

# **Exoten in de Nederlandse kustwateren**

## **Situatiebeschrijving en beheers- en onderzoeksvoorstellen**

Programma 418 projectnr. 418-3-1.5

**Nicola Tien**  
**Norbert Dankers**

Trefwoorden: exoten, xenodiversiteit, nonindigenous species (NIS),

**VERSIE 28-1-2004**

Contactpersoon LNV: Wilmar Remmelts, Folchert van Dijken

## **Inhoudsopgave**

- 1. Inleiding**
- 2. Vectoren voor verspreiding van exoten**
- 3. Samenstelling van de uitheemse flora- en fauna**
  - 3.1 Soortsamenstelling**
  - 3.2 Databases**
- 4. Oorsprong van exoten**
- 5. Effecten van exoten**
  - 5.1 Ecologische effecten**
  - 5.2 Economische en gezondheidsgevaaren**
- 6. Hazard- en Risk assessment**
- 7. Beheers- en onderzoeksaanbevelingen**
- 8. Conclusie**
- 9. Literatuurlijst**

## 1. Inleiding

Exoten zijn organismen die historisch gezien pas sinds korte tijd aanwezig zijn in een bepaald gebied. Ze kunnen verschenen zijn door natuurlijke verspreiding of door (bewuste of onbewuste) introductie door de mens. Ook kan sprake zijn van secundaire verspreiding na een introductie in een nabijgelegen gebied. In deze rapportage is de diversiteit en hoeveelheid aan exoten, die primair door menselijk handelen zijn verspreid, in de Noordzee bekeken. Ook wordt ingegaan op de (ecologische en economische) effecten die deze exoten hebben gehad en kunnen hebben in de Noordzee en zijn potentiële maatregelen om risico's te verkleinen besproken. Hiermee wordt een eerste indruk gegeven van de gevaren van exoten in de Noordzee en hoe binnen het beleid hiermee omgegaan kan worden.

Mariene bio-invasies worden door velen gezien als één van de belangrijkste oorzaken van schadelijke veranderingen in aquatische ecosystemen. Volgens het ICES (International Council for the Exploration of the Sea) hebben exoten wereldwijd in de laatste vijftig jaar grootschalige economische, ecologische en omgevingsveranderingen veroorzaakt in een verscheidenheid aan mariene milieus (ICES 2000). Ook de IMO (International Marine Organisation) en de WHO (World Health Organisation) van de Verenigde Naties waarschuwen voor de grote gevaren van mariene invasies. De FAO (Food and Agriculture Organisation van de VN) is bezorgd over de potentiële invloed van exoten op de voedselproductie in kustwateren en is bezig met het publiekelijk bewust maken van deze gevaren. De IUCN (International Union for the Conservation of Nature) ziet de impact van geïntroduceerde soorten wereldwijd als een wellicht grotere bedreiging voor de biodiversiteit dan het verlies aan habitat (Eno & Hamer 2002). Ook in wetenschappelijke literatuur wordt gewaarschuwd voor de mogelijkheid, dat exoten een significante reden kunnen zijn voor veranderingen in het mariene milieu (Ruiz et al 1997, Grosholz 2002, Perrings 2002).

Afhankelijk van hun ligging en verbindingen met omliggende wateren verschillen mariene gebieden in diversiteit en hoeveelheid aan exoten en hun effecten op de inheemse flora en fauna (Ruiz et al 1997). In deze rapportage worden voor de Nederlandse zoute wateren de omvang en het effect van biologische invasies besproken naar aanleiding van een *deskstudie*. Hierin is gewerkt met wetenschappelijke literatuur en *expert judgement*. Mogelijke preventieve en remmende maatregelen worden genoemd om de kans op toekomstige invasies met negatieve effecten te minimaliseren.

Onlangs verscheen een uitgebreide rapportage waarin uitgebreid aandacht wordt besteed aan exoten in de zoute en zoete wateren van Europa (Leppäkoski et al. 2002). Dit boek waaraan meer dan 100 specialisten hebben meegewerkt kan gezien worden als state of the art, zowel wat betreft overzicht van soorten, effecten als mogelijkheden voor bestrijding en preventie.

## 2. Vectoren voor verspreiding van exoten

Exoten kunnen op veel manieren invaderen. Allereerst is er de natuurlijke uitbreiding van het areaal. Dit speelt wellicht in de Noordzee waar de temperatuur stijgt sinds de ijstijden, en soorten die tijdens de ijstijd verdrongen zijn, langzaam weer uit het zuiden terugkeren. Hierop is uitgebreid ingegaan door Hofstede & Wolff (2002).

Daarnaast worden soorten uit andere gebieden geïntroduceerd door menselijke activiteiten. Een uitgebreid overzicht van deze soort vectoren wordt gegeven door Minchin & Gollasch (2002). Belangrijk is de primaire verspreiding, d.w.z. de antropogene introductie van een soort in een andere zoogeografische regio of ander klimaatgebied. Scheepvaart en aquacultuur zijn hierbij de meest voorkomende vectoren. In het zoete water en de estuaria zijn ook handel in soorten voor bijvoorbeeld recreatieve visserij en aquaria belangrijk als ook nieuwe verbindingen tussen watersystemen die eerst tot gescheiden stroomgebieden behoorden (van der Velde *et al.* 2002). In het zoute water van Nederland geldt dat vrijwel alle introducties onbedoeld zijn geweest, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een groot aandeel van geplande introducties in het zoete water (Reise *et al.* 1999).

Met betrekking tot aquacultuur als vector, gaan Wolff en Reise (2002) in op het grote belang van oestertransporten, waarbij zowel exotische oesters als allerlei onbedoeld meemigrerende organismen verspreid worden buiten de kweekgebieden. De oesterhandel en –kweek wordt als één van de belangrijkste vectoren voor de import van exoten gezien (Wolff & Reise 2002, Minchin & Eno 2002). Van de tachtig exoten in de Noordzee die Reise *et al.* (1999) noemen, zouden 32 met oesters geïmporteerd zijn. De helft van de soorten, die zich vestigen in de nabijheid van oesterkwekerijen spreidt zich uit naar natuurlijk habitat. Enkele van de door oesterkwekerijen geïntroduceerde soorten kunnen tot plaag gerekend worden, omdat ze toxisch zijn, ziekten veroorzaken (zoals *Bonamia* die de platte oester bijna heeft uitgeroeid), het ecosysteem veranderen (zoals het muiltje *Crepidula fornicata*), of gewoon onhandig zijn voor gebruikers, zoals recreanten, aquacultuur, koelwaterinlaten van schepen of centrales (bijvoorbeeld de stevige alg *Sargassum muticum*).

