. (1979-1986), werden verzameld in 1972-1980 (de Gee e.a,. in press).

	Noord		Front		Zuid	
	N	B	N	B	N	B
—PLATVISSEN—						
Hippoglossoides platessoides	2	2.3	1	1.5	-	-
Arnoglossus laterna	19	16.5	23	23.6	5	4.4
Limanda limanda	85	631.8	149	726.8	30	172.5
Bugglossidium luteum	14	8.0	150	34.7	53	18.0
Pleuronectus platessa	2	20.9	4	28.2	6	73.5
Solea solea	1	1.2	2	3.6	1	0.6
—OVERIGE VISSEN—						
Pomatoschistus norvegicus	2	0.2	-	-	-	-
Trisopterus spp.	5	18.2	1	5.1	1	1.7
Rhinonemus cimbrius	7	8.7	3	2.0	1	0.2
Eutrigla gurnardus	3	4.2	3	2.9	1	1.5
Merlangus merlangus	27	125.7	61	472.1	5	12.6
Callionymus lyra	59	134.1	79	123.6	27	48.2
Pomatoschistus lozanoi	4	0.5	8	2.3	52	6.9
Pomatoschistus minutus	7	1.5	29	10.1	61	11.9
Callionymus reticulatus	1	0.2	3	0.6	4	0.8
Pomatoschistus pictus	-	-	2	0.3	13	0.8
Trachinus vipera	-	-	1	-	2	2.6
Ammodytes sp.	-	-	1	-	2	0.3

Fig. III.23. Verspreiding van visfauna in de Noordzee in drie hoofdgroepen gebaseerd op clusteranalyse van gemiddelde biomassa van de 50 meest voorkomende soorten gevangen in de English Groundfish Surveys 1982-1986.
visfauna nabij rand continentale plat
centrale visfauna
zuidoostelijke visfauna
(uit Daan e.a., 1990).

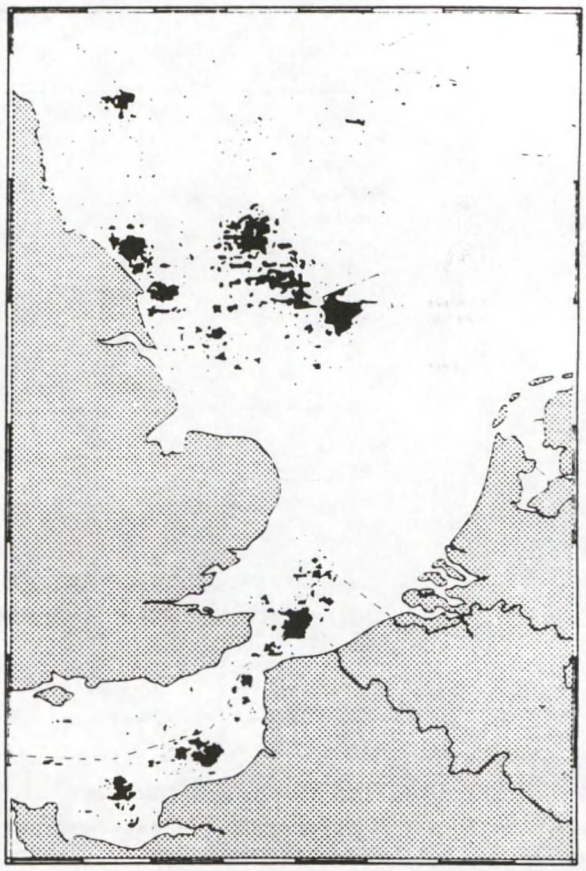


Fig. III.24. (Potentiële) paaigebieden van haring (*Clupea harengus*) in de Noordzee; in de figuur is het Klaverbankgebied met een rechthoek aangegeven. (naar Postuma e.a., 1975).

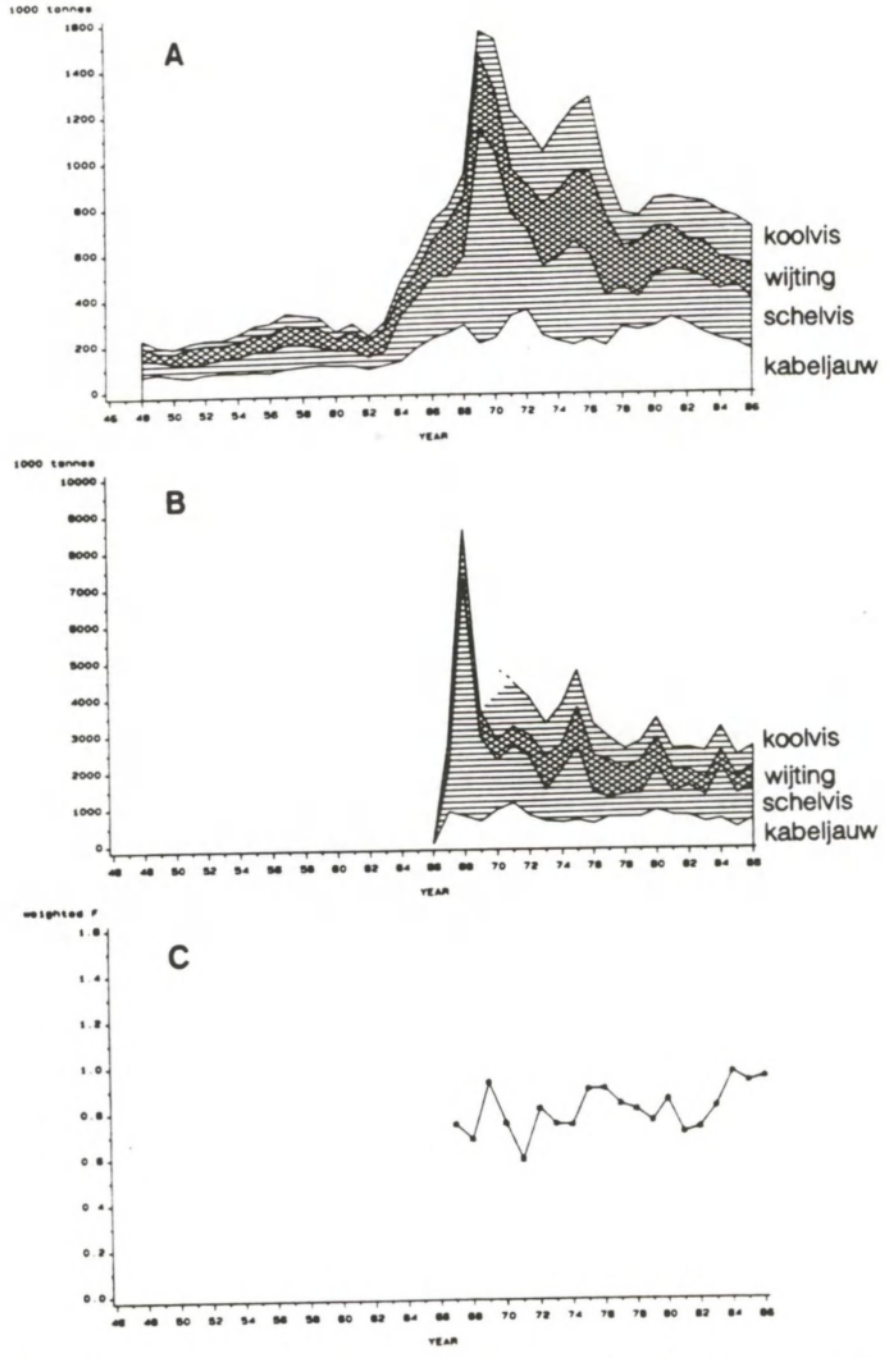


Fig. III.25. Internationale vangsten (A) en biomassa (B) van koolvis (*Pollachius virens*), wijting (*Merlangius merlangus*), schelvis (*Melanogrammus aeglefinus*) en kabeljauw (*Gadus morhua*) in de Noordzee; gewogen visserijmortaliteitscoëfficiënt (C) van deze vissoorten (bron: Daan e.a., 1990).

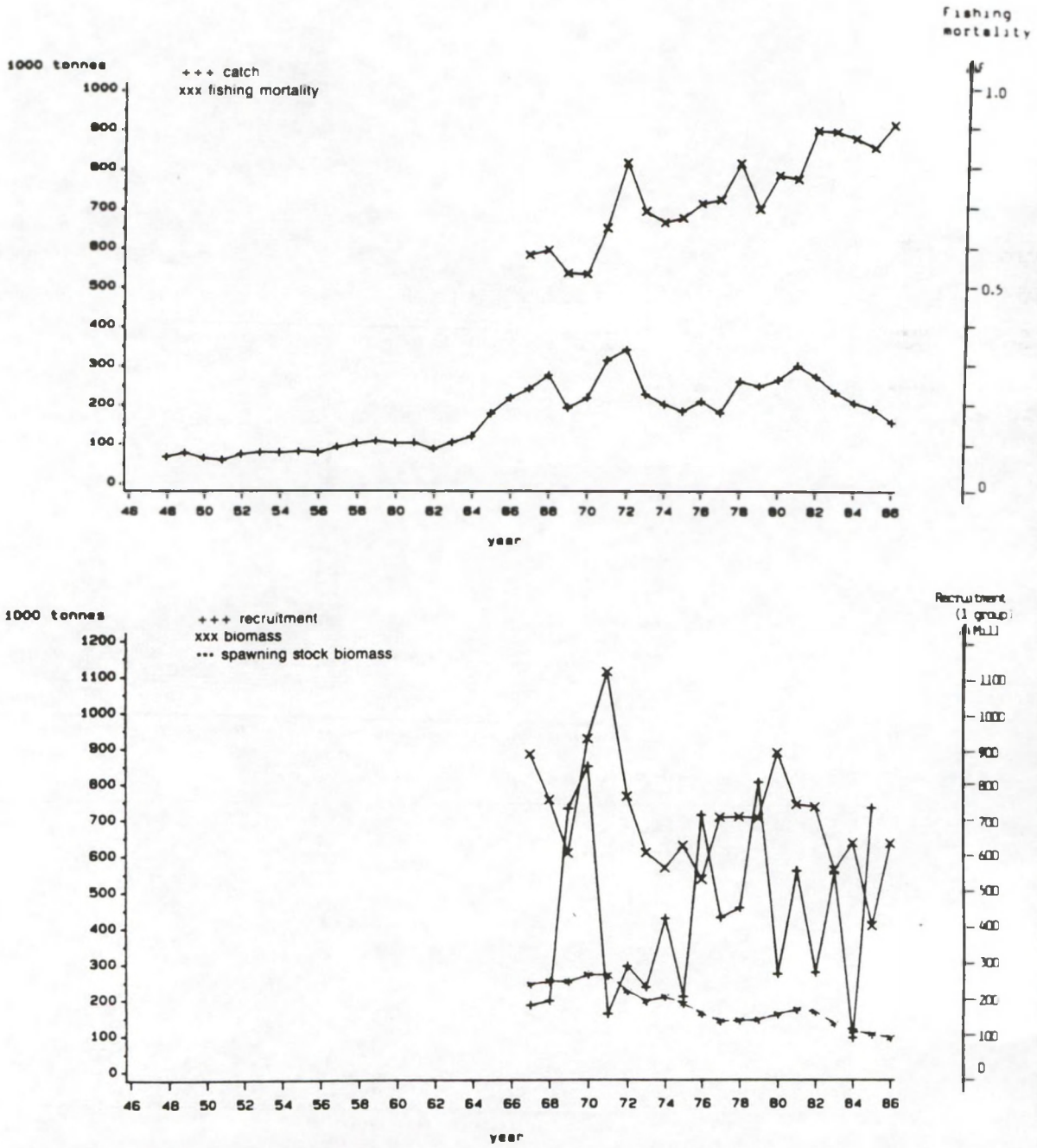


Fig. III.26. Internationale vangst, visserijmortaliteit, biomassa, paaibiomassa en recruitment van kabeljauw (*Gadus morhua*) in de Noordzee (bron: Daan e.a., 1990).

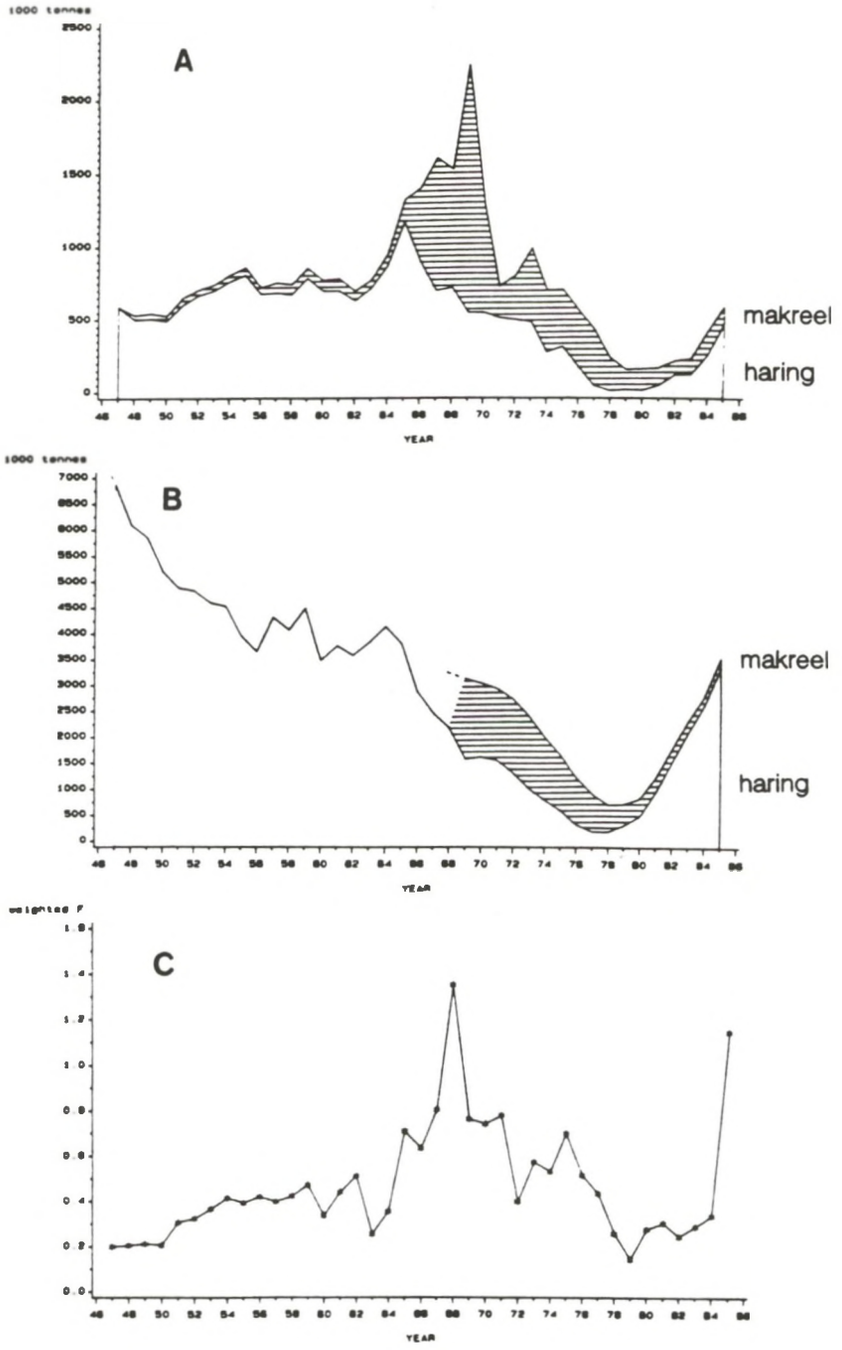


Fig. III.27. Internationale vangsten (A) en biomassa (B) van makreel (*Scomber scombrus*) en haring (*Clupea harengus*) in de Noordzee; gewogen visserijmortaliteitscoëfficiënt (C) van deze vissoorten (bron: Daan e.a., 1990).

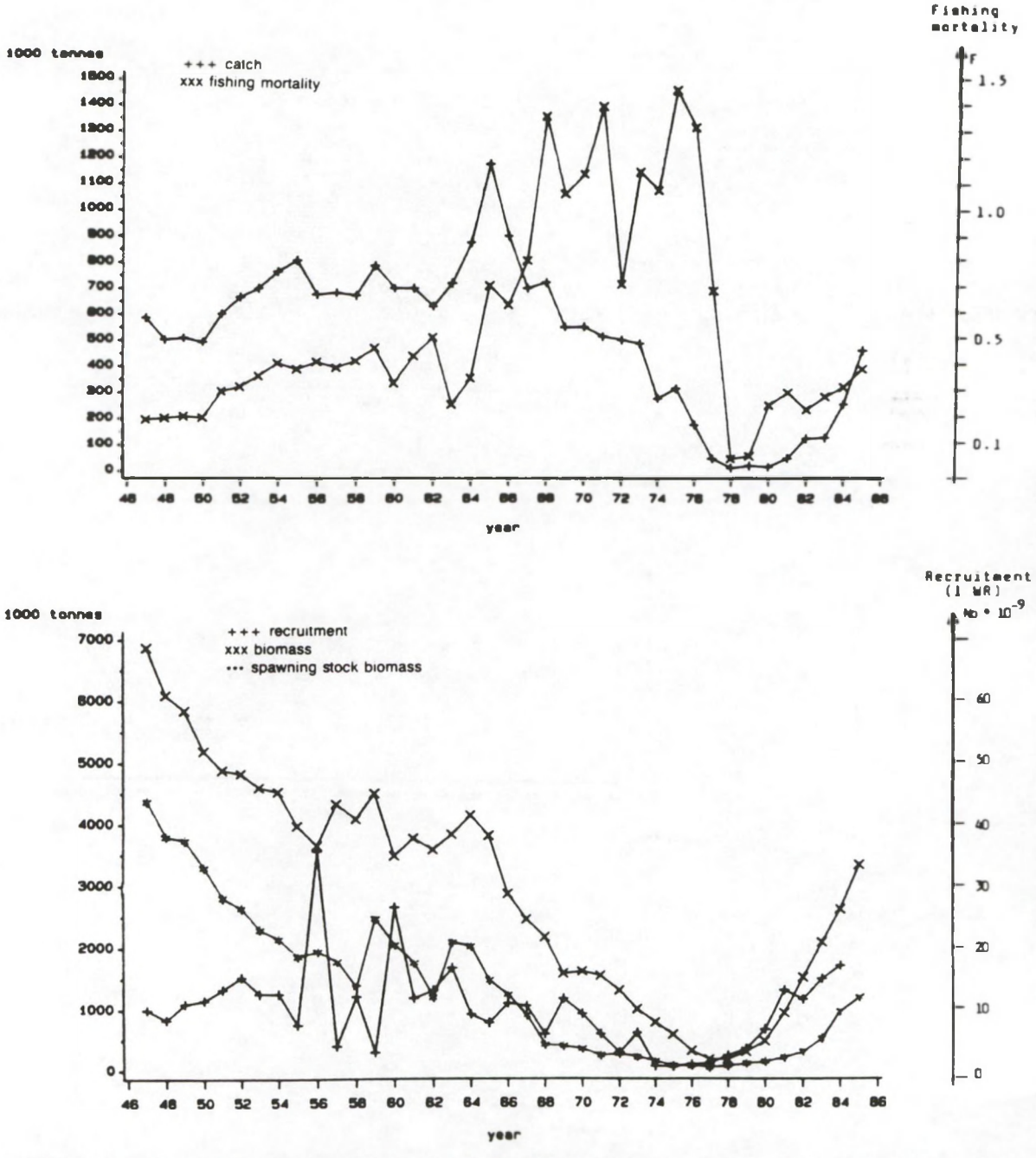


Fig. III.28. Internationale vangst, visserijmortaliteit, biomassa, paaibiomassa en recruitment van haring (*Clupea harengus*) in de Noordzee (bron: Daan e.a., 1990).

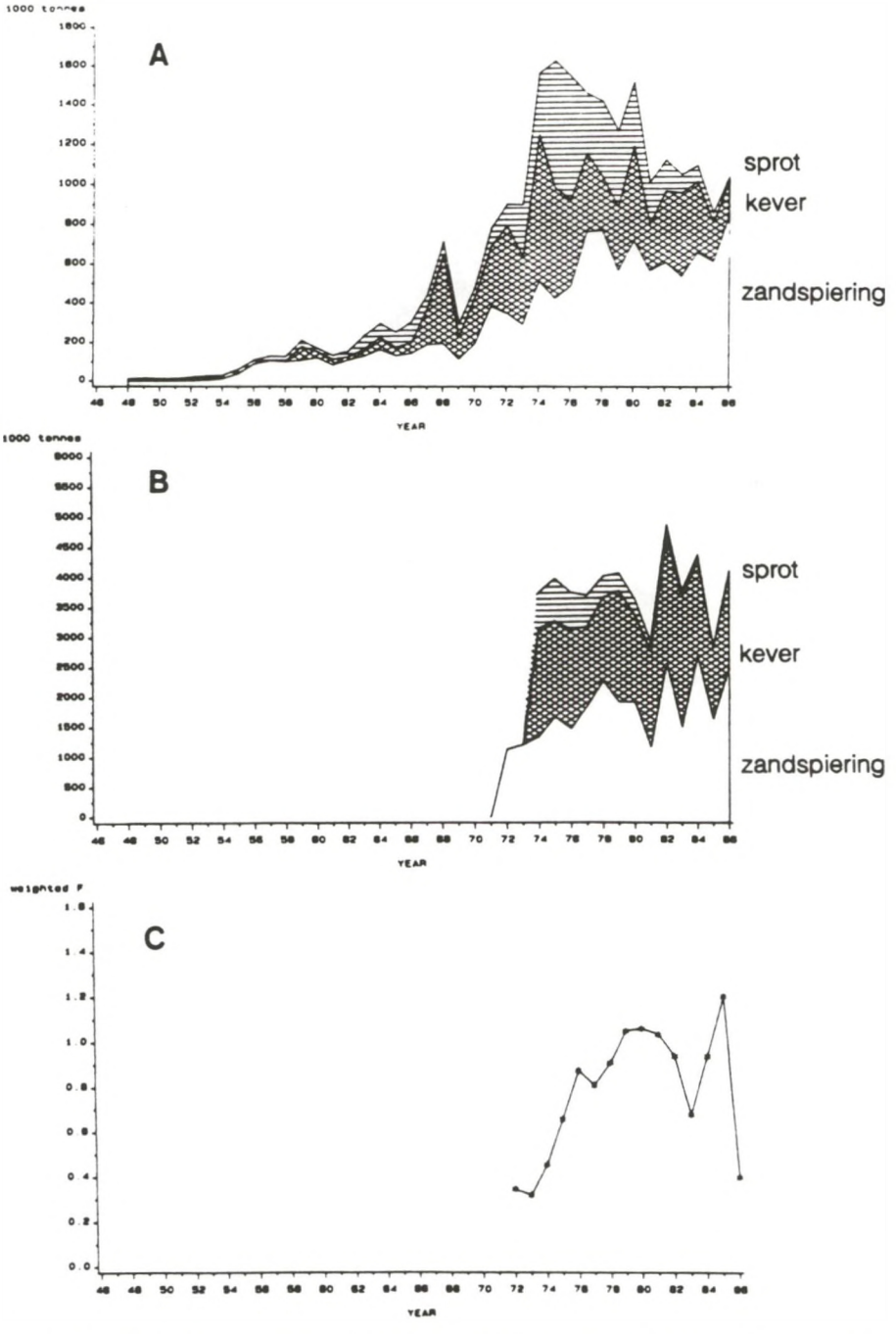


Fig. III.29. Internationale vangsten (A) en biomassa (B) van sprot (*Sprattus sprattus*), kever (*Trisopteris esmarkii*) en zandspiering (*Ammoditydae*) in de Noordzee; gewogen visserijmortaliteitscoëfficiënt (C) van deze vissoorten (bron: Daan e.a., 1990).

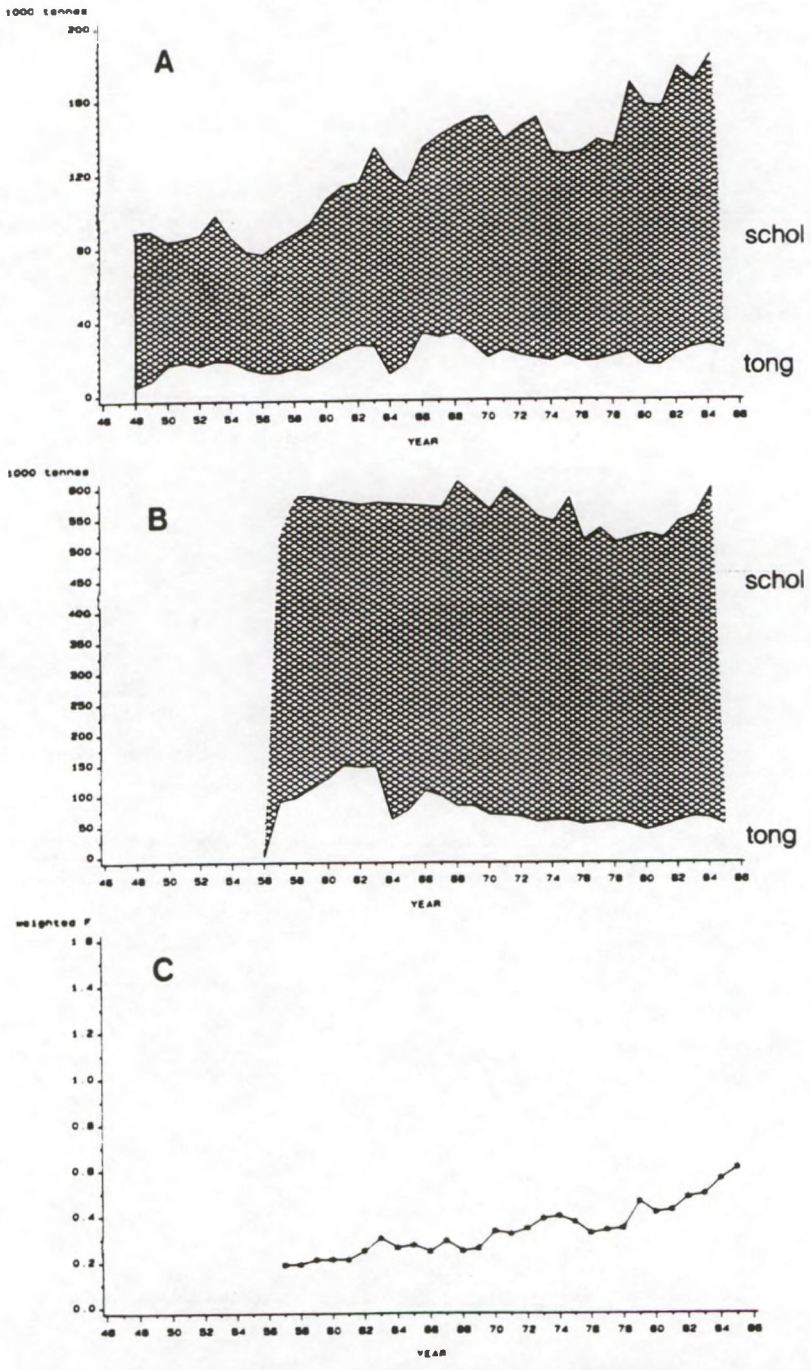


Fig. III.30. Internationale vangsten (A) en biomassa (B) van schol (*Pleuronectes platessa*) en tong (*Solea solea*) in de Noordzee; gewogen visserijmortaliteitscoëfficiënt (C) van deze vissoorten (bron: Daan e.a., 1990).

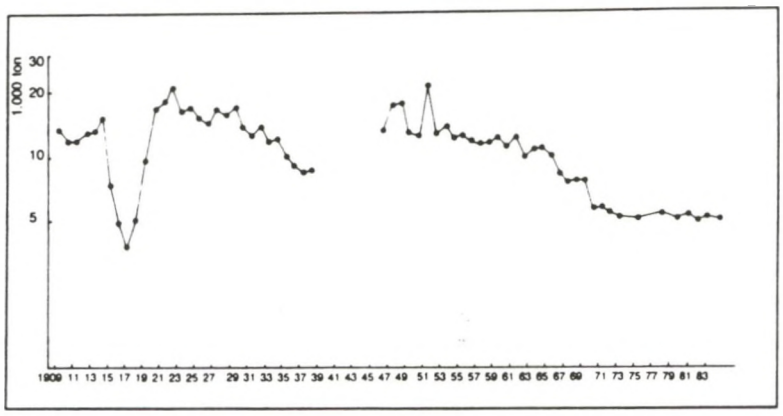


Fig. III.31. Totale vangst aan roggen en vleten in de Noordzee (x 10^3 ton) (naar Holden, 1978; Bull. Stat.).

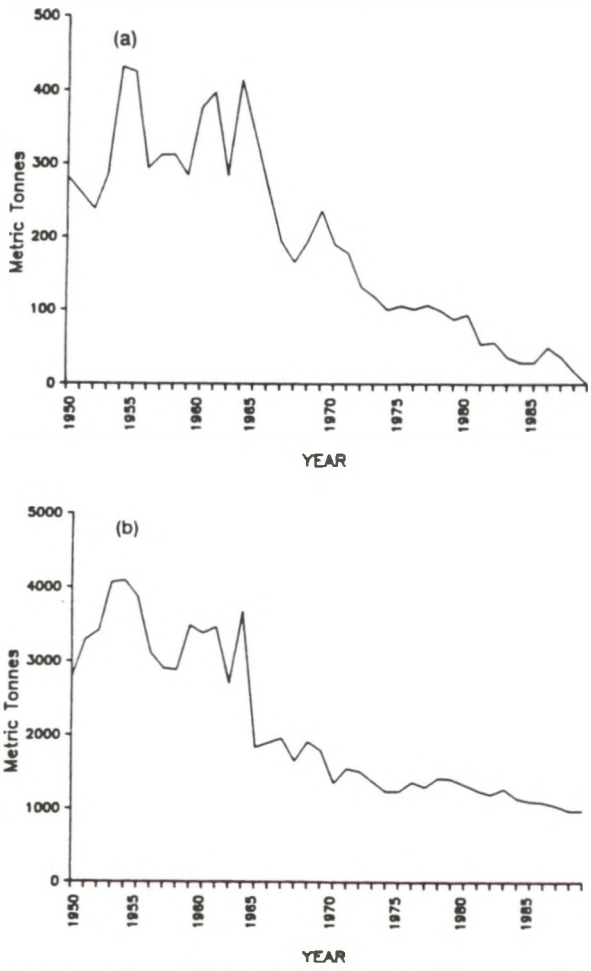


Fig. III.32. Totale aanvoer van rog en vleet vanuit: (a) Doggersbank; (b) hele Noordzee (Purdon & Garrod, 1990).

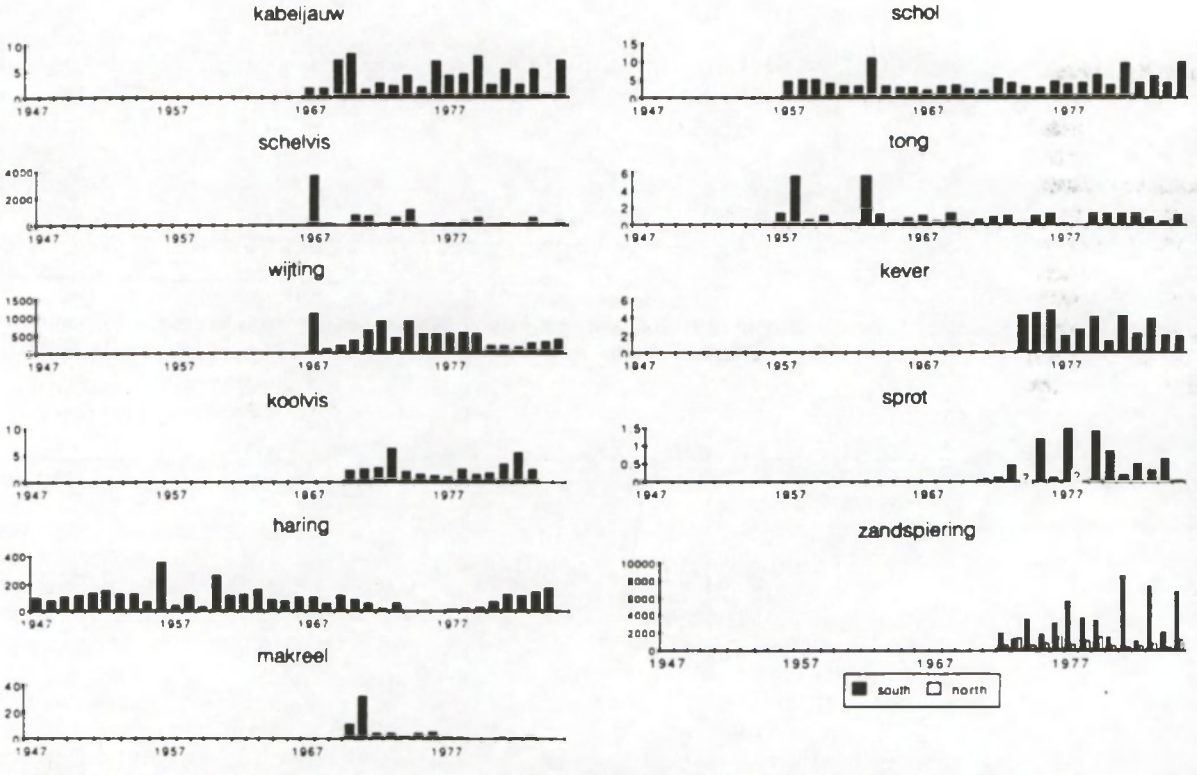


Fig. III.33. Tijdseries van het recruitment (10^8 vissen op 1-jarige leeftijd) voor 11 vissoorten in de Noordzee (Daan e.a., 1990).

III.5. ZEEVOGELS EN ZEEZOOGDIEREN

III.5.1. INLEIDING

De Nederlandse sector van de Noordzee is rijk aan vis en bodemdieren, en biedt ruimte aan een verscheidenheid aan top-predatoren, zoals zeevogels en zeezoogdieren. Beide groepen zijn warmbloedige dieren die, levend in relatief koud en sterk warmtegeleidend zeewater, een relatief hoge voedselconsumptie hebben in verhouding tot hun biomassa. Hoge dichtheden van deze predatoren kunnen dus alleen leven in gebieden met een groot prooiaanbod. Alle zeevogels en zeezoogdieren in het gebied zijn carnivoor. Het belangrijkste voedsel wordt gevormd door vis en schelpdieren, waarbij de bekgrootte van de predator veelal de maximale prooigrootte bepaalt, omdat de meeste soorten hun voedsel niet in stukken kunnen scheuren. Naast de in Nederland broedende zeevogelsoorten (meeuwen en sterns) exploiteren zeevogels die elders broeden de Nederlandse sector van de Noordzee buiten het broedseizoen. Dit kan plaatsvinden tijdens hun trekbewegingen, of tijdens overwinteren in ons gebied. Van de zeezoogdieren zijn ten minste twee soorten dolfijnen en twee soorten zeehonden inheems.

III.5.2. CONSUMPTIE DOOR TOPPREDATOREN

Schattingen van de totale consumptie in de Noordzee door de toppredatoren lopen vrij sterk uiteen, afhankelijk van de geschatte aantallen predatoren.

Bax (1989) schat de consumptie door zeezoogdieren in de Noordzee op 0,139 ton vis·km^{-2}, in vergelijking met 7,064 ton·km^{-2} gegeten door vissen, 0,561 ton·km^{-2} door zeevogels, en 4,386 ton·km^{-2} gevangen door de mens. Onduidelijk is echter hoe de aantallen en de voedselbehoefte van zeevogels en zeezoogdieren zijn bepaald. Met name van zeezoogdieren bestaan geen populatieschattingen voor de Noordzee, en ook de voedselbehoefte van zeezoogdieren in het wild is vrijwel onbekend.

Zeevogels en zeezoogdieren worden op de Noordzee geteld via systematische scheeps- en vliegtuigtellingen. Zowel scheeps- als vliegtuigtellingen hebben hun sterke en zwakke kanten bij het vaststellen van vogeldichtheden. Beide methoden gecombineerd leveren de beste, voorlopige, dichtheidsbepaling op, maar ijking van de twee methoden is nog in voorbereiding.

De aantallen broedvogels rond de Noordzee worden door Tasker e.a. (1987) op een totaal van ongeveer 4.250.000 geschat. Samen met de nog niet broedende, onvolwassen individuen en vogels die elders broeden, maar de Noordzee gebruiken als doortrek- of overwinteringsgebied, vormen zij de avifauna van de Noordzee. Dieetstudies en studies over de voedselbehoefte van in het wild levende zeevogels zijn vrij talrijk (Dunnet e.a., 1990). Met deze gegevens kan de totale predatiedruk van de zeevogels op het Noordzee-ecosysteem worden berekend. Bailey (1986) schat de jaarlijkse consumptie door de viseterde vogels op 4,9-8,1% van de pelagische visproduktie, of 340.000 ton bij een produktie van 10,7-12,9 miljoen ton vis. Furness (in Dunnet e.a., 1990) hanteert een consumptie door zeevogels van 5-15% van de jaarlijkse produktie van kleine vis. Van plaats tot plaats variëren de dichtheden zeevogels op de Noordzee sterk, en daarmee hun consumptie. De centrale Noordzee is relatief vogelarm; vooral in de broedtijd zijn de vogels sterk geconcentreerd rond de kolonies. Rond grote kolonies zou tot 30% van de lokale visproduktie door vogels gegeten kunnen worden (Furness, 1978). Voor de schelpdieretende zeevogels bestaan geen schattingen van de jaarconsumptie. Voor de Nederlandse sector van de Noordzee zijn de consumptieberekeningen van zowel vis- als schelpdiereters nog niet beschikbaar.

III.5.3. VERSPREIDING

Binnen de Nederlandse sector van de Noordzee kunnen verschillende gebieden worden aangegeven (kaart achterkaft), elk met een karakteristieke vogel- en zoogdier- samenstelling. In een strook van ongeveer 30 km breed langs Zeeland, Holland en de Waddeneilanden vinden we het zogenaamde 'kustwater' dat gekenmerkt is door een geringe waterdiepte en een hoge troebelheid. Het overige deel van de Nederlandse sector van de Noordzee is te verdelen in een vrij ondiep en troebel zuidelijk gedeelte en een dieper gebied in het noorden, met beduidend helderder water. Tussen deze twee zones komt een overgangsgebied voor, het 'Friese Front gebied'. Het Friese Front gebied wordt gekenmerkt door een slibrijke bodem die zeer rijk is aan bodemfauna en pelagische vis. De dichtheden van de zeevogels en zeezoogdieren in de deelgebieden van de Nederlandse sector van de Noordzee verschillen per soort en per seizoen.

Afhankelijk van voedselpreferentie en methode van voedselverwerving kunnen drie groepen zeevogels onderscheiden worden. Twee groepen eten vis, en de derde groep eet vooral schelpdieren. De viseters kunnen of hun prooi zelf vangen, of visserschepen volgen en de overboord gezette bijvangst en ingewanden consumeren.

In het volgende overzicht worden de belangrijkste soorten zeezoogdieren en zeevogels die in de Nederlandse sector van de Noordzee voorkomen, besproken. De toppredatoren zijn ingedeeld naar foerageer-methode. In Tabel III.9 zijn de vogeldichtheden per gebied en per seizoen samengevat. Deze tabel is een voorlopige samenvatting van nog onge-

publiceerde en globaal geanalyseerde vliegtuig- en scheepstellingen. Voor bruinvissen en dolfijnen zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar om dichtheidsschattingen te geven. De waarnemingen van bruinvis en witsnuit- en witflankdolfijn zijn samengevat in Fig. III.34 en III.35.

