



Rijksinstituut voor Kust en Zee

Ecologisch profiel van de litorale kokkelbank (*Cerastoderma edule*)

Peter Tydeman

Rapport RIKZ-96.025

Watersysteemverkenningen 1996

ISBN 90-369-0435-8

Den Haag, juli 1996

ECOPROFIEL LITORALE KOKKELBANK

Inhoud

Samenvatting	5
Summary	7
Inleiding	9
1. Autoecologie	11
1.1 Ontstaan	11
1.2 Voorkomen	12
1.3 Ontwikkeling / samenstelling	13
1.4 Betekenis voor het ecosysteem	14
1.4.1 Filtreren van zwevende stof	14
1.4.2 Relatie met flora en fauna	15
1.4.3 Schelpenwinning	17
1.5 Dynamiek in ruimte en tijd	19
2. Huidige situatie	23
2.1 Waddenzee	23
2.2 Eems-Dollard estuarium	25
2.3 Oosterschelde	25
2.4 Westerschelde	26
2.5 Voordelta	26
3. Historie / trends	29
3.1 Waddenzee	29
3.2 Eems-Dollard estuarium	30
3.3 Oosterschelde	30
3.4 Westerschelde	32
3.5 Voordelta	32
4. Ingreep / effect relaties	33
4.1 Kokkelvisserij	33
4.2 Baggeren / slibstorten	37
4.3 Eutrofiëring	38
4.4 Microverontreinigingen	38
4.5 Pierenspitten	38
5. Literatuur	41
Bijlagen	49

Samenvatting

De Kokkel is een tweekleppig schelpdier dat algemeen voorkomt in de ondiepe kustwateren en estuaria van Nederland. Het dier leeft ondiep ingegraven in de bodem en komt vooral voor op bij laag water droogvallende platen. Zijn voedsel bestaat uit in het water zwevende partikeltjes (plankton, detritus). De Kokkel komt niet regelmatig verspreid voor, maar in, soms zeer dichte, concentraties: de zogenoemde kokkelbanken. De kokkelbank die voorkomt op de bij laagwater droogvallende platen (litorale kokkelbank) is in het project Watersysteemverkenningen (WSV) gekozen als een van de biologische doelvariabelen voor het toetsen van de milieukwaliteit van de Nederlandse zoute wateren.

In het Ecoprofiel komt naar voren dat het kokkelbestand in onze kustwateren grote jaarlijkse verschillen vertoont. Strengere winters en ijsgang hebben een sterk negatieve invloed op het voorkomen van kokkelbanken. Daarnaast wordt het kokkelbestand in sterke mate afgeroomd door de kokkelvisserij, met name in kokkelarme jaren. In het kader van de Structuurnota Zee- en kustvisserij zijn thans delen van de Waddenzee en de Oosterschelde gesloten voor de kokkelvisserij, en is tevens een regeling getroffen om in kokkelarme jaren een deel van het kokkelbestand te reserveren voor de daarop fouragerende steltlopers (o.a. Scholekster).

Summary

The Edible Cockle (*Cerastoderma edule*) is a common bivalve mollusc in Dutch estuarine and coastal waters. It lives very shallow in the sediment, mainly at Intertidal flats. The species is a suspension feeder utilising suspended particles such as phytoplankton and detritus from the water column. *Cerastoderma edule* is not evenly distributed, but occurs aggregated in beds.

In the 'Aquatic Outlook' project littoral beds with a density of more than 50 individuals per m² have been chosen as a sentinel for environmental quality of coastal waters.

The Cockle stock shows large year-to-year fluctuations. Littoral beds of cockles are strongly affected by low winter temperatures and ice scour. Furthermore, cockle beds are intensively exploited by cockle fishers. Recent Dutch policy regarding fishery in coastal and marine waters provides in certain areas of the Wadden Sea and Oosterschelde to be closed for cockle fishery. In lean cockle years, in the area open for fishery a certain amount of cockles is withdrawn from fishery to become available for wader birds, such as the Oystercatcher (*Haematopus ostralegus*).

Inleiding

Voor het beleid en beheer van de Nederlandse watersystemen is het nodig op een systematische wijze objectieve en kwantitatieve informatie te verzamelen over de toestand/ontwikkeling en het gebruik van die watersystemen (zoals sloten, meren, zeeën). Deze informatie wordt o.m. verzameld binnen het project Watersysteemverkenningen (WSV) (Anonymus, 1994).

Voor elk der watersystemen zijn systeem-doelvariabelen (chemische, fysische en biologische) en gebruiks-doelvariabelen vastgesteld. Die doelvariabelen hebben meetbare waarden of deze zijn te berekenen. De waarden of het verloop ervan vormen de basisinformatie voor diagnose en prognose van beleid.

Zo goed als mogelijk worden voor de systeem-doelvariabelen streefwaarden opgesteld, waarden die verwacht mogen worden bij ontbreken van menselijke invloed.

Eén van de geformuleerde biologische doelvariabelen is de kokkel (*Cerastoderma edule*). Anders dan vermeld in het rapport Watersysteemverkenningen 1996 (Anonymus, 1994), is hiervan de meetwaarde het oppervlak in ha van clusters met een dichtheid van meer dan 50 exemplaren per m² in gebieden die bij laagwater droogvallen (de zogenoemde litorale kokkelbanken).

Er is voor dit dichtheidsgetal gekozen, omdat het zowel voor vogels als voor vissers pas lonend is om kokkels te 'vangen' wanneer er in een gebied meer dan ca 50 exemplaren per m² voorhanden zijn. Overigens vindt in voor de visserij goed bereikbare banken en/of in geval sprake is van grote (dure) kokkels, ook bij lagere dichtheden (tot 20 kokkels/m²) vaak nog visserij plaats, terwijl banken met dichtheden tot meer dan 200 ex/m² onbevestigd kunnen blijven vanwege te hoge ligging, te kleine kokkels of te veel tarra (pers. med. M. van Stralen, RIVO, Yerseke). Het is goed om te realiseren dat deze 'definitie' van een kokkelbank ook om andere redenen heel betrekkelijk is: bij een dichtheid van 50 ex/m² met een uniform verspreidingspatroon bereikt bijvoorbeeld de mate van efficiëntie in het gebruik door vogels een minimum. Anderzijds kan bijvoorbeeld na bevissing wel een geclusterde verdeling optreden, waarbij efficiënt fourageren door vogels in de niet bevestigde gedeelten van de bank nog zeer goed mogelijk is (pers. med. N. Dankers, IBN-DLO, Texel).

De biologische doelvariabelen in de WSV worden beschreven in de diverse 'Ecoprofielen'. Daarbij wordt informatie gegeven over de volgende onderwerpen:

- Autoecologie
- Huidige situatie in de onderscheiden watersystemen
- De (liefst ongestoorde, natuurlijke) situatie in het verleden aldaar
- De invloed van menselijke activiteiten

Het ecoprofiel van de litorale kokkelbank is dan ook ingedeeld conform deze vier onderwerpen.

Kokkelbanken worden zowel litoraal als sublitoraal aangetroffen. De sublitorale banken worden in dit ecoprofiel niet besproken.

In de Nederlandse getijdewateren is de kokkel (*Cerastoderma edule*) een belangrijke vertegenwoordiger van de bodembewonende fauna. In de

Waddenzee heeft deze soort een aandeel van ca 16 % in de totale biomassa aan bodemdieren (Beukema, 1976). In de Oosterschelde is dit liefst 40 %, evenveel als het aandeel van de mossel (*Mytilus edulis*) (Van Stralen *et al.*, 1991).

Kokkels filteren grote hoeveelheden plankton en slib dat in het water zweeft. Ze hebben invloed op de nutriëntenhuishouding in het water en ze vormen een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Daarnaast zijn ze een belangrijke bron van inkomsten voor de kokkelvisserij.

Specifiek op de soort gerichte kenmerken en biologische relaties zijn beschreven door Steur & Seys (1989) in hun ecoprofiel van de kokkel *Cerastoderma edule* (L. 1758).

1. Autoecologie

1.1 Ontstaan

Broedval

Kokkels van 1 tot 6 jaar oud produceren in mei hun geslachtsproducten. De bevruchting vindt plaats in het water. Het lijkt erop dat de larven zich min of meer uniform over de getijdeplaten verspreiden. Het verspreidingspatroon van broed van 1 mm in diameter is in elk geval uniform. Het iets grotere broed (ca 2 mm) komt al meer geconcentreerd op beschuttere plaatsen voor, zoals aan de lijzides van zandbanken (Verwey, 1981). Tot dan toe kunnen de kokkeltjes zich nog gemakkelijk verplaatsen (Baggerman, 1953). Ze doen dat door over het sediment te kruipen (crawling) ofwel door zich drijvende te houden met behulp van één byssusdraad (floating) (Yankson, 1986). Individuen tot een lengte van 2-4 mm kunnen zich middels deze 'floating' over aanzienlijke afstanden met de getijdestromen laten meevoeren, op zoek naar geschikte vestigingsplaatsen. Ze zijn daarbij wel afhankelijk van voldoende stroming in het water. In gebieden waar de stroming zwak is kan een opeenhoping van grote hoeveelheden kokkelbroed ontstaan op ongeschikte plaatsen in het veld, doordat het broed vanwege de zwakke stroming uitzakt naar de bodem (Franklin, 1972). Hun verlengde verblijf in de waterfase is overigens ook zeer risicovol, vanwege de grote kans gegeten te worden door bijvoorbeeld vissen of filtrerende schelpdieren. Kokkeltjes groter dan 2-4 mm zijn vrijwel plaatsgebonden (Verwey, 1981).

Na strenge winters is de broedval bij *Cerastoderma edule* boven normaal (1939, 1947, 1979, 1987). Mogelijk is dit een gevolg van de verminderde predatie door juveniele krabben (*Carcinus maenas*) en garnalen (*Crangon crangon*), die na strenge winters later in het jaar en in een lagere biomassa verschijnen (Beukema, 1991, 1992a; Dijkema, 1992; Verwey, 1981) (zie ook onder 1.5). De invloed van predatie door invertebraten vermindert eveneens, wanneer de kokkeltjes door de aanwezigheid van voldoende voedsel snel kunnen groeien (Dankers, 1993). Na zachte winters (1974, 1988, 1989 en 1990) is de broedval verwaarloosbaar (Beukema, 1992b).

Vestiging

De vestiging van kokkelbroed wordt negatief beïnvloed door de aanwezigheid van dichte concentraties van adulte kokkels (Hancock, 1973; André & Rosenberg, 1991; Bachelet *et al.*, 1991; André *et al.*, 1993). Bachelet *et al.* (1991) tonen aan dat hoge biomassa's aan volwassen kokkels (30-70 gram asvrij drooggewicht/m²) een negatief effect hebben op de aantallen van juveniele kokkels. Als mogelijke oorzaken geven zij hiervoor o.a.:

- de oudere dieren pompen bij de voedsel- en zuurstofopname larven naar binnen
- het kokkelbroed wordt begraven onder het pseudofaeces van de adulten en/of graaactiviteiten veroorzaken migratie van het kokkelbroed.

André *et al.* (1993) vonden experimenteel dat boven een kokkelbank met 380 filtrerende volwassen kokkels per m² 75 % van de geregistreerde larven naar binnen werd gezogen. Vertaald naar grotere oppervlakken, kunnen volgens hen de effecten van deze predatie op de vestiging van larven aanzienlijk zijn.

Gegevens uit andere onderzoeken staven de negatieve relatie tussen het

voorkomen van kokkelbroed en hoge dichtheden van volwassen kokkels (Beukema, 1982a; Zwarts, 1988). Er zijn echter ook veldexperimenten uitgevoerd, waaruit geen duidelijke effecten van aanwezige adulte kokkels werden gevonden op de vestiging van kokkelbroed (o.a. Groenewold, 1986). Mogelijk dat een dergelijk effect pas aantoonbaar is wanneer de concentratie adulte kokkels voldoende hoog is.

Guillou & Tartu (1994) wijzen twee kritische perioden in de ontwikkeling van kokkelbroed aan: één periode met hoge post-larvale sterfte tot in de herfst en een tweede periode waarin grote sterfte optreedt, die begint in de winter (jan/feb) en voortduurt tot in het voorjaar (ca juni). Deze tweede grote sterftegolf wordt volgens hen vermoedelijk veroorzaakt door predatie door krabben. Volgens Jonsson & André (1992) kan ook parasitaire infectie door trematoden een aanzienlijk deel van de sterfte in het juveniele stadium bij kokkels veroorzaken.

1.2 Voorkomen

Sediment

Wat betreft de bodemgesteldheid heeft de kokkel geen specifieke voorkeur: Wolff (1973) geeft als range van voorkomen een mediane zandfijnheid van 70-250 µm. Dankers & Beukema (1981) leggen, na vergelijking van gegevens uit Duits en Nederlands bodemfauna-onderzoek in de Waddenzee, voor het voorkomen van kokkels de ondergrens bij sediment met een mediane korrelgrootte = 80 µm voor de Duitse monsters en met een mediane korrelgrootte = 110 µm voor de Nederlandse monsters. Hoge kokkelbiomassa's bevonden zich meestal in monsters waarvan de mediane korrelgrootte lag tussen 110 en 200 µm. Het lutumgehalte van de monsters met veel kokkelvles was in het algemeen minder dan 2 %.

Het lijkt erop dat, in vergelijking met de adulten, de broedjes gemiddeld méér voorkomen op wad met een hoger lutumgehalte (Zwarts, 1988).

Zoutgehalte

De kokkel wordt niet gevonden bij een gemiddelde saliniteitswaarde van minder dan ca 21 ‰ tijdens hoogwater of ca 18 ‰ tijdens laagwater bij normale rivierafvoer (Wolff, 1973). Wanneer kokkelpopulaties tijdens hoge rivierafvoeren worden blootgesteld aan saliniteitswaarden van rond de 2-4 ‰, kan soms massaal sterfte optreden. Zo verdween de kokkelpopulatie in de monding van het Haringvliet vrijwel geheel na de grote hoeveelheden zoet water die via de Haringvlietssluisen werden afgevoerd in het voorjaar van 1995 na de overstromingen van Maas en Rijn in Limburg en Brabant (Van der Land, 1995 in voorber.).

Hoogteligging

De zone met het optimum voor de verspreiding van kokkels bleek in de Duitse Waddenzee te liggen tussen NN +30 cm en NN -110 cm (NN komt overeen met NAP-nivo). Boven het nivo NN +50 cm werden vrijwel geen kokkels meer gevonden. De overspoelingstijd is daar zo kort, dat de kokkels niet voldoende tijd hebben om voedsel uit het water te filtreren. In de Nederlandse Waddenzee werden litorale banken met hoge dichtheden aan kokkels vooral gevonden in de zone boven NAP -30 cm. Alhoewel banken tot een diepte van NAP -70 cm voorkwamen, bevatte het merendeel van de monsters afkomstig van 30 cm beneden NAP of dieper geen of hoogstens enkele kokkels. Grote biomassa's aan kokkels kwamen voor in de zone tussen NAP -70 cm en NAP +10 cm. Daarbij werden grote biomassa's aan kokkels beneden de NAP -30 cm lijn ge-

vormd door relatief grote kokkels, want de dichtheden waren daar, zoals gezegd, in het algemeen erg laag (Dankers & Beukema, 1981).

Zwarts (1988) vond voor de Fries-Groningse waddenkust dat kokkels een voorkeur hebben voor wad dat ligt tussen NAP +20 cm en NAP -50 cm. De gemiddelde biomassa van de kokkel gaf een afnemende trend te zien bij een toenemend lutumgehalte (range lutumgehalte: 1,5 - 20,5%). In vergelijking met de adulten leken de broedjes méér voor te komen op wad met een hoger lutumgehalte, d.w.z. boven ca. 12% (zie figuur 4.6 uit Zwarts, 1988). De kokkelbiomassa was gering op wad dat boven NAP lag en maximaal op laag gelegen wad met een lutumgehalte van 2-5 %. Kokkels ontbraken als de droogligtijd van het wad langer was dan 6-8 uur.