Ook internationale scheepvaart is een van de belangrijkste vectoren voor de verspreiding van exoten (Reise *et al.* 2002). Een veel gebruikte methode voor migratie is het bevestigen van een organisme aan de buitenkant van het schip. Sinds kort wordt door het gebruik van speciale verf het transport van organismen op deze manier sterk gereduceerd. Ook kunnen organismen via het ballastwater van een schip meeliften. Ballastwater wordt binnengelaten voor de kust, voor het verhogen van de stabiliteit van het schip als geen vracht aanwezig is in het schip. In de haven waar de vracht ingeladen wordt, wordt het ballastwater (en de aanwezige organismen) geloosd. Grote hoeveelheden soorten worden wereldwijd meegenomen in ballastwater. Het overgrote deel van de meegenomen organismen overleeft de reis en hun nieuwe omgeving niet. Echter, de soorten die deze reis wel overleven kunnen grote schade aanrichten. In de VS is de driehoeksmossel, *Dreissena polymorpha* op deze manier geïnvadeerd en heeft meer dan 40% van de wateren gekoloniseerd. Bijna een miljard euro is uitgegeven tussen 1989 en 2000 in het beheer van deze mossel (IMO 2003).

Als gevolg van het grote belang van scheepvaart en aquacultuur als vector voor exoten, zijn de hotspots voor het voorkomen van exoten dan ook havens en de nabijheid van oesterkwekerijen, waar ze leven op aangelegde harde substraten. Nadat een soort zich in een gebied gevestigd heeft kan secundaire verspreiding naar nabijgelegen gebieden optreden (Minchin & Eno 2002). Soms zijn daarbij dezelfde antropogene vectoren belangrijk die voor initiële verspreiding zorgden, maar ook natuurlijke mechanismen zoals zeestromen en migratie van larven of adulten kunnen als vector dienen. De helft van de soorten die zich vestigen in de nabijheid van oesterkwekerijen, spreiden zich uit naar natuurlijk habitat. Veel soorten zijn epibiont, sommige parasiet. Zeventien soorten komen alleen in klei en zand voor. Tien soorten zijn holoplanktonisch, misschien hier gekomen door natuurlijke immigratie.

### 3. Samenstelling van de uitheemse flora- en fauna

#### 3.1 Soortensamenstelling

Reise *et al.* (2002, 1999) geven een gedetailleerd overzicht van de exoten in de Noordzee. Hierbij worden 80 exotische soorten geteld. Het merendeel is invertebraat en voornamelijk kreeftachtigen, mollusken, borstelwormen en hydroiden. Macroalgen beslaan twintig soorten, voornamelijk rode en bruine algen. Er zijn twaalf exotische eencelligen ontdekt. Tweeëntwintig soorten komen voornamelijk in brak water voor. In de open zee bestaat van het macrobenthos 6% uit exoten, en in de estuaria loopt dat op tot 20%.

Een up-to-date lijst van geïntroduceerde soorten wordt ontwikkeld door Wolff (in press, 2003). Een voorlopige versie van deze lijst van de mariene en estuarine soorten is gerapporteerd als appendix in Hofstede & Wolff (2002). Hierin worden de soorten behandeld waarbij aangegeven wordt, waar en wanneer ze voor het eerst gezien zijn, en wat de huidige verspreiding is. De meest recente versie is nog niet gepubliceerd.

Eno *et al.* (1997) en Minchin & Eno (2002) gaan uitgebreid in op de exoten in de Britse kustwateren. Zij geven een vergelijkbaar getal (79 soorten) als exoot in Britse en Ierse wateren, als Reise *et al.* voor de Noordzee. Meer soorten worden gemeld van de Franse kust (Gouletquer *et al.* 2002). Van de door hen genoemde 104 soorten is 63 % invertebraat, 20% benthische algen en 8% fytoplankton. 61% Van de introducties vond plaats in de laatste 40 jaar, en vooral de zeventiger en tachtiger jaren worden gekenmerkt door primaire introducties. Ook in het zoete water is het merendeel van de geslaagde introducties in de laatste 50 jaar (Velde *et al.* 2002). Voor een deel wijten Velde *et al.* het succes aan het vrijkomen van niches en het verzwakken van autochtonen, omdat soorten verdwijnen door aantasting van habitat en verontreiniging. Walentius (2002) geeft een uitgebreid overzicht van geïntroduceerde algen en hogere planten in de Europese aquatische milieus. Van de 529 exotische vaatplanten in de Europese wateren komt 37% in het brakke of marine systeem voor. De echt aquatische planten in het mariene systeem waren 17% van het totaal aantal exoten. Er zijn in Europa 117 geïntroduceerde mariene macroalgen gemeld en 40 soorten microalgen (fytoplankton). De helft daarvan vormt massale bloeien of is toxisch. Ook Welch *et al.* (2001) geven veel informatie over de ecologie en biologie van 988 in Schotland geïntroduceerde soorten.

Met betrekking tot vissoorten, is weinig bekend over grootschalige invasies in de Noordzee, noch van ecologische of economische gevolgen van uitheemse vissoorten. Er zijn wel meldingen van soorten die in het verleden meer zuidelijk voorkwamen, zoals Ansjovis (pers. comm. H. Heessen, RIVO). Dit wijst op uitbreiding van het areaal als gevolg van het warmer worden van het klimaat. Ook Blauwkeeltje (Heessen *et al.* 1996) is zodanig in zijn verspreidingsgebied verschoven, dat ze nu in (grotere delen van) de Noordzee wordt aangetroffen. Deze gevallen worden als natuurlijke fluctuaties beschouwd en niet verder meegenomen in deze rapportage.