III.5.3.1. VISETENDE SOORTEN DIE UITSLUITEND ZELFGEVANGEN, LEVENDE VIS ETEN

Walvisachtigen en zeehonden

Binnen de grenzen van de Nederlandse sector van de Noordzee worden twee soorten dolfijnen (de bruinvis *Phocoena phocoena* en de witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*) en twee soorten zeehonden (de gewone en de grijze zeehond *Phoca vitulina* en *Halichoerus grypus*) regelmatig op zee gezien. De beide zeehondsoorten worden vooral in de naaste omgeving van hun belangrijkste leefgebieden de Waddenzee en het Deltagebied gezien, maar kunnen ook ver de zee opzwemmen. Bruinvissen komen vooral voor in de kustzone en in het Friese Front gebied (Fig. III.34). Witsnuitdolfijnen mijden de kust normaliter en komen vooral voor in de westelijke helft van de Zuidelijke Bocht en ten noorden van 53° N. In het noordwesten van de Nederlandse sector van de Noordzee en vlak erbuiten worden een enkele keer ook witflankdolfijnen en dwergvinvissen waargenomen (Baptist e.a., 1990; de Boer, 1989) (Fig.III.35). Tot 1960 was de tuimelaar *Tursiops truncatus* een veel voorkomende soort in de Nederlandse sector van de Noordzee, maar deze leek de laatste 30 jaar afwezig. In de zomer van 1990 vond echter een kleine invasie van deze soort plaats in de Nederlandse sector van de Noordzee. De verwachting is, dat met het weer toenemen van de haringstand in de Noordzee het aantal walvisachtigen in de Nederlandse sector van de Noordzee zal kunnen toenemen.

Zeevogels

Duikers en futen: roodkeel- en parelduiker, en fuut: *Gavia stellata*, *G. arctica* en *Podiceps cristatus*

In de Nederlandse sector van de Noordzee komen in de winter twee soorten duikers, de roodkeel- en de parelduiker algemeen voor. Ze komen vrijwel alleen voor in de kustzone, met name in de Zeeuwse Voordelta en ten noorden van de Waddeneilanden, waar de dichtheden locaal kunnen oplopen tot ruim 10 per km^2. Langs de Hollandse kust is het aantal duikers relatief gering. In het najaar kunnen op sommige dagen enkele honderden dieren per dag langs onze kust trekken. Trekkende vogels kunnen in voor- en najaar ook overal in de Zuidelijke Bocht aangetroffen worden (in zeer lage dichtheden). Geschat wordt dat in Nederland 3000-5000 roodkeel- en enkele honderden parelduikers overwinteren. De dichtheid waarin futen op zee voorkomen is sterk weersafhankelijk. Bij invallende vorst kunnen vele duizenden futen van de zoete binnenwateren naar zee trekken (Camphuysen & Derks, 1989). Langs de Hollandse kust komen in sommige jaren hoge dichtheden futen voor. Het kustwater bereikt de 1%-norm voor de roodkeelduiker en de fuut. Deze norm classificeert een gebied als internationaal belangrijk wanneer regelmatig meer dan 1% van een bepaalde populatie in het gebied verblijft.

Alk en zeekoet: *Alca torda* en *Uria aalge*

De alken en zeekoeten (Fig. III.36) die voorkomen in de Nederlandse sector van de Noordzee komen in hoofdzaak uit broedkolonies in Schotland en Ierland. In de broedtijd concentreren deze vogels zich rond hun kolonies en ligt de Nederlandse sector van de Noordzee buiten hun bereik. Vanaf eind juli komen zeekoeten weer voor in de Nederlandse sector van de Noordzee; alken verschijnen vanaf eind september. Beide soorten worden eerst in het noordwesten van de Nederlandse sector van de Noordzee aangetroffen, en gaan dan en masse door naar het Friese Front gebied. In augustus-september verblijven ruim 10.000 zeekoeten in dit gebied, deels oude vogels die hun veren ruien, deels nog opgroeiende jonge vogels. In oktober komen hier nog 2000-3000 alken bij. Pas vanaf september (zeekoet) en eind oktober (alk) trekken de vogels verder naar de Zuidelijke Bocht en de kustzone. In de wintermaanden vormt zich geleidelijk een concentratie van beide soorten in de Zuidelijke Bocht rond de Bruine Bank (westelijk van IJmuiden).

Sterns en dwergmeeuw: grote stern, noordse stern, visdief, dwergstern en dwergmeeuw: *Sterna sandvicensis*, *S. paradisaea*, *S. hirundo*, *S. albifrons* en *Larus minutus*

Hoewel sterns worden aangetrokken door (vissende) schepen, foerageren ze in hoofdzaak op levende vis. Het zijn echte kustvogels, die met uitzondering van enkele trekkende noordse sterns, zelden verder op zee worden gezien. In het zomerhalfjaar zijn broedende grote sterns en visdieven algemeen in de kustzone, vooral nabij de grote kolonies in de Zeeuwse Delta en de Waddeneilanden. De dwergstern en dwergmeeuw zijn minder algemeen. Dwergmeeuwen zijn in de Nederlandse sector van de Noordzee doortrekker en wintergast; deze vogels foerageren bij voorkeur boven stroomnaden.

III.5.3.2. VISETENDE SOORTEN DIE OOK PROFITEREN VAN DE MENSELIJKE VISSERIJ

Noordse stormvogel: *Fulmarus glacialis*

Noordse stormvogels broeden voor de eerste keer op een leeftijd van ongeveer 10 jaar. Dit betekent, dat er een grote groep onvolwassen vogels op zee is, die geen echte binding heeft met de kolonies. De soort behoort tot de drie meest algemene soorten van de Noordzee en is een sterke vlieger, die op een dag enkele honderden kilometers kan afleggen. Noordse stormvogels zijn het hele jaar in de Nederlandse wateren aanwezig maar in sterk wisselende aantallen en ze mijden doorgaans het kustwater. Het voorkomen zowel verder op zee als langs de kust is vermoedelijk sterk weersafhankelijk. De aantallen nemen over het algemeen toe met de afstand van de kust, en zijn het hoogst in het gebied ten noorden van 53° N, waar deze vogelsoort absoluut dominant is over alle andere scheepsvolgers (Hudson, 1986). In de Zuidelijke Bocht verblijven jaarlijks in februari-maart aanzienlijke aantallen rond de Bruine Bank, tot ruim 10 per km^2. In gebieden met veel visserij zijn de aantallen veelal hoger door de gewoonte van deze vogelsoort om overboord gegooid (vis)afval te consumeren.

Jan van gent: *Sula bassana*

In het gebied ten noorden van 53° N is de jan van gent de hele zomer in lage aantallen aanwezig, met tijdelijke concentraties in gebieden waar scholen haring of makreel voorkomen, zoals aan de rand van de Doggersbank. In de Zuidelijke Bocht is de soort minder algemeen, met enkele schaarse overwinteraars. In het kustwater is de jan van gent algemeen in de herfst, vooral in jaren met veel jonge haring nabij de kust. In zulke jaren kunnen enkele duizenden vogels in de periode september-november foerageren in de zeegaten van de Waddeneilanden (Leopold & Platteeuw, 1987). In deze periode worden ook de meeste langstrekkende vogels gezien, maar de trek is weinig gericht en de vogels lijken meer op zoek naar vischolen dan op weg naar het zuiden.

Jagers: grote, middelste, kleine en kleinste jager: *Stercorarius skua, S. pomarinus, S. parasiticus* en *S. longicaudus*

Jagers zijn langs onze kust vooral doortrekkers, en verblijven in de Nederlandse sector van de Noordzee zelden in grote aantallen. Vooral in het najaar kunnen grote en kleine jagers met honderden, resp. duizenden doortrekken. Verder op zee liggen de aantallen lager, maar in de buurt van vissersschepen kunnen zich enkele tientallen jagers ophouden. Middelste en kleinste jagers zijn zeldzame gasten, die echter in sommige jaren in opvallende aantallen een 'invasie' kunnen vertonen. Veel van deze dieren gaan dan op onze kusten dood.

Grote meeuwen: grote en kleine mantelmeeuw en zilvermeeuw: *Larus marinus, L. fuscus* en *L. argentatus*

Deze drie soorten zijn de dominante vogels achter viskotters op een groot deel van de Nederlandse sector van de Noordzee. Alleen ver van de kust af komt de noordse stormvogel in voldoende dichtheden voor om deze positie over te nemen (Hudson, 1986; Hudson & Furness, 1988). De grote mantelmeeuw broedt niet in Nederland, en is in de Nederlandse sector van de Noordzee vooral in het winterhalfjaar aanwezig. De kleine mantelmeeuw broedt hier wel, maar trekt in de herfst weg, terwijl de zilvermeeuw hier broedt en overwintert. Grote mantelmeeuwen komen overal in de Nederlandse sector van de Noordzee in ongeveer gelijke dichtheden voor. De kleine mantelmeeuw is het talrijkst in de kustzone en in het zeegebied tussen zijn belangrijkste kolonie op Terschelling en het Friese Front gebied. De broedvogels hebben een grote aktieradius, waardoor tot in het Friese Front gebied gefoerageerd kan worden. De zilvermeeuwen die in Nederland broeden hebben een kleinere aktieradius, en lijken het op zee af te leggen tegen de beter vliegende kleine mantelmeeuwen. Ze foerageren vooral in de kustzone, in de Waddenzee en het Deltagebied, en op vuilnisbelten op het land. (Noordhuis, 1987, 1989). Noordhuis schat dat slechts 1% van de broedende zilvermeeuwen op zee foerageert. Ook voor de zilvermeeuwen die na de broedtijd de Nederlandse sector van de Noordzee binnentrekken lijkt de kustzone belangrijk, maar in het winterhalfjaar worden zilvermeeuwen over de hele Nederlandse sector van de Noordzee aangetroffen.

Kleine meeuwen: stormmeeuw, kokmeeuw en drieteenmeeuw: *Larus canus, L. ridibundus* en *Rissa tridactyla*

Een groep soorten die in mindere mate dan de grotere soorten meeuwen leeft van visserijafval. In het algemeen verliezen ze de hevige concurrentieslag achter viskotters van de grotere soorten. De drieteenmeeuw komt vooral verder op zee voor en minder in het kustwater. Bij afwezigheid van grote aantallen grote meeuwen en stormvogels kunnen drieteenmeeuwen soms wel in grote aantallen profiteren van de visserij. Stormmeeuw en kokmeeuw zijn vooral kustbewoners. In de zomer komen ze overal in het kustwater voor, maar zelden in hoge dichtheden. Alleen bij spuisluizen, zoals bij het Haringvliet, kunnen in het najaar ruim 10.000 kokmeeuwen foerageren. In de winter overwinteren veel stormmeeuwen in de Duitse Bocht, en zijn dan ook talrijk ten noorden van onze oostelijke Waddeneilanden.

III.5.3.3. SCHELPDIERETENDE ZEEVOGELS

Eidereend, zwarte en grote zeeëend: *Somateria mollissima*, *Melanitta nigra* en *M. fusca*

De eidereend en de zeeëenden vormen een groep eenden die duikend onder water schelpen uitgraven en consumeren. Eidereenden leven vooral in de Waddenzee, maar zijn het hele jaar door ook aanwezig in het kustwater benoorden de Waddeneilanden. De twee soorten zeeëenden zijn vooral wintergasten, die in groepen voorkomen in het kustwater. De zwarte zeeëend komt de laatste jaren in aantallen van ruim 10.000 vogels voor, de grote zeeëend in aantallen van enkele honderden. De plaats van voorkomen is sterk afhankelijk van het jaarlijks wisselende aanbod van voedsel in de vorm van rijke schelpbanken. De totale Europese winterpopulatie van de zwarte zeeëend bedraagt ongeveer 800.000, zodat de Nederlandse kustwateren voor deze soort aan de 1%-norm voldoen.

III.5.4. LANGE TERMIJN TRENDS

In de Noordzee zijn de aantallen zeevogels en zeezoogdieren deze eeuw aanzienlijk veranderd. Door vervolging of juist bescherming van vogels en zeehonden, door verontreiniging van de zee en door verandering in visstapels (o.a. door de visserij), zijn de aantallen van verschillende soorten sterk toe- of afgenomen. Binnen Nederland en de Nederlandse sector van de Noordzee zijn een aantal meeuwensoorten de laatste decennia sterk in aantal toegenomen als gevolg van betere bescherming. Eidereenden, grote sterns en visdieven hebben zich hersteld van de vergiftiging van het kustwater in de 60er jaren; zeezoogdieren, die in die tijd ook sterke verliezen leden, hebben zich niet of nauwelijks hersteld (Verwey, 1975; Reijnders, 1986; Duinker e.a., 1989). De laatste decennia worden regelmatig, en voor 1960 slechts zelden, witsnuitdolfijnen waargenomen (Bakker & Smeenk, 1987; Smeenk & Addink, 1990).

Vóór 1980 is er geen onderzoek aan zeevogels in de Nederlandse sector van de Noordzee gedaan waarbij ook dichtheden zijn bepaald. Trends in aantallen zeevogels nabij de Nederlandse kust kunnen echter wel worden afgelezen uit de aantallen (veelal door olie) op onze kust gestrande vogels. Camphuysen (1989) berekent, dat er gemiddeld over de jaren 1969-1985 jaarlijks 30.000 vogels op de Nederlandse kust aanspoelen. De soortensamenstelling is de laatste decennia gewijzigd: duikers en zeeëenden namen in aantal af, terwijl noordse stormvogels, alken, zeekoeten en drieteenmeeuwen in aantal toenamen. Deze veranderingen komen wat betreft de specifieke zeevogels overeen met wat bekend is over aantallen vogels in de (zuidelijke) Noordzee (Tasker e.a., 1987 Dunnet e.a., 1990).

III.5.5. OORZAKEN VAN LANGE TERMIJN TRENDS

III.5.5.1. BESCHERMING OF VERVOLGING IN DE BROEDKOLONIES

Het aantal in Nederland broedende zeevogels bepaalt voor een belangrijk deel de vogeldichtheid in de zomer in de Nederlandse sector van de Noordzee. De meeste kolonies liggen tegenwoordig in beschermde natuurreservaten, terwijl vroeger veel eieren geraapt werden voor de consumptie. Voor de 60er jaren werd met name het broeden van zilvermeeuwen krachtig bestreden. Sinds deze bestrijding werd gestaakt zijn de meeuwen op land sterk in aantal toegenomen (Spaans, 1979) en zullen de aantallen op zee ook zijn toegenomen. Dit geldt met name voor de kleine mantelmeeuw, die pas sinds 1926 in ons land broedt, en die tegenwoordig met meer dan 15.000 broedparen voorkomt (de Wit & Spaans, 1984).

III.5.5.2. VERONTREINIGING

Verontreiniging door olie, ander drijvend materiaal (met name plastics) en giftige chemicaliën wordt veelal gezien als een ernstige bedreiging voor individuele zeevogels. Zeevogels die in olie terecht komen, gaan in de meeste gevallen dood. De olie doet de veren aan elkaar kleven, waardoor de veren hun isolerende werking verliezen, en de vogel onderkoeld raakt. Andere produkten die een film op het water vormen en de oppervlaktespanning van het water verminderen hebben hetzelfde effect. Met name zogenaamde 'Palmolie', en produkten die gebruikt worden om tankers te ontdoen van olieresten zijn dodelijk voor zeevogels. Dergelijke produkten worden nog steeds in zee geloosd. Jaarlijks spoelen vele duizenden vogels bevuild met olie aan op onze stranden. De meeste olievlekken worden waargenomen in de benoorden de Waddeneilanden gelegen T-E scheepvaartroute. Een gelukkig toeval is, dat deze route gelegen is in relatief vogelarme gebieden. Een olievlek in een vogelrijk gebied kan duizenden vogels in één keer doden, zoals in januari 1988 bleek bij de olieramp met de 'Borcea' in de kustwateren van Zeeland (Camphuysen, 1989).

Verontreiniging van de Noordzee met PCB's en zware metalen kan de aantallen zeevogels en zeezoogdieren negatief beïnvloeden door verkorting van de levensduur, verminderde vruchtbaarheid en acute sterfte. Binnen Nederland is de meest bekende vergiftigingszaak de lozing van pesticiden in de zestiger jaren in de Nieuwe Waterweg. Dit resulteerde in een

massale sterfte van Nederlandse, en mogelijk ook Duitse zeevogels (Swennen, 1972; Duinker & Koeman, 1978; Rooth, 1980; Becker & Erdelen, 1987). Bij de grote stern heeft het tientallen jaren geduurd voordat de populatie zich hiervan hersteld had (Rooth, 1989). In de laatste 40 jaar verdween de tuimelaar uit de Nederlandse sector van de Noordzee en ook de bruinvis en de gewone zeehond leden zware verliezen, waarvan ze nog niet hersteld zijn. Bij de gewone zeehond kan dit geweten worden aan verminderde vruchtbaarheid door de opname van PCB's, maar bij de dolfijnen is dit onzeker (Reijnders & Lankester, 1990).

Verontreiniging van de zee met plastic is overal zichtbaar, ook in de Nederlandse sector van de Noordzee. Zeevogels lijden hieronder omdat ze stukjes plastics vaak aanzien voor voedsel en inslikken. Dit kan darmverstopping, maag-darm beschadigingen, een verslechterende conditie en de dood tot gevolg hebben. In magen van dode zeehonden wordt ook een enkele maal plastic aangetroffen ('t Hart, Pieterburen, mond. meded.). Ook worden regelmatig zeevogels gezien en gevonden die zich verstrikt hebben in stukken verloren gegane monofilament visnetten.

III.5.5.3. VISSERIJ

De visserij beïnvloedt de aantallen zeevogels en zeezoogdieren op verschillende manieren (zie ook IV.1). In principe vormt de visserij een voedselconcurrent voor (andere) toppredatoren. Wanneer de visserij zich sterk richt op vissoorten die het hoofdvoedsel vormen van zeevogels en zeezoogdieren, zal er voor deze toppredatoren minder voedsel overblijven. De hoeveelheid haring of zandspiering in een zeegebied is vaak sterk bepalend voor de aantallen vogels en dolfijnen (Evans, 1990; Dunnet e.a., 1990; Leopold & Platteeuw, 1987). Wanneer door (over)bevissing de stand van deze prooivissen belangrijk wordt verlaagd, zullen de aantallen toppredatoren in het gebied afnemen. Verondersteld wordt, dat de wijzigingen in de winterverspreiding van zeekoeten, alken en drieteenmeeuwen op de Noordzee vanaf 1980 veroorzaakt zijn door veranderingen in hoeveelheid en verspreiding van de prooivissen (o.a. sprot, zandspiering, kever, jonge haring). Deze vissoorten zijn door de sterk toegenomen industrievisserij in aantal afgenomen. Door honger gedreven breiden deze vogels hun verspreidingsgebied uit in zuidoostelijke richting. In deze gebieden staan de vogels meer bloot aan chronische olievervuiling en spoelen ze vaker op de kust aan (Camphuysen, 1990; Furness & Ainly, 1984; Mudge e.a., 1987).

In de Nederlandse sector van de Noordzee heeft de visserij ook een belangrijk positief effect op de vogelstand. Ondermaatse en ongewilde vis wordt, evenals de ingewanden van de marktwaardige vis, weer overboord gezet. In de zuidelijke Noordzee kunnen zo bijv. duizenden stormvogels en meeuwen voedsel vinden, dat voor hen anders niet beschikbaar zou zijn. Een tweede voordeel voor de vogels is dat door de visserij het aantal grote vissen (bijv. kabeljauw) in zee afneemt en daarmee het aantal voedselconcurrenten. Met name soorten die diep duikend kleine visjes vangen zouden hiervan profiteren, zoals alken en zeekoeten. Dolfijnen, die in het algemeen grotere vissen eten dan deze alkachtigen, hebben mogelijk juist nadeel van het verdwijnen van grotere vissen als gevolg van de visserij. Met name de zeer sterke achteruitgang van de makreelstand in de Noordzee lijkt nadelig voor de dolfijnen.

Visserij op levende schelpdieren vormt een direkte bedreiging voor zeeëenden, omdat immers het voedsel van deze vogels wordt weggevist. De visserij zal zich bovendien concentreren op de rijkste schelpbanken, dezelfde locaties waar ook de vogels bij voorkeur foerageren. Deze vorm van visserij is echter in ons kustwater van zeer geringe omvang. De gewone kustvisserij kan ook een ongunstig effect hebben op schelpdieren. De gebruikte wekkerkettingen vernielen de schelpen, waardoor de schelpdieren sterven, en het voedsel voor de zeeëenden vermindert.

Visnetten vormen een bedreiging voor vogels en zoogdieren door de mogelijkheid van verdrinking. De gevaarlijkste netten zijn staand want en fuiken. Staand want veroorzaakt de dood van honderdduizenden zeevogels op de wereld, maar het effect van deze visserij op de zeevogelstand op de Noordzee is vermoedelijk klein (Dunnet e.a., 1990). Anders is het met bruinvissen, waarvan er jaarlijks honderden tot enkele duizenden verdrinken in netten in Deense wateren (Clausen & Andersen, 1988; Kinze, 1990). Voor de Nederlandse sector van de Noordzee zijn de aantallen verdronken zeezoogdieren en vogels onbekend, maar de aantallen verdronken dieren zullen laag zijn omdat er (nog) weinig staand want visserij is. Momenteel is bij het RIN (Texel) een studie in voorbereiding naar de aantallen in visnetten verdronken zeezoogzieren in de kustzone. De boomkorvisserij lijkt ongevaarlijk; trawl- en spanvisserij veroorzaken vermoedelijk slechts een gering aantal malen de verdrinking van vogels of zoogdieren. Incidenteel worden op onze stranden echter dode of nog levende bruinvissen gevonden, met in hun huid de afdruk van netten (Smeenk, mond. meded.; Kastelein e.a., 1990). Er zijn meerdere gevallen bekend van in fuiken verdronken zeehonden (Jaarverslag Zeehondencreche Pieterburen, 1989). Tenslotte dient vermeld te worden, dat afgeschreven netten of netfragmenten van monofilament die in zee worden achtergelaten, door slechte afbreekbaarheid van het materiaal nog jaren als 'spooknet' kunnen ronddrijven, waarin vogels en zoogdieren verstrikt kunnen raken.

III.5.5.4. MIJNBOUW

De door sommigen gevreesde toename in sterfte onder vogels door de ontwikkeling van olie- en gaswinning op de Noordzee is uitgebleven (Dunnet, 1987). Grote ongelukken met platforms hebben zich in vogelrijke gebieden nog niet voorgedaan. Binnen de grenzen van de Nederlandse sector van de Noordzee zijn olievlekken in de periode augustus-oktober in de buurt van het Friese Front gebied het meest ernstig omdat zich in dit gebied dan een hoge concentratie ruiende zeekoeten en alken bevindt. In de periode januari-maart is het gebied rond de Bruine Bank het meest kwetsbaar, vanwege de concentratie van alkachtigen aldaar. Deze soorten zijn zeer kwetsbaar voor olieverontreiniging, omdat ze de meeste tijd zwemmend doorbrengen. De alkachtigen ruien al hun slagpennen tegelijkertijd en kunnen dan wekenlang niet vliegen. Een positief effect van de aanwezigheid van platforms op zee is de beschutting die ze aan zeevogels bieden tijdens slecht weer, en de voedselbron die wordt gevormd door overboord geworpen voedselresten (Blake e.a., 1984).

III.5.5.5. SCHEEPVAART

Het geluid van de vele scheepsmotoren en -schroeven in de scheepvaartroute zou afschrikwekkend kunnen werken (Evans, 1987; Greenpeace, 1989). Onderzoek aan dit mogelijke probleem is nauwelijks gedaan, en de grootte van de vermoede effecten is onbekend. Opvallend in de verspreiding van de waarschijnlijk meest gevoelige soort, de bruinvis, is het 'gat' in de waarnemingen, ter hoogte van de scheepvaartroute boven de Waddeneilanden (Fig. III.34). Het is echter niet bewezen dat scheepslawaai hiervan de oorzaak is. De wateren aan weerszijden zijn relatief visrijk, dus het geringe voedselaanbod ter hoogte van de scheepvaartroute zou de afwezigheid van bruinvissen ook kunnen verklaren. Het is echter ook niet uitgesloten, dat dit 'gat' in de waarnemingen louter een gevolg is van de regionaal lage dichtheid van waarnemingsinspanningen (Baptist, mond. meded.).

III.5.5.6. ZAND- EN GRINDWINNING

Zand-, schelpen- en grindwinning op zee, oefenen evenals de lozingen van slib op zee een tijdelijk negatief effect uit op de helderheid door het opwervelen van grote hoeveelheden materiaal. De geluidsbron die de schepen tijdens het werk vormen, zou dolfijnen tijdelijk kunnen verjagen. Voor vogels die gebaat zijn bij helder water om te jagen kunnen zuigers tijdelijk hinderlijk zijn, maar de schaal waarop dit plaatsvindt is te gering om wezenlijke problemen te veroorzaken. Winning van bodemmateriaal kan van invloed zijn op de beschikbaarheid van voedsel voor zeeëenden. Met name zandwinning in de kustzone kan nadelig zijn, wanneer dit plaatsvindt in een gebied met rijke schelpdierbanken.

LITERATUUR

BAKKER, J. & C. SMEENK, 1987. Time-series analysis of *Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis* and *Lagenorhynchus albirostris* strandings on the Dutch Coast. European Cetacean Society Newsletter **1**: 14-19.

BAX, N.J., 1989. A comparison of the fish biomass flow to fish, fisheries, and mammals in six marine ecosystems. ICES Multi Species Models Symp./No.33: 19 pp.

BAILEY, R.S., 1986. Food consumption by seabirds in the North Sea in relation to the natural mortality of exploited fish stocks. ICES, CM 1986/G:5.

BAPTIST, H.J.M., C.J. CAMPHUYSEN, & M.F. LEOPOLD, 1990. Seamammal sightings in the Netherlands. Int. Whaling Committee Meeting, Noordwijk.

BECKER, P.H. & M. ERDELEN, 1987. Die Bestandentwicklung von Brutvogeln der Deutschen Nordseeküste 1950-1979. J. Orn. **128**: 1-32.

BLAKE, B.F., M.L. TASKER, P. HOPE JONES, T.J. DIXON, R. MITCHELL & D.R. LANGSLOW, 1984. Seabirds in the North Sea. Nature Conservancy Council, Huntingdon.

BOER, R. DE, 1989. Waarneming van een gemengde groep Witflankdolfijnen *Lagenorynchus acutus* en Witsnuitdolfijnen *L. albirostris* in de centrale Noordzee. Lutra **32**: 181-184.

CAMPHUYSEN, C.J., 1989. Beached bird surveys in the Netherlands, 1915-1988. Seabird mortality in the southern North Sea since the early days of oil pollution. Techn. Report Vogelbescherming 1, Werkgroep Noordzee, Amsterdam.

CAMPHUYSEN, C.J., 1990. Fish stocks, fisheries and seabirds in the North Sea. Technisch rapport Vogelbescherming **5**: 119 pp.

CAMPHUYSEN, C.J. & P.J.T. DERKS, 1989. Voorkomen en sterfte van de Fuut *Podiceps cristatus* voor de Nederlandse kust, 1974-86. Limosa **62**: 57-62.

CLAUSEN, B. & S. ANDERSEN, 1988. Evaluation of bycatch and health status of the Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) in Danish waters. Dan. Rev. Game Biol. **13**: 1-20.

DUINKER, J.C. & J.H. KOEMAN, 1978. Summary report on the distribution and effects of toxic pollutants (metals and chlorinated hydrocarbons) in the Wadden Sea. In: K. ESSINK & W.J. WOLFF. Pollution of the Wadden Sea area. Report 8 of the Wadden Sea Working Group, Leiden: 45-54.

DUINKER, J.C., M.T.J. HILLEBRAND, T. ZEINSTRA & J.P. BOON, 1989. Individual chlorinated biphenyls and pesticides in tissues of some cetacean species from the North Sea and the Atlantic Ocean; tissue distribution and biotransformation. Aquatic Mammals **15**: 95-124.

DUNNET, G.M., 1987. Seabirds and North Sea oil. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B316: 513-524.

DUNNET, G.M., R.W. FURNESS, M.L. TASKER, & P.H. BECKER, 1990. Seabird ecology in the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 387-425.

ENGELSMAN, S. & A. HULSMANN, 1974. Zeevogelproject Texel. Intern verslag NIOZ/Landbouw Hogeschool Wageningen.

EVANS, P.G.H., 1990. Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*) in British and Irish waters. In: Proc. 4th. Ann. Conf. of the European Cetacean Society, Mallorca, May 1990 (in press.).

FURNESS, R.W., 1978. Energy requirements of seabird communities: a bioenergetics model. J. Anim. Ecol. **47**: 39-53.

FURNESS, R.W. & D.G. AINLEY, 1984. Threats to seabird populations presented by commercial fisheries. In: J.P CROXALL, P.G.H. EVANS & R.W. SCHREIBER. Status and conservation of the world seabirds: 701-708. ICBP Tech. Publ. no. 2, Cambridge.

GREENPEACE 1989. The status of small cetaceans in the North Sea. Submission to the 9th meeting of the standing committee of the convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Amsterdam: 26 pp.

HUDSON A.V. & R.W. FURNESS, 1988. Utilization of discarded fish by scavenging seabirds behind whitefish trawlers in Shetland. J. Zool. Lond. **215**: 151-166.

KASTELEIN, R.A., M.J. BAKKER & T. DOKTER, 1990. The medical treatment of three stranded Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*). Aquatic Mammals **15**: 181-202.

KINZE, C.C., 1988. Studies on behaviour and ecology of the Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*): preliminary results from a series of sighting cruises in Danish waters, April-August 1987: 91-97. In: P.G.H. EVANS. European research on cetaceans. Proc. 2nd Ann. Conf. of the European Cetacean Society, Troia, Portugal, 5-7 February 1988.

KINZE, G.C., 1990. Incidental catches of Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*) in Danish waters 1986-89: recent data and behavioural implications. ICES SC/42: 14 pp.

LEOPOLD, M.F., 1987. Zeevogels op zee: een onderzoek naar verspreiding en kwaliteitsverschillen van zeevogels binnen een deel van het Nederlands Continentale Plat. Interne Verslagen NIOZ: 1987-2.

LEOPOLD, M.F. & M. PLATTEEUW, 1987. Talrijk voorkomen van jan van genten *Sula bassana* bij Texel in de herfst: reactie of locale voedselsituatie. Limosa **60**: 105-110.

MOORSEL, G.W.N.M. VAN & H.W. WAARDENBURG, 1990. Impact of gravel extraction on geomorphology and the macrobenthic community of the Klaverbank (North Sea) in 1989. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.

MUDGE, G.P., S.J. ASPINALL & E.H. CROOKE, 1987. A photographic study of seabird attendance at Moray Firth colonies outside the breeding season. Bird Study **34**: 28-36.

NOORDHUIS, R., 1987. Voedseloecologie van zilver- en kleine mantelmeeuw op Terschelling: een geval van het 'competitive exclusion principle'. Intern rapport RIN, Arnhem.

NOORDHUIS, R., 1989. De relatie tussen zilvermeeuwen op vuilstortplaatsen en de schade op mosselpercelen en in weidevogelgebieden in Zuidwest-Nederland. Intern rapport RIN, Arnhem.

REIJNDERS, P.J.H., 1986. Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. Nature **324**: 456-457.

REIJNDERS, P.J.H. & K. LANKESTER, 1990. Status of marine mammals in the North Sea. Neth. J. Sea Res.

ROOTH, J., 1980. Sandwich Tern. In: C.J. SMIT & W.J. WOLFF. Birds of the Wadden Sea. Report 6 of the Wadden Sea Working Group, Leiden: 250-258.

ROOTH, J., 1989. De Nederlandse broedpopulatie van de grote stern *Sterna sandvicensis* in 1961-88. Limosa **62**: 121-124.

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

SPAANS, A.L., 1979. Kleine mantelmeeuw. In: R.M. TEIXEIRA. Atlas van de Nederlandse broedvogels: 170-171.

SWENNEN, C., 1972. Chlorinated hydrocarbons attacked the Eider population in the Netherlands. TNO-nieuws **27**: 556-560.

TASKER, M.F., A. WEBB, A.J. HALL, M.W. PIENKOWSKI & D.R. LANGSLOW, (1987). Seabirds in the North Sea. Nature Conservancy Council, Peterborough.

VERWEY, J. 1975. The cetaceans *Phocoena phocoena* and *Tursiops truncatus* in the Marsdiep area (Dutch Wadden Sea) in the years 1931-1973. NIOZ-reports 1975-17a en b.

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

TABEL III.9

Overzicht van het voorkomen van de belangrijkste zeevogels in de Nederlandse sector van de Noordzee gebaseerd op scheeps- en vliegtuigtellingen (mond. med. Baptist, DGW & Leopold, NIOZ: samenvatting van nog ongepubliceerde globaal geanalyseerde vliegtuig- en scheepstellingen). (B=broedtijd; H=herfst; W=winter). Legenda: 1=0.01 - 0.99; 2=1.00 - 1.99; 3=2.00 - 4.99; 4= >5 individuen·km^{-2}.

	Kustwateren			*Zuidelijke Bocht*			*Friese Front gebied*			*Overige gebieden noord van 53°N*		
Seizoen	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*	*B*	*H*	*W*
Soort												
Duikers		2	2		1	1						
Fuut		1	2									
Noordse Stormvogel				1	2	1	2	2	2	2	3	3
Jan van Gent		2		1	1	1	1	2		1	1	1
Zeeëenden		3	3									
Jagers	1	1		1	1		1	1		1	1	
Dwergmeeuw	1	1	1									
Kokmeeuw	2	2	3	1	1	1		1			1	
Stormmeeuw	2	2	2	1	1	1		1	1			
Kleine Mantelmeeuw	3	1	1	2	2		2	1		1	1	
Grote Mantelmeeuw		2	2	1	2	1		2	1	1	2	1
Zilvermeeuw	2	3	4	1	3	3	1	1	1	1	1	2
Drieteenmeeuw		1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2
Sterns	2	2										
Alk		1	2			1			1	1	1	2
Zeekoet		1	2		1	3	1	4	3	1	3	3

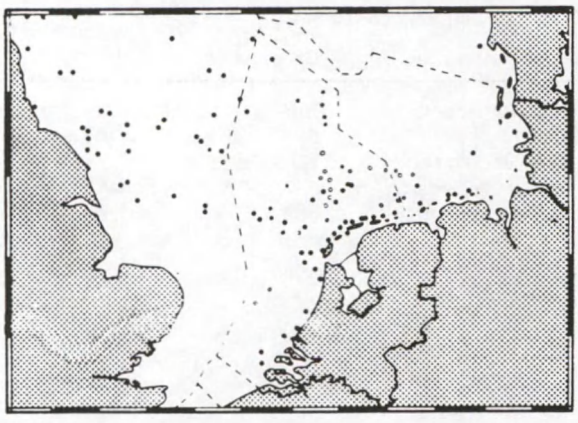


Fig. III.34. Waarnemingen van bruinvissen (*P. phocoena*) in de Noordzee, 1984-1990. ● waarnemingen vanaf een schip; ○ waarnemingen vanuit een vliegtuig
(naar ongepubliceerde gegevens van H.J.M. Baptist, C.J. Camphuysen en M.F. Leopold).

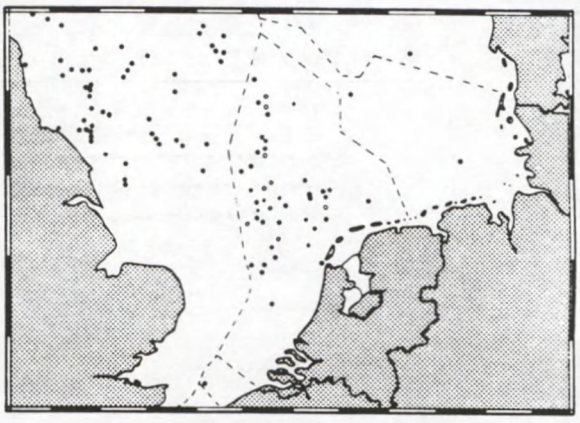


Fig. III.35. Waarnemingen van witsnuitdolfijnen (*L. albirostris*), witflankdolfijnen (*L. acutus*) en niet geïdentificeerde dolfijnen (*L. spec.*) in de Noordzee, 1984-1990.
●waarnemingen vanaf een schip; ○waarnemingen vanuit een vliegtuig
(naar ongepubliceerde gegevens van H.J.M. Baptist, C.J. Camphuysen en M.F. Leopold).

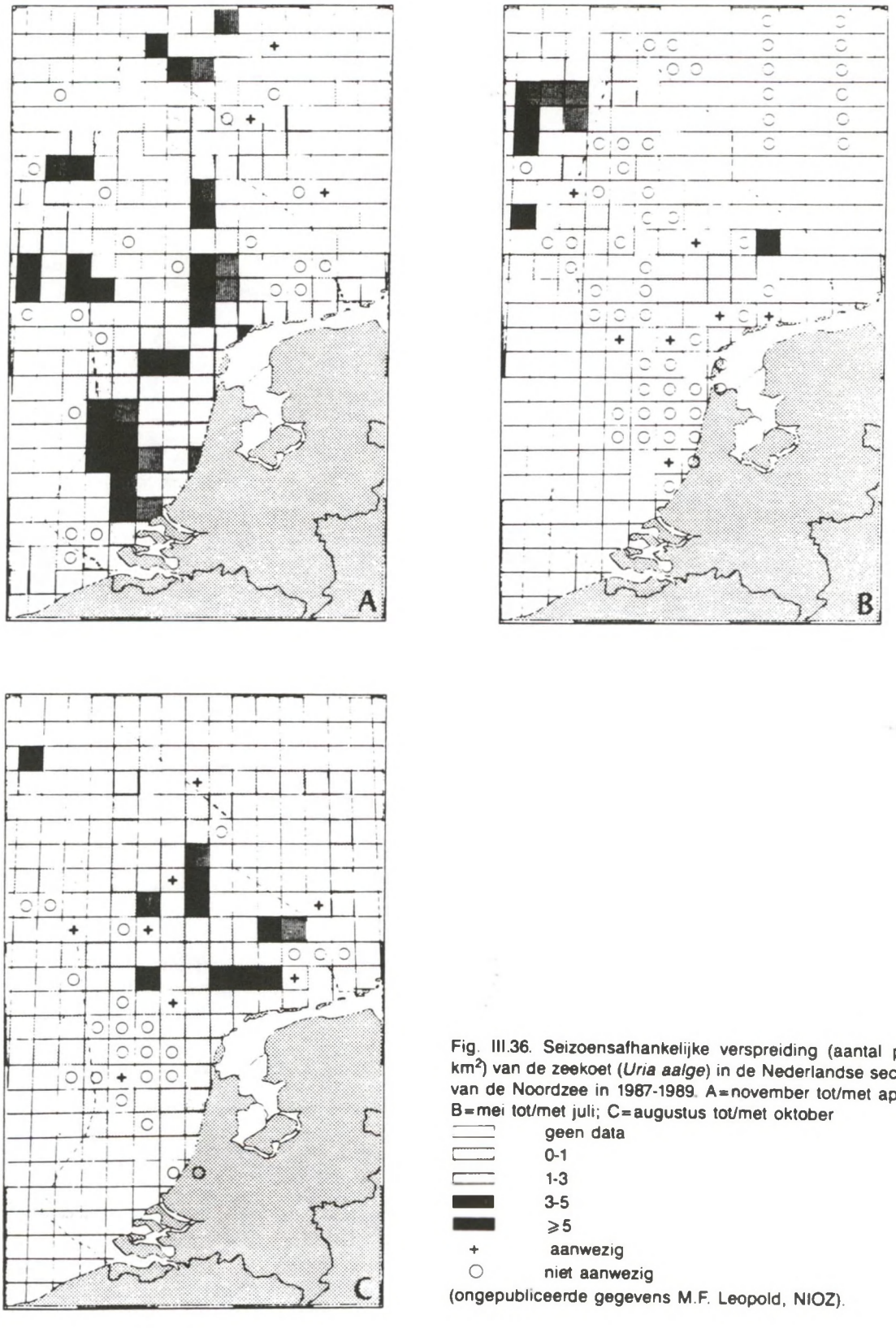


Fig. III.36. Seizoensafhankelijke verspreiding (aantal per km^2) van de zeekoet (*Uria aalge*) in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1987-1989. A=november tot/met april; B=mei tot/met juli; C=augustus tot/met oktober

geen data
0-1
1-3
3-5
≥5
\+ aanwezig
○ niet aanwezig

(ongepubliceerde gegevens M.F. Leopold, NIOZ).

