

Zoet zout Zuid-Holland

Autoecologie van enige karakteristieke estuariene organismen.



Peter Paalvast
november 1999



Zoet zout Zuid-Holland

Autoecologie van enige karakteristieke estuariene organismen.

Peter Paalvast

november 1999



Asterstraat 19
3135 HA Vlaardingen
010-4342622
ecoconsult@versatel.nl

In opdracht van Rijkswaterstaat
RIZA, Lelystad

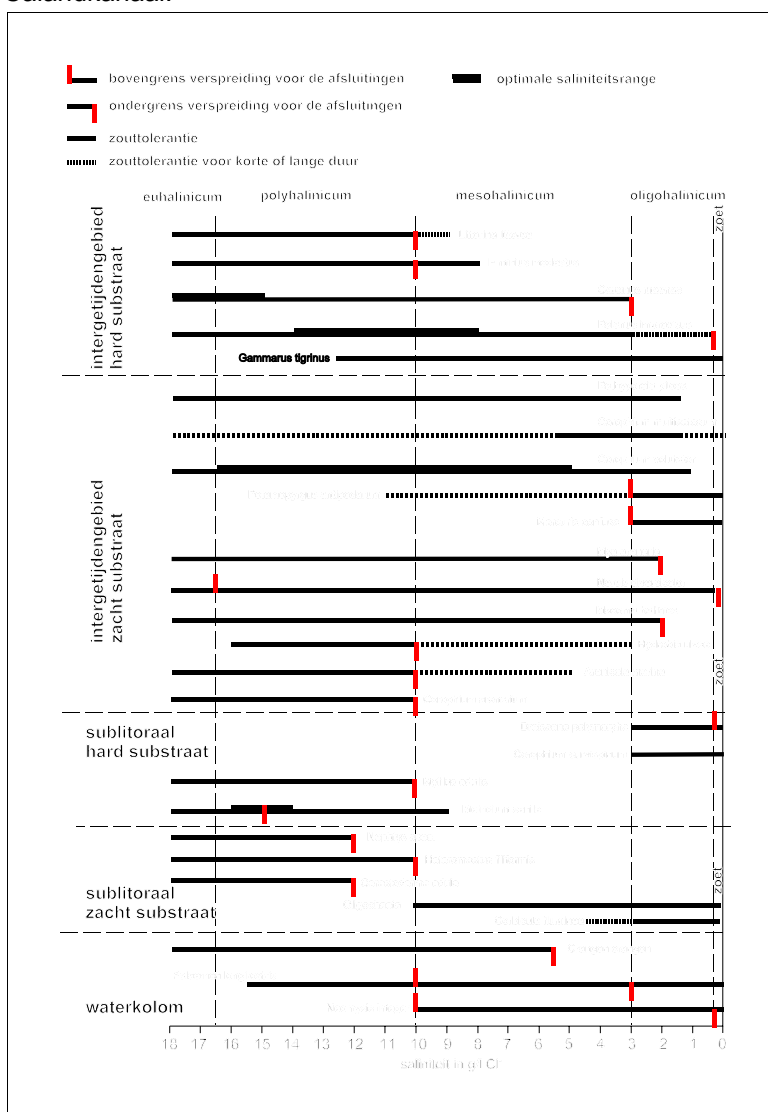
Inhoud

Samenvatting	I
1. Inleiding	1
2. Methodiek	3
3. Effecten van verhoogd zoutgehalte in estuaria op organismen	4
3.1 Rijn-Maas-estuarium	4
3.2 Elbe-estuarium	6
3.3 Estuarium van de la Rance	8
4. Bepalende factoren voor het voorkomen van soorten	9
4.1 abiotische karakteristieken	9
4.2 biotische karakteristieken	11
5. Selectie van planten en benthos	12
5.1 planten	12
5.2 benthos	14
5.2.1 geselecteerde karakteristieke soorten	17
5.2.1.1 polyhaliene zone	19
5.2.1.2 mesohaliene zone	20
5.2.1.3 oligohaliene zone	21
5.2.1.4 limnetische zone	22
5.2.2 autoecologie van de geselecteerde soorten	24
5.2.2.1 macro-algen (wieren)	24
<i>Blidingia minima</i> var. <i>ramifera</i> (Klein darmwier)	24
<i>Enteromorpha</i> sp. (Darmwier)	25
<i>Fucus vesiculosus</i> (Blaaswier)	25
5.2.2.2 macro- en suprabenthos	26
<i>Metridium senile</i> (Zeeanjer)	26
<i>Nereis diversicolor</i> Zeeduizendpoot	27
<i>Nephtys hombergii</i> , <i>Nephtys caeca</i> en <i>Nephtys cirrosa</i> Zandzagers	28
<i>Arenicola marina</i> Zeeper	29
<i>Heteromastus filiformis</i> Draadworm	30
<i>oligochaeten</i>	31
<i>Elminius modestus</i> Nieuwzeelandse pok	32
<i>Balanus improvisus</i> Brakwaterpok	33
<i>Corophium spec.</i> (Slijkgarnalen)	34
<i>Crangon crangon</i> Gewone garnaal	36
<i>Palaemon longirostris</i> Langneus steurgarnaal	37
<i>Bathyporeia pilosa</i> Kniksprietkreeftje	38
<i>Gammarus tigrinus</i> Tijgervlokreeft	39
<i>Neomysis integer</i> Aasgarnaal	40
<i>Carcinus maenas</i> Strandkrab	41
<i>Hydrobia ulvae</i> Wadslakje	42
<i>Littorina littorea</i> Gewone alikruik	43
<i>Potamopyrgus antipodarum</i> Jenkins'waterhoren	44
<i>Mercuria confusa</i> Getijdenslak	45
<i>Macoma balthica</i> Nonnetje	46
<i>Mya arenaria</i> Strandgaper	47
<i>Cerastoderma edule</i> Kokkel	48
<i>Mytilus edulis</i> Mossel	49
<i>Dreissena polymorpha</i> Driehoeksmossel	50
<i>Corbicula fluminea</i> Aziatische korfmossel	51

6. Discussie	52
7. Literatuur	58
Bijlage 1	72
Bijlage 2	73
Bijlage 3	75

In de toekomst zal het benedenrivierengebied (estuarium van Rijn en Maas) te maken krijgen met een sterkere zoutindringing. Dit zal enerzijds een gevolg zijn van autonome ontwikkelingen als bodemdaling en zeespiegelrijzing, maar anderzijds voortkomen uit nieuw beleid waarin herstel van estuariene gradiënten wordt nagestreefd. Het betreft hier een ander beheer van de Haringvlietsluizen. Rijkswaterstaat wil de gevolgen hiervan op organismen modelmatig kunnen voorspellen. Als eerste aanzet hiertoe is onder andere de voorliggende literatuurstudie verricht. Deze heeft zich toegespitst op macrobenthossoorten (en zijdelings hogere planten) die karakteristiek zijn voor de compartimenten in de zoet-zout-overgang van het estuarium van Rijn en Maas. Dit heeft een set soorten opgeleverd waarvan de habitat en de zouttolerantie wordt beschreven (zie figuur). Gezien de gevoeligheid van deze soorten voor veranderingen in het zoutgehalte lijken zij geschikt als indicatorsoorten in een effect-voorspellend model. Belangrijkste struikelblok is een tekort aan kennis van de horizontale bodemsamenstelling en de huidige samenstelling en verspreiding van het sublitorale macrobenthos en suprabenthos van de Nieuwe Waterweg, het Hartelkanaal, het Beerkanaal en het Calandkanaal.

Zouttolerantie van de geselecteerde macrobenthossoorten. (macroalgen en hogere planten zijn niet opgenomen).



1. Inleiding

het begrip estuarium

“Een estuarium is een overgangsgebied tussen één of meerdere rivieren en de zee, waar naast de rivierafvoer het getij een meer of minder sterke invloed heeft op de waterbeweging, en zoet en zout water elkaar ontmoeten. Het getij is het belangrijkste fysische proces dat het getijdengebied vorm geeft en in stand houdt.”

Bovenstaande definitie is te vinden in het rapport “Doelstellingen ecologisch herstel benedenrivierengebied” (Ruys et al., 1993). Om een estuarium verder te karakteriseren wordt vervolg met :

Als overgangsgebied is het estuarium rijk aan gradiënten in processen en milieufactoren, en daarmee samenhangend gradiënten in en een grote variatie aan biotopen en levensgemeenschappen. Kenmerkende gradiënten zijn:

- *de overgang in hydrologische en morfologische dynamiek, van rivierdynamiek naar zeedynamiek;*
- *de overgang van het zoete rivierwater naar het zoute zeewater;*
- *de overgang van riviersediment naar zeesediment;*
- *de overgang van zoetwaterorganismen naar brak- en vervolgens zoutwaterorganismen;*
- *een landschappelijke gradiënt. Aan zeezijde heeft het gebied een open karakter, met brede stroomgeulen, omzoomd door strand en duinen aan de kust en door brede slikken en gorzen meer landinwaarts. Stroomopwaarts verschijnt in toenemende mate opgaande begroeiing langs de oevers. Dit zet zich verder door tot in het rivierlandschap van oibossen in het bovenrivierengebied.*

ontwikkelingen in het estuarium

Het benedenrivierengebied maakte tot de uitvoering van het Deltaplan onderdeel uit van het omvangrijke estuarium van Rijn en Maas dat o.a. de grote wateren Haringvliet, Hollandsch Diep, Grevelingen en Oosterschelde omvatte. Alle bovenomschreven karakteristieken waren er te vinden. Door de Deltawerken zijn deze grote wateren vanwege de veiligheid, maar ook ten behoeve van andere functies (landbouw- en drinkwatervoorziening, scheepvaart) van elkaar geïsoleerd. De geleidelijke zoet-zoutovergang van het Rijn-Maas-estuarium is nu alleen nog maar te vinden in de Nieuwe Waterweg en bijbehorende havensystemen en sinds november 1997 in het Hartelkanaal. Systemen die vooral in het oog springen door de zwaar verdedigde harde oevers en het nagenoeg afwezig zijn van zachte overgangen van water naar land met bijbehorende estuariene flora en fauna.

nieuw beleid

In het huidige waterbeleid wordt ernaar gestreefd estuariene gradiënten te herstellen. Zo lopen er initiatieven voor de Oosterschelde (Haas, 1998) en de Waddenzee (Anonymus, 1996). Voor het benedenrivierengebied liggen er grootschalige maatregelen in het verschiet in de vorm van een ander beheer van de Haringvlietssluisen. In 1998 is hiervoor een MER (Paalvast, et al., 1998) afgerond waarvoor op het moment van schrijven de inspraakprocedure van start is gegaan. Voor het benedenrivierengebied betekent een ander beheer van de Haringvlietssluisen dat het nu

volledig zoete Haringvliet in de toekomst weer met zilt water te maken zal krijgen. Ook zal de waterbeweging in het benedenrivierengebied minder gestuurd zijn, waardoor er een geringere en meer wisselende rivierafvoer via Nieuwe Waterweg en Hartelkanaal plaats zal vinden dan nu het geval is. Immers middels het sluisbeheer wordt de afvoer op deze rivieren zolang mogelijk gehandhaafd op minimaal 1500 m³/s, om verzilting van de noordrand van het benedenrivierengebied tegen te gaan.

doel en afbakening van deze studie

Naast hernieuwde en verdere zoutindringing door nieuw beleid neemt de zoutindringing ook toe door autonome ontwikkelingen als de rijzing van de zeespiegel en de daling van Nederland. Om de gevolgen van verhoogd zoutgehalte op levensgemeenschappen modelmatig te kunnen weergeven, moet men kennis vergaren van de effecten hiervan op organismen dan wel van hun ecologische bandbreedte met betrekking tot zouttolerantie. Hiermee is het doel van deze literatuurstudie vrijwel omschreven. De studie beperkt zich tot het macrobenthos van de waterbodem, het suprabenthos (met uitzondering van zoogdieren en vissen) en oevergebonden fauna. Aan oevergebonden flora zal slechts zijdelings aandacht worden besteed. Een aantal representatieve soorten komt aan de orde.

Een eerste literatuurscan maakte al snel duidelijk dat er weinig onderzoek is gedaan naar effecten van verhoogd zoutgehalte op organismen. Besloten is daarom vooral aandacht te schenken aan de autoecologie van organismen waarmee de diverse compartimenten van het estuarium van Rijn en Maas kunnen worden gekarakteriseerd. In strikte zin gaat het hier om het Haringvliet en omgeving, de Nieuwe Waterweg en aanliggende havensystemen en het Hartelkanaal.

2. Methodiek

Voor het verzamelen van informatie zijn vier wegen bewandeld.

- literatuuronderzoek via internet
- literatuuronderzoek via geautomatiseerde literatuurbestanden
- literatuuronderzoek in eigen bestand (schrijver van dit rapport)
- directe benadering van deskundigen

internet

Op het internet is gezocht met verschillende combinaties van sleutelwoorden. Het beste resultaat werd geboekt door direct op soort- of estuariumnaam te zoeken. Afgezien van enige autoecologische gegevens heeft dit geresulteerd in contacten met:

1. verschillende medewerkers (en instituten) aan het wetenschappelijk onderzoeksprogramma *Seine Aval*.
2. die Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe.

geautomatiseerde literatuurbestanden

Bij onderstaande instituten zijn met verschillende combinaties van sleutelwoorden (zie bijlage 1) alle aldaar beschikbare geautomatiseerde literatuurbestanden geraadpleegd.

- NIOO-CEMO (Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Centrum voor Estuariene en Mariene Oecologie) te Yerseke. Dit is het voormalige DIHO (Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek) dat indertijd is opgezet om vóór de uitvoering van het Deltaplan het estuarium van Rijn en Maas hydrologisch, morfologisch en ecologisch in kaart te brengen en tijdens de uitvoering de gevolgen van de ingrepen te bestuderen.
- RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee) voortgekomen uit de vroegere Deltadienst van Rijkswaterstaat. De Deltadienst heeft het grootste deel van de Deltawerken uitgevoerd. Tijdens de uitvoering heeft het veel hydraulisch, hydrologisch en morfologisch onderzoek verricht in de veranderende Delta.
- RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling) voortgekomen uit het vroegere Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater.

eigen bestand

In het eigen bestand bevindt zich de belangrijkste determinatieliteratuur voor alle in onze regio voorkomende flora en fauna van zowel zoete, brakke en zoute watersystemen en daarmee samenhangende systemen. In deze literatuur worden soms autoecologische gegevens vermeld.

directe benadering van deskundigen

Meerdere deskundigen (zie bijlage 2) welke onderzoek doen in met name de grotere estuaria in het buitenland zijn benaderd. Dit heeft verschillende rapportages uit het zogenaamde grijze circuit opgeleverd.

3. Effecten van verhoogd zoutgehalte in estuaria op organismen

.....

Naar effecten van verhoogd zoutgehalte op aquatische levensgemeenschappen is tot nog toe weinig systematisch onderzoek gedaan (zie hoofdstuk 1), dit terwijl er over de gehele wereld grootschalige projecten plaatsvinden waardoor zout water steeds verder landinwaarts dringt. Het gaat hier met name om verdieping en verbreding van riviermondingen ten behoeve van de scheepvaart, maar ook het aanleggen van grote zeehavens. Doch de verzilting komt niet alleen vanuit zee. Zo is bijvoorbeeld door lozingen van voornamelijk de Franse kalimijnen het natuurlijk chloridegehalte in de Rijn van 0,010 à 0,015 g/l Cl⁻ vertienvoudigd tot gemiddeld 0,150 g/l Cl⁻ (Middelkoop & van Hasselen, 1999). Men heeft echter niet gaande de verhoging van het zoutgehalte van de Rijn de gevolgen hiervan op organismen bestudeerd, maar geconstateerd dat brakwatersoorten (overigens niet inheems) als *Gammarus tigrinus* en *Corophium curvispinum* ten gevolge hiervan de Rijn ver stroomopwaarts hebben gekoloniseerd (Kinzelbach, R. et al., 1990).

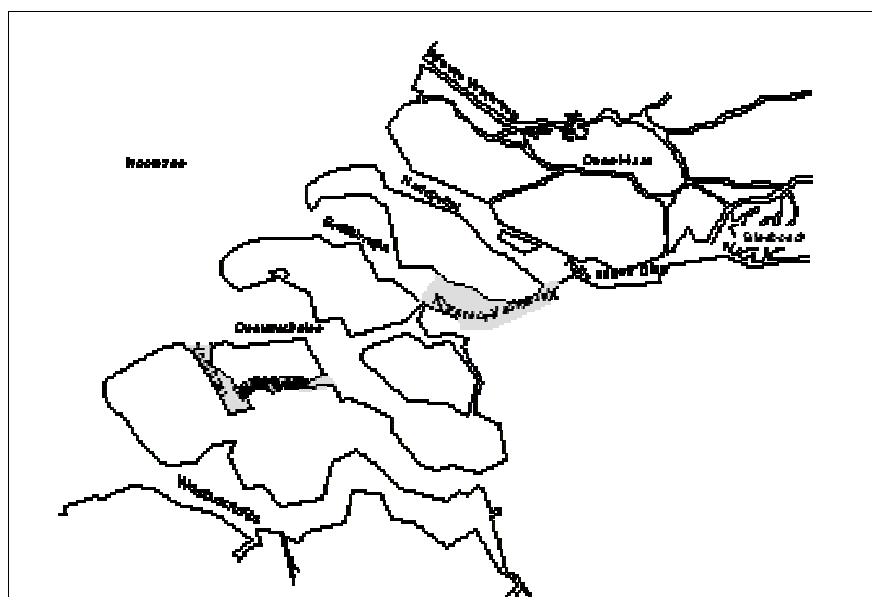
Toch zijn in een drietal Europese estuaria gedurende lange of kortere tijd de gevolgen van een structureel verhoogd zoutgehalte op de samenstelling van de levensgemeenschappen bestudeerd. Navolgend wordt hiervan een samenvatting gegeven.

3.1 Rijn-Maas-estuarium

Met de uitvoering van het Deltaplan werden gaandeweg grote delen van het estuarium van de rivier afgesloten maar behielden voor korte dan wel langere tijd een open verbinding met de zee. Zo werd het Veersche Gat in 1961, een jaar nadat de Kreekrakdam tot stand was gekomen, van de zee afgesloten. De Grevelingen verloor het directe contact met het estuarium door het tot stand komen van de Grevelingendam aan de landzijde in 1964, maar bleef open tot aan het sluiten van de Brouwersdam in 1971. Het Krammer-Volkerak en de Oosterschelde werden in 1969 door de

.....
Figuur 1

Ligging van het Krammer - Volkerak, Veeregat en Zandkreek in voormalige estuarium van Rijn en Maas.



Volkerakdam van het estuarium losgemaakt. Het Krammer-Volkerak bleef in open verbinding met de zee tot 1987 toen het door het gereed komen van de Philipsdam en de Oesterdam van de Oosterschelde werd afgesneden.

Veeregat

In de periode dat het Veeregat (Veersche Gat) nog open was (figuur 10), heeft er geen onderzoek plaatsgevonden naar de effecten van verhoging van het zoutgehalte op organismen.

Grevelingen

Voor de Grevelingen (figuur 10) is dit wel gebeurd, waarbij het onderzoek zich toespitste op de gevolgen voor zeegrasvelden, schorren, darmwiervegetatie en mosselbanken (Nienhuis, 1978). Voor de aanleg van de Grevelingendam was er hier sprake van een fluctuatie in het zoutgehalte van 9 tot 16,5 g/l Cl⁻ en na de aanleg veranderde dit in een min of meer stabiel chloridegehalte van gemiddeld 15 g/l. Naar de gevolgen voor het macro- (met uitzondering van de mossel) en suprabenthos is niet gekeken.

Krammer Volkerak

In het Krammer-Volkerak-estuarium (figuur 1) daarentegen heeft Wolff (1971) gekeken naar de gevolgen van structurele verhoging van het zoutgehalte op de benthosgemeenschappen van het intergetijdengebied. Voor de afsluiting in 1969 fluctueerde de saliniteit tussen de 0,3 en 15 g/l Cl⁻ met op sommige plaatsen verschillen van 7 g/l Cl⁻ of meer per getijcyclus. Na de afsluiting begon de saliniteit te stijgen. Na een maand bedroeg deze overal 10 g/l Cl⁻ en na drie maanden meer dan 14 g/l. Hierna heeft zich een saliniteitsgradiënt ingesteld van minimaal 9 g/l Cl⁻ (maximaal 13 g/l Cl⁻) bij de Volkerakdam tot minimaal 13 g/l Cl⁻ (maximaal 15 g/l Cl⁻) in de omgeving van de Grevelingendam. Tengevolge van de afsluiting was er tevens een forse toename in getijslag van 2,3 m tot 3,9 m nabij de Volkerakdam. Ook traden er aanzienlijke veranderingen in de stroomsnelheden op.

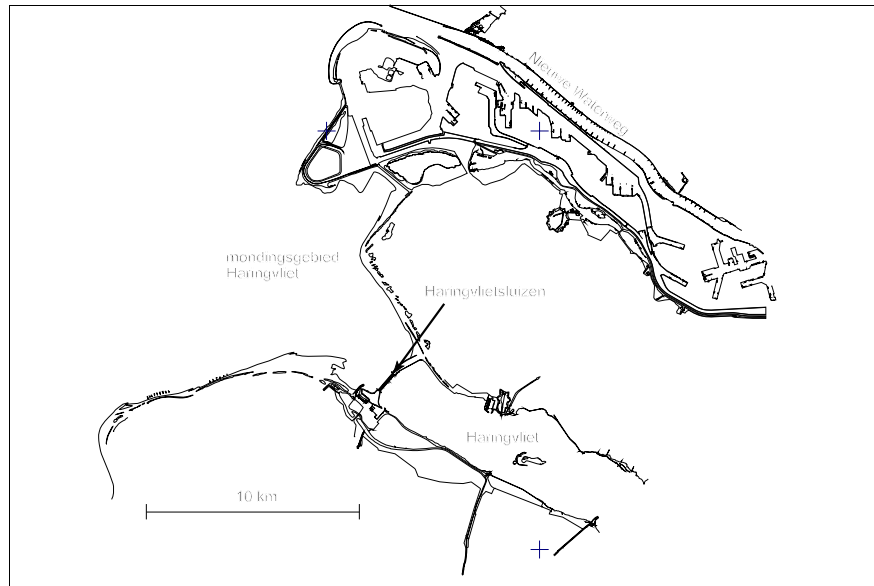
De aanwezige brakwaterfauna bestond uit soorten als *Nereis diversicolor* (Zeeduizendpoot), *Macoma balthica* (Nonnetje) en *Heteromastus filiformis* (Draadworm) die verspreid over het gehele estuarium voorkwamen, en andere zoals *Arenicola marina* (Zeepier), *Cerastoderma* (syn. *Cardium*) *edule* (Kokkel), *Phyllodoce* (syn. *Anaitides*) *maculata* (Gestippelde dieseltreinworm), *Mytilus edulis* (Mossel) en *Hydrobia ulvae* (Wadslakje) die men in de richting van de veel zoutere Oosterschelde aantrof. In het meest brakke middenstuk waren soorten als *Manayunkia aestuarina* (een slibkokerwormpje), *Streblospio shrubsolei* (een polychaet) en *Assiminea grayana* (Gray's kustslak) dominant.

Met het stijgen van de saliniteit na het sluiten van de Volkerakdam vond er over het gehele Volkerak-Krammer een invasie van mariene organismen plaats waaronder soorten als *Lepidochitona cinerea* (Asgrauwe keverslak), de polychaeten *Eteone* (syn. *Mysta*) *picta* en *Nereis succinea* (een zager), *Crepidula fornicata* (Muiltje) en *Abra alba* (Witte dunschaal). De oorspronkelijke brakwaterfauna echter overleefde zowel de verhoging in saliniteit als de invasie van mariene soorten.

Haringvliet

In de periode van 22 maart tot 18 juli 1994 zijn bij wijze van experiment gedurende het eerste uur na de eb/vloedkentering twee schuiven van de Haringvlietssluisen (figuur 2) deels opengezet (Reinhold-Dudok van Heel, 1995). Met het openzetten werd brakwater toegelaten tot het zoete Haringvliet. In de periode voorafgaand aan de openstelling hebben in juni 1993 en januari 1994 en tijdens de openstelling in juni 1994 macrofaunabemonsteringen plaatsgevonden. Voor de openstelling werd

.....
Figuur 2
De monding van het
Haringvliet met de
Haringvlietsluizen.



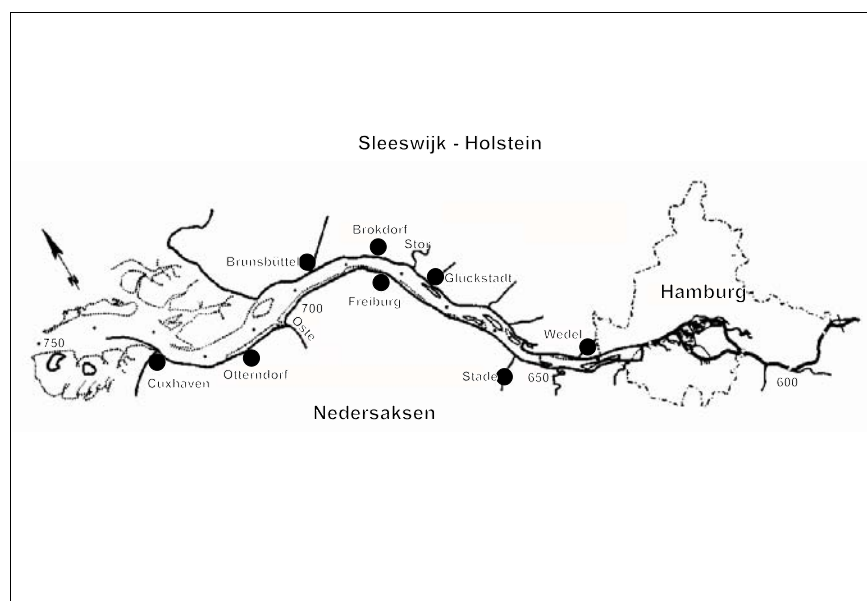
aan de oostzijde van de sluizen de bentische macrofaunagemeenschap (=benthos) gedomineerd door de oligochaeten *Limnodrilus claparedeanus* en *L. hofmeisteri* en *Potamopyrgus antipodarum* (Jenkins'waterhoorn). De pelagische macrofaunagemeenschap (=suprabenthos) werd gekarakteriseerd door de slikgarnalen *Corophium multisetosum* en *C. curvispinum*, *Gammarus tigrinus* (Tijgervlokreeft) en *Palaemon longirostris* (Langneus steurgarnaal).

Na het toelaten van brakwater trad er sterfte op onder met name muggenlarven en erwtenmosselen, de overige macrofaunasoorten (die overigens normaal ook in zwak brak water te vinden zijn) hielden stand. Onder het nieuwe suprabenthos waren *Neomysis integer* (Aasgarnaal) en *Crangon crangon* (Gewone garnaal) sterk vertegenwoordigd.

3.2 Elbe-estuarium

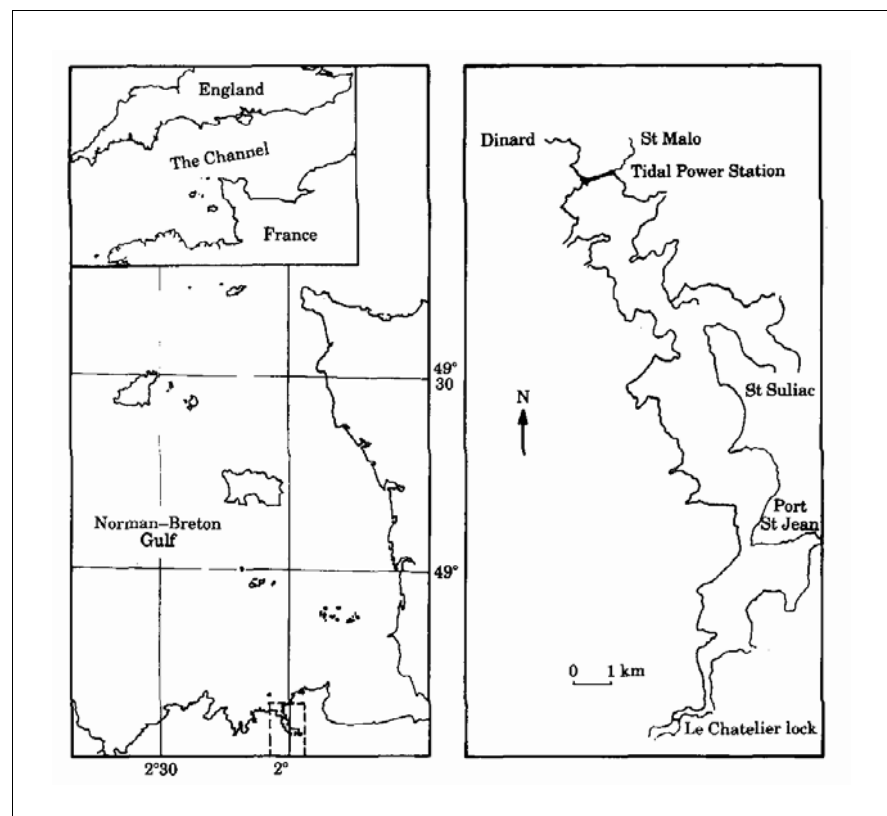
Het estuariene deel van de Elbe (figuur 3) vormt grofweg de grens tussen de deelrepublieken Sleeswijk Holstein en Nedersaksen in Noord-

.....
Figuur 3
Het Elbe-estuarium in Noord-
Duitsland.