#### 3.2 Database

Reeds geruime tijd worden lijsten met uitheemse soorten gepubliceerd en meldingen van nieuwe soorten gedaan in zeer gespecialiseerde literatuur of correspondentiebladen van taxonomisch geïnteresseerden. Veel van die informatie verschijnt alleen lokaal. Zeer recent is een poging gedaan een overzicht te maken van beschikbare databases en internetsites waar specialisten hun meldingen bekend maken (Gollash 2002). Tevens onderhouden Eno *et al.* (2002) een database ([www.jncc.gov.uk/marine/dns](http://www.jncc.gov.uk/marine/dns)) waarin nieuwe meldingen van de gehele Britse kustwateren opgenomen worden. Op initiatief van Gollash en Panov is een Europees netwerk opgezet waar verschillende onderzoekers informatie kunnen uitwisselen en het is de bedoeling een internationale database ([www.zin.ru/projects/invasions/gaas/ernaismn.htm](http://www.zin.ru/projects/invasions/gaas/ernaismn.htm)) op te zetten, waarin zowel meldingen van nieuwe soorten komen als informatie over de impact. Daarnaast onderhoudt Wolff, zoals eerder genoemd, een lijst van exoten voor de Noordzee.

#### **4. Oorsprong van exoten**

Al sinds historische tijden worden organismen door mensen verplaatst. Leppäkoski *et al.* (2002) noemen soorten uit het Mediterrane en Ponto-Caspische gebied als gevolg van Romeinse handel en verspreiding van Amerikaanse soorten door de Vikingen rond 1000 AD. Een sterke toename vond plaats in de 16e en 17e eeuw toen de wereldhandel toenam. De meerderheid van de uitheemse soorten (>60%) is afkomstig uit de Pacifische en Indo-Pacifische regionen gevolgd door soorten uit Noord Amerika (20%) (Minchin & Eno 2002, Gouletquer *et al.* 2002). Een belangrijk oorzaak voor de import uit het Pacifische gebied is de handel en vooral waarschijnlijk de import van oesters (en hun verpakkingsmateriaal). Van de exotische invertebraten komt het merendeel uit het Atlantische gebied. Ze zijn waarschijnlijk voornamelijk als verstekelingen met schepen meegekomen. Het scheepsverkeer tussen de Amerika's en Europa is zeer intensief en het transport is relatief snel en met relatief lage temperatuurverschillen. Daarnaast is de rijkdom aan endemische macrobenthos in het westelijke Atlantische gebied relatief hoog (Reise et al 1999).

## 5. Effecten van exoten

Gedurende miljoenen jaren evolutie zijn soorten gevormd, omdat er geografische barrières waren tussen verspreidingsgebieden. In de biogeografie wordt de toename in homogeniteit die ontstaat door het slechten van deze barrières gezien als de belangrijkste gebeurtenis sinds het einde van de ijstijden (Crosby 1972 in Leppäkoski *et al.* 2002). De effecten van het introduceren van exoten zijn moeilijk te voorspellen. Ook is het moeilijk uitspraken te doen of effecten te beschrijven in termen van schadelijk, onschadelijk, ongewenst, verarming of verrijking (Carlton, 2002). Onderscheid moet hierbij gemaakt worden tussen ecologische en economische / gezondheidseffecten. Een exoot kan bijvoorbeeld economische voordelen hebben maar zeer schadelijk zijn voor het ecosysteem, zoals de later besproken Japanse oester. De paalworm heeft echter weinig ecologische, maar gigantische economische gevolgen gehad. Hoppe (2002) noemt het een van de meest effectieve en schadelijke exoten. Ook deze zal verderop besproken worden. In veel gevallen wordt een exoot alleen als schadelijk gezien als er economische schade optreedt. Een schoolvoorbeeld van zo'n redenatie wordt gegeven door Gouletquer *et al.* (2002). Van de 104 soorten exoten langs de Franse Atlantische kust noemen ze *Crepidula* en *Bonamia* als enige met een negatieve impact. De introductie van de Japanse oester wordt door hen als succesvol en een voordeel gezien, om de winstgevende commerciële oogst ervan. De ecologische gevolgen van deze oester worden hierbij echter buiten beschouwing gelaten. De oester concurreert namelijk met inheemse soorten en is onder andere een bedreiging voor de mosselbanken. In Nederland en Duitsland wordt de oester om deze ecologische nadelen eerder als een plaag beschouwd.

### 5.1 Ecologische effecten

Een probleem met het benoemen van negatieve ecologische effecten is het subjectieve karakter van deze kwalificatie. Voor sommigen is de aanwezigheid van elke exoot een negatief effect, voor anderen zijn pas problemen aanwezig als inheemse soorten tot extinctie gedreven worden. Een onderscheid moet daarom vooraf gemaakt worden in de verschillende potentiële negatieve effecten. Er zijn ook verschillende manieren waarop een exoot een effect kan teweegbrengen. Zo kan een inheemse soort bijvoorbeeld worden weggeconcurrerd, opgegeten, geïnfecteerd met ziektes of genetisch worden verzwakt door kruisingen (bijvoorbeeld kruisingen van kweekzalm met wilde zalm).

Zo kan een exoot de populatieomvang van een inheemse soort terugbrengen. Dit effect kan minimaal zijn of tot in grote delen van de oorspronkelijk populatie van de inheemse soort. De Amerikaanse zwaardschede (*Ensis americanus*) heeft bijvoorbeeld de inheemse zwaardschede in grote delen van de Nederlandse kust sterk gereduceerd in aantallen. In het ergste geval kan een exoot een inheemse soort uitroeien, waarvan in de Nederlandse kust nog geen gevallen bekend zijn. Ook kan door de invasie van een exoot het ecosysteem veranderen; interacties tussen de verschillende soorten en de abiotiek in de Noordzee kunnen verdwijnen/verschijnen of andere vormen aannemen. Zo heeft in het Victoriameer in Afrika de introductie van de Nijlbaars en de menselijke reacties hierop het complexe ecosysteem met 300 soorten cichliden totaal veranderd. Hele delen van het ecosysteem zijn veranderd of verdwenen en gespecialiseerde cichliden (bijvoorbeeld pedofagen die zich voeden aan broedsel gestolen uit de bek van muilbroedende vrouwtjes) zijn uitgestorven.