1.3 Ontwikkeling / samenstelling

Ontwikkeling

Na de vestiging van grote aantallen broedjes (0-groep gedomineerde samenstelling), hangt de verdere ontwikkeling van de kokkelbank sterk af van de mortaliteit in winter- en stormperiodes, de predatiedruk door invertebraten en vogels en het succes van opvolgende broedvallen. Blijft de dichtheid in een kokkelbank erg hoog, dan wordt de vestiging van nieuwe jaarklassen belemmerd door kannibalisme en de gevolgen van graaffectiviteiten (Bachelet *et al.*, 1991) door de oudere dieren (zie ook 1.1). Dichte kokkelbanken bestaan dan ook vaak uit dieren van één jaarklasse (Dankers, 1993).

Samenstelling

Uit gegevens over kokkels, verzameld op het Groninger wad (oostelijke Waddenzee) in de eerste helft van de jaren '70 (Essink, ongepubl.), blijkt dat concentraties van kokkels kunnen zijn opgebouwd uit voornamelijk één dominerende jaarklasse maar ook uit twee, drie of vier jaarklassen in diverse dichtheden. Binnen één proefvlak van 30 * 30 m², dat zich binnen een groter onderzoeksgebied bevond, domineerde bijvoorbeeld in 1971 de jaarklasse 1970 met dichtheden rond de 600 ex/m². Daarentegen bestond de kokkelpopulatie op dezelfde plaats enkele jaren daarna (in 1974) uit vier jaarklassen, met als dichtheden ca 500 (jrkl. 1974), 120 (jrkl. 1973), 90 (jrkl. 1972) en 25 (jrkl. 1970) ex/m². De dichtheidsontwikkeling vanaf de broedval van de drie oudste jaarklassen verliep parallel. De dichtheid nam na verloop van enige jaren geleidelijk af van ca 400 à 500 ex/m² tot enkele tientallen per m².

Bij het volgen van kokkelpopulaties op twee stations in de Duitse Waddenzee gedurende de periode 1980 - 1990 vond Dörjes (1992) een maximale levensduur van één kokkeljaarklasse van 4,5 jaar. Op één station trof hij tegelijkertijd maximaal 5 jaarklassen aan. Aangezien geen dichtheidscijfers worden vermeld, is het niet zeker in hoeverre het hier kokkelbanken (> 50 ex/m²) betreft.

Kokkelbanken kunnen enkele tot tientallen hectaren groot zijn. Geografisch gezien is zo'n bank meestal niet scherp begrensd; naar de zijanten wordt de kokkeldichtheid geleidelijk minder. Ook verschillen de concentraties in het centrum van bank tot bank, van 100 tot wel 1.000 volwassen kokkels per m². De maximum dichtheid van 1-jarige kokkels is ca 2.000/m² (Verwey, 1952). Jonge kokkels kunnen in nog veel hogere dichtheden voorkomen: 20.000 tot 100.000 ex per m² (Verwey, 1981). De bovengrens van de dichtheid wordt in feite bepaald door de grootte van de dieren zelf. Wanneer er geen ruimte meer tussen de schelpen is om

nog verder te groeien, drukken de dieren elkaar uit de grond. Op den duur gaan de uit de grond gedrukte dieren dood (De Vlas, 1982). Ook misvormingen aan de schelpen worden wel toegeschreven aan ruimtegebrek binnen dichte kokkelbanken tijdens de groeifase (Böhme, 1988).

In tegenstelling tot mosselbanken vormen de kokkelbanken geen specifieke levensgemeenschap. Er zijn geen aanwijzingen voor een duidelijke plaatsvastheid van kokkelbanken, alhoewel er lokaties bekend zijn, waar ze regelmatig op min of meer dezelfde plekken terugkeren (zie onder 1.5: plaatsvastheid). Ook voor het voorkomen van aan kokkelbanken geassocieerde plant- en diersoorten bestaan geen aanwijzingen. De structuur bestaat eenvoudigweg uit grote aantallen kokkels van één of meerdere jaarklassen. Wel kunnen de na afsterven achtergebleven schelpen bijdragen in de vorming van onderscheiden habitats (Dankers, 1993), zoals die bijvoorbeeld ontstaan na begroeiing met algen en/of mosselzaad. Nieuw gevormde kokkelbanken zullen invloed hebben op de reeds aanwezige structuur in een gebied. Andersoortige fauna kan zich minder gemakkelijk vestigen wanneer de massaal filtrerende kokkels de larven inzuigen. De graafactiviteiten van kokkels verstoren het milieu voor bodemdieren die in een woonbuis leven (zie 1.4.2).

Groei

Grote concentraties van filtrerende schelpdieren kunnen plaatselijk het in het water zwevende voedsel behoorlijk verminderen. Dat zou in dichte kokkelpopulaties kunnen betekenen dat de kokkels onderling voedselconcurrenten worden, hetgeen leidt tot een verminderde groei. Jensen (1993) mat in het veld bij een hoge kokkeldichtheid minder schelpgroei dan bij een lage dichtheid. Hij vond dat twee jaar oude kokkels uit een populatie van $> 2.000 \text{ ex/m}^2$ aan het eind van hun derde groeiseizoen een schelpenlengte bereikten van 16,1-18,8 mm, terwijl even oude dieren uit een populatie waarvan de dichtheid lager was dan 50 ex/m^2 een gemiddelde schelpenlengte hadden van 26,5-30,3 mm. Het vleesgewicht gaf een nog groter verschil te zien.

Uit verzaaiingsexperimenten van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) wordt eveneens de conclusie getrokken dat de groei bij kokkels dichtheidsafhankelijk is (Brand & Van Stralen, 1988). Kamermans *et al.* (1992) vinden echter geen dichtheidsafhankelijke relatie in de groei bij kokkels voor dichtheden tot maximaal 2.480 dieren per m^2 .

Naarmate de overspoelingsduur van het wad korter is, gaat de groei van de kokkels minder snel (Kristensen, 1957; Sutherland, 1982; Zwarts, 1991a). Het is ook mogelijk, dat de groei wordt belemmerd door een hoog slibgehalte van het water (Beukema, 1981; Essink & Bos, 1985; Kristensen, 1957; Zwarts, 1988).

1.4 Betekenis voor het ecosysteem

1.4.1 Filtreren van zwevende stof

In de voedselketens van Waddenzee en Oosterschelde spelen kokkels een belangrijke rol. Zij filtreren grote hoeveelheden in de waterkolom zwevend materiaal en het daarin aanwezige fytoplankton (Van Stralen *et al.*, 1991; Smaal *et al.*, 1986). Een twee jaar oude kokkel pompt gemiddeld ongeveer een halve liter water per uur langs zijn kieuwen. Dat houdt in dat bijvoorbeeld de kokkelpopulatie in de Waddenzee in enkele weken tijds het gehele volume van de Waddenzee doorpompt, hetgeen vergelijkbaar is met de doorpompcapaciteit van de gemiddelde mosselpopulatie in de Waddenzee. De productie aan pseudofaeces is echter minder dan die van mosselen, omdat kokkels de grotere zwevende deeltjes niet uit de waterkolom filteren (Verwey, 1981).

1.4.2 Relatie met flora en fauna

Flora

Swanberg (1991) vindt een positieve invloed van de kokkel op de productie van het microfytobenthos. Uit laboratoriumproeven blijkt dat de aanwezigheid van *Cerastoderma edule* een verhoogde afgifte van ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) tot gevolg heeft en dat ook de concentratie aan chlorofyl-a significant hoger is dan in de controles. Met het vrijkomen van deze nutriënten kan de vorming van fytoplankton worden gestimuleerd. Dit stimulerende effect lijkt eerder veroorzaakt te worden door de afgifte van nutriënten (vnl. NH_4^+) door de kokkels zelf, dan door de depositie van faeces of pseudofaeces.

Aan de schelpen van kokkelbanken vestigen zich wel algen. Aan deze algen kunnen zich weer larven van mosselen hechten.

De graafactiviteiten van kokkels kunnen in dichte banken zorgen voor aanzienlijke verstoring van de aanwezige diatomeeënlagen. Waarschijnlijk is de invloed van deze bioturbatie door de kokkels echter van veel minder belang dan de invloed van golven, opgewekt door de wind, op de bovenste laag van het sediment (pers. med. V.N. de Jonge, RIKZ, Haren).

Invertebraten

Kokkels zijn een belangrijke schakel in de voedselketen. Garnalen en krabben eten het kleine kokkelbroed (Verwey, 1981). Garnalen eten bijvoorbeeld broed van < 2 mm (Pihl & Rosenberg, 1982). Mogelijk preferen krabben (*Carcinus maenas*) aanzienlijke hoeveelheden kokkeltjes tot een grootte van 10-12 mm (Jensen & Jensen, 1985; Guillou & Tartu, 1994).

Verder vormen de schelpen van kokkelbanken een belangrijke aanhechtingsplaats voor zeepokken en mosselbroed. Kokkelbanken laag in de getijzone kunnen bijdragen in de ontwikkeling van oude mosselbanken, complexe levensgemeenschappen die in de afgelopen tien jaar met name in de Waddenzee bijna geheel zijn verdwenen. De vestiging van mosselzaad op kokkelbanken met nog levende kokkels kan ook weer een bedreiging vormen voor de kokkelbank zelf: onder de grote hoeveelheden pseudofaeces die de mosselen om zich heen vormen, kunnen de kokkels niet blijven leven. Kokkel- en mosselbanken kunnen wel gemengd voorkomen, zoals in 1984 op de Roggenplaat in de Oosterschelde (Coosen & Smaal, 1985).

Grotere kokkels in hoge dichtheden hebben een sterk negatief effect op de dichtheden van bodemdiersoorten die in een woonbuis leven in de bovenste laag (ca 4 cm) van het sediment, zoals *Corophium volutator* (het slijkgarnaaltje) en *C. arenarium*. Dit effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door sediment verstorende activiteiten van de kokkels (Jensen, 1985; Flach, 1994).

Vissen

Kokkelbroed wordt soms massaal aangetroffen in de magen van I en II-groep (≈ 1 en 2 jaar oude) scholletjes (*Pleuronectes platessa*) en botjes (*Platichthys flesus*) (Beukema, 1981; De Vlas, 1985). De grotere kokkeltjes worden door (grotere) schollen en botten gegeten (Verwey, 1981). Ook worden van de kokkels de uitgestoken sifons, de adembuizen, gegeten door vissen, vooral door I-groep schollen (siphon-cropping). In tegenstelling tot botten zijn schollen vooral oog-jagers. Zij zullen de adembuizen van de kokkel gemakkelijk aan de structuur en de kleur kunnen herkennen. De 0-groep schollen beginnen pas aan dit menu in de late zomer en de herfst. Delen van de voet worden ook gegeten, voornamelijk door de 0-groep schollen en botten. Mogelijk zijn die voetdelen afkomstig van door grotere vissen uitgegraven, en niet opgegeten kokkelbroedjes (De

Vlas, 1985). Van de delen van organismen die door vissen werden gegeten kwamen in het onderzoek van De Vlas (1985) de sifons van kokkels in belangrijkheid op de tweede plaats, ná de achtereinden van wadpieren (*Arenicola marina*).

Vogels

Naast de vissers zijn de vogels de belangrijkste afnemers van kokkels. Kanoetstrandlopers (*Calidris canutus*) en rosse grutto's (*Limosa lapponica*) eten de 1e-jaars kokkels (Baptist et al., 1988). Ook meeuwen (*Larus* sp.) eten wel (de grotere) kokkels (Verwey, 1952). Grootverbruikers van kokkels zijn de Eidereend (*Somateria mollissima*) en de Scholekster (*Haematopus ostralegus*).

Van de Eidereend bestaat het voedselpakket in de Waddenzee voor ca. 40 % uit kokkels (Swennen, 1980). Deze kokkels komen voor het grootste deel van de droogvallende platen (Dankers, 1993). Eidereenden eten zowel kleine kokkeltjes (5-12 mm) als grotere kokkels tot meer dan 30 mm, maar indien voorhanden prefereren ze kokkels van 15-17 mm. Kokkels van meer dan 40 mm kunnen niet meer worden doorgeslikt. De kokkels worden vrijwel altijd met schelp en al doorgeslikt en in de sterke spiermaag gekraakt. Het schelpgruis scheiden deze vogels later via faeces of braakballen weer uit (Swennen, 1981).

Het menu van de scholeksters bestaat voor ca 70 % uit kokkels (De Vlas, 1982). Ze eten 2e- en ouderejaars kokkels. Uit onderzoek van Sutherland (1982) bleek dat scholeksters kokkels aten op plaatsen waar deze in dichtheden van 25-150 ex/m² voorkwamen. Daarbij hadden de scholeksters voorkeur voor lokaties waar de grotere kokkels zaten. Plaatsen met lage dichtheden (< ca 25 ex/m²) maar ook met hoge dichtheden (ca 600 ex/m²) waren niet favoriet.

In gebieden waar de grootte van kokkels niet zo sterk varieert, omdat er maar een enkele jaarklasse aanwezig is, zijn de meeste scholeksters dáár aan het eten waar zich de hoogste concentraties aan kokkels bevinden. Wanneer verschillende lengteklassen en dichtheden in de buurt van elkaar voorkomen, spelen zowel de schelpgrootte als de dichtheid een rol bij de lokatiekeuze (Ens et al., 1993).

Op een rijke kokkelbank foerageren meestal niet meer dan 20 scholeksters per ha (Zwarts, 1991a). Dit komt omdat scholeksters in hun voedselgebied een territoriumgedrag vertonen. Rond dit gemiddelde van 20 scholeksters per ha kan een aanzienlijke spreiding optreden. Zo werden in de Oosterschelde wel dichtheden aangetroffen van 60 scholeksters per ha (Schekkerman, 1990). Meestal zijn deze hoge dichtheden lokaal en tijdelijk. Volgens P. Meininger, RIKZ Middelburg (pers. med.) liggen gemiddelden over grotere oppervlakten gedurende een geheel getij meestal lager, maar ook dan vaak boven 20 ex/ha. Bij hoge dichtheden aan foeragerende scholeksters over grotere oppervlakten bestaat een grote kans, dat het foerageersucces van de vogels negatief wordt beïnvloed (Schekkerman, 1990).

Van het gemiddeld aanwezige bestand aan kokkels in de Waddenzee schat Dankers (1993) dat bijna 20 % door vogels (scholeksters: ca 11 % en eidereenden: ca 8 %) wordt opgegeten. In termen van vers vleesgewicht: van de gemiddelde voorraad van 74 milj. kg wordt in het litorale deel 14 milj. kg geconsumeerd. Het is daarbij wel zo, dat vogels pas kokkels gaan eten, wanneer die in voldoende hoge dichtheden voorkomen (ca 50 ex/m²). In jaren met een gering kokkelbestand komt ongeveer 30 % van de kokkels in dergelijke dichtheden voor. In jaren met een overvloedige kokkelstand bevindt ca 80 % van de kokkels zich in concentraties van meer dan 50 ex/m² (Dankers, 1993).

De voorraad kokkels in de Waddenzee wordt door De Vlas, Min. LNV,

Directie Noord, Groningen (pers. med.), overigens wat lager geschat: hij komt tot een rekenkundig gemiddelde van 62 milj. kg vers kokkelvlees per jaar in de periode 1971 t/m 1995. Beter nog zou volgens hem zijn om het mediane gemiddelde van de 25 bestandsschattingen uit deze jaren te hanteren als maat voor het gemiddelde bestand aan kokkels. De invloed van de jaren met een rijke kokkelstand (1980 en 1981) en van die met een schaarse kokkelstand wordt hierdoor verminderd. Volgens de gegevens van De Vlas (ongepubl.) bedraagt dit mediane gemiddelde ca 41 milj. kg vers kokkelvlees.