Duitsland. Hier mondt de Elbe uit in het West-Friese deel van de Waddenzee. Het Elbe-estuarium functioneert als scheepvaartroute naar Hamburg, waarvan het havengebied ruim 100 km stroomopwaarts ten opzichte van de monding in de Waddenzee ligt. Om te beantwoorden aan de eisen van de scheepvaart hebben er in de periode 1950 - 1978 4 grote baggercampagnes plaatsgevonden. Deze hadden tot doel de vaargeul te verdiepen en verbreden (Krieg, 1996). Vergelijking van chloridemetingen uit de periode 1953 tot 1994 wijst erop dat de ligging van de bovengrens van de brakwaterzone stroomopwaarts is verschoven en dat dit met het baggeren te maken heeft (Bergemann, 1995). Om de gevolgen van saliniteitsveranderingen te beschrijven zijn biologische gegevenssets van de afgelopen 100 jaar (1889-1994) geëvalueerd (Riedel-Lorjé & Ehrhorn, 1998). Hieruit zijn een aantal macrofaunasoorten geselecteerd die indicatief zijn voor het verschuiven van de brakwaterzone zowel op de lange als op de kortere termijn (Riedel-Lorjé et al, 1995). Het gaat hier om de soorten *Nereis diversicolor*, *Corophium volutator* (een slijkgarnaal) en *Bathyporeia pylosa* (Knipsprietkreeftje). Een analyse van de verspreidingsgrenzen van deze soorten onder verschillende zoetwaterafvoeren toonde aan dat stroomopwaarts gekoloniseerde habitats zelfs in periodes van volledige verzoeting behouden bleven. Bovengenoemde soorten bleken voorts uitstekend geschikt als leidraad voor het beschrijven van het streefbeeld voor de brakwaterzone van de Elbe (Riedel-Lorjé & Agatha, 1998).

Figuur 4
Het estuarium van La Rance
in Frankrijk



3.3 Estuarium van de La Rance

Het estuarium van de La Rance (figuur 4) in Noord Bretagne in Frankrijk is gedurende ruim drie jaar van 1963 tot 1966 van de zee, ten behoeve van de aanleg van de getijdecentrale, afgesloten geweest. Gedurende deze periode daalde de saliniteit tot 10 g/l NaCl en sedimenteerde er veel fijn slib. De getijslag werd tot nul gereduceerd. Vrijwel de gehele mariene flora en fauna verdween, terwijl enkele zeer euryhalie macrofauna-soorten en vissen zich explosief ontwikkelden.

Na de in gebruik name trad er een snelle stabilisatie van de abiotische factoren op. De getijslag was gehalveerd, van gem. 9,5 m naar 5 m. De brakke zone verplaatste zich meer stroomopwaarts. Onderzoek verricht na de ingebruikname toonde aan dat de vestiging van de levensgemeenschappen in de eerste 10 jaar voornamelijk werd bepaald door de verstoring door de bouw van de centrale. In de periode daaropvolgend waren het de inter- en intraspecifieke relaties die de ontwikkeling van de levensgemeenschappen bepaalden. Van de aan het zacht substraat gebonden macrobenthossoorten keerde er in bijna 30 jaar ruim 60% terug. Verondersteld wordt dat de ecologische niches van de soorten die (nog) niet zijn teruggekeerd, ingenomen zijn door de wel teruggekeerde soorten. Toch hebben zich in de loop der jaren dezelfde levensgemeenschappen gevestigd als voor de aanleg van de centrale, met dien verstande dat ze met het opschuiven van de brakke zone zijn meegegaan (Clavier, et al., 1983, Retière 1989 en 1994, Descroy, 1998).

4. Bepalende factoren voor het voorkomen van soorten

.....

Ten behoeve van het BEON-project "Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone" hebben Wintermans *et al.* (1995) de belangrijkste abiotische en biotische karakteristieken op een rijtje gezet die de verspreiding en het voorkomen van verschillende organismen bepalen. Navolgend worden deze indien niet anders vermeld op basis van hun rapportage beknopt besproken.

4.1 abiotische karakteristieken

temperatuur

Belangrijke factoren zijn de gemiddelde jaartemperatuur en de schommelingen in de temperatuur binnen een jaarcyclus. De overlevingsgrenzen voor de bentische organismen van de gematigde luchtstreken ligt tussen de -10 en de 25-30 °C

sediment

De samenstelling van het sediment is een van de belangrijkere factoren voor het voorkomen van bentische organismen. Het weerspiegelt tevens de mate van hydrodynamiek in een bepaald gebied. Het gaat hierbij met name om de volgende eigenschappen, dan wel karakteristieken:

- korrelgrootte-samenstelling
- slibfractie
- organische fractie
- interstitiële ruimte. Hierbij is met name de permeabiliteit dat wil zeggen de mate van doorstroming per tijdseenheid van belang.
- sedimentstabiliteit

In het BEON-project is gekozen voor het zogenaamde RIJP-concept voor de sedimentindeling, omdat die bruikbaar is voor de gehele Nederlandse kust inclusief de estuaria. Deze tabel is opgenomen in bijlage 3.

helling/verhang van het substraat

Door verschillende auteurs wordt de helling of het verhang van het sediment als een belangrijke variabele gezien voor de aanwezigheid van bodemdieren. Doch ook het voorkomen van vegetatiezonering in het intergetijdengebied wordt sterk bepaald door de helling ervan (auteur). De hellingshoek van zwaar verdedigde oevers bepaalt ook de kracht van de golfaanval en daarmee het voorkomen van verschillende organismen.

hydraulica

Het gaat hierbij om de volgende karakteristieken:

- getijden. De getijden zijn voornamelijk van belang voor de organismen in het intergetijdengebied en de zone daaronder waar bij laag water nog licht doordringt om wiergroei (plantengroei) toe te staan. Amplitude van het getijde, droogvaltijd en droogvalfrequentie zijn belangrijke factoren voor het voorkomen van bentische organismen in het intergetijdengebied. De belangrijkste overlevingsstrategieën tegen uitdroging zijn:
 1. fysiologische aanpassingen zoals osmoregulatie en ionregulatie
 2. gedragaanpassingen zoals ingraven en migreren
- stroming. Stroming kan het gevolg zijn van het getijde, de rivierafvoer of de wind. Stromingen hebben niet alleen gevolgen voor de

sedimentsamenstelling en -stabiliteit, maar zorgen ook voor de aan- en afvoer van voedsel en nutriënten en de verspreiding van larven en juvenielen.

Tabel 1

Stroomsnelheidsindeling volgens Verdonschot et al (1992) (in Wintermans et al (1995)).

Omschrijving	Stroomsnelheid (m/s)
(semi-)stagnant	0,00 - 0,20
matig stromend	0,15 - 1,00
snel stromend	0,90 - 2,00
zeer snel stromend	> 1,90

- golfenergie en -beweging. Golfenergie en -beweging hebben een direct effect op het sediment en daarmee het voorkomen van organismen.
- diepte. Diepte als ondergrens voor het voorkomen van een bepaalde soort is niet zelf de bepalende factor doch de abiotische variabelen als licht, temperatuur, saliniteit en sedimenttype en de biotische variabelen als predatie en competitie die in afhankelijkheid van de diepte variëren.

Tabel 2

Zoutgehalte-indeling voor de Nederlandse kustzone (naar Wintermans, 1995).

Zone of halinicum	g/l Cl ⁻ of ‰ Cl	g/l NaCl of ‰ NaCl (S)
limnetisch of zoet	# 0,3	# 0,5
oligohalien of zwak brak	0,3 - 3,0	0,5 - 5,0
β-mesohalien of brak	3,0 - 5,5	5,0 - 10,0
α-mesohalien of brak	5,5 - 10	10,0 - 18,0
polyhalien of sterk brak	10,0 - 16,5	18,0 - 30,0
euhalien of zout	16,5 - 22,0	30,0 - 40,0

saliniteit

Het zoutgehalte van het water wordt gezien als de belangrijkste parameter voor de zowel de verticale als horizontale verspreiding van het estuariene zöobenthos. Wintermans et al (1995) hanteren voor de Nederlandse kustzone de saliniteitsindeling zoals weergegeven in tabel 2. Deze komt overeen met het Venetiaans systeem (Venice System, 1959) voor de indeling van brakke wateren op basis van saliniteit. Wintermans et al (1995) beschouwen echter ten onrechte de polyhaliene zone als een onderdeel van het mariene milieu.

zuurstof

Zuurstof speelt een belangrijke rol in het voorkomen van verschillende bodemdieren. Echter gezien de huidige kwaliteit van het Rijnwater (RIWA, 1999), waarvan de zuurstofverzadiging meestal 80% of hoger bedraagt, het veelal oververzadigd zijn van het zeewater en de hoge stroomsnelheden bij eb en vloed die in de Noordrand optreden en die bij een ander beheer van de Haringvlietsluizen ook in het Haringvliet zullen gaan optreden, is zuurstof voor het voorkomen van bodemdieren geen beperkende factor (auteur).

turbiditeit/troebelheid

In het overgangsgebied van zoet naar zout, globaal op het traject van 0,3 tot 3,0 g/l Cl⁻, treedt in het estuarium de grootste troebelheid op. Deze vindt zijn oorzaak in:

- hoge hydrodynamiek waardoor kleinere deeltjes in suspensie blijven
- grote sterfte onder mariene en zoetwaterorganismen in de overgangszone
- aanwezigheid van grote hoeveelheden klei, anorganisch en organisch materiaal

Turbiditeit heeft een negatieve invloed op de aanwezigheid van bodemdieren, maar vanwege het effect op het lichtregime ook op het voorkomen waterplanten.

eutrofiering

Eutrofiering is niet noodzakelijkerwijze schadelijk voor ecosystemen. Echter een te groot aanbod van voedingsstoffen kan ernstige gevolgen hebben, zoals algenbloei en extreme zuurstofconsumptie.

4.2 biotische karakteristieken

planten

Planten geven extra structuur aan de omgeving en zijn daarmee van invloed op het voorkomen van bodemdieren. Ze dienen als voedsel, maar ook als habitat voor verschillende organismen. Voorts stabiliseren planten de bodem. Op of aan kwelderranden worden macrofaunasoorten aangetroffen die uitsluitend daar voorkomen.

dieren

De aan- of afwezigheid van bepaalde diersoorten kan de vestiging van andere diersoorten stimuleren dan wel mogelijk maken of verhinderen.

5. Selectie van planten en benthos

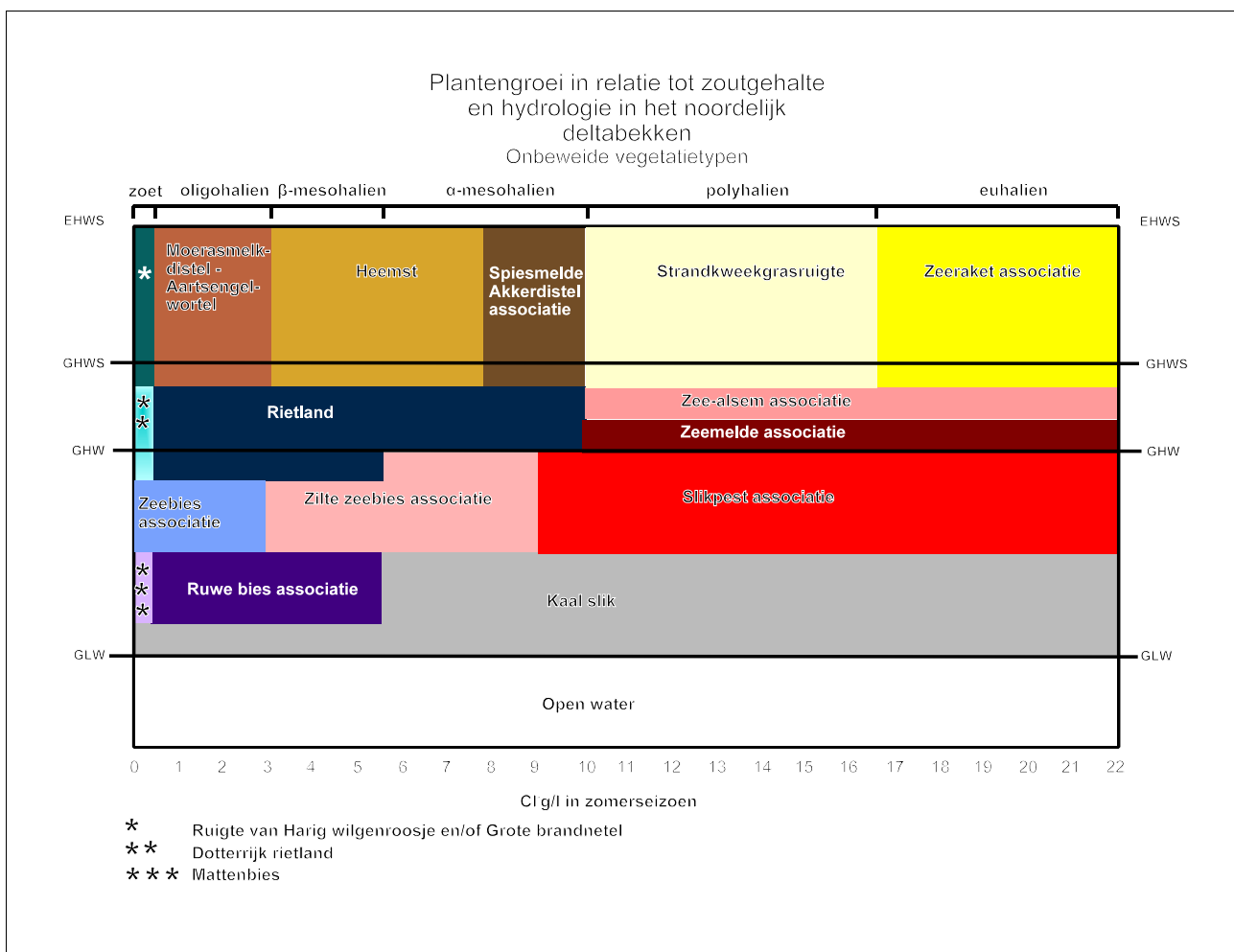
5.1 planten

zacht substraat

In de inleiding is de reikwijdte van deze studie afgebakend. Aangegeven is tevens dat aan oevergebonden hogere planten slechts zijdelings aandacht zou worden geschonken. Voor wat betreft de effecten van verhoogd zoutgehalte op oevergebonden vegetatie wordt verwezen naar de onderbouwing van het model EMOE. Dit model is sterk geworteld in het belangrijke vegetatiekundige onderzoek dat door Beeftink (1965) en medewerkers, in de jaren voor de afsluiting van de zeegaten van het Deltagebied, is uitgevoerd. In Van de Rijt (1996) wordt uit dit onderzoek een overzicht gegeven van de in Zuid-West Nederland voorkomende vegetatietypen in relatie tot het halinicum. Onder halinicum wordt verstaan een zone met een bepaalde saliniteitsrange, bijvoorbeeld het

Figuur 5

Eindsituatie van de vegetatieontwikkeling in relatie tot het zoutgehalte en de hydrologie volgens het model EMOE in onbeweide situaties.



polyhalinicum is de zone tussen 10,0 en 16,5 g/l Cl⁻, de polyhaliene zone. Het model EMOE voorspelt de vegetatieontwikkeling op basis van beheer, inundatiefrequentie, -duur en zoutgehalte van het overspoelingswater (zie van de Rijt, 1996 en van Rooij et al., 1997). De volgens het model

voorspelde eindsituatie van de vegetatie-ontwikkeling is weergegeven in figuur 5 en figuur 6.

Vanuit deze figuren valt voor een aantal karakteristieke estuariene levensgemeenschappen de saliniteitsrange af te lezen.

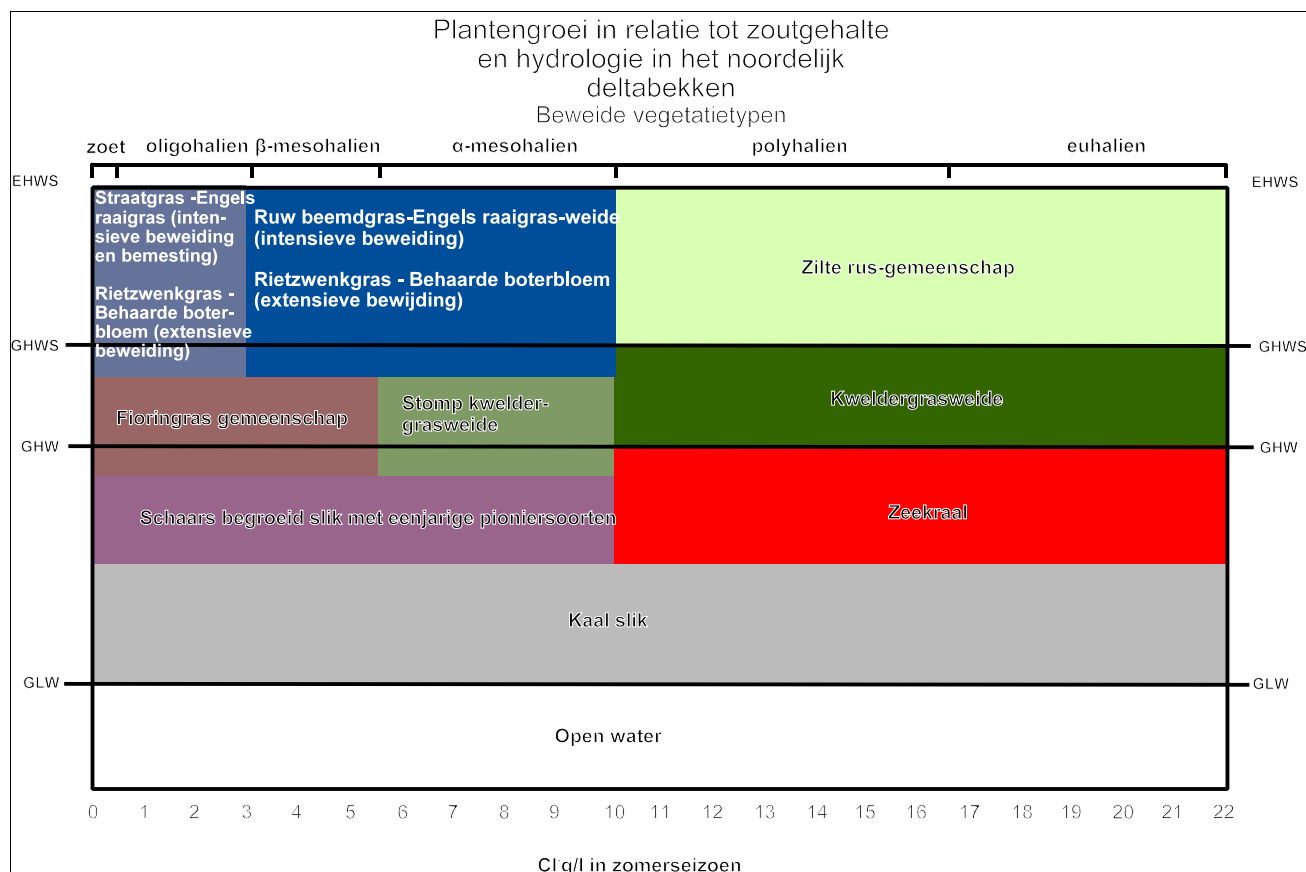
hard substraat

In de Noordrand zijn alle oevers vastgelegd en zwaar verdedigd met een breed scala aan oeverbeschermingsmaterialen (zie Paalvast, 1998). Daarnaast is ook de opbouw van de oever afhankelijk van de functie die hij te vervullen heeft. Alle oevers in de Noordrand, met uitzondering van havenkaden en stortsteenoevers, zijn voorzien van een zogenaamde kreukelberm. Het deel van de oever gelegen tussen GW en GLW van stortsteenoevers valt op te vatten als een kreukelberm. In de kreukelberm maar ook in de voegen van het zetsel van de glooiing van de oever kunnen afhankelijk van de abiotische omstandigheden (met name golfaanval) verschillende plantensoorten voorkomen. Afhankelijk van het zoutgehalte van het vloedwater zijn in de kreukelberm soorten als Heen (*Bolboschoenus maritimus*), Mattenbies (*Schoenoplectus lacustris*), Ruwe bies (*Schoenoplectus tabernaemontani*) en Riet (*Phragmites australis*) aspect bepalend.

In tabel 3 staan de maximale zouttoleranties van genoemde soorten. Alle komen in zoet water voor. Van de soorten is Mattenbies het minst tolerant ten aanzien van zoutgehalte.

Figuur 6

Eindsituatie van de vegetatieontwikkeling in relatie tot het zoutgehalte en de hydrologie volgens het model EMOE in beweidde situaties.



Tabel 3

Maximale zouttolerantie van enkele plantensoorten uit het intergetijdengebied. ¹Duyve, 1986, ²Min. LNV, 1990, ³Coops, 1987, zie ook Ter Heerdt, 1995).

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	maximale zouttolerantie in g/l Cl ⁻
Riet	Phragmites australis	3,3-8,8 ¹ 3,8-5,5 ²
Mattenbies	Schoenoplectus lacustris	0,3 ³
Ruwe bies	Schoenoplectus tabernaemontani	10,0 ³
Heen of Zeebies	Bolboschoenus maritimus	12,0 ³

Ook op de glooiingen is het zoutgehalte van het overspoelingswater weerspiegeld in de er voorkomende plantensoorten. Zo valt er langs de Nieuwe Waterweg in de begroeiing van de glooiingen zowel een verticale zonering, als een horizontale gradiënt waar te nemen (Paalvast & Limpens, 1998).

5.2 benthos

in de Delta voor de afsluitingen

Zowel het zoëbenthos (macrofauna in en op de bodem van zacht en hard substraat), het suprabenthos (of hyperbenthos, macrofauna lopend over of zwevend boven) als de macro-algen van het Deltagebied zijn voor het tot stand komen van de Deltawerken goed bestudeerd in relatie tot de hydrologie en saliniteit van het gebied. Het proefschrift van Wolff (1973) over het voorkomen en de verspreiding van de macrofauna van het zacht substraat in het estuarium van Rijn en Maas bijvoorbeeld geldt niet alleen in Nederland, maar ook elders in Europa als de bijbel op dit gebied (pers. meded. Prof. Retière, Dinard, Frankrijk). Ook het suprabenthos is nauwgezet in kaart gebracht (Den Hartog 1963a, 1963b, 1964, Wolff & Sandee, 1971 en Heerebout, 1974). De algenfauna wordt goed beschreven door Den Hartog (1959) en Nienhuis (1970, 1975).

in Noord-West Europa

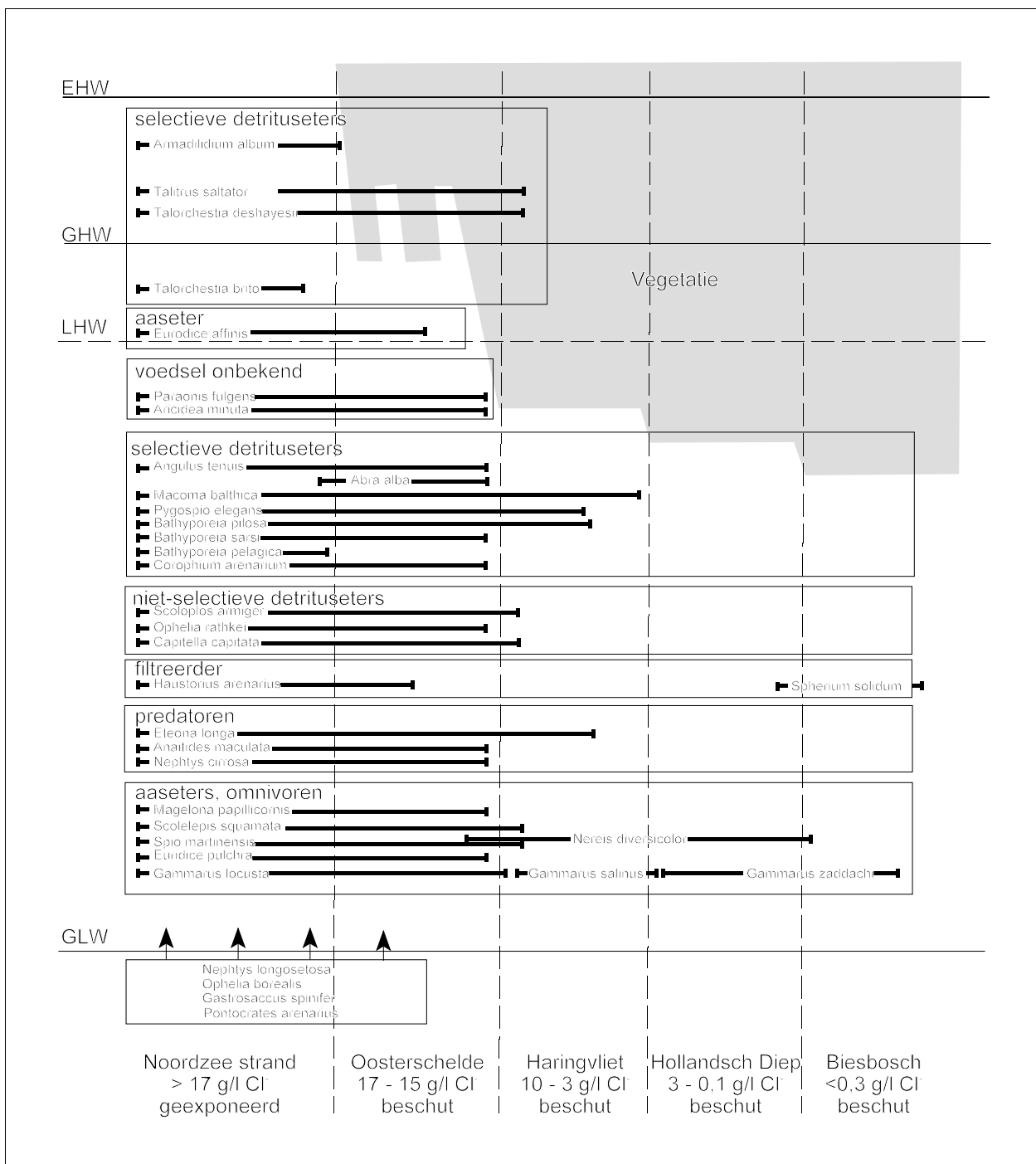
Er is in de Noord-West Europese estuaria veel onderzoek gedaan naar het voorkomen van zoëbenthos in relatie tot de saliniteit. Zo is het meio-, macro- en het suprabenthos van de Westerschelde goed gedocumenteerd door o.a. Soetaert et al, 1994, Ysebaert et al, 1993 en Hamelynck et al, 1993. In het kader van het onderzoeksprogramma Seine Aval is recent het estuarium van de Seine in Frankrijk nauwgezet op onder andere het benthos onderzocht (o.a. Wang et al, 1994, Duhamel, 1994, Mouny et al, 1996, Costil, K., 1998, Mouny et al, 1998 en Lasnier, 1998). In de Loire en Gironde is naast meio- en macrobenthosonderzoek (Roubineau, 1987, Soetaert et al, 1995 en Santos et al, 1996) veel ecologisch werk verricht aan de er voor komende crustaceeën (Marchand, 1981, Marchand & Alliot, 1981, Marchand, 1993, Sorbe, 1979, 1983 en Mees et al, 1995). Ook over de Theems (Engeland, Attrill, 1998), Eems en Weser (Duitsland, Dittmer, 1983, Michaelis, 1983), Elbe (Duitsland, Seilert & Lohlein, 1993, Gaumert & Spieker, 1995, Krieg, 1996 en Riedel-Lorjé & Ehrhorn, 1998) is een relatief uitgebreide literatuur over het zoëbenthos voor handen.