In de Noordzee hebben voor zover bekend geen uitroeiingen plaatsgevonden van inheemse soorten, naar aanleiding van de invasie van een exoot. Reise *et al.* concluderen dan ook in hun studies dat de exoten enkel een verrijking van de soortenrijkdom zijn geweest in de Noordzee (Reise *et al.* 1999, 2002). Er hebben echter wel op andere vlakken negatieve effecten opgetreden. Zo hebben lokale extinctions en ecologische structuurveranderingen opgetreden. Het exotische Engels slijkgras bijvoorbeeld verandert de soortensamenstelling ter plekke dramatisch en verdrijft daarbij sommige lokale soorten. In de Nederlandse kust wordt Klein slijkgras vaak verdreven door Engels slijkgras, terwijl in Engeland de twee soorten niet in hetzelfde gebied voorkomen. Klein slijkgras is op zijn beurt waarschijnlijk een kolonist geweest in de 19<sup>e</sup> eeuw. Zo verandert de soortensamenstelling lokaal door de eeuwen heen. Voor de Nederlandse kustzone zijn nog geen bewijzen aanwezig dat exoten inheemse soorten hebben uitgeroeid, maar er bestaat een reële

kans dat dit in de toekomst kan gaan gebeuren. Zo is sinds de jaren tachtig de Japanse oester in opkomst in de Nederlandse kust. Na het instorten van de Platte oesterkweek (door een zware winter en de oesterziekte), is de Japanse oester uitgezet en heeft zich sterk uitgebreid in de Oosterschelde en Grevelingen (Kater & Baars, 2003). Deze soort heeft zich naast in de kweken ook gevestigd in natuurlijke habitats. De oester heeft nog geen andere soorten lokaal uitgeroeid, maar deze kans is wel aanwezig. De soort neemt nog steeds toe in populatieomvang en het is onbekend wanneer het systeem zal stabiliseren. Ook kan de oester de ecosysteemstructuur plaatselijk veranderen (pers. comm. Dhr. A. Smaal). In de Waddenzee wordt de oester steeds vaker aangetroffen in de natuurlijke mosselbanken, wat een groot gevaar voor de natuurlijke mosselpopulatie kan zijn. In de Oosterschelde heeft de Japanse Oester grote banken ontwikkeld, waarop weer mosselen koloniseren, die niet van nature in de Oosterschelde voorkomen. Alhoewel de soort oorspronkelijk enkel harde substraten koloniseerde, is de Japanse Oester ondertussen ook zacht substraat gaan innemen, wat zijn potentieel aan habitat enorm uitbreidt (pers. comm. Mevr. K. Troost). De ontwikkeling van de Japanse oester in de Waddenzee is momenteel onderwerp van studie (Dankers et al 2004). Het gevaar is ook aanwezig dat de Japanse Oester andere schelpdieren zal verdrijven. Ook het bovengenoemde verhaal van de grote toename en de dominantie van de Amerikaanse zwaardschede over de inheemse zwaardschede is een voorbeeld van een ecologische verandering naar aanleiding van de introductie van een exoot.

Ook in andere delen van de Noordzee is gedocumenteerd dat grote problemen hebben plaatsgevonden. Laing & Gollasch (2002) noemen de alg *Coscinodiscus* als *nuisance* soort in Duitsland, omdat schuimvormende bloeien optreden en de soort niet eetbaar is voor zooplankton. Onlangs is de soort verantwoordelijk gesteld voor een ecologische ramp. Tijdens een grote bloei in 1996 in de Duitse Bocht werd een olieachtige laag op het zeeoppervlak gevormd waardoor grote hoeveelheden zeevogels de dood vonden. Daarna dreef de olielaag de Duitse Waddenzee binnen waar het wadoppervlak bedekt en van de lucht werd afgesloten. Zeer grote oppervlakken werden zuurstofloos, hetgeen resulteerde in sterfte. Door de afbraak van de dode dieren nam de zuurstofschuld nog verder toe, vormde zich het zeer toxische zwavelwaterstof, en traden "zwarte vlekken" op van vele vierkante kilometers groot. Alle macrobentos, garnalen, krabben en vissen in kleine prielen vonden de dood.

Soms worden exoten geïmporteerd voor kweek of uitgezet in het wild. Het kan dan gaan om snelle groeiers of soorten die resistent zijn tegen bepaalde ziekten. Als de soort nauw gelieerd is aan inheemse soorten kunnen in de wilde populatie kruisingen ontstaan met niet gewenste eigenschappen, bijvoorbeeld gevoeligheid voor ziekten of resistentie tegen lage temperaturen. Voorbeelden zijn bekend bij oesters en zalmen. Hoewel niet gericht op mariene soorten is deze problematiek uitgebreid belicht door Westman (2002). Ook andere problemen kunnen optreden bij soorten die in het wild worden uitgezet, veelal omdat het milieu zich niet heeft kunnen aanpassen aan de nieuwkomer. Veel voorbeelden worden gegeven door Minchin & Rosenthal (2002).

## **5.2 Economische en gezondheidseffecten**

Reise et al (2002) schatten dat de grootste problemen met de hoge invasiesnelheid van exoten in de Noordzee op het economisch en gezondheidsvlak liggen. Kwalitatief, en misschien ook kwantitatief, overschrijdt het gecombineerde effect van exoten de veel besproken effecten van eutrofiëring en toxische stoffen. Ze menen dat het effect wellicht vergelijkbaar van grootte is, als de effecten van visserij in de Noordzee en habitatverliezen langs de kusten. De grootste effecten worden hier besproken.