In de Oosterschelde werd door Baptist *et al.* (1988) geschat, dat van de in 1984 aanwezige 3.650 ton asvrij drooggewicht aan kokkelvlees (ca 15 milj. kg vers vleesgewicht (PT)) maar juist genoeg overbleef voor de vogels, na aftrek van het deel dat door de kokkelvisserij wordt weggevisd. In 1984 was het kokkelbestand in de Oosterschelde redelijk groot. In de Oosterschelde fourageert ca 40 % van de scholeksters op kokkels (Baptist *et al.*, 1988). Voor scholeksters en eidereenden vormen kokkels en mosselen onderling uitwisselbare voedingsbronnen. Bij afwezigheid van één van deze twee schelpdiersoorten wordt de voorraad van de andere soort van grote betekenis. Voor een deel worden wel alternatieve prooien gegeten, vooral *Macoma balthica* (zie Smit, 1994).

1.4.3 Schelpenwinning

In tegenstelling tot de schelpen van mosselen zijn de schelpen van kokkels slecht afbreekbaar. Ze blijven na afsterven van de individuen dan ook lang in het milieu aanwezig.

De hoeveelheden schelpmateriaal die kokkels jaarlijks produceren zijn aanzienlijk. Voor de droogvallende platen in de Nederlandse Waddenzee schatte Beukema (1982b) de jaarlijkse productie van kokkelkalk op 156.000 ton of te wel ca 234.000 m³ kokkelschelpen. Daarbij is er van uitgegaan, dat de gegevens die door hem tussen 1968 en 1982 op de droogvallende platen van het Balgzand (westelijke Waddenzee) verkregen zijn, representatief geacht kunnen worden voor de gehele Nederlandse Waddenzee. Bij deze 156.000 ton zou nog eens ca 10 %, dus ruim 15.000 ton (ca 23.000 m³) moeten worden opgeteld in verband met kokkelkalkproductie in het sublitoraal van de Waddenzee (zie Cadée, 1994). De schatting van de kokkelkalkproductie op de droogvallende platen is door Beukema in 1993 geactualiseerd (zie Essink, 1993a): de gemiddelde jaarlijkse productie aan schelpkalk door kokkels bleek over een periode van 24 jaar (1968-1992) 15 % lager uit te vallen dan de schatting voor 1968-1982: ca 133.000 ton of te wel ca 200.000 m³. Tezamen met de productie in het sublitoraal van de Waddenzee (ca 10 % van de productie in het litoraal) levert dit een productieschatting op van ca 146.000 ton (ca 220.000 m³) aan kokkelkalk per jaar in de Nederlandse Waddenzee.

Op basis van jaarlijkse kokkelinventarisaties in de Waddenzee, uitgevoerd door het RIVO in 1990, 1991 en 1992, schat Essink (1993a) de gemiddelde productie aan kokkelkalk in de Nederlandse Waddenzee in deze jaren op ruim 49.000 ton (ca 73.600 m³). In deze jaren was het bestand aan kokkels in de Waddenzee overigens mager in vergelijking met de 60- en 70-er jaren. Wanneer we ook de producties in de jaren 1993, 1994 en 1995 in deze schatting volgens Essink betrekken, gebruik makend van de gegevens uit de bestandsopnames door het RIVO in die jaren (Kesteloo-Hendrikse, 1994a; Kesteloo-Hendrikse, 1994b in voorber.; Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1995 in voorber.), dan zou op de platen in de Waddenzee gemiddeld 63.700 ton aan kokkelkalk per jaar (95.500 m³)

kokkelschelpen) worden geproduceerd (zie tabel 1). Toevoeging van 10 % aan sublitorale productie geeft een geschatte jaarlijkse productie van 70.100 ton kokkelkalk (105.100 m³ kokkelschelpen) in de Waddenzee.

Tabel 1: Berekening van de schelpproductie in de Waddenzee op basis van kokkelinventarisaties uitgevoerd door het RIVO. (Deels naar ESSINK, 1993a).

jaar	bestand (ton versgew.)			schelpproductie	
	mei	sept	gemidd.	ton	m ³
1990	102.000	150.000	126.000	55.400	83.200
1991	19.500	32.300	25.900	11.400	17.100
1992	92.300	273.000	182.650	80.400	120.600
1993	172.400	316.600	244.500	107.600	161.400
1994	91.700	144.800	118.250	52.000	78.000
1995	128.200	213.500	170.850	75.200	112.800
gemiddeld:				63.700	95.500

Ongeveer 70 % van deze productie is voor de schelpenvisserij winbaar. Essink (1993a) noemt als verliesposten het begraven raken van schelpen in de wadplaten (ca 5 %), vergruizing in de magen van eidereenden (ca 15 %) en de niet voor de schelpenvisserij van belang zijnde 1e jaars schelpjes (ca 10 %). De "netto" productie bedraagt dus gemiddeld ca 49.100 ton schelpkalk of te wel ca 73.600 m³ kokkelschelpen per jaar (als gemiddelde voor de periode 1990-1995).

Op basis van de gegevens van Beukema over 1968-1992 (zie Essink, 1993a) wordt deze "netto" productie geschat op jaarlijks 102.200 ton (154.000 m³).

In de Nederlandse Waddenzee werd in 1970-1987 gemiddeld ca 120.000 m³ (ca. 80.000 ton) per jaar aan schelpen gewonnen (Anonymus, 1991). Hiervan is het merendeel (minstens 90 %) kokkelschelpen (Visser, 1994). Mogelijk is dit volume van 120.000 m³ inclusief de in de zeegaten gewonnen hoeveelheid. De Ruig *et al.* (1992) geven voor de hoeveelheid gewonnen schelpen in de periode 1987-1991 jaarlijkse gemiddelde waarden van 75.000 m³ binnen de Waddenzee en 65.000 m³ in de zeegaten van de Waddenzee. In 1992 alsook in 1993 werd binnen de Waddenzee ruim 89.000 m³ aan schelpen opgevist (Visser, 1994). Volgens de in 1977 vastgestelde contingeringsregeling mag in de Waddenzee per jaar 140.000 m³ schelpen worden gevist (Visser, 1994). Voor de aangrenzende zeegaten geldt geen contingering. Toch zijn de daar aanwezige schelpen waarschijnlijk voor een belangrijk deel afkomstig uit de Waddenzee. De schelpproductie in de zeegaten zelf wordt gering geacht en het aandeel typische Noordzeeschelpen wordt geraamd op grofweg 20 % (zie De Ruig *et al.*, 1992). Essink (1993a) concludeert dat in jaren met een geringe kokkelstand, zoals in 1990-1995, het jaarlijkse quotum van 140.000 m³ duidelijk groter is dan het deel van de jaarlijkse schelpproductie in de Waddenzee dat echt winbaar is. Onbekend is dan nog welk gedeelte van deze winbare hoeveelheid terecht komt in de zeegaten, waar de quotering thans niet van kracht is.

In het westelijke deel van de Oosterschelde worden per jaar ongeveer 10 tot 20 keer zoveel kokkelschelpen gevist als de geschatte natuurlijke aanwas in dit gebied (De Ruig, 1994; zie Mijwaard & Coosen, 1987).

Aanvankelijk was de veronderstelling, dat hier (sub-)fossiele voorraden aangesproken worden. Herberekening leerde, dat de gemiddelde jaarlijkse productie in evenwicht zou zijn met de maximaal toegestane winning in de Oosterschelde (De Ruig, 1994).

Op basis van bestandsopnames van het RIVO in de periode 1990-1994 schat De Ruig (1994) de schelpproductie in de Oosterschelde op jaarlijks ca 36.500 m³ (ca 30.000 m³ op de platen en 6.500 m³ sublitoraal). In winbare hoeveelheden is dit ca 25.000 m³. De periode 1990-1994 moet evenwel als kokkelarm worden gekarakteriseerd.

Voor de schelpenvisserij in de Oosterschelde geldt een jaarlijks contingent van 20.000 m³. De uitwisseling met schelpen uit de Voordelta wordt gering geacht sinds de realisering van de stormvloedkering (De Ruig, 1994).

Voor de Westerschelde bestaat geen quoteringsregeling voor de schelpenvisserij. Gemiddeld wordt per jaar ca 10.000 m³ schelpen gewonnen aan de rand van de plaat van Baarland. Tot nu toe zijn dit fossiele, Tertiaire schelpen (De Ruig, 1994). Het winbare deel van de jaarlijkse natuurlijke productie aan kokkelschelpen is in de Westerschelde geschat op 6.000 m³. Dit cijfer is gebaseerd op de gegevens van de kokkelinventarisaties die het RIVO uitvoerde in de jaren 1992 t/m 1994 (De Ruig, 1994).

1.5 Dynamiek in ruimte en tijd

Strengere winters

Kokkels zijn gevoelig voor strenge winters. Door hun korte adembuizen zijn ze gebonden te leven in de bovenste paar centimeters van het sediment. Ze zijn niet in staat ook maar tijdelijk aan bevrozing te ontsnappen door zich dieper in te graven, zoals een aantal andere bodemdier-soorten dat doet. Na strenge winters zoals die van 1938/39 (Kreger, 1940), 1946/47 (Baggerman, 1953; Kristensen, 1957), 1962/63 (Wolff, 1973), 1978/79 (Beukema, 1979; Dörjes, 1992), 1981/82 (Jensen, 1992) en van 1985/86, 1986/87 en 1987/88 (Beukema, 1992b) bleef van onderzochte kokkelpopulaties in de Waddenzee vrijwel niets meer over. Smit (1994) noemt sterftepercentages na strenge winters van 50-60 % onder eerstejaars kokkels, 80-90 % onder tweedejaars kokkels en 30-70 % onder derdejaars kokkels.

Vanwege deze hoge kokkelsterfte in strenge winters, en ook door hoge predatiedruk, bestaan de meeste kokkelbanken niet langer dan drie tot vijf jaar. Daarna zijn de dichtheden van oudere kokkels die nog overblijven te laag om nog als een concentratie (bank) van kokkels herkend te worden (Dankers, 1993).

De geringe aantallen kokkels die na een strenge winter in de sublitorale zone (en in het lage deel van het litoraal (pers. med. M. van Stralen, RIVO, Yerseke)) overleven, zijn toch in staat een overvloedige broedval in de volgende zomer te realiseren (Wolff, 1973). Onder 1.1 werd als mogelijke oorzaak al genoemd de geringere predatie door juveniele krabben en garnalen. Er zijn ook nog andere verklaringen. Smit (1994) noemt in dit verband bevindingen van Dare (in Huggett, 1992): doordat kokkels in koude periodes op een laag metabolisch nivo functioneren, zouden de exemplaren die overleven in relatief goede conditie door de winter komen (zie ook Zwartz, 1991b). Het te produceren zaad zou daardoor van een hogere kwaliteit zijn en grotere overlevingskansen hebben. Uit nog te publiceren onderzoek van Honkoop (NIOZ, Texel) blijkt dat volwassen kokkels na strenge winters méér, en gemiddeld ook grótere eieren per

individueel paaien dan na zachte winters (pers. med. J.J. Beukema, NIOZ Texel). Tenslotte zou de verminderde invloed van kannibalisme een rol kunnen spelen, omdat het aantal ouderdieren na een strenge winter gering is.

Toch zijn er aanwijzingen dat een té kleine hoeveelheid ouderdieren niet meer in staat is de overvloed aan broed te produceren, zoals dat na strenge winters gebruikelijk is (Dankers & De Vlas, 1992). Kwantitatieve informatie hierover is echter niet voorhanden.

Stormen

Omdat kokkels in de bovenste laag van het sediment leven, spoelen ze gemakkelijk weg. Bij grotere kokkels gebeurt dat vooral bij storm. Dit heeft vaak hun dood tot gevolg doordat ze dan meestal samenspoelen op ongunstige plekken als geulen of dijkvoeten (De Vlas, 1982).

Plaatsvastheid

De plaats van de kokkelbanken is niet elk jaar hetzelfde, ook al zijn er plaatsen aan te wijzen waar ze vaak voorkomen. Het al dan niet ontstaan van een kokkelbank hangt samen met het aantal kokkellarfjes of elders uitgespoelde zeer jonge kokkeltjes dat kans ziet zich op een bepaalde plaats te vestigen (Baggerman, 1953; De Vlas, 1982).

Uit materiaal van Essink (ongepubl.) is in fig. 1 de verspreiding van kokkelbroedconcentraties op een gedeelte van het Groninger wad (ca 5 km²) nabij Noordpolderzijl, in de periode 1969-1973 in kaart gebracht. In het najaar van deze jaren werden daar kokkeldichtheden bepaald op een 75-tal monsterpunten. De hoogste concentraties aan kokkelbroed zijn voor de onderscheiden jaren in fig. 1 weergegeven. In 1971 was de broedval van geen betekenis. Alhoewel de dichtheden van jaar tot jaar nogal verschillen, bevinden de (hoogste) concentraties aan kokkelbroed zich telkens min of meer op dezelfde plaatsen: hier in het algemeen rond de uitlopers van prielen.

Figuur 1

Verspreiding van kokkelbroed in de periode 1969-1973 op het Groninger wad (oostelijke Waddenzee). De hoogste concentraties voor elk jaar zijn weergegeven, d.w.z.:

1969: > 500 ex/m² (500-3833)

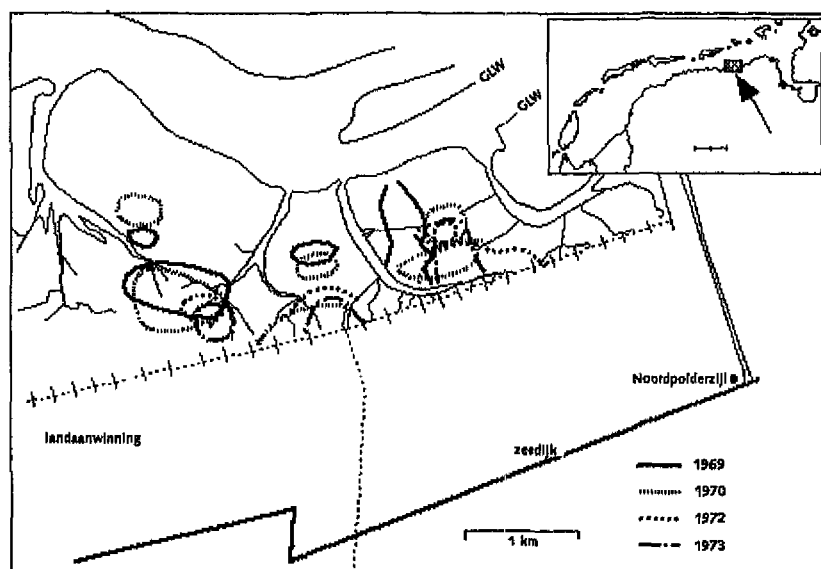
1970: > 1000 ex/m² (997-4884)

1972: > 100 ex/m² (123-1276)

1973: > 100 ex/m² (115-502)

In 1971 was er geen broedval van betekenis.

Bron: Essink, ongepubl.