BIJLAGE IV
ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN DE ACTIVITEITEN

IV. Ecologische gevolgen van de activiteiten 141
IV.1. Ecologische gevolgen van visserij 145
IV.1.1. Vismethoden en visserij-intensiteit 145
IV.1.1.1. Gesleepte netten 145
IV.1.1.2. Snurrevaad, Deense spanzegens en ringzegens 146
IV.1.1.3. Drijfnetten en staande netten 146
IV.1.2. Fysisch-chemische effecten 147
IV.1.3. Biologische effecten 147
Literatuur 151
Tabellen en figuren 153

IV.2. Ecologische gevolgen van mijnbouw 155
IV.2.1. Inleiding 155
IV.2.2. Omvang en locaties 155
IV.2.3. Mijnbouwinstallaties 155
IV.2.4. (Bio)chemisch-fysische effecten 156
IV.2.4.1. Boorgruismengsels 156
IV.2.4.2. Produktie- en drainagewater 157
IV.2.5. Biologische effecten 157
IV.2.5.1. Boorgruismengsels 157
IV.2.5.2. Produktie- en drainagewater 159
IV.2.5.3. Afgefakkeld gas 160
IV.2.5.4. Geluid 161
Literatuur 162
Tabellen en figuren 165

IV.3. Ecologische gevolgen van zand- en grindwinning 169
IV.3.1. Inleiding 169
IV.3.2. Methoden van zand- en grindwinning 169
IV.3.3. Winningslocaties 169
IV.3.4. Effecten van zand- en grindwinning op het mariene milieu 170
IV.3.4.1. Biologische effecten van zandwinning 170
IV.3.4.2. Biologische effecten van grindwinning op de Klaverbank 172
Literatuur 173

IV.4. Ecologische gevolgen van scheepvaart 175
IV.4.1. Scheepvaart in het Nederlands deel van de Noordzee 175
IV.4.2. Milieueffecten van de scheepvaart 175
IV.4.2.1. Operationele lozing van olie 175
IV.4.2.2. Operationele lozing van chemicaliën 176
IV.4.2.3. Operationele lozing van sanitair afval 176
IV.4.2.4. Operationele lozing van huishoudelijk afval 176
IV.4.2.5. Operationele lozing van bulkmaterialen 177
IV.4.2.6. Luchtverontreiniging door schepen 177
IV.4.2.7. Het vrijkomen van aangroeiwerende middelen van de scheepswanden 177
IV.4.2.8. De introductie van vreemde organismen 177
IV.4.2.9. Geluid 177
IV.4.2.10. Fysieke schade door ankers 178
IV.4.2.11. Effecten van het uitdiepen en op diepte houden van geulen 178
IV.4.3. Samenvatting 179
Literatuur 179
Figuren 180

V.5. Ecologische gevolgen van militaire activiteiten ... 181
IV.5.1. Inleiding ... 181
IV.5.2. Militaire activiteit van invloed in het Nederlands deel van de Noordzee ... 181
IV.5.3. Chemische effecten van militaire activiteiten ... 183
IV.5.3.1. Schietactiviteiten en explosievenvernietiging ... 183
IV.5.3.2. Chemische effecten van overige militaire activiteiten ... 183
IV.5.4. Verstoringseffecten van militaire activiteiten ... 184
IV.5.4.1. Schiet- en vliegactiviteiten ... 184
IV.5.4.2. Explosies ... 185
Literatuur ... 187
Tabellen en figuren ... 188

IV.6. Ecologische gevolgen van buisleidingen en kabels ... 191
IV.6.1. Buisleidingen en kabels in de Nederlandse sector van de Noordzee ... 191
IV.6.2. Milieueffecten van buisleidingen en kabels ... 191
Literatuur ... 191
Figuren ... 192

IV.1. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN VISSERIJ

IV.1.1. VISMETHODEN EN VISSERIJ-INTENSITEIT

Hoewel vrijwel alle nu bekende vismethoden al sinds de Middeleeuwen in gebruik zijn, werden de netten steeds meer geperfectioneerd en kregen ze steeds grotere afmetingen (Muus, 1966). Bovendien maakten technische ontwikkelingen (echo-sounders, sonar) het mogelijk om de vis actief op te sporen (Cushing, 1974, 1982). De vismethoden die op de Noordzee gebruikt worden kunnen als volgt worden ingedeeld.

IV.1.1.1. GESLEEPTE NETTEN

De boomkor en de bordentrawl zijn lange trechtervormige netten die gebruikt worden om bodemvis te vangen. Pelagische trawls die vrij van de bodem worden voortgetrokken zijn in gebruik voor de vangst van pelagische vis.

Boomkor

De boomkorvisserij heeft zich gespecialiseerd op de vangst van platvis (tong, schol, schar, tarbot). In deze visserij wordt aan beide zijden van de kotter een boomkor voortgetrokken over de zeebodem. De boomkor bestaat uit een vlak stalen frame opgebouwd uit een boom en 2 sloffen, waarachter het trechtervormige netwerk is bevestigd. De maximum breedte van de boom is tegenwoordig wettelijk vastgesteld op 12 meter, waarbij het totale gewicht van het vistuig kan variëren van 7,5 tot 12 ton. De vissnelheid bedraagt *ca.* 10 à 13 km/uur en de trekduur *ca.* 1 à 2 uur. De opening van het net wordt voor de grondpees voorafgegaan door een wisselend aantal kettingen, die de platvis uit de grond moeten jagen. Bij een moderne grote Noordzeekotter is de eerste serie wekkerkettingen (8 stuks) bevestigd aan de sloffen en de 2^{e} serie netwekkerkettingen (11 stuks) is bevestigd aan de grondpees. Op ruwe bodem worden geen wekkerkettingen, maar kettingmatten gebruikt. Het gebruik van kettingmatten op de visgronden ten zuiden van Den Helder wordt op *ca.* 10% geschat (Welleman, 1989).

Het overgrote deel van de totale boomkorvisserij op de Noordzee wordt uitgevoerd door Nederlandse kotters (ICES, 1988) en het grootste deel (ca. 80%) van de Nederlandse visserij oefent de boomkorvisserij uit. Deze visserij vindt gedurende het hele jaar plaats. De laatste 25 jaar is het motorvermogen van de Nederlandse boomkorvloot steeds toegenomen en daarmee heeft deze visserij zich over grotere gebieden in de Noordzee kunnen uitbreiden, terwijl bovendien per visuur een groter oppervlak met grotere en zwaardere vistuigen kon worden afgevist en de vangsten in eerste instantie toenamen. Het totale vermogen in deze sector nam toe van $212 \cdot 10^3$ pk in 1970 tot $588 \cdot 10^3$ pk in 1980 en liep terug tot *ca.* $515 \cdot 10^3$ in 1988. In de periode 1970-1988 nam het totaal aantal boomkorkotters (met uitsluiting van garnalen- en mosselkotters) toe van 360 tot 450 (in 1985) om daarna af te nemen tot 337 in 1988 (LEI, 1988; zie Tabel IV.1). De laatste jaren wordt sanering bevorderd.

Tegelijk met de toename van het motorvermogen van de boomkorkotters op de Noordzee van 300 à 1000 pk tot 2000 à 4000 pk (gemiddeld 1100 pk) nam in de laatste 20 jaar de boomkorlengte toe van 6 à 9 tot 15 m, het gewicht van een boomkor van 1 tot 12 ton en de vissnelheid van 4 à 7 tot 13 km per uur. Vanaf begin 1987 mag geen opdracht meer worden gegeven tot de bouw van kotters met een motorvermogen van meer dan 2000 pk (Welleman, 1989).

Eind 70er jaren blijken de Nederlandse sector en de Duitse Bocht de meest intensief met de boomkor beviste zeegebieden (RIVO-poster, 1990). Rauck (1985) berekende dat in 1975 iedere m^2 in de kwadranten met de hoogste bevissingsgraad reeds 3 à 5 maal per jaar werd bevist. In Fig. IV.1 wordt de verdeling van de boomkorvisserij-intensiteit over de Nederlandse sector van de Noordzee in 1982 weergegeven. Geschat wordt, dat in het kwadrant met de hoogste bevissing (33F3) iedere m^2 op jaarbasis gemiddeld 7 keer bevist werd. De gehele Nederlandse sector van de Noordzee uitgezonderd de noordelijkste 3 kwadranten werd jaarlijks naar schatting één à enkele malen bevist. Uiteraard is dit een vertekening van de werkelijkheid; in de praktijk zullen bepaalde delen van het kwadrant veel intensiever, andere nauwelijks bevist worden. Bovendien heeft de boomkorvisserij zich in de loop van de 80er jaren steeds meer naar noordelijker gebieden verlegd, zodat Fig. IV.1 mogelijk geen reëel beeld geeft van de huidige situatie. Sinds 1985 ontbreken echter de gegevens om een betrouwbare schatting te maken van de ruimtelijke verdeling van de boomkorvisserij.

In 1989 zijn enige beperkingen t.a.v. de boomkorvisserij in werking getreden. In 1989 was het verboden om in het tweede kwartaal met boomkorkotters met een vermogen van meer dan 1800 pk ten zuiden van 55° NB te vissen, om de hoge discard-mortaliteit onder ondermaatse tong in de kustzone te verminderen (ICES, 1990a). In 1989 en 1990 is vissen in de 'schol-box' in het 2^{e} en 3^{e} kwartaal alleen nog toegestaan aan bodemtrawlkotters met een vermogen geringer dan 300 pk (kleinere boomkorkotters en garnalenvissers) (Fig. IV.2). De schol-box is ingesteld om de sterfte onder jonge schol en tong te verminderen, zodat de volwassen stand zich zou kunnen vergroten. Over de effecten van de schol-box op het recruitment in de Noordzee zijn (nog) geen gegevens bekend. De verwachting is echter dat het recruitment aan de scholpopulatie 25% hoger zal zijn indien alle

bodemtrawlvisserij in de internationale schol-box uitgesloten zou zijn en de discard-mortaliteit gereduceerd zou worden tot nul (ICES, 1987, 1990a). Indien uitsluitend schepen met minder dan 300 pk in de schol-box worden toegelaten zal het recruitment naar schatting met 10% toenemen.

De boomkor, maar dan met veel geringere afmetingen en zonder wekkers, wordt ook door de garnalenvissers gebruikt, zowel in de estuaria als in de kustzone. De garnalenvisserij wordt het meest intensief in de zone langs de Hollandse kust en benoorden de oostelijke Waddeneilanden toegepast. Benoorden Texel, Vlieland en Terschelling vindt garnalenvisserij in veel geringere mate plaats. In de kabeljauw-box (Fig. IV.2) is een zeefnet (8x8 cm maaswijdte) voorin de garnalenkor verplicht om vis een ontsnappingskans te geven (van der Hak, RIVO, mond. meded.).

Bordentrawl

Met de bordentrawl, waarbij het net opengehouden wordt door de scherende werking van de borden, wordt in de Nederlandse visserij voornamelijk op rondvis (kabeljauw, schelvis, wijting, koolvis) gevist. De borden, met een breedte van 2 à 3 m, die door de bovenlaag van de zeebodem worden getrokken, wervelen wolken sediment op, waardoor de vis de netopening (met een breedte tot 40 m) binnenvlucht. De grondpees wordt soms voorafgegaan door een aantal kettingen om de vis op te jagen. De trawl wordt met een snelheid van 4 à 9 km/uur voortgetrokken aan lange vislijnen (maximaal 500 m) en de visduur is enkele uren. Als in span gevist wordt, trekken 2 kotters ieder een vleugel van de trawl en ontbreken de borden.

In de periode 1980-1986 is het aantal pk-dagen bij de bordentrawl afgenomen van $6{,}5 \cdot 10^6$ tot $4{,}2 \cdot 10^6$ (Welleman, 1989). In Fig. IV.3 wordt de verspreiding van de bordentrawlvisserij in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1982 weergegeven. Het jaarlijks geviste aantal uren is aanmerkelijk minder dan met de boomkor, omdat een veel geringer deel van de Nederlandse vloot (ca. 80 schepen) de bordenvisserij beoefent. Het gemiddeld motorvermogen is ca. 350 pk. De maximale visserij-inspanning is slechts een kwart van die in de boomkorvisserij. De hoogste aantallen visuren worden voor de Zuid- en Noordhollandse kust gemaakt; ook ten noorden van de Waddeneilanden wordt relatief intensief gevist. De Nederlandse bordentrawlvisserij beperkt zich voornamelijk tot de Nederlandse sector van de Noordzee en de meeste visserij vindt in het eerste kwartaal plaats (Welleman, 1989). In sommige andere Noordzee-landen is de bordentrawl echter nog een veelvuldig gebruikt vistuig en de werkelijke intensiteit in Nederlandse sector van de Noordzee kan daardoor veel hoger zijn. Vanaf 1986 is ten noorden van de Waddeneilanden een 'kabeljauw-box' ingesteld om de visserijmortaliteit bij de kabeljauw van de sterke jaarklas-1985 te reduceren (Fig. IV.2). In dit gebied is het gebruik van netten met extra grote maaswijdte verplicht (ICES, 1990b). Door de instelling van de kabeljauw-box wordt een positief effect op de paaistand verwacht; kwantitatieve gegevens over het verwachte effect ontbreken echter nog.

Pelagische trawl

De pelagische trawl wordt gebruikt om pelagische vis als haring en makreel te vangen. De vleugels van dit trechtervormige net worden eveneens opengehouden door borden of door in span vissende kotters. De bovenpees van de opening is van drijvers voorzien en gewichten houden de onderste vislijnen op diepte. De breedte van de netopening kan bij grotere schepen 120 m bedragen.

Deze vismethode wordt in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee in praktijk gebracht.

IV.1.1.2. SNURREVAAD, DEENSE SPANZEGENS EN RINGZEGENS

Snurrevaad resp. ringzegens zijn in gebruik om een stuk zeebodem resp. zeewater te omsluiten en de vis bijeen te drijven.

Bij snurrevaad wordt een zakvormig net (breedte 70 m) gebruikt, waarvan de lange vislijnen cirkelvormig uitgevaren worden over een afstand van meer dan 1 km, waarna de lange vislijnen langzaam worden ingehaald. Deze lijnen drijven de bodemvis (platvis, schelvis, kabeljauw) naar het midden en uiteindelijk in de opening van het naar het schip schuivende net.

Bij de Deense spanzegen wordt het net niet door een stilliggend schip binnengetrokken, maar door 2 in span vissende schepen langzaam voortgetrokken met een snelheid van 4 à 7 km/uur. De snurrevaad wordt zeker in het noordelijk deel van de Nederlandse sector van de Noordzee door de Deense vissers in praktijk gebracht en wordt verder veel in nog noordelijker gebieden gebruikt. De Deense spanzegenvisserij (kabeljauw) vindt regelmatig in de Nederlandse sector van de Noordzee plaats.

Met ringzegens wordt pelagische vis (haring, makreel, horsmakreel) omcirkeld, waarna het net aan de onderzijde wordt dichtgetrokken en de vangst aan boord gebracht. De netomtrek kan 300 m, de hoogte van het net 70 m bedragen.

Deze vismethode wordt vrijwel uitsluitend ten noorden van de Doggersbank in diep water gebruikt.

IV.1.1.3. DRIJFNETTEN EN STAANDE NETTEN

Drijfnetten hangen als gordijnen in het water en vangen pelagische vis als haring, koolvis en makreel. De

vissen raken met de kieuwen verstrikt in de mazen. De lengte van de aaneengeschakelde netten kan enkele km bedragen, de hoogte 16 m. In de Noordzee wordt deze methode nauwelijks meer toegepast.

Staande netten worden op de kust en nabij wrakken of in stenige gebieden gebruikt en staan loodrecht op de zeebodem. In deze kieuw- of warnetten wordt met name kabeljauw, tong en tarbot gevangen. Staand want wordt in de Nederlandse sector van de Noordzee gebruikt nabij wrakken en in geulen die toegang tot de Waddenzee geven. Kapotte kieuwnetten blijven soms achter en blijven vissen ('spooknetten').

In andere vormen van kustvisserij worden ringzegens, (kom)fuiken en hoekwant gebruikt, waarmee haring, makreel, geep, paling, kabeljauw, platvis en garnalen worden gevangen.

IV.1.2. FYSISCH-CHEMISCHE EFFECTEN

Het gebruik van bodemnetten leidt tot beïnvloeding van de bodem-structuur. Dit effect zal bij de snurrevaadtechniek en de Deense spanzegens gezien het geringe beïnvloede oppervlak en de geringe vissnelheid uiterst gering zijn. Bij de boomkor- en bordentrawlvisserij is het beïnvloede oppervlak zeer veel groter door de hogere vissnelheden en door de grotere visserij-intensiteit (zie IV.1.1.1).

Onderzoek in de 70er jaren, toen gevist werd met relatief lichte boomkorren en een geringe snelheid, heeft uitgewezen, dat de sloffen van een boomkor tot 1,5 cm in harde sedimenten en tot 8 à 10 cm in zachte sedimenten dringen (Margetts & Bridger, 1971), waarna de sporen 1 resp. 3,5 uur zichtbaar blijven (de Groot, 1973). De 15 wekker-kettingen van een boomkor van 700 kg omwoelden gezamenlijk 1 cm van zandige en 3 cm van slibrijke sedimenten (Bridger, 1972). Onderzoek met moderne commerciële boomkorren, voorzien van 8 wekkerkettingen en 11 netwekkerkettingen, voortgesleept met 11 km per uur, leverde aanwijzingen dat de gezamenlijke schrapende werking van de kettingen het hard-zandige sediment tot een diepte van minimaal 6 cm omwoeld moest hebben (Bergman e.a., 1990). Het is te verwachten dat de omwoeling van zachtere, slibrijkere sedimenten tot grotere diepte zal gaan. Het losgewoelde sediment zal opnieuw bezinken, afhankelijk van de deeltjesgrootte en de heersende stroomsnelheid. Mogelijk zal dit leiden tot verplaatsing van sediment, met name de fijnkorrelige fractie.

Uiteraard zal na de passage van de boomkor de structuur van de bovenste sedimentlagen veranderd zijn. Tegelijk met het omwoelen en resuspenderen van de bovenste bodemlagen zullen in het interstitiële water opgeloste en eventueel aan bodemdeeltjes geadsorbeerde stoffen weer in de waterkolom kunnen vrijkomen. Dergelijke verbindingen hebben veelal een reducerend karakter en zullen zuurstof eisen. Resuspensie van de bovenste sedimentlagen kan daarom effecten op de zuurstof- en nutriëntenhuishouding hebben. Tevens kunnen in de bodem geaccumuleerde toxische verbindingen (oliekoolwaterstoffen, PAK's, PCB's etc.) weer vrij komen in de waterfase. Informatie over het vrijkomen van nutriënten en zuurstofeisende en milieubelastende verbindingen als gevolg van boomkorvisserij is niet beschikbaar; als effecten van de bordenvisserij zijn dergelijke veranderingen in de nutriëntenhuishouding wel beschreven (Krost, Kiel, in press).

T.a.v. de fysische verstoring door de boomkorvisserij moet opgemerkt worden, dat qua beïnvloed oppervlak de sloffen (totale breedte 2 m) een veel geringer effect zullen hebben dan de wekkerkettingen, die voor beide korren samen een breedte van 24 m beslaan.

De borden van de bordentrawl kunnen op harde bodem tot 5 cm door de bodem gaan en op zachtere sedimenten 8 à 10 cm (Welleman, 1989); bij experimenten in de Kieler Bocht melden Arntz & Weber (1970) een omwoelde diepte van 15 cm. De grondpees van de bordentrawl, die niet wordt voorafgegaan door wekkers, zal de bodemstructuur slechts in geringe mate verstoren. Gezien zowel de veel geringere visserij-intensiteit van de bordentrawlvisserij (zie IV.1.1.1) als de geringere breedte van het spoor van de borden (ca. 4 m) zal het fysisch effect van deze visserij geringer zijn dan het fysisch effect van de boomkorvisserij. Modelberekeningen met betrekking tot de verstoring door de bordentrawlvisserij aan de noordoostelijke kust van de U.S.A. (Churchill, 1989) tonen aan, dat het door de borden geresuspendeerde bodemmateriaal significant bijdraagt aan de totale tijdgemiddelde concentratie gesuspendeerd materiaal in de waterkolom. Dit verschijnsel deed zich met name voor in slibrijke gebieden (diepte 80-140 m), waar verstoring als gevolg van oppervlaktegolven en stroming gering was. De auteur wijst op het belang van effecten van trawlvisserij op het tijd-gemiddelde gehalte van gesuspendeerd materiaal in de waterkolom. Ook bij de bordentrawlvisserij zijn effecten op de zuurstof- en nutriëntenfluxen in de sediment-water grenslaag te verwachten. Voor de Kieler Bocht (Oostzee) zijn de verhogingen van de nutriëntentoevoer vanuit de bodem als gevolg van bordentrawlvisserij berekend en tevens het hierdoor verhoogde zuurstofgebruik (Krost, Kiel, in press).

IV.1.3. BIOLOGISCHE EFFECTEN

De effecten van de Noordzeevisserij op fyto- en zooplankton, zoöbenthos, vissen, zeevogels en zeezoogdieren zullen achtereenvolgens worden behandeld.

Effecten op fyto- en zoöplankton
Directe effecten van demersale en pelagische vismethoden op fyto-, microzoö- en mesozoöplankton zijn niet te verwachten. Pelagische trawlvisserij zal wel effecten kunnen hebben op de populatiedynamiek van sommige soorten macrozoöplankton, met name kwallen (bijv. *Aurelia aurita en Cyanea* soorten). De overlevingskansen voor meegevangen kwallen zijn nihil (de Groot & Apeldoorn, 1971).

Effecten op zoöbenthos
Directe effecten van pelagische vismethoden op zoöbenthos zijn niet te verwachten. Ook de effecten van staande netten zullen uiterst gering zijn door het geringe beïnvloede bodemoppervlak en het feit dat alleen mobiel epibenthos als bijv. crustaceeën (krabben) in dergelijke netten verstrikt kan raken. De effecten van snurrevaad en Deense spanzegen zijn niet beschreven, maar zullen een locaal karakter hebben. Het beviste oppervlak is bij de snurrevaad relatief gering, bij de Deense spanvisserij al beduidend groter. Aangenomen mag worden, dat bij beide vormen van visserij de visdraden en netten hoofdzakelijk over de bodem schuiven en dat voornamelijk op de bodem levend zoöbenthos (epibenthos) invloed van de passage van het net zal ondervinden of erin gevangen zal worden. Over de kansen op onbeschadigde ontsnapping door de mazen of op overleving in de kuil van snurrevaad en spanzegen zijn geen gegevens bekend, maar gezien de geringe vissnelheid zal de overlevingskans in de trawl relatief groot zijn. De meest fragiele soorten als hydroïdpoliepen, de polychaete worm *Lanice* en slangsterren (Ophiuridae) zullen een geringe overlevingskans hebben, vele andere soorten als zeesterren, krabben en mollusken zullen de vangst goed kunnen overleven.

De directe effecten van de boomkorvisserij op het benthos zijn bekend uit onderzoek in de zeventiger jaren. Uit de conditie van het in de boomkor gevangen zoöbenthos werd afgeleid, dat boomkorvisserij grote sterfte veroorzaakte van coelenteraten (*Tubularia*), annelide wormen (*Lagis*), mollusken (*Ensis, Solen*), echinodermen (*Echinocardium, Ophiuroidea*) en crustaceeën (*Corystes, Liocarcinus, Hya*) (Graham, 1955; Bridger, 1970 Margetts & Bridger, 1971; de Groot, 1973). Ook de sterfte onder benthische levensstadia van kwallen (zgn. poliepen) zal aanzienlijk zijn. Dergelijk onderzoek werd uitgevoerd met de toen gebruikelijke lichtere boomkorren, voorzien van een gering aantal wekkers die met geringe snelheid werden voortgesleept. Onderzoek naar de directe effecten van de moderne commerciële boomkorvisserij gemeten op hard-zandige sedimenten in de Noordzee wijst op een sterke reductie in dichtheid (10 tot 65%) van de zeeklit *Echinocardium cordatum*, de polychaete wormen (*Lanice, Spiophanes*), de mollusk *Tellina* en de kleine crustaceeën (*Cumacea, Natantia, Amphipoda*). Gezien de conditie van de in de boomkor gevangen soorten blijkt 90% van de noordkromp (*Arctica islandica*) en 30 à 40% van soorten als de slangster (*Ophiura texturata*), kamster (*Astropecten irregularis*), zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*), noordzeekrab (*Cancer pagurus*) en helmkrab (*Corystes cassivelaunus*) de vangst in de kuil inclusief de behandeling aan boord niet te overleven. Zeesterren (*Asterias rubens*) en heremietkreeften (*Eupagurus bernhardus*) blijken een goede kans te hebben (resp. 80 en 100%) om de vangst in de boomkor te overleven (Bergman e.a., 1990). De kans op overleving na ontsnapping via de mazen bleek voor de zeester (*Asterias rubens*), de slangster (*Ophiura texturata*) en de zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*) vrijwel 100%.

Gezien het grootschalige karakter van de boomkorvisserij op de Noordzee, waarbij een groot deel van de Nederlandse sector van de Noordzee gemiddeld één of enkele malen per jaar wordt bevist (zie IV.1.1.1), en de aanzienlijke directe effecten van de boomkorvisserij op het overigens reeds tientallen jaren beviste onderzoeksgebied (55 km benoorden de Waddeneilanden; waterdiepte 30 m) moet aangenomen worden dat de boomkorvisserij reeds tot aanzienlijke veranderingen in het benthos heeft geleid. Aanwijzingen voor deze lange termijn effecten van de boomkorvisserij blijken uit onderzoek waarbij het benthos van een gedurende de laatste 15 jaar nauwelijks bevist zandig gebied in de Noordzee wordt vergeleken met het benthos van het omringende gemiddeld beviste gebied (Bergman, in prep.). Het aantal bij het onderzoek gevonden soorten in het intensiever met de boomkor beviste gebied blijkt geringer te zijn en de gemiddelde dichtheid van bivalven en een aantal crustaceeën- en echinodermensoorten blijkt gereduceerd te zijn. De dichtheid van kleine annelide wormen is in het intensiever beviste gebied echter toegenomen. De resultaten van dit onderzoek geven aan, dat jarenlange boomkorvisserij zou leiden tot een verschuiving binnen de benthossoorten, waarbij de dichtheid van langlevende schelpdieren, sommige kreeftachtigen en stekelhuidigen afneemt, terwijl de dichtheid van kleine snel reproducerende wormen toeneemt. Opgemerkt moet worden dat het gebrek aan controlegebieden waarvan men zeker kan zijn dat er niet gevist wordt, een gedetailleerd inzicht in de effecten van de bodemtrawl sterk bemoeilijkt.

Een aantal aanwijzingen t.a.v. het verdwijnen of verminderd voorkomen van macrobenthossoorten is uit waarnemingen bekend (Swennen, de Wilde, NIOZ, mond. meded.) en wordt in verband gebracht met de steeds intensievere boomkorvisserij (zie ook III.3.6). Grote langlevende tweekleppigen als de oester (*Ostrea edulis*), de paardemossel (*Modiolus*

modiolus), *Dosinia exoleta*, *Glycymeris glycymeris*, de noordkromp (*Arctica islandica*) en de grote slak noordhoorn (*Neptunea antiqua*) zijn uit grote delen van de Nederlandse sector van de Noordzee verdwenen. Er bestaan aanwijzingen, dat ook koralen als de dodemansduim (*Alcyonium digitatum*), sponzen als de broodspons (*Halichondria panicea*) en de inktvis (*Sepia officinalis*) sterk zijn verminderd in aantallen. De zeekreeft (*Homatus gammarus*) is in de kustzone door overbevissing sterk achteruitgegaan.

Effecten op vissen

De directe effecten van visserij op de visfauna in de Noordzee zijn evident (zie ook III.4). Intensieve visserij zowel met demersale als met pelagische vismethoden heeft geleid tot zodanige overbevissing van een groot aantal vissoorten dat de paaistand sterk is verminderd. Het intensieve gebruik van vooral ringzegens en in mindere mate pelagische trawls heeft de paaistand van haring en makreel gedecimeerd. Het intensieve gebruik van vooral bodemvistuigen heeft de paaistand van tong, kabeljauw, schelvis, koolvis en wijting sterk verminderd evenals vermoedelijk de paaistand van een aantal roggen- en haaiensoorten. Het verdwijnen van de grote pieterman uit grote delen van de Noordzee en zeker uit de zuidelijke gebieden wordt eveneens met het gebruik van deze bodemvistuigen in verband gebracht. Locaal zijn populaties van bijv. zandspiering gedecimeerd. Het is niet uitgesloten dat de horsmakreel, als zomermigrant in enorme aantallen vertegenwoordigd in de Noordzee, de opengevallen ruimten in het ecosysteem opvult (Daan, 1989).

Selectiviteit van netten is een belangrijk aspect voor de effecten van de vismethoden. Het meest selectief, ook op soortniveau, vangen drijvende en staande kieuwnetten. Bodemtrawls, pelagische trawls, snurrevaad, spanzegens en ringzegens vangen selectief op grootte zolang de mazen niet door ander gevangen materiaal afgesloten raken. Onderzoek is gaande naar nieuwe vistechnieken, waarbij de vangst van jonge vis wordt beperkt. 'Twintrawls', 'Separator trawls' en electrische boomkorren zijn mogelijke oplossingen, die echter nog lang niet operationeel zijn (Maclennan, 1989). De overlevingkans na ontsnapping via de mazen wordt voor dwergtong en pitvis op 90 à 100%, voor tong en schol op 80 à 90% en voor schar op 60% geschat, althans gemeten over de eerste 24 uur na de vangst. Niet-marktwaardige en ondermaatse vis vormt een belangrijk deel van de totale visvangst in bodemtrawls: schattingen in een beperkt experiment wijzen op een veelvoud aan bijvangst t.o.v. de marktwaardige vangst in de tongvisserij (Bergman e.a., 1990; van Beek e.a., 1989). Eenmaal in de trawl aan boord gebrachte vis is dood of stervend (Bergman e.a., 1990) en bodemtrawlvisserij leidt dus tot aanzienlijke sterfte van ondermaatse en niet-marktwaardige vis. Gebruik van bodemtrawls en pelagische trawls in ondiepere kustzones (tot waterdiepten van 30 m), waar zich de opgroeigebieden bevinden van jongere jaarklassen van schol, tong, griet, tarbot, haring, rog en ten dele kabeljauw en schar (Zijlstra, 1978; Witte & Zijlstra, 1978), zal op het recruitment van grote invloed zijn. Ook de garnalenvisserij, die met geringere motorvermogens en zonder wekkers vist, kan in de kustzone grote mortaliteit onder bijv. jonge tong (lengte *ca.* 8 cm) veroorzaken, wanneer die in de mazen van het net verstrikt raakt (ICES, 1990a). Het feit dat toelating van kleinere kotters (< 300 pk) tot de schol-box de verwachte recruitmenttoename aan de scholpopulatie van 25% naar 10% doet dalen, geeft het effect van deze vorm van kustvisserij (inclusief garnalenvisserij) op de opgroeiende platvis in deze kustzone aan (ICES, 1990a).

Visserij veroorzaakt een verhoogde sterfte in vispopulaties. De natuurlijke mortaliteit ligt bij soorten die gebruikt worden voor de menselijke consumptie in de orde van grootte van 10 à 20% per jaar, in beviste populaties is de sterfte toegenomen tot maximaal 70% per jaar. Als gevolg van de verhoogde jaarlijkse sterfte treedt een sterke verjonging van de populaties op, waardoor de totale biomassa afneemt en de aan de biomassa gerelateerde produktie verhoogd wordt door de verhoogde conversie-efficiëntie (Jones, 1984). Doordat de populatie slechts uit een gering aantal talrijke jaarklassen bestaat, hebben veranderingen in het recruitment veroorzaakt door (a)biotische omstandigheden een veel sterkere invloed op de totale populatiegrootte dan in minder beviste of natuurlijke situaties (Daan e.a., 1990). De intensieve bevissing heeft in het algemeen geleid tot het ontstaan van onstabiele vispopulaties op de Noordzee. Bij een aantal soorten (makreel, haring) heeft de afgenomen paaistand tot verminderd recruitment geleid (Daan e.a., 1990). Het lijkt aannemelijk, dat ook bij een aantal soorten roggen en haaien de afgenomen paaistand tot een verminderd recruitment heeft geleid (zie III.4); gevreesd wordt, dat dit bij kabeljauw, schelvis en tong in de nabije toekomst eveneens zal kunnen gebeuren (Daan, 1989).

Effecten op zeevogels

Directe effecten van visserij op zeevogels treden op wanneer zeevogels in visnetten verdrinken of fragmenten netwerk opeten. Over verdrinking van zeevogels in (verloren) drijfnetten zijn geen kwantitatieve gegevens bekend (Schrey & Vauk, 1987). Visserij met staand want komt vooralsnog op beperkte schaal in de Nederlandse sector van de Noordzee voor, zodat de huidige sterfte van zeevogels in deze netten gering zal zijn. Noch de verdrinking in netwerk noch de ingestie van plastic fragmenten heeft tot een meetbare toename in mortaliteit geleid (Dunnet e.a., 1990).

De visserij heeft een aanzienlijke maar complexe invloed op het voedselaanbod voor zeevogels. Door de toegenomen visserij-inspanning op de Noordzee worden grote hoeveelheden ondermaatse of niet-marktwaardige vis en visafval (ingewanden) na de vangst weer overboord gezet. Het visafval wordt geschat op 7 respectievelijk 11% van de aan land gebrachte hoeveelheid platvis respectievelijk kabeljauwachtigen (Furness e.a., 1988; Dunnet e.a., 1990); de hoeveelheid in zee teruggezette dode of stervende vis kan bij sommige typen visserij (boomkorvisserij) oplopen tot enkele malen de hoeveelheid aan land gebrachte vis (Bergman e.a., 1990). Dit toegenomen aanbod van vis(afval) zal zeker als oorzaak van de toegenomen populatiegrootte van een aantal zeevogels (stormvogels, meeuwen) gezien moeten worden (zie ook III.5). Daarnaast kan mogelijk een deel van de toename van zeevogels (alken, zeekoeten) in de twintigste eeuw toegeschreven worden aan de overbevissing van roofvissen, zoals kabeljauw, wijting en makreel. Hoewel de evidentie niet onomstotelijk is, zijn er aanwijzingen dat sinds de 60er jaren zandspiering en kevers talrijker zijn dan voor de Tweede Wereldoorlog. Er zijn echter ook aanwijzingen dat in bepaalde regio's de dichtheden van kleine vis (sprot, zandspiering, kever, jonge haring) zijn afgenomen als een gevolg van intensievere industrievisserij. Wijzigingen in de winterverspreiding van zeekoeten, alken en drieteenmeeuwen die sinds 1980 zijn opgetreden, worden aan deze afname in dichtheid prooidieren toegeschreven (Camphuysen, 1990). In de Noordzee is de zandspiering een van de belangrijkste kleine vissoorten die als voedsel dienen tijdens het broedseizoen van diverse zeevogelsoorten. Intensieve locale visserij op zandspiering zou locaal effecten kunnen hebben op deze zeevogelpopulaties. Het broedsucces van de zeevogels op Shetland, waar zich de grootste broedkolonies van de Noordzee bevinden, die 20-30% van de locale jaarlijkse produktie aan kleine vissoorten (voornamelijk zandspiering) consumeren, is de laatste jaren sterk gedaald. Er zijn aanwijzingen dat de intensivering van de locale visserij op zandspiering, die eenzelfde percentage zandspiering onttrekt, met dit geringere broedsucces verband zou houden (Furness, 1978; Furness, unpubl.; Dunnet e.a., 1990). Ook intensieve locale schelpenvisserij in de kustzone (< 15 m diep) zou het voedselaanbod (kokkels (*Cerastoderma), Spisula, Venus*) voor duikende vogels (zeeëenden) sterk kunnen limiteren en daarmee de vogelstand beïnvloeden. In dit verband moeten ook de gevolgen van de boomkor- en garnalenvisserij op de schelpdierstand in de kustzone (< 15 m diep) worden beschouwd.

Effecten op zeezoogdieren

Algemeen wordt aangenomen dat de meeste populaties zeezoogdieren in de Noordzee gedurende deze eeuw in omvang zijn afgenomen, en dit geldt zeker voor de bruinvispopulatie (*Phocoena phocoena*). (Northridge & Lankester, in prep.; Evans & Scanlan, 1989). De bruinvis wordt in de Nederlandse en Duitse wateren minder frequent aangetroffen dan in overige deelgebieden van de Noordzee. In de Nederlandse sector van de Noordzee worden de hoogste aantallen nabij het Friese Front gebied gezien (zie III.5).

Sterfte in visnetten wordt als een belangrijke directe oorzaak van de aantalsafname gezien. Vangsten van verdronken bruinvissen worden door Deense, Britse, Zweedse en Noorse vissers gemeld. De grootste aantallen worden in voorjaar en zomer gevangen. Het totale aantal gevangen bruinvissen blijft onduidelijk, maar een conservatieve schatting komt uit op 1000 à 3000 gevangen bruinvissen per jaar in Kattegat en Noordzee, alleen door de Deense visserij. De overige landen zullen zeker ook bruinvissen vangen in Noordeuropese wateren, terwijl verloren gegane netten als spooknetten hun tol zullen blijven eisen (Clausen, 1990). Door Kinze (in prep.) wordt als de jaarlijkse vangst aan bruinvissen in één Deense haven (Hanstholm) gemeld 750 exemplaren, waarvan maximaal 200 per jaar per schip of 8 per net. Deze auteur vermeldt dat het begin van de snotolfvisvangst in de Deense wateren samenvalt met het einde van de zoogperiode van jonge bruinvissen, waardoor het risico van verdrinken in netten voor deze jonge dieren sterk zou toenemen.

Uit Brits onderzoek blijkt dat bruinvissen in alle typen visnetten gevangen worden: variërend van staand want direct langs de kust tot een enkele maal in trawlnetten (Northridge, 1988). Wat de Nederlandse visserij betreft, zijn er geen aanwijzingen dat bruinvissen of andere zeezoogdieren in de boomkor worden gevangen. Incidenteel worden vangsten gemeld in de overigens zeer beperkte staandwantvisserij in de Nederlandse sector van de Noordzee (Daan, RIVO, mond. meded.). In Deens onderzoek wordt geconstateerd, dat de meeste bruinvissen (75- 95%) gevangen worden in grofmazige (70-120 mm) staande netten, uitgezet op de bodem om kabeljauw, tarbot, schol en snotolf te vangen (Kinze, in prep.). Experimenteel onderzoek naar de mogelijkheden voor bruinvissen om bepaalde soorten visnetten waar te nemen, heeft niet tot eensluidende conclusies geleid. Het is nog niet duidelijk of het technisch mogelijk is zodanige visnetten te ontwikkelen, dat de kans op vermijding door bruinvissen toeneemt (Hembree & Harwood, 1987; Silber, 1989). Ook de effecten van de positie van het drijvend en staand want in de waterkolom zijn niet altijd duidelijk. Gezien de duikcapaciteit van bruinvissen moet aangenomen worden, dat staand want in de Deense wateren en in de Nederlandse sector van de Noordzee met waterdiepten minder dan 60 m altijd een risico-

factor voor bruinvissen zal blijven (Piatt & Nettleship, 1987; Lindstedt & Lindstedt, 1989). Indien verbetering in de waarneembaarbeid van netten voor bruinvissen niet mogelijk blijkt, zullen restricties t.a.v. de visserij een mogelijkheid zijn om deze sterfte te verkleinen. Belangrijk is ook dat beschadigde visnetten niet in zee terecht komen en daar als spooknetten blijven vangen.

Vergelijking van de lengte van bruinvissen gevangen in kieuwnetten en trawlnetten in de Britse visserij vanaf 1959 tot 1990 geeft aan, dat de gemiddelde lengte in kieuwnetten (120-130 cm) geringer is dan in trawlnetten en seines (140-150 cm). Deze gegevens wijzen op een selectieve werking van visnetten (Northridge & Lankester, in prep.). Verondersteld wordt, dat bruinvissen tijdens hun leven de kieuwnetten leren vermijden, terwijl de dieren bij toeval in trawlnetten en seines gevangen worden zonder kans op vermijding of ontsnapping (Kinze, in prep.).

Uit vergelijking van de in 1980 en in 1940 in de Britse visserij in kieuwnetten gevangen bruinvissen blijkt dat de gemiddelde lengte is afgenomen in de 80er jaren, zodat voortplanting bij een geringere lengte optreedt. Over het algemeen worden in een walvispopulatie reductie in lengte en geslachtsrijpheid bij geringere lengte gezien als een gevolg van overbevissing (Andersen & Clausen, 1983; Kasuya, 1985; Reed & Gaskin, 1990).