Figuur 7

Habitat- en nichedifferentiatie in het intergetijdgebied van zandbodems (naar Wolff, 1973).

problemen bij selectie van representatieve soorten

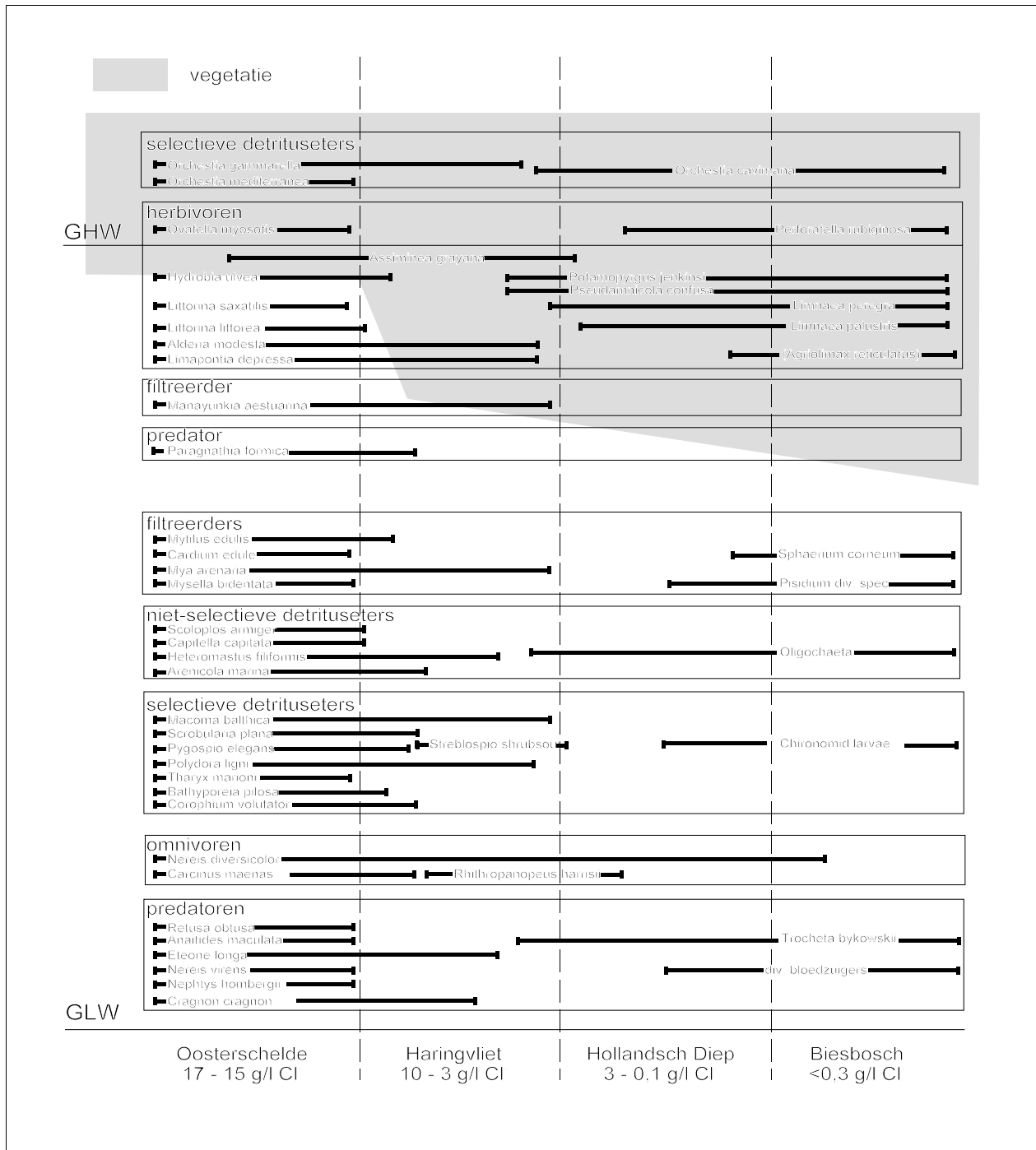
Voorafgaand besproken literatuur uit binnen- en buitenland zou een eenvoudig vertrekpunt kunnen zijn voor de selectie van soorten die kenmerkend zijn voor de estuariene gradiënt van de Noordrand en het toekomstige Haringvliet. Er doet zich hierbij een probleem voor dat in de periode dat de inventarisaties in het Deltagebied plaatsvonden het Hartelkanaal en de grote havensystemen Beerkanaal en Calandkanaal niet bestonden. Een ander probleem is dat in dezelfde periode de Nieuwe Waterweg ten gevolge van milieuvervuiling biologisch vrijwel dood was, waardoor er geen macrofauna-onderzoek heeft plaatsgevonden (pers. meded. Wolff). Voorts zijn de bovengenoemde estuaria lastig te



vergelijken met de Noordrand en het toekomstige open Haringvliet. Voor beide geldt een veel sterkere invloed van de rivier, door het hoge debiet van met name de Rijn, dan in de andere estuaria het geval is. In de meeste West-Europese estuaria is de ligging van de saliniteitszones relatief stabiel. In de Noordrand daarentegen is er tweemaal daags een sterke fluctuatie van het zoutgehalte. Maar weinig organismen zijn hier tegen bestand.

Figuur 8

Habitat- en nichedifferentiatie in het intergetijdgebied van slikkige bodems (naar Wolff, 1973)



Haringvliet en het Hollandsch Diep was dan ook gering, respectievelijk 5 soorten en 1 soort (Wolff, 1973). Ook de soortenrijkdom in het intergetijdengebied was er beperkt (figuur 7 en 8). Wanneer het slikkige intergetijdengebied begroeid raakte, nam hier het aantal macrofauna-soorten toe.

compartimenten

Om tot een verantwoorde selectie van representatieve soorten te komen, is de indeling van het estuarium in compartimenten met een onderverdeling op basis van de abiotische eigenschappen als uitgangspunt genomen. In tabel 4 is dit schematisch weergegeven. Een verdere onderverdeling op basis van hydrodynamiek is niet gemaakt, daar het leeuwendeel van het onderhavige gebied hydrodynamisch luw gelegen is. Bovendien komt de hydrodynamiek ook tot uitdrukking in de samenstelling van het sediment. Onder de waterkolom wordt verstaan al het water, zowel bij eb als bij vloed.

Tabel 4

Onderverdeling van de compartimenten op basis van substraat, samenstelling en ligging binnen de saliniteitstrajecten.

compartiment	substraat	samenstelling substraat	saliniteitstraject			
			polyhalien(p)	mesohalien(m)	oligohalien(o)	limnetisch(l)
(i)intergetijdengebied	(h)hard		pih	mih	oih	lih
	(z)zacht	(1)fijn tot middelfijn zand	piz 1	miz 1	oiz 1	liz 1
		(2)fijn sediment met slib	piz 2	miz 2	oiz 2	liz 2
(s)sublitoraal	(h)hard		psh	msh	osh	lsh
	(z)zacht	(1)fijn tot middelfijn zand	psz 1	msz 1	osz 1	lsz 1
		(2)fijn sediment met slib	psz 2	msz 2	osz 2	lsz 2
(w)waterkolom			pw	mw	ow	lw

5.2.1 geselecteerde karakteristieke soorten

De keuze van de karakteristieke soorten voor de onderscheiden compartimenten is voor wat het zoëbenthos en de macro-algen betreft, gemaakt op basis van het monitoringsonderzoek naar de effecten van de aanleg van de grootschalige lokatie voor de berging van baggerspecie over de periode 1985-1994 (Craeymeersch et al, 1990, 1991, Craeymeersch, 1992, Craeymeersch et al, 1995, 1996), de inventarisatie van het intergetijdengebied van de Noordrand in 1995 en 1997 en het mondingsgebied van het Haringvliet in 1995 (Paalvast, 1995 en Paalvast, 1998) en de monitoringsgegevens van het Hartelkanaal voor (1987) en na de doorgraving (1998) van de Beerdam (Aquasense, 1998a en 1999 en Paalvast, 1999). De keuze van het zoëbenthos voor het traject polyhalien t/m oligohalien is doorgesproken met Johan Craeymeersch (RIVO, Yerseke) en voor het zoete water en het oligohaliene traject met Bram bij de Vaate (RIZA, Lelystad).

Voor de keuze van het suprabenthos is geput uit de kennis over het voorkomen en de verspreiding van de meest kenmerkende soorten in relatie tot de zoutgradiënt in de Noordwesteuropese estuaria, maar ook uit de vismonitoring benedenrivieren over de periode 1991-1994 (van Beek et al, 1995).

In de navolgende paragrafen worden de geselecteerde soorten per saliniteitstraject en per compartiment gepresenteerd (zie ook tabel 5) en hun selectie gemotiveerd. Opgemerkt dient te worden dat sommige soorten vermeld worden in meerdere compartimenten en andere niet. Dit wil echter niet zeggen dat laatstgenoemden strikt aan dit compartiment gebonden zijn. In paragraaf 5.2.2 wordt op de autoecologische aspecten van de soorten ingegaan.

Tabel 5

De voor de onderscheiden compartimenten karakteristieke soorten. De soorten in schuinschrift zijn tevens doelvariabelen in de Watersysteemverkenningen (Projectteam WSV, 1994).

compartiment	substraat	samenstelling substraat	saliniteitstraject			
			polyhalien	mesohalien	oligohalien	limnetisch
intergetijdengebied	hard		Fucus vesiculosus Elminius modestus Littorina littorea Carcinus maenas Bathyporeia pilosa	Fucus vesiculosus Enteromorpha sp. Balanus improvisus Carcinus maenas Bathyporeia pilosa Corophium multisetosum Corophium volutator	Enteromorpha sp. Balanus improvisus Carcinus maenas Gammarus tigrinus Bathyporeia pilosa Corophium multisetosum	Blidingia minima var. ramifera Enteromorpha sp. Gammarus tigrinus Gammarus tigrinus
		zacht				
		fijn tot middelfijn zand				
sublitoraal		fijn sediment met slib	<i>Mya arenaria</i> <i>Macoma balthica</i> Hydrobia ulvae Arenicola marina Corophium arenarium <i>Mytilus edulis</i> <i>Metridium senile</i>	<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Nereis diversicolor</i> Corbicula fluminea	Corbicula fluminea Potamopyrgus antipodarum Mercuria confusa
	hard			Balanus improvisus	Balanus improvisus <i>Dreissena polymorpha</i> Corophium curvispinum oligochaeten	<i>Dreissena polymorpha</i> Corophium curvispinum oligochaeten Potamopyrgus antipodarum
	zacht	fijn tot middelfijn zand	Nephtys cirrosa	oligochaeten	oligochaeten	
waterkolom		fijn sediment met slib	<i>Heteromastus filiformis</i> Nephtys caeca Nephtys hombergii <i>Cerastoderma edule</i> <i>Crangon crangon</i>	oligochaeten	oligochaeten Corbicula fluminea Potamopyrgus antipodarum	
				<i>Crangon crangon</i> Palaemon longirostris	Palaemon longirostris Neomysis integer	Palaemon longirostris Neomysis integer

5.2.1.1 polyhaliene zone

(pih) intergetijdengebied, hard substraat

- wieren *Fucus vesiculosus* (Blaaswier). Het Blaaswier is in de noordrand van het benedenrivierengebied de meest in het oog springende wiersoort van het hard substraat in het intergetijdengebied. Door Meijer en Van Beek (1988) wordt voor het hard substraat een zogenaamde *Fucus vesiculosus*-gemeenschap onderscheiden.
- benthos *Elminius modestus* (Nieuwzeelandse pok), *Littorina littorea* (Gewone alikruik), *Carcinus maenas* (Strandkrab). De Nieuwzeelandse pok behaalt in het laag eulitoraal soms bedekkingspercentages van 100%. Ook de Gewone alikruik kan hier als grazer hoge dichtheden bereiken. De Strandkrab is hier altijd te vinden.

(piz1) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn tot middelfijn zand

- benthos *Bathyporeia pilosa* (Kniksprietkreeftje). Het Kniksprietkreeftje is een kenmerkende soort voor fijn zand dat regelmatig wordt omgewoeld. Het is een goede zwemmer, die zich snel in en uit het sediment beweegt. In de Haringvlietmond is het Kniksprietkreefttype één van de bodemdiergemeenschappen (Vertegaal, 1997). In de Elbe (zie par. 3.2) is het Kniksprietkreeftje een indicatorsoort voor de grens tussen zoet en zout.

(piz2) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn sediment met slib

- benthos hoog slibgehalte *Mya arenaria* (Zandgaper), *Macoma balthica* (Nonnetje), *Hydrobia ulvae* (Wadslakje). De Zandgaper, het Nonnetje en het Wadslakje zijn algemene soorten en karakteristiek voor het intergetijdengebied van de Haringvlietmond.
- laag slibgehalte *Arenicola marina* (Zeepier), *Corophium arenarium* (Slijkgarnaal). Dit zijn eveneens zeer algemene soorten van het zachte intergetijdengebied. In de Haringvlietmond wordt het Slijkgarnaalttype als bodemdiergemeenschap onderscheiden (Vertegaal, 1997).

(psh1) sublitoraal, hard substraat, polyhalien

- benthos *Mytilus edulis* (Mossel). De Mossel is een zeer algemene soort van het hard substraat. Zij kan in grote dichtheden in het sublitoraal aanwezig zijn en vormt het substraat voor een groot aantal organismen.
- Metridium senile* (Zeeanjer) is een typische hard substraatbewoner. Het is een indicator voor helder water (Anonymus, 1994)

(psz1) sublitoraal, zacht substraat, fijn tot middel fijn zand

- benthos *Nephtys cirrosa* (Zandzager). Het Zandzagertype is een van de kenmerkende bodemdiergemeenschappen van de Haringvlietmond (Vertegaal, 1997).

(psz2) sublitoraal, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos *Heteromastus filiformis* (Draadworm), *Nephtys caeca* (een zager), *N. hombergii* (een zager). De Draadworm en beide genoemde zagers zijn vertegenwoordigers van de bodemdiergemeenschap van het draadwormtype (Vertegaal, 1997). In de watersysteemverkenningen is de Draadworm een doelvariabele voor de zoute wateren en een indicator voor eutrofiëring (Projectgroep WSV, 1994). *Cerastoderma edule* (Kokkel) is een belangrijke tweekleppige die behalve in het intergetijdengebied ook in het ondiepe sublitoraal een belangrijke soort is. Het is de kensoort van de bodemdiergemeenschap van het kokkeltype (Vertegaal, 1997).

(pw) waterkolom

Crangon crangon (Gewone garnaal). De Gewone garnaal is in de polyhalie en mesohalie delen van estuaria een van de belangrijke schakels in de voedselketen.

5.2.1.2 mesohaliene zone

(mih) intergetijdengebied, hard substraat

wieren *Fucus vesiculosus* (Blaaswier), *Enteromorpha* sp. (Darmwier), *Polysiphonia urceolata*. Naarmate het zoutgehalte afneemt treden darmwieren meer en meer op de voorgrond.

benthos *Balanus improvisus* (Brakwaterpok) en *Carcinus maenas* (Strandkrab). In de mesohaliene zone neemt het aantal benthossoorten sterk af. Veelal is de Brakwaterpok de enige soort op het hard substraat. De Strandkrab is er een van de weinige mobiele soorten..

(miz1) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn tot middelfijn zand

benthos *Corophium multisetosum* (Slijkgarnaal), *Corophium volutator* (Slijkgarnaal). Deze *Corophium*soorten zijn in het meso- en oligohalien dominerende soorten en vormen een belangrijke voedselbron voor vissen en vogels.

(miz2) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos *Nereis diversicolor* (Zeeduizendpoot). De Zeeduizendpoot is wellicht de meest algemene soort van het gehele zoet-zout-traject in estuaria en een belangrijk voedsel voor vissen en vogels.

(msh1) sublitoraal, hard substraat

benthos *Balanus improvisus* (Brakwaterpok). De Brakwaterpok is in het mesohaliniëc mogelijk de enige benthossoort van het hard substraat.

(msz1) sublitoraal, zacht substraat, fijn tot middel fijn zand

benthos Oligochaeten. De waterbodem in het mesohalinicum wordt bewoond door een gering aantal soorten. Dit zijn in vrijwel alle West-Europese estuaria overwegend oligochaeten.

(msz2) sublitoraal, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos Oligochaeten. Zie **(msz1)**.

(mw) waterkolom

Crangon crangon (Gewone garnaal), *Palaemon longirostris* (Langneussteurgarnaal). Zie **(pw)**. De Langneus steurgarnaal is na een periode van absentie weer algemeen in de Noordrand (Van Beek et al, 1995). Het is een buitengewoon belangrijke soort in de voedselketen van estuaria.

5.2.1.3 oligohaliene zone

(oih) intergetijdengebied, hard substraat

wieren *Enteromorpha* sp., *Polysiphonia urceolata*. Zie **(mih)**.
benthos *Balanus improvisus* (Brakwaterpok), *Carcinus maenas* (Strandkrab), *Gammarus tigrinus* (Tiggervlokreeft). In het oligohalinicum is het aantal sessiele benthossoorten gering. De Strandkrab dringt door tot in deze zone en de Tiggervlokreeft is er algemeen.

(oiz1) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn tot middelfijn zand

benthos *Corophium multisetosum* (Slijkgarnaal). Zie **(miz1)**.

(oiz2) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos *Nereis diversicolor* (Zeeduizendpoot), *Corbicula fluminea* (Korfschelp). Zie ook **(miz2)**. *Corbicula fluminea* is een soort die na haar introductie in 1988 zich stevig in het rivierbed van de Rijn heeft gevestigd (Bij de Vaate & Grejdanus-Klaas, 1990). Ze is algemeen in het benedenrivierengebied, maar is ook zo'n 500 km stroomopwaarts in de Rheingau achter geleidingsdammen in enorme dichtheden aangetroffen (Paalvast et al, 1996).

(osh1) sublitoraal, hard substraat

benthos *Balanus improvisus*, *Dreissena polymorpha* (Driehoeksmossel), *Corophium curvispinum* (Kaspische slijkgarnaal). De Driehoeksmossel is een soort die doordringt tot in het oligohalinicum (Duel et al, 1988, Lasnier, 1998). Ze komt zeer waarschijnlijk veelvuldig in het ondiepe sublitoraal voor, ook de Kaspische slijkgarnaal vindt hier mogelijk een goed habitat.

(osz1) sublitoraal, zacht substraat, fijn tot middel fijn zand

benthos oligochaeten. Zie **(msz1)**.

(osz2) sublitoraal, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos oligochaeten, *Corbicula fluminea* (Korfschelp). Zie **(msz1)** en **(oiz2)**.

(ow) waterkolom

Palaemon longirostris (Langneussteurgarnaal), *Neomysis integer* (Aasgarnaal). Zie **(mw)**. De Aasgarnaal *Neomysis integer* speelt een cruciale rol in de voedselketen van het oligohalinicum (Mouny et al, 1996, Mouny, 1998, Abarnou & Dauvin, 1997 en 1999).

Voor de oligohaliene zone geldt veelal een hoge turbiditeit met als gevolg het niet voorkomen van tweekleppigen.

5.2.1.4 limnetische zone

(lih) intergetijdengebied, hard substraat

wieren *Enteromorpha* sp., *Blidingia minima* var. *ramifera* (Klein darmwier). Zie ook **(mih)**. Klein darmwier is aspectbepalend in de bovenste zone van het intergetijdengebied op hard substraat bij afwezigheid van hogere planten in het zoetwatergetijdengebied. In het zoete intergetijdengebied wordt op hard substraat van *Blidingia minima* de karakteristieke variëteit *ramifera* aangetroffen.

benthos *Gammarus tigrinus* (Tijgervlokreeft). Onder de gammariden van het zoete water is heden ten dage de Tijgervlokreeft de belangrijkste vertegenwoordiger. De soort kan zeer dominant aanwezig zijn.

(liz1) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn tot middelfijn zand

benthos *Gammarus tigrinus*. Zie **(lih)**

(liz2) intergetijdengebied, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos *Corbicula fluminea* (Korfschelp), *Potamopyrgus antipodarum* (Jenkins'waterhoren), *Mercuria confusa* (Getijdeslakje). Genoemde mollusken komen alle voor in zoet en zwak brak water. De slakjes de Jenkins'waterhoren en het Getijdeslakje zijn karakteristiek voor het begroeide intergetijdengebied.

(lsh1) sublitoraal, hard substraat

benthos *Dreissena polymorpha* (Driehoeksmossel), *Corophium multisetosum* (Slijkgarnaal). Zie ook **(osh1)**. Beide soorten zijn zeer algemeen en kenmerkend voor het hard substraat in het sublitoraal

(lsz1) sublitoraal, zacht substraat, fijn tot middel fijn zand

benthos oligochaeten Zie **(msz1)**. *Potamopyrgus antipodarum* (Jenkins'waterhoren) is een soort die op de diepere rivierbodem dominant voor kan komen (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1993).

(lsz2) sublitoraal, zacht substraat, fijn sediment met slib

benthos oligochaeten, *Corbicula fluminea* (Korfschelp), *Potamopyrgus antipodarum* (Jenkins'waterhoren). Zie **(msz1)**, **(oiz2)** en **(lsz2)**.

(lw) waterkolom

Palaemon longirostris (Langneussteurgarnaal), *Neomysis integer* (Aasgarnaal). Zie **(mw)** en **(ow)**.

5.2.2 autoecologie van de geselecteerde soorten

5.2.2.1 macro-algen (wieren)

groenwieren

Blidingia minima var. *ramifera* (Klein darmwier)

habitat	Het groenwier <i>Blidingia minima</i> is zeer algemeen op hard substraat rond de hoogwaterlijn in zoute en brakke wateren (Bliding, 1963), maar kan in het gehele eulitoraal worden aangetroffen.
zouttolerantie	De variëteit <i>ramifera</i> komt in dezelfde zone voor in het zoete en zwak brakke water. Globaal tot circa 3 g/l Cl ⁻ .
voorkomen	De variëteit komt voor langs de Nieuwe Waterweg en werd voor de doorgraving van de Beerdam in november 1997, ook aan het Hartelkanaal gevonden (Paalvast, 1995, 1998). Tijdens de monitoring van het hard substraat in 1998 en 1999 is de variëteit op geen der monitoringslocaties aan het Hartelkanaal aangetroffen (Paalvast, 1999a en 1999b).
habitus	Met het blote oog ziet <i>Blidingia minima</i> var. <i>ramifera</i> eruit als groene draadjes. Alleen bij vergroting met de microscoop wordt het vertakte thallus duidelijk (figuur 9)

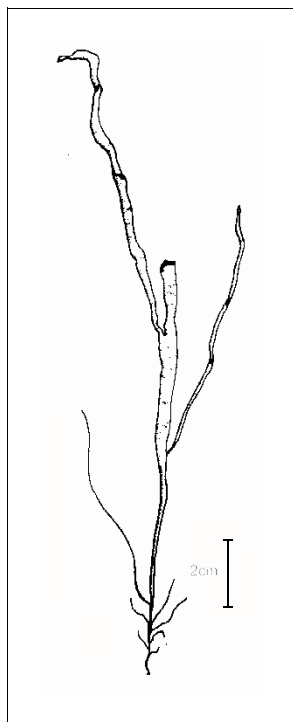
.....
Figuur 9

Detail van het thallus van
Blidingia minima var.
ramifera (uit Bliding, 1963)



Figuur 10

Habitus van *Enteromorpha prolifera* (uit Stegenga & Mol, 1983).



Enteromorpha sp. (Darmwier)

- habitat** Van het geslacht *Enteromorpha* komen in Nederland 9 soorten voor. Hiervan zijn *E. clathrata*, *E. compressa* (Plat darmwier), *E. intestinalis* (Echt Darmwier), *E. linza*, *E. prolifera* en *E. ramulosa* veelal epilitisch (Stegenga & Mol, 1983). Het zijn kenmerkende soorten van het intergetijdengebied van het hard substraat. Meijer en van Beek (1988) beschouwen *Enteromorpha*-vegetaties als pioniersgezelschappen.
- zouttolerantie** De wieren uit het geslacht *Enteromorpha* komen voor in zwak brak tot zout water. Alleen *E. intestinalis* wordt ook in zoet water gevonden. *E. prolifera* komt voor vanaf een zoutgehalte van circa 1 g/l Cl⁻ en *E. compressa* vanaf 1,5 g/l Cl⁻ (de Boer & Wolff, 1996).
- voorkomen** Op het hard substraat van de Noordrand zijn bovengenoemde soorten, met uitzondering van *E. clathrata* en *E. ramulosa*, in het intergetijdengebied en daaronder te vinden. De meest voorkomende soort is *E. prolifera* (Paalvast, 1995, 1998 en 1999a). Ze komen in het laag eulitoraal in de hoogste dichtheden voor. Darmwieren komen ook epifytisch voor.
- habitus** Het geslacht *Enteromorpha* (figuur 10) is buitengewoon polymorf (zie Bliding, 1963). In het veld valt veelal niet uit te maken om welke soort het gaat. Determinatie moet dan ook altijd met behulp van een microscoop plaatsvinden.

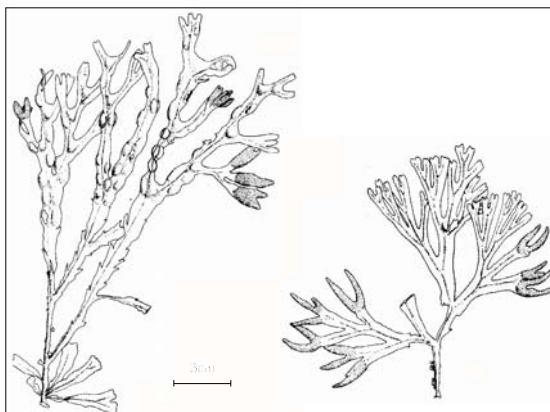
bruinwieren

Fucus vesiculosus (Blaaswier)

- habitat** Blaaswier is een typische soort van de getijdezone van het hard substraat. De grootste dichtheden worden bereikt in het midden van het eulitoraal.
- zouttolerantie** De Boer & Wolff (1996) vermelden het voorkomen van Blaaswier bij een zoutgehalte van 1 g/l Cl⁻. Waarschijnlijk gaat het om wateren met een constant zoutgehalte. Den Hartog (1967) geeft voor de Nederlandse estuaria een ondergrens voor de verspreiding bij een gemiddeld zoutgehalte van 2 g/l Cl⁻.
- voorkomen** Blaaswier komt voor in het mondingsgebied van het Haringvliet, het Beerkanaal, het Calandkanaal, de Nieuwe Waterweg stroomopwaarts tot even voorbij de storm-vloedkering en het Hartelkanaal stroomopwaarts tot even voorbij de Suurhoffsbrug (Paalvast, 1999a).
- habitus** Blaaswier kan zo'n 50 cm lang worden. Ondanks de naam Blaaswier hebben niet altijd alle individuen ook daadwerkelijk blazen (figuur 11).

Figuur 11

Habitus van *Fucus vesiculosus* (uit Stegenga & Mol, 1983).



5.2.2.2 macro- en suprabenthos

neteldieren

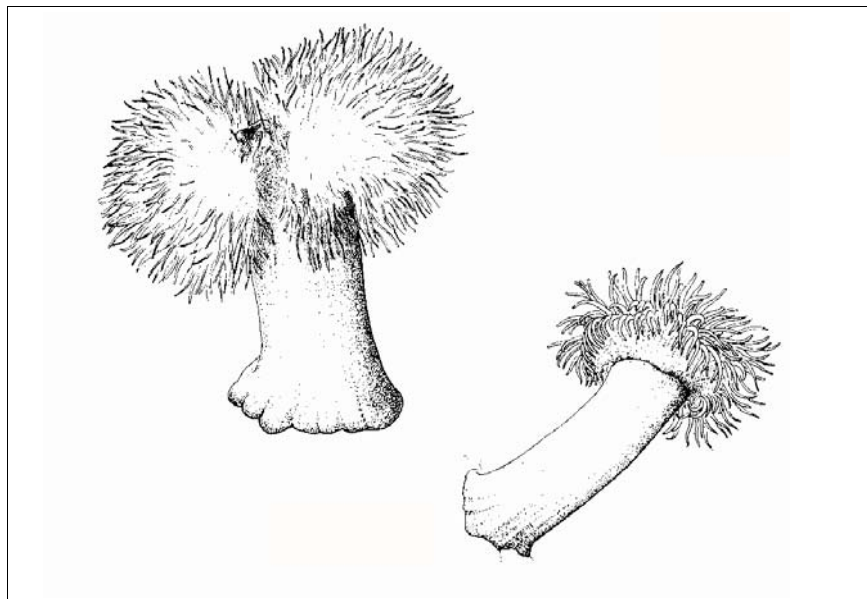
Metridium senile (Zeeanjelier)

De Zeeanjelier is een kosmopoliet van het hard substraat. Het is een planktoneter.

habitat De Zeeanjelier wordt veelal gevonden rondom de laagwaterlijn op hard substraat. Ook vestigt de soort zich op drijvende voorwerpen. Volgens Hayward & Ryland (1995) komt de soort voor tot een diepte van op zijn minst 100 m.

Figuur 12

Habitus van *Metridium senile* (uit Hayward & Ryland, 1995)



zouttolerantie Bij een temperatuur van 20 °C ligt het saliniteitsoptimum voor de Zeeanjelier tussen de 14 en 16 g/l Cl⁻. Het minimum zoutgehalte dat nog wordt verdragen ligt tussen de 8 en 10 g/l Cl⁻ (den Hartog, 1967). Voor de afsluiting der zeegaten werd *Metridium senile* niet beneden een saliniteit van 12,5 g/l Cl⁻ bij gemiddelde waterstand (dit komt ongeveer overeen met 15 g/l Cl⁻ bij vloed) bij gemiddelde rivierafvoer (Braber & Borghouts, 1977). Hayward & Ryland (1995) geven aan dat de variëteit *pallidum* (zie onder) vaak in brak water wordt aangetroffen.

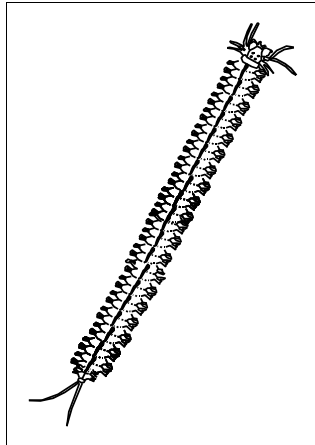
voorkomen De Zeeanjelier is gevonden op de Zuiderdam (Aquasense, 1998). De soort is in het Beerkanaal en het Calandkanaal zeer algemeen op havenkades, pontons, steigers et cetera (Paalvast, 1998).

habitus De Zeeanjelier is variabel in vorm en kleur. Opvallend aan volwassen individuen is het grote aantal korte tentakels (figuur 12). Er worden twee variëteiten onderscheiden, te weten var. *dianthus* met een vederachtige tentakelkrans en een kleine getijdevorm var. *pallidum* met veel minder tentakels.

borstelwormen

Polychaeta

.....
Figuur 13
Habitus van *Nereis diversicolor*.