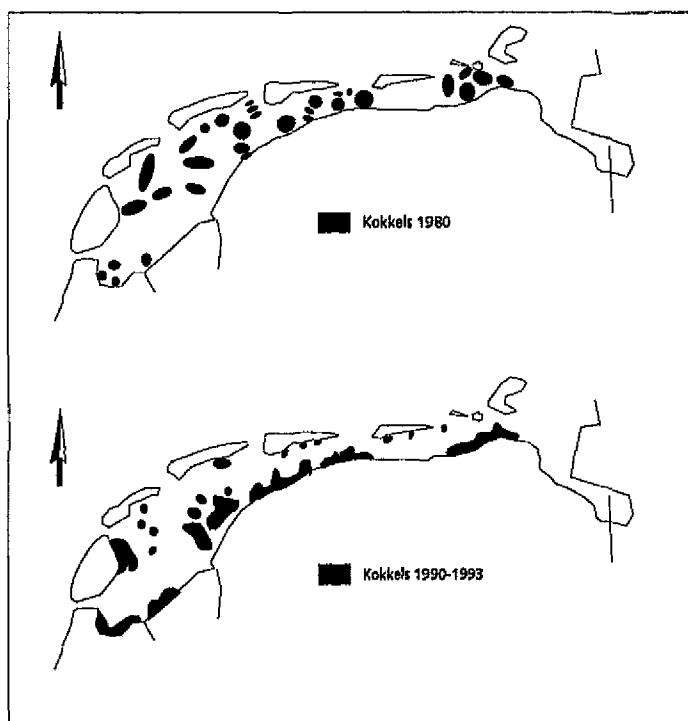


Dankers *et al.* (1995) brachten de verspreiding van kokkelbanken (> 55 ex/m²) op grótere schaal in beeld. Voor drie perioden (1980, 1984-1987 en 1990-1993) hebben zij aangegeven waar in de Waddenzee concentraties aan kokkels aanwezig waren. Uit hun rapport zijn in fig. 2 twee verspreidingskaarten van kokkelbanken overgenomen. Voor de verspreiding in 1980 gebruikten Dankers *et al.* (1995) gegevens van De Vlas (1982); de verspreiding in de periode 1990-1993 werd ontleend aan gegevens van

het RIVO. Te zien is dat in 1980 kokkelbanken verspreid over de gehele Waddenzee voorkwamen. Dit beeld heeft te maken met de massale broedval na de strenge winter van 1978/79. De banken in 1980 bestonden dan ook voor het grootste deel uit kokkels van één jaar oud. In 1992 en 1993 kon het kokkelbroed de vrijgekomen ruimtes, na het uitblijven van goede broedvallen in 1988, 1989 en 1990 en na de overbevissing in dezelfde jaren (zie 2.1), weer volledig opvullen. Dat gebeurde vooral op de hogere lokaties, zoals langs de kust van Noord-Holland en langs de Fries-Groningse vastelandskust (de grote cluster bij de afsluitdijk is overigens sublitoraal). Op het Groninger wad was plaatselijk met name de jaarklasse 1992 talrijk in 1992 en 1993 (gegevens RIKZ, ongepubl.).

Figuur 2

Situering kokkelbanken (> 55 ex/m²) in de Nederlandse Waddenzee in twee verschillende periodes: 1980 en 1990-1993.
Bron: Dankers *et al.*, 1995.



In de Waddenzee zijn plaatsen aan te wijzen waar regelmatig kokkelbanken aanwezig zijn (b.v. in de buurt van het eiland Griend, aan de noord-oost zijde van Texel voor de Cocksdorp, onder Ameland, en langs de Fries-Groningse vastelandskust). Daarnaast bestaat de indruk, dat er vóór de jaren '80 meer kokkelbanken voorkwamen in de centrale Waddenzee dan daarna (mond. med. M. van Stralen, RIVO, Yerseke).

2. Huidige situatie

Omdat de kokkelstand aan grote jaarlijkse fluctuaties onderhevig is, wordt als "huidige" situatie de periode van de afgelopen vijf tot zes jaar (1990-1995) beschouwd. Een andere reden voor het hanteren van deze periode is het feit, dat pas sinds 1990 gegevens over de oppervlakte aan droogvallende kokkelbanken in de Nederlandse kustwateren voorhanden zijn, n.l. de bestandsopnames die onder verantwoordelijkheid van het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO) jaarlijks worden uitgevoerd in de maand mei.

In de verschillende rapporten van het RIVO (Van Stralen, 1990; Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1992; Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1992; Kesteloo-Hendrikse, 1994a; Kesteloo-Hendrikse, 1994b in voorber.; Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1995 in voorber.) zijn de gegevens van de bestandsopnames opgenomen. Tabel 2 geeft een overzicht van de oppervlakte aan litorale kokkelbanken in de verschillende watersystemen gedurende de periode 1990-1995. Het betreft hier de oppervlakte van in mei aanwezige, boven de gemiddeld-laagwaterlijn gelegen kokkelbanken (50 of meer kokkels per m² van alle jaarklassen tezamen). De oppervlakten zijn uitgesplitst naar de in het project "Watersysteemverkenningen" (Anonymus, 1994) gehanteerde watersystemen. Ook is per watersysteem een opsplitsing gemaakt naar de vanaf 1993 voor de visserij op mosselzaad en kokkels geldende open en gesloten gebieden. Als gesloten gebieden zijn daarbij die gebieden aangehouden die in de Structuurnota Zee- en kustvisserij (Anonymus, 1993) zijn aangegeven (sluiting 1e fase, zie Bijlage 1 en 2) én het gebied dat in beheer is bij de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland. Voor de overzichtelijkheid is deze opsplitsing open/gesloten gebieden ook aangehouden voor de jaren 1990, 1991 en 1992, toen sluiting van gebieden in de Waddenzee en Oosterschelde zoals vastgelegd in de Structuurnota Zee- en kustvisserij nog niet van toepassing was.

Het RIVO te Yerseke was bereid de verschillende oppervlakten, zoals gepresenteerd in tabel 2, te berekenen, aangezien deze niet direct uit de bovengenoemde RIVO-rapporten konden worden afgelezen.

2.1 Waddenzee

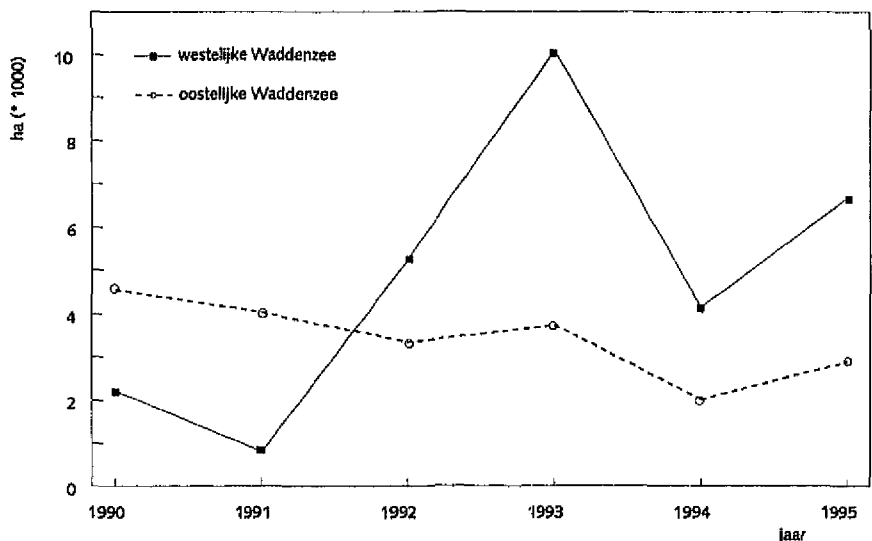
Het oppervlak aan litorale kokkelbanken (> 50 ex/m²) in de maand mei in de gehele Waddenzee liep in de periode 1990-1995 uiteen van ruim 4.800 ha in 1991 tot bijna 14.000 ha in 1993 (zie tabel 2). Daarbij geeft het verloop in het westelijke deel van de Waddenzee een grotere variatie te zien dan dat in het oostelijke deel. Waar in de oostelijke Waddenzee het kokkelbestand fluctueerde tussen 2018 ha (in 1994) en 4541 ha (in 1990), liepen de oppervlakten aan litorale kokkelbanken in de westelijke Waddenzee uiteen van 808 ha (in 1991) tot 10.091 ha (in 1993) (zie fig. 3). Als scheiding tussen de westelijke en de oostelijke Waddenzee wordt hier het wantij van Terschelling aangehouden.

In fig. 2 (blz. 17) is te zien hoe in de periode 1990-1993 de verspreiding was van de kokkelbanken in de Waddenzee. Met name op de hoger gelegen delen zijn na 1991 weer banken ontstaan.

Tabel 2 Oppervlakte (ha) aan litorale kokkelbanken (> 50 ex/m²) in de maand mei voor de jaren 1990 t/m 1995 in het Eems-Dollard estuarium, de oostelijke en de westelijke Waddenzee en de Ooster- en Westerschelde. Open, gesloten = voor de visserij op mosselzaad en kokkels open resp. gesloten (permanent gesloten sinds 1993 vlg. Structuurnota danwel bezit Natuurmonumenten) gebied. Voor de overzichtelijkheid zijn de waarden voor 1990, 1991 en 1992 ook uitgeplitst naar de vanaf 1993 voor de visserij op mosselzaad en kokkels geldende open en gesloten gebieden. n.g.: niet geïnventariseerd. Gegevens berekend door RIVO-Yerseke.

		1990	1991	1992	1993	1994	1995
Eems-Dollard estuarium	open	n.g.	n.g.	n.g.	101	202	176
	gesloten	n.g.	n.g.	n.g.	908	807	1.009
Waddenzee oost	open	3.330	3.229	2.523	3.128	1.614	1.941
	gesloten	1.211	807	807	605	404	958
Waddenzee west	open	1.614	404	2.825	6.559	2.018	4.140
	gesloten	605	404	2.422	3.532	2.119	2.524
Oosterschelde	open	2.957	2.851	3.142	2.614	2.798	2.270
	gesloten	370	317	449	528	502	422
Westerschelde	open	n.g.	n.g.	1.346	1.505	1.241	1.082
	gesloten	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Figuur 3
Verloop van het oppervlak aan litorale kokkelbanken in de westelijke en de oostelijke Waddenzee (1990-1995).



De kokkelstand was in 1991 op een absoluut dieptepunt. Drie achtereenvolgende zachte winters (1987/88, 1988/89 en 1989/90) veroorzaakten slechte broedvallen, ook bij de mossel (*Mytilus edulis*). Daardoor ontstond een tekort aan volwassen kokkels in het Nederlandse Waddengebied, d.w.z. dat alleen al voor de voedselvoorziening van vogels het bestand aan kokkels ontoereikend was. Het tekort werd vastgesteld op basis van een inventarisatie van het RIVO (Van Stralen, 1990). Het voorstel van de Minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij om een deel van het Waddengebied voor de visserij te sluiten, werd, na bezwaar van de visserijsector, door de Raad van State teniet gedaan. In 1990 werden de

nog aanwezige kokkelbanken daarna zwaar bevestigd. Extra grote predatiedruk door vogels, met name scholeksters en eidereenden vond plaats doordat ook de mosselstand was gedecimeerd (Beukema, 1992b, 1993; Dankers & De Vlas, 1992; Dankers, 1993).

De broedval van kokkels in 1991 bleek zeer matig te zijn. In 1991 werd de visserij op kokkels in de Waddenzee gesloten (Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1992). Schaarste aan kokkels en mosselen had tot gevolg, dat het succes van de reproductie bij scholeksters gering was en dat eidereenden verhongerden of door parasitaire infecties omkwamen doordat ze als alternatief voedsel krabben gingen eten (Dankers, 1993).

2.2 Eems-Dollard estuarium

Door het RIVO werden in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1990-1992 alleen bestandsopnames uitgevoerd in het buitengebied, d.w.z. het gebied tussen de begrenzing met de Noordzee en de Eemshaven. Daar werden toen kokkelbanken ($> 55 \text{ ex/m}^2$) aangetroffen op het Uithuizer wad. Het oppervlak van deze banken varieerde in deze periode van naar schatting 200-400 ha. In tabel 2 zijn de oppervlakten aan kokkelbanken op het Uithuizer wad en het Horsbornzand gerekend bij die van de oostelijke Waddenzee. Dit is gedaan omdat dit gebied onderdeel is van het grotere areaal in het oosten van de Waddenzee, onder Rottum, dat voor de visserij op kokkels en mosselzaad permanent is gesloten (Anonymus, 1993). Bovendien zijn van het overige deel van het buitengebied van het Eems-Dollard estuarium (de noordelijke, Duitse zijde van de Eems en het platengebied van de Ransel onder Borkum) geen oppervlakten aan kokkelbanken bekend, omdat deze gebieden niet in de RIVO-inventarisaties zijn opgenomen.

Sinds 1993 voert het RIVO ook in het middengebied van het estuarium bestandsopnames uit. Daar kwamen in 1993 op enkele lokaties (langs de Bocht van Watum en in het gebied van de Hond & Paap) kokkels op droogvallende delen voor in dichtheden van meer dan 55 ex/m^2 : in totaal ruim 1.000 ha. Het grootste gedeelte hiervan (ruim 900 ha) bevond zich op de Hond & Paap. Vanwege het voorkomen van zeegrasvelden is het platengebied van de Hond & Paap voor visserij op kokkels en mosselzaad gesloten. Op het Uithuizer wad werden ook in 1993 weer kokkelbanken aangetroffen.

In juni 1994 werd tijdens een bodemfaunasurvey één enkele kokkelbank ($< 5 \text{ ha}$) aangetroffen op het noordelijke deel van de Hond & Paap (gegevens RIKZ-Haren, ongepubl.). In het binnengebied (Dollard) werden in 1994 bij halfjaarlijkse bemonsteringen in het kader van het biomonitoringprogramma van de Rijkswaterstaat een enkele maal kokkels aangetroffen (Dekker, 1995). De gevonden dichtheden waren erg laag; er kan niet van banken worden gesproken.

2.3 Oosterschelde

Ook voor de Oosterschelde is in tabel 2 voor de jaren 1990-1995 het oppervlak (ha) aan kokkelbanken weergegeven. In de periode 1990-1995 schommelt het bestand aan kokkelbanken ruwweg tussen de 3.000 en 3.500 ha, met een lagere waarde van 2692 ha in 1995.

Vanwege de lage kokkelstand (zie ook 2.1) werd in 1991 de visserij op kokkels in delen van de Oosterschelde gesloten. Alleen in het oostelijke deel van de Oosterschelde bleek sprake van een redelijke broedval in dat jaar (Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1992).

Fig. 4 geeft een indruk van de plaatsen waar in de periode 1990-1993 kokkelbanken ($> 55 \text{ ex/m}^2$) voorkwamen. Op basis van overzichtskaartjes in de diverse RIVO-rapporten (Van Stralen, 1990; Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1992; Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1992; Kesteloo-Hendrikse, 1994a) zijn globaal clusters ingetekend op plaatsen waar één of meer keer in de periode kokkelbanken aanwezig waren.

2.4 Westerschelde

Vanaf 1992 wordt ook in de Westerschelde jaarlijks het bestand aan kokkels door het RIVO onderzocht. Uit tabel 2 valt af te lezen, dat het areaal aan litorale kokkelbanken in de periode 1992-1995 varieerde van 1200-1500 ha.

Op gelijke wijze als voor de Oosterschelde is m.b.v. gegevens uit de rapportages van de bestandsopnames (Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1992; Kesteloo-Hendrikse, 1994a) de verspreiding van kokkelbanken ($> 55 \text{ ex/m}^2$) voor de jaren 1992 en 1993 in beeld gebracht (zie fig. 4).

