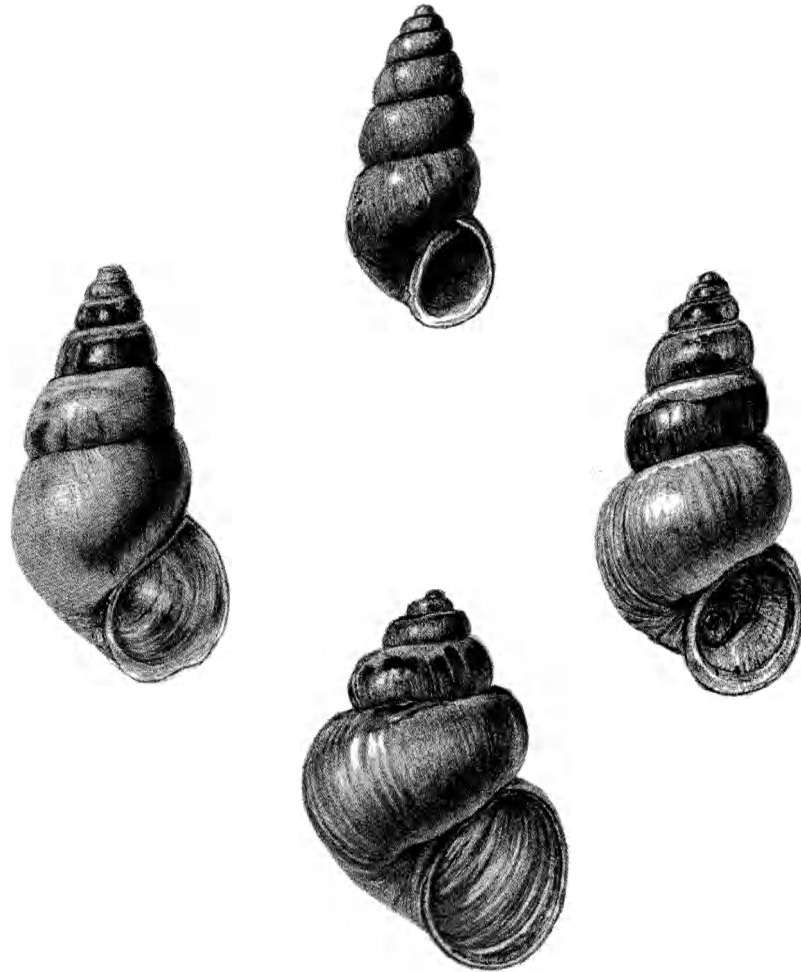


Ontwerp-ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren



**Michiel Vos
Wim J. Wolff**

**Mariene Biologie
Rijksuniversiteit Groningen
Aug. – nov. 2001**

Ontwerp-ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren

Voorkant:

links: *Hydrobia ulvae*, karakteristiek voor hooglitorale ecotopen (slikken) en lage kwelders in de polyhaliene en euhaliene zone.

boven: *Hydrobia neglecta*, Noordwest-Europese soort die in Nederland de laatste eeuwen ontbreekt. Zou in principe voor kunnen komen in ondiepe, (laag)dynamische wateren in de mesohaliene, polyhaliene en euhaliene zones en dan vooral in het eco- element groot-zeegrasassociatie.

rechts: *Hydrobia ventrosa*, momenteel in Nederland vooral in binnendijkse wateren; vroeger ook in de Zuiderzee. Waarschijnlijk vormen kwelderkreken en (laag)dynamische ondiepe getijdenwateren in de mesohaliene en oligohaliene zones ook een geschikt habitat voor deze soort.

onder: *Mercuria confusa*, karakteristiek voor het ecotoop hooglitorale slibrijke bodems (slikken) in de oligohaliene en zoetwatergetijden zones.

Het slakje *Heleobia stagnorum* is in Nederland alleen gevonden in enkele binnendijkse mesohaliene wateren (o.a. Kaaskenswater bij Zierikzee). Elders in Europa is deze soort ook bekend uit zoet water. Illustraties en informatie uit Gittenberger *et al.* (1998). Alle *Hydrobia*-soorten 11 x vergroot, *M. confusa* 14 x vergroot.