De Paalworm heeft grote economische consequenties gehad in de 18<sup>e</sup> eeuw, omdat alle structuren van hout in het water vervangen moesten worden door ander materiaal. Recent wordt met argusogen gekeken naar mogelijk negatieve economische en gezondheidsgevolgen van de Japanse Oester. Deze soort levert binnen de kweek geld op, maar vormt problemen in verband met recreatie, doordat de oester zich heeft verspreid naar natuurlijke habitats. Met name in de Grevelingen levert dit problemen op, omdat zwemmers en surfers zich ernstig kunnen verwonden



aan de scherpe oester. Als maatregel is de Japanse Oester actief verwijderd uit ondiepe gebieden en zijn er plannen om gebieden uit te diepen zodat daar ook oesters verwijderd kunnen worden door schepen (Brief Natuur- en Recreatieschap Grevelingen). Ook Bonamia, de oesterziekte, wordt veroorzaakt door een exoot en is een groot economisch probleem. Samen met strenge winters heeft deze Bonamia de Platte oesterteelt doen instorten en sluit de kweek en ontwikkeling van de platte oester voorlopig uit. Ook de mosselparasiet die in de jaren vijftig tot zeventig een desastreuze invloed had op de mosselcultuur in Nederland is ooit geïntroduceerd. Een positief economisch effect heeft de recente exoot, de Amerikaanse Zwaardschede. Deze wordt nu in Waddenzee en kustgebied tot de meest voorkomende schelpdieren gerekend. Ecologische effecten zijn niet bekend, en er heeft zich een kleine visserij ontwikkeld op deze soort.

Gezondheidseffecten van exoten zijn niet goed onderzocht voor de Noordzee. Zoals eerder genoemd levert de Japnse oester gezondheidsproblemen op, omdat de scherpe schelp van de oester verwondingen bij recreanten teweegbrengt. Een wellicht groter probleem zijn geïntroduceerde toxische algen. Van nature komen bloeien van soorten voor, die bij de mens diarree veroorzaken. Er zijn echter ook al individuen aangetoond van soorten die in bloeiomstandigheden neurotoxinen produceren en verlamming of de dood kunnen veroorzaken

Gouletquer *et al.* (2002) geven enkele voorbeelden van geïntroduceerde soorten die nadelige consequenties hadden voor de oester en mosselteelt in Frankrijk, maar veel van hun conclusies zijn ook geldig in Nederland. Allereerst lijkt het er op dat een florissante kweek van de Portugese oester (een in de 15e of 16e eeuw geïntroduceerde Taiwanese variant van de Japanse oester (Wolff 2001)) verdween door een geïntroduceerde ziekte met illegale import van Japanse oesters. Een ander voorbeeld van negatieve economische effecten buiten de Nederlandse Noordzee, is de Red King Crab die na introductie in Rusland zijn territorium uitgebreid heeft naar Noorwegen. Door predatie van deze krab zijn Jakobsschelpvelden en platvispopulaties op grote schaal uitgedund, wat zowel economisch als ecologisch grote negatieve effecten heeft opgeleverd.

## 6. Hazard- en Risk assessment

“Voorspellen is moeilijk, vooral de toekomst” (Quote toegeschreven aan verschillende wijsgeren, van oude Chinezen tot Einstein en Bohr). Er zijn een aantal vragen die opkomen bij het bepalen van potentiële toekomstige negatieve effecten. Zo moet men zich afvragen welke soorten in de toekomst kunnen arriveren en wanneer. Vervolgens moet de vraag gesteld worden of de soorten een wezenlijke invloed zullen hebben op het ecosysteem, economie of volksgezondheid. Daarop kan dan beleid worden geformuleerd. Door de grote ruimtelijk schaal van de Noordzee en de vele open verbindingen met andere wateren, zijn deze vragen erg moeilijk te beantwoorden. Voorspellingen zijn wellicht eenvoudiger in een klein gebied met weinig en heldere migratieroutes, zoals bijvoorbeeld een klein en slecht bereikbaar eiland. Voorbeelden zijn bekend van extincties van inheemse soorten op Zuidzeeeilanden met loopvogels. Daar zit het risico in roofdieren. Als zo'n eiland een rijke flora herbergt en het grootste risico schuilt in grote begrazers, dan is het beleid vrij eenvoudig op te stellen. Strengere invoerbepalende maatregelen hebben hierbij duidelijk effect en ook kan een eventuele introductie direct bestreden worden. De grootschalige en open aard van de Noordzee maakt het inschatten van invasiesuccessen, - tijdstippen en -invloeden moeilijk.

Een gedetailleerd uitgewerkte methodiek voor risk assessment (risico schatting) is beschreven door Hewitt & Hayes (2002). Zij werken in Australië, een land met veel ervaring met introducties die desastreuze gevolgen hadden (Opuntia-cactus, konijn, vos, varken, geit, cane-toad). Risicoschattingen berekenen de kans dat een niet-gewenste gebeurtenis plaatsvindt als resultaat van een bepaald handelen. Ze kunnen een beter begrip van het invasieprobleem genereren, zodat onder andere de meest controleerbare componenten van de invasieroute gedefinieerd kunnen worden. Er zijn verschillende methodes voor risicoschattingen. Het is van belang eerst te bepalen welk risico bekeken moet worden. Zo kan het binnenkomen van een exoot op zich niet gewenst zijn of zijn er pas bezwaren bij het veranderen van het ecosysteem of verdwijnen van inheemse soorten na een invasie.

Er zijn vervolgens drie opties voor risicobeheerstrategie;

- het niveau van risico accepteren en niets doen,
- geen enkel risico accepteren en het systeem proberen te controleren en
- het risicobeheersplan aanpassen aan de risicoschatting.

Volgens Hewitt en Hayes geeft deze laatste optie de beste balans van het stimuleren van zowel economie als ecologie.

Als er bijvoorbeeld informatie beschikbaar is over welke soorten in de toekomst een probleem zouden kunnen vormen, dan is het belangrijk de habitateisen van die soorten te kennen. Hiermee kunnen speciale beschermende maatregelen genomen worden bij importen uit gebieden met een vergelijkbaar habitat of milieuomstandigheden. In verschillende landen wordt op verschillende manieren omgegaan met het bepalen van risico's. Zo zijn er zwarte lijsten met soorten en lijsten met gebieden van waaruit import niet toegestaan is of aan speciale regels onderhevig. Gollasch (2002) geeft daarvan een overzicht.