In de periode 1950-1970 blijkt de groeisnelheid van bruinvissen in de Noordzee aanzienlijk lager te zijn dan in populaties nabij Canada in 1970 (Gaskin e.a., 1984). Verminderde beschikbaarheid van geschikte voedselsoorten, zoals makreel, wijting en haringachtigen en de afgenomen gemiddelde lengte van de prooi (mede) veroorzaakt door de intensieve visserij zouden een verklaring voor deze lagere groeisnelheid in de Noordzee kunnen zijn (Northridge & Lankester, in prep.). Het is niet uitgesloten dat de door de visserij veroorzaakte sterke afname van de haringstand in de 60er jaren mede oorzaak was van de aantalsafname van bruinvissen in de Noordzee (Smeenk & Addink, in prep.). Juist in de periode 1960-1974 nam de industrievisserij op haringachtigen zeer sterk toe (Madsen, 1978). Evans & Scanlan (1989) vonden een correlatie tussen de fluctuaties in de haringstand en de frequentie waarmee bruinvissen op de Britse eilanden aanspoelden.

LITERATUUR

ANDERSEN, S. & B. CLAUSEN, 1983. Bycatches of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in Danish fisheries 1980-1981 and evidence for over-exploitation. Ref. In Northridge & Lankester, in prep.

ARNTZ, W.E. VON & W. WEBER, 1970. *Cyprina islandica* (Mollusca: Bivalvia) als Nahrung von Dorsch und Kliesche in der Kieler Bucht. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. **21**: 193-209.

BEEK, F.A. VAN, P.I. VAN LEEUWEN & A.D. RIJNSDORP, 1989. On the survival of plaice and sole discards in the otter-trawl and beamtrawl fisheries in the North Sea. ICES Demersal Fish Comm. C.M. 1989/G46.

BERGMAN, M.J.N., M. FONDS, M. HUP, W. LEWIS, P. VAN DER PUYL, A. STAM & D. DEN UYL, 1990. Direct effects of beamtrawl fishing on benthic fauna in the North Sea -a pilot study-. In: Effects of beamtrawl fishery on the bottom fauna in the North Sea. BEON-rapport **8**: 33-57.

BERGMAN, M.J.N., A. STAM & M. HUP, in prep. Long term effects of beamtrawl fishery on the bottomfauna in the North Sea -a pilot study-.

BRIDGER, J.P., 1970. Some effects of the passage of a trawl over a seabed. ICES C.M. 1970/B:10. Gear and Behaviour Comm.: 10 pp.

BRIDGER, J.P., 1972. Some observations on the penetration into the sea bed of tickler chains on a beamtrawl. ICES C.M. 1972/B:7. Gear and Behaviour Comm.: 9 pp.

CAMPHUYSEN, C.J., 1990. Fish stocks, fisheries and seabirds in the North Sea. Technisch Rapport Vogelbescherming **5**: 119 pp.

CHURCHILL, J.H., 1989. The effect of commercial trawling on sediment resuspension and transport over the Middle Atlantic Bight Continental Shelf. Cont. Shelf Res. **9**: 841-864.

CLAUSEN, B., 1990. Health status and bycatch of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Danish waters. Nat. Envir. Res. Instit. Soeborg, Denmark, May 1990: 7 pp.

CUSHING, D.H., 1974. The Detection of Fish. Pergamon, Oxford.

CUSHING, D.H., 1982. Climate and fisheries. Ac. Press London: 373 pp.

DAAN, N., 1989. The ecological settling of North Sea fisheries. Dana **8**: 17-31.

DAAN, N., P.J. BROMLEY, J.R.G. HISLOP & N.A. NIELSEN, 1990. Ecology of North Sea Fish. Neth. J. Sea Res. **26**: 343- 386.

DUNNET, G.M., R.W. FURNESS, M. TASKEN & P.H. BECKER, 1990. Seabird ecology of the North Sea. Neth. J. Sea Res. **26**: 387-425.

EVANS, P.G.H. & G.M. SCANLAN, 1989. Historical review of cetaceans in British & Irish waters: 1-95. U.K. Cetacean Group, c/o Zoology Department, Univ. of Oxford.

FURNESS, R.W., 1978. Energy requirements of seabird communities: a bioenergetics model. J. Anim. Ecol. **47**: 39-53.

FURNESS, R.W., A.V. HUDSON & K. ENSOR, 1988. Interactions between scavenging seabirds and commercial fisheries around British Isles. In: J. BURGER, Seabirds and other marine invertebrates. Col. Univ. Press, N.Y.: 240.

GASKIN, D.E., 1984. The harbour porpoise (*Phocoena phocoena*): regional populations, status, and information on direct and indirect catches. Rep. Int. Whal. Comm. **34**: 569- 585.

GRAHAM, M., 1955. Effects of trawling on animals of the sea-bed. Deep Sea Res. **3**: 1-6.

GROOT, S.J. DE, 1973. De invloed van trawlen op de zeebodem. Visserij **26**: 401-409.

GROOT, S.J. DE & J.M. APELDOORN, 1971. Some experiments on the influence of the beamtrawl on the bottomfauna. ICES C.M. 1971/B:2: 4 pp.

HAK, W. VAN DER & W.C. BLOM, 1990. Cruise report experiments on the interaction fishing gear (beamtrawl) - benthos with a commercial beamtrawler, 21 Aug - 1 Sept 1989. In: Effects of beamtrawl fishery on the bottom fauna in the North Sea. BEON-rapport **8:** 23- 31.

HEMBREE, D. & M.B. HARWOOD, 1987. Pelagic Gillnett Modifications trials in Northern Australian Seas. Rep. Int. Whal. Comm. **37:** 369-373.

ICES, 1987. Report of the ad hoc meeting of the North Sea flatfish working group, IJmuiden, febr. 1987. ICES CM 1987/Asses:14.

ICES, 1988. Report of the Study Group on the Effects of Bottom Trawling. ICES C.M. 1988/B:56: 30 pp.

ICES, 1990a. Report of the North Sea Flatfish Working Group. C.M. 1990/Ass:6: 89 pp.

ICES, 1990b. Report of the Roundfish Working Group. C.M. 1990/A7: 93 pp.

JONES, R., 1984. Some observations on energy transfer through the North Sea and Georges Bank food webs. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int Explor. Mer **183:** 204-217.

KASUYA, I., 1985. Effects of exploitation on reproductive parameters of the spoted and striped dolphins off the Pacific coast of Japan. Sci. Rep. of Whales Res. Inst. **36:** 107-138.

KINZE, C.C., in prep. Incidental catches of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in Danish waters 1986-1989: Recent data and behavioural implications. Univ. of Copenhagen, Denmark: 11 pp.

KROST, P., in press. Der Einfluss der Grundschleppnetzfischerei auf Nährsalz -Freisetzung aus dem Sediment und Makrofauna der Kieler Bucht. Diss., C.-A. Univ. Kiel.

LINSTEDT, I. & M. LINDSTEDT, 1989. Incidental catch of harbour porpoises *Phocoena phocoena* in Swedish waters in 1973-1988. In: EVANS & SMEENK. Eur. Res. on Cetaceans 3, Proc. 3rd Ann. Conf. of the Eur. Cetacean Soc., La Rochelle, France, Febr. 1989.

MACLENNAN, D.N., 1989. Fish harvesting technology and profitability. In: M.N. VOIGT & J.R. BOTTA. Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability. Sept. 89, 349 Alt. F. Techn. Conf., Canada: 7-21.

MADSEN, K.P., 1978. The industrial fisheries in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer **172:** 27-30.

MARGETTS, A.R. & J.P. BRIDGER, 1971. The effect of a beamtrawl on the sea bed. ICES C.M. 1971/B:8. Gear and Behaviour Comm.: 9 pp (mimeo).

MUUS, B.J., 1966. Zeevissengids. Elsevier.

NORTHRIDGE, S.P., 1988. Marine mammals and fisheries: a study of conflicts with fishing gear in British waters. Wildlife Link, 45 Shelton St., London WC2.

NORTHRIDGE, S.P. & K. LANKESTER, in prep. Sightings of the harbour porpoise in the North Sea with some notes on interactions with fisheries.

PIATT, J.F. & D.N. NETTLESHIP, 1987. Incidental catch of marine birds and mammals in fishing nets off Newfoundland-Canada. Mar. Poll. Bull. **18:** 344-349.

RAUCK, G., 1985. Wie schadlich ist die Seezungenbaumkurre fGr Bodentier? Infn. Fisschw. **32:** 165-168.

REED, A.J. & D.E. GASKIN, 1990. Changes in growth and reproduction of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from the Bay of Fundy, in prep.

RIVO-POSTER, 1990. Poster Noordzee conferentie mrt. 1990. Den Haag.

SCHREY, E. & G.J.M. VAUK, 1987. Records of entangled gannets (*Sula bassana*) at Helgoland, German Bight. Mar. Poll. Bull. **18:** 350-352.

SILBER, G.K., 1989. Response of free-ranging harbour porpoises to potential Gillnet Modifications. Abstr. 8th Biennial Conf. on Mar. Mamm., California, Dec. 1989.

SMEENK, C. & M.J. ADDINK, in prep. The harbour porpoise in Dutch waters, evidence from stranding records.

WELLEMAN, H., 1989. Literatuurstudie naar de effecten van de bodemvisserij op de bodem en het bodemleven. RIVO, Rapport MO 89-201: 55 pp.

WITTE, JIJ & 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: 5/10-5/19.

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.

TABEL IV.1
Aantal Nederlandse schepen (> 300 pk) betrokken bij de boomkorvisserij en het totale motorvermogen. (Bron: Gids voor vissersvaartuigen, Dir. Visserijen, Min. L&V; LEI, 1988).

PK groep	1970	1975	1980	1985	1986	1988
300- 500	192	99	57	88	48	40
500-1000	168	228	153	126	82	67
1000-1500	-	108	105	113	110	91
1500-2000	-	19	31	69	62	72
2000-2500	-	2	4	47		
2500-3000	-	-	-	4		
3000-3500	-	-	-	2	48	67
3500-4000	-	-	-	-		
4000-4500	-	-	-	1		
Schepen totaal (> 300 pk)	360	456	340	450	350	337
Motorvermogen totaal (*10^3)	212	388	588	524		ca. 515

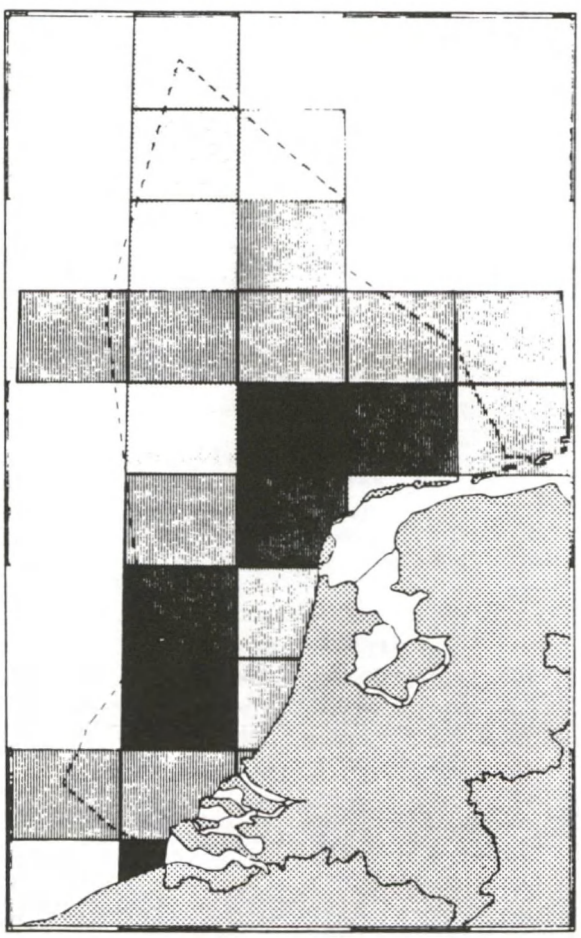


Fig. IV.1. Ruimtelijke verdeling van de boomkorvisserij over de Nederlandse sector van de Noordzee in 1982. De intensiteit in de ICES-kwadranten is uitgedrukt in aantal ongecorrigeerde visuren per 100 Mijl^2 (*ca.* 340 km^2). (Naar Welleman, 1989).

0-450
450-1800
1800-3600
3600-5400
>5400

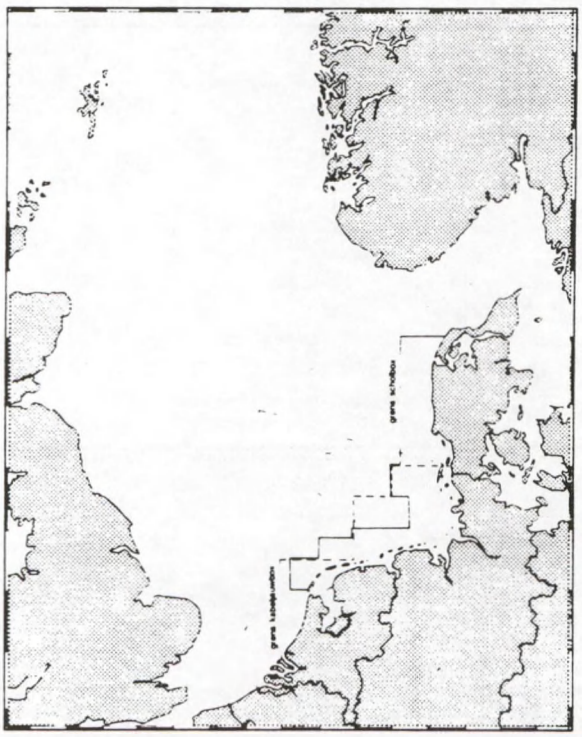


Fig. IV.2. Begrenzing van de schol-box (ononderbroken lijn) en de kabeljauw-box (onderbroken lijn). (Naar gegevens van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990).

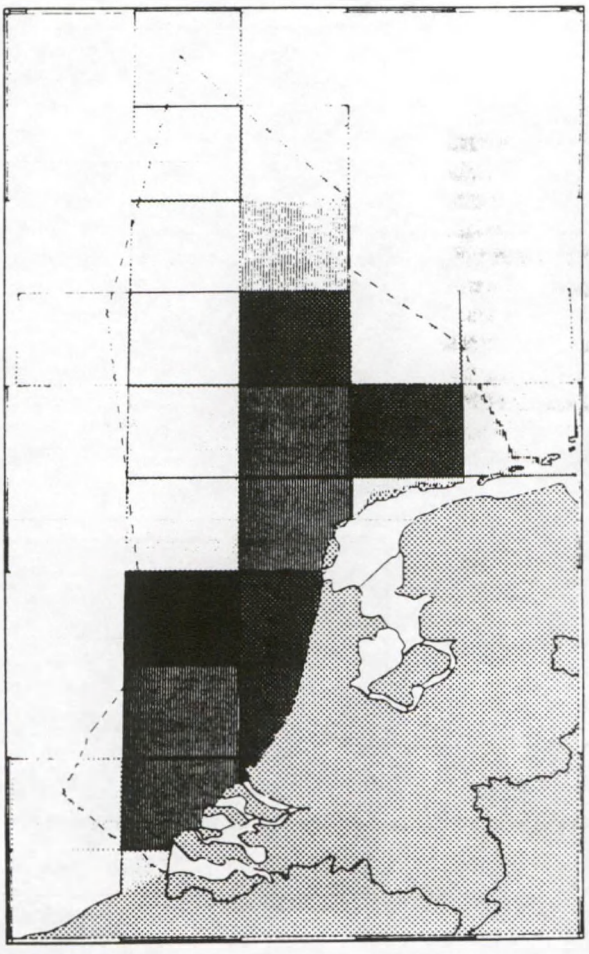


Fig. IV.3. Ruimtelijke verdeling van de bordentrawlvisserij in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1982. De intensiteit in de ICES-kwaranten is uitgedrukt in aantal ongecorrigeerde visuren per 100 Mijl^2 (ca. 340 km^2). (naar Welleman, 1989).

0-150
150-600
600-1200
1200-1800
>1800

IV.2. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN MIJNBOUW

IV.2.1. INLEIDING

Tijdens de opsporing van olie en gas en voorafgaand aan de produktiefase worden boringen verricht, waarbij boorgruis vrijkomt dat in zee wordt gestort. In een aantal gevallen kan oliehoudend boorgruis (oil-based mud, OBM) vrijkomen, dat na gedeeltelijke reiniging weer in zee wordt gestort. In de produktiefase van zowel olie als gas komt oliehoudend produktiewater vrij dat na gedeeltelijke behandeling in zee wordt geloosd, tezamen met het met olie verontreinigde regen- en spoelwater. Tevens vindt affakkelen van overbodig gas plaats. Voor en tijdens de produktiefase worden in variabele hoeveelheden en samenstellingen mijnbouwhulpstoffen (biociden, demulsifiers, cleaners) geloosd. Antifouling wordt op geen enkele vaste mijnbouwinstallatie gebruikt (van Dessel, NAM, mond. meded.). In alle fasen vindt mogelijk locaal akoestische verstoring plaats, met als bronnen de vaste installaties zelf en (waarschijnlijk belangrijker) het bijbehorend scheeps- en helikopterverkeer.

Lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties vindt plaats op grond van de 'Regeling inzake lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties (1 jan. 1988)'. In de recent verschenen milieu-effectrapportage (MER, 1990) 'Lozing oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee' wordt beoordeeld of de huidige regelgeving voldoende bijdraagt aan het behoud en waar nodig herstel van het ecosysteem van de Noordzee, terwijl tevens wordt nagegaan of voldaan wordt aan de uitgangspunten van het brongerichte beleid inzake de terugdringing van verontreinigingen. In deze paragraaf zullen regelmatig verwijzingen naar genoemde MER plaatsvinden.

IV.2.2. OMVANG EN LOCATIES

Op de Noordzee bevinden zich *ca.* 160 produktie- installaties, die jaarlijks 165 miljoen ton olie en 85 miljard m^3 gas winnen. Het transport naar het land vindt via pijpleidingen (8000 km) plaats. In 1988 werd in de Nederlandse sector van de Noordzee ruim 3 miljoen m^3 olie en 17 miljard m^3 gas gewonnen. In Fig. IV.4 wordt een overzicht gegeven van produktieplatforms en pijpleidingen in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1990. De totale bijdrage van de kuststaten aan de oliebelasting van de Noordzee wordt voor 1986 geschat op 100.000 ton, waaraan de bijdrage van de mijnbouw *ca.* 30% bedroeg. De Nederlandse sector van de Noordzee werd in 1986 naar schatting belast met 24.000 ton olie, waarvan 20% afkomstig van de mijnbouw in de Nederlandse sector van de Noordzee (MER, 1990). In 1988 en 1989 liep de oliebelasting door de mijnbouw in deze sector terug tot *ca.* 1.333 resp. 900 ton, minder dan 6% van de totale oliebelasting. Deze vermindering wordt hoofdzakelijk toegeschreven aan de sterke vermindering van het oliegehalte in het geloosde boorgruis. Tabel IV.2 geeft een overzicht van de olielozingen vanaf mijnbouwinstallaties in de Nederlandse sector van de Noordzee. Tabel IV.3 geeft een overzicht van mijnbouwscenario's 1988, 1992 en 2000 (MER, 1990).

IV.2.3. MIJNBOUWINSTALLATIES

Boorinstallaties

In bovengenoemde MER wordt een referentieboorinstallatie beschreven die qua emissie representatief is voor de boorinstallaties op de Nederlandse sector van de Noordzee in 1988. Een dergelijke boorinstallatie verricht 5 boringen per jaar waarbij 335 m^3 met OBM (oil-based mud) uitgeboord gesteente vrijkomt dan wel 3300 m^3 met WBM (water-based mud) uitgeboord gesteente. In de periode 1986-1988 nam het totaal aantal boringen per jaar in de Nederlandse sector van de Noordzee af van 65 tot 49. Een verdere daling in aantal wordt voorzien (Tabel IV.3). Indien de veiligheid, de geologische situatie en de economische perspectieven het toelaten wordt bij voorkeur met water-based mud (WBM) geboord; in de overige gevallen wordt noodgedwongen oil-based mud (OBM) gebruikt dat *ca.* 30% basisolie bevat. Slechts speciale OBM's (de referentie-OBM's) zijn in de Nederlandse sector van de Noordzee voor gebruik toegestaan; de samenstelling is vertrouwelijk. (Bijlage 1 van Regeling inzake lozing van oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee). De basisolie bestaat uit een low-toxic oliesoort met een laag aromatengehalte (< 5%). Na het wassen van het boorgruis mag het boorgruis met aangehechte OBM slechts worden geloosd indien het minder dan 100 g olie per 1000 g droge stof bevat. Elke lozing duurt een beperkte periode en vindt alleen tijdens een boorperiode (maximaal enkele weken) plaats. De persistentie van de olie in de bodem zorgt echter voor een min of meer chronische belasting, die jarenlang kan voortduren. Bij de publicatie van de MER hebben de ministers van EZ, V & W en VROM te kennen gegeven op afzienbare termijn een lozingsverbod voor OBM-boorgruis tot stand te zullen brengen. WBM-boorgruis wordt ongezuiverd in zee gestort. De voornaamste componenten zijn bariet en bentoniet. In de diepere delen van de boring worden ook chemicaliën in kleine hoeveelheden toegepast; WBM's worden als beperkt toxisch beschouwd. Voor de lozing van WBM-boorgruis bestaat in Nederland nog geen regelgeving.

Behalve oliecomponenten worden in het geloosde boorgruis (OBM en WBM) ook variabele hoeveelhe-

den corrosie-inhibitoren, biociden en detergenten aangetroffen. De voorgestelde (overigens nog niet door de overheid bekrachtigde) toelatingsnorm voor deze stoffen laat onbeperkte lozing van deze stoffen toe, mits de LC^{96}_{50} waarden minimaal 100 ppm bedragen en de biodegradatie zich binnen 1 maand voltrekt. In het geloosde boorgruis komen verder metalen voor (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Al, Mg, Ca, Na en Fe) die oorspronkelijk als verontreiniging aan bariet en bentoniet gebonden zijn en zich in de sedimenten als lignosulfaat *en/of* sulfiden voordoen (MER, 1990).

Produktie-installaties
In de MER wordt een produktie-installatie voor olie en gas beschreven.

De referentie- olieproduktie-installatie heeft een jaarproduktie van 500.000 m^3 (1988) en bestaat uit een produktieplatform en een puttenplatform met 12 olieputten. Dit is in de Nederlandse sector van de Noordzee de meest gebruikelijke configuratie. In totaal is bij het boren van de exploitatieputten over bij een periode van 3 jaar 800 m^3 OBM-houdend en 8000 m^3 WBM-houdend boorgruis vrijgekomen. In totaal waren in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1988 6 olieproduktie- installaties in gebruik; voor 1992 wordt een 50% toename voorzien en in 2000 zal het aantal tot beneden de 6 afnemen (zie Tabel IV.3). Jaarlijks wordt van een dergelijke produktie-installatie gemiddeld 1,3 miljoen m^3 produktiewater en 1.600 m^3 drainagewater geloosd.

De referentie gasproduktie-installatie bestaat uit een produktieplatform en een puttenplatform van 4 putten. Dit is in de Nederlandse sector van de Noordzee de meest voorkomende configuratie. De jaarproduktie bedraagt 520 miljoen m^3 (1988). In totaal is bij het boren van de exploitatieputten 300 m^3 OBM-houdend en 2700 m^3 WBM-houdend boorgruis vrijgekomen in een periode van 3 jaar. In 1988 waren in de Nederlandse sector van de Noordzee 34 gasproduktie-installaties in gebruik. De scenario's voor 1992 en 2000 geven een toename met 60 à 100% te zien (Tabel IV.3). Jaarlijks wordt van een dergelijke produktie-installatie 7.300 m^3 (variërend van 0 tot 53.000 m^3) produktiewater en 1.600 m^3 drainagewater geloosd.

De lozingen van zowel olie- als gasproduktie-installaties mogen als continu worden beschouwd. Het te lozen produktiewater mag in de Nederlandse sector van de Noordzee niet meer dan gemiddeld 40 mg olie (niet opgeloste alifaten) per liter bevatten. Voor gasplatforms geldt de verzachtende maatregel, dat althans de best uitvoerbare techniek moet zijn gebruikt om dat te bereiken. Het te lozen produktiewater bevat naast alifatische koolwaterstoffen ook aromaten. Voorts bevat het produktiewater restanten van mijnbouwhulpstoffen en stoffen uit de formatie; de aard, concentratie en milieukenmerken van deze stoffen zijn onderwerp van studie met als oogmerk om eind 1991 / begin 1992 adequate emissienormen tot stand te brengen (MER, 1990).

IV.2.4. (BIO)CHEMISCH-FYSISCHE EFFECTEN

Uit Basisrapport 2 van de MER kan het volgende geconcludeerd worden.

IV.2.4.1. BOORGRUISMENGSELS

Drijvende componenten
Het is niet uit te sluiten, dat vrijkomende oliecomponenten een drijvende oliefilm vormen; in de praktijk zijn in een aantal gevallen drijvende oliefilms waargenomen nabij boorinstallaties (GOP, 1989). Effecten van drijvende componenten afkomstig uit boorgruis op zuurstof- en nutriëntenhuishouding zijn niet te verwachten (MER, 1990).

Componenten in de waterkolom
Een fractie van het boorgruis kan enige tijd in de waterkolom blijven zweven. Fijner OBM-boorgruis zal langer in de aerobe waterkolom aanwezig blijven en daardoor zal een relatief snelle aerobe biodegradatie van oliecomponenten kunnen plaatsvinden.

Biodegradatie van in de waterkolom zwevende oliecomponenten zal geen meetbare effecten op het zuurstofgehalte hebben (MER, 1990). Mogelijk vindt lokaal en tijdelijk een versneld transport van nutriënten naar het sediment plaats door invang van fosfaat en silicaat in bezinkend bariet en bentoniet. Dit tijdelijke proces zal ruimtelijk zeer begrensde effecten hebben (van Raaphorst, NIOZ, mond. meded.). In de waterkolom zwevend boorgruis kan lokaal en tijdelijk de lichtdoordringing in de kolom beperken en daarmee lokaal de fytoplanktonproduktie tijdelijk verminderen. Het totale effect van troebeling wordt als nihil beschouwd, omdat de als gevolg van troebeling plaatselijk niet gebruikte nutriënten elders wel voor de primaire produktie benut kunnen worden (Riegman, van Raaphorst, NIOZ, mond. meded.). Effecten van zwevende bestanddelen op vis(larven) zijn niet te verwachten (Ierland & van der Veer, 1982).

Gesedimenteerde componenten
Biodegradatie van gesedimenteerde (olie)componenten zal zuurstof eisen: tot op een afstand van 250 m vanaf boorlocaties waar OBM-boorgruis is geloosd, wordt een sterke zuurstofafname in sediment gemeten (Addy e.a., 1984). In rustige sedimentatiegebieden kunnen als gevolg hiervan de zuurstofgehalten jarenlang verlaagd blijven (Leaver e.a., 1987). Bedekking van de bodem met een laag boorgruis (eventueel oliehoudend) kan het zuurstoftransport vanuit het water naar de bodem verstoren, waardoor

de zuurstof bevattende laag dunner wordt en mineralisatie trager zal verlopen. OBM- en WBM-boorgruis leiden in veldsituaties in vergelijkbare mate tot dit verschijnsel, alleen spelen de effecten van OBM over een grotere afstand i.v.m. de bovenbeschreven zuurstofeisende biodegradatie van oliecomponenten (Davies e.a., 1988). Door bedekking en afsluiting van de bodem kan lokaal de regeneratie van nutriënten in bodemsedimenten verstoord raken (van Raaphorst, NIOZ, mond. meded.); (veld)gegevens ontbreken echter.

IV.2.4.2. PRODUKTIE- EN DRAINAGEWATER

Drijvende componenten
Opdrijven van gedispergeerde olie naar het oppervlak van de zee, zodat oliefilms worden gevormd, is zeker bij rustig weer geen onmogelijkheid. Nabij produktieplaforms zijn in een aantal gevallen oliefilms waargenomen (GOP, 1989).

Biochemische effecten van drijvende componenten uit het produktiewater zijn niet te verwachten (MER, 1990).

Componenten in de waterkolom
De aromaten lossen goed in de waterkolom op, de alifaten zullen zich gedispergeerd in de waterkolom verspreiden.

Biodegradatie van produktiewater leidde in veldsituaties niet tot meetbare effecten op het zuurstofgehalte in het zeewater en naar schatting zal deze afbraak minder dan 1‰ van het totale zuurstofgebruik door biodegradatie vormen (MER, 1990).

Gesedimenteerde componenten
Sedimentatie van componenten uit produktiewater zal zich nauwelijks voordoen; biochemische effecten zijn daarom niet te verwachten (MER, 1990).

IV.2.5. BIOLOGISCHE EFFECTEN

Uit Basisrapporten 2 en 9 van de MER kan het volgende geconcludeerd worden.

IV.2.5.1. BOORGRUISMENGSELS

Drijvende componenten
In de Nederlandse sector van de Noordzee zijn in een aantal gevallen drijvende oliefilms in en nabij boorinstallaties waargenomen. In de periode 1983-1988 is het aantal per vlieguur waargenomen olievlekken afkomstig van mijnbouw en scheepvaart met *ca.* 65% afgenomen. In 1983 werd nog 50% van de drijvende vlekken aan de mijnbouw toegeschreven, in 1988 was dit nog 15%. In de periode 1983-1988 nam het aantal van de mijnbouw afkomstige olievlekken (boor- en produktie-installaties) tijdens vliegtuigverkenningen met 85% af (GOP, 1989). Overigens kan de herkomst van slechts 15% van het totaal aantal waargenomen vlekken worden verklaard.

Sterfte en sublethale effecten van vogels en zeezoogdieren zijn niet uit te sluiten indien geloosde oliecomponenten zouden opdrijven. Zeer geringe laagdikten (< 0,1 μm) veroorzaken reeds effecten (Swennen, NIOZ, mond. meded.; Reijnders, RIN, mond. meded.). Effecten op de vogelpopulatie door de toegenomen offshore-activiteit zijn niet geconstateerd (Dunnet, 1987).

Componenten in de waterkolom
Een aantal van de bestanddelen die in variabele hoeveelheden in WBM's en OBM's worden toegepast (waaronder bijv. corrosie-inhibitoren, biociden, detergenten) worden als toxisch omschreven (LC_{50} waarden van 0,2-1600 ppm) (Mooy, 1986; Neff, 1987). De biologische beschikbaarheid van metalen, meestal gebonden als metaalzout of geadsorbeerd, is zeer beperkt (Neff, 1987).

De oliecomponenten in de OBM's, waarvan gebruik in de Nederlandse sector van de Noordzee is toegestaan, behoren tot de low-toxic oliesoorten met een laag (< 5%) aromatengehalte. De LC^{96}_{50} waarde varieert van 110 tot > 10.000 ppm (Mooy, 1986; MER, 1990). Aangenomen mag worden, dat concentraties WBM < 10 ppm niet tot biologische effecten zullen leiden (Gent, 1988).

Lozing van oliehoudend boorgruis kan in de veldsituatie leiden tot verhoging van olie-concentraties in weefsels van mosselen, die verankerd zijn nabij het zeeoppervlak en nabij de bodem tot op 5 km van de boorlocatie. Oplosbare oliecomponenten in het geloosde boorgruis veroorzaken deze verhogingen (Kuiper & van het Groenewoud, 1986; van het Groenewoud e.a., 1988). In de veldsituaties zijn géén effecten van OBM- of WBM-boorgruis op fyto- en zoöplankton geconstateerd. Snelle verdunning, relatief geringe toxiciteit en getij-afhankelijke beweging van de organismen in de waterkolom zijn mogelijke factoren die het optreden van (sub)lethale effecten beperken of voorkomen (Neff, 1987). Uitloging en desorptie van eenmaal gesedimenteerd OBM-houdend boorgruis is te gering om tot concentratieverhoging in weefsels van nabij de bodem geplaatste mosselen te leiden (Kuiper & van het Groenewoud, 1986; van het Groenewoud e.a., 1988).

In Basisrapport 9 van de MER wordt de grensconcentratie waarboven sublethale effecten op fyto- en zoöplankton niet uit te sluiten zijn gesteld op 0,00001 mg aromaat per liter of 0,0003 mg basisolie (uit OBM) per liter. Op grond van modelberekeningen (Basisrapport 8) wordt tijdens de lozing de mogelijke lengte van de pluim met meer dan 0,01 mg aromaat per liter (de grensconcentratie waarbij effecten zijn aange-

toond) berekend op 2 à 3,5 km afhankelijk van de getijstroming (Basisrapport 9). Benadrukt moet worden, dat dit een tijdelijke overschrijding van deze grensconcentratie betreft; na de boorperiode die in deze berekeningen gesteld is op 18 dagen doet dit verschijnsel zich niet meer voor. Desorptie vanuit reeds gesedimenteerd oliehoudend boorgruis zal zich in bovengenoemde modelberekeningen ook slechts over een beperkte periode (2 à 10 maanden) voordoen en zal in de periode na de lozing over een lengte van 5 à 10 km de concentratie basisolie tijdelijk boven de 0,003 mg per liter kunnen brengen, een concentratie waarbij effecten niet zijn uit te sluiten (Basisrapport 9).

Gesedimenteerde componenten: effecten op benthos

Biologische effecten van bariet worden in de veldsituatie niet geconstateerd na lozing van OBM- en WBM-boorgruis (Neff, 1987; van het Groenewoud e.a., 1988). Metalen afkomstig uit OBM- en WBM-boorgruis komen in het sediment veelal als sulfidemineralen voor, waarvan de biologische beschikbaarheid gering is; effecten zijn noch in de veldsituatie noch in laboratoriumexperimenten geconstateerd (Neff, 1987; Neff e.a.,1988; Davies e.a., 1984; Reiersen e.a., 1988).

De toxiciteit van enkele toegestane OBM's is slechts bekend uit nog in ontwikkeling zijnde sedimenttoetsen (Adema, 1989, 1990). In de MER (Basisrapport 9) wordt, ondermeer gebaseerd op deze toetsen, als grensconcentratie waarboven ecologische effecten voorals*nog* niet uit te sluiten zijn, genoemd 0,001 mg referentie-OBM per kg droog sediment. De concentratie waarbij biologische effecten daadwerkelijk zijn aangetoond ligt een factor 1000 hoger.

In de veldsituatie komen verhoogde olieconcentraties voor over afstanden van 2 tot 8 km in veel gevallen echter worden de achtergrondconcentraties al na 2 à 3 km bereikt (Addy e.a., 1984; Davies e.a., 1984, 1988; Kuiper & van het Groenewoud, 1986; Mooy, 1986; Reiersen e.a., 1988; GOP, 1990-4). Opgemerkt moet worden, dat het veldonderzoek betrekking heeft op lozingen die nog onder de vorige regelgeving vielen. Veldonderzoek naar effecten van lozingen onder de huidige regelgeving (geldig vanaf jan. 1988) is niet bekend.

Rondom boorlocaties op de Noordzee waar OBM-boorgruis is geloosd kunnen in het algemeen elliptische zones met een van de reststroom afhankelijke positie onderscheiden worden, waarin zich verschuivingen in de benthische gemeenschap voordoen. Deze verschuivingen ontstaan door een afnemende diversiteit en dichtheid, in veel gevallen gecombineerd met een toename van de opportunistische soorten in de nabijheid van de locatie. Direct onder het platform en nabij de locatie (0-50 m) is in veel gevallen weinig of geen macrobenthos aanwezig. In de eerste 500 m rond een boorlocatie doen zich de grootste veranderingen in het macrobenthos voor; rond een enkelvoudige boring beperkt zich deze zone tot 250 m. De in deze zone optredende anaerobie en verlaging van de zuurstofconcentratie wordt als een belangrijke oorzaak van deze veranderingen gezien. Binnen de eerste 200 m kan fysieke bedelving een nog grotere rol spelen. Meer subtiele benthische effecten treden op in de overgangszone tussen 500 en 2000 m, waarbij met toenemende afstand tot de locatie de diversiteit en de structuur van de benthische gemeenschap steeds minder beïnvloed worden; bij een locatie met een enkelvoudige boring beperkt zich deze zone tot 1000 m. In deze overgangszone zijn de effecten een gevolg van de toxiciteit van de oliecomponenten in OBM. Op een afstand groter dan 4000 m worden over het algemeen geen effecten op het benthos waargenomen en meestal vertoont het benthisch systeem buiten de 1000 m weer het normale patroon. In het algemeen zal door de optredende anaerobie in de sedimenten de afbraak van de oliecomponenten uiterst traag verlopen, in de orde van 5 à 10 jaar, en de biologische effecten kunnen zich gedurende die periode blijven voordoen (Addy e.a., 1984; Davies e.a., 1984, 1988; Daan e.a., 1990; Reiersen e.a., 1988; Hannam e.a., 1987).

In Engels en Amerikaans onderzoek is aangetoond, dat ook de lozing van WBM-boorgruis tot een geringe diversiteit en dichtheid van macrobenthos kan leiden. Deze effecten deden zich vrijwel uitsluitend voor binnen een afstand van 250 m van het lozingspunt van WBM-boorgruis (Addy e.a., 1984; Davies e.a., 1984, 1988; Reiersen e.a., 1988; UNEP, 1985). In het onderzoek van de werkgroep Monitoring Mijnbouwinstallaties zijn effecten van WBM-boorgruis op benthos niet aangetoond, maar dit onderzoek beperkte zich tot dusver tot één waarnemingspunt binnen 200 m vanaf het lozingspunt van WBM-boorgruis (Mulder e.a., 1987, 1988). De effecten van WBM-boorgruis die zich over veel geringere afstanden voordoen dan de effecten van OBM-boorgruis, worden voornamelijk door bedelving en afsluiting van de bodemsedimenten veroorzaakt. Het lijkt niet uit te sluiten, dat in de Nederlandse sector van de Noordzee, speciaal in sedimentatiegebieden, effecten van WBM-boorgruis zullen optreden binnen een afstand van 250 m vanaf het lozingspunt. De effecten van WBM-boorgruis kunnen zich, afhankelijk van o.a. sedimenttype en situering in sedimentatiegebieden, over een periode van 2 à 5 jaar voordoen (Davies e.a., 1984, 1988; Reiersen e.a., 1988; UNEP, 1985). Gezien het feit, dat een boring en de lozing van boorgruis met aangehechte boorspoeling een eenmalige gebeurtenis is, is de snelheid waarmee de

benthische gemeenschap zich herstelt een belangrijke factor bij de beoordeling van de effecten.

Uit een recent conceptrapport van de werkgroep Monitoring Mijnbouwinstallaties (Daan e.a., 1990) blijkt n.a.v. een nauwkeurige analyse van negen surveys uitgevoerd rond mijnbouwinstallaties in de Nederlandse sector van de Noordzee, dat effecten van OBM-boorgruis op het macrobenthos manifest worden door óf een gereduceerd aantal soorten óf gereduceerde dichtheden per soort. Effecten op macrobenthos uiten zich door verschuivingen in de soortensamenstelling, waarbij in het algemeen een verschuiving optreedt van de voor olie sterk gevoelige soorten naar de minder gevoelige soorten. Een zevental typen effecten zijn te onderscheiden, die apart of in wisselende combinaties tot het totaaleffect op de soortsamenstelling leiden (Fig. IV.5). Nadere analyse van de veranderingen in macrobenthos rond een drietal mijnbouwinstallaties (K12a, L4a en F18-9) waar met verschillende typen OBM is geboord tonen aan, dat bij olieconcentraties van 1-10 mg/kg sediment de meest gevoelige soorten in dichtheid verminderen. Bij olieconcentraties van 10-100 mg/kg sediment ontstaat een trend tot een verlaagde totale dichtheid, exclusief of inclusief de dominante soorten. Soms beperkt deze dichtheidsafname zich tot slechts een beperkt aantal soorten. De sterkte van het totale dichtheidseffect wordt bepaald door de aan- of afwezigheid van soorten met relatief hoge dichtheden die gevoelig zijn voor middelmatige olieverontreiniging. Alle in Fig. IV.5 onderscheiden typen effecten zijn in het traject 10-100 mg olie/kg sediment in het veld geconstateerd in per situatie wisselende combinaties, inclusief reductie van relatieve dichtheid en soortenrijkdom van de macrofauna. Bij olieconcentraties > 100 mg/kg sediment wordt over het algemeen het hele scala aan typen effecten tegelijk aangetroffen tot ten minste twee jaar na beëindiging van de lozing van OBM-houdend mengsel. Op langere termijn verminderen de typen biologische effecten in aantal door de afbraak van de biologisch beschikbare toxische oliecomponenten.