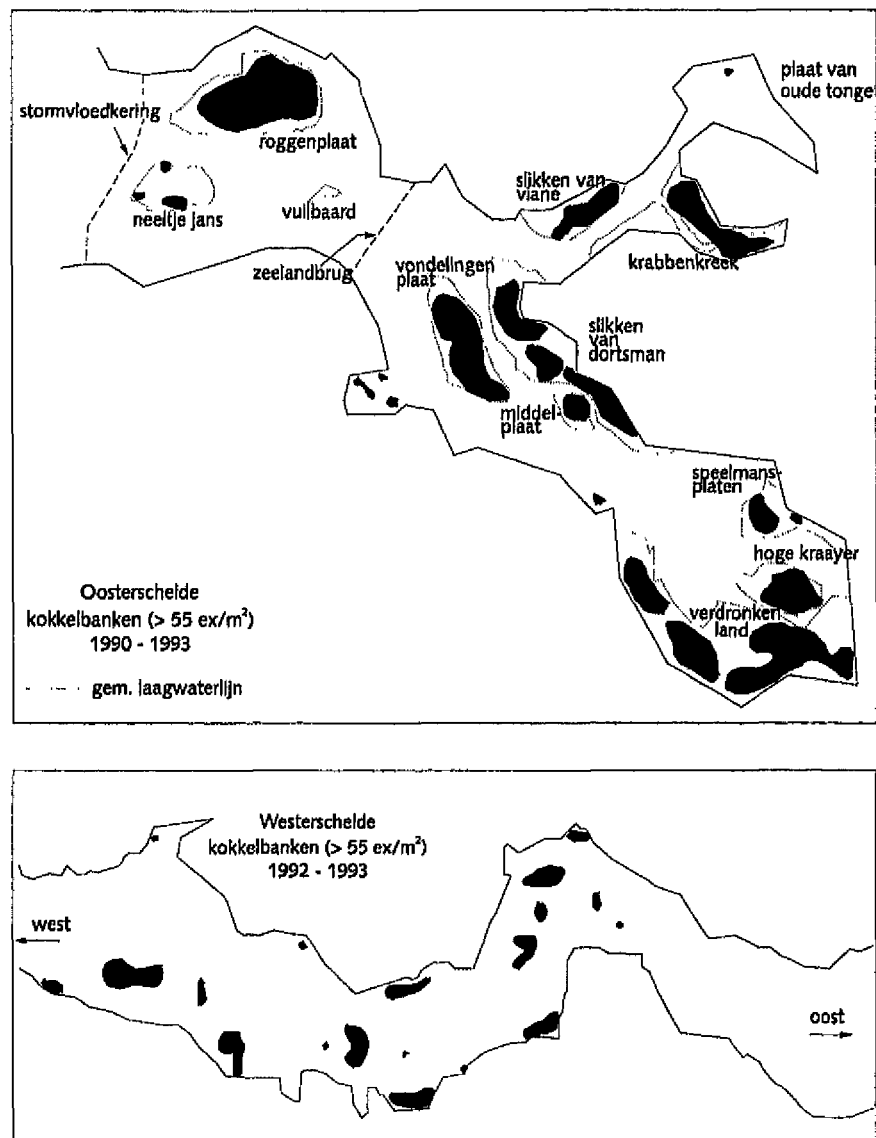
In de Westerschelde zijn tot nu toe geen gebieden aangewezen die voor de visserij op kokkels en/of mosselzaad zijn gesloten.

2.5 Voordelta

In de Voordelta voerde het RIVO in 1994 en 1995 bestandsopnames uit. Kokkels werden daarbij alleen aangetroffen in de monding van het Haringvliet ten oosten van de Hinderplaat en tegen de rand van de Westplaat. In 1994 werd aan bankdichtheden ($> 50 \text{ ex/m}^2$) een oppervlak berekend van 86 ha voor het najaar (Kesteloo-Hendrikse, 1994b in voorber.). Het betrof hier echter vnl. sublitorale bestanden (pers. med. M.A. van der Land, RIVO, Yerseke). Aanwezige kokkelbestanden zijn hier voor de kokkelvisserij interessant omdat de permanent onder water liggende kokkels snel groeien. In het voorjaar van 1995 werden geen kokkels aangetroffen. Als gevolg van de grote hoeveelheden zoet water die in het voorjaar van 1995 Nederland via de Haringvlietsluizen verlieten, zijn bijna alle kokkels van de grote aanwas van de jaarklasse 1994 en ook van de nog aanwezige adulte exemplaren dood gegaan (Kesteloo-Hendrikse & Van Stralen, 1995 in voorber.; Van der Land, 1995 in voorber.). Na de voltooiing van de Haringvlietdam in 1970 heeft in de monding van het Haringvliet verondieping plaatsgevonden. Als dit proces zou leiden tot vergroting van het droogvallend gebied, zou een toename van het areaal aan litorale kokkelbanken verwacht kunnen worden.

Figuur 4

Situering van litorale kokkelbanken ($> 55 \text{ ex/m}^2$) in de Oosterschelde en de Westerschelde in de periode 1990-1993. Gebruikte gegevens: RIVO-bestandsopnames in 1990, 1991, 1992 en 1993 (Westerschelde vanaf 1992).



3. Historie / trends

3.1 Waddenzee

In de periode vóór 1990 zijn oppervlakten aan litorale kokkelbanken in de Waddenzee in principe te berekenen voor het jaar 1980 uit de gegevens van De Vlas (1982). De banken in 1980 bestaan voor het grootste deel uit kokkels van één jaar oud, stammend van de rijke broedval na de strenge winter van 1978/79. Bijna alle oudere kokkels zijn in die winter doodgevroren. De kokkelpopulatie in 1980 lijkt dan ook niet erg representatief voor een langere periode.

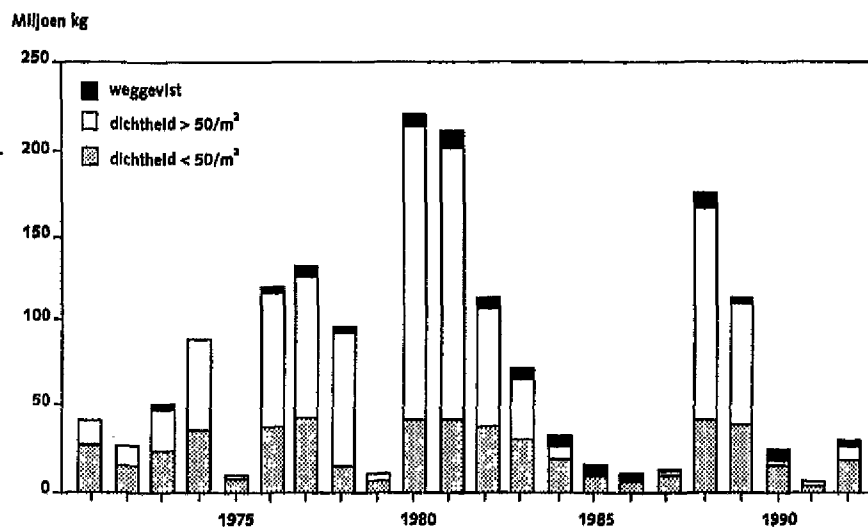
De verspreiding van kokkelbanken in 1980 is door Dankers *et al.* (1995) in kaart gezet (zie fig. 2). De hierboven genoemde onderzoeksgegevens van De Vlas (1982) dienden daarbij als uitgangsmateriaal. Te zien is, dat kokkelbanken in 1980 in zowel de westelijke als de oostelijke Waddenzee algemeen voorkomen.

Dat het bestand aan kokkels jaarlijks aanzienlijk kan verschillen, mag blijken uit fig. 5, die is overgenomen uit de publicatie van Dankers (1993). Deze figuur geeft een overzicht van de biomassa aan kokkels in de herfst in de Nederlandse Waddenzee over de periode 1971-1992. Tevens is af te lezen welk deel van de biomassa in banken ($> 50 \text{ ex/m}^2$) voorkomt. Gedurende de ruim 20 gepresenteerde jaren fluctueert het bestand van minder dan 10 milj. kg tot meer dan 200 milj. kg vers kokkelvlees. Aangetekend moet worden, dat hierbij de gegevens uit het langjarig NIOZ-onderzoek op het Balgzand (westelijke Waddenzee) zijn geëxtrapoleerd naar de gehele Waddenzee.

Uit de figuur blijkt niet een duidelijke trend. Het zijn met name de sterke jaarklassen, ontstaan na strenge winters, die het beeld bepalen: deze (de jaarklassen 1975, 1979 en 1987) veroorzaken ná hun geboortjaar een piek in de hoeveelheid kokkelvlees, die in de loop van de jaren erna weer meer of minder gestaag afneemt.

Figuur 5

De kokkelbiomassa (in milj. kg vers kokkelvlees) in de Nederlandse Waddenzee in de herfst. Aangegeven zijn de opgevisste hoeveelheden, de resterende biomassa in banken ($> 50 \text{ ex/m}^2$) en de overige biomassa aan kokkels ($< 50 \text{ ex/m}^2$). Bron: Dankers (1993).

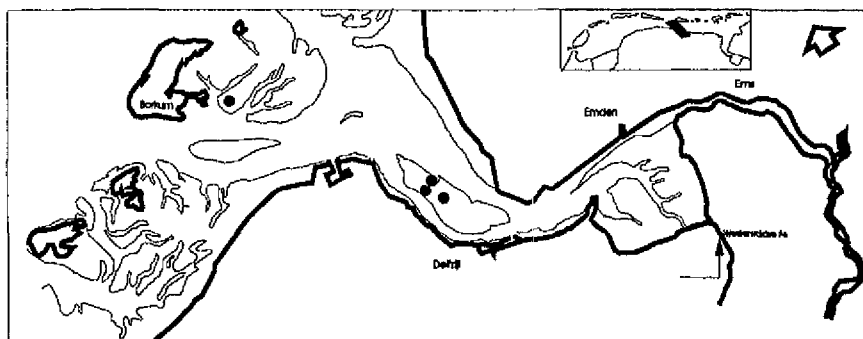


3.2 Eems-Dollard estuarium

Kokkelbanken worden in het Eems-Dollard gebied alleen in het centrale deel (Hond & Paap) en het buitengebied aangetroffen. Kwantitatief onderzoek aan de bodemfauna in het Eems-Dollard estuarium is uitgevoerd in 1974/75 en in 1979/1981 (Van Arkel & Mulder, 1979, 1982; Boede, 1983). Daarbij werden in 1974/75 kokkels in dichtheden van > 50 ex/m² aangetroffen in het middengebied op de Hond & Paap en in het buitengebied onder Borkum (zie fig. 6). In 1978 werden bij een kwalitatieve survey op veel lokaties in het middengebied kokkels gevonden, maar tijdens de kwantitatieve survey die een jaar later plaatsvond, waren deze overal verdwenen als gevolg van de strenge winter. Van de kwantitatieve survey van het buitengebied in 1981 staan in de artikelen van Van Arkel & Mulder geen dichtheden vermeld. Tijdens een uitgebreide survey van de Hond & Paap (in het middengebied van het estuarium) in 1988 werden kokkels in dichtheden van > 105 ex/m² op een aantal plaatsen aangetroffen op het noordelijke deel (Hond) van dit plaatgebied (Kleef, 1991). Op het meest noordelijke punt van de Hond bevond zich toen een kleine, beschut gelegen bank met dichtheden van > 1.000 ex/m². Op de Hond & Paap waren strandgapers (*Mya arenaria*) massaal aanwezig, hetgeen de vestiging van kokkelbroed belemmerd kan hebben. Strandgapers behoren n.l. tot de filterende schelpdieren, waarvan eerder werd opgemerkt dat deze in staat zijn grote hoeveelheden in de waterkolom zwevende larven naar binnen te zuigen. In het binnengebied van het estuarium, de Dollard, werden tijdens een andere uitgebreide survey in 1985 geen kokkels aangetroffen (Essink et al., 1987). Recentelijk (1994) werden wel kokkels aangetroffen, maar niet in 'bank'-dichtheden (Dekker, 1995).

Figuur 6

Lokaties (●) in het Eems-Dollard estuarium, waar in 1974/75 kokkels (*Cerastoderma edule*) voorkwamen in dichtheden van meer dan 50 ex/m². (Bron: Van Arkel & Mulder, 1979, 1982).



3.3 Oosterschelde

Over het verloop van het bestand aan kokkelbanken (> 50 ex/m²) in de Oosterschelde vóór 1990 is in termen van oppervlakte geen kwantitatieve informatie bekend.

Fragmentarisch zijn gegevens bekend over biomassabestanden, dichtheden en/of groei van kokkels in deelgebieden van de Oosterschelde. In tabel 3 zijn van de diverse onderzoeken de bemonsterde lokatie(s), onderzoeksperiode en rapportage bijeen gezet.

Tabel 3 In de Oosterschelde uitgevoerd onderzoek, waaruit gegevens over biomassa, dichtheid en/of groei van kokkels (*Cerastoderma edule*) bekend zijn.

jaar	lokatie	rapportage
1984	surveys op de Roggenplaat, Neeltje Jans plaat, Hoge Kraayer en Verdrongen Land van Zuid-Beveland	SCHOENMAKER (1985) COOSEN & SMAAL (1985)
1985	surveys op de Roggenplaat, Neeltje Jans plaat, Hooge Kraayer en Verdrongen Land van Zuid-Beveland	POUWER (1985) COOSEN & SMAAL (1985)
1985 en 1989	Galgeplaat, Krabbenkreek	zie LAMBECK <i>et al.</i> (1988) en MEIRE <i>et al.</i> (1994)
1984 - 1989	Hooge Kraayer en Roggenplaat	zie LAMBECK <i>et al.</i> , (1988) en MEIRE <i>et al.</i> (1994)
1987	Hooge Kraayer en Roggenplaat	zie LAMBECK <i>et al.</i> (1988) en MEIRE <i>et al.</i> (1994)
1989	survey Oosterschelde intergetijde-gebied met uitzondering van Roggenplaat, Galgeplaat en Krabbenkreek	VAN STRALEN <i>et al.</i> , 1991
1979, 1981, 1982 en 1984 - 1989	Slikken van Viane	SEYS <i>et al.</i> (1994)
1980 - 1985	transectbemonsteringen in voor- en najaar op de Roggenplaat, Neeltje Jans, Galgeplaat en Speelmansplaat	RIVO (ongepubl.)

In 1984 werden bij inventarisaties van de Roggenplaat en de Hooge Kraayer op een groot aantal monsterpunten hoge dichtheden (>50 ex/m²) aan kokkels gemeten (Schoenmaker, 1985). 1984 was overigens een goed kokkeljaar. Aan de uiteinden van geulen bij de Roggenplaat kwamen mosselbanken en kokkelbanken gemengd voor (Coosen & Smaal, 1985). Coosen *et al.* (1994) berekenden uit diverse van bovengenoemde onderzoeksgegevens de jaarlijkse totale biomassa aan kokkels in de gehele Oosterschelde in de nazomer (aug/sep) voor de periode 1980-1990. Fig. 7 is uit hun publicatie overgenomen. Duidelijk is dat ook hier grote jaarlijkse variaties optreden in het kokkelbestand. Sterke jaarklassen zoals die van 1979, 1982 en 1985, veroorzaken na hun eerste jaar een enorme toename in biomassa.

In 1987 werd de constructie van de stormvloedkering in de Oosterschelde voltooid. Invloed van de hierdoor teweeggebrachte veranderingen op de totale biomassa aan kokkels kon niet worden aangetoond (Coosen *et al.*, 1994). De variatie in totale biomassa werd daarvoor té zeer bepaald door slechts enkele sterke jaarklassen (die van 1979, 1982 en 1985). Bovendien vonden systematische surveys niet in elk jaar plaats.