## 7. Beheers- en onderzoeksaanbevelingen

### Beheersmaatregelen

Na een succesvolle invasie zijn exoten niet of nauwelijks te verwijderen (Reise et al 1999) en zullen ze geaccepteerd moeten worden. Beheer is wel mogelijk maar zal alleen tijdelijke effecten opleveren. Zo kunnen de Japanse oesterbanken worden bevist, waardoor de populatietoename gereduceerd kan worden, maar de oester zal niet permanent verwijderd kunnen worden. Alleen preventie is dus mogelijk als constructieve oplossing en het opstellen van efficiënte preventie procedures heeft dan ook prioriteit (Eno & Hamer 2002). Zij stellen de volgende vijf stappen voor:

1. Pas voorzorgprincipe toe – bij twijfel introductie verbieden
2. Strikte controle van import van alle levende organismen (en hun verpakkingsmateriaal)
3. Gebruik inheemse in plaats van geïntroduceerde soorten
4. Stel op regionale basis regels vast
5. Neem bestijding ter hand voordat een soort zich permanent vestigt

Omdat de primaire invasie van uitheemse mariene soorten vrijwel altijd plaatsvindt vanuit mondiale oorsprong via schepen en de invoer van mariculturen, is beheer op mondiaal niveau noodzakelijk. Aangeraden wordt de internationale “ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms” op te volgen. Deze code verschaft aanbevolen richtlijnen om negatieve gevolgen van gerichte introducties en vervoer van mariene organismen te minimaliseren. De code volgt een preventieve benadering. Het omvat alle gevaren met betrekking tot commerciële handel in levende organismen (zoals voor maricultuur, consumptie en onderzoek). Organismen die geïntroduceerd kunnen worden via het ballastwater van schepen vallen niet onder deze code. De richtlijnen voor deze organismen zijn opgesteld door de Internationale Maritime Organisation (IMO) van de Verenigde Naties procedures. Nederland is samen met 161 andere landen lid van de IMO. Deze richtlijn is nu nog op vrijwillige basis, maar in 2004 vindt een conferentie plaats, waarbij getracht wordt deze procedures wettelijk vast te leggen. Ook Taylor *et al.* (2002) stellen uitgebreide maatregelen met betrekking tot ballastwater voor. Een (Engelstalige) uittreksel van beide internationale richtlijnen is weergegeven in Appendix X.

Als deze twee internationale richtlijnen worden opgevolgd, zal waarschijnlijk de kans op import en schadelijke gevolgen van mariene organismen door antropogene vectoren minder zijn, aangezien ballast water en maricultuur de twee voornaamste vectoren zijn voor primaire invasie van mariene exoten in de Noordzee. Een aanvulling op deze preventieve maatregelen is het uitvoeren van de eerdergenoemde risicoschattingen (Hewitt & Hayes 2002), waarmee voor Nederland specifieke gevaren van exotische invasies kunnen worden vastgesteld. Zo kunnen bijvoorbeeld de belangrijkste vectoren voor de secundaire verspreiding worden benoemd. Veel verspreiding is secundair, welke dikwijls door andere vectoren (waaronder natuurlijke processen) plaatsvindt dan de introductie. Het is belangrijk deze vectoren te benoemen zodat het beleid erop af kan worden gestemd.

### Kennishiaat

In aansluiting op de risicoschattingen is een belangrijk probleem in het beheer van exoten de grote leemte in rapportage over de patronen en processen van invasies (Ruiz & Hewitt 2002, ICES 2000, Carlton 1996, Vermey 1996). Zo is het bijvoorbeeld van belang te weten welke soortkarakteristieken invasiesucces beïnvloeden, welke habitatkarakteristieken de bevattelijkheid van een plek bepalen en hoe de invasie verloopt. Verder onderzoek aan exoten is essentieel voor het begrijpen van mariene invasies en het reduceren van de gevaren van mariene invasies. Onderzoek naar mariene invasies is lange tijd onderbelicht geweest in vergelijking met onderzoek naar terrestrische en aquatische (zoetwater) invasies. Het onderwerp heeft de laatste jaren meer aandacht gekregen, omdat de gevolgen van mariene invasies duidelijk beginnen te worden. Daardoor zijn vele kennisleemten blootgelegd. Een aantal zijn relevant voor besluitvorming in

relatie tot beleid en beheer van invasies. Een groot aantal hiervan is belicht door ICES (2000), aangezien deze organisatie gericht is op beleid en beheer.

Het bestaan van meerdere simultane vectoren veroorzaakt grote beheersproblemen (ICES 2000). Meestal zijn de organismen die meereizen met de verschillende vectoren onbekend, totdat ze zichtbaar in het milieu aanwezig zijn, waarna effectief beheer niet meer mogelijk is. Een beter overzicht van de diversiteit en impact van de diverse vectoren is noodzakelijk, met een nadruk op de ruimtelijke en temporele schalen waarop exoten een gebied binnenkomen en zich verder verspreiden. Ook is informatie nodig over de soortenrijkdom, hoeveelheid en overlevingskans van de verschillende exoten per vector. Zo is het van belang te weten welke soorten in het ballastwater van een schip uit een specifiek gebied zitten, in welke dichtheid en met welke overlevingskans t.o.v. de reisduur- en route. Richtlijnen voor het verwijderen van organismen uit ballast water moeten ontwikkeld worden (ICES 2000). De effectiviteit van veel gebruikte methodes moet goed onderzocht worden. Ook havencontroles zullen moeten worden ontwikkeld en verbeterd (ICES 2000). Hetzelfde geldt voor soorten die meeliften met de import van aquacultuur.