In het project Monitoring rond Mijnbouwinstallaties zijn in de periode 1985-1988 rond een aantal boorlocaties in de Nederlandse sector van de Noordzee routine-surveys uitgevoerd. Op grond van het soortspecifieke dichtheidsverloop in de omgeving van boorlocaties zijn de macrobenthossoorten naar hun gevoeligheid voor OBM- en WBM-boorgruis gerangschikt (zie Tabel IV.4). Uit deze tabel blijkt dat op WBM-locaties in tegenstelling tot op OBM- locaties geen effecten op het benthos zijn waargenomen. Hiermee is de onschadelijkheid van WBM-boorgruis echter allerminst aangetoond; t.a.v. effecten binnen de eerste 250 m zijn op grond van onderzoek op een enkelvoudig monsterpunt geen definitieve conclusies mogelijk. Uit Tabel IV.4 blijkt de bivalve *Montacuta ferruginosa* een duidelijke gevoeligheid voor OBM-boorgruis te vertonen. Na *Montacuta* staan de soorten min of meer volgens afnemende evidentie voor gevoeligheid gerangschikt. Onder de vier potentiële opportunisten vertonen slechts de polychaeten *Nereis longissima* en *Capitella capitata* in met OBM's vervuilde sedimente. consequent een hogere dichtheid.

Uit onderzoek naar de verspreiding van 17 OBM-gevoelige macrobenthossoorten (de bovenste 17 uit de lijst in Tabel IV.4) blijkt dat OBM-gevoelige soorten in de gehele Nederlandse sector van de Noordzee voorkomen (zie Fig. IV.6). Hierbij blijken de Oestergronden (begrensd door de 30 m dieptelijn) een gebied te zijn, waar aanzienlijk meer OBM-gevoelige soorten voorkomen en ook in grotere dichtheden dan in de overige delen van de Nederlandse sector van de Noordzee. Het feit dat ten zuiden van de Oestergronden geringere aantallen OBM-gevoelige soorten worden gevonden, betekent zeker niet dat deze gevoelige soorten daar inmiddels t.g.v. mijnbouw verdwenen zijn. De OBM-lozingen moeten als puntbronnen worden beschouwd met effecten tot op maximaal enkele kilometers van de mijnbouwinstallaties. Het in het onderzoek gebruikte monsternetwerk is te grofmazig (55 km afstand tussen de meetstations) om locale effecten van mijnbouwactiviteiten aan te tonen (Bergman & Duineveld, 1990).

Gesedimenteerde componenten: effecten op vissen

Veldonderzoek toont aan dat bodemvis (schol en kabeljauw), gevangen tot op een afstand van 5 km van produktieplatforms, verhoogde concentraties oliecomponenten in de (lever)weefsels heeft. In een aantal gevallen komt de samenstelling van de olie overeen met de compositie van de oliecomponenten in de gebruikte OBM ofwel met de in de OBM gebruikte emulsifier 'Invermul' (COWI, 1986; Davies e.a., 1988; Sjogren e.a., 1988).

IV.2.5.2. PRODUKTIE- EN DRAINAGEWATER

Drijvende componenten

Het is vooral bij rustig weer niet uit te sluiten dat gedispergeerde oliecomponenten uit het vanaf olieplatforms geloosde produktiewater opdrijven en een drijvende film vormen. Tijdens vliegtuigverkenningen zijn drijvende oliefilms nabij produktieplatforms waargenomen (GOP, 1989; zie IV.2.5.1). Gezien het geringe lozingsdebiet van gasproduktie-installaties zal een oliefilm zich in die situatie nauwelijks voordoen. Bij olieplatforms zullen de oliedruppels (max. 40 mg/l) eerder de neiging hebben om te stijgen. In de literatuur zijn oliefilms nabij olieplatforms niet be-

schreven. Hoewel grote aantallen olievogels op de kusten rond de Noordzee aanspoelen, blijkt olievervuiling als gevolg van alle operationele lozingen geen meetbare effecten op de vogelpopulaties rond de Noordzee te hebben veroorzaakt (Dunnet, 1987). Oliefilms met een zeer geringe en niet of nauwelijks zichtbare dikte (< 0,1 μm) kunnen echter reeds tot sterfte van zeevogels en effecten op zeezoogdieren leiden (Swennen, NIOZ, mond. meded.; Reijnders, RIN, mond. meded.).

In Basisrapport 9 van de MER wordt, op grond van modelberekeningen in Basisrapport 8, de theoretische omvang van de oliefilms rond olie- en gasplatforms geschat. Bij olieplatforms kan in de uiterste worst-case situatie een vlek van 3 km^2 ontstaan; in het meest waarschijnlijke worst-case geval (oliedruppels $\leqslant$ 20 μm) ontstaat een vlek van 1,5 km^2. In de gemiddelde situaties varieert de omvang van de film van 0,002 tot 1,8 km^2. In het geval van gasplatforms ontstaan slechts in de worst-case situatie olievlekken (0,02 km^2).

Componenten in de waterkolom

Oliecomponenten, metalen en mijnbouwhulpstoffen afkomstig uit het geloosde produktiewater worden als toxisch beschouwd. Afhankelijk van de toxiciteit, de concentratie van de opgeloste en gedispergeerde componenten en de expositieduur kunnen biologische effecten optreden, zowel op fyto- en zoöplankton als op viseieren en -larven. Gezien de continue lozing van produktiewater kent deze verontreiniging een chronisch karakter. Metalen kunnen in concentraties vanaf enkele (tientallen) ppb tot sublethale effecten leiden; kwik komt in toxische concentraties (1-50 μg/l) vrijwel in al het geloosde produktiewater voor. De toxiciteit van de metalen is sterk afhankelijk van de vorm waarin de metalen voorkomen, gebonden aan gesuspendeerd materiaal is de biologische beschikbaarheid zeer gering. De mijnbouwhulpstoffen kunnen LC_{50} waarden vanaf 0,2 ppm hebben. Uiterlijk in 1992 zullen voor de mijnbouwhulpstoffen adequate emissienormen zijn opgesteld (MER, 1990).

In veldsituaties nabij olie- en gas-produktieplatforms zijn geen (sub)lethale effecten op organismen in de waterkolom gemeten (Neff, 1987). Ook in de benthische fauna wordt nabij olieplatforms in de Noordzee géén gradiënt gesignaleerd die gerelateerd kan worden aan de lozing van produktiewater (Spies, 1987). Onder olieplatforms uitgehangen mosselen vertonen geen verhoogde olieconcentraties in de weefsels (Kuiper & van het Groenewoud, 1986). Een duidelijk effect van de lozing van produktiewater is dat zeepokken over enkele tientallen meters van de poten van het platform nabij het lozingspunt zijn verdwenen (Neff, 1987; Middleditch, 1984; Somerville e.a., 1987).

In Basisrapport 9 van de MER wordt gebaseerd op modelberekeningen t.a.v. de korte termijn verspreiding (Basisrapport 8) de lengte van de pluim waarover het produktiewater tot effecten kan leiden berekend op 2 km voor gasplatforms en > 10 km voor olieplatforms. Uitgegaan wordt van concentraties die aantoonbaar tot effecten hebben geleid in het veld of in experimenten (0,01 mg aromaat/liter zeewater). In far-field berekeningen (Basisrapport 8) wordt de lange termijn verspreiding van de opgeloste oliecomponenten (alifaten én aromaten) berekend in het gebied dat verder dan 10 km van het lozingspunt ligt. Ook deze olieverontreiniging kent een chronisch karakter. Bij de huidige regelgeving en onder de modelaannamen zal het zeegebied waar de olieconcentraties mogelijk tot effecten kunnen leiden maximaal 200 km^2 zijn in geval van lozing van produktiewater van olieplatforms. Lozingen vanaf gasplatforms leiden niet tot het ontstaan van zeegebieden met olieconcentraties waarbij biologische effecten kunnen optreden. Ook bij lozingen vanaf olieplatforms ontstaan geen zeegebieden waar olieconcentraties optreden die tot in het veld of in experimenten aangetoonde effecten hebben geleid. Als grensconcentraties voor de far-field berekeningen geldt een concentratie van 0,0001 mg olie per liter zeewater als grens waarboven effecten niet zijn uitgesloten en 0,1 mg olie per liter als grens waarboven effecten daadwerkelijk zijn aangetoond.

In de MER (Basisrapport 8 en 9) wordt tevens de lange termijn verspreiding berekend van het produktiewater van alle in de Nederlandse sector van de Noordzee gesitueerde mijnbouwinstallaties (scenario's 1988, 1992 en 2000) over de gehele Noordzee. Bij het lozingsniveau zoals dat in de huidige regelgeving is toegestaan zullen zich op de Noordzee olieconcentraties waarbij effecten niet zijn uitgesloten, kunnen voordoen over een oppervlak van 700 km^2 en 100 km^2 indien de scenario's 1992 respectievelijk 2000 zouden worden gerealiseerd (Tabel IV.3).

IV.2.5.3. AFGEFAKKELD GAS

Een verwaarloosbare hoeveelheid koolwaterstoffen zal uit de (on)verbrande bestanddelen via de afblaas of de fakkel het wateroppervlak weer bereiken; droge noch natte depositie wordt geacht van betekenis te zijn (MER, 1990). Effecten op het ecosysteem in de Noordzee zijn niet te verwachten. Uit het verleden zijn gevallen bekend, waarin vogels tijdens de trek bij bepaalde weersituaties in enorme aantallen werden aangetrokken tot de fakkel, waardoor massale verbrandingen voorvielen. Bij heldere nachten wordt een afdoende maatregel gevonden in het ontsteken van de platformverlichting, waardoor vogels niet langer worden aangetrokken, terwijl bij slecht zicht het affakkelen uitsluitend overdag plaatsvindt (Swennen, NIOZ, mond. meded.).

IV.2.5.4. GELUID

Geluiden samenhangend met de mijnbouw op zee worden voortgebracht door de boor- en produktie-installaties zelf, de ondersteunende vaartuigen, de helikopters en de seismische exploratie. Omdat over de effecten van deze geluiden in de Noordzee weinig bekend is, is deze sectie voornamelijk gebaseerd op een onderzoek in opdracht van de Amerikaanse overheid naar de geluidskarakteristieken van 18 voor de Amerikaanse situatie representatief geachte boor-installaties en olie- en gasproduktie-installaties (eilanden en platforms) op het continentaal plat rond de VS en de effecten daarvan op zeezoogdieren (Gales, 1983). Een samenvatting van relevante bevindingen daaruit wordt hieronder gegeven, waar mogelijk aangevuld met Noordzeegegevens.

Boor- en produktie-installaties

Geluiden afkomstig van de installaties zelf liepen in het Amerikaanse onderzoek nogal uiteen. Dit leidde tot de conclusie dat op en aan de platforms verschillende lawaaibronnen aanwezig zijn, en dat constructiewijze en materiaalkeuze van invloed zijn op het uitgestraalde geluid. Gales (1983) verwijst naar literatuur met bouwkundige suggesties voor geluidsdemping.

Wat betreft de mogelijkheid van maskering van echolocatiesignalen (voor de tuimelaar en de bruinvis in de orde van 100 kHz, Terhune, 1981, en ref. daarin): de platforms stralen nabij deze hoge frequentie zeer weinig energie uit, die zich bovendien slecht voortplant in het water (veel absorptie, dus snelle afname met toenemende afstand). De meest ongunstige schatting was dat het maskeren van echolocatiesignalen op *ca.* 800 m van het platform al minder is dan dat veroorzaakt door het geluid van golven en wind bij een tamelijk rustige zee. Omdat voorts de dieren bij echolocatie ook richting kunnen onderscheiden, werd het onwaarschijnlijk geacht dat ooit enige verstoring van echolocatie plaatsvindt. Ook Myrberg (1978) concludeerde dat '... effects of traffic (or industrial) noise upon echolocation sensitivity appear essentially nil'.

Sociale communicatiesignalen tussen zeezoogdieren liggen op wat lagere frequenties (orde van 1 tot 20 kHz bij tandwalvissen, Odontoceti) dan die van echolocatie; in dit bereik stralen de platforms relatief veel geluid uit, dat zich bovendien goed voortplant door het water. Het vermogen om bij ontvangst op deze frequenties richting te onderscheiden is voor de dieren veel minder aanwezig dan op de hoge. Een verstoring lijkt hier dus meer aannemelijk. Kwetsbaar zijn dan met name de (grote) baleinwalvissen (*Mysticeti*) die relatief zeer lage frequenties gebruiken, zoals de gewone vinvis (*Balaenoptera physalus*), die een communicatiesignaal van *ca.* 20 Hz uitzendt, dat bovendien weinig variabel en weinig gemoduleerd is. Tot op een straal van *ca.* 4 mijl (7,5 km) rond een installatie zou in dit geval maskering kunnen optreden; detectie kan honderden kilometers ver reiken (Gales, 1983). De in de Nederlandse sector van de Noordzee veel meer voorkomende tandwalvissen gebruiken frequenties in het 2000 Hz- gebied. Hun communicatiesignalen zijn complex en gemoduleerd en daardoor minder vatbaar voor maskering. Hoewel platformgeluiden voor hen al op afstanden in de orde van 70 km waarneembaar kunnen zijn, wordt (een begin van) maskering pas plausibel geacht binnen een straal van *ca.* 5-6 km. Zo moeten volgens Gales (1983) tuimelaars (*Tursiops truncatus*) op een onderlinge afstand van 100 m nog met elkaar kunnen communiceren, indien geen van beide dichter dan 100 m van het platform verwijderd is. Vinpotigen (zeehonden en zeeleeuwen) horen iets minder scherp dan de cetaceeën, waartoe de tuimelaar behoort, en nemen naar schatting van Gales (1983) een platform pas waar op een afstand in de orde van 100 m.

In het algemeen gesproken werden in de veldwerkfase van Gales' onderzoek geen ontwijk- of vluchtreacties geconstateerd onder invloed van geluiden van produktie- of boorplatforms. Dit strookt met bevindingen van Sorensen e.a. (1984), die drie jaar lang met een vliegtuig de noordwest-Amerikaanse shelf overvlogen om aanwezigheid van cetaceeën te registreren: aantal waarnemingen per eenheid inspanning en aantal individuen per eenheid inspanning in de nabijheid van offshore-installaties verschilden geen van beide significant met dezelfde parameters bij afwezigheid van platforms in hetzelfde gebied en hetzelfde jaargetijde (andere jaren).

Ondersteunende vaartuigen

De ondersteunende vaartuigen kunnen mogelijk vluchtreacties veroorzaken, hetgeen bij baleinwalvissen in de Beaufortzee werd waargenomen toen een personeelvervoersschip in de omgeving voer dat geluiden uitzond in de 500-4000 Hz band met een sterkte van 10-40 dB boven het AN-niveau (AN = ambient noise): de dieren zwommen snel weg, om later terug te komen toen de boot het gebied verlaten had. Ontwijkreacties werden tot op 3,7 km afstand vastgesteld (Richardson e.a., 1986).

Nabij een platform is er veel activiteit van werk- en bevoorradingsschepen, die vast kunnen liggen aan het platform, in de omgeving voor anker liggen of manoeuvreren in de onmiddellijke nabijheid van het platform. De schroeven van deze schepen produceren cavitatiegeluiden bij het manoeuvreren, hetgeen hoge niveaus van breedband lawaai (van 500 Hz tot ruim boven 50 kHz) veroorzaakt. Voorts levert het stationair gebruik van de machines lawaai op (gewoonlijk op frequenties beneden 1 kHz) (Verboom, mond. meded.), dat echter niet zo sterk is als het cavitatie-

lawaai (Urick, 1975).

De waarnemingsvluchten van Sorensen e.a. (1984) boven de noordwest-Amerikaanse shelf leidden tot de conclusie, dat de aanwezigheid van scheepsverkeer de waarschijnlijkheid om 'squid-eating' cetaceeën waar te nemen significant negatief beinvloedde, terwijl zij de waarschijnlijkheid om 'fish-eating' cetaceeën te zien niet significant beïnvloedde (de cetaceeën in de Nederlandse sector van de Noordzee behoren tot de laatste categorie: bruinvis, tuimelaar, witsnuit- en witflankdolfijn, vinvis e.a.). Een hiermee niet strokende aanwijzing zouden de waarnemingen van Baptist e.a. (1990) in de Noordzee kunnen inhouden. De waarnemingen van bruinvissen in de Nederlandse sector van de Noordzee (Fig. III.34) lijken namelijk een hiaat te vertonen in een strook tussen de noord-Nederlandse kustwateren en het Friese Front gebied. Een mogelijke verklaring van de relatieve zeldzaamheid van de bruinvis in deze strook is dat hier een belangrijke scheepvaartroute gelegen is, en dat de geluiden daarvan de bruinvissen weghouden. Gezegd moet echter worden dat dit niet aangetoond is, en dat een alternatieve (deel)verklaring (een mogelijk eveneens relatief zeldzaam zijn van pelagiale vis in die strook t.o.v. de aangrenzende gebieden) goed denkbaar is. Voorts is het niet uitgesloten dat dit 'gat' in de waarnemingen louter een gevolg is van de regionaal lage dichtheid van waarnemingsinspanningen (Baptist, mond. mede.).

De effecten van geluiden van offshore-hulpschepen onderscheiden zich overigens niet van die van vaartuigen in het algemeen en deze worden besproken in sectie IV.4.

Helikopters

Helikopters, die dagelijks de verbinding met de wal onderhouden, zijn aanzienlijke geluidsbronnen, en hoewel veel geluidsenergie op het wateroppervlak wordt weerkaatst, dringt er ook veel door in de kolom, waarna het zich voortplant als onderwater-geluid. Dit doordringen kan in een hoekbereik van 90-103 graden, wat maakt dat het doordringende deel van het geluid als een vertikale kegel van onder uit de helikopter straalt (schuiner invallende geluidsstralen worden teruggekaatst of verstrooid op het wateroppervlak). Reacties van Beluga's (*Delphinapterus leucas*) in het Mackenzie estuarium (Brits Columbia) op helikopters werden waargenomen als de helikopters lager vlogen dan 150 m; als ze hoger vlogen over het algemeen niet meer (14 waarnemingen; Fraker & Fraker, 1979). De mogelijkheid van gedragsbeïnvloeding van zeezoogdieren door helikopters in de omgeving van platforms in de Nederlandse sector van de Noordzee moet daarom zeker aanwezig geacht worden, maar of dit zodanig ten nadele van de dieren is dat het tot op het populatieniveau doorwerkt, blijft onduidelijk.

Seismische exploratie

De seismische exploratie in de Nederlandse sector van de Noordzee wordt sinds ongeveer 1970 niet meer met explosieven, maar met airguns uitgevoerd, vanwege de vele slachtoffers die explosieven onder de mariene fauna maakten (Nooteboom, NAM, mond.meded.). Ter wille van de exploratie van de zeebodem worden geluidpulsen met zeer hoge piekdruk en met een energie-inhoud voornamelijk in het lage (5-500 Hz) frequentiebereik onder water opgewekt. Deze zeer hoge maxima van geluidsdruk (tot 270 dB re 1 μPa) zijn vrijwel zeker de hoogste geluidsdrukken die geassocieerd zijn met de mijnbouw. De pulsen zijn kort (minder dan 1 sec) en worden in een zeegebied hooguit enkele maanden achtereen toegepast.

Denkbaar zou zijn, dat mechanische schade aan gehoororganen van zoogdieren optreedt, zoals die voorkomt bij mensen die zich dicht bij een explosieve geluidsbron bevinden. Maar in dit opzicht is een vergelijking met de mens niet geheel gerechtvaardigd. Gales (1983) wijst erop dat de zeezoogdieren in kwestie, voornamelijk cetaceeën, geadapteerd zijn aan grote drukveranderingen zoals die optreden bij het duiken; en in het bijzonder de cetaceeën, die gewoon zijn boven het wateroppervlak uit te springen en terug te vallen met een klap die een plotselinge grote druktoename veroorzaakt. Deze druktoename werd door Gales (1983) geschat en vergeleken met een piek-geluidsdruk zoals die bij het gebruik van airguns optreedt. Alleen binnen een afstand van *ca.* 100 m, zo was zijn conclusie, kan de piekdruk, door airgun-klappen opgewekt, hoger zijn dan de piekdruk die bij dat terugvallen vanuit de lucht resulteert. Gales noemt het daarom onwaarschijnlijk dat zeezoogdieren enige non-auditieve schade oplopen van enige normale olie- of gasoperatie, inclusief het seismisch onderzoek, op afstanden groter dan 100 m.

Niettemin is het mogelijk dat mijnbouwinstallaties, en vooral de bijbehorende toename in scheeps- en luchtverkeer ter plekke, normale migratieroutes verstoren of zeezoogdieren verjagen uit traditionele voedings- en opvoedingsgebieden, hetgeen de fitness van een populatie kan verminderen (Turl, 1982). Het nabij dergelijke lawaaizones afnemen van de afstand, waarop zij elkaar nog net kunnen horen, wordt verder door alle auteurs genoemd als een mogelijk nadelig effect voor de populaties. Verder onderzoek naar de invloed van mijnbouw-installaties op het welzijn van zeezoogdieren wordt daarom door alle auteurs noodzakelijk geacht.

LITERATUUR

ADDY, J.M., J.P. HARTLEY & P.J.C. TIBBETS, 1984. Ecological effects of low toxicity oil based mud drilling in the Bea-

trice oilfield. Mar. Poll. Bull. **15**: 429-436.

ADEMA, D.D.M., 1989. Ontwikkeling sedimenttoets. TNO. okt. 1989. D89/072M en D89/93.

ADEMA, D.D.M., 1990. Ontwikkeling sedimenttoets voortgangsrapportage D90/007, TNO.

BAPTIST, H.J.M., C. CAMPHUYSEN & M. LEOPOLD, 1990. Seamammal sightings in the Netherlands. Int. Whaling Committee Meeting, Noordwijk, The Netherlands.

BERGMAN, M.J.N., 1982. Gedrag, bestrijding en biologische effecten van olie in estuariene gebieden. RIN rapporten 1982/18: 420 pp & 1983/22: 97 pp.

BERGMAN, M.J.N. & G.C.A. DUINEVELD, 1990. Verspreiding van OBM- gevoelige macrobenthossoorten in de Noordzee. NIOZ-rapport 1990-7: 29 pp.

COWI, 1986. Taint in fish and possibilities of reduction of the impact. COWI-consult. Virum 1986: 65 pp.

DAAN, R., W.E. LEWIS & M. MULDER, 1990. Biological effects of discharged oil-contaminated drill cuttings in the North Sea. NIOZ- rapport 1990-5: 79 pp.

DAVIES, J.M., J.M. ADDY, R.A. BLACKMAN, J.R. BANCHARDS, J.E. FERBRACHE, D.C. MOORE, H.J. SOMERVILLE, A. WHITEHEAD & T. WILKINSON, 1984. Environmental effects of the use of oil based drilling muds in the North Sea. Mar. Poll. Bull. **15**: 363-370.

DAVIES, J., D. BEDBOROUGH, R.A.A. BLACKMAN, J. ADDY, J. APPELBEE, W. GROGAN, J.G. PARKER & A. WHILEHEAD, 1988. The environmental effect of oil based mud drilling in the North Sea. Concept.

DUNNET, G.M., 1987. Seabirds and North Sea oil. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B316: 513-524.

FRAKER, M.A., & P.N. FRAKER, 1979. The 1979 whale monitoring program Mackenzie Estuary. Esso Resources Canada Ltd., Edmonton, Alberta.

GALES, R.S., 1983. Effects of noise of offshore oil and gas operations on marine mammals - an introductory assessment. Technical Report 844 Vol. 1 (Appendices are in Vol. 2), Navy Ocean Systems Center, San Diego, California.

GENT, E. VAN, 1988. Literatuurstudie naar het gebruik en de effekten van boorspoeling op waterbasis. RWS-Dir. Noordzee, Rapport nr. ET-S-01: 23 pp. + bijlage.

GOP, 1989. Oil discharges from off-shore platforms; statistical investigation of oil pollution on the Dutch part of the North Sea by remote-sensing. 13e Meeting of the Working group on Oil Pollution, Paris, Feb. 1989.

GROENEWOUD, H. VAN HET, L. VAN DER VLIES, G. HOORNSMAN & T. BOWMER, 1988. A comparative study of monitoring techniques to establish distribution and biological effects of drilling muds around offshore installations on the dutch continental shelf 1986. TNO rapport: R88/405: 53 pp.

HANNAM, M.D., J.M. ADDY & B. DICHS, 1987. Ecological monitoring of drill cuttings discharges to the seabed of the Thistle oilfield.

IERLAND, E.T. VAN & H.W. VAN DER VEER, 1982. Literatuuronderzoek naar de mogelijke gevolgen van zandwinning in de Waddenzee. Interne Verslagen NIOZ 1982-5.

KUIPER, J. & H. VAN HET GROENEWOUD, 1986. Monitoren van de verspreiding en de biologische effecten van olie rond platforms op de Noordzee. Eindrapport. TNO rapport: R85/350a: 52 pp.

LEAVER, M.J., O.J. MURISON, J.M. DAVIES & D. RAFAELLI, 1987. Experimental studies of the effects of drilling discharges. Phil. Trans. R. Soc. London. B 316: 625-640.

MER, 1990. Milieu-effectrapport Lozing oliehoudende mengsels vanaf mijnbouwinstallaties op zee. Hoofdrapport + 10 basisrapporten. Ministerie van Economische Zaken. Middleditch, B.S., 1984. Ecological effects of produced water effluent from offshore oil and gas production platforms. Ocean Management **9**: 191-316.

MOOY, J., 1986. De toepassing van boorspoelingen en mijnbouwhulpstoffen bij de olie- en gaswinning op de Noordzee RWS-dir. Noordzee: 92 pp.

MULDER, M., W.E. LEWIS & M.A. VAN ARKEL, 1987. Effecten van oliehoudend boorgruis op de benthische fauna rond mijnbouwinstallaties op het NCP. NIOZ-EON. Boorspoeling I. Interne Verslagen NIOZ 1987-3.

MULDER, M., W.E. LEWIS & M.A. VAN ARKEL, 1988. Biological effects of discharges of contaminated drill-cuttings and water-based drilling fluids in the North Sea. NIOZ-EON. Boorspoeling II. Interne Verslagen NIOZ 1988-3.

MYRBERG, A.A. JR., 1978. Ocean noise and the behaviour of marine animals: relationships and implications. In: J.L. FLETCHER & R.G. BUSNELL. Effects of noise and wildlife. Ac. Press.

NEFF, J.M., 1987. Biological effects of drilling fluids, drill cuttings and produced water. In: D.F. BOESCH & N.N. RABELAIS. Longterm environmental effects of offshore oil and gas development. Elsevier.

NEFF, J.M., R.E. HILLMAN & C.D. HUNT, 1988. Bioavailablity of trace metals from drilling mud barite to benthic marine animals. International Conference on Drilling Wastes, Calgary, Canada.

REIERSEN, L.O., J.S. GRAY, K.H. PALMORK & R. LANGE, 1988. Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms, results from the Norwegian sector of the North Sea and recommended methods for forthcoming surveilliance. International Conference on Drilling Wastes, Calgary, Canada.

RICHARDSON, W.J., B. WURSIG & C.R. GREENE, JR., 1986. Reactions of bowhead whales, Balaena mysticetus, to seismic exploration in the Canadian Beaufort Sea. J. Acoust. Soc. Am. **79**: 1117- 1128.

SJOGREN, C.E., H. DRANGSHOLT, F. ORELD, T. OFSTI & S.P. SPORSTEL, 1988. Evidence of oil contamination in North Sea Cod. International Conference on Drilling Wastes, Calgary, Canada.

SOMERVILLE, H.J., D. BENNETH, N. DAVENPORT, M.S. HOLT, A. LYNES, A. MAHIEU, B. MCCOURT, J.G. PARKER, R.R. STEPHENSON, R.J. WATKINSON, & T.G. WILKINSON, 1987. Environmental effect of produced water from North Sea oil operations. Mar. Poll. Bull. **18**: 549-558.

SORENSEN, P.W., R.J. MEDVED, M.A.M. HYMAN & H.E. WINN, 1984. Distribution and abundance of Cetaceans in the vicinity of human activities along the Continental Shelf of the Northwestern Atlantic. Mar. Env. Res. **12**: 69-81.

SPIES, R.B., 1987. The biological effects of petroleum hydrocarbons in the sea: assessment from the field and microcosms. In: D.F. BOESCH & N.N. RABELAIS. Longterm environmental effects of offshore oil and gas development. Elsevier.

TERHUNE, J.M., 1981 (of eerder). Influence of loud vessel noise on marine mammal hearing and vocal commu-

nication. Dept. of Biology. Univ. of New Brunswick, Saint John, New Brunswick.

TURL, C.W., 1982. Possible effects of noise from offshore oil and gas drilling activities on marine mammals: a survey of the literature. NOSC Technical Report 776. Naval Ocean Systems Center, San Diego, California 92152.

UNEP, 1985. The impact of water-based drilling mud discharges on the environment. Industry & Envir. overview series UNEP: 23-33.

URICK, R.J., 1975. Principles of underwater sound. Second Edition. McGraw-Hill Book Comp., New York.

TABEL IV.2

Olielozingen vanaf mijnbouwinstallaties op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat in 1986 en 1988 (MER, 1990).

lozing	1986 ton	1986 %	1988 ton	1988 %	1989 ton	1989 %
boorgruis van boorinstallaties	4.553	95	825	62	515	56
produktiewater van olieplatforms*	166	3,5	178	13	193	21
produktiewater van gasplatforms*	43**	1	242	18	204***	22
drainagewater			13	1		
incidenteel/calamiteus	13	0,5	75	6	5	1
totaal	4.775	100	1.333	100	917	100

Bron: (Sodm, 1990)

* inclusief hemel-, schrob- en spoelwater (drainagewater) (analyse volgens NEN 6673)

** naar verwachting zijn de geraamde emissiecijfers van voor 1988 te laag

*** de cijfers van 1989 (analyse volgens NEN 6675 gemodificeerd) zijn voorlopige gegevens en dienen uitsluitend ter informatie; in het MER is uitgegaan van de cijfers van 1988.

TABEL IV.3

Overzicht mijnbouwscenario's (MER, 1990).

Scenario	Aantal boringen			Gasproduktie			Olieproduktie		
	expl.	prod.	totaal	prod. instal.	aantal putten	jaar prod. mld m^3	prod. instal.	aantal putten	jaar prod. mln m^3
1988	27	22	49	34*		18	6		3,0
1992									
laag	15	10	25	59	170	20	8	50	1,2
midden	20	20	40	62	205	25	9	55	1,3
hoog	25	25	50	67	235	30	10	60	1,4
2000									
laag	5	5	10	55	175	20	2	18	0,4
hoog	15	15	30	65	200	25	5	40	1,0

* waar lozing van oliehoudend water plaatsvindt

TABEL IV.4

Tabel van 'gevoelige' en 'opportunistische' soorten, gebaseerd op 11 surveys (9 OBM en 2 WBM). Alleen die soorten zijn vermeld, die bij tenminste 3 OBM-surveys in relatief lage (gevoelige soorten) of hoge (opportunistische soorten) dichtheden in de nabijheid van het platform voorkwamen. Het aantal surveys waarbij tenminste 20 individuen van de betreffende soort zijn gevonden, wordt achter de taxonomische groep aangegeven. PL=platform (Daan e.a., 1990).

A Sensitive species				Density at PL		
				low	*normal*	*high*
Montacuta ferruginosa	MOLLUSCA	10	WBM		2	
			OBM	8		
Scalibregma inflatum	POLYCHAETA	7	WBM			
			OBM	7		
Pholoë minuta	POLYCHAETA	10	WBM		1	1
			OBM	7	1	
Amphiura filiformis	ECHINODERMATA	9	WBM		2	
			OBM	6	1	
Echinocardium cordatum	ECHINODERMATA	9	WBM		2	
			OBM	6	1	
Mysella bidentata	MOLLUSCA	9	WBM		2	
			OBM	6	1	
Nephtys hombergi	POLYCHAETA	10	WBM		2	
			OBM	6	2	
Lumbrineris latreilli	POLYCHAETA	10	WBM		2	
			OBM	6	2	
Chaetozone setosa	POLYCHAETA	11	WBM		2	
			OBM	6	3	
Owenia fusiformis	POLYCHAETA	10	WBM		2	
			OBM	6	1	1
Nucula turgida	MOLLUSCA	9	WBM		1	
			OBM	6	1	1
Gattyana cirrosa	POLYCHAETA	7	WBM		2	
			OBM	5		
Harpinia antennana	CRUSTACEA	7	WBM		2	
			OBM	5		
Lagis koreni	POLYCHAETA	8	WBM		2	
			OBM	5	1	
Glycinde nordmanni	POLYCHAETA	10	WBM		2	
			OBM	5	3	
Cylichna cilindracea	MOLLUSCA	6	WBM		2	
			OBM	4		
Harmothoë longisetis	POLYCHAETA	5	WBM		1	
			OBM	4		
Callianassa subterranea	CRUSTACEA	6	WBM		1	
			OBM	4	1	
Magelona papillicornis	POLYCHAETA	5	WBM			
			OBM	4	1	
Tellina fabula	MOLLUSCA	5	WBM			
			OBM	4	1	
Natica alderi	MOLLUSCA	6	WBM			
			OBM	4	2	
Spiophanes bombyx	POLYCHAETA	10	WBM		1	1
			OBM	4	4	
Ophiodromus flexuosus	POLYCHAETA	8	WBM		2	
			OBM	4	1	1
Notomastus latericeus	POLYCHAETA	7	WBM	1	1	
			OBM	4		1
Lumbrineris fragilis	POLYCHAETA	5	WBM		2	
			OBM	3		
Amphiura chiajei	ECHINODERMATA	4	WBM		1	
			OBM	3		
Leucothoë incisa	CRUSTACEA	3	WBM			
			OBM	3		
Chaetopterus variopedatus	POLYCHAETA	6	WBM		2	
			OBM	3	1	
Tharyx marioni	POLYCHAETA	6	WBM		2	
			OBM	3	1	
Ophiura albida	ECHINODERMATA	6	WBM		2	
			OBM	3	1	
Gyptis capensis	POLYCHAETA	5	WBM		1	
			OBM	3	1	
Lanice conchilega	POLYCHAETA	4	WBM			
			OBM	3	1	

vervolg TABEL IV.4

A. Sensitive species				Density at PL		
				low	normal	high
Penoculodes longimanus	CRUSTACEA	5	WBM			
			OBM	3	2	
Diplocirrus glaucus	POLYCHAETA	7	WBM		1	
			OBM	3	3	
Abra alba	MOLLUSCA	9	WBM		2	
			OBM	3	4	
Turritella communis	MOLLUSCA	6	WBM		1	1
			OBM	3	1	
Sthenelais limicola	POLYCHAETA	6	WBM		1	
			OBM	3		2

B. Opportunistic species				Density at PL		
				low	normal	high
Nereis longissima	POLYCHAETA	4	WBM			
			OBM			4
Capitella capitata	POLYCHAETA	4	WBM			
			OBM			4
Spio filicornis	POLYCHAETA	7	WBM			
			OBM	1	3	3
Anaitides groenlandica	POLYCHAETA	8	WBM			
			OBM	1	4	3

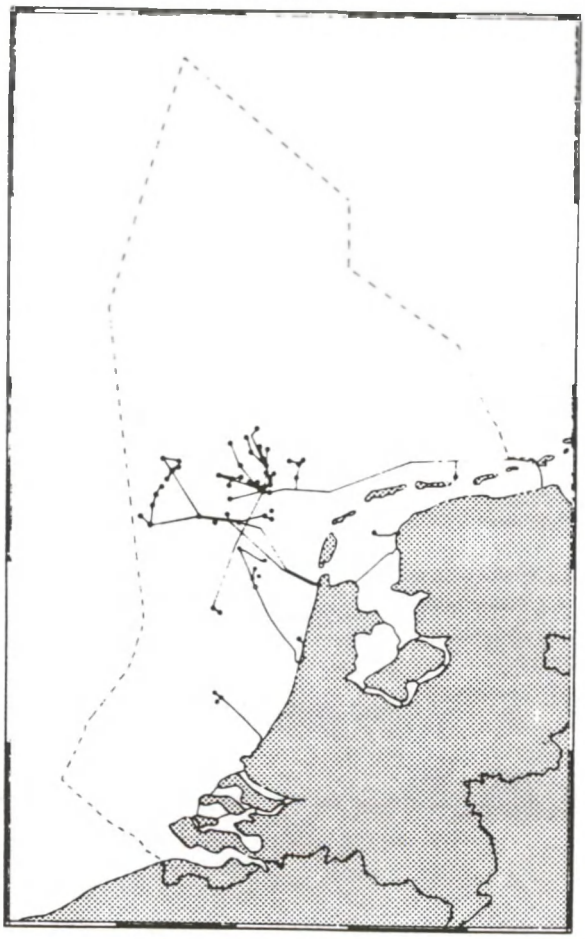


Fig. IV.4. Produktieplatforms en pijpleidingen in de Nederlandse sector van de Noordzee in 1990.
●produktieplatform gas
▲ onderzeese produktie-installatie gas
○produktieplatform olie
(naar gegevens van het Ministerie van Economische Zaken, 1990).

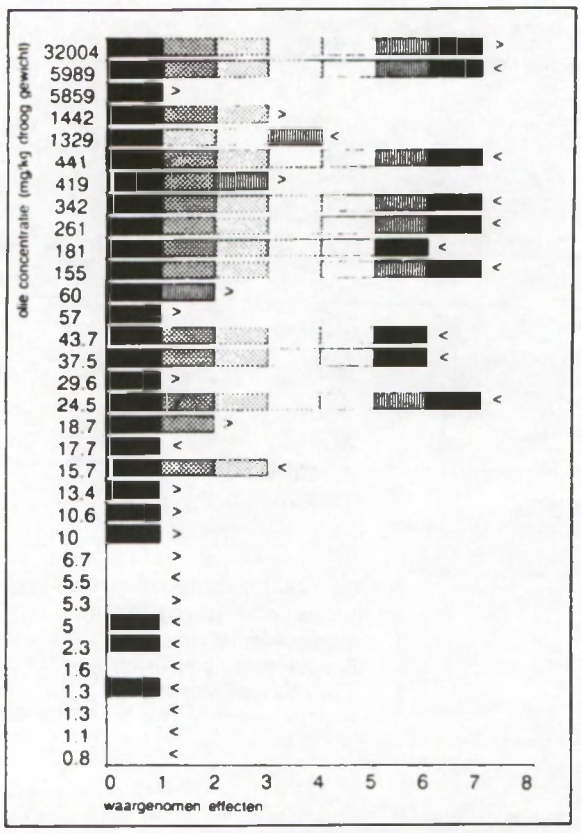


Fig. IV.5. Samenvatting van de waargenomen typen effecten bij contaminatie variërend van 0,8 tot 32.000 mg olie (uit OBM) per kg sediment.

- Gevoelige soorten komen in geringere dichtheden voor
- Dominante soorten komen in geringere dichtheden voor
- Gehele macrofauna-dichtheid is verminderd
- Meer dan 50% van de talrijke soorten vertonen geringere dichtheden
- 'Relative macrofauna abundance' is significant verlaagd d.w.z. gemiddeld over alle macrofauna soorten is de frequentie waarmee een soort voorkomt statistisch significant lager
- Opportunistische soorten komen in verhoogde dichtheden voor
- Soortenrijkdom is verminderd
- < Olie korter dan 2 jaar geleden geloosd
- > Olie langer dan 2 jaar geleden geloosd

(naar Daan e.a., 1990).

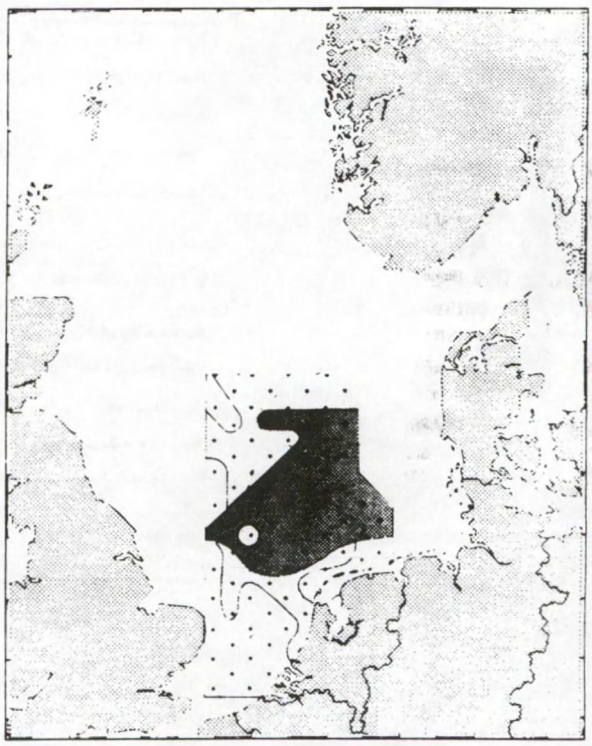


Fig. IV.6. Gebieden met uiteenlopende aantallen OBM-gevoelige soorten per station. In deze analyse zijn 17 OBM-gevoelige soorten betrokken: *Montacuta ferruginosa, Scalibregma inflatum, Pholoë minuta, Amphiura filiformis, Echinocardium cordatum, Mysella bidentata, Nepthys hombergi, Lumbrineris latreilli, Chaetozone setosa, Owenia fusiformis, Nucula Turgida, Gattyana cirrosa, Harpinia antennaria, Lagis koreni, Glycinde nordmanni, Cylichna cylindracea en Harmothoë longisetis.*

- < 5 soorten
- 5-10 soorten
- ⩾ 10 soorten

(naar Bergman & Duineveld, 1990).