Michiel Vos
Wim J. Wolff

Mariene Biologie
Rijksuniversiteit Groningen
Aug. – nov. 2001

Inhoud

Samenvatting

1. Introductie	5
1.1 Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels	5
1.2 Ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren	6
1.3 Werkwijze en opzet rapport	7
2. Indelingskenmerken	9
2.1 Introductie	9
2.2 Zoutdynamiek	9
2.3 Diepte en hoogteligging	16
2.4 Hydrodynamiek	18
2.5 Substraat	20
2.7 Eco-elementen	21
2.7 Mogelijke toestanden van ecotopen	24
3. Ecotopen	27
3.1 Introductie	27
3.2 Ecotopen in het polyhalien	28
3.3 Ecotopen in het mesohalien	33
3.4 Ecotopen in het oligohalien	38
4. Vergelijking met andere ecotopenstelsels	43
5. Aanbevelingen	45
6. Dankwoord	46
7. Referenties	47
Bijlagen	52
Bijlage 1. Begrippenlijst	52
Bijlage 2. Groepering van Watersystemen	54
Bijlage 3. Soortencomplexen in brak water	55
Bijlage 4. Vissen in brak water	56
Bijlage 5. Diatomeeën in brak water	57

Samenvatting

Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels beschrijven niet alleen de huidige ecologische situatie maar kunnen ook gebruikt worden bij het voorspellen van de ecologische situatie na menselijk ingrijpen. Daarmee vormen ze een belangrijk hulpmiddel bij het vaststellen van waterbeheer. Op basis van vier abiotische kenmerken, zoutdynamiek, diepte/hoogteligging, hydrodynamiek en substraat, is een ecotopenclassificatie voor de brakke Rijkswateren opgesteld. Met behulp van literatuurgegevens zijn de abiotische kenmerken ingedeeld in ecologisch relevante klassen; combinaties van deze klassen leveren de verschillende ecotopen op. Het grootste verschil met voorgaande ecotopenstelsels is dat naast de gemiddelde saliniteit ook rekening is gehouden met de fluctuatie in saliniteit. Naast enkele eco-elementen, levensgemeenschappen die een structurerende invloed uitoefenen op de omgeving, zijn ook verschillende ecologisch belangrijke toestanden waarin ecotopen kunnen verkeren beschreven. Bij elk ecotoop zijn enkele min of meer karakteristieke soorten vermeld.

1. Introductie

1.1 Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels

Dit rapport bevat een ontwerp voor een ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren opgesteld in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee. De definitie van ecotopenstelsel zoals die door Rijkswaterstaat gebruikt wordt is: ‘een classificatiesysteem waarin de belangrijkste landschapsecologische eenheden van een watersysteem geordend zijn’ (Dankers *et al.* 2001). Op basis van literatuurgegevens zijn de verschillende abiotische kenmerken ingedeeld in ecologisch relevante klassen; combinaties van deze klassen leveren de verschillende ecotopen op. Het gebruiken van ecotopenstelsels is een goede manier om de ecologische situatie te beschrijven. Elk indelingskenmerk kan in principe gekarteerd worden. Door het combineren van verschillende van deze kaarten kan een ecotopenkaart worden opgesteld (Ruiter en De Jong, 1999). Indelingskenmerken kunnen gekarteerd worden op basis van veldmetingen (integraal of door het interpoleren van monsterpunten) of op basis van modelleringen. De Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels zijn opgesteld om het waterbeheer een zo goed mogelijke theoretische onderbouwing te geven. Die onderbouwing is nodig om de effecten van menselijke activiteiten op verschillende ecologische niveaus (soort, levensgemeenschappen, hele ecosysteem, landschap) te kunnen voorspellen. Menselijke activiteiten met een grote invloed op de natuur zijn o.a. modernisering van vaarwegen, recreatie, natuurontwikkeling en dijkverbetering. Beschrijvingen van de natuur op basis van abiotische kenmerken bieden ook de mogelijkheid om de aanwezigheid van ecotopen in het verleden of de toekomst te karteren op basis van gedocumenteerde respectievelijk gemodelleerde kenmerken.

Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels kennen een hiërarchische structuur met drie indelingsniveaus. Op het hoogste niveau worden op basis van de drie zgn. positionele factoren verhang, getijdenwerking en zoutgehalte zeven watersystemen onderscheiden. De grootschalige watersystemen worden weer onderverdeeld in ecotopen. Een ecotoop in de Rijkswateren is in de definitie van Wolfert (1996) ‘een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse’. Een ecotoop is een herkenbare, min of meer homogene landschappelijke eenheid.

De indelingskenmerken morfodynamiek, hydrodynamiek en gebruiksdynamiek, zgn. conditionele factoren, worden standaard in elk ecotopenstelsel gebruikt. Biologische indelingskenmerken (bijv. vegetatie) zijn bij aquatische, en zeker bij mariene, milieus in gematigde klimaten van gering belang bij het definiëren van ecotopen. Bovendien controleert Rijkswaterstaat voornamelijk de abiotische kenmerken van waterwegen en zijn biologische indelingskenmerken dus ook in praktisch opzicht van ondergeschikt belang. Als laatste worden op basis van de zgn. operationele factoren de eco-elementen onderscheiden. Operationele factoren omvatten fysische, chemische en biologische processen. Het (niet) voorkomen van eco-elementen is vooral afhankelijk van toevalsprocessen en menselijke verstoring en is dus niet direct te voorspellen op basis van abiotische factoren. Daarom zijn bijv. mosselbanken en zeegrasvelden niet beschouwd als aparte ecotopen maar worden ze toegevoegd aan het ecotoop waarop ze worden aangetroffen. Omdat eco-elementen niet voorspeld kunnen worden op basis van de indelingskenmerken zullen veldmetingen verricht moeten worden om eco-elementen te kunnen karteren. Er zal over het algemeen een grotere kaartschaal nodig zijn voor de visualisatie van eco-elementen dan voor ecotopen. Een volledig overzicht van de uitgangspunten voor ecotopenstelsels is te vinden in Wolfert (1996). Definities van enkele relevante begrippen worden gegeven in de begrippenlijst (Bijlage 1).

Voor grote meren, kanalen, rivieren en het benedenrivieren gebied (inclusief de zoete delta) bestaan al ecotopenstelsels (resp. Van der Meulen, 1997; Peters, 1999; Rademakers en Wolfert, 1994 en Maas, 1998). Alle grote wateren (kleinere wateren zijn behandeld in de terrestrische ecotopenstelsels) zijn geënclassificeerd naar watersysteem en fysisch geografische regio in Bijlage 2. De watersystemen zoute meren en zoute delta vallen beiden (geheel resp. gedeeltelijk) onder brakke wateren.

Het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (BES) bevat mede een voorlopige indeling van de zoute (en brakke) delta. Voor de kustwateren zijn twee voorstellen geschreven (De Jong, 1999 en Dankers *et al.* 2001) die later met dit voorstel zullen worden samengevoegd tot één ecotopenstelsel voor het zoute en brakke water. De (zwak) brakke kanalen zonder getijdenwerking worden beschreven in het Kanalen-Ecotopen-Stelsel (KES). De ecotopenstelsels RWES aquatisch (Van der Molen *et al.* 2000) en RWES oevers (Lorenz, 2001) beschrijven respectievelijk alle Rijkswateren en alle oeverzones van de Rijkswateren. Deze beide ecotopenstelsels beslaan alle voorgaande ecotopenstelsels, inclusief de brakwaterecotopen.

Omdat het ecotopenstelsel voor brakke wateren de schakel moet vormen tussen enerzijds het aquatische ecotopenstelsel van de benedenrivieren en anderzijds het mariene ecotopenstelsel van de Noordzee en de Waddenzee moet elk indelingskenmerk aan twee, soms niet corresponderende, indelingen worden gekoppeld. Bijkomende complicatie is dat de mariene zijde van de brakwatergebieden ingedeeld wordt in twee voorlopige ontwerp-ecotopenstelsels die onderling soms afwijken.