Nauwkeurige monitoring van nieuwe invasies is hard nodig. Empirische data over het proces van binnenkomst, vestiging en secundaire verspreiding van exoten zijn vaak onnauwkeurig of geheel afwezig (Amobrogi 2001). Omdat invasies en secundaire verspreiding meestal landoverschrijdend zijn, is internationale communicatie van essentieel belang in het beheer van exoten (Ruiz & Hewitt 2002, ICES 2000). Er wordt aangeraden een monitoringsprogramma van exoten op te zetten en goede internationale contactnetwerken te bewerkstelligen (ICES 2000). Zoals uit deze rapportage blijkt zijn daarvoor verschillende initiatieven ondernomen, en verschijnen in veel landen goede overzichten van exoten. Mogelijkheden voor regelmatig en gestructureerd internationaal overleg dienen behouden te blijven of indien onvoldoende aanwezig ontwikkeld te worden

Ook is documentatie van de effecten van een mariene invasie nodig. De interacties van de uitheemse soorten met andere antropogene stressfactoren beïnvloeden de karakteristieken van een invasie en zullen goed onderzocht moeten worden (Amobrogi 2001). Zo zal met een opwarming van het klimaat een verandering plaatsvinden in de invasie- en vooral kolonisatiekans van een exotische soort en in de soortensamenstelling van exoten die kunnen invaderen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de soortensamenstelling in (opgewarmd) water rond elektriciteitscentrales, welke andere exoten bevat dan omringend water (Ruiz et al 1997). In het verleden bleef zo'n invasie wellicht beperkt tot het koelwaterbassin of de directe omgeving, maar met een stijgende zeewatertemperatuur is secundaire verspreiding over een veel groter areaal mogelijk. Het effect van een invasie op een hogere ruimtelijke en hogere temporele schaal moet onderzocht worden (Grosholz 2002). Zo is het van belang te weten hoe veranderingen in de eerste jaren doorvertalen naar permanente langdurige veranderingen. Hoever zal bijvoorbeeld de populatie van de Japanse Oester in de Noordzeekust doorgroeien en van welke factoren zal de uiteindelijke populatieomvang afhankelijk zijn.

Er is grote behoefte aan gedegen en constante taxonomische en systematische studies over mariene organismen (Grosholz, 2002, ICES 2000). Het aantal taxonomen is momenteel op een historisch dieptepunt en zijn noodzakelijk voor onderzoek aan en beheer van mariene invasies.

Een uitgebreide recente rapportage over exoten in Europa is geschreven door Leppäkoski *et al.* (2002). Dit boek waaraan meer dan 100 specialisten hebben meegewerkt kan gezien worden als *state of the art*, zowel wat betreft overzicht van soorten als effecten en mogelijkheden voor bestrijding en preventie.

## 8. Conclusie

Alhoewel mariene introducties door natuurlijke processen algemeen geaccepteerd worden (Ambrogi 2001), is de huidige snelheid van invasie wereldwijd schrikbarend verhoogd. Dit wordt veroorzaakt door de wereldwijde transporten over zee (via het ballast water) en de uitwisseling van organismen voor de aquacultuur, welke de verspreiding van soorten over de wereld onvoorspelbaar en groot maken. De hedendaagse mariene invasies worden algemeen aangenomen een groot gevaar voor de inheemse biota en de economie te zijn (oa Coblentz 1990, Mooney 1999, Grosholz 2002, Reise et al 1999, Ruiz 2000, Eno & Hamer 2002). Ook is bekend dat pathogenen en parasieten vaker worden verspreid over kustgebieden dan werd aangenomen. Zo worden ziektes als cholera in hoge dichtheden naar Amerikaanse havens verspreid, via ballast water en andere vectoren. De consequenties van deze exotische pathogenen voor inheemse soorten, visserij, aquacultuur en de menselijke gezondheid zijn potentieel enorm (Ruiz 2000).

Negatieve effecten zijn in de Noordzee zowel aangetoond voor de ecologie als economie en publieke gezondheid. In beide gevallen gaat het nog niet om grootschalige negatieve effecten. Alhoewel geen soorten zijn uitgeroeid door exoten, zijn veel gevallen bekend waarin wel de aantallen en dominantie van inheemse soorten is aangetast. Zo is ook het ecosysteem veranderd door de invasie van exoten. Negatieve gezondheids- en economische effecten zijn in enkele gevallen bekend, onder andere de zeer "dure" paalworm en de Platte oesterkweek vernietigende *Bonamia*. Hoe belangrijk deze negatieve gevolgen zijn is vanuit een wetenschappelijk oogpunt moeilijk te definiëren en zal afhangen van de publieke opinie en standpunt van de overheid en het bedrijfsleven. Het staat in ieder geval vast, dat het potentieel aan toekomstige negatieve effecten enorm is en dat deze gevolgen van veel grotere omvang kunnen zijn dan tot nu toe heeft plaatsgevonden. Uit andere kustgebieden zijn bijvoorbeeld grote negatieve gevolgen bekend, zoals het honderd miljoenen kostende beheer van de driehoeksmossel in Amerika. Om deze risico's te minimaliseren, wordt aangeraden de verschillende internationale richtlijnen voor preventie goed te volgen. De grootste primaire vectoren zijn immers van internationale aard en samenwerking in de preventie van de verspreiding door deze vectoren is daarom geboden. Preventie van verspreiding door het merendeel van de mogelijke vectoren wordt behandeld in de richtlijnen van de "ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms". Als daarnaast de richtlijnen voor ballastwater van de IMO van de VN worden nageleefd, wordt rekening gehouden met de belangrijkste vectoren. Ook kan het belangrijk zijn risicoschattingen te maken, zodat de specifieke verspreidingsprocessen in de Nederlandse Noordzee duidelijk worden. Zo kan de preventie specifiek op de Nederlandse situatie worden aangepast. In aansluiting hierop, moet ook meer aandacht besteed worden aan het opvullen van de grote kennisleemtes over dit onderwerp. Zonder goede kennis over de processen achter invasies is geen adequaat beheer mogelijk.