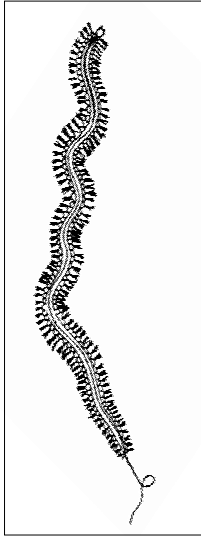
Nereis diversicolor Zeeduizendpoot

De Zeeduizendpoot (figuur 13) is een belangrijke soort in het voedselweb van estuaria. Hij wordt beschouwd als omnivoor die gebruik maakt van verschillende voedingsmethoden. De Zeeduizendpoot wordt beschreven zijnde detrituseter, carnivoor (predator), aaseter, planteneter en filtreerder (Ysebaert en Meire, 1991). *Nereis diversicolor* maakt in de Waddenzee 5% uit van de totale macrozoöbenthosbiomassa. In estuaria is de Zeeduizendpoot een belangrijke voedselbron voor stellopers bij eb (Zwarts, 1997) en voor platvis tijdens vloed (Summers, 1980, Bessineton et al, 1998, Morin et al, 1999). De beperkte verspreiding van de Zeeduizendpoot buiten het estuarium is vooral gelegen in de concurrentie met andere zeeduizendpotten en zagers. Desroy (1998) heeft experimenteel aangetoond dat de roofpraktijken van *Nephtys hombergii* op het broed van de Zeeduizendpoot het voorkomen sterk bepaald.

habitat	De Zeeduizendpoot is wellicht de meest karakteristieke soort van het estuarien intergetijdengebied. Hij wordt gevonden in allerlei substraten doch heeft een voorkeur voor de fijnere slibrijke sedimenten. In het sublitoraal komt de Zeeduizendpoot in veel kleinere dichtheden voor dan in het litoraal. Hij graaft in het sediment een gangensysteem tot een diepte van 5-30 cm. Bij vorst kan het dier tot 60 cm diep wegkruipen (Ysebaert en Meire, 1991).
zouttolerantie	De Zeeduizendpoot is een echte euryhaline soort. Hij verdraagt zoetwater, maar tijdelijk ook extreme zoutgehalten van 139 g/l Cl ⁻ (Hartman-Schröder, 1983). De maximale stroomopwaartse verspreiding van de soort voor de afsluiting van de zeegaten viel samen met de 0,3 g/l Cl ⁻ isohaline bij hoog water en een lage rivier afvoer.
voorkomen	De Zeeduizendpoot komt voor in het zachte substraat van de Nieuwe Waterweg vanaf Hoek van Holland tot en met de Botlekhaven. Ook onder stenen wordt hij hier gevonden. In het mondingsgebied van het Haringvliet is hij eveneens aanwezig. In het Beerkanaal kwam de soort voor toen er in een nog niet opgeleverde haven een uitgebreid intergetijdengebied aanwezig was. Jonge exemplaren worden in het Beerkanaal en het Calandkanaal vaak tussen mosselen gevonden. (Paalvast, 1995 en 1998).
habitus	Volwassen zeeduizendpotten kunnen een lengte bereiken van 12 cm. Tussen de kop en de staart bevinden zich tussen de 90 en 120 segmenten die alle chaetae (borstels) dragen. De kleur is zeer variabel vaak geelgroen met oranje en rode tinten. Zeer opvallend is het dorsale bloedvat (Campbell, 1976).

Figuur 14

Habitus van *Nephtys hombergii* (uit de
Ruijter en
Schoenmaker, 1989)

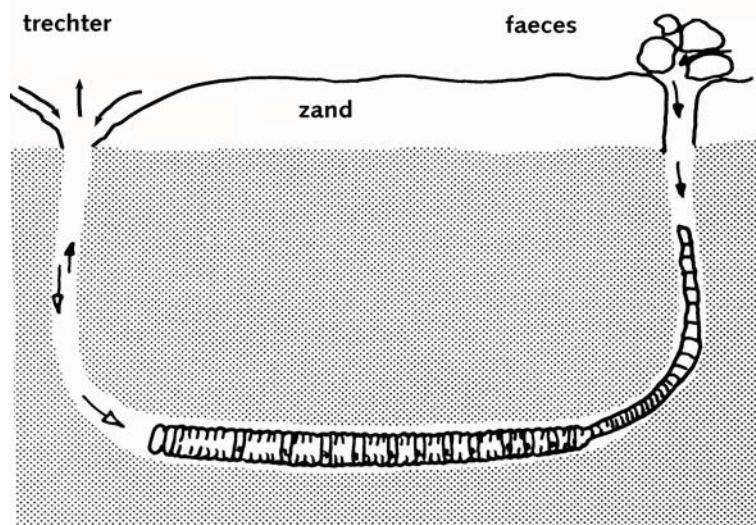


- Nephtys hombergii*, *Nephtys caeca* en *Nephtys cirrosa* Zandzagers
Nephtys hombergii (figuur 14), *Nephtys caeca* en *Nephtys cirrosa* zijn
zeer algemene soorten van de kustwateren. Het zijn predators (Wolff,
1973) die zelf weer op het menu van o.a. platvis en eerstgenoemde op die
van steltlopers staan (Morin et al, 1999). Van de intergetijdensoorten heeft
vooral *Nephtys hombergii* een hoge energetische waarde (Zwarts, 1997).
- habitat *Nephtys hombergii* en *Nephtys cirrosa* komen het meest
voor vanaf halverwege het intergetijdengebied en bereiken
hier de hoogste dichtheden. De soorten komen ook maar
minder vaak voor in het sublitoraal tot maximaal 33 meter.
Nephtys hombergii beperkt zich niet tot een bepaald type
sediment. Het heeft echter wel een voorkeur voor de
minder goed gesorteerde min of meer slibrijke sedimenten.
Nephtys cirrosa heeft een duidelijke voorkeur voor de meer
zanderige substraten. Het belangrijkste verschil van
Nephtys caeca met de andere soorten is dat hij niet in het
intergetijdengebied voorkomt.
- zouttolerantie Volgens Wolff (1973) worden zandzagers niet gevonden
beneden de 12 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en gemiddelde
rivierafvoer.
- voorkomen De soorten zijn zeer algemeen in het mondingsgebied van
het Haringvliet (Craeymeersch et al, 1990, 1991,
Craeymeersch, 1992, Craeymeersch et al, 1995, 1996).
- habitus *Nephtys hombergii* lijkt op de Zeeduizendpoot maar heeft
een anders gevormde uitstulpbare bek (proboscis).
Daarnaast is de soort langer tot 20 cm en heeft afhankelijk
van de lengte tussen de 90 en 200 segmenten de kleur
varieert van iriserend roze tot blauwachtig wit, met een
witte lijn over de rug (Hayward & Ryland, 1995, Barrett &
Young, 1958).
Nephtys caeca is langer dan *Nephtys hombergii* en wel
maximaal 25 cm en heeft afhankelijk van de lengte tussen
de 90 en 150 segmenten. De kleur is variabel maar over
het algemeen parelmoerachtig grijs met schaduwzijden
(Hayward & Ryland, 1995, Barrett & Yonge, 1958).
Nephtys cirrosa is de kleinste van de drie soorten en is 6
tot maximaal 10 cm lang en is opgebouwd uit 90-95
segmenten. *Nephtys cirrosa* heeft een zandkleurig uiterlijk
(Hayward & Ryland, 1995, Barrett & Yonge, 1958).

Arenicola marina Zeepier

Figuur 15

Arenicola marina in zijn J-vormige gang (bewerkt naar McLusky, 1989).



De Zeepier is een algemene soort van de Noord-West-Europese kust. Hij is te vinden van hoog in het intergetijdengebied tot ongeveer 20 meter daaronder. De hoogste dichtheden worden met name in het intergetijdengebied aangetroffen. Het dier leeft in J-, dan wel U-vormige gangen van 20 tot 40 cm diep (figuur 15). Het zuigt water en fijn sediment aan waardoor trechtervormige holtes aan de kopeinde ontstaan. Uit het water en vanaf het sediment worden algen en detritus verteerd. Behalve door de trechtervormige holtes valt hij op door de typische uitwerpsel-hoopjes aan de staartzijde. Het is een belangrijke sedimentomwoeler (bioturbator). In het intergetijdengebied van de Waddenzee is *Arenicola marina* verantwoordelijk voor 20% van de totale macrobenthosbiomassa. Deze polychaet is een belangrijke voedselbron voor platvis bij vloed en voor steltlopers bij eb (Wolff, 1973, Ysebaert & Meire, 1991, Nijkamp & Slegtenhorst, 1992, Malta et al, 1998).

habitat	De Zeepier komt voor in de meer fijne sedimenten met een relatief geringe slibfractie (2-5%). Toch wordt de soort vaak gevonden in sedimenten met een slibgehalte van 10-25%. In het Deltagebied heeft de soort een voorkeur voor fijn slibhoudend sediment (Wolff, 1973).
zouttolerantie	In Barnes (1994) wordt de ondergrens voor het voorkomen van de Zeepier in de meeste estuaria gesteld op 10 g/l Cl ⁻ . In de Westerschelde maar ook op andere plaatsen komt de soort nog voor bij 5 g/l Cl ⁻ . In het Krammer vormde de 10 g/l Cl ⁻ isohaline bij vloed en gemiddelde rivierafvoer de ondergrens voor de verspreiding van de soort (Wolff, 1973).
voorkomen	De Zeepier komt voor in het mondingsgebied van het Haringvliet (Vertegaal, 1997) en kwam voor in de voormalige zandplaten van de 8 ^e Petroleumhaven en Europahaven van het Beerkanaal (Paalvast, 1995).
habitus	<i>Arenicola marina</i> kan zo'n 20 cm lang worden. De kleur is donkergroen tot donkerbruin à zwart. Het lichaam valt in vier gebieden te verdelen: de kop, gevolgd door een dik gedeelte met 6 segmenten met uitsteeksel en een tweede dik gedeelte bestaande uit 13 segmenten met uitsteeksels en donkerrode kieuwen en het smallere abdomen (Hayward & Ryland, 1995).

Heteromastus filiformis Draadworm (naar Ysebaert & Meire, 1991
indien niet anders vermeld)

H. filiformis is een kosmopolitische opportunist, die vaak dominant in mariene bentische gemeenschappen aanwezig is. Hij wordt in verband gebracht met organische verontreiniging. De soort is een niet selectieve detrituseter. De worm maakt een min of meer verticale, semi-permanente gang waarin de feces worden afgezet. *H. filiformis* haalt zijn voedsel uit de anaërobe laag tot 10 à 30 cm diepte. Het is een gewilde prooi van *Nephtys hombergii*. Schol en Bot happen alleen de staarteinden af. De Rosse grutto is eveneens een predator van *H. filiformis* (Bijkerk et al., 1996)

habitat *H. filiformis* heeft een duidelijke voorkeur voor de litorale zone, maar komt voor tot een diepte van 1000 m (Hayward & Ryland, 1995). De soort prefereert een minder goed gesorteerde, slibrijke bodem, doch komt ook voor in fijn tot gemiddeld zand.

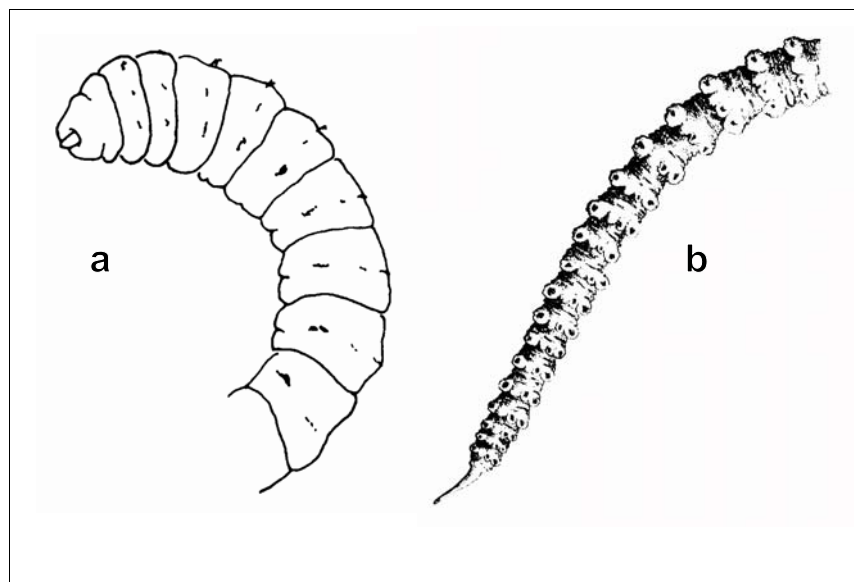
zouttolerantie *H. filiformis* verdraagt lage saliniteiten tot 3 g/l Cl⁻ maar komt reeds minder vaak voor beneden 10 g/l Cl⁻ (Wolff, 1973). Voor het Haringvliet en Volkerak was de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer de ondergrens voor de verspreiding van de soort.

voorkomen *H. filiformis* is dominant in het mondingsgebied van het Haringvliet (Vertegaal, 1997). In 1995 is de worm ook in het Beerkanaal gevonden (Paalvast, 1995).

habitus *H. filiformis* (figuur 16) is opgebouwd uit 140 segmenten (Hayward & Ryland, 1995). De worm kan 18 cm lang worden (Barnes, 1994). Het uiteinde van de worm is dof rood naar de kop toe geleidelijk overgaand in een rood groene of gele kleur.

Figuur 16

Kop- (a) en staart-
gedeelte (b) van
Heteromastus filiformis
(a uit Barnes, 1994 en b
uit Hayward & Ryland,
1995).

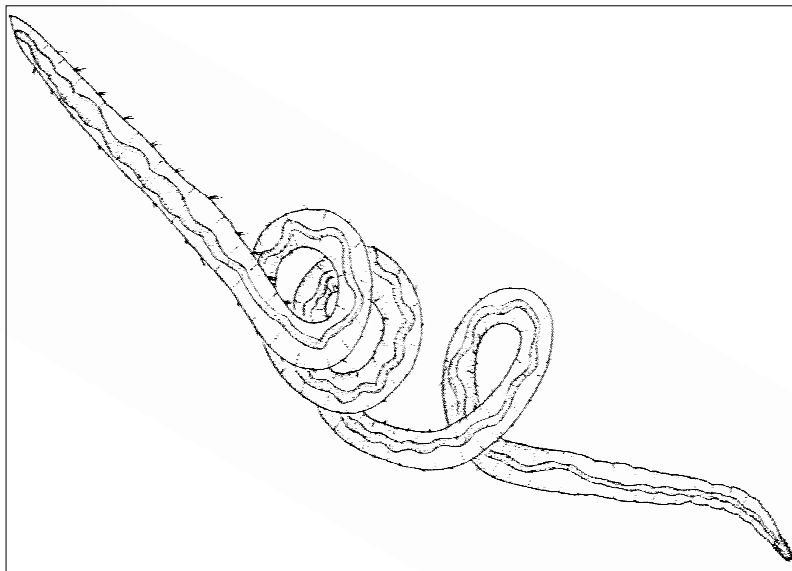


oligochaeten

In het mesohalinicum, maar vooral in het oligohalinicum en dan met name wanneer er sprake is van dagelijkse saliniteitsschommelingen is de sublitorale bodemfauna zeer arm. In het Haringvliet en het Hollandsch Diep voor de afsluiting werden respectievelijk 5 en 1 macrobenthos-soorten aangetroffen (Wolff, 1973). De drie belangrijkste estuariene soorten zijn *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hofmeisteri* en *Tubifex costatus* (McLusky et al., 1993). Het zijn alle detrituseters die plaatselijk in grote dichtheden tot 500.000 ind/m² voor kunnen komen (Barnes, 1994). Wanneer bloedzuigers (die veel oligochaeten eten) afwezig zijn kan *Tubifex tubifex* in grote aantallen aanwezig zijn (Brinkhurst, 1971). Het zijn echte sedimentwoelers die per dag tot 20 keer hun lichaamsgewicht aan sediment om spitten.

habitat	Oligochaeten zijn in vrijwel alle sedimenten te vinden. Men treft ze aan in het intergetijdengebied en het sublitoraal.
zouttolerantie	<i>Tubifex tubifex</i> van zoet tot 2,7 g/l Cl ⁻ , <i>Limnodrilus hofmeisteri</i> van zoet tot 8,3 g/l Cl ⁻ en <i>Tubifex costatus</i> van 2 tot 13 g/l Cl ⁻ . Waarbij de bovengrens van de verspreiding waarschijnlijk samenvalt met de isohaline behorende bij de maximale zouttolerantie bij vloed en gemiddelde rivierafvoer. De ondergrens van de verspreiding van <i>Tubifex costatus</i> valt waarschijnlijk samen met de 2 g/l Cl ⁻ isohaline bij eb bij gemiddelde afvoer.
voorkomen	Met name voor het doorgraven van de Beerdam aangetroffen in de bodem van het Hartelkanaal (Aquasense, 1998 en 1999). Oligochaeten zijn ook aangetroffen in het intergetijdengebied bij Rozenburg aan de Nieuwe Waterweg (Paalvast, 1995).
habitus	Aquatische oligochaeten zijn kleine (van <0,5 mm tot 25 mm) gesegmenteerde wormen met weinig borstels (figuur 17).

.....
Figuur 17
Voorbeeld
Tubificid
Haywa
(1995)



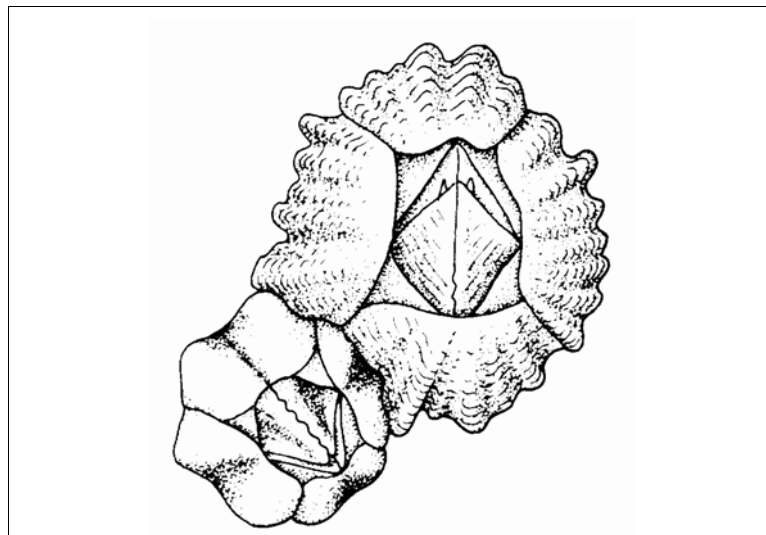
Kreeftachtigen

Elminius modestus Nieuwzeelandse pok

De Nieuwzeelandse pok is oorspronkelijk afkomstig uit Nieuw Zeeland. De soort werd rond 1940 geïntroduceerd in Engeland en heeft zich van daaruit verspreid over een groot deel van Noordeuropa. Het is in Nederland een algemene soort van Zeeland tot en met de Waddenzee (Huwae, 1985, Hayward & Ryland, 1995). In het Deltagebied was de soort voor de afsluitingen reeds wijd verspreid (Hummel, et al., 1985b). Met hun sterk gelede rankpoten filteren zeepokken hun voedsel uit het water.

habitat	De Nieuwzeelandse pok is een soort van het intergetijdengebied en het sublitoraal even daaronder. Zij is te vinden op allerlei hard substraat, zoals daar zijn steen, hout, schelpen, slakken, algen, stalen damwanden etc.
zouttolerantie	<i>Elminius modestus</i> wordt gezien als een typische estuariene soort ondanks het feit dat zij ook de kustgebieden bewoond (Hayward & Ryland, 1995). De soort is in staat ver het estuarium binnen te dringen en eenmaal daar gevestigd weerstaat ze grote saliniteits-schommelingen. De soort is wat men in het Engels een "osmoconformer" placht te noemen en verdraagt saliniteiten tot circa 8 g/l Cl ⁻ (Foster, 1970). Voor de afsluitingen was globaal de 10 g/l Cl ⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer de ondergrens voor de verspreiding. Bij plotselinge daling van het zoutgehalte sluit de pok haar operculum (zie onder).
voorkomen	<i>Elminius modestus</i> is zeer algemeen in het mondingsgebied van het Haringvliet, de monding van de Nieuwe Waterweg, het Beerkanaal en het Calandkanaal (Paalvast, 1998). Plaatselijk wordt een bedekking van 100% gevonden. Een jaar na het doorgraven van de Beerdam waren ze reeds tot voorbij de Suurhoffbrug in het Hartelkanaal te vinden (Paalvast, 1999a).
habitus	Een zeepok is een soort kreeft die op zijn rug ligt en wordt omsloten door een huisje bestaande uit een aantal kalkplaten (in het geval van de Nieuwzeelandse pok (figuur 18) zijn dat er vier). Via een afsluitbare opening (operculum) kan de pok zijn sterk gelede waaierpoten naar buiten steken. De maximale diameter van deze soort bedraagt 1 cm.

Figuur 18
Habitus van *Elminius modestus* (uit Hayward & Ryland, 1995)

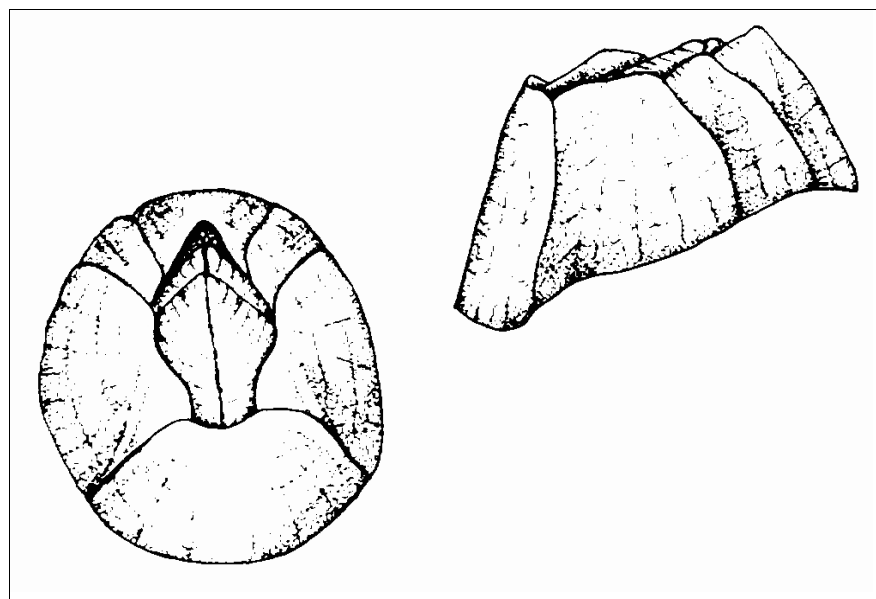


***Balanus improvisus* Brakwaterpok**

Balanus improvisus is een algemene zeepok van de Noordwesteuropese estuaria. In het Elbe-estuarium is zij de meest verspreide en voorkomende pok (Riedel-Lorjé, et al., 1992). In de Zuiderzee was het voor de afsluiting de enig voorkomende zeepok (Redeke, 1922). In Engeland is de soort het meest succesvol in de grote estuaria, die meer stabiel zijn dan de kleinere. In de kleinere estuaria vond men dat Brakwaterpokpopulaties van het ene op het andere moment konden afsterven, veelal gevolgd door een snelle rekolonisatie. Het transport van larven via de zeestroming zorgt voor de verspreiding van de soort en uitwisseling tussen populaties (Furman & Yule, 1992).

- habitat** Het habitat van de Brakwaterpok is overeenkomstig dat van *Elminius modestus*. De soort dringt echter het verst het estuarium binnen, tot bijna de grens met zoet water.
- zouttolerantie** Volgens Remane (in van Couwelaar en van Dijk, 1989) komt de Brakwaterpok voor binnen een range van zoet tot 20 g/l Cl⁻. In de voormalige Zuiderzee kwam zij niet verder dan de 8 g/l Cl⁻ isohaline (Redeke, 1922). In het Elbe-estuarium is zij te vinden vanaf ongeveer 1 tot 17 g/l Cl⁻, met een optimum tussen 8 en 14 g/l Cl⁻ (Riedel-Lorjé, et al., 1992). Foster (1970) heeft experimenteel vastgesteld dat de Brakwaterpok bij saliniteiten van 1-2 g/l Cl⁻ actief blijft, maar geeft daarbij aan dat het niet waarschijnlijk is dat de pok bij dit zoutgehalte ook kan groeien en overleven. Foster stelt de ondergrens op 3 g/l Cl⁻. In het Hollandsch Diep en het Spui voor de afsluiting viel de ondergrens van de verspreiding ongeveer samen met de 0,3 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer.
- voorkomen** *Balanus improvisus* is in lage dichtheden gevonden in het Beer- en Calandkanaal, het Hartelkanaal en de Nieuwe Waterweg voor het doorgraven van de Beerdam (Paalvast, 1995 en 1998). In oktober 1999 was zij de dominante pok in het laag eulitoraal en sublitoraal in het meest oostelijke deel van het Hartelkanaal (Paalvast, 1999b).
- habitus** In tegenstelling tot het huisje van *Elminius modestus* welke uit 4 kalkplaten is opgebouwd, bestaat die van de Brakwaterpok (figuur 19) uit zes platen. Volwassen brakwaterpokken worden in doorsnede 1,5 cm groot.

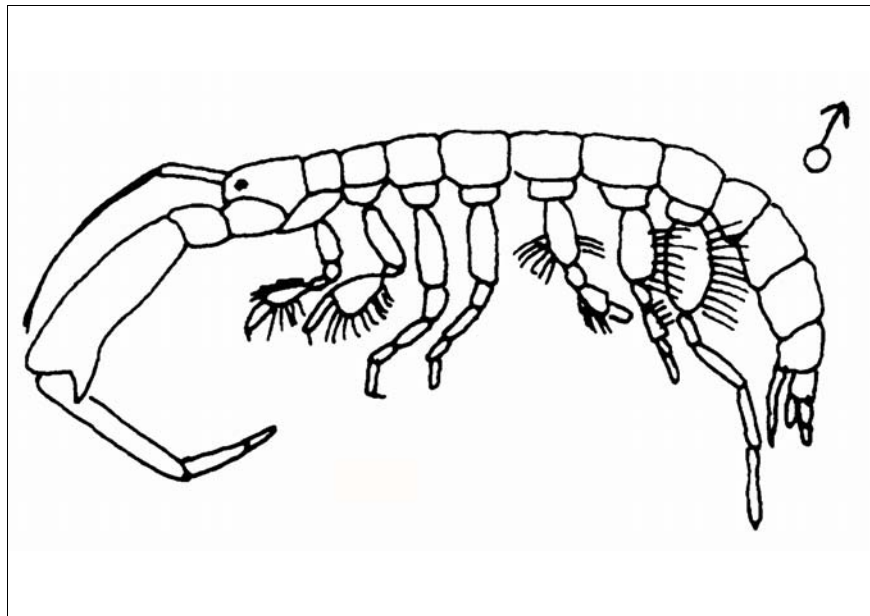
.....
Figuur 19
Habitus van *Balanus improvisus* (uit Hayward & Ryland, 1995)



Corophium spec. (Slijkgarnalen)

De Slijkgarnaal behoort tot de vlokreeften. Slijkgarnalen zijn nagenoeg alle uitgesproken brakwaterbewoners en de meeste soorten worden dan ook in de kustgebieden aangetroffen (van den Brink & van der Velde, 1992). Bij verschillende vissoorten doch vooral bij platvissen staat de Slijkgarnaal boven aan het menu (Summers, 1979, Bessineton et al., 1998, Morin et al., 1999), maar ook voor steltlopers is het een belangrijke voedselbron (Zwarts, 1997, Anonymus, 1998). Zelfs de Gewone garnaal laat de Slijkgarnaal niet ongemoeid. In het estuarium van Rijn en Maas zijn vooral *C. arenarium*, *C. volutator*, *C. multisetosum* en *C. curvispinum* belangrijke soorten (Craeymeersch et al, 1990, 1991, Craeymeersch, 1992, Craeymeersch et al, 1995, 1996, Vertegaal, 1997, Paalvast 1995, 1998, 1999b, Rajagopal, 1998). Slijkgarnalen kunnen in enorme dichtheden voorkomen waarbij dichtheden van 50.000 tot 100.000 ind/m² (Ysebaert en Meire, 1991, van den Brink & van der Velde, 1992) of zelfs meer dan 200.000 ind/m² (Rajagopal, 1998) geen uitzondering vormen. *Corophium spec.* is een selectieve detritusetter en filterder en voedt zich met bacteriën en in mindere mate diatomeeën.

.....
Figuur 20
Habitus van *Corophium volutator* (uit Barnes, 1994)



habitat Slijkgarnalen leven in U-vormige gangen op een diepte van 1 tot 6 cm. Ook bouwen ze huisjes op harde substraten zoals stenen, palen en planten. *C. volutator* geeft de voorkeur aan slibrijke bodems, terwijl *C. arenarium* minder slibrijk en wat grover zand prefereert (Ysebaert & Meire, 1991). *C. arenarium* wordt echter ook in slibrijke bodems aangetroffen (van den Brink & van der Velde, 1992). *C. multisetosum* leeft aan de Nieuwe Waterweg in een fijnzandig niet al te slibrijk sediment (Paalvast, 1995), maar vermijdt de zeer fijne (veelal slibrijke) sedimenten (Queiroga, 1990). De soort bouwt ook huisjes op stenen en andere hard substraten (van den Brink & van der Velde, 1992). *C. curvispinum* wordt voornamelijk op stenen gevonden, waar het door het invangen van slib huisjes bouwt.