1.2 Ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren

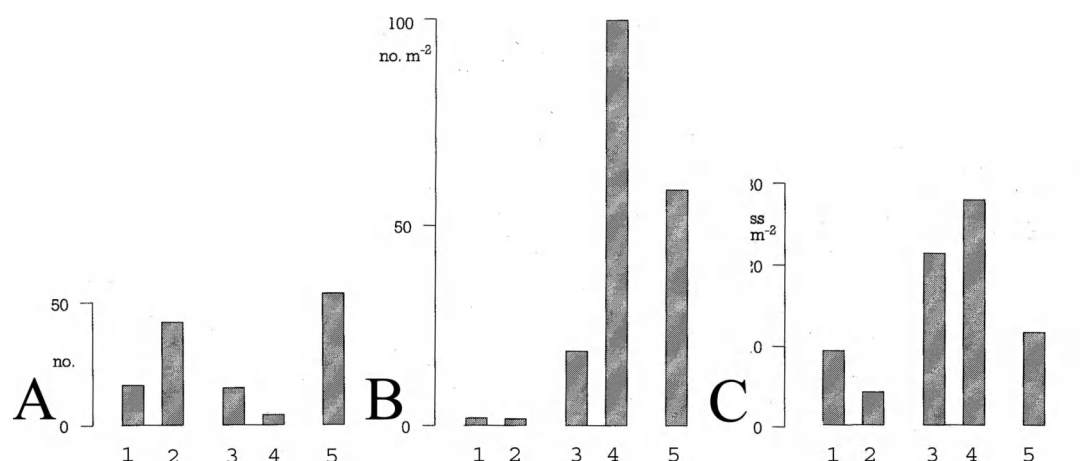
Dit rapport omvat het watersysteem zoute meren en de brakke getijdenwateren, d.w.z. het gedeelte tussen zoete (beschreven in het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel) en zoute getijdenwateren (beschreven in de twee ontwerp-ecotopenstelsels voor de kustwateren). Concreet betreft dit de estuaria Eems-Dollard, Nieuwe Waterweg en Westerschelde, het zoute Grevelingenmeer en de brakke meren Oostvoornse meer en Veerse Meer. Wateren die niet onder bovenstaande categorieën vallen maar die dat vroeger wel hebben gedaan en die dat mogelijk in de toekomst weer gaan doen zijn (het mondingsgebied van) het Haringvliet en het Lauwersmeer.

Dit ecotopenstelsel is in principe ook toepasbaar op brakke wateren die geen deel uitmaken van grote brakke watersystemen maar die er wel mee in contact staan. Voorbeelden van dergelijke wateren zijn sluffers en wateren rond sluizen en gemalen. Binnendijkse brakke wateren en brakke kanalen vallen daarentegen niet onder dit ecotopenstelsel.

Alleen de ecotopen met een zacht substraat worden behandeld in dit rapport. De brakwater ecotopen van harde substraten worden behandeld in een apart ontwerp-ecotopenstelsel.

De gebieden tussen de zoete rivieren en de zee zijn, in onverstoorde toestand, zeer karakteristiek. Estuaria zijn hoogdynamische overgangszones waarin de fysische en biologische omstandigheden grote variaties kennen in ruimte en tijd. Door de grote influx van nutriënten uit rivier en zee is de produktiviteit in estuaria hoog. Deze hoge produktiviteit resulteert in een hoge biomassa (figuur 1.1A) vooral bestaand uit grote aantallen benthische organismen (figuur 1.1B). De soortenrijkdom is echter laag (figuur 1.1C). Aan de mariene zijde van het estuarium leven vooral suspensionfeeders die zich voeden met planktonische algen. In het brakke deel van het estuarium leven voornamelijk depositfeeders die leven van de grote hoeveelheden organisch materiaal in de bodem.