IV.3. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN ZAND- EN GRINDWINNING

IV.3.1. INLEIDING

Tot op heden wordt in de vraag naar ophoog- en suppletiezand uit de Noordzee voorzien door het gebruik van zand afkomstig uit onderhoud en/of verdieping van toegangsgeulen naar zeehavens, zoals de Euro-, Maas- en IJ-geul, alsmede door enkele winningen voor de kust van Zeeland (Anonymus, 1990a, 1990b). De economische keuze van de locatie voor zandwinning is afhankelijk van de range van korrelgrootten die gewenst is, de kosten van winning, de transportkosten, en de benodigde hoeveelheden. De produktiekosten van mariene oppervlaktedelfstoffen zijn over het algemeen hoger dan die van op het land gewonnen materiaal, mede door benodigde extra bewerkingen zoals bijvoorbeeld het ontzilten (Anonymus, 1980). De verwachting is dat in de toekomst de vraag naar materiaal van mariene oorsprong zal toenemen (Anonymus, 1980, 1990a; de Groot, 1986).

Het winnen van grind (minerale delen met afmetingen van 2-63 mm) op zee brengt met zich mee dat gewonnen grind vrijwel altijd vervuild is met zand. Dit zand kan na een scheidingsproces overboord worden gezet om een gewenst zand/grind-percentage te verkrijgen (Anonymus, 1980). Grind met de gewenste zand/grind verhouding wordt opgeslagen en meegenomen, waarbij alleen de z.g. 'overflow' van water en gesuspendeerd materiaal wordt afgestoten (Anonymus, 1980; Sips & Waardenburg, 1989). Vanwege het hoge zandgehalte (of een verontreiniging in de vorm van klei of schelpen) zijn niet alle grindwingebieden economisch aantrekkelijk. In het algemeen moet een grindvoorkomen op zee voor winbaarheid voldoen aan de volgende eisen (Anonymus, 1980):

—werkdiepte minder dan 35 m
—zandgehalte minder dan 30 à 50%
—laagdikte: minimaal 1 m (grind aan oppervlak)
—benodigde extra behandeling: alleen zeven.

IV.3.2. METHODEN VAN ZAND- EN GRINDWINNING

De winning van zand en grind is mogelijk door het gebruik van sleep- of steekhopperzuigers (Anonymus, 1980, 1990b; de Groot, 1978). De plaatsgebonden opererende steekhopperzuiger is in staat tot het winnen van substraat onder een klein bodemoppervlak. Hierdoor ontstaan putten van mogelijk tientallen meters diepte. Dit in tegenstelling tot de sleephopperzuiger die varend relatief dunne lagen sediment van de bodem opzuigt over een uitgestrekt gebied. In het zand ontstaan hierdoor lange sporen van hooguit enkele tientallen centimeters diepte (de Groot, 1978). In het grind ontstaan sporen met een diepte van gemiddeld 34 cm tot plaatselijk 50 cm (van Moorssel & Waardenburg, 1990). Voor het economisch inzetten van sleephopperzuigers is het een voorwaarde dat het wingebied een zekere uitgestrektheid heeft (Anonymus, 1980).

Met de beschikbaarheid van bovenstaande vaartuigen kan een keuze gemaakt worden t.a.v. de manier waarop het gewenste substraat (zand of grind) wordt gewonnen. De winning kan uitgevoerd worden ofwel locaal tot grote diepte (enkele tientallen meters), ofwel over een groot gebied resulterend in een geringe verdieping van de bodem, ofwel over een redelijk groot gebied tot een diepte van 10 tot 15 meter (de Groot, 1978). De afweging is gebaseerd op de plaatselijke morfologische eigenschappen van het sediment en het gewenste herstel van abiota en biota.

IV.3.3. WINNINGSLOCATIES

Zoals in sectie III.1 reeds is beschreven, is er in de Nederlandse sector van de Noordzee een aanzienlijk verschil in samenstelling tussen het sediment ten noorden van de 30 meter lijn en dat ten zuiden van deze grens. Vanwege het hoge aandeel fijne fracties in het sediment ten noorden van deze isobath komt dit gebied niet in aanmerking voor zandwinning. Het zand in de Zuidelijke Bocht daarentegen heeft een wat grovere samenstelling en is plaatselijk afgezet als een vrij diepe sedimentlaag, hetgeen gunstig is voor eventuele winning.

Grind komt slechts zeer plaatselijk in de Nederlandse sector van de Noordzee voor en vaak in dermate kleine hoeveelheden of met zo hoge zandpercentages, dat winning economisch niet haalbaar is. Dit is bijvoorbeeld het geval op locaties ten westen van Texel en voor de kust van Walcheren, waar winning niet rendabel is vanwege een te laag grindgehalte (Anonymus, 1980). De Klaverbank is de enige locatie waar grind in winbare hoeveelheden (40-50 miljoen m^3; Sips & Waardenburg, 1989) voorkomt en in een gunstig grindpercentage (30 tot plaatselijk 80% grind; Anonymus, 1982). Het grindpakket op de Klaverbank is vrij dun (*ca.* 20 tot 130 cm) en is grotendeels gelegen op een keileempakket (Anonymus, 1982). Vanwege deze relatief dunne grindafzettingen is het zuigen van putten in het sediment niet mogelijk en winning zal zich derhalve over een groot oppervlak moeten uitstrekken (Sips, 1988; Sips & Waardenburg, 1989). Stroken grind (al of niet met keileem) alterneren op vele plaatsen met stroken zand (30 tot 150 m breed). Op andere plaatsen liggen patchy verdeelde grindstroken in dominerende velden van zand. Er zijn indicaties dat de zandstroken bewegen over de vrij stabiele onderlaag van grind en keileem volgens een 'counter-revolving' mechanisme.

Het grind is gerangschikt in banen die lopen in noord-zuid richting met een breedte van 1 m, maar deze oriëntatie kan zich wijzigen bij zware storm; eerder werd een oost-west oriëntatie waargenomen.

IV.3.4. EFFECTEN VAN ZAND- EN GRINDWINNING OP HET MARIENE MILIEU

Als direct effect van zand- en grindwinning zullen fysisch-chemische veranderingen kunnen optreden, zoals een toenemende troebelheid, verhoogde concentraties nutriënten en/of contaminanten in de waterkolom en extra sedimentatie. Locaal aanwezige benthosorganismen worden tijdens de winning verwijderd tezamen met het gewonnen materiaal. Lange termijn effecten kunnen optreden in de vorm van min of meer langdurige veranderingen in zeebodemtopografie en sedimentsamenstelling en de daardoor geïnduceerde verschuivingen in benthische gemeenschappen.

IV.3.4.1. BIOLOGISCHE EFFECTEN VAN ZAND-WINNING

De omvang van de effecten van zandwinningswerkzaamheden in vergelijking met die van natuurlijke processen (seizoensverschijnselen, het zich explosief vermenigvuldigen van een bepaalde soort, of locale sterfte van een soort; de Groot, 1978) hangt af van de ligging van de winlocatie, de windiepte, de methode van winning (in de hier geciteerde rapporten werd uitgegaan van de winning met sleephopperzuigers), het tijdstip in het jaar waarop winning plaatsvindt en de intensiteit van de activiteiten (Anonymus, 1980, 1990b). De mogelijk optredende biologische effecten ten aanzien van fyto- en zoöplankton, zoöbenthos, vissen, vogels en zeezoogdieren worden besproken.

Fyto- en zoöplankton

Fyto- en zoöplankton ondervinden vrijwel uitsluitend effecten van veranderingen die plaatsvinden in de waterfase. Het feit, dat plankton wordt opgezogen in de zuigmond zal een zeer locaal effect op de planktonbiomassa hebben.

Tijdens het zuigproces raken door turbulentie nabij de zuigkop en door de z.g. 'overflow' vanaf het schip deeltjes in suspensie (Anonymus, 1980). Hierdoor kan een troebeling ontstaan in de vorm van een pluim van slib. Indien deze een significant effect heeft op de concentratie zwevende stof kan de lichtdoordringing in de waterkolom worden verminderd (Anonymus, 1990b). Ook kan de spectrale samenstelling van het licht veranderen (de Groot, 1978). Beide veranderingen kunnen schadelijk zijn voor de ontwikkeling van de planktonische algen en kunnen tot uiting komen in een locale verlaging van de primaire produktie (de Groot, 1978; Anonymus, 1980, 1990b). Dergelijke effecten zullen het grootst zijn in helder water, hetgeen impliceert dat zandwinning in de zomer een groter nadelig effect teweegbrengt dan in de winter, wanneer het water van nature troebeler is (Anonymus, 1990b). In de Nederlandse sector van de Noordzee zou zandwinning in de geringste mate dergelijke effecten veroorzaken, indien de winning in de troebele kustzone plaatsvindt (de Groot, 1978).

Uit een sedimentpluim zullen zware deeltjes eerst uitzakken, later het fijnere slib. De lengte van de pluim is afhankelijk van de snelheid waarmee het materiaal uitzakt. Deze snelheid is hoger naarmate de temperatuur hoger en/of de saliniteit lager is (de Groot, 1978). Metingen tijdens zandwinwerkzaamheden in de Waddenzee aan de door overflow ontstane concentratie gesuspendeerd materiaal wezen uit dat de concentratie 100 keer groter kon worden dan de normale (ongestoorde) achtergrondwaarde in dit gebied (6300 versus 60 $mg \cdot l^{-1}$; van der Veer e.a., 1985). Voor het kustgebied van de Noordzee werd hiervoor een factor 2 berekend. De periode van uitzakking van gesuspendeerd materiaal werd berekend op een half uur na overflow voor grove delen tot 5 uur voor de zeer fijne fractie. Een verhoging van de sedimentlast is dus na beëindiging van de winactiviteiten van zeer tijdelijke aard (Anonymus, 1990b).

De verhoogde sedimentlast van het water kan ook van invloed zijn op de zuurstofopname van de planktonische organismen. Kieuwsystemen van larven en zoöplankton kunnen verstopt raken door de fijnste fracties van het gesuspendeerde materiaal (Anonymus, 1980). Voedselfiltrerende zoöplanktonsoorten kunnen ook hinder ondervinden van een verhoogde concentratie gesuspendeerd mineraal materiaal (de Groot, 1978), waardoor de produktie kan afnemen (Anonymus, 1990b). Ook kan het slib zich hechten aan zowel fyto- als zoöplankton, waarna de organismen zich niet in de waterfase kunnen handhaven en uitzakken (Anonymus, 1990b). Effecten van zwevend materiaal als gevolg van mechanische belemmering van bijvoorbeeld kieuwen van vislarven zijn in veldstudies nooit aangetoond. Laboratoriumexperimenten geven aan, dat vissen over het algemeen goed tegen hoge concentraties zwevend materiaal bestand zijn (van Ierland & van der Veer, 1982).

Het omwoelen van de bodem door de winningswerkzaamheden verandert het chemische evenwicht tussen de bodem en het water (de Groot, 1978). Blootlegging van diepere, anoxische sedimentlagen brengt gereduceerde verbindingen in contact met het zuurstofrijke bovenstaande water. Hierdoor zal een verhoogde oxidatie plaatsvinden, hetgeen een deel van het in het water opgeloste zuurstof opeist (Anonymus, 1980). Interstitieel water dat, mede als gevolg van een lagere pH-waarde, hogere gehalten aan nu-

triënten en verontreinigende verbindingen (zware metalen, pesticiden, PCB's, etc.) kan bevatten, komt ook in contact met de relatief schone waterkolom. De zo ontstane herbeschikbaarheid van microverontreinigingen voor de organismen kan bij bepaalde soorten resulteren in een verhoogde bioaccumulatie (de Groot, 1978). Naar verwachting zullen effecten als de extra toevoer van organisch materiaal uit de bodem, een verlaagd zuurstofgehalte en een resuspensie van toxische stoffen niet of nauwelijks optreden tijdens zandwinning in de zuidelijke Noordzee (Anonymus, 1980, 1990b).

Een voor het fytoplankton positief effect van het opwervelen van bodemmateriaal is het opnieuw beschikbaar worden van de in het sediment opgeslagen nutriënten (met name fosfaten, silicium en stikstofverbindingen). Op plaatsen met een groeibeperkend nutriëntenaanbod, zal herbeschikbaarheid tot een verhoogde primaire produktie kunnen leiden, die het eerder genoemde negatieve effect van verhoogde vertroebeling deels of helemaal kan opheffen, afhankelijk van het seizoen (de Groot, 1978).

Zoöbenthos

De infauna (het in het sediment levende zoöbenthos) en het sessiele epibenthos zijn door hun immobiliteit het meest kwetsbaar voor zandwinning. De infauna bevindt zich doorgaans niet dieper in het sediment dan 30 cm onder het bodemoppervlak. Aangezien bij de winning het bodemmateriaal tot voorbij deze diepte wordt verwijderd, zullen alle hierin aanwezige organismen ten prooi vallen aan de zuigmond. Overleving van opgezogen dieren wordt vrijwel uitgesloten geacht (de Groot, 1978; van der Veer e.a., 1985), zodat de gehele zoöbenthische biomassa uit het winningsgebied zal verdwijnen (van der Veer e.a., 1985).

Bij het zoöbenthos in de nabije omgeving kan een vermindering van zuurstofopname optreden als gevolg van een verstopping van de kieuwlamellen bij een verhoogd slibgehalte in de waterkolom. Evenals bij het plankton is de omvang van dit effect evenredig met de omvang van het gebied dat te maken heeft met een bovengemiddelde suspensielading van het water.

Door de zandwinningswerkzaamheden kunnen organismen worden bedolven onder het zand. Niet alle dieren gaan hierdoor te gronde. De mate waarin benthossoorten bedelving kunnen overleven is soortafhankelijk en met name gerelateerd aan de uitgraafcapaciteit (relatief hoog bij de meeste wormen, laag bij vastgehechte organismen; Bijkerk, 1988). Suspensie-eters en zich diep ingravende dieren die hun voedsel via een sipho uit het water verkrijgen vertonen grote sterfte als de laag neergeslagen slib dikker is dan 1 cm (Anonymus, 1990b; Bijkerk 1988). Het totale effect van bedelving en onderstuiving zal zich aftekenen in een reductie van de produktiviteit van de bodemgemeenschap (de Groot, 1978).

De duur van het herstel in het azoische (vrij van dierlijk leven) gebied na beëindiging van de activiteiten hangt af van de mate waarin het nieuwe substraat geschikt is voor rekolonisatie en/of vestiging van larven. Dit nieuwe sediment wordt gevormd door de blootgelegde bodemlaag, of wordt aangevoerd door erosie van het naburige sediment (met name bij kleine putten) en/of via depositie van gesuspendeerd materiaal (van der Veer e.a., 1985).

Mits de aard en structuur van het nieuwe substraat niet substantieel verschillen van het originele, zullen de gemeenschappen zich in hun originele samenstelling kunnen herstellen. Het eerste herstel vindt plaats binnen enkele maanden; volledig herstel zal in gebieden met hoge snelheden zijn bereikt binnen 1 tot 3 jaar (de Groot, 1978, 1986; van der Veer e.a., 1985). In sedimentatiegebieden kan het herstel 5 à 10 jaar duren. Wanneer door winning diepe putten ontstaan, hangt het herstel van het benthos af van de snelheid van sedimentatie, welke hoger is bij hogere stroomsnelheden (van der Veer e.a., 1985). Bij zeer lage stroomsnelheden kan in diepe putten stratificatie van de waterkolom optreden. Mineralisatie van ingevangen organisch materiaal zal in een dergelijke situatie een anoxisch milieu creëren, waardoor de kansen op biologisch herstel zullen afnemen (van der Veer e.a., 1985; Anonymus, 1990b). Een fundamentele verandering van het substraat heeft tot gevolg dat zich een gemeenschap zal ontwikkelen die verschilt van de originele (de Groot, 1978), of dat rekolonisatie uitblijft (van der Veer e.a., 1985). Een verandering in benthische soortsamenstelling zal locaal gevolgen kunnen hebben voor het verloop van de voedselketen, hetgeen tot uiting zou kunnen komen in bijvoorbeeld het foerageergedrag van de demersale vissoorten op de zandgebieden (de Groot, 1978).

Het succes van herstel van een bodemgemeenschap hangt ook samen met de biologische mogelijkheden voor rekolonisatie. Het braakliggende substraat kan worden herbevolkt via zowel larvale vestiging als de vestiging van migrerende adulten, mits er vanuit naburige gebieden voldoende aanvoer van organismen kan plaatsvinden. Rekolonisatie door adulten wordt in zachte bodems als zeer belangrijk verondersteld (Frid, 1989). Rekolonisatie van een braakliggend sediment vindt meestal plaats volgens een patroon waarbij opportunistische soorten zich explosief ontwikkelen. Vervolgens ontwikkelt zich een stabiele, definitieve gemeenschap (Guillou & Hily, 1983; van der Veer e.a., 1985).

Het volledig herstel van meiobenthos is mogelijk een aanzienlijk sneller proces dan herstel van het macro-

benthos. Onderzoek in het getijdegebied wees uit dat volledig herstel kan plaatsvinden in de duur van één getijdecyclus, afhankelijk van de omvang van het verstoorde gebied en de waterdynamica. Rekolonisatie vond plaats vrijwel uitsluitend vanaf naburige gronden via passieve erosie zowel als door transport door het water (Billheimer & Coull, 1988). Nematodesoorten vestigden zich het snelst; foraminiferen herstellen zich zeer langzaam (Sherman & Coull, 1980).

Vissen

Vele vissoorten zullen het verstoringsgebied tijdelijk mijden. Dit geldt met name voor de visuele voedselzoekers zoals de makreel en de tarbot (de Groot, 1978); ook bij haring en sprot is dergelijk gedrag waargenomen (Anonymus, 1990b). Daarbij speelt de mate waarin de vissoorten aan een hoge troebelheid gewend zijn een grote rol. Ook de manier van voedselverwerving in relatie met een verhoogde troebelheid is essentieel: bodemdier-etende vissen zullen minder last hebben van de verhoogde suspensielast dan de plankton-zevende vissen (de Groot, 1978). Eventuele sterfte bij hoge concentraties gesuspendeerd materiaal treedt meestal op door belemmering van de gasuitwisseling, veroorzaakt door beschadiging van de kieuwen, het samenplakken van kieuwlamellen en het verstopt raken van de kieuwholte. De gevoeligheid van soorten voor zwevende anorganische stof werd experimenteel getest in de vorm van het vaststellen van lethale concentraties. De gevoeligheid bleek zeer uiteenlopend te zijn. De geteste pelagische soorten stierven bij lagere concentraties zwevende anorganische stof dan de geteste estuariene soorten, die over het algemeen gewend zijn aan een verhoogde sedimentlast; Anonymus, 1990b). In de veldsituatie kan vis dergelijke hoge concentraties gesuspendeerd materiaal echter vermijden.

Onder de ingegraven vissen die verrast worden door de winningswerkzaamheden zal de mortaliteit aanzienlijk zijn. Dit geldt met name in de winter voor de zandspiering die zich in een relatief klein gebied in grote aantallen ingraaft; alleen 's zomers wordt overdag de bodem verlaten (Anonymus, 1990b).

Aantrekking van vissoorten door winningswerkzaamheden kan optreden door de geur van gekneusde dieren. De vissen zullen profiteren van verhoogd voedselaanbod in de vorm van bovengewoelde en beschadigde bodemdieren (Anonymus, 1990b).

Zandwinning in of nabij een paaigebied van vissen kan aanzienlijke gevolgen hebben. De op of in de bodem afgezette eieren (van bijv. zandspieringachtigen en grondels (Anonymus, 1990b) zullen worden opgezogen waardoor ze verloren gaan. Door de verhoogde sedimentatie van opgewerveld materiaal in naburige regio's kunnen de hier gelegde eieren worden onderstoven (Anonymus, 1980), waardoor de gasuitwisseling van de eieren gestoord wordt. Dit remt de ontwikkeling van de embryo's in hoge mate en heeft een vermindering van het voortplantingssucces tot gevolg. Indien de bodemsedimenten na de zandwinning ingrijpend veranderd zijn, is het mogelijk dat de sedimenten (tijdelijk) niet meer als paaigebied worden gebruikt.

Het effect op (vis)larven vertoont overeenkomst met het effect op andere planktonische diervormen. Slibdeeltjes zullen zich vasthechten op de kieuwen (Anonymus, 1980) en de larven kunnen schade ondervinden van de vrijgekomen toxische stoffen uit de bodem en plaatselijke zuurstofvermindering. In de praktijk zullen dergelijke effecten uitsluitend locaal kunnen optreden. In de veldsituatie zijn dergelijke effecten niet aangetoond (van Ierland & van der Veer, 1982).

Zeevogels en Zeezoogdieren

Voor zeevogels en zeezoogdieren zijn direkte schadelijke effecten niet aannemelijk. Hooguit zal er een effect kunnen zijn van de verhoogde troebelheid in de vorm van een afnemend jaagsucces. Aangenomen mag worden dat zeezoogdieren het gebied waar de activiteit plaatsvindt zullen mijden. Indirekte effecten op zeevogels (m.n. zeeëenden) kunnen optreden, indien schelpdierbanken in de kustzone worden verwijderd.

IV.3.4.2. BIOLOGISCHE EFFECTEN VAN GRINDWINNING OP DE KLAVERBANK

Fyto- en zoöplankton

De biologische gevolgen zoals die voor zandwinning beschreven zijn kunnen ook optreden bij grindwinning, door overeenkomstige fysische en chemische effecten op de waterkolom.

Zoöbenthos

Omdat de grindafzettingen betrekkelijk dun zijn kan bij winning de totale grindlaag verwijderd worden, inclusief het benthos. De schade is evenredig met het gewonnen oppervlak, aangezien de meeste soorten leven op of vlak onder het scheidsvlak van bodem en water. Voor wat betreft de effecten van de sedimentpluim op het zoöbenthos wordt verwezen naar de beschrijving van de effecten van zandwinning.

Wanneer het onderliggende keileemsediment vrijkomt is er sprake van een permanent effect, aangezien keileem ongeschikt is voor de vestiging van organismen (van Moorssel & Waardenburg, 1990). Het wingebied zal zodoende azoisch blijven. Dit verschijnsel zal niet optreden indien er een grindlaag achterblijft waarop zich weer een originele grindgemeenschap kan ontwikkelen of indien herbedekking plaatsvindt met grind dat aangevoerd wordt vanuit de omringende gebieden (Sips & Waardenburg, 1989).

Het is niet geheel duidelijk of in het Klaverbankgebied natuurlijk transport van kiezel plaatsvindt. Het fysische effect van een proefwinning met een sleephopperzuiger was na 3 maanden nog steeds zichtbaar als twee evenwijdige sporen (i.v.m. een dubbele zuigpijp) van 3 meter breedte. Tussen de sporen in was nog steeds intact sediment in 'eilandjes' aanwezig (van Moorssel & Waardenburg, 1990). Eerder onderzoek wees uit dat transport van deeltjes groter dan 6 mm zelfs in de meest sterke getijstroom niet plaatsvindt.

Bij behoud van het type sediment kan na 1 à 2 jaar herstel zijn opgetreden (Sips & Waardenburg, 1989). Rekolonisatie kan plaatsvinden door migratie van organismen en door larvale vestiging (Sips & Waardenburg, 1989). Drie maanden na een proefwinning werd in het verstoorde gebied 70% van de soorten aangetroffen die gevonden waren bij een controlebemonstering in ongestoord gebied. De dichtheden bleken na de grindwinning sterk te zijn afgenomen, hoewel een enkele soort na grindextractie in hogere dichtheid werd aangetroffen, zoals de slangster *Ophiura albida* (van Moorssel & Waardenburg, 1990). Wanneer door winning grote langlevende soorten worden weggenomen (bijvoorbeeld de tweekleppige *Dosinia exoleta*) zal een sterke daling in biomassa optreden (van Moorssel & Waardenburg, 1990). Rekolonisatie en een volledig (biomassa-)herstel zal dan aanzienlijk langer duren dan de genoemde periode van 1 à 2 jaar (Sips & Waardenburg, 1989). Het herstel van kleinere soorten wordt geschat op maanden tot jaren; dat van grote soorten op tientallen jaren. Herstel gaat sneller indien de wingebieden liggen tussen onverstoorde regio's van waaruit immigratie en vestiging van larven kan plaatsvinden (van Moorssel & Waardenburg, 1990).

Vissen

Wanneer grindwinning plaatsvindt in het paaiseizoen van zandspiering en haring (resp. winter en nazomer) kan dit schadelijk zijn voor de stand. De in de zandstroken (zandspiering) of op het grind (haring) afgezette eieren kunnen in hun ontwikkeling geremd worden door bedekking met gesedimenteerd materiaal afkomstig van de grindwinning. Bij effecten op eierafzettingen moet ook gedacht worden aan effecten op eieren van cephalopoden (inktvissen) die afgezet worden op de wat grotere stenen tussen het grind. Bij een selectieve grindwinning, met bijvoorbeeld een grid voor de zuigmond, zou voor deze organismen mogelijk de schade beperkt kunnen blijven (van Moorssel & Waardenburg, 1990).

Verondersteld wordt dat de haring zich bij de tocht naar het soorteigen paaigebied laat leiden door factoren zoals temperatuur, saliniteit en geluid. In visserijkringen wordt gevreesd dat een gevestigd paaigebied na grindwinning niet meer herkend wordt en zo als paaigebied verloren gaat. Dit zou zich met name voordoen bij door grindwinning veranderde morfologie of sedimenttype, waardoor het geluidsspectrum zou kunnen veranderen (Anonymus, 1980). De haring (*Clupea harengus*) zet bij voorkeur eieren af in grindgebieden (Anonymus, 1980). De criteria waaraan een gebied als potentieel paaigebied vermoedelijk moet voldoen zijn (Sips & Waardenburg, 1989):

—Het aanleggen van smalle en evenwijdig aan de getijstroom liggende eiertapijten moet mogelijk zijn;
—De grootteverdeling van het grind in de afzetting moet in grote mate uniform zijn;
—Er is een zekere mate van stabiliteit nodig; niet te stabiel vanwege een korst sessiele fauna die dan kan ontstaan, niet te instabiel omdat de eieren dan verloren zullen gaan.

Door exploitatie van bestaande en/of potentiële paaigronden kan de beschikbaarheid van paaigronden voor haring worden beperkt. Tot nu toe werd nog geen paaiende haring op de Nederlandse Klaverbank aangetroffen. Bekend is dat de paaigronden slechts dan worden uitgebreid wanneer de traditionele plaatsen te krap zijn (het z.g. conservatieve gedrag van haring) (Sips, 1988; Sips & Waardenburg, 1989). De vangstgegevens van kuitzieke haring (exemplaren die op het punt staan te paaien) wijzen uit dat de huidige paaiplaatsen vrijwel geheel buiten het NCP vallen (Fig. III.24). Volgens Corten (RIVO, mond. meded.) is het mogelijk dat bij een sterke jaarklasse haring die geslachtsrijp wordt, de paaigebieden zich vanuit het Botney Cut gebied in oostelijke richting naar de Klaverbank in de Nederlandse sector van de Noordzee zullen uitbreiden. Grindwinning in het Nederlandse Klaverbankgebied kan derhalve gezien worden als een bedreiging voor de haringpopulatie in haar mogelijkheden om de huidige paaigronden in het Engelse Klaverbankgebied (Botney Cut) uit te breiden. Vooralsnog wijst recent onderzoek door Corten (RIVO, mond. meded.) uit dat een dergelijke verschuiving in de nabije toekomst nog niet verwacht hoeft te worden (zie van Moorssel & Waardenburg, 1990).

Vogels en zeezoogdieren

De effecten van grindwinning op vogels en zoogdieren komen overeen met de effecten van zandwinning op deze diergroepen.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1980. Zeegrind voor de Nederlandse markt. Een inventarisatie van mogelijkheden. Rapp NZ-N-80.07. Direktie Noordzee.

ANONYMUS, 1982. Geologisch onderzoek naar grindvoorkomens in het Botney Cut gebied op 7520. Rijksgeologische Dienst Haarlem.

ANONYMUS, 1990a. Concept ontwerpnota Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee. Milieu-effect rapport. Deel A: Beleidsnota. Direktie Noordzee.

ANONYMUS, 1990b. Concept ontwerpnota Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee. Milieu-effect rapport. Deel B: Nota van toelichting. Direktie Noordzee.

BIJKERK, R., 1988. Ontsnappen of begraven blijven. De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. Literatuuronderzoek. DGW-RWS; Rdd Aquatic Ecosystems. Groningen.

BILLHEIMER, L.E. & B.C. COULL, 1988. Bioturbation and recolonization of meiobenthos in juvenile Spot (Pisces) feeding pits. Estuarine, Coastal and Shelf Science **27**: 335-340.

FRID, C.L.J., 1989. The role of recolonization processes in benthic communities with special reference to the interpretation of predator induced effects. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **26**: 163-171.

GROOT, S.J. DE, 1978. De effecten van zeezandwinning voor de bouw van een industrieeiland op het biologische milieu in zee. Rapp. CA 78-04. RIVO, IJmuiden.

GROOT, S.J. DE, 1986. Marine sand and gravel extraction in the North Atlantic and its potential environmental impact, with emphasis on the North Sea. Ocean Manage. **10**: 21-36.

GUILLOU, M. & C. HILY, 1983. Dynamics and biological cycle of a *Melinna palmata* (Ampharetidae) population during the recolonization of a dredged area in the vicinity of the harbour of Brest (France). Mar. Biol. **73**: 43-50.

IERLAND, E.T. VAN & H.W. VAN DER VEER, 1982. Literatuuronderzoek naar de mogelijke gevolgen van zandwinning in de Waddenzee. Interne verslagen NIOZ, 1982-5.

MOORSSEL, G.W.N.M. VAN & H.W. WAARDENBURG, 1990. Impact of gravel extraction and geomorphology and the macrobenthic community of the Klaverbank (North Sea) in 1989-Concept. Bur. Waardenburg BV., Culemborg.

SIPS, H.J.J., 1988. Het belang van grindbodems in de Noordzee als paaiplaats voor de haring (*Clupea harengus* L); voorstudie en onderzoeksvoorstel. Bur. Waardenburg BV, Culemborg.

SIPS, H.J.J. & H.W. WAARDENBURG, 1989. The macrobenthic community of gravel deposits in the Dutch part of the North Sea (Klaverbank): ecological impact of gravel extraction. Bur. Waardenburg BV, Culemborg.

SHERMAN, K.M. & B.C. COULL, 1980. The response of meiofauna to sediment disturbance. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **45**: 59-71.

VEER, H.W. VAN DER, M.J.N. BERGMAN & J.J. BEUKEMA, 1985. Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: effects on macrobenthic infauna. Neth. J. Sea Res. **19**: 183-190.

IV.4. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN SCHEEPVAART

IV.4.1. SCHEEPVAART IN HET NEDERLANDSE DEEL VAN DE NOORDZEE

De Noordzee is een der drukst bevaren zeegebieden ter wereld. In totaal vinden er jaarlijks circa 420.000 routegebonden scheepsbewegingen plaats; ruim 60% daarvan, ofwel 260.000 routegebonden scheepsbewegingen, speelt zich af op het Nederlandse deel van de Noordzee. De routegebonden scheepvaart is echter niet de enige vorm van scheepvaart op de Noordzee. Bij de 260.000 routegebonden scheepsbewegingen dient de scheepvaart die samenhangt met de visserij, supplyvaart, recreatie en militaire activiteiten nog te worden opgeteld. Daarover zijn echter geen recente cijfers beschikbaar.

Een belangrijk deel van de scheepvaart concentreert zich in een aantal scheepvaartroutes die in het Nederlandse deel van de Noordzee liggen (Fig. IV.7). De meeste schepen maken gebruik van de verkeersscheidingsstelsels. Voor schepen groter dan 10.000 BRT met gevaarlijke stoffen geldt de aanbeveling om de noordelijk gelegen diepwaterroute te gebruiken. De visserij en de daarmee samenhangende scheepvaart kent een ander, niet alleen van de ligging van havens maar ook van de aanwezigheid van vis afhankelijk, verspreidingspatroon. De supplyvaart volgt in het algemeen routes tussen de supplyhavens (met name Den Helder, IJmuiden) en de installaties. Recreatievaart vindt voornamelijk in de wateren nabij de kust plaats. Militaire scheepvaart concentreert zich met name in de routes tussen Den Helder en de oefengebieden en in die oefengebieden.

IV.4.2. MILIEUEFFECTEN VAN DE SCHEEPVAART

De meest bekende en spectaculaire milieueffecten staan in verband met grote tankerongelukken. De effecten van calamiteiten worden in deze studie echter niet betrokken.

In de scheepvaart kunnen de volgende operationele emissies en operationele verstoringen tot milieueffecten leiden:

—operationele lozing van olie,
—operationele lozing van chemicaliën,
—operationele lozing van sanitair afval,
—operationele lozing van huishoudelijk afval,
—operationele lozing van bulkmaterialen,
—luchtverontreiniging door schepen,
—het vrijkomen van aangroeiwerende middelen van de scheepswanden,
—introductie van vreemde organismen,
—geluid,
—fysieke schade door ankers,
—effecten van het uitdiepen en op diepte houden van geulen.

IV.4.2.1. OPERATIONELE LOZING VAN OLIE

Er bestaan geen betrouwbare schattingen van de hoeveelheid olie die t.g.v. operationele lozingen in zee terecht komt. Indien in de Noordzee alleen legaal geloosd zou worden zou het in totaal om niet meer dan 1200 ton olie per jaar gaan. Er wordt echter nog steeds illegaal olie geloosd; de schattingen van de hoeveelheid olie die daarbij voor de gehele Noordzee in het geding is lopen uiteen van 15.000 tot 60.000 ton per jaar.

De effecten van olie op de verschillende compartimenten van het Noordzee ecosysteem laten zich als volgt samenvatten. De schade die olie aan het zeemilieu berokkent is afhankelijk van de hoeveelheid en samenstelling van de olie, van de plaats van lozing (welke soorten organismen zijn aanwezig?) en van het jaargetijde. Lichte soorten olie (rijk aan aromaten) verdampen snel, zijn relatief giftig, lossen goed op in het water en zijn toxisch voor een scala aan organismen. Drijvende vlekken van lichte of zwaardere olie kunnen vogels besmeuren. De veerstructuur en de vetlaag worden aangetast en deels opgelost, waardoor de - normaal watervrij gehouden - huid door zeewater bereikt kan worden. Voorts wordt het drijfvermogen op deze manier aangetast, en het dier moet meer energie besteden om in water niet te zinken. De kleverige bedekking maakt voedselverzamelen moeizaam en niet zelden onmogelijk. Hierdoor ontstaan verkoudheid en longontsteking, verzwakking en meestal de dood. Lukt het toch om voedsel te verzamelen, dan kan het dier olie binnenkrijgen, ook als gevolg van het poetsen van het verendek. Dit veroorzaakt diarree, evenwichtsstoornissen, tremoren en diverse andere vergiftigingsverschijnselen, die de overlevingskans nog kleiner maken. Het nadelig effect van olie voor zeevogelpopulaties is sterk afhankelijk van de lozingslocatie: een kleine vlek in een vogelrijk gebied kan onevenredig veel meer slachtoffers eisen dan een grote vlek elders.

Het seizoen is van belang omdat olie bij hogere temperaturen sneller verdampt en microbieel wordt afgebroken. Een olievlek krijgt daardoor 's winters langer de gelegenheid slachtoffers te maken onder de biota dan 's zomers. Na verloop van tijd dikt de olie in tot de bekende teerballen, die vaak op het strand aanspoelen. Ook kan, bij sterke golfslag, een olie-water emulsie ontstaan (lijkend op chocolademousse) waarin de olieafbraak slechts zeer langzaam verloopt, tot grotere schade van de biota.

De effecten van olie op fyto- en zoöplankton lijken niet van groot belang te zijn. Sterfte en abnormaal gedrag worden wel aangetroffen bij planktonsoorten die zich juist aan het wateroppervlak ophouden. Over massale planktonsterfte zijn geen publicaties bekend.

Een verscheidenheid aan effecten in vis is moge-

lijk. Het meest voor de hand liggend, en ook vaak waargenomen, is de dodelijke werking binnen korte tijd, door verstoring van de functie van de kieuwen en opname van toxische stoffen. De componenten die in zeewater oplossen uit drijvende ruwe olie veroorzaken geen massale sterfte onder vrij zwemmende (pelagische) vis, mogelijk als gevolg van vermijdingsgedrag en een slijmachtige huid. Lichtere, geraffineerde olieprodukten blijken echter op deze categorie wel een groot effect te hebben, in het bijzonder op eieren en larven die dichter aan het wateroppervlak vertoeven. Onder deze levensvormen is grote sterfte gevonden bij veld- en laboratoriumonderzoek. De effecten hiervan zullen zich pas enige tijd na de lozing kunnen manifesteren.

Het meest is bekend over de effecten van olie op het benthos. Het (epi)benthos in de getijdenzones wordt bedekt met olie wanneer die aanspoelt. Fijne deeltjes met een bepaalde grootte kunnen uit water opgenomen worden, terwijl oliedruppeltjes of geadsorbeerde olie ook met het voedsel worden opgenomen. Koolwaterstoffen uit olie worden gemakkelijk opgenomen door bijv. de mosselen; een gedeelte ervan wordt weer uitgescheiden wanneer schoon water wordt aangeboden; lage concentraties in water beïnvloeden de opname van voedsel en het vermogen de kleppen te sluiten. De kokkel blijkt veel gevoeliger dan de mossel. De jongere stadia van onder meer garnaal, mossel en worm zijn aanzienlijk gevoeliger dan de volwassen dieren.

Bij zoogdieren zijn verstoppingen in ademhalingskanalen geconstateerd (in enkele gevallen de vermoedelijke doodsoorzaak), zwemproblemen en ophoping van giftige stoffen in nieren en lever door ingestie en inademing van oliecomponenten (Engelhardt, 1987). Zoogdieren met een warmteregulerende pels (zeeotter, ijsbeer) kregen een verstoorde thermoregulatie en stierven vervolgens door onderkoeling. Hoewel zoogdieren met een warmteregulerende pels niet voorkomen in de Nederlandse sector van de Noordzee, zijn pasgeboren zeehonden wel afhankelijk van o.a. hun lanugo (een prenatale pels) voor hun thermoregulatie. Engelhardt (1987) speculeerde dan ook dat ook zij gevaar te duchten hebben van olielozingen.

Uit de literatuur blijkt niet dat de bestaande niveaus van olieverontreiniging een ernstige bedreiging vormen voor het voorkomen van mariene zoogdieren, vis, benthos en plankton. Bij concentraties van olie die niet hoog genoeg zijn om waarneembare negatieve effecten uit te oefenen, kunnen desondanks belangrijke verstoringen optreden van de chemische signalen die aan de basis van het gedrag staan. Het ontdekken van voedsel, het ontlopen van predatoren, het afbakenen van een territorium, het regelen van de trek en andere processen die essentieel zijn voor de overlevingskansen van de soort worden beheerst door uiterst lage concentraties van stoffen in zeewater. De aromatische fractie van ruwe olie en de reeks van olefinen in geraffineerde produkten kunnen ernstige verstoringen teweeg brengen in de gedragsfuncties van mariene organismen (Duinker, 1979; ten Hallers, 1988).