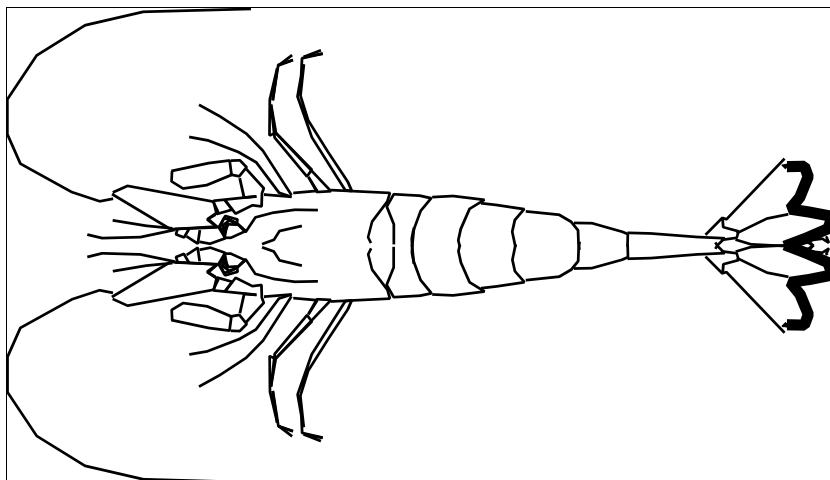
zouttolerantie	<i>C. volutator</i> en <i>C. arenarium</i> zijn echte euryhalie soorten, die ver het brakke deel van het estuarium binnen kunnen dringen (Wolff, 1973). <i>C. volutator</i> verdraagt saliniteiten van 1 tot 28 g/l Cl⁻ (McLusky, 1969), maar prefereert een zoutgehalte tussen de 5 en 16,5 g/l Cl⁻ (tussen 3 en 12 g/l Cl⁻ McLusky in Wolff, 1973). In de Elbe en de Seine is <i>C. volutator</i> respectievelijk gevonden tussen 6 en 15 g/l Cl⁻ (Riedel-Lorjé et al., 1992) en 1 en 14 g/l Cl⁻ (Anonymus, 1999). <i>C. volutator</i> reageert op saliniteitsveranderingen door zich actief te verplaatsen (McLusky in Michaelis, 1983). <i>C. arenarium</i> prefereert saliniteiten hoger dan 10 g/l Cl⁻ (Van den Brink & van der Velde, 1992). Voor de afsluitingen werd de soort niet gevonden beneden de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij gemiddelde rivierafvoer (Wolff, 1973). <i>C. multisetosum</i> tolereert flinke saliniteitsschommelingen van volledig zoet water naar saliniteiten boven de 16,5 g/l Cl⁻. De voorkeur van deze soort gaat echter uit naar een zoutgehalte tussen de 1,5 en 5,5 g/l Cl⁻ (Queiroga, 1990). Van den Brink & van der Velde (1992) geven een range van zoet tot 3,3 g/l Cl⁻. <i>C. curvispinum</i> is de enige Slijkgarnaal die in het zoete water wordt gevonden (Rajagopal, 1998). Ook deze soort is zeer tolerant voor schommelingen in het zoutgehalte. Gewoonlijk komt hij voor in zoet water tot in water met een saliniteit van 319 (Van den Brink & van der Velde, 1992).
voorkomen	<i>C. arenarium</i> en <i>C. volutator</i> komen voor in het mondingsgebied van het Haringvliet en <i>C. multisetosum</i> in het Hartelkanaal (Paalvast, 1999b) en de Nieuwe Waterweg (Paalvast, 1995, Bakker et al., 1998). <i>C. curvispinum</i> is aangetroffen in het Hartelkanaal en de Nieuwe Waterweg voor het doorgraven van de Beerdam (Paalvast, 1998) en voorts het gehele benedenrivierengebied (Van den Brink & van der Velde, Platvoet en Pinkster, 1995).
habitus	Slijkgarnalen zijn kleine kreeftachtigen (figuur 20). Van boven besproken soorten is <i>C. arenarium</i> de grootste met een maximale lengte van 10 mm en <i>C. volutator</i> de kleinste met een maximale lengte van 6 mm.

Crangon crangon Gewone garnaal

De Gewone garnaal is de meest algemene soort van de Decapoda Natantia in het Deltagebied (Heerebout, 1974). De soort neemt een dominerende plaats in in het ecosysteem van de West-Europese kustwateren. Dit is vooral het gevolg van de voortplantingsstrategie door het produceren van zomer- en winterieren, de hoge tolerantie voor saliniteitsschommelingen en het ontbreken van een duidelijke voedselpreferentie (Boddeke, 1989). Gewone garnalen vertonen een jaarlijkse migratie. In de herfst migreren ze naar dieper water, waarmee de combinatie van lage temperatuur en lage saliniteit wordt voorkomen. In het voorjaar worden de ondiepe wateren van de estuaria opgezocht. Estuaria zijn de kinderkamers voor garnalen (Heerebout, 1974). Gewone garnalen tolereren niet alleen saliniteitsswisselingen, maar bewegen ook actief mee met de verplaatsing van het saliniteitsfront (Marchand, 1981). Garnalen spelen een belangrijke rol in het voedselweb van estuaria. Zo maken ze een belangrijk deel uit van het dagelijks menu van een groot aantal vissoorten (Summers, 1979, Boddeke, 1989, Bessineton et al., 1998, Morin et al., 1999), verschillende vogelsoorten (Zwarts, 1997, Anonymus, 1998) en zeehonden (Boddeke, 1989).

habitat	In de zomer houdt de Gewone garnaal zich op in de ondiepe wateren en het bij vloed overstroomde intergetijdengebied. 's Winters bevinden ze zich in zee. Overdag ligt de Gewone garnaal ingegraven in het sediment om zich te verbergen tegen predators. Ze zijn overwegend 's nachts actief
zouttolerantie	De Gewone garnaal kan leven in water dat qua saliniteit fluctueert tussen 5,5 en 19 g/l Cl ⁻ (Wolff & Zijlstra in Nijkamp & Slegtenhorst, 1992). De soort beweegt met het zoutfront zowel getijcyclisch als gedurende het seizoen mee. De maximale verspreiding voor de afsluitingen was op het Haringvliet tot de 5,5 g/l Cl ⁻ isohaline bij vloed bij gemiddelde rivierafvoer.
voorkomen	De Gewone garnaal is algemeen in het mondingsgebied van het Haringvliet (Reinhold-Dudok van Heel, 1995).
habitus	De Gewone garnaal (figuur 21) is binnen de suborde der Natantia met een lengte tussen de 40 en 90 mm een van de grotere soorten (Holthuis & Heerebout, 1986).

.....
Figuur 21
Habitus van *Crangon crangon*.



Palaemon longirostris Langneus steurgarnaal

Heerebout bericht in 1974 over het zeldzame verschijnsel "de Langneus steurgarnaal" in het zwakbrakke deel van de rivieren. Het zeldzame karakter van de soort wijdt hij aan de milieuvervuiling. Vroeger moet de soort zeer algemeen zijn geweest in het oligohaliniem van het estuarium van Rijn en Maas. Vader schrijvers viste erop met een kruisnet in de haven van Maassluis om ze als aas te gebruiken. Groen (1980) schrijft in het Zeepaard over de grote aantallen in het Rijnmond gebied rond 1950 en de afwezigheid in de jaren 70-80. In de periode 1978-1980 heeft hij de Nieuwe Waterweg bevestigd en overal de Langneus steurgarnaal in grote aantallen aangetroffen.

De Langneus steurgarnaal is een belangrijke schakel in het voedselweb van het estuarium (Marchand, 1981, Marchand & Alliot, 1981, Sorbe, 1983, Mouny et al., 1996, Abarnou & Dauvin, 1997, 1999). Op het menu van de soort staan crustacea als *Neomysis integer*, *Corophium volutator* en larven van *Crangon crangon*, polychaeten als *Nereis diversicolor*, oligochaeten en copepoden zoals *Eurytemora affinis*. Zelf wordt de Langneus steurgarnaal door verschillende vissoorten en vogels gegeten.

habitat De Langneus steurgarnaal houdt zich voornamelijk op in het ondiepe water en het intergetijdengebied van de oligohaliene zone van het estuarium en vaak in grote dichtheden (Marchand, 1981, Cartaxana, 1994, Mouny, et al., 1996).

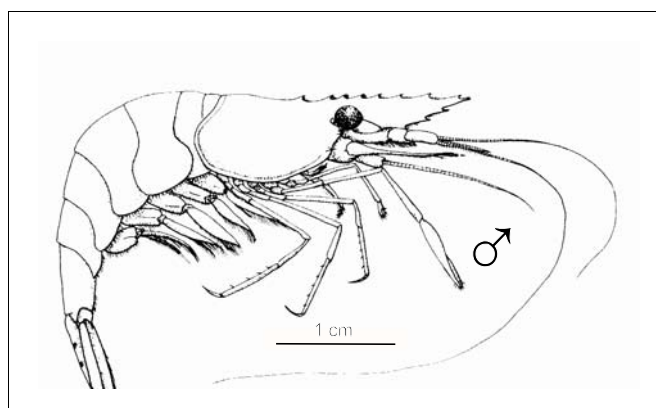
zouttolerantie De Langneus steurgarnaal is een zeer euryhaliene soort die zeer goed is aangepast aan het estuariene milieu. Het is onder de Decapoda Natantia mogelijk de soort die wat betreft osmoregulatie het best is toegerust. De soort tolereert een saliniteitsrange tussen 0 en 15,5 g/l Cl⁻. Individuen verzameld in brak of zout water houden het gemakkelijk meer dan een jaar in zoet water uit. Ondanks zijn enorme zouttolerantie wordt hij voornamelijk in het oligohaliniem gevonden. Gedurende het seizoen beweegt de Langneus steurgarnaal garnaal met de brakwatergrens mee (Marchand, 1981, Marchand & Alliot, 1981, Sorbe, 1983, Cartaxana, 1994, Mouny, et al., 1996, Abarnou & Dauvin, 1997, 1999). In het Haringvliet voor de afsluiting beperkte de verspreiding zich tot het gebied tussen de 3 g/l Cl⁻ en de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij lage rivierafvoer.

voorkomen De soort is algemeen in de Nieuwe Waterweg, het Haringvliet en het Hollandsch Diep (Van Beek et al., 1995).

habitus De Langneus steurgarnaal (figuur 22) is een vrij forse garnaal die zo'n 8 cm lang kan worden (Barnes, 1994).

.....
Figuur 22

Habitus van *Palaemon longirostris* (uit Hayward & Ryland, 1995)



Bathyporeia pilosa Kniksprietkreeftje

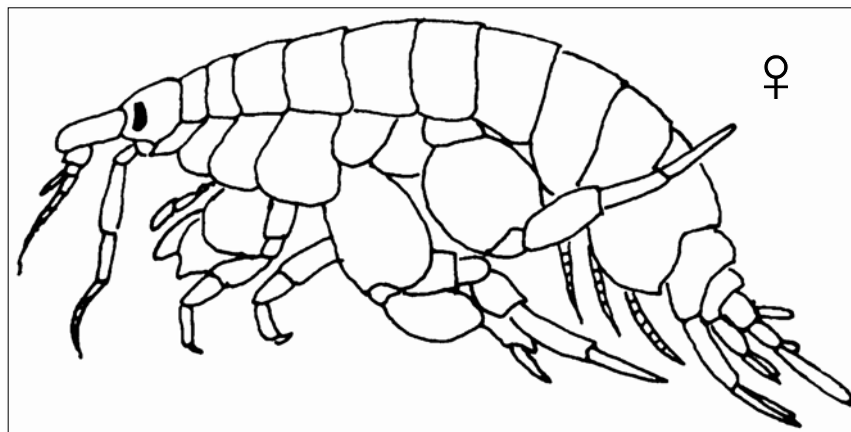
Het Kniksprietkreeftje is een euryhaliene soort van kusten en estuaria, die ver in de brakke zone tot zelfs het zoete water kan doordringen (Ysebaert & Meire, 1991, Riedel-Lorjé, 1998). Dit kreeftje wordt op verschillende dieptes sublitoraal gevonden, maar komt in de hoogste dichtheden vooral in het ondiepe water en litoraal voor. Het geeft eerder de voorkeur aan vochtig dan aan nat zand (Hayward & Ryland, 1995). Dichtheden kunnen oplopen tot meer dan 10.000/m². Het Kniksprietkreeftje en zijn verwanten hebben een lichaam ontwikkeld dat hen in staat stelt goed in onstabiele sedimenten te functioneren. Ze kunnen zeer snel en efficiënt zwemmen en graven.

Het Kniksprietkreeftje is een echte selectieve deposit feeder en voedt zich met micro-organismen en detritus die aan zandkorrels kleven (Ysebaert & Meire, 1991)

- | | |
|----------------|--|
| habitat | Het Kniksprietkreeftje is een bewoner van instabiele, zandige intergetijdengebieden. Het komt voor in verschillende soorten sedimenten, van zeer grove tot relatief fijne, met een optimum voor de middelmatig fijne goed gesorteerde sedimenten. De soort is hierdoor afwezig op de meeste slikken. |
| zouttolerantie | Wanneer het juiste substraat voor de soort aanwezig is komt zij voor tot een minimum saliniteit van circa 2 g/l Cl ⁻ (Barnes, 1994). In het Elbe-estuarium wordt het Kniksprietkreeftje gevonden in de range van zoet water tot water met een saliniteit van 18 g/l Cl ⁻ . McGrorty (1971) heeft experimenteel vastgesteld dat de soort een zourange van 1,5 tot 28 g/l Cl ⁻ tolereert. |
| voorkomen | In het huidige estuarium van Rijn en Maas is de soort alleen beschreven voor het mondingsgebied van het Haringvliet (Craeymeersch et al, 1990, 1991, Craeymeersch, 1992, Craeymeersch et al, 1995, 1996, Vertegaal, 1997) |
| habitus | <i>Bathyporeia pilosa</i> is een kleine (6 mm) amphipode met een opvallend geknikte eerste antenne (figuur 23). |

Figuur 23

Habitus van *Bathyporeia pilosa* (uit Barnes, 1994)



Gammarus tigrinus Tijgervlokreeft

De Tijgervlokreeft is een uit Noord-Amerika afkomstige vlokreeft die in de dertiger jaren massaal werd aangetroffen in vooral de sterk verontreinigde wateren van oude Engelse industriegebieden (Pinkster & Platvoet, 1986). In Nederland werd de soort pas in 1967 gevonden. Vanaf dat moment heeft er een enorme verspreiding in het Nederlandse rivierengebied plaatsgevonden (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1993a, 1993b). In Noord-Amerika is het een typische soort van de Atlantische estuaria. De soort wordt omschreven als extreem euryhalien (DVWK & ARGE, 1998).

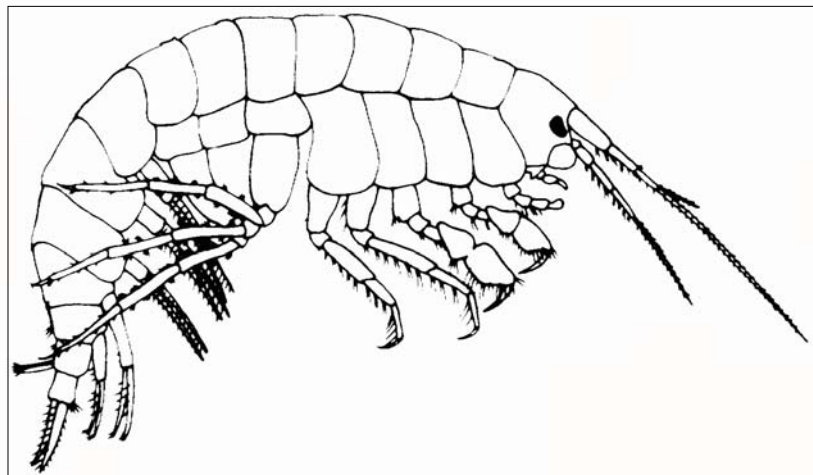
habitat De Tijgervlokreeft wordt over de gehele verticaal van de waterkolom gevonden, in het intergetijdengebied tussen stenen en planten en sublitoraal op stenen en de zandige bodem.

zouttolerantie De zouttolerantie van de soort is enorm. De voorkeur gaat echter uit naar zwak brak water. Gezien de verspreiding in het zoete water waar de gehele generatiecyclus wordt doorlopen wordt dit ook goed doorstaan. De Tijgervlokreeft tolereert saliniteiten tussen de 2 en 12,6 g/l Cl⁻ (DVWK & ARGE, 1998).

voorkomen De soort komt in het gehele benedenrivierengebied voor.
habitus De Tijgervlokreeft is onder de vlokreeften (figuur 24) een kleine soort met een maximale lengte van 12 mm (%%). De soort is goed van andere vlokreeften te onderscheiden door de duidelijke donkere verticale banden vanaf de kop tot bijna aan de staart (Pinkster & Platvoet, 1986).

.....
Figuur 24

Habitus van een Gammaride (uit De Pauw & Vannevel, 1991).



Neomysis integer Aasgarnaal

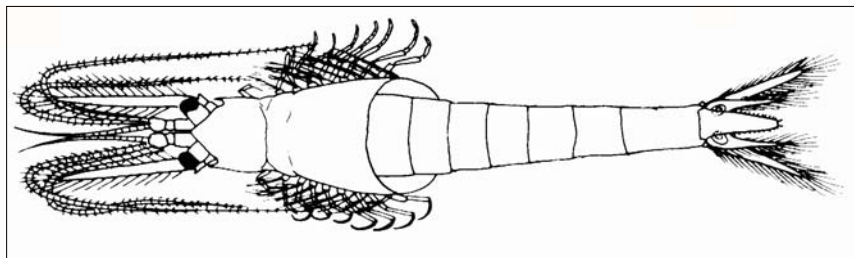
Redeke (1922) schrijft: "In ons land is zij, behalve in Dollart (bij Delfzijl) en Zuiderzee, in de geheele Westerschelde (niet in de Oosterschelde) door Hoek gevonden en deze auteur vermeldt ook reeds, dat zij in ontzagelijke massa's in Haringvliet en Hollandsch Diep (beneden brug) leeft". Voor de afsluitingen van de zeegaten door de Deltawerken was de Aasgarnaal alom vertegenwoordigd in het Deltagebied (Hummel et al., 1985b)

De Aasgarnaal is een belangrijke kreeftachtige in het oligohaliniem van de West-Europese estuaria (*Loire*, Marchand & Alliot, 1981, *Elbe*, Riedel-Lorjé, 1998, *Eems*, *Gironde*, Mees, et al., 1995, *Seine*, Abarnou & Dauvin, 1997, 1999, Mouny, 1998, Aaser et al, 1995, *Theems*, Attrill, 1998). Het belangrijkste voedsel voor dit garniaaltje is de copepode *Eurytemora affinis*, een dominante zoöplanktonsoort in de West-Europese estuaria (McLusky, 1989, Sautour & Castel, 1995, Mouny et al, 1996, Mouny & Dauvin, 1998, Riedel-Lorjé, 1998). Zelf vormt zij een belangrijke voedselbron voor vissen en andere garnalen zoals de Gewone garnaal en de Langneus steurgarnaal. De soort kan voorkomen in scholen met een dichtheid van meer dan 4000 ind/m² (Barnes, 1994).

- habitat De Aasgarnaal wordt gevonden vanaf ongeveer de gemiddelde waterstand in het intergetijdengebied tot een diepte van 25 m. Het heeft geen voorkeur voor een bepaald type sediment, maar ze is niet aangetroffen op modderbodems (Wolff, 1973).
- zouttolerantie De Aasgarnaal is een typische brakwatersoort en kwam voor de afsluitingen vooral voor in het gebied tussen de 0,3 en 10 g/l Cl⁻ isohalinen bij vloed en een gemiddelde rivierafvoer (Wolff, 1973). In het huidige estuarium van Rijn en Maas wordt zij ook in water met een lager chloridegehalte dan 0,3 g/l Cl⁻ gevonden (Klink & Dudok van Heel, 1993). In het oligohaliniem echter wordt zij in de grootste dichtheden gevonden (Mouny, et al., 1996).
- voorkomen De Aasgarnaal komt voor op de Nieuwe Waterweg (Bakker et al, 1998), het Haringvliet en het Hollandsch Diep (Klink & Dudok van Heel, 1993).
- habitus De Aasgarnaal (figuur 25) is een kleine (maximaal 20 mm) half transparante, cilindrische kreeftachtige die lijkt op een garnaal.

..... Figuur 25

Habitus van *Neomysis integer* (uit Hayward & Ryland, 1995).



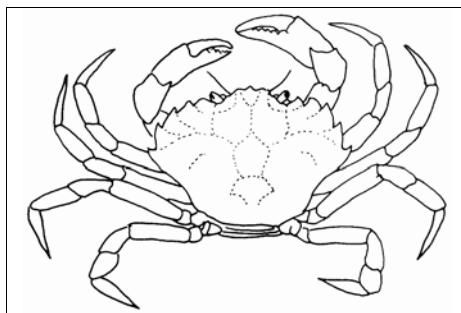
Carcinus maenas Strandkrab

De Strandkrab was voor de afsluitingen der zeegaten (Wolff & Sandee, 1971) de meest algemene krab van het gehele Deltagebied en is dit tot op heden nog steeds (Maes et al, 1997, Malta et al., 1998). Ook in de andere West-Europese estuaria is de soort zeer algemeen (Mathieson & Berry, 1997, Attrill, 1998, Morin et al., 1999). De Strandkrab is een omnivoor die met het klimmen der jaren steeds meer carnivoor wordt (Klein-Breteler, 1983). Het voedsel bestaat bij jonge dieren uit dode en levende dieren en plantaardig materiaal. Oudere dieren pakken in feite alles wat hen voor de voeten komt, mits het formaat dat van henzelf niet overstijgt. Zo worden schelpdieren en zee-egels gekraakt met de sterke klauwen. Ook wormen, kleine vis en andere crustaceeën vormen een gemakkelijke prooi.

Krabben worden afhankelijk van hun leeftijd gegeten door vissen en vogels.

habitat	Strandkrabben komen voor op allerlei substraten variërend van hard substraat tot veen, klei, slib en zand (Wolff & Sandee, 1971) en onder stenen en planten. De soort wordt over de gehele verticaal van de waterkolom gevonden tot een diepte van 200 m (Hayward & Ryland, 1995), maar jonge dieren blijven het gehele jaar in het intergetijdengebied (Klein-Breteler, 1983, Mathieson & Berry, 1997).
zouttolerantie	Adulte strandkrabben zijn euryhalien met een optimaal zoutgehalte van 15 tot 18 g/l Cl ⁻ (zie Haas, 1998). Doch lage saliniteiten tot 3 à 4 g/l Cl ⁻ worden verdragen (Broekhuizen, 1936 in Klein-Breteler, 1983). De soort beweegt mee met de verschuiving van de salinitietsgradiënt in de loop van het seizoen. De mate waarin schommelingen in het zoutgehalte worden verdragen is afhankelijk van de temperatuur. Lage zoutgehalten worden in de winterperiode getolereerd. Voor de afsluiting van het Haringvliet bereikte de soort in de zomer niet de 5,5 g/l Cl ⁻ isohaline (van het oppervlaktewater) bij hoog water gedurende lage rivierafvoer (dit komt ongeveer overeen met de 0,3 g/l Cl ⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer) (Wolff & Sandee, 1971).
voorkomen	De Strandkrab is algemeen in het mondingsgebied van het Haringvliet, de Nieuwe Waterweg, het Beerkanaal en het Calandkanaal (Van Beek et al, 1995, Paalvast, 1995, 1998) en is zelfs op het Haringvliet aangetroffen (Van Beek et al, 1995). In 1999 is de soort voor het eerst in het westen van het Hartelkanaal gevonden (Paalvast, 1999b).
habitus	De Strandkrab (figuur 26) behoort tot een familie van kleine krabben, maar is daarin wel een van de grootste met een maximale carapax (rugschild)breedte en -lengte van respectievelijk 73 mm en 60 mm (Hayward & Ryland, 1995). Krabben onderscheiden zich het duidelijkst van andere crustaceeën doordat het abdomen (achterlijf) onder de cephalothorax (kopborststuk) ligt gevouwen.

.....
Figuur 26
 Habitus van *Carcinus maenas* (uit Barnes, 1994).



weekdieren

Hydrobia ulvae Wadslakje (naar Ysebaert & Meire, 1991 indien niet anders vermeld)

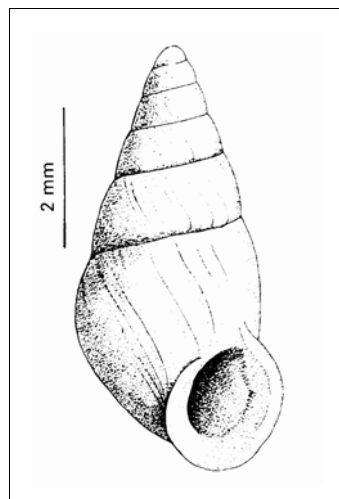
Het Wadslakje is een algemene soort van de kusten van de Atlantische Oceaan, de Noordzee en de Baltische Zee en dringt aldaar de estuaria binnen. Het Wadslakje is zowel een detritusetter als een grazer en leeft van diatomeeën en bacteriën. De soort kan voorkomen in zeer grote dichtheden van 25.000 tot wel 300.000 ind/m² (zie Malta et al., 1998). De soort vormt een belangrijke voedselbron voor zowel ongewervelde als gewervelde predators. Bergeenden kunnen via levend gebleven exemplaren in hun uitwerpselen een bijdrage leveren aan de verspreiding van de soort (Cadée in Gittenberger et al., 1998).

Het dier vertoont vaak een typisch cyclisch gedrag van kruipen, ingraven en drijven. Het ingraven wordt eerder gezien als bescherming tegen uitdrogen en predatie dan het exploiteren van voedsel net onder het bodemoppervlak. Het drijven of vlotgedrag wordt door velen als een verspreidingsmethode gezien. Dit vlotgedrag is niet voor alle *Hydrobia ulvae*-populaties beschreven.

- habitat Het Wadslakje is een typische litorale soort, die sublitoraal en met name in de diepere geulen zeldzaam is. Het komt voor op verschillende substraattypen, zoals schorren en schorreplanten, op zeegrassen, zand en slik. Het voorkomen wordt beperkt door de stroomsnelheid (Malta et al., 1998)
- zouttolerantie Het Wadslakje is een mariene soort met een zouttolerantie tussen de 10 en 16 g/l Cl⁻. Gedurende korte perioden kan de soort een zoutgehalte van 3 g/l Cl⁻ doorstaan (Wolff, 1973). Experimenteel is door Newell (in Wolff, 1973) een saliniteit van 3,5 g/l Cl⁻ als ondergrens voor de soort aangetoond. Ook is het slakje in staat zich kortere tijd bij saliniteiten tot 35 g/l Cl⁻ te handhaven. In het deltagebied voor de afsluitingen werd de soort niet beneden de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij gemiddelde rivierafvoer gevonden (Wolff, 1973).
- voorkomen Het Wadslakje komt voor in het mondingsgebied van het Haringvliet (Craeymeersch et al., 1996).
- habitus Het Wadslakje (figuur 27) is een klein slakje van maximaal 8 mm hoog en 4 mm breed. Het maximaal aantal windingen is 8.

..... Figuur 27

Habitus van *Hydrobia ulvae* (uit Hayward & Ryland, 1995).



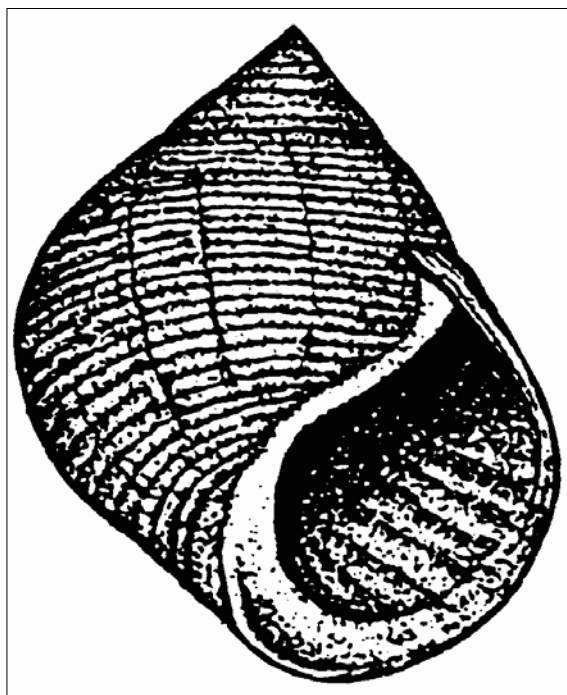
Littorina littorea Gewone alikruik

De Gewone alikruik komt voor langs de kust van geheel Noordwest-Europa tot aan de noordkust van Spanje (Barnes, 1994). De soort eet voornamelijk algen, maar ook kleine dieren zoals tweekleppigen en slakjes (Redeke, 1922). Volgens Den Hartog (1959) is de Gewone alikruik in staat om goed ontwikkelde bruinwervevegetaties in een jaar tijd volledig om zeep te helpen. Mogelijk om die reden werd zij in Zeeland gebruikt om de oesterputten schoon te houden (Redeke, 1922). Zelf wordt de Gewone alikruik gegeten door onder andere de Bot (Summers, 1980).

- habitat Een zekere mate van beschutting is van belang voor het voorkomen van de Gewone alikruik. Hoewel zij veel op hard substraat wordt gevonden, komt zij ook voor op zeegras en slikkige bodems. In het intergetijdengebied is zij afhankelijk van luwte en komt ze niet voor op de kale slikken en zandplaten, maar kan zij grote dichtheden ontwikkelen op mosselbanken, zeegrasvelden en schorren (Wolff, 1973).
- zouttolerantie De ondergrens ligt voor deze soort op 10 g/l Cl⁻. Experimenteel werd vastgesteld dat de tolerantie voor een lager zoutgehalte wordt beïnvloed door de temperatuur met een ondergrens van 9 g/l Cl⁻ (Todd in Wolff, 1973). In het deltagebied voor de afsluitingen werd de soort niet beneden de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij gemiddelde rivierafvoer gevonden (afgeleid uit Hummel et al., 1985a) en was afwezig in het mondingsgebied van het Haringvliet.
- voorkomen De Gewone alikruik komt algemeen voor op het hard substraat van het mondingsgebied van het Haringvliet, het Beerkanaal en het Calandkanaal (Paalvast, 1995, 1998).
- habitus De Gewone alikruik (figuur 28) kan 25 mm hoog en 23 mm breed worden. De kleur is meestal bruingrijs met aan de horizontale ribben vaak een aantal donkere kleurbanden. De mondopening is wit (de Bruyne, 1991).