Afgesloten estuaria (zoute en brakke meren) verschillen in een aantal opzichten van hun natuurlijke tegenhangers. Het getij ontbreekt en daarmee de litorale zone en de opslibbing van kwelders, de stroming van het water is lager (wat ondermeer resulteert in het opvullen van vroegere geulen met slib), de zoutgradiënt verdwijnt en zoutgehaltes zijn stabiel,



Figuur 1.1. Aantal soorten (A), aantal organismen per m² (B) en biomassa (g AFDW) per m² (C) over een estuariene gradiënt. De nummers verwijzen naar: 1: beschut marien litoraal, 2: marien sublitoraal, 3: benedenloop estuarium, 4: bovenloop estuarium, 5: zoet water (loch), (Davidson *et al.* 1991 naar McLusky, 1981).

stratificatie en anaërobie treden vaak op en diadrome vissen verdwijnen. Deze grote verschillen tussen estuaria en stagnante wateren verhinderen echter niet dat ze beiden zijn te classificeren binnen dit ecotopenstelsel.

1.3 Werkwijze en opzet rapport

Een belangrijk uitgangspunt bij het indelen van een gebied in ecotopen is dat er een kwantificeerbare relatie bestaat tussen de diverse indelingskenmerken en het soort ecotoop dat aanwezig is. De klassenindelingen moeten dus gebaseerd zijn op biologisch belangrijke grenzen. Verschillende ecotopen bezitten per definitie een unieke combinatie van indelingskenmerken. In voorgaande ecotopenstelsels zijn soms ecotopen met een gelijke combinatie van indelingskenmerken onderscheiden. In de voorlopige ecotopenindeling voor de zoute delta in het BES is bijvoorbeeld het onderscheid tussen beweide schorren en beweide groene stranden niet gemaakt op basis van de indelingskenmerken van het BES. Dit kan tot problemen leiden bij het maken van ecotopenkaarten. Ook in dit ecotopenstelsel was het niet mogelijk om met behulp van abiotische kenmerken onderscheid te maken tussen lage kwelders (begroeid supralitoraal) en het onbegroeide supralitoraal.

Hele gedetailleerde onderverdelingen van elk indelingskenmerk zijn vaak niet goed bruikbaar om nauwkeurig ecologische verschillen af te bakenen. In eerdere rapporten zijn soms klassenindelingen opgesteld die dan ook niet terugkeerden in de uiteindelijke ecotopenindeling. Voorbeelden hiervan zijn de onderverdeling van de litorale zone en het substraat door Dankers *et al.* (2001) in hun ontwerp ecotopenstelsel voor de kustwateren.

Er zijn verschillende redenen aan te wijzen waarom in dit ecotopenstelsel de nadruk ligt op de macrofauna: 1) het macrobenthos is zowel in biodiversiteit, biomassa en aantallen de dominante groep in het brakke water, 2) er is relatief veel bekend over de verspreiding van deze organismen, 3) het zijn organismen die gemakkelijk zijn te bemonsteren, m.a.w. dit ecotopenstelsel kan relatief eenvoudig gekalibreerd worden en 4) het benthos is plaatsgebonden en afhankelijker van de fluctuaties in saliniteit dan het plankton en nekton.

Omdat het binnen de beschikbare tijd te arbeidsintensief zou zijn om de relatie tussen de verschillende indelingskenmerken en het voorkomen van flora en fauna statistisch te testen, wordt alleen gebruik gemaakt van literatuur en ecologisch inzicht.

In Hoofdstuk 2 worden de gekozen indelingskenmerken en eco-elementen besproken. Enkele (onnatuurlijke) toestanden waarin ecotopen kunnen verkeren en de invloed van die toestanden op het ecosysteem worden eveneens besproken.

In Hoofdstuk 3 worden alle ecotopen afzonderlijk gepresenteerd (zie voor een samenvatting tabel 7). De ecotopen zijn gerangschikt van zout naar zoet, van diepe wateren tot de hoogst gelegen gebieden. Verder is bij ieder ecotoop een impressie gegeven van de soorten die verwacht mogen worden bij een onverstoorde toestand.

In Hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de overeenkomsten en verschillen met andere classificatiesystemen.

In Hoofdstuk 5 worden aanbevelingen gedaan voor het opstellen van een definitief ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren.

2. Indelingskenmerken

2.1 Introductie

In de volgende paragrafen worden de indelingskenmerken die gebruikt zijn om de ecotopen te definiëren besproken. Het belang van elk indelingskenmerk voor de ecologie wordt besproken en de indeling in klassen wordt verantwoord. Er is gestreefd om de klassen alleen op basis van biologisch te verantwoorden grenzen in te delen. De indelingskenmerken zoutdynamiek, diepte (of hoogteligging), hydrodynamiek en substraat zijn gebruikt. Omdat het opstellen van een saliniteitsclassificatie de belangrijkste en verreweg de moeilijkste taak was, ligt het zwaartepunt op paragraaf 2.2: de zoutdynamiek.

Net als in het Meren-Ecotopen-Stelsel en het Kanalen-Ecotopen-Stelsel wordt zoutdynamiek beschouwd als een conditionele factor. Omdat de zoute delta in het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel wordt onderscheiden van de 'echte' benedenrivieren op basis van zoutgehalte, is het in dat systeem technisch gezien een positionele factor. In de feitelijke ecotopenindeling echter wordt zoutgehalte ook nader onderverdeeld en als conditionele factor behandeld.

Zoutdynamiek (saliniteit en saliniteitsfluctuatie) is als indelingskenmerk op ecotoop-niveau onmisbaar omdat het van grote invloed op de soortenrijkdom is.

Er is gekozen om zowel hydrodynamiek als substraat als indelingskenmerk te gebruiken omdat deze twee kenmerken niet altijd correleren (De Jong, 1999).

De conditionele factor gebruiksdynamiek is niet gebruikt in dit ecotopenstelsel. In het oorspronkelijke plan van aanpak voor de ontwikkeling van de RWES ecotopenstelsels werd een, niet-specifieke, indeling naar mate van antropogene sturing voorgesteld (Wolfert, 1996). Omdat menselijke invloeden juist zeer specifiek zijn en vaak betrekking hebben op slechts enkele ecotopen levert het classificeren en karteren van het kenmerk gebruiksdynamiek problemen op. Door vergelijkbare kritiek is dit indelingskenmerk ook in het RWES aquatisch achterwege gelaten.

In paragraaf 2.6 worden de verschillende eco-elementen beschreven.

Omdat menselijke verstoring grote invloed kan hebben op de ecologie worden in paragraaf 2.7 processen als eutrofiëring apart beschreven om eventueel als toestand te worden toegevoegd aan een ecotoop. Ook (a)biotische kenmerken die meer informatie kunnen verschaffen over de toestand van ecotopen, zoals bijvoorbeeld anaërobie, worden apart beschreven. Elke toestand wordt als nominaal kenmerk beschouwd omdat het onmogelijk of praktisch onhaalbaar is om aparte klassenindelingen te maken.