IV.4.2.2. OPERATIONELE LOZING VAN CHEMICALIËN

Bij het schoonmaken van de tanks van chemicaliëntankers kunnen verschillende soorten chemicaliën in de Noordzee terecht komen. Het grootste deel van de lozingen blijkt illegaal te zijn. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de hoeveelheden van de verschillende stoffen die jaarlijks (legaal dan wel illegaal) geloosd worden door schepen. Er zijn derhalve ook onvoldoende gegevens om aan te kunnen geven waar dergelijke lozingen plaatsvinden al ligt het voor de hand dat ook hier de meeste lozingen in en nabij de grote scheepvaartroutes plaatsvinden. Het is ook onmogelijk aan te geven welke de effecten zijn van de lozing van chemicaliën. Het gaat om een te groot aantal verschillende stoffen die elk weer verschillende eigenschappen hebben.

IV.4.2.3. OPERATIONELE LOZING VAN SANITAIR AFVAL

Bij de scheepvaart in Nederlandse wateren zijn *ca.* 18.000 bemanningsleden (op jaarbasis) betrokken. Daarnaast worden jaarlijks ongeveer 25.000 passagiers over Nederlandse wateren vervoerd, waarbij nog de bemanningen van vissersschepen, supplyvaart, recreatievaart en militaire vaartuigen moeten worden opgeteld. Een belangrijk deel van het sanitaire afval dat van deze mensen afkomstig is wordt ongezuiverd geloosd. Ook hier geldt dat dit met name in en nabij de belangrijke scheepvaartroutes gebeurt. Het effect van deze lozingen is een verdere, zij het relatief kleine, bijdrage aan de reeds aanwezige voedingsstoffen in het Noordzeewater.

IV.4.2.4. OPERATIONELE LOZING VAN HUISHOUDELIJK AFVAL

Huishoudelijk afval aan boord van schepen bestaat onder meer uit verpakkingsmaterialen, zoals plastics en papier, en uit voedselresten. Over de totale hoeveelheid die in het Nederlandse deel van de Noordzee vrijkomt bestaan geen betrouwbare gegevens. In de Duitse Bocht is uit onderzoek gebleken dat met name in de gebieden met de grootste scheepvaartverkeersdichtheid de grootste hoeveelheden afval worden gevonden. Een ruwe schatting van de totale hoeveelheid vuilnis die jaarlijks ronddrijft tussen Helgoland en het Elbe-estuarium komt uit op minimaal

8,5 miljoen stukken met een totaalgewicht van 1.300 ton. Op ankerplaatsen werden ook op de bodem aanzienlijke hoeveelheden afval gevonden. Effecten van deze stoffen kunnen met name bij de grotere organismen worden geconstateerd. Er is literatuur bekend over het eten van kleinere afvaldeeltjes door vis met als gevolg daarvan verzwakking, over het eten van plastic deeltjes door vogels en de verstikking van vogels en zeezoogdieren door plastic zakken of ander materiaal van niet-afbreekbaar kunststof.

IV.4.2.5. OPERATIONELE LOZING VAN BULKMATERIALEN

Ook schepen die bulkgoederen (zoals erts, kolen, graan) in grote hoeveelheden vervoeren lozen na het schoonmaken van hun ruimen vaak aanzienlijke hoeveelheden van deze stoffen met het schoonmaakwater in zee. Er bestaan geen gegevens omtrent de hoeveelheden van dergelijke stoffen die op deze wijze in zee terecht komen. Er zijn ook geen gegevens over de plaatsen waar dit gebeurt al valt aan te nemen dat dit in en nabij de belangrijke scheepvaartroutes gebeurt. De effecten van deze lozingen op het milieu zijn afhankelijk van de stof die geloosd wordt. Mogelijke effecten zijn: directe toxiciteit (bijv. door de aanwezigheid van sporen van toxische stoffen in overigens niet toxische lading) en indirecte effecten door zuurstofdepletie of depositie op de bodem en daarmee verbonden wijziging van natuurlijke habitats.

IV.4.2.6. LUCHTVERONTREINIGING DOOR SCHEPEN

Schepen veroorzaken op verschillende manieren luchtverontreiniging:
—als resultaat van de verbranding van brandstof in hun motoren,
—door vrijkomende dampen van de lading in ruimen (met name bij het laden en lossen van die lading),
—door het weglekken van CFK's en halonen uit koelapparatuur en brandbestrijdingsapparatuur, en
—door de verbranding van afval aan boord van schepen.
Een deel van de in de lucht uitgestoten stoffen zal op het zeewater neerslaan. Daarbij kunnen, met name bij het gebruik van slechte kwaliteit of verontreinigde bunkerolie en bij onvolledige verbranding van afval, schadelijke stoffen (zware metalen, gechloreerde koolwaterstoffen) in het geding zijn.

IV.4.2.7. HET VRIJKOMEN VAN AANGROEIWERENDE MIDDELEN VAN DE SCHEEPSWANDEN

Om de aangroei van mariene organismen op scheepswanden te voorkomen worden aangroeiwerende verven gebruikt. Een belangrijk deel daarvan bevat tributyltin (TBT), andere verven bereiken het gewenste aangroeiwerende effect op basis van koperverbindingen.

Met name van de TBT-verven zijn effecten op het mariene milieu (schelpdieren) bekend in gebieden waar grote aantallen schepen permanent aanwezig zijn (bijv. bij jachthavens) of waar verfresten in het water terecht kunnen komen (werven). De vraag dringt zich op of er ook in intensief gebruikte scheepvaartroutes (zoals op het Nederlandse deel van de Noordzee waar dagelijks 700 schepen passeren) effecten kunnen optreden door het vrijkomen van aangroeiwerende verf. Gegevens daarover zijn echter niet beschikbaar.

IV.4.2.8. DE INTRODUCTIE VAN VREEMDE ORGANISMEN

Met name door lozing van ballastwater uit andere delen van de wereld kunnen vreemde organismen in de Noordzee geïntroduceerd worden. Met name in Canada en Australië zijn gegevens bekend over schade die door vreemde organismen is veroorzaakt (bijv. algenbloei bij Australië). Mogelijk werden op deze wijze reeds vreemde organismen in het Noordzeemilieu geïntroduceerd. Gegevens hierover ontbreken vooralsnog.

IV.4.2.9. GELUID

De belangrijkste geluidsbronnen zijn: normale scheepvaart (10-100 Hz, uitlopend tot 1 kHz); buitenboordmotoren (1-50 kHz, vooral 1-2 kHz); sonars en echolood (5-250 kHz) en seismisch onderzoek (beneden 100 Hz, maar ook 1-1,5 kHz; zie IV.2.5.4) (Baptist. 1988).

Er is in de Noordzeescheepvaart een trend waar te nemen in de richting van zg. Surface Effect Ships (SES), schepen waarvan de schroef of straalbuis hoog in het water ligt en die minder of meer planeren en veel lawaai voortbrengen. Zo is het geluid van de hovercraft-ferry aan de Franse kust (Cap Gris Nez) te horen, wanneer deze halverwege de oversteek is. Motoren van SES hebben vaak wat hogere frequenties (boven 1 kHz). Een andere bij uitstek luide categorie zijn de vissersschepen, met hun verhoudingsgewijs grote motorvermogen. Bij vissers zelf komt vaak enige doofheid voor in hetzelfde frequentiebereik (10-100 Hz) t.g.v. de hoge geluidsniveaus aan boord. Voorts zijn grote schepen als containerschepen en tankers luidruchtig. Ook relatief snelle kleinere schepen zijn lawaaiig, door hun relatief grote motorvermogen en het zgn. flow noise, het geluid van water stromend langs de scheepshuid (Verboom, mond. meded.).

Een andere vorm van geluidsoverlast door schepen komt voor bij hydrodynamisch niet goed functio-

nerende scheepsschroeven. Het gaat om cavitatie, een vorm van vacuümbellen trekken door de draaiende schroef, waar het water deze niet snel genoeg kan volgen. De gevormde vacuümbellen imploderen waarbij veel geluid wordt geproduceerd, met een random frequentieverdeling (Urick, 1975). Een en ander maakt de drukke scheepvaartroutes tot lawaaiige gebieden voor de geluidsgevoelige fauna op het overeenkomstige frequentiebereik.

Het gehoorbereik van baleinwalvissen loopt van 12 Hz tot 30 kHz, dat van bruinvissen en dolfijnen van 1 tot 150 kHz. Dit bereik is vermoedelijk groter dan het actief gebruikte geluid. Voor de grijze walvis is dat laatste tussen 20 Hz en 2 kHz.

De 'vocalisaties' gebruikt voor sociale communicatie in tandwalvissen (w.o. de dolfijnachtigen) en vinpotigen (o.a. zeehonden) zijn in het algemeen in het frequentiegebied boven 1 kHz. Deze vocalisaties overbruggen slechts relatief kleine afstanden (vergeleken met de honderden km die de laagfrequentere geluiden van baleinwalvissen af kunnen leggen). Echolocatie (t.b.v. ruimtelijke oriëntatie en voedselzoeken), in tandwalvissen en waarschijnlijk ook in vinpotigen, maakt gebruik van aanzienlijk hogere frequenties: 40-130 kHz bij tuimelaars (*Tursiops truncatus*) (Kamminga & Beitsma, 1990); rond de 140 kHz bij de bruinvis (*Phocoena phocoena*) en 80-120 bij de Beluga (*Delphinapterus leucas*) (Kamminga, 1988). Dolfijnen op de Noordzee gebruiken 7-14 kHz (Verboom, mond. meded.).

Alle soorten vinpotigen zijn afhankelijk van akoestische informatie, in zowel het water als de lucht (Schusterman & Moore, 1981). De onderwatervocalisaties van de meeste zeehonden lijken vooral sociale functies te hebben.

Voor een lawaaiverstoring van vissen en/of walvisachtigen in de Noordzee, doorwerkend tot in de populatieomvang, zijn in de literatuur geen bewijzen voorhanden (Dr. C. Kamminga, TU, Delft, mond. meded.), noch is dat het geval bij de vinpotigen (Dr. P. Reijnders, RIN, Texel, mond. meded.). Toch bestaat bij onderzoekers een meer of minder sterke indruk dat zeezoogdieren vluchten voor sommige lawaaibronnen. Terhune (1981) schat, op basis van gepubliceerde waarden voor onderwatergeluid van LNG-tankers, dat geluiden daarvan de vocalisaties van mariene zoogdieren niet zullen 'maskeren' (overstemmen) op een afstand van 90 km; dat op 9 km er echter al een aanzienlijk 'bijgeluid' voor deze dieren zou ontstaan; en dat dit op *ca.* 1 km, zelfs op het laagst geschatte geluidsniveau van de LNG-tanker, het vocalisatie-kanaal van mariene zoogdieren zou maskeren. Welke reacties dan op zullen treden is niet bekend. Terhune noemt het aannemelijk dat het verlies van een communicatiekanaal en het lawaai van een schip kudden zeezoogdieren uiteen doen vallen. Hier staan twee overwegingen tegenover: ten eerste, dat zeezoogdieren in meer of mindere mate voor de genoemde maskering kunnen compenseren door verhoging van de frequentie en/of de intensiteit van hun vocalisaties (Evans, 1982); en ten tweede, dat ze de storingsbron op grote afstand kunnen horen aankomen (maskeringsafstand is een fractie van de detectie-afstand) en dus moeten kunnen ontwijken.

Baptist (1988) deelt mee dat in Hawaii een negatieve correlatie is gevonden tussen de aanwezigheid van walvissen en o.a. scheepvaartactiviteiten. In Alaska is beïnvloeding van gedrag aangetoond, veroorzaakt door scheepvaart op afstanden van meer dan 3 km. In Denemarken, Schotland en de staat Washington (westkust VS) werd uitwijkgedrag van bruinvissen voor scheepvaart aangetoond volgens Evans (1987), die eveneens rapporteerde dat (motor-)geluiden boven de 10 kHz ontvlucht werden door witsnuitdolfijnen (*Lagenorhynchus albirostris*) en grijze dolfijnen (*Grampus griseus*).

Met de toename, in de laatste decennia, van het scheepvaartverkeer in de Nederlandse sector van de Noordzee is daar het geluid op vooral 10-100 Hz (en weinig boven de 1 kHz) toegenomen. Dit zou grotere walvisachtigen zeker kunnen verstoren, maar veel minder de hier veel voorkomende dolfijnen en bruinvissen, met hun gehoorbereik van 1-150 kHz (Evans, 1987).

Speedboten daarentegen die varen met 45 km/u kunnen wel voor problemen voor bruinvissen en dolfijnen zorgen, doordat ze meer geluid in de 1-50 kHz range produceren. Ook de sidescan sonar, door veel vissers gebruikt, en echo-sounders, haast in elk motorvaartuig behorend tot de standaarduitrusting, zouden de echolocatie van kleine cetaceeën kunnen verstoren, omdat ze tussen de 5 en de 250 kHz uitzenden. Aangetoond is dit echter niet. Dr. Kastelein (Dolf. Harderwijk, mond. meded.) acht deze vorm van verstoring onwaarschijnlijk, omdat sonar-emissie en -ontvangst in hoge mate directioneel zijn.

IV.4.2.10. FYSIEKE SCHADE DOOR ANKERS

Ankers kunnen aanzienlijke sporen nalaten op de zeebodem. Plaatselijk zullen zij schade toebrengen aan mariene organismen. Voor de Noordzee geldt echter dat de bodem zich over het algemeen snel zal kunnen herstellen en de effecten gering zullen zijn.

IV.4.2.11. EFFECTEN VAN HET UITDIEPEN EN OP DIEPTE HOUDEN VAN GEULEN

Om diepstekende schepen te kunnen ontvangen in Rotterdam en Amsterdam worden respectievelijk de Euro-Maasgeul en de IJgeul door baggerwerkzaamheden permanent op diepte gehouden. Plaatselijk leidt dit tot een verstoring van het bodemleven.

IV.4.3. SAMENVATTING

De belangrijkste milieueffecten van de scheepvaart zijn de vervuiling van de Noordzee met een breed scala aan stoffen en de verstoring met geluid. Deze verontreiniging treedt met name op in en nabij de scheepvaartroutes. De vervuilende stoffen verspreiden zich onder de invloed van stroming en wind ook buiten de scheepvaartroutes en kunnen zo ook kwetsbare gebieden bereiken die buiten de scheepvaartroutes gelegen zijn. Voor een deel zullen de effecten buiten de scheepvaartroutes echter ook beperkter kunnen zijn door de natuurlijke afbraak dan wel verdunning van de vervuilende stoffen.

De fysieke schade die door de scheepvaart (ankers) wordt veroorzaakt is beperkt. De effecten van het uitdiepen en op diepte houden van geulen beperken zich tot een zeer beperkt deel van de Noordzee te weten de geulen naar Rotterdam en naar Amsterdam.

LITERATUUR

BAPTIST, H.J.M., C. CAMPHUYSEN & M. LEOPOLD, 1990. Seamammal sightings in the Netherlands. Int. Whaling Committee Meeting, Noordwijk, the Netherlands.

DGSM, 1990. Directoraat-Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken. Kaart van het Routering System 'Off Friesland', juni 1990.

DUINKER, J.C., 1979. Olie in zee; processen en effecten. In: Olieverontreiniging op zee. Uitg. Lab. Aqu. Oecologie, KU Nijmegen.

ENGELHARDT, F.R., 1987. Assessment of the vulnerability of marine mammals to oil pollution. In: J. KUIPER & W.J. VAN DEN BRINK. Fate and effects of oil in marine ecosystems. Proceedings of the Conference on Oil Pollution organized under the auspices of the IAWPRC by the TNO, Amsterdam 23-27 February 1987. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

EVANS, W.E., 1982. Preliminary evaluation of perception and detection of man-made noise (LNG source) by selected marine animals. H.S.W.R.I. Technical Report No. 82-142. Hubbs Sea World Res. Inst., San Diego, Ca.

EVANS, P.G.H., 1987. The natural history of whales and dolphins. London: Christopher Helm.

FRAKER, M.A., & P.N. FRAKER, 1979. The 1979 whale monitoring program Mackenzie Estuary. Esso Resources Canada Ltd., Edmonton, Alberta.

GREENPEACE, 1989. The status of small Cetaceans in the North Sea. Submission to the final international meeting of senior officials in preparation for the Third North Sea Ministers Conference. Greenpeace International, Amsterdam.

HALLERS, C.C. TEN, 1988. Verstoring van zintuigelijke waarneming en gedrag - een inventarisatie. Concept 30 november 1988. CATO Marine Ecosystems, Kantens, NL.

KAMMINGA, C., 1988. Echolocation signal type of Odontocetes. In: P.E. NACHTIGALL & P.W.B. MOORE. Animal Sonar. Plenum. Publ. Corp.

KAMMINGA, C., & G.R. BEITSMA, 1990. Investigations on Cetacean Sonar IX. Remarks on dominant sonar frequencies from *Tursiops truncatus*. Aqu. Mamm. **16**: 14-20.

TERHUNE, J.M., 1981. Influence of loud vessel noise on marine mammal hearing and vocal communication. Dept. of Biology, Univ. of New Brunswick, Saint John, New Brunswick.

V&W, 1987. De Minister van Verkeer en Waterstaat. Scheepvaartverkeer Noordzee, Beleidsnota 'Op Koers', Tweede Kamer, vergaderjaar 1986-1987, nr. 17 408 nrs. 25-26, Den Haag, 13 januari 1987.

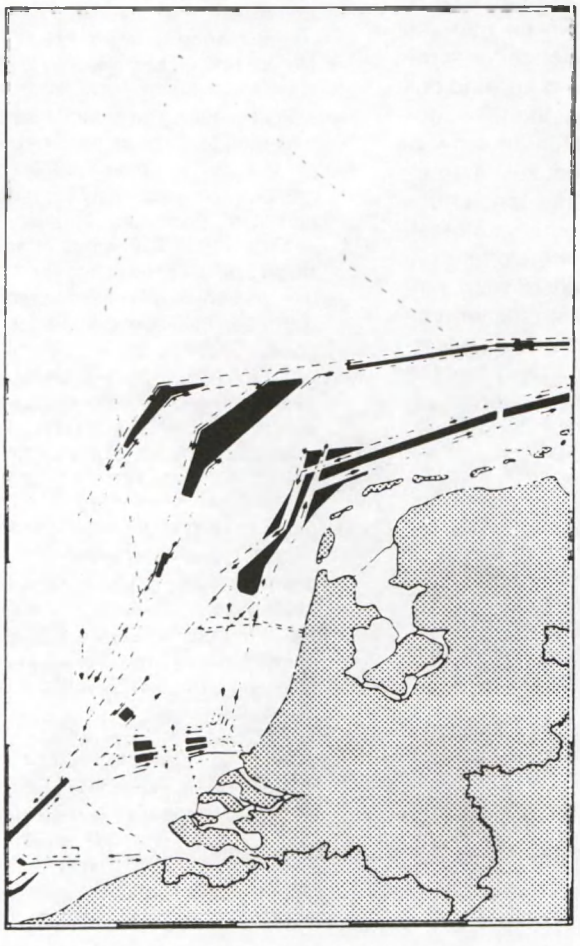


Fig. IV.7. Scheepvaartroutes en verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse sector van de Noordzee. (naar V&W, 1987 en DGSM, 1990).

IV.5. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN MILITAIRE ACTIVITEITEN

IV.5.1. INLEIDING

In het Structuurschema Militaire Oefenterreinen (SMT, 1980-1984) is het ruimtelijk beleid van Defensie uiteengezet. In maart 1980 brachten de ministeries van Defensie en VROM van dit SMT het deel a (Beleidsvoornemen) uit. Daarin wordt gesteld dat het SMT bedoeld is te gelden tot *ca.* het jaar 2005 (waarin twee fasen worden onderscheiden: projecten die voor of in 1995 gereed kunnen komen, en de overige). In augustus 1982 verschenen deel b (Hoofdlijnen uit de Inspraak) en deel c (Advies, van de Raad van Advies voor de Ruimtelijke Ordening, de RARO). In juli 1984 verscheen deel d (Regeringsbeslissing), van beide genoemde ministeries. Dit laatste geeft het huidige beleid weer. Met marginale wijzigingen werd dit in de zomer van 1985 vastgesteld door de Tweede Kamer (SMT, deel e & f). Ten aanzien van het Noordzeemilieu spelen voornamelijk de volgende drie factoren een rol:

a. Het houden van schietoefeningen brengt met zich mee dat munitie op de zeebodem terecht komt. Over het algemeen betreft het hier oefenmunitie die geen explosieve lading (meer) bevat.
b. Het varen met schepen op zee heeft steeds een zekere verontreiniging tot gevolg. Wellicht zijn de mogelijkheden tot beperking daarvan bij een marine wat groter dan bij andere vormen van scheepvaart, wegens de grotere mogelijkheid van strikte regelgeving en toezicht. Voorts werd in het Inventarisatierapport Noordzee (ICONA, 1981) aangekondigd dat de nieuwe Nederlandse oorlogsschepen alle met moderne vuilverwerkingsinstallaties zouden worden uitgerust (in dit kader werd over de bestaande schepen geen mededeling gedaan).
c. Schiet- en vliegoefeningen kunnen tijdelijk een aanzienlijke geluidsbelasting veroorzaken, wat verstoring van het milieu aan en in zee (vogels, zoogdieren, mogelijk vissen) met zich meebrengt.

Overige vormen van milieubelasting, van relatief minder belang, zullen hieronder incidenteel ter sprake komen.

IV.5.2. MILITAIRE ACTIVITEIT VAN INVLOED IN HET NEDERLANDSE DEEL VAN DE NOORDZEE

Binnen het Nederlandse deel van de Noordzee zijn de volgende gebieden bij de krijgsmacht (d.w.z. Marine, Landmacht en Luchtmacht van Nederland, evenals de krijgsmachten van enkele NAVO-bondgenoten) in gebruik (Fig. IV.8):

EHR1 (ALSOT; sinds 1987 ook aangeduid als EHD 41), schietoefeningen door schepen en vliegtuigen op zeedoelen en luchtdoelen. Oefengebied voor vliegtuigen (beperkende hoogte 9150 m, d.i. de minimale hoogte). Wordt veelvuldig gebruikt.

EHR5 (TEXELHORS), vlieggebied voor luchtdoelen t.b.v. schietoefeningen vanaf het land, ook gebruikt voor mijnbestrijdingsoefeningen en invaren onderzeeboten. Vliegoefeningen (beperkende hoogte 5000 m, plaatselijk 300-5000 m). Wordt dagelijks gebruikt.

EHR6, schietoefeningen door schepen en vliegtuigen op zeedoelen. Vliegoefeningen (beperkende hoogte 900 m). Wordt veelvuldig gebruikt.

EHR8, schietoefeningen vanaf land en zee op zee- en luchtdoelen (daarom een voor de luchtvaart gesloten gebied), mijnbestrijdingsoefeningen en invaren van onderzeeboten. Munitiebeproevingen vanaf land (max. 5 dagen/jaar). Wordt voor de oefeningen veelvuldig gebruikt.

EHR11 en EHR12, lucht-lucht schietoefeningen (beperkende hoogte 4575 m). Wordt gebruikt op onregelmatige, van te voren aangekondigde tijdstippen.

EHR13a en EHR13b, vliegoefeningen. Beperkende hoogte: in principe geen beperking, behalve bij slecht zicht; dan 705 m (dit is ondergrens). Wordt veelvuldig gebruikt.

EHR14, schiet- en vliegoefeningen door jachtvliegtuigen (beperkende hoogte 9150 m); wordt veelvuldig gebruikt. Sinds 1986 is binnen dit vak een zg. Air Combat Manoeuvring Range (ACMR) ingesteld: een cirkelvormige opstelling (diameter 108 km) van zes masten met verbindings- en meetapparatuur rond een centrale mast, voor het gedetailleerd volgen en begeleiden van oefengevechten in de lucht. De cirkel ligt *ca.* 100 km ten noorden van Terschelling en Ameland.

AREA JULIET, afvuren van scherpe onderzeebootbestrijdingsmunitie (waterdiepte 70 m); gedurende enkele dagen per jaar.

NB4, NB6, NB8 en NB9, mijnenbestrijdingsoefeningen met gebruik van mijnenbestrijdingsmunitie; enkele dagen per jaar.

Vanaf het vasteland wordt in de richting van de Noordzee geschoten op de volgende locaties (Fig. IV.9), die zijn samengevat als sector EHR8 (Fig. IV.8):

—Schietkamp Zeefront (Den Helder) (Fig. IV.9), de meest noordelijke waaier), voor training met geschutsopstellingen door de marine, het gehele jaar op werkdagen. In de onveilige zone ligt de zandplaat Noorderhaaks/Razende Bol.

—Luchtdoelartillerieschietkamp Den Helder. Bestaand uit de terreinen Botgat en Falga (resp. de middelste en zuidelijkste gestippelde waaier in Fig. IV.9). Deze zijn buiten de zomer het gehele jaar door in gebruik, als er voldoende zicht is. Onder andere radiografisch bestuurde vliegtuigen worden als doel

gebruikt. (Het is onduidelijk of deze samen met de verschoten munitie in zee terecht komen of niet).
—Schietterrein Petten (KL) (KL=Landmacht). Ballistische proeven met wapensystemen en diverse kruit- en munitieproeven vinden hier plaats. Vanwege de dracht van de munitie strekt het onveilige gebied zich het verst, tot 22 km, in zee uit. Het terrein is het gehele jaar door twee à drie dagen per week in gebruik.
—Schietterrein Petten (KM) (KM=Marine). Scheepsgeschut en -raketten, en bijbehorende munitie, worden hier beproefd. Dit gebied is het gehele jaar door, met wisselende intensiteit, in gebruik.
—De Noorderhaaks/Razende Bol, de zandplaat in de Noordzee westelijk van het Marsdiep, heeft, aldus de Regeringsbeslissing, een (minstens deels) militaire bestemming, die overigens met niet-militaire bestemmingen verenigd zou kunnen worden in het kader van het regionale streek- en bestemmingsplan. De plaat bevindt zich binnen de veiligheidszone van het schietkamp Zeefront en vormt tevens een doelgebied voor op zee oefenende schepen. Eventueel niet geëxplodeerde munitie of resten van niet geëxplodeerde stoffen kunnen er aanwezig zijn. Met deze aantekening (en onder de voorwaarde dat het schietkamp Zeefront blijvend kan worden gebruikt) kan de plaat volgens Defensie wel onder de Natuurbeschermingswet gebracht worden, en is Defensie bereid te overleggen over een recreatieve (mede-)bestemming van de Razende Bol (hieruit valt mogelijk op te maken dat zij bereid zou zijn het als doelgebied af te stoten). Overigens had de zandplaat tot 1984 formeel nog geen militaire bestemming: 'Van de lagere overheden wordt gevraagd het militair gebruik van de Noorderhaaks/Razende Bol in het streek- en bestemmingsplan op te nemen.' (SMT, deel d, 1984).

Ook wordt er vanaf land geschoten in de richting van de Waddenzee, vanaf twee locaties, beide gelegen in Den Helder:
—Nieuwe Haven/Lutjeswaard (KM): hier wordt scheepsgeschut beproefd, gedurende maximaal 90 dagen per jaar. Het gaat om het inschieten met niet-explosieve granaten vanaf in de haven liggende schepen.
—Nieuwe Haven/Lutjeswaard (KL), waar vanaf een vaste opstelling aan de wal in het havengebied lange-drachtgeschut en de bijbehorende munitie worden beproefd, gedurende *ca.* 20 dagen per jaar. Het mogelijk belang van de hiermee gemoeide belasting van de Waddenzee voor het Nederlandse deel van de Noordzee is dat het water van de Waddenzee een intensieve uitwisseling met dat van de Noordzee ondergaat. Mochten de vermelde activiteiten aanleiding geven tot een aanzienlijke belasting van het Waddenzeewater met contaminanten, dan moet de mogelijkheid van effecten van die stoffen in de strook Noordzee waarin de zeegaten uitkomen, in de beschouwing betrokken worden.

In en nabij het Nederlandse Waddengebied en dan vooral in het westelijk deel daarvan (zie Fig. IV.10) spelen veel meer militaire activiteiten dan in het Duits-Deense deel. Ze worden hier alleen beschreven voorzover hun invloed zich over de Nederlandse sector van de Noordzee uitstrekt.
—De laagvliegroute boven het Groninger en Uithuizerwad (Fig. IV.10) is sinds 1984 naar de Noordzee verplaatst: het oost-west verlopende gedeelte werd verlegd van ten zuiden naar even ten noorden van Schiermonnikoog en voert daarna nog over de Waddenzee en de Lauwerszee.
—Op de Vliehors op Vlieland oefenen de luchtmacht (vaak in NAVO-verband; *ca.* tweederde van de deelnemende straaljagers is niet-Nederlands) en de landmacht. De laatste doet schietoefeningen met tanks die zich over de Vliehors en over de Waddenzee uitstrekken (Fig. IV.11), in de periode van 1 september tot 15 april. Het belang van het Nederlandse deel van de Noordzee is hier op dezelfde wijze aan de orde als aangetekend werd bij de schietoefeningen vanuit Den Helder in de richting van de Waddenzee. Figuur IV.12 toont (in geluidscontouren) de lange aanvliegroute over IJsselmeer en Waddenzee van gevechtsvliegtuigen naar de Vliehors, waar ze met raketten en/of boordkanonnen schieten op gronddoelen. Dit geschiedt het gehele jaar door op werkdagen, met een totaal van *ca.* 180 dagen/jaar. Hierbij wordt soms explosief materiaal afgeschoten, wat niet gebeurt in de periode tussen 1 maart en 15 september in verband met de vogelbroedtijd. Het schieten vanuit de vliegtuigen is in de richting van de Noordzee. Defensie heeft onderzocht (SMT, deel a, 1980) of deze route zou kunnen worden gedraaid (in de zin van: aanvliegen boven de Noordzee, schieten richting Waddenzee) maar het bleek dat dit overwegend nadelig uit zou pakken ten opzichte van de bestaande situatie, die om deze reden werd gehandhaafd (SMT, deel d, 1984).
—De Noordvaarder op Terschelling (Fig. IV.10, IV.12) is alleen bij de (NAVO-)luchtmachten in gebruik, voor oefeningen als op de Vliehors (hier wordt alleen niet-explosief materiaal verschoten), en voor het afwerpen van (niet-explosieve) oefenbommen. In het kader van het SMT (deel a, 1980) is overwogen een deel van de wapentrainingen naar het buitenland te verplaatsen teneinde de schietrange Noordvaarder 'slapend' te kunnen maken. Besloten werd echter om deze in actieve staat te handhaven (SMT, deel d, 1984 en f, 1985).
—Ten slotte moet vermeld worden dat bij het Malzwin (een geul ten oosten van het Marsdiep en noordelijk van het Balgzand) explosievenvernietiging plaatsvindt. Het betreft het onschadelijk maken/detoneren van gevonden projectielen, onder andere V1-raketten uit de Tweede Wereldoorlog (Boelens, 1989).

IV.5.3. CHEMISCHE EFFECTEN VAN MILITAIRE ACTIVITEITEN

IV.5.3.1. SCHIETACTIVITEITEN EN EXPLOSIEVEN-VERNIETIGING

Schietactiviteiten

De enige tot dusver bekende bron die spreekt over chemische effecten van schietoefeningen op het zeemilieu in het Nederlandse deel van de Noordzee is Boelens (1989), een stagerapport opgesteld voor Rijkswaterstaat direktie Noord-Holland, dat zich beperkt tot de Waddenzee. Bij de schietactiviteiten in de richting van de Waddenzee bereiken alle munitiesoorten en -onderdelen het water, behalve de hulzen. (Op het land worden tamelijk efficiënt alle ingeslagen munitie en munitieresten ingevangen en verzameld, niet in de laatste plaats vanwege hun schrootwaarde).

Boelens (1989) kwam tot een kwalitatief (niet kwantitatief) overzicht van enige stoffen, aanwezig in gangbare munitiesoorten en -onderdelen. Explosieven bevatten, blijkens die opgave, onder meer vaak zeer giftige en/of kankerverwekkende stoffen (bijv. nitrosaminen, dinitrobenzeen, nitrotoluenen), zware metalen als kwik, lood en koper en zwavelverbindingen. Kogels hebben meestal de basisopbouw van een loden kern in een koperen mantel; diverse andere metalen, als antimoon, ijzer, staal, nikkel, arseen, tin en beryllium, zijn er vaak in verwerkt. Hulzen bevatten barium, antimoon, koper, zink, staal en aluminium, maar zij worden in toenemende mate van kunststof gemaakt. Verder kan munitie nog magnesium, fosfor, wolfraam, molybdeen en andere stoffen bevatten.

Op vragen van Rijkswaterstaat, direktie Noord-Holland, over het vrijkomen van stoffen op de schietterreinen Vliehors en Noordvaarder, deed Defensie een voor beide terreinen gesommeerde opgave, waaruit Rijkswaterstaat (1989) de volgende emissies afleidde:

—ca. 100 ton staal per jaar, met niet nader genoemde samenstelling. RWS meent dat naast ijzer ook zware metalen en beryllium aanwezig zijn. In beide gebieden wordt periodiek het schroot verzameld, waarbij de uitvoerders zelf het rendement op *ca.* 90% schatten. Onbekend is in hoeverre verspreid schroot ook wordt verzameld. Per jaar kunnen dus meerdere tonnen staal achterblijven. Hoeveel daarvan uiteindelijk in zee terecht komt is onbekend.

—ca. 10 ton springstof (samenstelling niet opgegeven) wordt per jaar tot ontploffing gebracht. Volgens de opgave van Defensie verbrandt dit geheel. Het vrijkomen van schadelijke resten en omzettingsprodukten lijkt echter niet denkbeeldig.

—per jaar worden *ca.* 1000 oefenraketten afgeschoten, met aandrijfstoffen die tijdens de vlucht opbranden. Het vrijkomen van resten of omzettingsprodukten van deze brandstof lijkt niet denkbeeldig.

—bij het gebruik van oefenbommen wordt gebruik gemaakt van een rook- c.q. lichtsignaal. De hoeveelheid van de signaalstoffen is niet bekend, evenmin als de chemische samenstelling. Ook hier lijkt het vrijkomen van resten signaalstof of omzettingsprodukten mogelijk.

In het oefengebied EHD-41 (N.B. dit is sinds 1987 de nieuwe naam van gebied EHR1, zie Fig. IV.8) werden in 1989 *ca.* 1400 stuks 7,6 cm granaten afgeschoten (met elk 2,3 kg uitdrijflading) en *ca.* 400 stuks 12,0 cm granaten (met elk 7 kg lading). Deze ladingen bestaan uit 84,1% nitrocellulose, 9,3% dinitrotolueen, en 6,6% overige (onbekende) stoffen. Of daarvan rest- of omzettingsprodukten vrijkomen is niet bekend; het lijkt voor de hand te liggen dat hieronder NO_z en toxische aromatische verbindingen zullen zijn. De metaalresten van de granaten komen in zee terecht.

Explosievenvernietiging

Bij de explosievenvernietiging komen kwik, lood, zoutzuur, zwaveldioxide, antimoon en chloorverbindingen vrij (Boelens, 1989). Geschiedt de explosievenvernietiging door explosies op zee, dan komen deze laatste stoffen via de lucht terecht in de waterkolom; in welke chemische vormen is niet bekend (de stoffen oxyderen bij de verbranding), evenmin als de hoeveelheden. Ook de processen die deze stoffen daarna ondergaan zijn dus onbekend. Defensie en wapenproducenten doen geen mededelingen over de samenstelling van onderscheiden munitiesoorten. Ook uit vergunningverleningen aan producenten door Rijkswaterstaat in het kader van de WVO kan de samenstelling van munitiesoorten niet worden afgeleid. Westing (1978) meldt dat TNT, indien niet geëxplodeerd, een zeer giftige stof is. Het zinkt door zijn gewicht naar de bodem, waar het langzaam oplost (na 108 dagen nog geen meetbare afbraak) (oplosbaarheid 94 mg/l). In zoet water remt het de groei van diverse microorganismen en is het dodelijk voor vis bij concentraties lager dan 5 mg/l. Bovendien is het acuut toxisch voor diverse zoogdieren bij minder dan 200 mg/kg lichaamsgewicht. Als voorbeelden van andere explosieve stoffen die, onontploft, acuut giftig zijn noemt Westing cycloniet en nitramine. Over het waar, hoeveel en wat van explosievenvernietiging in het bovengenoemde Malzwin en op andere locaties in het Nederlandse deel van de Noordzee zijn geen gegevens beschikbaar ten tijde van het opstellen van dit rapport.

IV.5.3.2. CHEMISCHE EFFECTEN VAN OVERIGE MILITAIRE ACTIVITEITEN

De chemische effecten van de militaire scheepvaart zelf onderscheiden zich niet principieel van die der

overige scheepvaart; zie daarvoor de paragraaf Ecologische Gevolgen van Scheepvaart (IV.4).

Chemische effecten van de militaire luchtvaart kunnen van groot belang zijn voor de atmosferische stoffenbalans boven het Nederlandse deel van de Noordzee. De opdracht van deze studie is beperkt tot die verstorende activiteiten die ter plaatse van de te beschermen gebieden gereguleerd kunnen worden. Hoewel geargumenteerd zou kunnen worden dat ook het luchtruim boven die gebieden nog onder de aldus gestelde opdracht valt, zou het onrealistisch zijn de luchtverontreiniging door luchtvaartuigen ter plaatse te willen reguleren voor dat doel. De verspreiding van de daar geëmitteerde stoffen is namelijk dermate diffuus en weersafhankelijk, dat niet bij benadering valt vast te stellen welk aandeel van de emissie van een bepaalde vlucht in (resp. buiten) een bepaald gebied het zeewater bereikt. (N.B. niettemin kan hier aangetekend worden dat het militaire aandeel in de luchtverontreiniging boven het Nederlandse deel van de Noordzee door de aard en intensiteit van de vluchten aanzienlijk moet zijn, en dat het milieu in de wijde omgeving bij reduktie daarvan zeker gebaat zou zijn).

IV.5.4. VERSTORINGSEFFECTEN VAN MILITAIRE ACTIVITEITEN

IV.5.4.1. SCHIET- EN VLIEGACTIVITEITEN

Vogels

In kustgebieden zijn de meeste effecten - in de zin van hinder/verstoring - boven water te verwachten; in offshore-gebieden onder water. Negatieve effecten van lawaai in het algemeen en militair lawaai in het bijzonder op foerageergedrag en broedsucces van vogels in Nederlandse kustgebieden zijn onderzocht (o.a. Platteeuw, 1986; Smit, 1986 en Visser, 1986). De kustgebonden vogels maken in die zin een bijzonder deel uit van het mariene ecosysteem, dat hun leven zich deels op land, deels in/boven zee afspeelt. Effecten die op land aangrijpen, en niet in/boven zee, vallen buiten het bestek van dit rapport; de vogels vormen wat dat betreft een grensgeval. Omdat de prikkels die op land schrikreacties teweegbrengen, globaal geacht kunnen worden dit eveneens op zee te doen, en er hierover veel meer bekend is uit landonderzoek, is voor informatie over gedragsverstoring op zee ook de literatuur over verstoringen op land geraadpleegd.

Habituatie, gewenning, is een veel waargenomen verschijnsel: na aanvankelijk steeds op te schrikken van een bepaald type geluid gaan de vogels er steeds minder op reageren, vooral als de geluiden een zekere voorspelbaarheid hebben (periodiciteit). Volgens Smit (1986) zijn er sterke aanwijzingen dat habituatie t.o.v. schietgeluiden kan optreden, in verschillende mate bij verschillende vogelsoorten: bij scholeksters (*Haematopus ostralegus*) relatief sterk, bij rosse grutto's (*Limosa lapponica*) en wulpen (*Numenius arquata*) minder (Visser,1986).

Facilitatie kan worden opgevat als het tegenovergestelde van habituatie: herhaling van een bepaalde prikkel vergroot juist de gevoeligheid voor die prikkel of andere prikkels, te vergelijken met mensenreacties op burengerucht. Zo kan de verstoring door rekreanten faciliterend werken t.o.v. verstoring door militaire geluiden ('synergisme'). Voorts werkt het aanwezig zijn in een grote groep faciliterend: groepsgewijs opvliegen bij kleine verstoringen lijkt in grote groepen vaker voor te komen dan in kleine.