.....
Figuur 28

Habitus van *Littorina littorea* (uit de Bruyne, 1991).

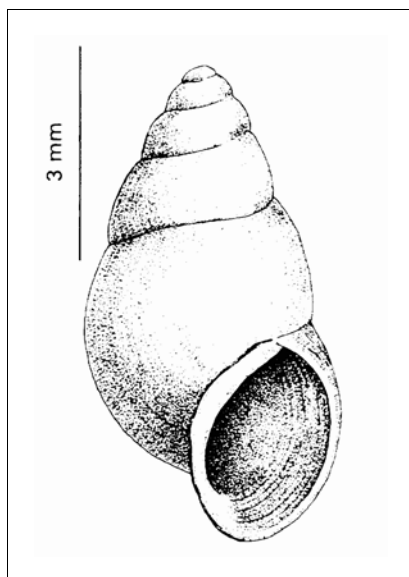


Potamopyrgus antipodarum Jenkins'waterhoren (naar Gittenberger et al., 1998, indien niet anders vermeld)

De Jenkins'waterhoren werd in Europa voor het eerst in 1859 in het brakke deel van het Theemsestuarium gevonden. De soort is hier nog steeds aanwezig en is er een van de meest talrijke gastropoden van de zoete en zwak brakke zone (Attrill, 1998). In Nederland is de soort voor het eerst in 1913 waargenomen. De potentie om zich te verbreiden en verspreiden is enorm. Hierdoor heeft de soort zich tegen de stroom in tot in Limburg gevestigd. De voortplanting is parthenogenetisch (jongen komen uit onbevuchte eieren) en de soort is levendbarend. De slak leeft van detritus of plantaardig materiaal dat zij aan het wateroppervlak verzamelt.

- | | |
|----------------|--|
| habitat | De Jenkins'waterhoren komt voor in verschillende watertypen. Daar leeft zij op verschillend substraat, zoals zand, modder, stenen, hout en planten of ze hangt in luwe delen aan het wateroppervlak. In het rivierengebied wordt de soort vooral op de diepere waterbodem gevonden (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1993b), maar zij kan ook dominant voorkomen tussen water- en oeverplanten (Bakker et al., 1998). De Jenkins'waterhoren verdraagt een grote mate van vervuiling (Geene, 1984). |
| zouttolerantie | Hoewel de soort in Europa voornamelijk in zoet water en de zwak brakke zone van estuaria voorkomt verdraagt zij saliniteiten tot 11 g/l Cl ⁻ . In het Haringvliet van voor de afsluiting kwam het slakje voor tot ongeveer de 2 g/l Cl ⁻ isohaline bij vloed en een gemiddelde rivierafvoer (afgeleid uit Hummel et al, 1985a). |
| voorkomen | De Jenkins'waterhoren wordt gevonden in de Oude Maas (Bij de Vaate en Greijdanus-Klaas, 1993a), het Hollandsch Diep en het Haringvliet (Klink & Dudok van Heel, 1993). In 1995 is zij ook in een haventje in het Hartelkanaal gevonden (Paalvast, 1995). |
| habitus | De Jenkins'waterhoren (figuur 29) is een klein slakje dat maximaal 6,5 mm hoog bij 3,5 mm breed wordt. De kleur is voornamelijk bruinachtig (Janssen en de Vogel, 1965). Er worden twee vormen onderscheiden, een bolle en een slanke. De bolle vorm leeft vooral in brak en de slanke vorm in zoet water. Beide vormen kunnen naast elkaar, zonder overgangsvormen, voorkomen (Geene, 1984). |

.....
Figuur 29
 Habitus van
Potamopyrgus
antipodarum (uit
 Hayward & Ryland,
 1995).



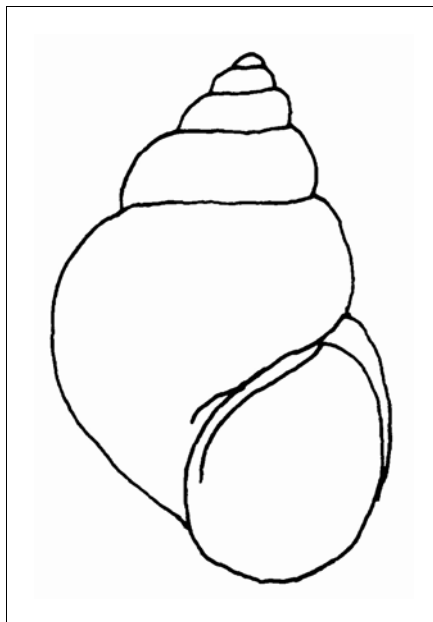
Mercuria confusa Getijdenslak

De Getijdenslak of beter het Getijdenslakje gezien haar formaat, is met name bijzonder in de zin van haar late ontdekking. Pas in 1945 werd het eerste levende exemplaar bij Rozenburg aan de Nieuwe Waterweg gevonden (Butot, 1960). Inventarisaties uitgevoerd vanwege de toen op handen zijnde afsluiting der zeegaten toonden aan dat de Getijdenslak een karakteristieke soort is voor het zoetwatergetijdengebied en de zwak brakke zone van het estuarium van Rijn en Maas (Den Hartog, 1960). Volgens Wolff (1973) is het vooral de omvang van de waterbeweging die de verspreiding bepaald. Wat de Getijdenslak eet is onbekend.

- habitat De Getijdenslak is strikt gebonden aan het intergetijdengebied, waar het voorkomt vanaf even onder gemiddeld hoogwaterniveau op beschutte plaatsen veelal tussen planten, zoals Waterpeper, gras en riet (Den Hartog, 1960, Janssen & de Vogel, 1965, Wolff, 1973). De aard van het substraat lijkt onbelangrijk.
- zouttolerantie De Getijdenslak wordt gevonden in zoet water en in zwak brak water tot een saliniteit van 3 g/l Cl⁻ (Den Hartog, 1960). Op het Haringvliet van voor de afsluiting kwam de soort niet verder dan de 3 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer.
- voorkomen De Getijdenslak is in de periode 1970-1997 gevonden aan het Haringvliet, langs de Oude Maas, in de Biesbosch en in het Stormpoldervloedbos langs de Nieuwe Maas (Wiersma et al, 1995, De Hoog et al, 1997, Gittenberger et al., 1998).
- habitus De Getijdenslak (figuur 30) wordt niet groter dan 5 mm hoog bij een maximale breedte van iets meer dan 3 mm. De kleur is geelbruin met een donkere aanslag (Janssen & de Vogel, 1965).

Figuur 30

Habitus van *Mercuria confusa* (Barnes, 1994).



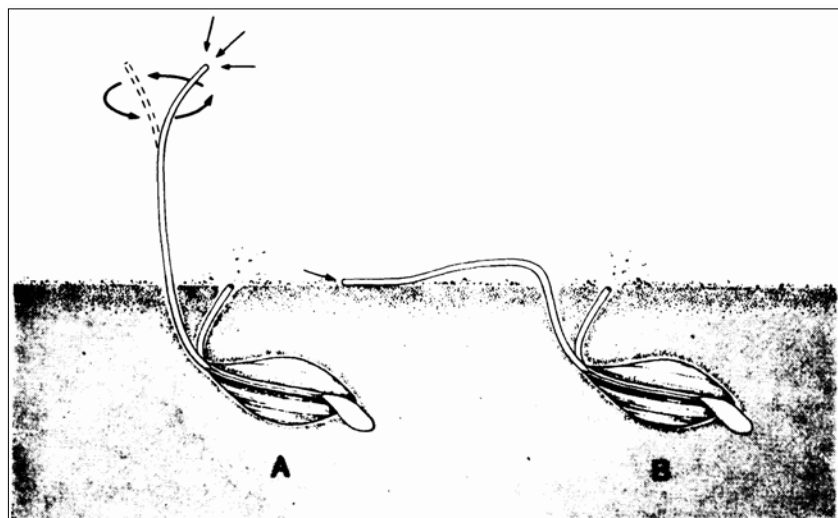
Macoma balthica Nonnetje (naar Steur et al., 1996a, indien niet anders vermeld)

Het Nonnetje is een zeer wijdverspreid voorkomende tweekleppige. In Europa komt hij voor langs alle kusten vanaf de Witte zee tot aan Spanje en Portugal (Hayward & Ryland, 1995). Nonnetjes leven zowel horizontaal als verticaal in het substraat ingegraven. Via een tweetal siphons is er contact met de waterkolom. Zolang de dieren leven groeien de siphons door, met als gevolg dat zij steeds dieper in het substraat komen te zitten. Hierdoor zitten de oudere dieren dieper dan de jongere. *M. balthica* voedt zich met planktonische en bentische microalgen door deze uit het water te filteren. Ook kan detritus met de siphon van het sediment worden gezogen (figuur 31). De groei van het Nonnetje en zijn levensduur zijn een functie van het hydroklimaat (McLusky, 1989). Hoe warmer hoe sneller de groei en hoe groter de individuen, maar des korter de levensduur. Daar waar het Nonnetje voorkomt is hij veelal qua biomassa het sterkst vertegenwoordigd en de grootste secundaire producent (McLusky, 1989, Rybarczyk et al, 1998, Attrill, 1998). *Macoma*'s kennen vele predators. Zo worden ze door steltlopers als Kanoetstrandloper, Bonte strandloper, Scholekster gegeten (zie ook Zwarts, 1996). Ook de Gewone zeester kan een ware slachting aanrichten onder deze tweekleppige. Platvissen, grondels, garnalen en krabben vreten voornamelijk de siphons aan.

- habitat Nonnetjes komen vooral voor in het intergetijdengebied en het ondiepe water tot 25 m diep. Hoewel ze in vrijwel alle sedimenttypen te vinden zijn, hebben ze een voorkeur voor de fijnere sedimenten.
- zouttolerantie Het Nonnetje is een echte euryhalie soort met een grote saliniteitstolerantie. Bij lage saliniteit treedt echter groei-vertraging op (Beukema, 1983). De soort leeft in zeewater maar kan ook voorkomen in brak water tot een saliniteit van 2 g/l Cl⁻. In het Haringvliet van voor de afsluiting kwam het Nonnetje voor tot de 2 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer (Wolff, 1973).
- voorkomen Nonnetjes komen veel voor in het mondingsgebied van het Haringvliet (Vertegaal, 1997).
- habitus Nonnetjes hebben een vrij dikschalige, rond-driehoekige schelp. De kleur is variabel, bleekwit, geel, oranje of roze. De maximale lengte bedraagt 30 mm en de maximale hoogte 25 mm (De Bruyne, 1991).

Figuur 31

Macoma balthica Het linker dier (A) filtreert, het rechter dier (B) stroopt de bodem af (uit McLusky, 1989).



Mya arenaria Strandgaper (naar Ysebaert & Meire, 1991, Steur et al., 1996b, indien niet anders vermeld)

De Strandgaper is waarschijnlijk in de 16^e en 17^e eeuw vanuit Amerika naar Europa overgebracht. De soort is te vinden langs de kusten van de Atlantische Oceaan, het Kanaal, de Noordzee en de Baltische zee.

Afhankelijk van de leeftijd leeft de soort ingegraven in het sediment tot zo'n 40 cm diep. Door het bezit van een dubbele siphon blijft er contact met het water bestaan. De Strandgaper is een filter feeder die zich voornamelijk voedt met flagellaten. Bij hoog water wordt voornamelijk het bovenstaande water gefiltreerd, terwijl bij laag water juist materiaal van de omringende bodem wordt ingevangen (figuur 32)(McLusky, 1989).

Strandgapers staan op het menu van steltlopers, platvissen, garnalen en krabben.

habitat Strandgapers komen voor vanaf de hoogste delen van het intergetijdengebied tot een diepte van 16 m. De soort is te vinden in alle sedimenttypen met uitzondering van anaëroob slib en hard zand. De voorkeur gaat uit naar fijne slibrijke sedimenten.

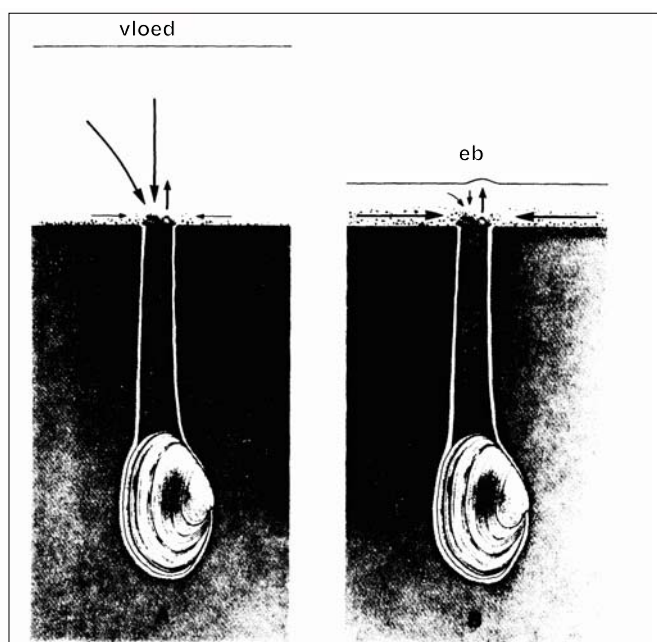
zouttolerantie *Mya arenaria* is een euryhalie soort met het vermogen ver de brakke delen van estuaria binnen te dringen. De soort is te vinden over het saliniteitstraject zeewater (Noordzee) tot zwak brak water met een zoutgehalte van 2 g/l Cl⁻. In het Haringvliet van voor de afsluiting kwam de Strandgaper voor tot de 2 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer (Wolff, 1973).

voorkomen De Strandgaper komt voor in het mondingsgebied van het Haringvliet (Vertegaal, 1997) en is gevonden in het voormalige intergetijdengebied van het Beerkanaal (Paalvast, 1995).

habitus De Strandgaper heeft een vrij dikschalige schelp met een geelwitte kleur of een oranje kleur met roestbruine vlekken. Volwassen dieren kunnen een maximale lengte van 130 mm met een maximale hoogte van 70 mm bereiken (De Bruyne, 1991).

Figuur 32

Mya arenaria filterend bij eb en bij vloed. (n. McLusky, 1989).

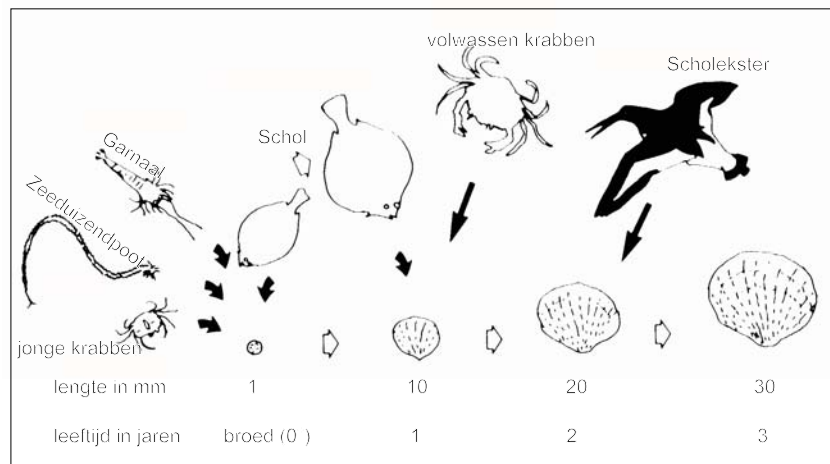


Cerastoderma edule Kokkel (naar Ysebaert & Meire, 1991, indien niet anders vermeld)

De Kokkel komt in voor in de Middellandse zee, de Atlantische Oceaan, het Kanaal en de Noordzee (Kristensen in Nijkamp en Slegtenhorst, 1992). In Nederland wordt hij gevonden in de kustzones, de intergetijdengebieden en de zoute meren. Het voorkomen van de Kokkel wordt in sterke mate bepaald door de temperatuur. Kokkels zijn zeer gevoelig voor strenge winters. Ingegraven in de bovenste centimeters van het sediment filtert de soort met zijn korte siphons het bovenstaande water. Het voedsel bestaat uit fytoplankton, diatomeeën, flagellaten, detritus, kleine crustaceeën etc. (De Vooys, in Nijkamp en Slegtenhorst, 1992). Kokkels zijn de prooi van eidereenden, van platvissen als Schol en Bot, krabben en bij eb vooral van de Scholekster. De afmeting (dan wel de leeftijd) van de Kokkel is bepalend voor het type predator (figuur 33).

Figuur 33

Predatorspectrum van *Cerastoderma edule* (naar Reise in McLusky, 1989).



habitat De Kokkel is een typische soort van het intergetijdengebied en de ondiepe sublitorale zone. Hij wordt in het intergetijdengebied niet gevonden boven de grens met een inundatieduur van 3 à 4 uur per getijcyclus (Wolff, 1973). De soort komt voor in diverse sedimenten, doch de slibrijke vormen het voornaamste habitat. Voor de aanvoer van voedsel en om niet met sediment te worden afgedekt, is stroming voor de Kokkel een vereiste.

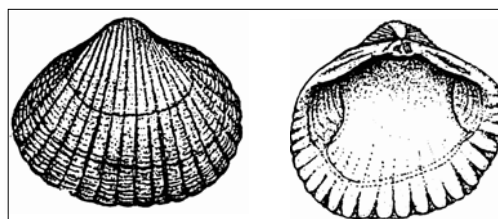
zouttolerantie Kokkels worden niet gevonden bij een gemiddeld zoutgehalte lager dan 12 g/l Cl⁻ bij vloed of 10 g/l Cl⁻ bij eb onder gemiddelde rivierafvoer. Hoge rivierafvoeren, waardoor het zoutgehalte sterk kan dalen, kunnen massale sterfte veroorzaken (Wolff, 1973).

voorkomen De Kokkel komt voor in het mondingsgebied van het Haringvliet (Vertegaal, 1997).

habitus De Kokkel heeft een dikschalige schelp (figuur 34) met 22 tot 28 platte ribben. De kleur varieert van wit tot geelbruin of bruin. De dieren worden maximaal 60 mm lang en maximaal 50 mm hoog (De Bruyne, 1991).

Figuur 34

Buiten- en binnenkant van de schelp van *Cerastoderma edule* (uit De Bruyne, 1991)



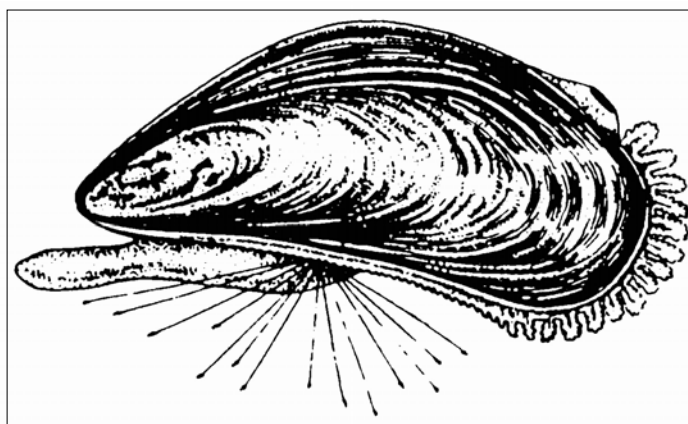
Mytilus edulis Mossel (naar Nijkamp & Slegtenhorst, 1992, Tydeman, 1996, indien niet anders vermeld)

De Mossel komt in voor in de Middellandse zee, de Atlantische Oceaan, het Kanaal, de Noordzee en de Baltische Zee. In Nederland komt zij voor in de Waddenzee, de Noordzeekust en het Deltagebied. De Mossel heeft in haar voet een bijzondere klier die de byssusdraden produceert. Met deze draden kunnen mosselen zich vasthechten aan allerlei substraat. Mossellarven wisselen regelmatig van substraat. Meegevoerd door de getijstroom vestigen ze zich uiteindelijk op een vaste plaats. Aangevend is dat mossellarven die zich vestigen op oudere mosselen meer kans hebben om te overleven. Dit verschijnsel zou een positieve invloed hebben op het voortbestaan van een mosselbank. Nieuwe mosselbanken schijnen vooral te worden geïnduceerd door de aanwezigheid van veel kokkelschelpen (Wolff, 1973).

Getijstroom zijn voor mosselbanken van essentieel belang in verband met de aanvoer van voedsel. De Mossel is een echte filter-feeder en het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit fytoplankton. De larven worden door verschillende andere filtreerders geconsumeerd. Grotere mosselen vallen vaak ten prooi aan scholeksters en meeuwen of sublitoraal aan zeesterren, krabben en eidereenden.

habitat	Mosselen kunnen niet tegen al te grote stroomsnelheden, waardoor zij vooral voorkomen op de fijne en middelfijne zandplaten en de meer slibrijke sedimenten (Wolff, 1973). Op het harde substraat van allerlei waterbouwkundige werken worden ze gevonden in het laag eulitoraal en sublitoraal.
zouttolerantie	Mosselen komen algemeen voor bij een zoutgehalte van meer dan 10 g/l Cl ⁻ bij vloed en gemiddelde rivierafvoer (Wolff, 1973). Zoutgehaltes tot 4 g/l Cl ⁻ worden voor kortere tijd goed verdragen.
voorkomen	De Mossel wordt gevonden in het mondingsgebied van het Haringvliet, de monding van de Nieuwe Waterweg, het Beerkanaal, het Calandkanaal en sinds 1999 in het oostelijke deel van het Hartelkanaal nabij de opening in de Beerdam (Paalvast, 1995, 1998, 1999b).
habitus	De Mossel (figuur 35) heeft een vrij dunschalige, langwerpige driehoekige schelp. De kleur is paarsblauw. De maximale lengte bedraagt 95 mm bij een maximale hoogte van 50 mm (De Bruyne, 1991).

.....
Figuur 35
 Habitus van *Mytilus edulis* (uit Nijkamp en Slegtenhorst, 1992).



Dreissena polymorpha Driehoeksmossel (naar Duel et al, 1988 en Smit, 1995 indien niet anders vermeld)

De Driehoeksmossel heeft haar intrede in de Nederlandse wateren gedaan in de dertiger jaren van de vorige eeuw. Aanvankelijk was haar verspreidingsgebied beperkt, maar door het uitvoeren van de Zuiderzee- en de Deltawerken heeft ze haar areaal sterk uitgebreid.

Driehoeksmosselen zijn filter-feeders en zij voeden zich met dood organisch materiaal, micro-organismen en microalgen. De Driehoeksmossel heeft een belangrijke plaats in het voedselweb ingenomen.

Afhankelijk van de grootte worden driehoeksmosselen gegeten door de larven van vissen, door volwassen vissen, bijvoorbeeld Blankvoorn en Aal en verschillende duikende watervogels zoals de Kuifeend, Tafeleend en Toppereend.

Een belangrijke concurrent van de Driehoeksmossel voor wat betreft haar vestigingsmogelijkheden is *Corophium curvispinum*.

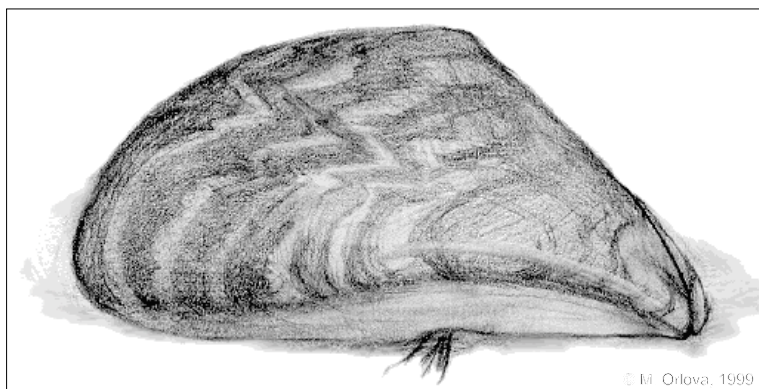
habitat Driehoeksmosselen komen voor op allerlei harde substraten en waterplanten in rivieren en stilstaande wateren.

zouttolerantie Het maximale zoutgehalte waarbij driehoeksmosselen nog hun volledige levenscyclus kunnen volbrengen ligt tussen de 0,4 en 0,7 g/l Cl⁻. Jenner & Mommen (in Duel et al., 1988) geven als bovengrens voor het zoutgehalte waarbij de soort nog voorkomt 0,5 en 1,1 g/l Cl⁻. In het Noordzeekanaal daarentegen worden ze bij een (weinig fluctuerend) zoutgehalte van 3 g/l Cl⁻ nog gevonden. In de Seine worden ze gevonden tot een zoutgehalte van 2,6 g/l Cl⁻ (Lasnier, 1998). Dit laatste stemt overeen met de bovengrens voor de zouttolerantie van 3,1 g/l Cl⁻ die door verschillende auteurs wordt aangedragen (DVWK & ARGE, 1998). De verspreiding in het benedenrivierengebied wordt vermoedelijk begrensd door de 1 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed en bij een gemiddelde rivierafvoer. Wolff (1969) heeft voor de afsluitingen de Driehoeksmossel alleen in de zoete Biesbosch aangetroffen.

voorkomen Driehoeksmosselen komen voor in het Haringvliet, het Hollandsch Diep en zijn een enkele keer aangetroffen in het Hartelkanaal (Paalvast, 1995, 1998).

habitus Driehoeksmosselen (figuur 36) hebben vrij stevige langgerekte, onregelmatig driehoekige schelpen. De buitenzijde van de schelp heeft een geel tot donkerbruine kleur. Vooral bij jonge dieren is een duidelijke zigzagtekening te zien. De dieren kunnen een lengte van 40 mm, een breedte van 20 mm en een dikte van 24 mm bereiken. De maximale waargenomen lengte bedraagt 50 mm (Gittenberger et al., 1998).

.....
Figuur 36
Habitus van *Dreissena polymorpha* (via Internet, Zool. Inst. St. Petersburg, Rusland).



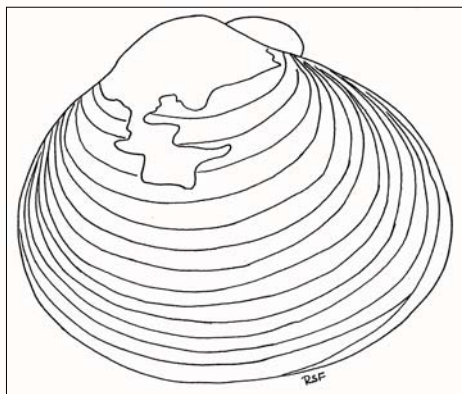
Corbicula fluminea Aziatische korfmossel

De Aziatische korfmossel is in Azië een doodgewone zoetwatermossel. De soort is in 1938 door Chinese immigranten meegenomen naar de Verenigde Staten. Deze hebben de soort uitgezet in de Colombia river. Van hieruit heeft de soort zich over een groot deel van de Verenigde Staten verspreid en heeft zelfs Zuid-Amerika weten te bereiken. De eerste waarnemingen in Europa (Dordogne, Frankrijk en Tejo, Portugal) dateren van 1981. In Nederland is de Aziatische korfmossel voor het eerst in 1988 in de Lek bij Lekkerkerk gevonden (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1990). Heden ten dage wordt de soort stroomopwaarts de Rijn in Duitsland gevonden (Gittenberger et al., 1998). In de zandige oevers van de Waal, de Nieuwe Merwede, de Oude Maas en de Lek in het benedenrivierengebied is de Aziatische korfmossel dominant aanwezig (Bakker et al., 1998). De soort komt kennelijk in zulke hoge aantallen voor dat zich hier en daar langs de Lek strandjes hebben gevormd die uitsluitend bestaan uit *Corbicula*'s. Ook langs de Oude Maas zijn lege schelpen overal in de aanspoelgordels te vinden (waarnemingen auteur). De soort leeft van plankton, heeft een hoge zuurstofbehoefte en is gevoelig voor verontreiniging (Balcom, 1994). Matthews & McMahon (1994) hebben echter wel aangetoond dat *Corbicula fluminea* minder gevoelig is voor lage zuurstofgehalten dan *Dreissena polymorpha*.

- habitat De Aziatische korfmossel geeft de voorkeur aan stromend water en een zand- of grindbodem (Balcom, 1994). In de Lek leeft de soort op een bodem van zand met slib (Gittenberger et al., 1998).
- zouttolerantie Hoewel de Aziatische korfmossel wordt beschouwd als een zoetwatersoort verdraagt zij een zoutgehalte van 2,8 tot 4,4 g/l Cl⁻. Experimenteel onderzoek heeft uitgewezen dat wanneer de soort geleidelijk kan wennen aan saliniteitsverhoging zij overleeft tot een zoutgehalte van rond de 12 g/l Cl⁻ (Evans et al, 1979).
- voorkomen De Aziatische korfmossel komt voor in het Haringvliet en het Hollandsch Diep (Klink & Dudok van Heel, 1993). Recent is zij ook in het Hartelkanaal in bodemonsters aangetroffen (Aquasense 1998a, 1999).
- habitus De Aziatische korfmossel (figuur 37) heeft een dikke schelp met een oppervlaktesculptuur die bestaat uit karakteristieke concentrische ribbels (Balcom, 1994). De kleur van de opperhuid is groenachtig en op de top is vaak een kort paarsachtig, verticaal streepje aanwezig. De afmetingen zijn een lengte tot 33 mm, een hoogte tot 30,5 mm en een diameter tot 20 mm (Gittenberger et al., 1998).

Figuur 37

Habitus van *Corbicula fluminea* (via Internet, Lander Univ. Greenwood, USA).