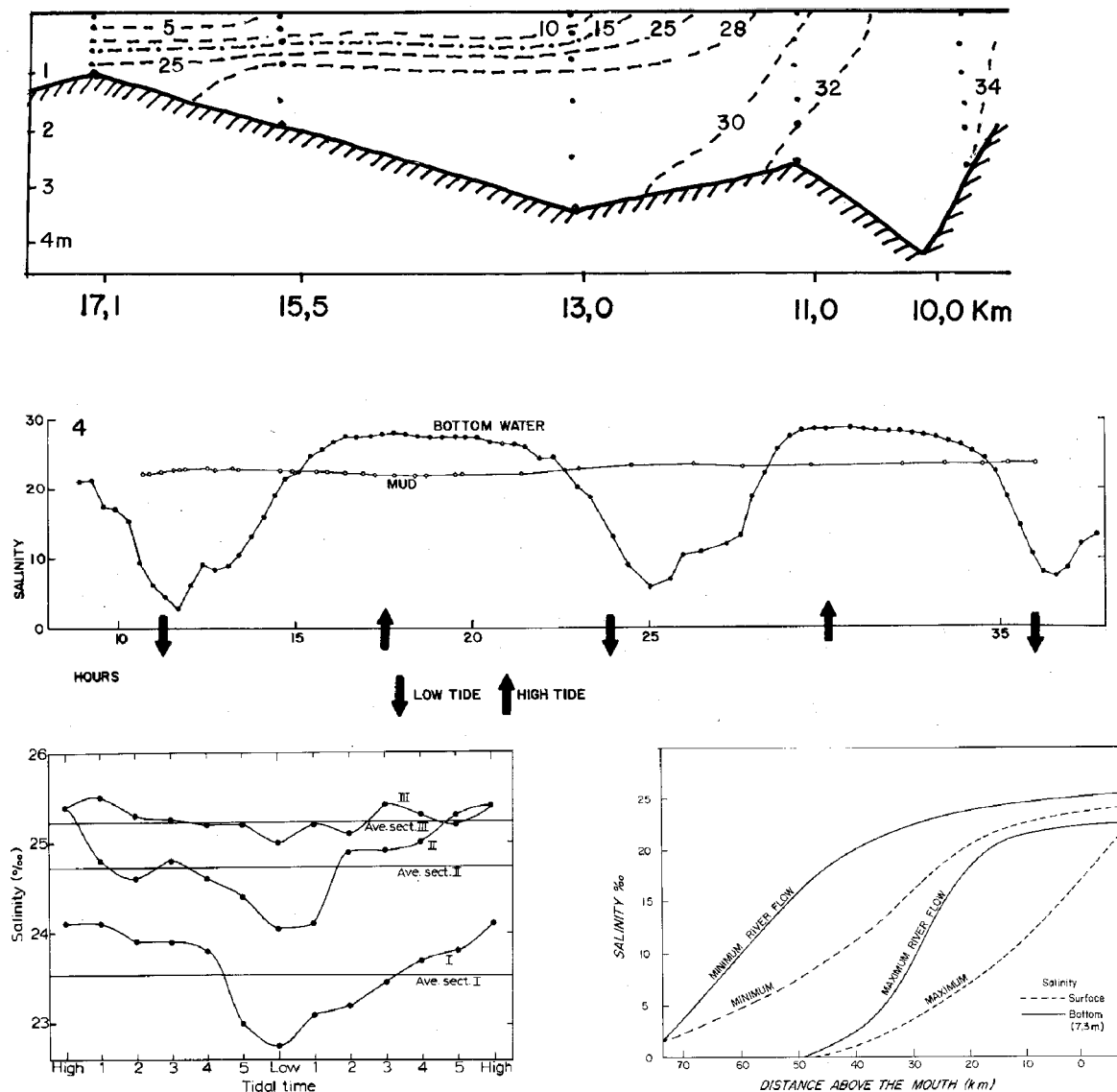
2.2 Zoutdynamiek

Brakwatergebieden worden per definitie onderscheiden op grond van hun zoutgehalte. Zoutgehalte of saliniteit wordt gewoonlijk uitgedrukt in grammen (of promillages) NaCl per liter of in grammen (of promillages) Cl⁻ per liter. In dit rapport wordt de saliniteit om praktische redenen in chloridegehalte uitgedrukt (het chloridegehalte maal 1.8066 geeft de totale saliniteit). Brak water heeft een saliniteit ergens tussen 0,3 g Cl⁻ (zoetwater) en 17 g Cl⁻ (zeewater) in. Op de kwalitatieve verandering in de ionensamenstelling die met de overgang van zoet naar zout water gepaard gaat wordt niet ingegaan aangezien deze waarschijnlijk niet van invloed is op de soortensamenstelling (Wolff, 1973, 1983). In dit rapport worden het gemiddelde saliniteitsgehalte en de fluctuatie in saliniteit samen zoutdynamiek genoemd. De saliniteit kan variëren in de ruimte (2 soorten gradiënten) en in de tijd (2 soorten fluctuaties):