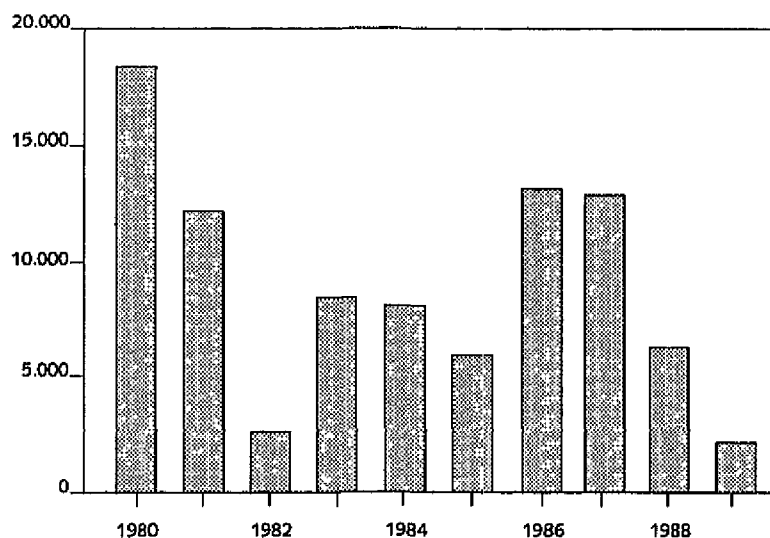
Recent is een achteruitgang van de Scholekster gesignaleerd in de Oosterschelde, met name in het westelijke deel. Verondersteld wordt dat het voedselaanbod in de vorm van kokkels op de slikken in de getijdezone niet meer toereikend is (Meininger *et al.*, 1995).

Figuur 7

Berekende totale biomassa (in tonnen asvrij drooggewicht) aan kokkels op de droogvallende platen in de Oosterschelde in de nazomer (aug/sep).

(Bron: Coosen et al., 1994)

Biomass (tonnes AFDW)



3.4 Westerschelde

Er zijn geen gegevens gevonden m.b.t. oppervlakten aan litorale kokkelbanken in de Westerschelde uit het verleden.

3.5 Voordelta

In de Voordelta werden wel kokkelbanken aangetroffen in de monding van het Haringvliet in 1994 en 1995 (zie 2.5), doch het betrof hier vnl. sublitorale banken. Of in dit gebied in het verleden litorale kokkelbanken aanwezig waren en in welke oppervlakten, kon niet worden achterhaald. Na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 zijn de morfologische omstandigheden in de monding veranderd. Er vond met name in sublitorale delen verondieping plaats.

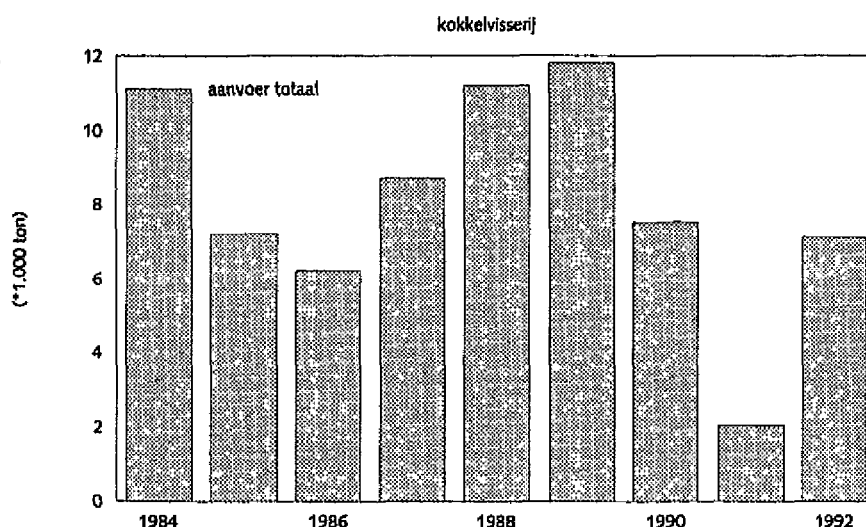
4. Ingreep / effect relaties

4.1 Kokkelvisserij

Sinds ongeveer 1970 is de markt voor kokkels flink gegroeid, en daarmee de visserijdruk. Reden waarom de overheid besloot om met ingang van 1974 het vissen op kokkels aan vergunningen te verbinden. Na ca 1986 werden speciaal voor de kokkelvisserij ingerichte schepen in gebruik genomen, waardoor zowel het vissen op kokkels als het verwerken daarvan steeds efficiënter geschiedde. De landelijke aanvoer van kokkels door de mechanische kokkelvisserij bedroeg in de periode 1977-1992 gemiddeld 7.800 ton vers kokkelvlees per jaar. De aanvoer, het totaal van Oosterschelde en Waddenzee, is door de jaren heen toegenomen tot ca 10.000 ton kokkelvlees per jaar. De hoogste aanvoer werd in 1989 gerealiseerd met 11.800 ton. Fig. 8 toont de hoeveelheden aangevoerd kokkelvlees in de jaren 1984-1992 (Bron: Janssen *et al.*, 1995). In 1991 werd slechts 2.000 ton kokkelvlees aangevoerd. In dat jaar werd de Waddenzee vanwege het zeer kleine kokkelbestand niet, en de Oosterschelde slechts gedeeltelijk opengesteld voor de kokkelvisserij. Op beperkte schaal vindt ook nog handmatige visserij plaats. Het kweken van kokkels is tot nu toe slechts op beperkte schaal als experiment uitgevoerd (Anonymus, 1988).

Figuur 8

Landelijk aangevoerde
hoeveelheid vers kokkelvlees voor
de jaren 1984-1992.
(Bron: Janssen *et al.*, 1995).



Algemene principes:

Een kokkelvaartuig is thans uitgerust met twee stalen spijlenkooien (korren) die ongeveer een meter breed zijn. De voorgeschreven afstand tussen de spijlen bedraagt 15 mm (voor de Westerschelde niet voorgeschreven, aldaar wordt gevisst met een spijlafstand van 13 mm: mond. med. M. v. Stralen, RIVO, Yerseke). Elk van deze korren is met het schip verbonden door twee buizen. Tijdens het vissen worden de korren, die aan de voorzijde zijn voorzien van een mes, tot een diepte van 3 à 4 cm door de bodem getrokken. Vóór het mes wordt de grond losgespoten door een krachtige waterstraal uit één der buizen. Organismen kleiner dan 1 à 2 cm verdwijnen door de spijlen van de kor weer in het water. Wat in

Effect op de potentiële vestiging van algen en invertebraten

Uit een oogpunt van potentiële vestigingsplaatsen voor algen, mosselzaad en ook zeepokken kan het wegvissen van teveel kokkelbanken een verarming voor het milieu inhouden. In hoeverre de aan- of afwezigheid van oude kokkelbanken een belangrijke rol speelt in de terugkeer/handhaving van mosselbanken, is onbekend.

Effect van handmatig kokkelvissen

De handkokkelvisserij werd tot 1989 niet beperkt. Het aantal vergunningsaanvragen hiervoor liep eind jaren tachtig sterk op van 26 in 1986 tot 350 in 1988 (Anonymus, 1993). De aanvoer van de handkokkelvisserij wordt geschat op niet meer dan enkele procenten (Anonymus, 1988) tot 5 à 10 % (Anonymus, 1991) van de totale kokkelaanvoer. In tegenstelling tot de mechanische kokkelvisserij wordt de handkokkelvisserij uitgeoefend bij laagwater wanneer de kokkelbanken kunnen worden betreden. Vanuit natuuroverwegingen en met name vanwege de verstoring van de fauna (vogels, zeehonden) op droogvallende platen in de kustwateren werd een drastische reductie van het aantal handkokkelaars noodzakelijk geacht. Vanaf 1989 zijn daarom alleen vergunningen verstrekt aan diegenen die op deze wijze reeds een aantal jaren beroepsmatig kokkels visten. In 1993 bedroeg het aantal handkokkelvisserij 84. Deze vergunningen zijn niet overdraagbaar (Anonymus, 1993).

Effect op zeegrasvelden

De visserij op kokkelbanken heeft als neveneffect, dat vooral in tijden van schaarste aan kokkels ook wel banken worden bevestigd die in of in de omgeving van zeegrasvelden liggen. Met name in het najaar van 1990 is hierdoor op diverse plaatsen in de Oosterschelde en ook in de Waddenzee (spuikom West Terschelling) schade aangericht. De achteruitgang van het bestand aan zeegrasvelden is zorgwekkend. Gebleken is dat herstel van beschadigde velden lang duurt (De Jong, 1991; Dankers & De Vlas, 1992). Om het waardevolle biotoop dat de zeegrasvelden vormen nu te beschermen, mag in gebieden waar ze voorkomen sinds 1993 niet meer op kokkels en mosselzaad worden gevestigd (Structuurnota Zee- en kustvisserij; Anonymus, 1993).

Relatie schelpdiervisserij - natuurwaarden.

Door de Nederlandse regering is in 1992 een nieuw beleid geformuleerd met betrekking tot de visserij. Uitgangspunten van dit beleid zijn onder meer de zorg voor de instandhouding van de visvoorraden (lees ook: schelpdiervoorraden) en de afstemming met andere gebruiksfuncties, zoals de natuur. Dit beleid is vastgelegd in de Structuurnota Zee- en kustvisserij, uitgebracht op 21 januari 1993 (Anonymus, 1993). Er werd onder meer besloten om 26 % van de droogvallende platen in de Waddenzee (zie Bijlage 1) en 15 % van de droogvallende platen in de Oosterschelde (zie Bijlage 2) permanent voor de visserij op kokkels en mosselzaad te sluiten. Gezien de variatie in de verspreiding van kokkelbanken is het de vraag, hoe elk jaar het areaal aan banken is verdeeld over de gesloten en niet gesloten gebieden. In aanvulling op deze permanente sluiting is vastgesteld, dat voor schelpdierarme jaren 60 % van de gemiddelde voedselbehoefte van schelpdieretende vogels in de vorm van kokkels en mosselen voor deze vogels gereserveerd blijft. Het meerdere is beschikbaar voor de visserij. Indien er minder aanwezig is dan deze 60 % dan wordt het betreffende kustwater in een dergelijk jaar geheel voor de visserij op schelpdieren gesloten.

De effectiviteit van de sluiting zal in 1997 worden geëvalueerd.

Kokkelweekpercelen

Teneinde tot een grotere en een regelmatigere productie van kokkels te komen, worden sedert het begin van de jaren tachtig in de Waddenzee en de Oosterschelde percelen verhuurd waarop kokkels kunnen worden uitgezaaid die zijn opgevist op plaatsen met een slechte groei en/of een te hoge dichtheid. Op de verhuurde percelen (46 ha in de Waddenzee en 83 ha in de Oosterschelde) werden evenwel slechts incidenteel kokkels verzaaid. Praktijkonderzoeken door het RIVO in 1980 en 1987 wezen uit dat verzaailing van kokkels een productieverhoging van ca 10-14 % in biomassa oplevert ten opzichte van niet verzaaien (Brand & Van Stralen, 1988). Deze productieverhoging, verkregen door de verbeterde groei-omstandigheden en/of geringere sterfte in de uitgedunde gebieden, gaat echter voor een groot deel verloren door grote sterfte onder de verzaaide kokkels. Deze grote sterfte is te reduceren door verbetering van de zaaitechnieken. Een rol speelt ook de prijs die voor de verschillende grootte-klassen wordt verkregen. Zolang grotere kokkels een hogere prijs opleveren is het rendement van verzaaien uitgedrukt in guldens in het algemeen hoger dan uitgedrukt in biomassa-productie. Tenslotte blijkt dat lokale omstandigheden minstens even belangrijk zijn voor de groei van kokkels dan de hoogte van de dichtheid. Omdat ook blijkt dat kokkels in uitgedunde banken beter groeien dan in niet uitgedunde, zou uit oogpunt van natuurwaarden verzaaien het voordeel kunnen hebben, dat met name scholeksters een energetisch voordelige voedselsituatie aantreffen. Uit onderzoek bleek immers dat zij grotere kokkels in lagere dichtheden prefereren boven kleinere kokkels in hoge dichtheden (Sutherland, 1982). Daarbij wordt wel verondersteld, dat de dichtheid na uitdunning nog voldoende groot ($> 50 \text{ ex/m}^2$) blijft om voor vogels het fourageren mogelijk te maken.

4.2 Baggeren / slib storten

Het gevaar van begraven te worden tijdens het storten van gebaggerd slib, is voor kokkels in litorale banken niet erg groot. De baggerstortingen worden in de regel uitgevoerd in de geulen. Wel kan de fijnere fractie van het baggerslib zich verspreiden over de platen en de randen van de geulen in de buurt van zo'n stortlokatie. Gebeuren de stortingen regelmatig, dan kunnen de kokkels in nabijgelegen banken ondergesneeuwd raken. Uit literatuuronderzoek blijkt dat kokkels dit nog overleven wanneer de gemiddelde snelheid waarmee de bedekking plaatsvindt, niet meer is dan ca 15-19 cm per maand (Bijkerk, 1988). In slijkgig bedekkingsmateriaal zullen kokkels moeilijker naar de bovenlaag kunnen ontsnappen dan wanneer het gesedimenteerde materiaal fijn-zandig is. Bijkerk (1988) haalt in dit verband Saucier *et al.* (1978) aan: "het meest nadelig voor aanwezige bodemdieren is wel wanneer een vloeibare modderlaag zich op de bodem afzet". Ook Van Dalfsen (1994) constateert een hoge mortaliteit onder de kokkels van een litorale kokkelbank na een lozing van zeer slibrijk bagger-retourwater (ca 30-50 gram slib per liter) op het wad van Ferwerderadeel (Friese wad, oostelijke Waddenzee). Meer nog dan de mate van bedekking (max. ca 8 cm) houdt van Dalfsen (1994) de veranderde structuur van de bovenste sedimentlaag, tezamen met de lage zuurstofconcentraties in het retour-water, verantwoordelijk voor de massale sterfte.

Baggeren en storten van baggerspecie beïnvloedt direct de concentraties zwevende deeltjes in het water, en daardoor de troebelheid. Effecten, die kokkels in litorale banken hiervan kunnen ondervinden, zijn:

- *indirect effect: voedselvermindering.*

Door troebeling komt minder licht in het water. Daardoor is er minder groei van fytoplankton, vooral in gebieden waar licht een beperkende factor is. Minder fytoplankton betekent minder voedsel voor de kokkels. Weliswaar komen bij het baggeren en storten voedingsstoffen uit de baggerspecie vrij, hetgeen gunstig is voor de groei van fytoplankton, maar dit voordeel kan maar een klein deel van de afname van de fytoplanktonproductie compenseren (Essink, 1993b).

- *direct effect: groeivermindering bij kokkels.*

Hoe hoger de concentratie aan fytoplankton, hoe beter de kokkels groeien (Prins & Smaal, 1989). Bij baggeren en slibstorten komt echter ook veel slib in het water. Onbruikbare bestanddelen, zoals de slibdeeltjes, worden door de kokkel tegengehouden en grotendeels als kleine kluitjes, met slijm vermengd tot pseudofaeces, uitgescheiden. Wanneer het aantal slibdeeltjes te groot wordt moet de kokkel zoveel energie steken in de verwerking van de ingevangen deeltjes, dat hij aan groeien niet meer toekomt. Dat gebeurt wanneer de concentraties slib in het water boven 50 gram per liter uit gaan komen. Waarschijnlijk treedt vooral energieverlies op door het verbruik van koolstof bij de vorming van de pseudofaeces (Essink & Bos, 1985; Prins & Smaal, 1989).

Het effect van baggeren en storten van baggerspecie op filtrerende schelpdieren zoals de kokkel, zal sterk afhangen van de plaats waar wordt gebaggerd of gestort. De invloed van het effect zou verminderd kunnen worden door niet te storten vlakbij belangrijke kokkelbanken en door de baggeractiviteiten uit te voeren in het najaar. De voedselbehoefte van filtrerende (bodem)dieren is dan als regel minimaal (Essink, 1993b).