6. Discussie

.....

zouttolerantie van de geselecteerde soorten

In figuur 38 is de zouttolerantie van de karakteristieke macrofauna der onderscheiden compartimenten van het watersysteem grafisch weergegeven. Voor veel van de geselecteerde macrofaunasoorten geldt dat zij wat hun zouttolerantie betreft over een breed traject van de zoet-zout-gradiënt voor zouden kunnen komen. Dit is veelal echter niet het geval. Dit kan het gevolg zijn van grote dagelijkse of seizoenfluctuaties in het zoutgehalte, die door veel soorten niet worden verdragen, of door interspecifieke concurrentie. In figuur 38 zijn daarom zowel de boven- als de ondergrens (voor zover bekend) van de verspreiding van de soorten in relatie tot het zoutgehalte in het voormalige estuarium van Rijn en Maas weergegeven. Deze grenzen zijn tot stand gekomen door over de verspreidingskaarten van de soorten de isohalinen bij een vloodsituatie onder een gemiddelde rivierafvoer heen te leggen (zie ook Den Hartog, 1964, Wolff, 1973, Hummel et al, 1985a, 1985b)¹. Uit figuur 38 valt af te lezen dat voor een aantal soorten met name uit het polyhalinicum de ondergrens van hun zouttolerantie in de voormalige delta tevens de ondergrens van hun verspreiding was. Andere soorten zijn minder gebonden en vrijwel over het gehele saliniteitstraject te vinden, maar met de hoogste dichtheden in het polyhalinicum. Opvallend is dat de kenmerkende soorten van het zoete water in het estuarium een behoorlijke zouttolerantie blijken te vertonen. Dit heeft mogelijk te maken met het zoutgehalte van de Rijn dat relatief hoog is (Bij de Vaate, pers. meded.), maar zou ook een adaptatiemechanisme kunnen zijn van zoetwater-soorten in een estuariene omgeving die wel eens met brak water te maken krijgen.

In figuur 39 zijn de gegevens van de macro-algen verwerkt. Van de geselecteerde algen is alleen de variëteit *ramifera* van *Blidingia minima* geen euryhaline soort, doch *Blidingia minima* is dit wel. Den Hartog (1967) geeft voor *Fucus vesiculosus* de jaargemiddelde 2 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed als ondergrens voor de verspreiding. Voor de afsluiting van het Haringvliet kwam de soort dan ook voor tot aan het Volkerak. In de huidige situatie wordt de soort langs het Hartelkanaal en de Nieuwe Waterweg gevonden tot de 10 g/l Cl⁻ isohaline bij vloed bij gemiddelde rivierafvoer.

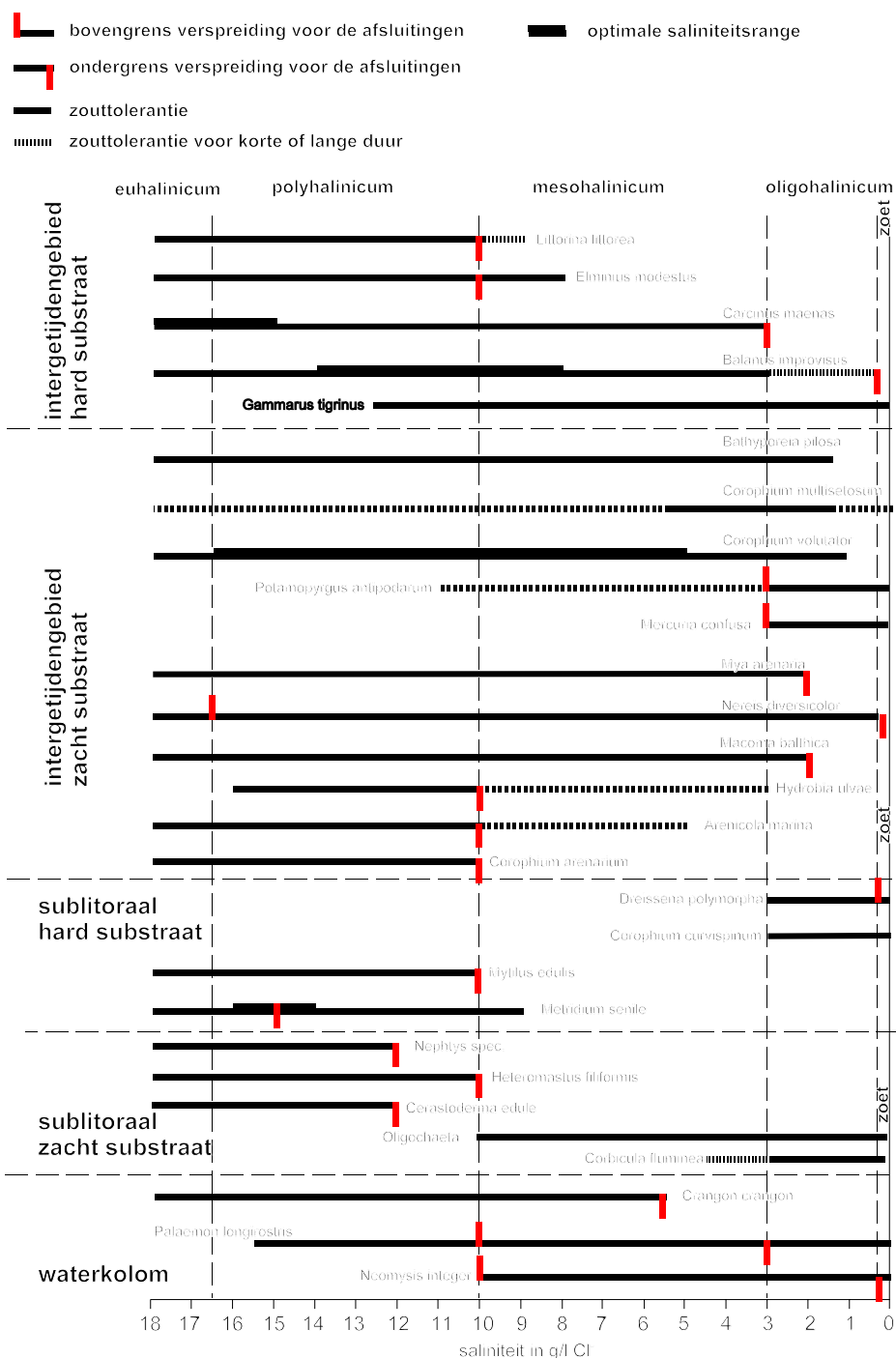
referentiegebieden

Voor het voorspellen van effecten van verhoogd zoutgehalte op organismen in de noordrand van het benedenrivierengebied en in het toekomstige estuariene Haringvliet lijken het Haringvliet, het Hollandsch Diep, het Krammer en het Volkerak van voor de afsluitingen als referentie-omgeving dienst te kunnen doen. In deze systemen traden dagelijks en in de seizoenen fluctuaties op in het zoutgehalte die vergelijkbaar zijn met die die zich in de huidige situatie voordoen in de Nieuwe Waterweg, of die zich bij een ander beheer van de Haringvliet-sluizen in het Haringvliet voor zullen doen.

¹in de literatuur worden de grenzen van de verspreiding van een soort niet altijd aangegeven met de isohalinen bij een vloodsituatie en gemiddelde rivierafvoer. In een dergelijk geval zijn door de schrijver dezes de grenzen van de verspreiding van de soort voor de eenduidigheid vertaald naar een vloodsituatie en een gemiddelde rivierafvoer.

Figuur 38

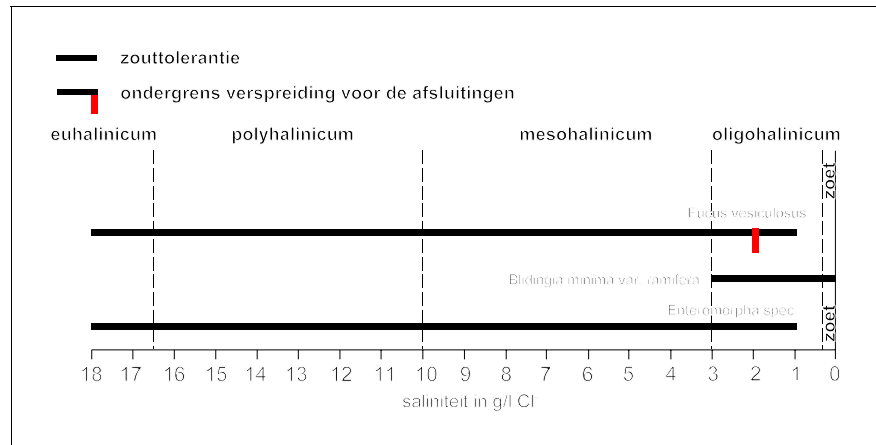
Saliniteitsranges van de geselecteerde macrobenthossoorten.



mogelijke effecten van verhoogd zoutgehalte op soorten

Verschuiving van de zoet-zoutgradiënt meer landinwaarts zal betekenen dat bepaalde organismen ergens in een traject komen te zitten waar zij van nature niet thuishoren. Dat betekent dat soorten zich hebben gevestigd bij een lager zoutgehalte dan de actuele, één waarbij zij zich normaliter niet hadden kunnen vestigen. Hoe lang die soorten het uit zullen houden, is niet echt van belang. Vroeg of laat zullen zij het loodje

Figuur 39
Saliniteitsranges van de
geselecteerde macro-
algen.



leggen en wordt hun plaats door andere ingenomen die er wel thuis horen. Met andere woorden verhoging van het zoutgehalte dan wel verdere indringing van zout water leidt ertoe dat het bijbehorende ecosysteem ook verder landinwaarts verschuift. Verschuivingen in de gebieden met een laag zoutgehalte zullen door de geringe soortenrijkdom waarschijnlijk snel verlopen, maar ook doordat sommige soorten op dit traject slecht hogere zoutgehaltes verdragen. In de gebieden met reeds een vrij hoog zoutgehalte zal het langer duren voordat zich de levensgemeenschappen hebben geïnstalleerd die bij het hogere zoutgehalte horen. Dit is hem gelegen in het feit dat de aanwezige organismen het hogere zoutgehalte weliswaar verdragen, maar bij dit zoutgehalte een slechtere concurrentiepositie innemen. De instelling van nieuwe (dynamisch) stabiele levensgemeenschappen zal daarom plaatsvinden door inter- en intraspecifieke relaties en dit kan meerdere jaren duren (zie ook par. 3.3).

In gebieden met sterke fluctuaties ten aanzien van het zoutgehalte wordt het voorkomen van brakwatersoorten of de soortenrijkdom mogelijk bepaald door het minimale zoutgehalte dat daar heerst (en dus niet het gemiddelde) (Schmidt-van Dorp, 1979). Dat dit niet voor alle brakwatersoorten geldt, wordt aangetoond door soorten als *Nereis diversicolor* en *Bathyporeia pilosa*. Bij deze soorten is het eerder het maximale zoutgehalte dat hun verspreiding bepaald (Wolff, 1973, Riedel-Lorjé, 1992).

effecten voorspellen met soorten

Het effect van structurele verhoging van het zoutgehalte kan door het kiezen van een aantal karakteristieke estuariene soorten worden gevisualiseerd. Hiermee is in Duitsland reeds ervaring opgedaan, zij het in omgekeerde zin. Voor de Elbe is aangetoond dat *Nereis diversicolor*, *Corophium volutator* en *Bathyporeia pilosa*, typische euryhaliene soorten, goed gebruikt kunnen worden om de verschuiving van de brakwaterzone in de tijd aan te tonen (Riedel-Lorjé, 1995, zie ook par. 3.2). De areaalverschuiving van deze soorten, in het bijzonder van *Nereis diversicolor* en *Bathyporeia pilosa*, als reactie op een verhoogd zoutgehalte, lijkt eveneens geschikt om zoutindringingseffecten te visualiseren.

Ysebaert en Meire (1999) hebben voor het onderzoeksproject ECOFLAT, gefinancierd door de Europese Commissie in het kader van "Environment & Climate", een model voor de Westerschelde ontwikkeld dat in staat is voor een twintigtal (zacht substraat) macrobenthossoorten op grond van fysisch-chemische parameters hun voorkomen te voorspellen. De

parameters saliniteit, diepte/hoogte, sedimenteigenschappen en optredende stroomsnelheden zijn hiervoor gebruikt. Het model is gebaseerd op een database tot stand gekomen door ruim 3100 bemonsteringen in de Westerschelde. Deze database omvat naast informatie over dichtheden (ind/m^2) en biomassa ($\text{g AFDW}/\text{m}^2$) van individuele macrobenthossoorten informatie over elke bemonstering (locatie, beschrijving van de locatie, datum monsternamen, geografische positie en diepte). Aan de macrobenthosdatabase is een bestand gekoppeld met informatie over de abiotische variabelen. Het model blijkt de aanwezigheid van de 20 beschreven macrobenthossoorten in de Westerschelde met een kans van 90% (gemiddeld) te voorspellen. Het model is ook getoetst op de Oosterschelde en bleek ook voor dit watersysteem (niet-estuarien) met een score van 80% goed toepasbaar. Onder de 20 macrobenthossoorten van het model bevinden *Nereis diversicolor*, *Corophium volutator* en *Bathyporeia pilosa*.

De mathematische onderbouwing van dit model kan een goed hulpmiddel zijn bij het modelleren van de effecten van een verhoogde saliniteit op organismen in de noordrand van het benedenrivierengebied en het toekomstige Haringvlietestuarium.

Voor het hard substraat lijken soorten met een zeer gevoelige ondergrens als *Littorina littorea*, *Elminius modestus*, *Metridium senile* en *Mytilus edulis*, vertegenwoordigers uit het polyhalinum, uitstekend geschikt te zijn om de effecten van verhoging van het zoutgehalte mee weer te geven. Vooralsnog lijkt het erop dat voor de noordrand in deze zone ook het voorkomen van *Fucus vesiculosus* een goede indicator is voor de mate van zoutindringing. Opgemerkt dient te worden, en dit heeft met name betrekking op het intergetijdengebied, dat de mate waarin het hard substraat begroeid raakt afhankelijk is van het type substraat. Zo neemt de bedekking van het hard substraat met wieren, maar ook met zeepokken in het polyhalinum af in de volgorde; betonblokken (Basalton), graniet, basalt (Paalvast, 1998).

Groenwieren worden gezien als pionierssoorten, maar domineren in het saliniteitstraject waar *Fucus vesiculosus* niet voorkomt. Hiermee zijn ook zij geschikt om effecten van verhoogd zoutgehalte mee weer te geven.

Voor de zachte substraten lijken voor effectvoorspelling de soorten *Hydrobia ulvae*, *Arenicola marina*, *Corophium arenarium*, *Nephtys spec.*, *Heteromastus filiformis* en *Cerastoderma edule* uit het polyhalinum in aanmerking te komen. Ook deze soorten hebben alle een strikte ondergrens voor hun zouttolerantie.

Veranderingen ten gevolge van verhoogd zoutgehalte zouden voor het meso- en oligohalinum goed duidelijk kunnen worden gemaakt met de verspreiding van soorten als *Carcinus maenas* en *Balanus improvisus* als hard substraatvertegenwoordigers en *Mya arenaria*, *Nereis diversicolor*, *Macoma balthica* en *Bathyporeia pilosa* als vertegenwoordigers van het zacht substraat. Voor hetzelfde saliniteitstraject maar dan voor de waterkolom lijken *Crangon crangon*, *Palaemon longirostris* en *Neomysis integer* uitermate geschikt.

Opgemerkt is reeds dat de karakteristieke vertegenwoordigers van het zoete deel van het estuarium een redelijke zouttolerantie vertonen en vaak in het oligohalinum worden gevonden. Hun verspreidingsgrenzen zullen bij een verhoogd zoutgehalte door de uitbreiding van het areaal van de brakwatersoorten stroomopwaarts worden teruggedrongen.

Van alle bovengenoemde soorten is voldoende informatie voorhanden met betrekking tot zouttolerantie, verspreidingsgrenzen in relatie tot de saliniteit (in het voormalige estuarium van Rijn en Maas) en de sedimentvoorkeur. Informatie over tolerantie ten aanzien van stroomsnelheid lijkt minder belangrijk daar geen der soorten, met

uitzondering van de oligochaeten, voorkomt in de stroomgeul maar dat de soorten zich juist ophouden in de "meer" stromingsluwe gebieden.

Voorspellen van effecten van verhoogd zoutgehalte aan de hand van de verspreidingsgrenzen in relatie tot de saliniteit gekoppeld aan een "zoet-zoutmodel" lijkt tot de mogelijkheden te behoren.

effecten voorspellen met ecotopen

De in hoofdstuk 5 beschreven compartimentering met inbegrip van de karakteristieke soorten, die voor een onderverdeling zorgen, kan gekoppeld worden aan het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (Maas, 1998). Hiermee wordt dit stelsel meer gedifferentieerd en kan daardoor beter gebruikt worden om het (toekomstige) estuarium in beeld te brengen. Als extra dimensie of ecotoop zou de waterkolom aan het stelsel toegevoegd of duidelijker naar voren gebracht kunnen worden. Men mag aannemen dat in zowel het Rivier-Ecotopen-Stelsel als het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel de waterkolom gekoppeld is aan ecotopen behorende tot het zomerbed, oevers, getijdenwateren en intergetijdengebied. Maar in het benedenrivierengebied kan het van belang zijn de waterkolom als een apart ecotoop te beschouwen, omdat er zich fysisch-chemische en biologische processen in afspelen die niet direct gekoppeld zijn aan de eronder liggende ecotopen. Bovendien is het een ecotoop dat, daar waar er sprake is van zoutinvloed, zich niet alleen tweemaal daags volgens de getijcyclus maar ook met de seizoenen verplaatst. Toevoeging van dit ecotoop zou het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel meer dynamisch maken. Dit is om praktische redenen wellicht niet wenselijk. Om dit te ondervangen zou over de ecotopen de turbiditeitszone (op basis van de maximale boven- en maximale ondergrens) gelegd kunnen worden. De turbiditeitszone is de zone waar het zoete rivierwater gemengd wordt met brakwater (zie par. 4.1, bl. 11) en waar zoveel sedimentatie plaatsvindt dat bij voorbeeld de vestiging van hard substraatorganismen onmogelijk is (Michaelis, 1983).

Het effect van structurele verhoging van het zoutgehalte zou met meer gedifferentieerde ecotopen en met name met de omvang en ligging van de turbiditeitszone in beeld gebracht kunnen worden.

leemte in kennis

Een belangrijk knelpunt bij het voorspellen van de effecten van verhoogd zoutgehalte op soorten- of op ecotoopniveau is de onvolledige kennis van de watersystemen waarvoor een voorspelling gemaakt zou moeten worden. Zo ontbreken van het Haringvliet, de Nieuwe Waterweg, het Hartelkanaal, het Beerkanaal en het Calandkanaal gegevens omtrent de samenstelling van de bodem. Met name de korrelgrootteverdeling is onmisbaar voor het voorspellen van het voorkomen van macrobenthos-soorten. Wat zeker zo belangrijk is, is kennis omtrent het voorkomen van de beschreven soorten. Van het mondingsgebied van het Haringvliet, waar al zo'n tien jaar een monitoringsprogramma loopt, zijn voldoende gegevens met betrekking tot de bodemsamenstelling en de er voorkomende organismen voorhanden. Van het Haringvliet zelf zijn er voldoende historische gegevens voor wat het macrobenthos betreft en wellicht zijn de oude sedimentgegevens toereikend om in ieder geval voor het westen van het Haringvliet modelmatige voorspellingen te doen. Voor de Nieuwe Waterweg, het Hartelkanaal, het Beerkanaal en het Calandkanaal is dit niet het geval. Weinig tot niets is bekend omtrent de samenstelling van de bodem en voor wat het macrobenthos buiten het intergetijdengebied betreft is het al niet veel beter. Over het suprabenthos kan alleen van de Nieuwe Waterweg worden gezegd dat er steurgarnalen voorkomen.

Dit gebrek aan informatie betekent dat zonder nader onderzoek, noch een voorspelling van de effecten van een verhoogd zoutgehalte aan de hand van ecotopen noch aan de hand van soorten tot de mogelijkheden behoort.

Voor hogere planten is wel voldoende kennis omtrent het voorkomen en de verspreiding voorhanden. Van de gehele noordrand, maar ook het Haringvliet, het Hollandsch Diep en de Biesbosch zijn recent van de belangrijkste delen vegetatie-opnamen gemaakt en hebben er integrale flora-inventarisaties plaatsgevonden. Voorts is er voldoende kennis van de vegetatie-ontwikkeling in relatie tot de bodemsamenstelling en de saliniteit. Dit laatste is verwerkt in het vegetatievoorspellend model EMOE. Ook zijn er voldoende autoecologische gegevens van de meest karakteristieke estuariene plantensoorten voorhanden om, voor wat betreft de effecten van een verhoogd zoutgehalte op planten, modelmatig uitspraken te kunnen doen.

7. Literatuur

- Aaser, H.F., E. Jeppesen & M. Sondergaard, 1995.
Seasonal dynamics of the mysid *Neomysis integer* and its predation on the copepod *Eurytemora affinis* in a shallow hypertrophic brackish lake. Mar. Ecol. Prog. Ser. 127: 47-56.
- Abarnou, A. & J.-C. Dauvin, 1997.
Programme Seine-Aval. Edifices biologiques. Exercice 1996.
- Abarnou, A. & J.-C. Dauvin, 1999.
Programme Seine-Aval. Edifices biologiques. Exercice 1998.
- Anonymus, 1996.
Beheersplan Waddenzee 1996-2000.
- Anonymus, 1998.
Etude du zoobenthos intertidal de la Gambe d'Avard, la digue Basse Nord, et de l'enclave au sud de la CIM. Port Autonome du Havre. Bon de Commande No 142877 du 11/9/1998.
- Anonymus, 1999.
Etude sur la restauration et la creation de vasières intertidal. Convention d'étude Port Autonome du Havre. No 98/4 du 26 juin 1998.
- Aquasense, 1998a.
Benthische macrofauna nabij de Beerdam. TO. Aquasense-98-1125
- Aquasense, 1998b.
De sublittorale hard-substraat levensgemeenschap op de Zuiderdam (Maasvlakte). In opdracht van: Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 varianten. Rapportnummer: 98.0957c.
- Aquasense, 1999.
Benthische macrofauna nabij de Beerdam. 1998. Aquasense-99-1299
- Attrill, M.J., 1998.
A rehabilitated estuarine ecosystem. The environment and ecology of the Thames estuary. Kluwer Academic Press.
Dordrecht/Boston/Londen
- Bakker, C., R. Noordhuis & K.H. Prins (red.), 1997.
Biologische monitoring zoete rijkswateren. Watersysteemrapportage Rijn 1995. RIZA nota nr. 97.066.
- Balcom, N.C., 1994.
Aquatic immigrants of the Northeast, No. 4: Asian Clam, *Corbicula fluminea*. Connecticut Sea Grant College Program.
- Barnes, R.S.K., 1994.
The brackish-water fauna of Northwestern Europe. Cambridge University Press.
- Barrett, J.H. & C.M. Yonge, 1958.
Collins pocket guide to the sea shore. Collins, London. ISBN 0 00 212144 1.

- Beeftink, W.G., 1965.
De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Proefschrift. Med. Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland. 65-1. Med. 30. Hydrobiologisch Instituut, afd. Delta-onderzoek.
- Bergemann, M., 1995.
Die Lage der oberen Brackwassergrenze im Elbeästuar. DGM 39, H. 4/5 134-137.
- Bessineton C., C. Vedieu & S. Simon, 1998
Réseaux trophiques du bar (*Dicentrarchus labrax*) et du flet (*Platichthys flesus*). Première approche quantitative. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol. 2: 154-170.
- Beukema, J.J., 1983.
Life histories of some important Wadden Sea invertebrates. The Baltic tellin *Macoma baltica*. In: Ecology of the Wadden Sea, W.J. Wolff (ed.). Vol. 1 (4): 116-118.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1990.
The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Pelecypoda, Corbiculidae), a new immigrant in the Netherlands. Bull. zoölogisch museum 12: 173-180.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1993b.
Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. Report no. 52-1993 of the project 'Ecological Rehabilitation of the rivers Rhine and Meuse', 45 pp. Institute for Inland Water Management & Waste Water Treatment, Lelystad, The Netherlands.
- Bij de Vaate, A. & M. Greijdanus-Klaas, 1993a.
Ongewervelde dieren als indicatoren voor de waterkwaliteit van de Rijn. De levende natuur 2: 49-53.
- Bijkerk, R., P.I. Dekker & P. Tydeman, 1996.
Ecologisch profiel van de draadworm *Heteromastus filiformis* (Polychaeta). Watersysteemverkenningen. Rijkswaterstaat, RIKZ. Papport RIKZ 96-024. ISBN 90-369-0445-2.
- Bliding, 1963.
A critical survey of European taxa in Ulvales. Part I. Capsosiphon, Percursaria, Blidingia, Enteromorpha. Opera Botanica 8: 3, 160 pp.
- Boddeke, R., 1989.
Beschrijving van de populaties van de garnaal (*Crangon crangon* (L.)) langs de Nederlandse kust en in de estuaria.
- Braber, L. & C.H. Borghouts, 1977.
Distribution and ecology of Anthozoa in the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Hydrobiologia 52: 15-21.
- Brinkhurst, R.O., 1971.
A guide to the identification of British Aquatic Oligochaeta. Second edition. Freshwater Biological Association. Scient. Publ. nr. 22.

- Butot, L.J.M., 1960.
Pseudamnicola confusa (Frauenfeld, 1863) algemeen in de Biesbosch (Gastropoda, Prosobranchia). Basteria 24: 60-65.
- Campbell, A.C., 1976.
The Hamlyn Guide to the Seashore and Shallow Seas of Britain and Europe. The Hamlyn Publishing Group Limited London. ISBN 0 600 34396 0.
- Cartaxana, A., 1994.
Distribution and migration of the prawn *Palaemon longirostris* in the Mira river estuary (Southwest Portugal). Estuaries 17(3): 685-694.
- Coops, H. 1987.
Ecologie van biezten. Literatuuronderzoek in het kader van het project 'Groei van biezten'. Rijkswaterstaat, DBW/RIZA notitie 87.072x.
- Costil, K, 1998
Etude du macrozoobenthos de la Seine fluviale dans la région Rouennaise. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol 1: 48-88.
- Craeymeersch, J.A., 1992.
Het macrobenthos in de Haringvlietbuitendelta. Onderzoek naar de effecten van de aanleg van de grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie. 1986-1990. NIOO-CEMO, Yerseke. Rapporten en verslagen 1992-01.
- Craeymeersch, J.A., A. Engelberts & J. Buijs, 1990.
Evaluatie-onderzoek grootschalige locatie: onderzoek naar de effecten op bodemdieren. In opdracht van Gemeentewerken Rotterdam. DIHO, Yerseke. Rapporten en verslagen 1990-05.
- Craeymeersch, J.A., A. Engelberts & J. Buijs, 1991.
Evaluatie-onderzoek grootschalige locatie: onderzoek naar de effecten op bodemdieren. In opdracht van Gemeentewerken Rotterdam. DIHO, Yerseke. Rapporten en verslagen 1991-01.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, & W. Sistermans, 1995.
Het macrobenthos in de Haringvlietbuitendelta in het najaar 1992. Monitoring in het kader van het evaluatie-onderzoek naar de effecten van de aanleg van de grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie. Concept. In opdracht van Gemeentewerken Rotterdam.
- Craeymeersch, J.A., E.B.M. Brummelhuis, W. Dimmers, P. Schout, B. Timmermans & W. Sistermans, 1996.
Het macrobenthos in de Haringvlietbuitendelta in het najaar 1994. Monitoring in het kader van het evaluatie-onderzoek naar de effecten van de aanleg van de grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie. Concept. In opdracht van Gemeentewerken Rotterdam.
- Craeymeersch, J.A., W. Dimmers & W. Sistermans, 1998.
Het macrobenthos in het mondingsgebied van de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. Een voorstudie in het kader van Maasvlakte 2. Rijkswaterstaat, dir. Zuid-Holland.

- De Boer, K. & W.J. Wolff, 1996.
Tussen zilt en zoet. Voorstudie naar de betekenis van estuariene gradiënten in het Waddengebied. Vakgroep Mariene Biologie, Rijksuniversiteit Groningen. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. 94 pp.
- De Bruyne, R.H., 1991.
Schelpen van de Nederlandse kust. Jeugdbondsuitgeverij - Utrecht. Stichting Uitgeverij KNNV - Utrecht. ISBN 90-5107-017-9.
- De Hoog, J.E.W., H. Coops, A.A. Storm, M. Ohm, K.H. Prins, 1997.
Biologische monitoring zoete rijkswateren: Watersysteemrapportage Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch 1994. RIZA nota nr. 96.032.
- De Pauw, N. & Vannevel (Red.), 1991.
Macro-invertebraten en waterkwaliteit. Determïneersleutels voor zoetwatermacro-evertebraten en methoden ter bepaling van de waterkwaliteit. Stichting Leefmilieu Antwerpen.
- Den Hartog, C., 1959.
The epilithic algal communities along the coast of the Netherlands. Wentia 1: 1-241.
- Den Hartog, C., 1960.
Verspreiding van het slakje *Pseudamnicola confusa* in het Deltagebied van Rijn en Maas. Basteria 24: 66-74.
- Den Hartog, C., 1963a.
The amphipods of the deltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relations to the hydrography of the area. Part I. Introduction and hydrography. Neth. J. Sea Res. 1: 29-39.
- Den Hartog, C., 1963b.
The amphipods of the deltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relations to the hydrography of the area. Part III. The Gammaridae. Neth. J. Sea Res. 2: 407-457.
- Den Hartog, C., 1964.
The amphipods of the deltaic region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relations to the hydrography of the area. Part II. The Talitridae. Neth. J. Sea Res. 1: 40-67.
- Den Hartog, C., 1967.
Brackish water as an environment for algae. Blumea. Vol. XV, 1: 30-43
- Den Hartog, C., 1977.
Turbellaria from intertidal flats and salt-marshes in the estuaries of the south-western part of the Netherlands. Hydrobiologia 52: 29-32.
- Den Hartog, J.C. 1968.
Onderzoek naar de invloed van de factoren temperatuur en saliniteit op de groei van de zeeanemoon *Metridium senile* L. N.I.O.Z. Publikaties en Verslagen 1968-1.