## 9. Literatuurlijst

- Amobrogi (2001)
- Carlton, J.T. (1996). "Biological invasions and cryptogenic species". *Ecology* **77**: 1653-1655.
- Carlton, J. T. & Minchin, D. (2000). "Theme session on marine biological invasions: retrospectives for the 20th century- prospectives for the 21st century" ICES annual science conference 2000.
- Carlton, J.T. 2002. Bioinvasion ecology: assessing invasion impact and scale. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 7-19
- Coblentz, B. E. (1990). "Exotic organisms - a dilemma for conservation biology" *Conservation Biology* **4**: 261-265.
- Dankers, N., E. Dijkman, M. de Jong, G. de Kort & A. Meijboom, 2004. De verspreiding en uitbreiding van de Japanse Oester in de Nederlandse Waddenzee. Alterra rapport XXXX
- Eno, N.C., Clark, R.A. & Sanderson, W.G. (eds) (1997) *Non native marine species in British waters: a review and directory*. JNCC 152 pp
- Eno, C. & J.P. Hamer (2002) Nature conservation implications of marine biological invasions In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management* 477-483
- Gollasch, S. (2002). Databases on aquatic alien species: North and Mediterranean seas and non-European initiatives. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management* 520-524
- Gollasch, S. 2002 Hazard analysis of aquatic species invasions. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 447-455
- Gouletquer, P., G. Bachelet, P. G. Sauriau & P. Noel. (2002) Open atlantic coast of Europe – A century of introduced species into French waters. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 276 - 290
- Grosholz, E. (2002). "Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions." *Trends in Ecology & Evolution* **17**(1): 22-27.
- Haas, G., M. Brunke, & B. Streit. 2002. Fast turnover in dominance of exotic species in the river Rhine determines biodiversity and ecosystem function: An affair between amphipods and mussels. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 426-432
- Hewitt, C.L. & Hayes, K.R. (2002). "Risk assessment of marine biological invasions." *Invasive aquatic species of Europe* In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*) 456-466
- Hofstede R. ter & W.J. Wolff 2002. De introductie van nieuwe soorten in de Nederlandse Noordzee. Een Ecologische graadmeter voor klimaatverandering volgens de GONZ-systematiek. Ongepubl rapport RUG, in opdracht van RIKZ (89 pp)
- Hoppe, K.I. 2002. *Teredo navalis* - The cryptogenic shipworm In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 116-119
- Kater, B.J. & J.M.D.D. Baars 2003. Reconstructie van oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidige oppervlak. RIVO rapport C017/03
- Laing, I. & S. Gollasch *Coscinodiscus wailesii* - A nuisance diatom in European waters In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 53 - 55
- Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 583 pp
- Minchin, D. & S. Gollasch 2002. Vectors - How exotics get around. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (Eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 183-192

- Minchin, D. & H. Rosenthal 2002. Exotics for stocking and aquaculture, making correct decisions. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 206-216
- Minchin, D. & C. Eno (2002). Exotics of coastal and inland waters of Ireland and Britain. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 267-275
- Mooney, H. A. (1999). "The global invasive species program (GISP)." *Biological Invasions* **1** 97-98
- Nehring, S. & Leuchs, H. (1999). "Introduced macrozoobenthic species at the German North Sea - A review." *Wadden Sea Newsletter* **1** 10-13
- Occhipinti-Ambrogi, A. (2001). "Transfer of marine organisms: a challenge to the conservation of coastal biocoenoses." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **11**: 243-251.
- Occhipinti-Ambrogi, A. S., D. (2003). "Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems." *Marine Pollution Bulletin* **46**: 542-551.
- Reise, K., Gollasch, S. & Wolff, W.J. (1999). "Introduced marine species of the North Sea coasts." *Helgolander Meeresuntersuchungen* **52**: 219-234.
- Reise, K., Gollasch, S. & Wolff, W.J. (2002). "Introduced marine species of the North Sea coasts." *Invasive species of Europe* In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*: 260-266
- Ruiz, G.M. *et al.* (2000). "Global spread of microorganisms by ships: Ballast water discharged from vessels harbours a cocktail of potential pathogens" *Nature* **408**: 49-50
- Ruiz, G.M. & Hewitt, C.L. (2002). "Towards understanding patterns of coastal marine invasions: A prospectus" *Invasive aquatic species of Europe* (In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*): 529-547
- Smit, A. 2003. *Vreemde gasten*. *Intermediair* **35**: 38-41
- Taylor, A., G. Rigby, S. Gollasch, M. Voigt, G. Hallegraeff, T. Mccollin & A. Jelmert. 2002. Preventive treatment and control techniques for ballast water. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 484-507
- Velde, G., I. van der, Nagelkerken, S. Rajagopal & A. Bij De Vaate 2002. Invasions by alien species in inland freshwater bodies in western Europe: The Rhine Delta. In: In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (Eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 360-372
- Vermeij, G.J. (1996). "An agenda for invasion biology." *Biological Conservation* **78**: 3-9.
- Walentius, I. (2002). Introduced marine algae and vascular plants in European Aquatic environments. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 27-55
- Welch, D., Carss, D.N., Gornal, J., Manchester, S.J., Marquis, M., Preston, C.D., Telfer, M.G., Arnold, H. & Holbrook, J. (2001) An audit of alien species in Scotland. *Scottish Natural Heritage Review* No 139
- Westman, K. 2002. Aliencrayfish in Europe Negative and positive impacts and interactions with native crayfish. In: Leppäkoski, E. S. Gollasch & S. Olenin (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer Dordrecht 76-95
- Wolff, W. J. (1999). "Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands; why are there so many?" *Helgolander Meeresuntersuchungen* **52**: 393-400.
- Wolff W.J. 2001. Van Deshima naar Termunterzijl. *Waddenbulletin* **2**: 14-15
- Wolff, W.J. 2002 List of exotic marine and estuarine species introduced into the Netherlands. Abridged version of manuscript in prep. In: Hofstede R. ter & W.J. Wolff 2002. *De introductie van nieuwe soorten in de Nederlandse Noordzee. Een Ecologische graadmeter voor klimaatverandering volgens de GONZ-systematiek*. Ongepubl rapport RUG, in opdracht van RIKZ (89 pp)