4.3 Eutrofiëring

Kokkels zijn gevoelig voor zuurstofloosheid en daardoor ook voor sterke eutrofiëring; dicht bij verontreinigingsbronnen van organisch afval (BOD) komen geen kokkels voor (Steur & Seys, 1989). Effecten van de eutrofiëring zoals die in de westelijke Waddenzee verondersteld wordt te bestaan (Beukema & Cadée, 1986; Cadée, 1986), blijken voor wat de bestandsgroottes van kokkels betreft niet aantoonbaar. De kokkelbestanden in de tachtiger jaren zijn relatief hoog. De omvang van de jaarlijkse bestanden zou gecorreleerd kunnen zijn aan de nutriëntvrachten vanuit de Rijn. Wanneer echter wordt gecorrigeerd voor het effect van de wintertemperatuur op de omvang van de bestanden, blijkt het effect van de nutriëntvrachten (P, N) op de bestandsomvang van de kokkels niet meer aantoonbaar (Van Stralen, 1995). De bestandsgrootte van kokkels lijkt dus vooral door strenge en zachte winters te worden gereguleerd.

4.4 Microverontreinigingen

Informatie over mogelijke effecten van micro-verontreiniging specifiek gerelateerd aan litorale kokkelbanken is niet gevonden. Zie verder Steur & Seys (1989) voor effecten op individuele kokkels.

4.5 Pierenspitten

Lokaal kunnen kokkelbanken sterk worden uitgedund door de activiteiten van pierenspitters. Het zijn vooral de gemakkelijk te bereiken kokkel-

banken die hierdoor gevaar lopen. Bij het handspitten van pieren voor de zee-aaswinning kan een sterfte onder kokkels optreden van 30-85 %, vooral te wijten aan het begraven raken (Steur & Seys, 1989; zie ook 4.2). Op het Balgzand (westelijke Waddenzee) wordt ook intensief het machinaal pieren "spitten" uitgeoefend (Beukema, 1995). Daarbij worden geulen in het sediment gegraven met een diepte tot 40 cm. In zijn onderzoek naar het effect hiervan op de aanwezige bodemfauna noemt Beukema (1995) echter geen sterftepercentages voor kokkels. Wel refereert hij in zijn artikel aan onderzoek van Jackson & James (1979) die een drastische afname van een kokkelpopulatie in North Norfolk vonden als gevolg van pierenspitactiviteiten.

5. Literatuur

André, C.; Rosenberg, R. (1991): Adult-larval interactions in the suspension-feeding bivalves *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71 (3), p 227-234.

André, C.; Jonsson, P. R.; Lindegarth, M. (1993): Predation on settling bivalve larvae by benthic suspension feeders: the role of hydrodynamics and larval behaviour. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97, p 183-192.

Anonymus (1988): Notitie Kokkelvisserij (Notitie van de minister van Landbouw aan de Tweede Kamer). *Visserij* 41 (2), p 74-80.

Anonymus (1991): The Wadden Sea: status and developments in an international perspective. (Report to the Sixth Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea, Esbjerg, November 13, 1991). *Published by the National Forest and Nature Agency, the Ministry of the Environment, Denmark and The Common Wadden Sea Secretariat*, 200 pp.

Anonymus (1993): Vissen naar evenwicht, Structuurnota Zee- en kustvisserij. (Regeringsbeslissing). *Min. van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Visserijen*, 112 pp.

Anonymus (ongedat): Beheersplan Kustvisserij: Schelpdiervisserij. *Produktschap Vis en Visprodukten*, 37 pp.

Anonymus (1994): Watersysteemverkenningen 1996. Watersystemen en doelvariabelen voor de watersysteemverkenningen. De Nederlandse watersystemen kwantitatief verkend. *RIKZ Rapport 94.016*, 94 pp.

Bachelet, G.; Guillou, J.; Labourg, P. (1991): Adult-larval and juvenile interactions in the suspension-feeding bivalve, *Cerastoderma edule* (L.): field observations and experiments. In: Colombo, G.; Ferrari, I.; Ceccherelli, V. U.; Rossi, R. (eds): *Marine Eutrophication and Population Dynamics. 25th European Marine Biology Symposium*. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, p 175-182.

Baggerman, B. (1953): Spatfall and transport of *Cardium edule* L. *Arch. néerl. Zool.* 10, p 315-342.

Baptist, H. J. M.; Colijn, F.; Martelijn, E. C. L.; Meininger, P. L.; Melre, P. M.; Twisk, F. (1988): Gevleugeld onderzoek, watervogels in veranderende watersystemen. *Nota RWS-DGW, DIHO en RUG ongenummerd*, 24 pp.

Beukema, J. J. (1976): Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 10, p 236-261.

Beukema, J. J. (1979): Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea: effects of a severe winter. *Neth. J. Sea Res.* 13, p 202-223.

Beukema, J. J. (1981): De kokkel, een dynamische soort. *Waddenbulletin* 16, p 122-127.

- Beukema, J. J. (1982a):** Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 16, p 37-45.
- Beukema, J. J. (1982b):** Calcimass and carbonate production by molluscs on the tidal flats in the Dutch Wadden Sea: II. The edible cockle, *Cerastoderma edule*. *Neth. J. Sea Res.* 15, p 391-405.
- Beukema, J. J. (1991):** The abundance of shore crabs *Carcinus maenas* (L.) on a tidal flat in the Wadden Sea after cold and mild winters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 153, p 97-113.
- Beukema, J. J. (1992a):** Dynamics of juvenile shrimp (*Crangon crangon*) in a tidal-flat nursery of the Wadden Sea after mild and cold winters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83, p 157-165.
- Beukema, J. J. (1992b):** Expected changes in the Wadden Sea benthos in a warmer world: lessons from periods with mild winters. *Neth. J. Sea Res.* 30, p 73-79.
- Beukema, J. J. (1993):** Increased mortality in alternative bivalve prey during a period when the tidal flats of the Dutch Wadden Sea were devoid of mussels. *Neth. J. Sea Res.* 31 (4), p 395-406.
- Beukema, J. J. (1995):** Long-term effects of mechanical harvesting of lugworms *Arenicola marina* on the zoobenthic community of a tidal flat in the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 33 (2), p 219-227.
- Beukema, J. J.; Cadée, G. C. (1986):** Zoobenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea. *Ophelia* 26, p 55-64.
- Beukema, J. J.; Dankers, N.; Ens, B.; Smit, C. J.; Swennen, C. (1991):** Commentaar op de rapportage 'Relatie tussen kokkelvisserij en ecologisch functioneren van de Nederlandse getijdgebieden'. *Notitie NIOZ/IBN*, 7 pp.
- BOEDE (1983):** Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium: Overzicht van het oecosysteem onderzoek, zoals verricht tussen 1973 en 1982. *BOEDE Publicaties en Verslagen* 1983 nr 1, 267 pp.
- Böhme, B. (1988):** Auswirkungen der Herzmuschelfischerei auf die Bodenfauna des Wattenmeeres. *Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer*, 51 pp.
- Bos, D. (1994):** Effects of decreasing food availability on wintering Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: literature review and model study. *RIKZ Rapport* 94.014, 83 pp.
- Brand, C. M.; Van Stralen, M. (1988):** Het uitdunnen en verzaaien van wilde kokkelbestanden met een hoge dichtheid ter verhoging van de produktie door de Nederlandse kokkelvisserij. *RIVO-DLO Rapport* AO 88-02, 36 pp.
- Bijkerk, R. (1988):** Ontsnappen of begraven blijven. De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. *RDD Aquatic Ecosystems, in opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren. Rapport ongenumm.*, 72 pp. (Literatuuronderzoek).
- Cadée, G. C. (1986):** Increased phytoplankton primary production in the Marsdiep area (Western Dutch Wadden Sea). *Neth. J. Sea Res.* 20, p 285-290.

Cadée, G. C. (1994): Elder, shellduck and other predators, the main producers of shell fragments in the Wadden Sea. Palaeoecological implications. *Paleontology* 37 (1), p 181-202.

Coosen, J.; Smaal, A. C. (1985): Jaargemiddelde biomassa en activiteit van de dominante bodemdieren in de Oosterschelde. *DIHO Interimrapport Balans 1985-12*, 82 pp.

Coosen, J.; Marteljn, E. (1987): Effecten kokkelvisserij in de Oosterschelde. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWWS-87.635*, 9 pp. + bijl.

Coosen, J.; Twisk, F.; Van der Tol, M. W. M.; Lambeck, R. H. D.; Van Stralen, M. R.; Meire, P. M. (1994): Variability in stock assessment of cockles (*Cerastoderma edule* L) in the Oosterschelde (in 1980-1990), in relation to environmental factors. In: Nienhuis, P. H.; Smaal, A. C. (Eds.): *The Oosterschelde estuary (The Netherlands): a case-study of a changing ecosystem*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, *Hydrobiologia*, 282/283, p 381-395.

Dankers, N. (1993): Integrated estuarine management - obtaining a sustainable yield of bivalve resources while maintaining environmental quality. In: Dame, R. F. (Ed.): *Bivalve Filter Feeders in Estuarine and Coastal Ecosystem Processes*. (Proc. of the NATO Advanced Research Workshop, Renesse, The Netherlands, nov. 30th - dec. 4th 1992). Springer-Verlag, Berlin etc., p 479-511.

Dankers, N.; Beukema, J.J. (1981): Distributional patterns of macrozoobenthic species in relation to some environmental factors. In: Dankers, N.; Kühl, H.; Wolff, W. J. (Eds.): *Invertebrates of the Wadden Sea*, Balkema, Rotterdam, p 69-103.

Dankers, N.; De Vlas, J. (1992): Multifunctioneel beheer in de Waddenzee : integratie van natuurbeheer en schelpdiervisserij. *RIN-rapport 92/15*. 18 pp.

Dankers, N.; Wintermans, G. J. M.; Brasseur, S. M. J. M.; Smit, C. J.; Eljssink, W. (1995): Exploratie-boringen en Ecologie. Een bijdrage aan de MER van de NAM ten behoeve van de proefboringen naar aardgas in de Waddenzee en de Noordzee-kustzone. *Intern Rapport IBN-DLO, Texel*.

Dekker, R. (1995): Het macrozoobenthos op twaalf raaien in de Waddenzee en de Eems-Dollard in 1994. *NIOZ Rapport 1995-1*, 53 pp.

De Jong, D. (1991): Zeegras in de Oosterschelde en de kokkelvisserij. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWAO-91.13059*, 4 pp + krt.

De Ruig, J.; Hallie, F. P.; Dijkshoorn, A. C. (1992): Voorstel tot landelijke beleids-uitgangspunten voor schelpwinning. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Werkdocument GWWS-92.107x*, 13 pp.

De Ruig, J. (1994): Verbeterde RIKZ-tekstvoorstellen eindrapport schelpwinning. *Concept voorstel eindrapport schelpwinning dd 10-10-94; Notitie RIKZ afd. ABBK ongenumm.*, 11 pp.

De Vlas, J. (1982): De effecten van de kokkelvisserij op de bodemfauna van Waddenzee en Oosterschelde. *RIN-rapport 82/19*, 99 pp.

De Vlas, J. (1985): Welde van Vlees: de betekenis van de regeneratie van afgebeten lichaamsdelen van bodemdieren voor de vleesproductie in de Waddenzee. *Proefschrift ter verkrijging van het Doctoraat in de Wiskunde en Natuurwetenschappen. Rijksuniversiteit te Groningen*, 131 pp.

Dijkema, R. (1988): De Nederlandse kokkelvisserij in 1987, achtergronden en suggesties voor toekomstig beheer. *RIVO-DLO Rapport AQ 88-01*, 8 pp.

Dijkema, R. (1992): Spatfall and recruitment of mussels (*Mytilus edulis*) and cockles (*Cerastoderma edule*) on different locations along the European coast. *ICES Rapport C.M. 1992 / K:45 (Shellfish Committee)*, 12 pp. + fig.

Dörjes, J. (1992): Zur Populationsdynamik von *Cerastoderma edule* (L.) nach dem Eiswinter 1978/79 am Beispiel zweier Stationen der Jadewatten (Nordsee) in der Zeit von 1979 bis 1988. *Senckenbergiana marit.* 22, H. 1/2, p 21-28.

Ens, B. J.; Wintermans, G. J. M.; Smit, C. J. (1993): Verspreiding van overwinterende wadvogels in de Nederlandse Waddenzee. *Limosa* 4, p 137-144.

Essink, K. (1993a): Schelpenwinning Waddenzee; schelpkalkproductie. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Werkdocument GWAO-93.602x*, 10 pp.

Essink, K. (1993b): Ecologische effecten van baggeren en storten van baggerspecie in het Eems-Dollard estuarium en de Waddenzee. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Rapport DGW-93.020*, 64 pp.

Essink, K.; Bos, A. H. (1985): Growth of three bivalve molluscs transplanted along the axis of the Ems estuary. *Neth. J. Sea Res.* 19 (1), p 45-51.

Essink, K.; Visser, W.; Begeman, D. (1987): Inventarisatie van de makroskopische bodemfauna van de Dollard juni-juli 1985. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Rapport GWAO-87.155*, 35 pp.

Flach, E. C. (1994): Biotic interactions as structuring factors of intertidal soft-bottom communities: The effect of lugworms and cockles on the macrozoobenthic community and *Corophium* in particular. *Proefschrift ter verkrijging van het Doctoraat in de Wiskunde en Natuurwetenschappen, Rijksuniversiteit Groningen*, 127 pp.

Franklin, A. (1972): The cockle and its fisheries. *Laboratory Leaflets (New Series) nr. 26. Fisheries Laboratory, Lowestoft*, 34 pp.

Groenewold, A. (1986): De invloed van de plaatselijke dichtheid van oude kokkels (*Cerastoderma edule* L.) op vestiging en groei van kokkelbroed. *NIOZ, Texel Intern Verslag 1986-4*, 27pp.

Gullou, J ; Tartu, C. (1994): Post-larval and juvenile mortality in a population of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.) from northern Brittany. *Neth. J. Sea Res.* 33 (1), p 103-111.

Hancock, D. A. (1973): The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* 164, 113-131.

Huggett, D. (1992): Foreshore fishing for shellfish and bait. *RSPB-report, Sandy*, 54 pp.

Jackson, M. J.; James, R. (1979): The influence of bait digging on cockle, *Cerastoderma edule*, populations in North Norfolk. *J. appl. Ecol.* 16, p 671-679.

Janssen, G. M.; Loos, C.; Van Dijk, J. J. (1995): Doelgroepnotitie schelpdiervisserij. *RIKZ Rapport nr 95.052*, 29 pp.

Jensen, K.T. (1985): The presence of the bivalve *Cerastoderma edule* affects migration, survival and reproduction of the amphipod *Corophium volutator*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25, p 269-277.

Jensen, K. T. (1992): Macrozoobenthos on an intertidal mudflat in the Danish Wadden Sea: comparisons of surveys made in the 1930s, 1940s and 1980s. *Helgoländer Meeresunters.* 46, p 363-376.

Jensen, K. T. (1993): Density-dependent growth in Cockles (*Cerastoderma edule*): evidence from Interannual comparisons. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 73, p 333-342.

Jensen, K.T.; Jensen, J.N. (1985): The importance of some epibenthic predators on the density of juvenile benthic macrofauna in the Danish Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 89, p 157-174.

Jonsson, P. R.; André, C. (1992): Mass mortality of the bivalve *Cerastoderma edule* on the Swedish west coast caused by infestation with the digenean trematode *Cercaria cerastodermæ* l. *Ophelia* 36 (2), p 151-157.

Kanermans, P.; Van der Veer, H. W.; Karczmarski, L.; Doeglas, G. W. (1992): Competition in deposit- and suspension-feeding bivalves: experiments in controlled outdoor environments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 162 (1), p 113-135.