- Desroy, N., 1998.
Les peuplements benthiques de substrats meubles du bassin maritime de La Rance. Évolution de la biodiversité et effets de l'activité prédatrice de *Nephtys hombergii* (Annélide Polychète) sur le recrutement. Thèse Université de Rennes. 206 p. + annexes.
- Dittmer, J.D., 1983.
The distribution of subtidal macrobenthos in the estuaries of the rivers Ems and Weser. In: Ecology of the Wadden Sea, W.J. Wolff (ed.). Vol. 1 (4): 188-206.
- Duel, H., R. During & J.B.M. Thissen, 1988.
Ecologisch profiel van enkele plante- en diersoorten van binnenwateren. Deel B: Driehoeksmossel en vissen. TNO-rapport R 88/10b.
- Duhamel, S., 1994.
Synthèse des connaissances sur l'estuaire de seine. Partie: Benthos. Contribution du Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux à l'étude de l'Ifremer/extension du Port du Havre - Projet 2005 - 113 p.
- Duyve, P., 1986.
Literatuurrapport rietoevers. Een literatuurstudie naar de waarden en functies, achteruitgang, herstel- en aanlegmogelijkheden van rietoevers in Nederland. Samenwerkingsverband "asjeblijft... niet in 't riet!".
- DVWK & ARGE WESER, 1998.
Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem Ergebnisse eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) im Rahmen des Bund-Länder-Verwaltungsabkommens zur Reduzierung der Werra-Weser-Versalzung. Folgen der Reduktion der Salzbelastung Herausgeber: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) Bonn.
- Evans, L.P., C.E. Murphy, J.C. Britton & L.W. Newland, 1979.
Salinity relationships in *Corbicula fluminea* (Müller 1774). In Britton, J.C., 1979. Proceedings, first international *Corbicula* Symposium. Forth Worth, Texas.
- Foster, B.A., 1970.
Responses and acclimation to salinity in the adults of some balanomorph barnacles. Estuaries ?? 256: 377-398.
- Furman, E.R. & A.B. Yule, 1992.
Balanus improvisus Darwin in British estuaries: gene-flow and recolonisation. In: Estuaries and coasts. M. Elliot & J.P. Ducrotoy (Eds). Proc. ECSA 19 Symp. Olsen & Olsen. Fredensburg. Denmark. pp: 273 - 276.
- Gaumert, T. & J. Spieker, 1995.
Makrozoobenthon der Elbe. Arten, Biomasse und Güteklassifizierung. ARGE ELBE.
- Geene, R., 1984.
De Nederlandse Zoetwaterslakken. Jeugdbondsuitgeverij - Utrecht. ISBN 90-5107-008-x.

- Gittenberger, E., A.W. Janssen, W.J. Kuijper, J.G.J. Kuiper, T. Meijer, G. van der Velde & J.N. de Vries, 1998.
De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. -Nederlandse fauna 2. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIA-Nederland, Leiden. 288 blz., 12 platen.
- Groen, W. de, 1980.
Fauna in Europa's levensader. Het Zeepaard (40) 2, 36-41.
- Haas, H.A., 1998.
Zoet water naar de Oosterschelde: een verkenning naar de effecten op natuur en visserij. Rapport RIKZ - 98.036
- Hartmann-Schröder, G., 1983.
Life histories of some important Wadden Sea invertebrates The ragworm *Nereis diversicolor*. In: Ecology of the Wadden Sea, W.J. Wolff (ed.). Vol. 1 (4): 108-121.
- Hayward, P.J. & J.S. Ryland, 1995.
Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe. Oxford University Press, Oxford. ISBN 0 19 854055 8.
- Heerebout, G.R., 1974
Distribution and ecology of the Decapoda Natantia of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Neth. J. Sea Res. 8: 73-93.
- Holthuis, L.B. & G.R. Heerebout, 1986.
De Nederlandse Decapoda (Garnalen, kreeften en krabben). KNNV Wet. Med. 179. Herzien door J.P.H.M. Adema, Rijkmuseum voor Natuurlijke Historie, Leiden).
- Hummel, H., R.H. Bogaards & L. de Wolf, 1985a.
De verspreiding van zoetwater- en landslakken (Gastropoda) in het Deltagebied voor de afsluitingen en de verspreiding van slakken (Gastropoda) in het zoute en brakke water van het Deltagebied voor de afsluitingen. DIHO Yerseke. Rapporten en Verslagen 1985-10.
- Hummel, H., R.H. Bogaards & L. de Wolf, 1985b.
De verspreiding van Cirripedia, Mysidacea, Isopoda en Amphipoda in het Deltagebied voor de afsluitingen. DIHO Yerseke. Rapporten en verslagen 1985-11
- Huwae, P.H.M., 1985.
De Rankpotigen (Crustacea - Cirripedia) van de Nederlandse Kust. Tabellenserie van de Strandwerkgemeenschap. KNNV, no. 28.
- Janssen, A.W. & E.F. de Vogel, 1965.
Zoetwatermollusken van Nederland. Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, Amsterdam.
- Kinzelbach, R. et al., 1990
Umweltvorsorge am Rhein: Rheingrund, Altrheine und Häfen als Refugien der Tierwelt.

- Klein Breteler, W.C.M., 1983.
Life histories of some important Wadden Sea invertebrates. The shore crab *Carcinus maenas*. In: Ecology of the Wadden Sea, W.J. Wolff (ed.). Vol. 1 (4): 119-121.
- Klink, A. & E. Dudok van Heel, 1993.
Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep-Haringvliet. Publications and reports of the project "Ecological Rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse". RIZA. No. 48-1993.
- Krieg, H.-J., 1996.
Investigations on the occurrence and distribution of benthic fauna along a transect in the transition zone between fresh and brackish water on both sides of Lühesand at km 648.5 in the Lower Elbe. Arch. Hydrobiol./Suppl. 110: 283-309.
- Lasnier, S., 1998.
Répartition longitudinale des macroinvertébrés dulcicoles en Seine aval. DESS Environnement, Sols, Eaux continentales et marines. Universités de Rouen et de Caen. Agence de l'Eau Seine-Normandie.
- Maas, G.J., 1998.
Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel. Herziening van de ecotopenindeling Biesbosch-Voordelta en afstemming met het Rivier-Ecotopen-Stelsel en de voorlopige indeling voor de zoute delta. DLO-Staring Centrum, Wageningen. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA, Wageningen. RWES rapport nr. 3. ISBN 903695178x.
- Maes, J., A., A. Taillieu, P.A. van Damme & F. Olivier, 1997.
The composition of the fish and crustacean community of the Zeeschelde estuary (Belgium). Belg. J. Zool. Vol. 127: 47 -55.
- Malta, E.J., E. Stikvoort & J. Craeymeersch, 1998.
Herstel van estuariene gradiënten in de Oosterschelde: een verkenning naar effecten op de bodemdieren van het zachte substraat. NIOO Rapporten, 1998-01, ISSN-nr. 13816519.
- Marchand, J., 1981.
Observations sur l'Écologie de *Crangon crangon* (Linné) et *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards (*Crustacea, Decapoda, Natantia*) Estuaire interne de la Loire (France). Vie et Milieu, 31: 83-92.
- Marchand, J. 1993.
The influence of seasonal salinity and turbidity maximum variations on the nursery function of the Loire estuary (France). Neth. J. Aquat. Ecol. 27(2-4): 427-436.
- Marchand, J. & A. Alliot, 1981.
Observations sur l'écologie des populations de trois espèces de crustacés, décapodes nageurs en Loire-Atlantique *Palaemon varians* (Leach), *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards et *Crangon crangon* (Linné). Bull. Soc. Sc. nat. Ouest de la France, nouvelle série 3(4): 184-201.

- Mathews, M.A. & R.F. McMahon, 1994.
The survival of Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian Clams (*Corbicula fluminea*) under extreme hypoxia. Proc. of the 4th Int Zebra Mussel Conf., Madison, Wisconsin.
- Mathieson, S. & A.J. Berry, 1997.
Spatial, temporal and tidal variation in crab populations in the forth estuary, Scotland. J. mar. biol. Ass. U.K. 77, 167-183.
- McGrorty, S., 1971.
Salinity as a factor affecting the distribution of *Bathyporeia* sp. (Crustacea: Amphipoda). Vie et Milieu, Suppl. 22: 119-133.
- McLusky, D.S., 1969.
The oxygen consumption of *Corophium volutator* in relation to salinity. Comp. Biochem. Physiol. 29: 743-753.
- McLusky, D.S., 1989.
The estuarine Ecosystem. Second Edition. Blackie and Son Limited, Glasgow. ISBN 0-216-92671-8
- Mees, J., N. Fockedey & O. Hamerlynck, 1995.
Comparative study of the hyperbenthos of three European estuaries. Hydrobiologica 311: 153-174
- Michaelis, B., 1983.
Intertidal benthic animal communities of the estuaries of the rivers Ems and Weser. In: Ecology of the Wadden Sea, W.J. Wolff (ed.). Vol. 1 (4): 158-188.
- Middelkoop, H., & C.O.G. van Haselen (eds.), 1999.
Twice a river. Rhine and Meuse in the Netherlands. RIZA report no. 99.003 Arnhem: RIZA.
- Min. LNV, 1990.
Vormgeving en inrichting viswater. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Openlucht recreatie
- Morin, J., P. Riou, C. Bessineton, C. Vésieu, M. Lemoine, S. Simon & O. Le Pape, 1999.
Etude des nourriceries de la Baie de Seine Orientale et de l'estuaire de la Seine. Synthèse des connaissances. Identification d'une nourricerie en estuaire de Seine. Analyse de la fonctionnalité de l'estuaire comme nourricerie. DRV/RH/RST/99-05. Dans le cadre de la Convention d'aide à la Recherche no 96/1212618/bmf avec la Préfecture de Région de Haute-Normandie et le Port Autonome du Havre et IFREMER. Direction des Ressources Vivantes. Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin.
- Mouny, P. & J.C. Dauvin, 1998.
Structure de la communauté mesozooplanktonique et dynamique du copépode *Eurytemora affinis* en estuaire de Seine. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol. 1: 30-47.
- Mouny, P., 1998.
Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. Dynamique et rôle des principales espèces

- dans la chaîne trophique pélagique. These du Muséum National d'Histoire Naturelle. Vol. I et Vol. II.
- Mouny, P., J.C. Dauvin, C. Bessineton, B. Elkaim & S. Simon, 1998.
Biological components from the Seine estuary: first results.
Hydrobiologica 373/374: 333-347.
- Mouny, P., Z. Wang & J.C. Dauvin, 1996.
Premières données sur la structure spatio-temporelle du mésozooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la Seine. *J. Rech. Océanographique*, 21, 3/4: 109-117.
- Nienhuis, P.H., 1970.
The benthic algal communities of flats and salt marshes, in the Grevelingen, a sea-arm in the South-Western Netherlands. *Neth. J. Sea Res.* 5: 20-49.
- Nienhuis, P.H., 1975.
Biosystematics and ecology of *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harv. (Chlorophyceae, Cladophorales) in the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Proefschrift RU Groningen, 240 pp.
- Nienhuis, P.H., 1978.
De Grevelingen, een afgesloten zee-arm. Een overzicht van 10 jaar aquatisch ecologisch onderzoek. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke. Rapporten en Verslagen Noordrijn. 1978-3. 85 pp.
- Nijkamp, H. & C. Slegtenhorst, 1992.
Some representative species of the Wadden Sea and their dependence on the (physical) environment. AIDEnvironment, Amsterdam. In opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.
- Paalvast, P., 1995.
Oriënterend onderzoek naar de levensgemeenschappen op hard substraat en op bij laag droogvallende platen (zacht substraat) in de Voordelta en het estuariene deel van de Noordrand. Ecoconsult, Vlaardingen. 106p
- Paalvast, 1998.
Ecologische waardering van de oevers in het Rotterdamse havengebied. Een handreiking voor het beheer. Ecoconsult. In opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland.
- Paalvast, P., 1999a.
Monitoring hardsubstraatorganismen Hartelkanaal 1998. Ecoconsult. In opdracht van Rijkswaterstaat, dir. Zuid-Holland.
- Paalvast, P., 1999b.
Monitoring hardsubstraatorganismen Hartelkanaal 1999. Ecoconsult. In opdracht van Rijkswaterstaat, dir. Zuid-Holland.
- Paalvast, P. & J. Limpens, 1998.
Nieuwe Waterweg. Flora-inventarisatie oevers. Ecoconsult, Vlaardingen. In opdracht van Rijkswaterstaat, RIKZ.

- Paalvast, P., J. Limpens & J. Simons, 1996.
Ecotopen achter langsdammen, Rheingau, Duitsland. Ecoconsult Vlaardingen.
- Paalvast, P., H. Peters & L. van Sprundel, 1998.
MER Beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout naar zoet. Hoofdrapport. Milieu-effectrapport over een ander beheer van de Haringvlietsluizen. APV nummer 98.186. ISBN nummer 903694802.
- Pinkster, S. & D. Platvoet, 1986.
De vlokreeften van het Nederlandse oppervlaktewater. KNNV Wet. Med. 172.
- Platvoet, D. & S. Pinkster, 1995.
Changes in the amphipod fauna (Crustacea) of the Rhine, Meuse and Scheldt estuary due to the 'Delta Plan' coastal engineering works. Neth. J. Aquat. Ecol. 29(1): 5-30.
- Projectteam WSV, 1994.
Watersystemen en doelvariabelen voor de Watersysteemverkenningen. RIZA nota 96.019, Rapport RIKZ-96.016.
- Queiroga, H., 1990.
Corophium multisetosum (Amphipoda: Corophiidae) in Canal de Mira, Portugal: some factors that affects its distribution. Mar. Biol. 104: 397-402.
- Rajagopal, S., G. van der Velde, B.G.P. Paffen & A. bij de Vaate, 1998.
Ecology and impact of exotic amphipod, *Corophium curvispinum* Sars, 1985 (Crustacea, Amphipoda), in the River Rhine and Meuse. Publications and reports of the project "Ecological Rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse". RIZA. No. 75-1998.
- Redeke (red.), 1922.
Flora en fauna der Zuiderzee. Monografie van een brakwatergebied. Uitgave Nederlandse Dierkundige Vereniging.
- Reinhold-Dudok van Heel, E., 1995.
Verkenkend onderzoek naar het voorkomen van brakwatermacrovertebraten aan de oost- en westzijde van de Haringvlietsluizen. RIZA-werkdocument 95.059x. 80p + bijlagen.
- Reise, K., 1985.
Tidel Flat Ecology. An experimental approach to species interactions. ISBN 3-540-15447-7 Springer-Verlag Heidelberg.
- Retière, C., 1989.
Energie marémotrice et environnement aquatique. La Houille Blanche, 2: 133-148.S
- Retière, C., 1994.
Tidal power and the aquatic environment of La Rance. Biological Journal of the Limnean Society 51: 25-36
- Riedel-Lorjé, J.C. & S. Agatha, 1998.
Läßt sich ein Leitbild für das Elbe-Aestuar aus der Lage des oberen Brackwasserbereichs und dessen Lebensgemeinschaften ableiten? Mitt. NNA 3: 22-25.

- Riedel-Lorjé, J.C. & U. Ehrhorn, 1998.
Kleinlebewesen der Tideelbe. Eine Literaturstudie über Benthos, Aufwuchs, Aggregate und Plankton von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart. ARGE ELBE.
- Riedel-Lorjé, J.C., N. Möller-Lindenhof & B. Vaessen, 1992.
Salzgehalts- und Trübstoffverhältnisse in dem oberen Brackwassergebiet der Elbe. ARGE ELBE
- Riedel-Lorjé, J.C., U. Kohla & B. Vaessen, 1995.
Das Vordringen ausgewählter Bodentiere im Elbe-Ästuar als Indikation für eine Verlagerung der oberen Brackwassergrenze. DGM 39, H. 4/5 137-145.S
- RIWA, 1999.
Jaarverslag 1998. Deel A: de Rijn. Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven. ISBN - 90-6683-089-1.
- Robineau, B., 1987.
Caractérisation des peuplements macrozoobenthiques de l'estuaire de la Loire. Vie et Milieu, 37: 67-76.
- Ruys, M.M., J.E.W. de Hoog, A. Berkenbosch, 1993.
Doelstellingen ecologisch herstel benedenrivierengebied. Raamwerk voor de uitwerking van de ecologische doelstellingen uit het Regionaal beheersplan. Rijkswaterstaat. Directie Zuid-Holland nummer APV/171. RIZA nota 93.023.
- Rybarczyk, H., J.D. Talleux, N. Loquet, E. Loirat & B. Elkaim, 1998.
Analyse comparative des bilans énergétiques et de la composition biochimique des principales espèces des peuplements benthiques de la baie de Seine. In: Seine-Aval, 1998. Exercice 1997. Rapport final par laboratoire. Thème Édifices biologiques. Rapport 1997/fin-4. Vol. 1: 89-119.
- Santos, P.J.P., J. Castel & L.P. Souza-Santos, 1996.
Seasonal variability of meiofaunal abundance in the oligo-mesohaline area of the Gironde estuary, Franc. Estuarine, Coastal and Shelf Science 43: 549-563.
- Satur, B. & J. Castel, 1995.
Comparative spring distribution of zooplankton in three macrotidal European estuaries. Hydrobiologia 311: 139-151.
- Schmidt-van Dorp, A.D., 1979.
Literatuuronderzoek naar de soortenrijkdom van het makrozoobenthos in relatie tot het zoutgehalte. DIHO, Yerseke. Rapporten en verslagen nr. 1979-5.
- Seilert, H. & B. Löhlein, 1993.
Biomonitoring des Zoobenthons an ausgewählten Standorten in der Elbe. Voruntersuchungen zur örtlichen und zeitlichen Variabilität einschliesslich Bilddokumentation. ARGE_ELBE.
- Soetaert, K, M. Vincx, J. Wittoeck, M. Tulkens & D. Van Gansbeke, 1994
Spatial patterns of Westerschelde meiobenthos. Estuarine, Coastal and Shelf Science 39: 367-388.

- Soetaert, K., M. Vincx, J. Wittoeck & M. Tulkens, 1995.
Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries. *Hydrobiologica* 311: 185-206.
- Sorbe, J.-C., 1979.
Systématique et écologie des Amphipodes Gammarides de l'estuaire de la Gironde. *Cah. Biol. Mar.*, 20: 43-58.
- Sorbe, J.C. 1983.
Les décapodes natantia de l'estuaire de la Gironde (France).
Contribution morphologique et biologique de *Palaemon longirostris* H. Milne Edwards, 1837. *Crustaceana* 44(3): 251-270.
- Stegenga, H & I. Mol, 1983.
Flora van de Nederlandse Zeewieren. *KNNV Uitgave* nr. 33, 263 pp.
- Steur, C., J. Seys & J. Eppinga, 1996.
Ecologisch profiel van het Nonnetje *Macoma balthica*. Watersysteemverkenningen. Rijkswaterstaat, RIKZ. Rapport RIKZ 96-022. ISBN 90-369-0445-5.
- Summers, R.W., 1980.
The diet and feeding behaviour of the flounder *Platichthys flesus* (L.) in the Ythan Estuary, Scotland. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, vol. 69: 217-232.
- Ter Heerdt, G.N.J., 1995.
Planten in de Peiling. Literatuuronderzoek naar de invloed van het zoutgehalte in de bodem op de ontwikkeling van helofyten.
Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, RIZA, Directie Zeeland.
RIZA Notanr. 95.041. ISBN 90-369-4543-7.
- Tydemann, P., 1996.
Ecologisch profiel van de litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Watersysteemverkenningen. Rijkswaterstaat, RIKZ. Rapport RIKZ 96-026. ISBN 90-369-0415-3.
- Van Beek, G.C.W., J. van der Horst & H.W. Waardenburg, 1995.
Vismonitoring benedenrivieren september 1991 t/m september 1994. Bureau Waardenburg. In opdracht van Rijkswaterstaat, dir. Zuid-Holland. Rapportnr. 95.01 + bijlage basisgegevens.
- Van de Rijt, C., 1996.
De voordelta van het Haringvliet; een schets van de veranderingen in de vegetatie op basis van berekeningen met behulp van het model EMOE (versie 3.3). Hanson Ecodata, Nijmegen. In opdracht van Rijkswaterstaat, dir, Zuid-Holland.
- Van den Brink, F.W.B. & G. van der Velde, 1992.
Slijkgarnalen (Crustacea: Amphipoda: Corophiidae) in Nederland. *Het Zeepaard* 52 no. 2: 32-37, ISSN 0926-3497.
- Van Rooij, S.A.M., E. Lofvers, P. Paalvast & R. Posthoorn, 1997.
Ruimte voor estuariene ecotopen. Ecopenverdeling in het Haringvliet-estuarium bij verschillende alternatieven voor het beheer van de Haringvlietsluizen. Werkgroep Ecologie en Landschap. MER Beheer Haringvlietsluizen. RIZA rapport 97.096

- Venice System, 1959.
Symposium on the classification of brackish waters, Venice, April 8-14, 1958. Arch. Oceanog. Limnol., 11 (supplement), 1-248.
- Vertegaal, C.T.M., 1997.
Evaluatie milieu effect rapportage 'Slufter' over de periode 1986 tot en met 1996. Werkgroep Evaluatie Slufter. Gemeentewerken Rotterdam, Min. V. en W., DG Rijkswaterstaat, RIKZ, directie Zuid-Holland.
- Wang, Z., J.-C. Dauvin & E. Thiébaud, 1994.
Preliminary data on the near-bottom meso- and macrozooplanktonic fauna from the eastern Bay of Seine: faunistic composition, vertical distribution and density variation. Cah. Biol. Mar., 35: 157-176
- Wiersma, S.M., E. van Ammelrooy & J.A. van der Velden, 1995.
Macrozoobenthos in het Stormpolderdervloedbos 1994. RIZA werkdocument 95.039.
- Wintermans, G., N. Dankers, H. van der Veer, A.D. Rijnsdorp, P.I. van Leeuwen & B. Vingerhoed, 1995.
Habitatkaracteristieken van de Nederlandse kustzone. BEON rapport nr. 95-12. ISSN 0924-6576.
- Wolff, W.J., 1969.
The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. II. The Dreissenidae. Basteria 33: 93-103.
- Wolff, W.J., 1971.
Changes in intertidal benthos communities after an increase in salinity. Thalassia Jugoslavica 7: 429-434
- Wolff, W.J., 1973.
The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Zoöl. Verh. 126: 1-242. Brill, Leiden.
- Wolf, W.J. & A.J.J. Sandee, 1971.
Distribution and ecology of the decapoda reptantia of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. Neth. J. Sea Res. 5: 197-226.
- Ysebaert, T. & P. Meire, 1991.
Het macrozoobenthos van de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde. Onderzoek, uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland en Dienst Getijdewateren, naar het voorkomen van macrozoöbenthos in de Westerschelde en Beneden Zeeschelde. Bundeling van alle beschikbare benthosgegevens voor de periode 1965-1989. Rapport W.W.E. 12. Rapport I.N. A92.085. Rijksuniversiteit Gent, Instituut voor Natuurbehoud.
- Ysebaert, T. & P. Meire, 1999.
Macrobenthos of the Schelde estuary. Predicting macrobenthic species responses in the estuarine environment. A statistical analysis of the Schelde estuary macrobenthos within de Ecoflat project. Institute of Nature Conservation, Brussel, Belgium. Report Institute of Nature Conservation IN/99.19. (concept)

- Ysebaert, T., P. Meire, D. Maes & J. Buijs, 1993.
The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Schelde estuary. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 27(2-4): 327-341.
- Zwarts, L., 1997.
Waders and their estuarine food supplies. *Van zee tot land* 60.
Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied. ISBN 90-369-1183-4.

Bijlage 1

Onderstaand voorbeelden van gebruikte sleutelwoorden. Niet alle sleutelwoorden zijn vermeld, omdat eenmaal "on line" met een databank ter plekke ook soortsnamen en en andere mogelijkheden werden uitgetoetst. Dit is niet altijd genoteerd, vooral niet wanneer een sleutelwoord geen referenties opleverde.

sleutelwoorden zoet-zoutliteratuuronderzoek

algal community, brackish water, dynamics, estuaries, estuarine, estuary, foodwebs, halotolerance, hyperbenthos, macrobenthos, macrofauna, marsh, marshes, meiobenthos, meiofauna, salinity, salinity gradient, salinity tolerance, salt marsh, suprabenthos, vegetation

estuaria

Dee, Elbe, Ems, Haringvliet, Humber, Loire, Mersey, Mondigo, Nieuwe Waterweg, Scheldt, Seine, Shannon, Somme, Tagas, Tamar, Tejo, Thames, Westerschelde, Ythan,

voorbeelden zoeken met combinaties van sleutelwoorden

1. macrofauna, salinity gradient, estuary
2. meiofauna, salinity gradient, estuary
3. macrobenthos, salinity gradient, estuary
4. meiobenthos, salinity gradient, estuary
5. vegetation, salinity gradient, estuary
6. marshes, salinity gradient, estuary
7. algal communities, salinity gradient, estuary
8. hyperbenthos, salinity gradient, estuary
9. foodwebs

zoeken op estuarium

estuariumnaam, salinity gradient, estuary

Bijlage 2

Hieronder staan de namen, (evt.) adressen en telefoonnummers vermeld van die personen die informatie hebben geleverd zonder welke dit rapport niet tot stand zou zijn gekomen.

Rijksinstituut voor Visserij-Onderzoek
Dr. Johan Craeymeersch
Korringaweg 5
4401 NT Yerseke
0113-572781

Rijkswaterstaat, RIZA
Bram bij de Vaate
Marjolein van Herwaarden
Postbus 17
8200 AA Lelystad
0320-298411

Wasserguetestelle Elbe
Dr. Michael Bergemann
Nessdeich 120-121
21129 Hamburg
Duitsland
00 49 40 42 88 11 32 47

Universiteit van Antwerpen
Prof. Dr. Patrick Meire
Dep. biologie, Onderzoeksgroep ecosysteembeheer
Universiteitsplein 1
2610 Wilrijk
00 32 38 20 22 64

Instituut voor Natuurbehoud
Dr. Tom Ysebaert
Kliniekstraat 25
1070 Brussel
00 32 25 58 18 11

RIKZ
Herman Haas
Lilian Pekaar
Postbus 8039
4330 EA Middelburg
0118-616500

Station Marine de Wimereux
Prof. Dr. Jean Claude Dauvin
28 Avenue Foch
F-62930 Wimereux
Frankrijk
00 33 3 21 99 29 20

Agence de l'Eau Seine Normandie
Roland Goujon
4 Rue du Grand Feu
Rouen
Frankrijk
00 33 2 35 63 61 37

Projectgroep Maasvlakte 2
Eelke Turkstra
Kasper Spaan
Wim Sterk
010-2771277

Rijksuniversiteit Groningen
Vakgroep Mariene Biologie
Prof. Dr. Wim J. Wolff
Kerklaan 30
9751 NN Haren
050-3632260

NIOO CEMO
Dr. Ad Huiskes
Maarten Pronk
Postbus 140
4400AC Yerseke
0113-577300

Prof. Dr. Christian Retiere
Museum National D'Histoire Naturelle
Laboratoire Maritime de Dinard
17 Avenue George V
35801 Dinard
Frankrijk
00 33 2 99 46 13 90

Prof. Dr. Jean Pierre Berton
Université de Tours
Faculté des Sciences et Techniques
Parc de Grandmont
37200 Tours
Frankrijk
Tours 00 33 2 47 36 71 36
Chinon 00 33 2 47 93 48 57

CNRS, Station Marine de l'Université de Caen
Dr. Bernard Sylvand
rue Dr Charcot
14530 Luc sur Mer
Frankrijk
00 33 2 31 36 22 22

Ifremer, Station de Port-en-Bessin
Dr. Jocelyne Morin
Avenue du Général de Gaulle
14520 Port-en-Bessin-Huppain
Frankrijk
00 33 2 31 51 13 00

Bijlage 3

Sedimentindeling volgens het RIJP-concept, bewerkt en vertaald uit Winternans et al, 1995 (naar Ente en ten Brinke).

naam sediment		korrelgrootte in mm	phi waarde	sortering
grof sediment	grote stenen	>250	<-8	zeer goed gesorteerd
	keien	250 - 64	-8 - -6	zeer goed gesorteerd
	grof grind	64 - 16	-6 - -4	zeer goed gesorteerd
	grind	16 - 8	-4 - -3	zeer goed gesorteerd
	fijn grind	8 - 4	-3 - -2	zeer goed gesorteerd
	zeer fijn grind	4 - 2	-2 - -1	zeer goed gesorteerd
zand	zeer grof zand	2 - 1	-1 - 0	zeer goed gesorteerd
	grof zand	1,0 - 0,5	0 - 1	<0,35 zeer goed gesorteerd 0,35 - 0,50 goed gesorteerd
	zand	0,50 - 0,25	1 - 2	>0,5 minder goed gesorteerd
	fijn zand	0,250 - 0,125	2 - 3	matig gesorteerd
	zeer fijn zand (modderig zand)	0,1250 - 0,063	3 - 4	matig gesorteerd
slib	grof slib	0,063 - 0,016	4 - 6	matig gesorteerd
	middel-/fijn slib	0,016 - 0,002	9 - 6	matig gesorteerd
	klei	<0,002	>9	matig gesorteerd