Rustende vogels worden in de huidige situatie door geluid zo te zien weinig verstoord, tenzij de verstoring ook een visuele component heeft. Hier kan zijdelings genoemd worden de visuele verstoring van vogels door luchtvaartuigen: Platteeuw (1986) oppert dat voor de vogels overkomende vliegtuigen een gelijkenis kunnen vertonen met roofvogels. Hierbij is meermalen waargenomen dat langzaam vliegende luchtvaartuigen (sport- en zweefvliegtuigen en helikopters) meer schrik veroorzaakten dan snel overkomende straaljagers. Hoog en in rechte lijn overvliegen verstoort voorts veel minder dan aanhoudend rondcirkelen of andere onregelmatige vliegbewegingen. Ook het geluid van vliegtuigen kan overigens via dit soort ervaringen associaties met roofvogels wekken en zo verstorend werken (Platteeuw, 1986, wijst er in dit verband op dat het gehele Nederlands-Duits-Deense Waddengebied dicht bezet is met civiele vliegvelden). Smit (1986) wijst erop dat vogelpopulaties zones met relatief veel en herhaald lawaai in de loop der tijd gaan mijden en zo hun areaal kunnen zien verkleinen. Onverwachte knallen van schietoefeningen in de Lauwerszeepolder leidden tot direkt waarneembare schrik- en opvliegreacties tot op een afstand van 8 km. Traden die knallen 's nachts op, dan was de schrik des te heftiger (Platteeuw, 1986). Dosis-effectrelaties worden in dit soort studies zelden, en dan nog op indirekte manieren (Visser, 1986), gelegd. Daarbij speelt ongetwijfeld mee dat het effect van geluidsprikkels zeer moeilijk apart van andere effecten te bestuderen is.

Zeezoogdieren en vissen

Over de effecten op zeezoogdieren van schiet- en explosiegeluiden in de kustgebieden deelde Dr. P. Reijnders (RIN, Texel, mond. meded.) mee dat de grijze zowel als de gewone zeehond (resp. *Halichoerus grypus* en *Phoca vitulina*) in het begin onrustig worden van knallen, maar dat zich een zekere gewenning voordoet als ze geen verdere dreiging waarnemen. In het Engelse waddengebied de Wash, waar straaljagers oefenen en oefengranaten inslaan, trad volgens Reijnders ook na enige tijd gewenning

op en bleven de dieren daarna rustig. Deze twee soorten verblijven in het kustwater tot 20 km vanaf land (waaronder de Razende Bol) maar hun hoofdgebied is de Waddenzee.

In een uitgebreide literatuurstudie die onderdeel uitmaakte van een milieu-effectrapportage (Anonymus, 1989) in verband met voorgenomen laagvliegoefeningen in het Goose Bay-gebied (oostelijk kustgebied van Canada), werd de mogelijkheid besproken dat het geluid van de oefeningen de communicatie tussen zeezoogdieren zou kunnen verstoren, met als mogelijk gevolg het kwijtraken van jongen door de moeder, of dat de energiebalans van dieren door veelvuldig vluchtgedrag zodanig negatief zou doorslaan dat de populatiegrootte erdoor beïnvloed zou kunnen worden. In het MER werd gesteld dat de onderzochte literatuur (nog) geen gegevens opleverde over de reacties van zeezoogdieren op laag overkomende straaljagers. De meeste rapporten betreffen de gedragsreacties op korte termijn op geluid van helikopters en kleine civiele luchtvaartuigen. Daar werden meermalen paniekreacties gemeld onder rustende zeehonden en walrussen, die het water in vluchtten. Aanwijzingen voor het duurzaam verlaten van gebieden onder invloed van deze prikkels zijn er niet. Gedragsverstoring van Beluga's (*Delphinapterus leucas*, een incidenteel ook in het Nederlandse deel van de Noordzee geziene soort) door civiel vliegtuiglawaai werd beschreven als niet langer durend dan seconden en waarschijnlijk niet ingrijpend. Wat de invloed op de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) betreft: daar de oefeningen zelf meer dan 10 mijl offshore gepland waren, verwachtte men daarvan geen verstorende invloed op deze soort; verstoring in de kuststrook onder de aanvliegroute werd echter reëel mogelijk geacht, zij het 'waarschijnlijk niet in significante mate'. Voor de categorie zeezoogdieren als geheel werd de mogelijkheid reëel geacht dat het met de oefeningen meekomende nieuwe marine-scheepvaartverkeer een (nog niet kwantificeerbare) verstoring van het voedings- en energiebudget teweeg zou brengen, via herhaalde vluchtreacties. Bij deze uitspraak moet worden aangetekend dat in Goose Bay dit verkeer een veel groter percentage uit zal maken van de totale scheepvaart dan in het Nederlandse deel van de Noordzee, hetgeen een vergelijking eigenlijk zinloos maakt. Conclusie in het MER was dat het laagvliegen 'minor impacts' op regionale walvisachtigen zou hebben, vooral in de zomer. De reacties van zeezoogdieren op geluiden onder water worden in het rapport 'complex en nog slecht begrepen' genoemd.

In deze studie waren voorts publicaties over de geluidsgevoeligheid van vissen in shelfzeegebieden (zoals ook het Nederlandse deel van de Noordzee er een is) meegenomen. Ook daaruit kwamen geen aanwijzingen naar voren van mogelijke verstoring van adulte of juveniele vissen of hun eieren door laag overvliegende straaljagers.

Tot zover de literatuur over auditieve en visuele gedragsverstoring. Een ernstiger vorm van 'verstoring' (althans voor de direkt betrokken dieren) kan voortkomen uit de veelvuldige schietoefeningen vanaf land, in de richting van zowel Noord- als Waddenzee. Bedoeld is de mogelijkheid dat vissen, vogels en/of zoogdieren getroffen worden door projektielen met verwonding of de dood als gevolg. Hierover zijn ons geen gegevens bekend.

IV.5.4.2. EXPLOSIES

Verder zijn de effecten van de schok- of drukgolf van explosies op zee, zij het onder of boven water, van belang als ecologische effecten van militair handelen. Sinds de geologische en petrologische exploratie *ca.* 20 jaar niet meer met explosieven geschiedt maar met airguns (zie onder Effecten van mijnbouw, IV.2), zijn militaire activiteiten nog de enige bron van explosies van enig belang. Hierbij moeten genoemd worden:

—het tot ontploffing brengen van dieptebommen in 'Area Juliet' (zie IV.5.2.) gedurende een paar dagen per jaar;

—het oefenen met mijnenbestrijdingsmunitie in de gebieden NB 4, 6, 8 en 9, gedurende enkele dagen per jaar;

—het vernietigen van explosieven in het Malzwin en/of op de Noordzee.

De volgende gegevens zijn afkomstig van Westing (1978). De afmeting van de 'lethal zone' van een onderwater-explosie hangt af van verscheidene factoren, waaronder: het type explosief, de grootte van de springlading, oppervlakte en diepte van het waterlichaam in kwestie, bodemkarakteristieken ter plaatse, de diepte waar de ontploffing plaatsvindt, en de organismen in kwestie.

Springladingen kunnen uiteenlopend zijn samengesteld. De twee meest gebruikte basisingrediënten zijn 2,4,6-trinitrotolueen (TNT) en hexahydro-1,3,5-trinitro-s-triazine (ook wel cycloniet, RDX of hexogeen genoemd), en in de springlading wordt meestal tevens een hoeveelheid aluminiumpoeder verwerkt. Nitramine (ook wel tetryl genoemd) is de meest gebruikte ontstekingslading. De overdruk van de schokgolf van een onderwater-explosie reist naar buiten in alle richtingen en zal daardoor (idealiter) afnemen omgekeerd evenredig met de derde macht van de afgelegde afstand. Als we de overdruk op een afstand van 0 meter op 100% stellen, zal zij daardoor op 2,15 m al met 90% zijn afgenomen, op 4,64 m met 99%, en op 10 m met 99,9%. De overdruk op 100 m afstand zal nog maar eenmiljoenste van de oorspronkelijke waarde hebben. Schokgolven die de zeebodem be-

reiken, worden teruggekaatst in een mate die afhankelijk is van het bodemtype. Hetzelfde gebeurt met schokgolven die het wateroppervlak bereiken; als deze voldoende groot zijn, breken ze daardoorheen naar de atmosfeer. Bij een explosie onder water ontstaat een hoeveelheid gas, die tijdens de reactie uitdijt tot een bel, waarvan de omvang bepaald wordt door een zeker evenwicht tussen de druk in het gas en die in het water. Door de felheid van de explosie schiet de groeiende bel *tot voorbij* deze evenwichtsafmeting (actie, resulterend in onderdruk in het gas) hij wordt even later door het - elastische eigenschappen bezittende - water weer ingedrukt, richting evenwichtsomvang (reactie). Ook hierbij treedt enig overschieten op, en het - eveneens elastische - gas dijt vervolgens weer uit, weer op weg naar de evenwichtsomvang. Grafisch geregistreerd tegen de tijd, ziet men een fel beginnende, maar snel uitdovende opeenvolging van *ca.* 10 golfbewegingen in een tijdsverloop van enkele milliseconden. Deze golven hebben zeer steile flanken, vooral aan de zijden gekeerd naar de voortplantingsrichting. Schade in de omgeving ontstaat *niet* alleen door deze steile overdrukgolf; ook door de onderdrukgolf onmiddellijk daarna.

De mate van overdruk nodig om een marien organisme te doden - en dus ook de omvang van de lethale zone - hangt sterk af van het type organisme. Verreweg de meeste (echte) vissen (*ca.* 95% daarvan en vrijwel 100% van alle commerciële vissen) vallen onder de straalvinnige beenvissen. Deze categorie wordt onder andere gekenmerkt door de aanwezigheid van een zwemblaas, die zowel het drijfniveau meebepaalt als een of meer zintuiglijke funktie(s) vervult. Deze zwemblaas blijkt bij een onderwaterexplosie gemakkelijk te scheuren. Ogawa e.a. (1978, 1979) onderzochten experimenteel de explosieschade bij *een* aantal vissoorten en concludeerden dat vissen kwetsbaarder zijn voor de schokgolf naarmate zij een meer ontwikkelde zwemblaas en/of meer ontwikkelde nieren bezitten. Reflectie van de schokgolf richt op het grensvlak tussen een weefsel en een gasgevulde holte schade aan. Daardoor worden in zoogdieren met name longen en holle ingewanden beschadigd, wat op voldoende kleine afstand de dood tot gevolg kan hebben (Geraci & St. Aubin, 1980, en ref. daarin). Westing (1978) haalt onderzoek aan waaruit blijkt dat onder vergelijkbare 'blast'-condities voor de kust van Californie (op *ca.* 16 m van een 4 kg lading dynamiet), garnalen en kreeften ongedeerd bleven, terwijl 80% van de dieren met een zwemblaas de dood vond. Hij noemt een rapport van het Amerikaanse ministerie van Defensie, waarin gesteld wordt dat dieren met een zwemblaas gemiddeld 64 maal zo gevoelig zijn voor explosieschade als dieren zonder. De explosie van een 'typical depth charge' zou volgens hem geacht kunnen worden lethaal te zijn voor de meeste zeedieren binnen een straal van 77 m, een waarde die voor vissen met een zwemblaas met 4 vermenigvuldigd moet worden (zie ook: Tabel IV.5). Als er een reeks ontploffingen achter elkaar plaats vindt (Westing noemt een publicatie over ervaringen in Chesapeake Bay) dan lijkt dit vissen noch walvisachtigen uit het gebied weg te houden. Integendeel, bepaalde carnivore soorten lijken door de aanwezige slachtoffers te worden aangetrokken.

Voor de zeehondensoort ringelrob (*Phoca hispida*) (niet in de Noordzee voorkomend) werd door Yelverton e.a., 1973, berekend dat bij een explosie van 5 kg springstof op 5 m diepte de minimale veilige afstand 359 m is, als het dier zelf zich op 25 m diepte bevindt (de veilige afstand is diepte-afhankelijk). In ondiep water, bij rotsige bodem of bij ijsbedekking zou dit een onderschatting zijn. De 'safe distance' formule van Yelverton e.a. (1973) is gebaseerd op proeven met kleine landzoogdieren en vissen als proefdieren; geen grote zeezoogdieren werden gebruikt. Hill (1978) tekent bij deze getallen aan dat de grote zeezoogdieren waarschijnlijk minder kwetsbaar zijn door hun druk-adaptaties (t.b.v. het duiken) en dikkere lichaamswanden. Voorts blijkt uit veldwaarnemingen in het algemeen dat, hoe groter het dier, des te minder kwetsbaar het is voor de schokgolf bij explosies (Geraci & St. Aubin, 1980). Hoeveel dieren in werkelijkheid de dood vinden bij/na een ontploffing, blijft natuurlijk afhangen van de dichtheid dan en daar. In dit verband moet erop gewezen worden dat in de Noordzee dolfijnachtigen vaak aangelokt worden door schepen (dus mogelijk ook marine schepen) en daar in de buurt verblijven. Ook wanneer die zich niet in de lethale zone bevinden maar even daarbuiten, is schade aan bijvoorbeeld hun gehoor (Addink, Rijksmus. Nat. Hist. Leiden, mond. meded.) of hun nieren (Hartman, id.) goed mogelijk. Glass (1989/'90) beschrijft hoe dolfijnen in de Pacifische Oceaan het slachtoffer worden van tonijnvisserij met behulp van explosieven (dolfijnen bevinden zich daar vaak boven scholen tonijn). Ze kunnen, door de klap versuft, ophouden met zwemmen en direkt verdrinken, hetgeen meermalen is waargenomen. Maar bovendien kunnen ze tijdelijke of blijvende schade aan de gehooorganen ondervinden, met voorspelbare gevolgen voor een dier zo afhankelijk van dat zintuig (Evans, 1980): '...a deaf dolphin or a dolphin without a school is a dead dolphin.' (Glass, 1989/'90). Bepaalde strandingen van dolfijnachtigen aan de Nederlandse kust zijn toegeschreven aan schade door explosieven (Christensen & van Bree, 1974), en in andere gevallen bestaan vermoedens van die strekking (Addink, Rijksmus. Nat. Hist. Leiden, mond. meded.). Op deze plaats moet tevens vermeld worden dat Verboom (TNO-TPD, Delft; mond. meded.), die tijdens seismisch onderzoek met lichte ladingen geluidmetingen verrichtte, na de explosie vaak heftige hoge

geluiden van dolfijnachtigen op een band registreerde, die op hem een indruk van opgeschriktheid en luid protest maakten.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1989. Goose Bay EIS (EIS = Am. MER), i.v.m. voorgenomen laagvliegoefeningen door verschillende luchtmachten van de NAVO.

BELL, W.B., 1972. Animal Response to Sonic Booms. J. Acoust. Soc. Am. **51:** 758-765.

BOELENS, G., 1989. Milieuhygienische aspecten van militaire schietaktiviteiten op de Waddenzee. Stagerapport Rijkswaterstaat, direktie Noord-Holland (Rijks Agrarische Hogeschool Groningen).

CHRISTENSEN, I. & T.J.H. VAN BREE, 1974. In: Bijdragen tot de Dierkunde **44:** 235-238.

DEFENSIE, 1980. Ministerie van Defensie, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. Structuurschema Militaire Terreinen. Deel a: beleidsvoornemen, Tweede Kamer, zitting 1980-1981, nr. 16 666 nrs. 1-2, Den Haag, 9 maart 1980.

EVANS, W.E., 1980. Dolphins and their mysterious sixth sense. Oceanus **23:** 69-75.

GLASS, K., 1989/'90. Are dolphins being deafened in the Pacific? Oceanus **32:** 83-85.

ICONA, 1981. Inventarisatierapport Noordzee. Interdepartementale Coordinatiecommissie voor Noordzeeaangelegenheden, Den Haag.

MYRBERG, A.A. JR., 1978. Ocean noise and the behaviour of marine animals: relationships and implications. In: J.L. FLETCHER & R.G. BUSNELL. Effects of noise and wildlife. Ac. Press.

OGAWA, T., I. FUKUYAMA, S. SAKAGUCHI & T. NARAHIRA, 1978. Injuries to fish due to underwater pressure waves (III). J. Industr. Explosives Soc., Japan **39:** 196-204.

OGAWA, T., I. FUKUYAMA & I. ITO, 1979. Injuries to fish due to underwater pressure waves 4. Dynamic response of internal organs. J. Industr. Explosives Soc., Japan **40:** 86-94.

PLATTEEUW, M., 1986. Effecten van geluidhinder door militaire activiteiten op gedrag en ecologie van wadvogels. RIN-rapport 86/13, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.

PRYOR, K. & K.S. NORRIS, 1978. The Tuna/Porpoise problem: behavioral aspects. Oceanus **21:** 31-37.

RYAN, P.A., 1977. A reader's guide to underwater sound. Oceanus **20:** 3-7.

RIJKSWATERSTAAT DIREKTIE NOORD-HOLLAND, 1989. Concept rapportage/advies van Jan de Rijk (RFO) d.d. 20 juli 1989 aan FWVO-werkgroep Militaire schietaktiviteiten en water(bodem)verontreiniging.

SMIT, C.J., 1986. Orienterend onderzoek naar veranderingen in gedrag en aantallen van wadvogels onder invloed van schietoefeningen. RIN-rapport 86/18, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.

SMT, 1980-84. Structuurplan Militaire Terreinen. deel a, 9-3-1981. Beleidsvoornemen. Ministeries van Defensie en VROM. Tweede Kamer1980-81, 16 666, nrs. 1-2. deel b, april 1982. Hoofdlijnen van de Inspraak. deel c, 23-6-1982. Advies van de Raad voor de Ruimtelijke Ordening. deel d, 10-7-1984. Regeringsbesluit. Tweede Kamer1983-84, 16 666, nrs. 9-10.

VERTEGAAL, P., 1989. Het milieu vraagt om ontwapening. Natuur & Milieu maart 1989: 4-9.

VISSER, G., 1986. Verstoringen en reacties van overtijende vogels op de Noordvaarder (Terschelling) in samenhang met de omgeving. RIN-rapport 86/17, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.

WADDENVERENIGING, 1988. Militaire aktiviteiten in het Waddengebied (brochure). Waddenvereniging, Harlingen.

WESTING, A.H., 1978. Military impact on Ocean Ecology. In: E.M. BORGESE & N. GINSBURG. Ocean Yearbook 1. The Univ. of Chicago Press, Chicago.

YELVERTON, J.T., D.R. RICHMOND, B.R. FLETCHER & R.K. JONES, 1973. Safe distances from underwater explosions for mammals and birds. Lovelace Found. Med. Educ. Res., Albuquerque, N.M.: 63 pp.

TABEL IV.5

Lethale zones rondom locaties van onderwater-explosies (Westing, 1978).

Munition and Explosive Content	Lethal Radius (m)	Lethal Area (ha)	Lethal Volume (m^3)
Depth charge or rocket (100 kg):			
Most fauna	77.1	1.87	1.92×10^6
Most fishes	309.	29.9	$123. \times 10^6$
Torpedo or moored sea mine (250 kg):			
Most fauna	105.	3.44	4.81×10^6
Most fishes	419.	55.1	$308. \times 10^6$
Seabed sea mine (750 kg):			
Most fauna	151.	7.16	14.4×10^6
Most fishes	604.	115.	$923. \times 10^6$
Munition disposal (10^6 kg):			
Most fauna	1,660.	868.	19.2×10^9
Most fishes	6,650.	13,900.	1.23×10^{12}

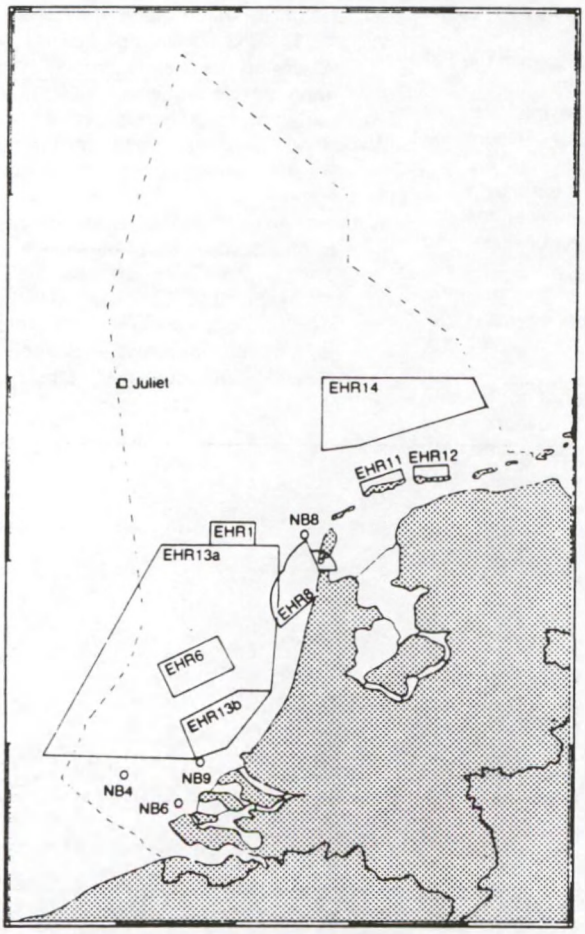
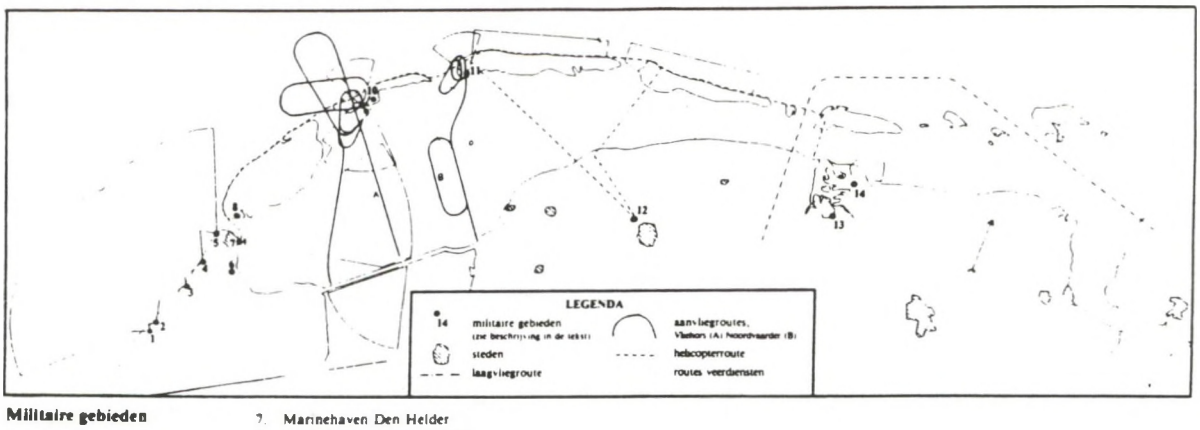


Fig. IV.8. Militaire oefenterreinen in de Nederlandse sector van de Noordzee. (Defensie, 1980).

Fig. IV.9. Schietgebieden voor beproeving vanaf het vasteland (SMT, deel a, 1981).



Militaire gebieden

1. KM Petten
2. KL Petten
3. LuASK Borgat
4. LuASK Falga
5. Zeefront KM
6. Marinevliegkamp De Kooy
7. Marinehaven Den Helder
8. Amfibisch oefenkamp Texel
9. Schietrange 'De Vliehors'
10. Cavalerie schietkamp Vlieland
11. Schietrange 'De Noordvaarder'
12. Vliegbasis Leeuwarden
13. Kollumerwaard
14. Marnewaard

Fig. IV.10. Militaire activiteiten in het Waddengebied (Waddenvereniging, 1988).

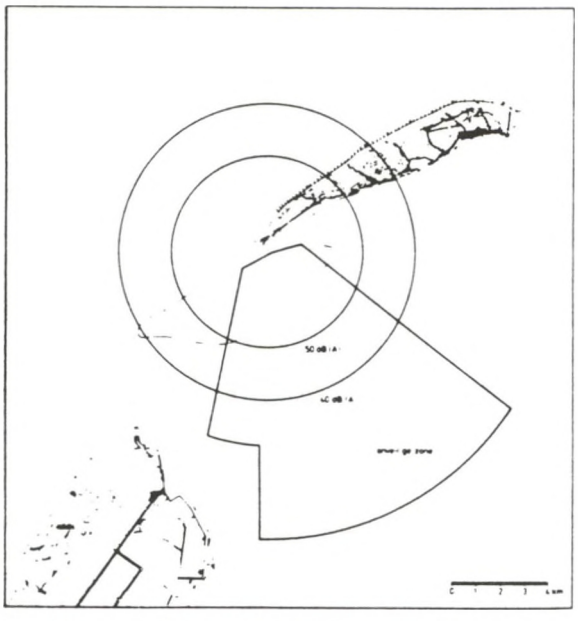


Fig. IV.11. Vlieland. CSK (schietkamp Landmacht), geluidsbelasting en onveilige zone (SMT, deel a, 1981).

Fig. IV.12. Schietranges Vliehors (Vlieland) en Noordvaarder (Terschelling), beide Luchtmacht (SMT, deel a, 1981).

IV.6. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN BUISLEIDINGEN EN KABELS

IV.6.1. BUISLEIDINGEN EN KABELS IN DE NEDERLANDSE SECTOR VAN DE NOORDZEE

In de Nederlandse sector van de Noordzee lag per 1 januari 1990 ruim 1000 kilometer buisleiding voor het transport van olie en/of gas. Er zijn plannen voor een aantal belangrijke nieuwe buisleidingen die geheel of gedeeltelijk door de Nederlandse sector van de Noordzee zullen lopen, zoals de pijpleiding van Noorwegen naar België en een buisleiding die de velden in het noordelijke deel van de Nederlandse sector moeten gaan ontsluiten. Daarnaast ligt er in de bodem van de Nederlandse sector van de Noordzee nog een aantal kabels voor telecommunicatie (Fig. IV.13).

IV.6.2. MILIEUEFFECTEN VAN BUISLEIDINGEN EN KABELS

De belangrijkste milieueffecten van kabels en buisleidingen zijn verbonden aan de aanleg ervan. Daarbij is het mogelijk dat relatief smalle sleuven in de Noordzeebodem worden gegraven waar de buizen of kabels in worden gelegd. Deze sleuven worden daarna weer afgedekt.

Voor de afdekking van met name buisleidingen is het mogelijk dat binnen de Nederlandse sector van de Noordzee bodemmateriaal gewonnen wordt.

De effecten van zowel het graven van sleuven als de winning van bodemmaterialen om buizen en kabels af te dekken zijn qua aard vergelijkbaar met de effecten van zand- en/of grindwinning (IV.3). De effecten zijn locaal van karakter.

LITERATUUR

EZ, 1990. Ministerie van Economische Zaken. Olie en gas in Nederland, Opsporing en winning 1989, Den Haag, april 1990.

RWS, 1988. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee. Nederlands Continentaal Plat, Overzicht Off-shore Aktiviteiten, kaart NZRF 1988- 004, bijgewerkt t/m december 1987. Rijswijk, 1988.

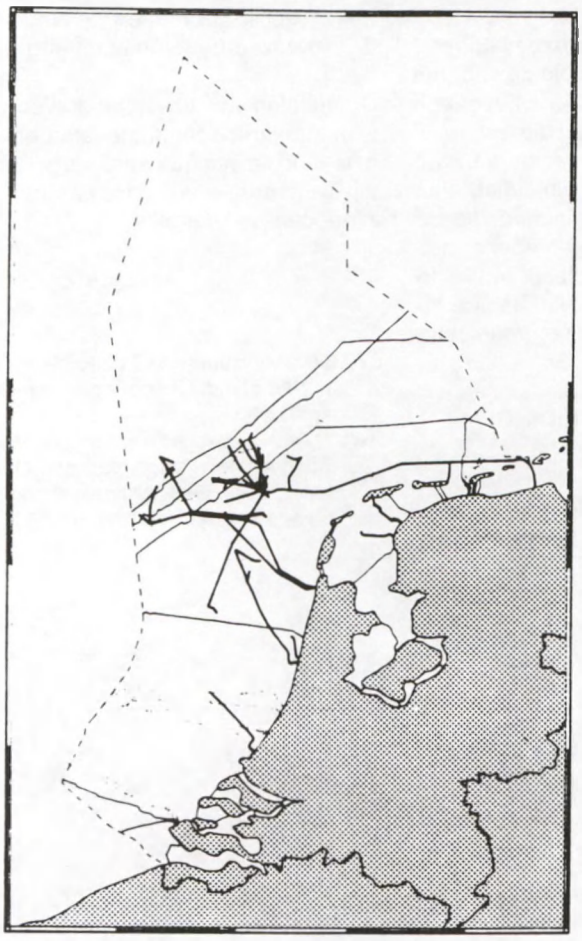


Fig. IV.13. Buisleidingen en kabels in de Nederlandse sector van de Noordzee.
—— buisleidingen voor olie en gas
—— telecommunicatiekabels
..... niet meer in gebruik zijnde telecommunicatiekabels
(naar RWS, 1988 en EZ, 1990).

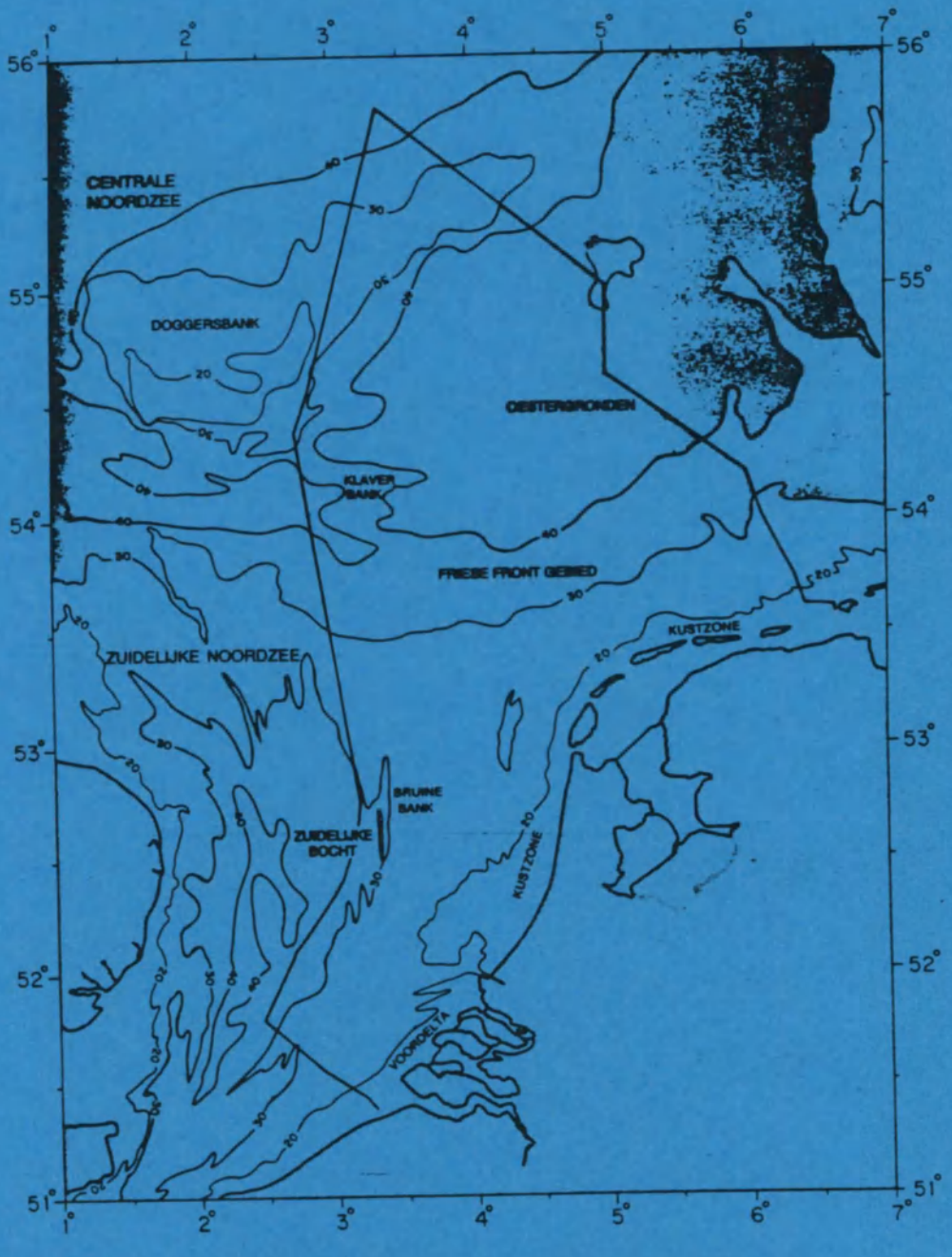
INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD ... 1

1. SAMENVATTING ... 3
SUMMARY ... 7
2. INLEIDING ... 11
2.1. Relatie tot het Natuurbeleidsplan ... 11
2.2. Inhoud van het project ... 11
2.3. Afbakening van de studie ... 11
2.4. De relatie met het algemene Noordzeebeleid ... 11
2.5. Afstemming op andere in voorbereiding zijnde beleidsnota's ... 12
2.6. Doelstellingen van het instellen van beschermde gebieden ... 12
3. HET ECOSYSTEEM VAN DE NOORDZEE (SAMENVATTING VAN BIJLAGE III) ... 13
3.1. Relevante abiotische aspecten ... 13
3.2. Plankton ... 15
3.3. Benthos ... 15
3.3.1. Microbenthos ... 15
3.3.2. Meiobenthos ... 15
3.3.3. Macrobenthos ... 16
3.3.4. Lange termijn trends macrobenthos ... 18
3.4. Vissen ... 18
3.4.1. Verspreiding ... 18
3.4.2. Paai- en opgroeigebieden ... 19
3.4.3. Lange termijn trends ... 20
3.5. Zeevogels en zeezoogdieren ... 21
3.5.1. Verspreiding ... 21
3.5.2. Lange termijn trends ... 22
4. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN DE ACTIVITEITEN (SAMENVATTING VAN BIJLAGE IV) ... 23
4.1. Ecologische gevolgen van visserij ... 23
4.1.1. Vismethoden en visserij-intensiteit ... 23
4.1.2. Fysisch-chemische effecten ... 24
4.1.3. Biologische effecten ... 24
4.2. Ecologische gevolgen van mijnbouw ... 25
4.2.1. Omvang van de mijnbouw en typen installaties ... 26
4.2.2. Chemisch-fysische effecten ... 27
4.2.3. Biologische effecten ... 27
4.3. Ecologische gevolgen van zand- en grindwinning ... 29
4.3.1. Chemisch-fysische effecten ... 29
4.3.2. Biologische effecten ... 30
4.4. Ecologische gevolgen van scheepvaart ... 30
4.5. Ecologische gevolgen van militaire activiteiten ... 32
4.5.1. Chemische effecten ... 32
4.5.2. Verstoringseffecten ... 32
4.6. Ecologische gevolgen van buisleidingen en kabels ... 33
5. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN HET INSTELLEN VAN BESCHERMDE GEBIEDEN ... 35
5.1. Inleiding ... 35
5.2. Schaal en karakter van de menselijke activiteiten ... 35
5.3. Herstelvermogen van het ecosysteem ... 36
5.3.1. Beëindiging van visserij ... 36
5.3.2. Beëindiging van lozingen vanaf mijnbouwinstallaties ... 38
5.3.3. Beëindiging van zand- en grindwinning ... 38
5.3.4. Beëindiging van scheepvaartlozingen en -geluid ... 38
5.3.5. Beëindiging van militaire activiteiten ... 38
5.3.6. Beëindiging aanleg buisleidingen en kabels ... 39
5.4. Tijdschaal voor biologisch herstel ... 39

6. METHODIEK T.A.V. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN ... 41
6.1. Inleiding ... 41
6.2. Criteria ... 41
7. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN ... 43
7.1. Criterium 1, de mate van bedreiging ... 43
7.1.1. Inleiding ... 43
7.1.2. Visserij ... 43
7.1.3. Mijnbouwactiviteiten ... 43
7.1.4. Zandwinning ... 44
7.1.5. Grindwinning ... 44
7.1.6. Scheepvaart ... 44
7.1.7. Militaire activiteiten ... 45
7.1.8. Buisleidingen en kabels ... 45
7.1.9. Conclusie ... 45
7.2. Criterium 2, effectiviteit van het instellen van beschermde gebieden ... 45
7.2.1. Effecten t.g.v. beperking van de bodemvisserij ... 45
7.2.2. Effecten t.g.v. beperking van lozingen van oil- en water-based muds ... 47
7.2.3. Effecten t.g.v. beperking van grindwinning ... 47
7.2.4. Effecten t.g.v. beperking van zandwinning en de aanleg van buisleidingen en kabels ... 47
7.2.5. Conclusie ... 47
7.3. Criterium 3, keuze van te beschermen gebieden ... 47
7.3.1. Benthos ... 48
7.3.2. Vissen ... 48
7.3.3. Zeevogels ... 49
7.3.4. Zeezoogdieren ... 49
7.3.5. Conclusie ... 49
7.4. Criterium 4, juridische mogelijkheden ... 50
7.4.1. Inleiding ... 50
7.4.2. Knelpunten ... 50
7.4.3. Opties ... 50
7.4.4. Toepassing van het juridische criterium ... 51
7.4.5. Andere juridische overwegingen ... 53
7.4.6. Conclusies ... 53
7.5. Te beschermen gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee ... 53
8. AANDACHTSPUNTEN VOOR HET BEHEER VAN DE TE BESCHERMEN GEBIEDEN ... 57
8.1. Inleiding ... 57
8.2. Opzet van een beheersplan ... 57
8.2.1. Beschrijving van het te beschermen gebied ... 57
8.2.2. Doelstellingen voor het te beschermen gebied ... 57
8.2.3. Beheersmaatregelen ... 57
8.2.4. Controle en sanctiebeleid ... 57
8.2.5. Educatie en voorlichting ... 58
8.2.6. Onderzoek ... 58
8.2.7. Organisatie ... 58
LITERATUUR ... 59

BIJLAGE II (basisgegevens hoofdstuk 2.4): Nationaal en internationaal beleid ... 61
BIJLAGE III (basisgegevens hoofdstuk 3.): Het ecosysteem van de Noordzee ... 69
BIJLAGE IV (basisgegevens hoofdstuk 4.): Ecologische gevolgen van de activiteiten ... 141



De Nederlandse sector van de Noordzee.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD 1

1 SAMENVATTING 3
SUMMARY 7
2. INLEIDING 11
2.1. Relatie tot het Natuurbeleidsplan 11
2.2. Inhoud van het project 11
2.3. Afbakening van de studie 11
2.4. De relatie met het algemene Noordzeebeleid 11
2.5. Afstemming op andere in voorbereiding zijnde beleidsnota's 12
2.6. Doelstellingen van het instellen van beschermde gebieden 12
3. HET ECOSYSTEEM VAN DE NOORDZEE (SAMENVATTING VAN BIJLAGE III) 13
3.1. Relevante abiotische aspecten 13
3.2. Plankton 15
3.3. Benthos 15
3.4. Vissen 18
3.5. Zeevogels en zeezoogdieren 21
4. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN DE ACTIVITEITEN (SAMENVATTING VAN BIJLAGE IV) 23
4.1. Ecologische gevolgen van visserij 23
4.2. Ecologische gevolgen van mijnbouw 25
4.3. Ecologische gevolgen van zand- en grindwinning 29
4.4. Ecologische gevolgen van scheepvaart 30
4.5. Ecologische gevolgen van militaire activiteiten 32
4.6. Ecologische gevolgen van buisleidingen en kabels 33
5. ECOLOGISCHE GEVOLGEN VAN HET INSTELLEN VAN BESCHERMDE GEBIEDEN 35
5.1. Inleiding 35
5.2. Schaal en karakter van de menselijke activiteiten 35
5.3. Herstelvermogen van het ecosysteem 36
5.4. Tijdschaal voor biologisch herstel 39
6. METHODIEK T.A.V. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN 41
6.1. Inleiding 41
6.2. Criteria 41
7. INSTELLING EN SELECTIE VAN TE BESCHERMEN GEBIEDEN 43
7.1. Criterium 1, de mate van bedreiging 43
7.2. Criterium 2, effectiviteit van het instellen van beschermde gebieden 45
7.3. Criterium 3, keuze van te beschermen gebieden 47
7.4. Criterium 4, juridische mogelijkheden 50
7.5. Te beschermen gebieden in de Nederlandse sector van de Noordzee 53
8. AANDACHTSPUNTEN VOOR HET BEHEER VAN DE TE BESCHERMEN GEBIEDEN 57
8.1. Inleiding 57
8.2. Opzet van een beheersplan 57
LITERATUUR 59

BIJLAGE II (basisgegevens hoofdstuk 2.4): Nationaal en internationaal beleid 61
BIJLAGE III (basisgegevens hoofdstuk 3.): Het ecosysteem van de Noordzee 69
BIJLAGE IV (basisgegevens hoofdstuk 4.): Ecologische gevolgen van de activiteiten 141

Gedetailleerde inhoudsopgave 194