Kesteloo-Hendrikse, J. J. (1994a): Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde en de Waddenzee in 1993. *RIVO-DLO Rapport 94-007*, 11 pp.

Kesteloo-Hendrikse, J. J. (1994b): Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1994. *RIVO-DLO Rapport in voorber.*

Kesteloo-Hendrikse, J. J.; Van Stralen, M. R. (1992): Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde en de Waddenzee in 1992. *RIVO-DLO Rapport AQ 92-06*, 44 pp.

Kesteloo-Hendrikse, J. J.; Van Stralen, M. R. (1995): Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1995. *RIVO-DLO Rapport in voorber.*

Kleef, H. L. (1991): Het macrozoobenthos van de Hond-Paap in het Eems-Dollard estuarium in 1988. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Nota GWA0-91.061*, 55 pp.

Kreger, D. (1940): On the ecology of *Cardium edule* L. *Arch. néerl. Zool.* 4, p 157-200.

Kristensen, I. (1957): Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Wadden Sea. *Arch. néerl. Zool.* 12, 3, p 351-453.

Lambeck, R. H. D.; Berrevoets, C. M.; Brummelhuis, E. B. M.; Van den Dool, A.; Hannevijk, A. (1988): The cockle population of an intertidal flat in the Oosterschelde: the impact of severe winters, fishery and hydraulic engineering projects. In: *Heip, C. H. R. & Nieuwenhuize, E. S. (Eds): Progress Report 1987. DIHO, Yerseke*, p 36-38.

Meininger, P. L.; Berrevoets, C. M.; Strucker, R. C. W. (1995): Watervogels in de Zoute Delta 1991-94. *RIKZ Rapport nr 95.025*, 92 pp.

Meire, P. M.; Seys, J.; Buljs, J.; Coosen, J. (1994): Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde: are they influenced by the construction of the storm-surge barrier? In: Nienhuis, P. H.; Smaal, A. C. (Eds.): *The Oosterschelde estuary (The Netherlands): case-study of a changing ecosystem*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, *Hydrobiologia*, 282/283, p 157-182.

Miljwaard, B.; Coosen, J. (1987): Schelpenzuigen Oosterschelde. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWWS-87.455*.

Pihl, L.; Rosenberg, R. (1982): Production, abundance, and biomass of mobile epibenthic marine fauna in shallow waters, western Sweden. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 57, p 273-301.

Pouwer, R. (1985): De verspreiding, populatie-opbouw en groei van de kokkel op enkele platen in de Oosterschelde. *D.I.H.O., Yerseke. Stageverslag D4-1985*.

Prins, T. C.; Smaal, A. C. (1989): Carbon and nitrogen budgets of the mussel *Mytilus edulis* L. and the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in relation to food quality. In: ROS, J. D. (Ed): *Topics in Marine Biology. Sci. Mar.* 53, 2/3, p 477-482.

Saucier, R. T.; Calhoun JR, C. C.; Engler, R. M.; Patin, T. R.; Smith, H. K. (Eds.) (1978): Dredged Material Research Programme. (Technical Report DS-78-22) *US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi*, 227 pp.

Schekkerman, H. (1990): Consequenties van sociaal gedrag van foeragerende Scholeksters voor hun verspreiding en dichtheid in foerageergebieden. *Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Notitie GWA0-90.13078*, 10 pp.

Schoenmaker, A. (1985): Verspreiding en populatieopbouw van de Kokkel (*Cerastoderma edule*) op een aantal platen in de Oosterschelde. *DIHO studentenverslagen D6-1985, (Interimrapport BALANS 1984-10: 58 pp.)*.

Seys, J.; Meire, P. M.; Coosen, J.; Craeymeersch, J. A. (1994): Long-term changes (1979-1989) in the intertidal macrozoobenthos of the Oosterschelde estuary: are patterns in total density, biomass and diversity induced by the construction of the storm-surge barrier? In: Nienhuis, P. H.; Smaal, A. C. (Eds.): *The Oosterschelde estuary (The Netherlands): case-study of a changing ecosystem*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, *Hydrobiologia*, 282/283, p 251-264.

Smaal, A. C.; Verhagen, J. H. G.; Coosen, J.; Haas, H. A. (1986): Interactions between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde, The Netherlands. *Ophelia* 26, p 385-399.

Smit, C. J. (1994): Alternatieve voedselbronnen voor schelpdier-etende vogels in Nederlandse getijdewateren. *IBN-DLO Rapport 077*, 80 pp.

Steur, C.; Seys, J. (1989): Ecologisch profiel van de kokkel *Cerastoderma edule* (L. 1758). In: *Ecologisch Profiel Bodemdieren. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren*, p 28-38.

Sutherland, W. J. (1982): Spatial variation in the predation of cockles by oystercatchers at Traeth Melynog, Anglesey. II. The pattern of mortality. *J. Anim. Ecol.* 51, p 491-500.

Swanberg, I. L. (1991): The influence of the filter-feeding bivalve *Cerastoderma edule* L. on microphytobenthos: a laboratory study. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 151 (1), p 93-111.

Swennen, C. (1980): Ecological data on bird species of the Wadden Sea: Eider (*Somateria mollissima* L.). In: Smit, C. J. & Wolff, W. J. (Eds): *Birds of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam, p 78-84.

Swennen, C. (1981): Vogels en kokkels in de Waddenzee. *Waddenbulletin* 1981 nr 3, p 128-132.

Van Arkel, M. A.; Mulder, M. (1979): Inventarisatie van de macrobenthische fauna van het Eems-Dollard estuarium. *BOEDE Publicaties en Verslagen* no. 2-1979, 122 pp.

Van Arkel, M. A.; Mulder, M. (1982): Macrobenthische fauna van het Eems-Dollard estuarium: een kwalitatieve survey (1978); een kwantitatieve survey (1979); veranderingen in een periode van vijf jaar. *BOEDE Publicaties en Verslagen* no. 7-1982, 63 pp.

Van Dalfsen, J. A. (1994): Effecten van het lozen van baggerretourwater bij Ferwerderadeel (1990-1993). *Rijksuniversiteit Groningen*, 63 p, tab, foto's.

Van der Land, M. A. (1995): Effecten van de schelpdiervisserij op het bodemleven in de Voordelta: de schelpdierbestanden in de Voordelta in 1995. *RIVO-DLO Rapport in voorber.*

Van Stralen, M. R. (1990): Het kokkelbestand in de Oosterschelde en de Waddenzee in 1990. *RIVO-DLO Rapport AQ 90-03*, 47 pp.

Van Stralen, M. R. (1995): De groei en aanvoer van gekweekte mosselen (*Mytilus edulis*) na 1952 en de ontwikkeling van het kokkelbestand (*Cerastoderma edule*) in relatie tot het voedselaanbod, eutrofiëring en andere milieufactoren in de Waddenzee. *RIVO-DLO rapport 95.016*, 52 pp.

Van Stralen, M. R.; Kesteloo-Hendrikse, J. J.; Brand, C. M. (1991): Bestands-grootte en visserijmortaliteit van kokkels in de Oosterschelde in 1989. *RIVO-DLO Rapport AQ 91-02*, 44 pp.

Van Stralen, M. R.; Kesteloo-Hendrikse, J. (1992): Het kokkelbestand en de broedval van kokkels in de Oosterschelde en in de Waddenzee in 1991. *RIVO-DLO Rapport AQ 92-05*, 46 pp.

Verwey, J. (1952): On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Wadden Sea. Their role in sedimentation and the source of their food supply. With a short review of the feeding behaviour of bivalve molluscs. *Arch. néerl. Zool.* 10, p 171-239.

Verwey, J. (1981): The Cockle *Cerastoderma edule*. Life histories of some important Wadden Sea invertebrates. In: Dankers, N.; Kühl, H.; Wolff, W. J. (Eds.): *Invertebrates of the Wadden Sea*, Balkema, Rotterdam. p 115-116.

Visser, J. (1994): Zand- en schelpenwinning: Jaarverslag 1993. *Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Dienstkring Waddenzee West*, 6 pp.

Wolff, W. J. (1973): The estuary as a habitat. *Zoöl. Verh. (Leiden)* 126, 242 pp.

Yankson, K. (1986): Observations on byssus systems in the spat of *Cerastoderma glaucum* and *C. edule*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 66, p 277-292.

Zwarts, L. (1988): De bodemfauna van de Fries-Groningse waddenkust. *R.I.J.P. flevovericht* nr. 294. 195 pp.

Zwarts, L. (1991a): Mosselbanken: wadvogels op een kluitje. *Vogels jan/feb 1991*, p 8-12.

Zwarts, L. (1991b): Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastoderma edule* in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 28 (3), p 231-245.

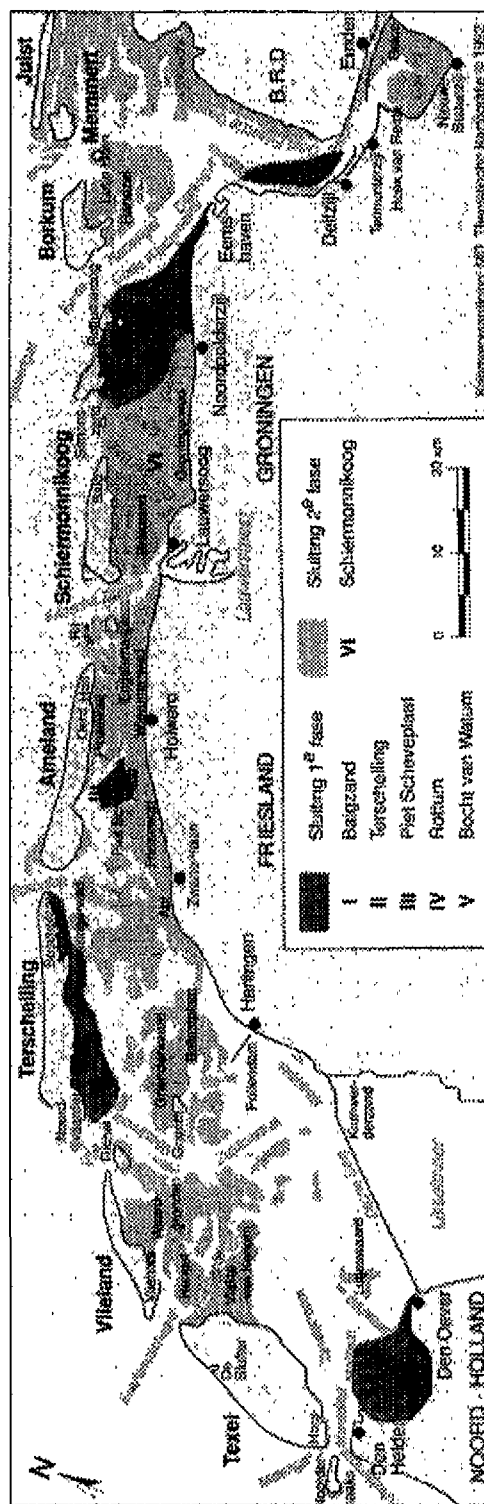
Bijlagen

Bijlage 1: De sinds 1993 voor de visserij op kokkels en mosselzaad gesloten gebieden in de Nederlandse Waddenzee.

Bijlage 2: De sinds 1993 voor de visserij op kokkels en mosselzaad gesloten gebieden in de Oosterschelde.

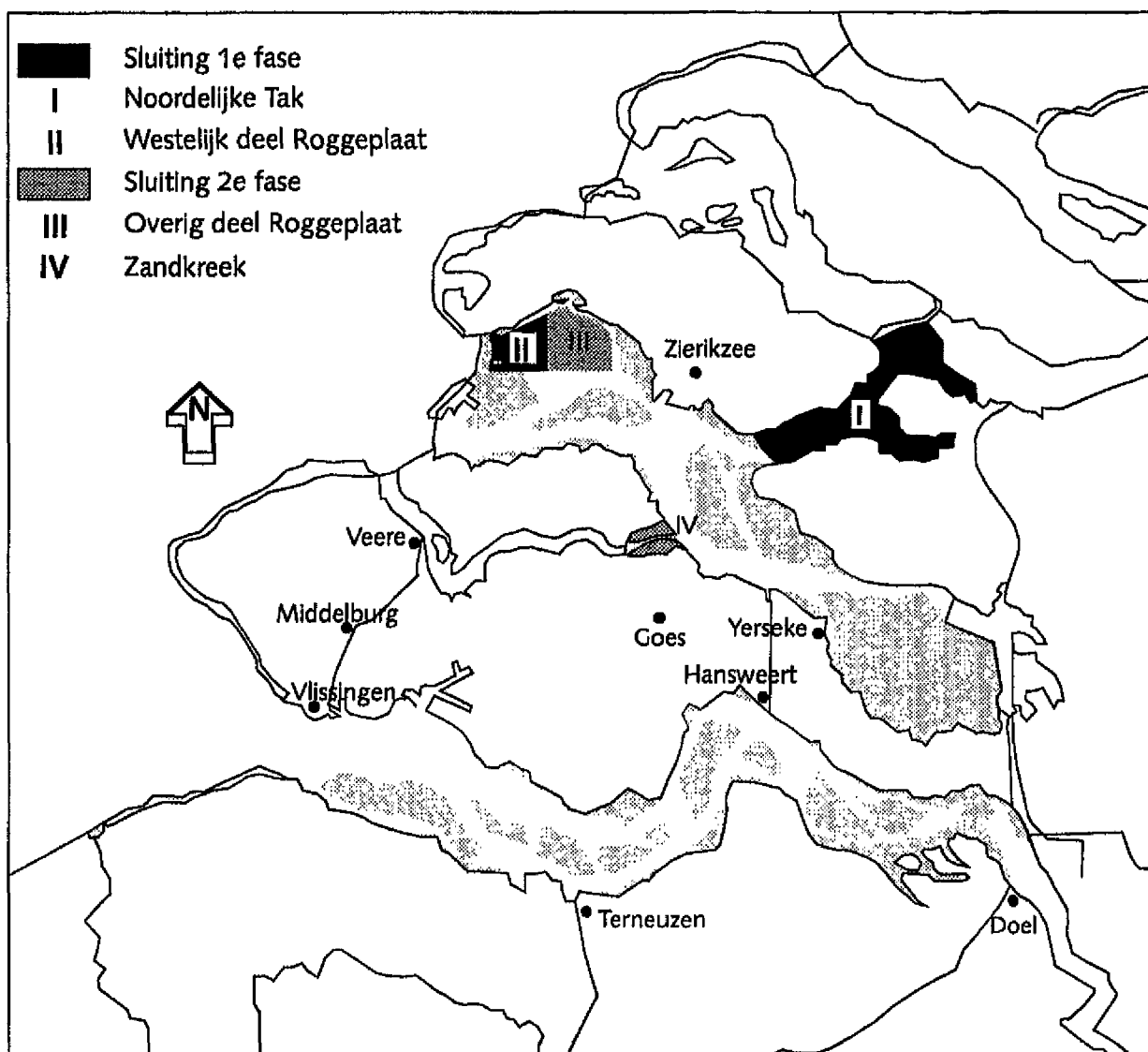
Bijlage 1

De sinds 1993 voor de visserij op kokkels en mosselzaad gesloten gebieden in de Nederlandse Waddenzee.



Bron: Anonymus, 1993: Structuurnota Zee- en kustvisserij (Regeringsbeslissing).

Bijlage 2 De sinds 1993 voor de visserij op kokkels en mosselzaad gesloten gebieden in de Oosterschelde.



Bron: Anonymus, 1993: Structuurnota Zee- en kustvisserij (Regeringsbeslissing).

Colofon

Auteur:

Peter Tydeman
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Afd. OSBW
Postbus 207
9750 AE Haren

Vormgeving:

Thea Westerveld
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Afd. ABB
Den Haag