- 1) De horizontale gradiënt: over de lengte van het estuarium bevindt zich de gradiënt in zoutgehalte van zoet rivierwater tot zout zeewater (figuur 2.1A). Slechts weinig soorten

komen exclusief voor in brak water; in een groot deel van het estuarium is het aantal mariene soorten groter dan het aantal soorten dat alleen in brakwater. Slechts een beperkt aantal zoetwatersoorten tolereert water met een kleine hoeveelheid zout. In de literatuur over de verschillen in biodiversiteit over deze gradiënt (in verschillende estuaria en verschillende taxa) zijn twee algemene patronen te onderscheiden. Beide patronen laten een hoge diversiteit aan de zeezijde van estuaria zien die daalt in de richting van de rivier. Het klassieke patroon van brakwaterbiodiversiteit laat een stijging van de biodiversiteit zien als het water weer zoeter wordt (de zoetwaterbiodiversiteit is wel beduidend lager is dan de mariene biodiversiteit). Het 'brakwaterminimum' (de minimale biodiversiteit) ligt in het klassieke model van Remane op 3-4 g Cl⁻ (Schmidt-van Dorp, 1979). In het tweede, vaak in meer recente studies gevonden biodiversiteitspatroon zet de daling van het aantal soorten in het zoete getijdenwater door (Heip, 2001). Ysebaert *et al.* (1998) vinden in de oligohaliene en zoetwatergetijden delen van de Schelde geen enkele zoetwatersoort. Een mogelijke verklaring voor dit verschil met het klassieke patroon is de sterk afgenomen habitatdiversiteit in de bovenlopen van estuaria. Kanalisering, vervuiling (incl. eutrofiëring en anaërobie) en het dempen van het getij zijn mogelijke oorzaken hiervan. In stagnante brakke wateren (in dit ecotopenstelsel vertegenwoordigd door afgesloten zeearmen) zijn gradiënten in saliniteit minder van toepassing maar de biodiversiteit is net als in estuaria lager bij een lagere saliniteit.

- 2) De verticale gradiënt: diepere waterlagen hebben, behalve in heel goed gemengde estuaria, een hogere saliniteit. Hoe zouter (en hoe kouder) het water, hoe hoger het soortelijk gewicht van de watermassa. Tijdens vloed dringt het zeewater over de bodem het estuarium binnen (de zgn. zouttong, figuur 2.1A en 2.1D). In stagnante wateren (per definitie slecht gemengd) is vaak stratificatie aanwezig met een koudere en zoutere bodemlaag. Een enkele saliniteitsmeting aan het oppervlak is dan niet representatief voor de waterkolom. De saliniteit van het interstitiële water kan hoger (estuaria) of lager (getijdenrivier) zijn dan van het bovenstaande water (Schmidt-van Dorp, 1979). Fluctuaties in saliniteit spelen alleen in de bovenste 10 cm van het sediment een rol (Hummel *et al.* 1994 in Wintermans *et al.* 1995) en zijn kleiner naarmate het sediment modderiger is (Wolff, 1973). Bodemdieren in modderige sedimenten worden nauwelijks beïnvloed door saliniteitsfluctuaties veroorzaakt door het getij (figuur 2.1B). In hoeverre bodemdieren in zandiger sedimenten beïnvloed worden door het getij is niet bekend. De eventuele aanwezigheid van een saliniteitsgradiënt in de waterkolom kan worden omzeild door aparte saliniteitsmetingen te verrichten voor de diepgelegen ecotopen en voor de ondiep gelegen ecotopen. Meestal echter zullen verschillen in de waterkolom binnen de grenzen van het ecotoop vallen.
- 3) De getij fluctuatie: de tweedagelijkse wisseling in saliniteit (figuur 2.1C) veroorzaakt door de getijbeweging heeft vooral invloed op planten en niet-mobiele dieren (ingegraven en sessiel benthos). Er bestaat een negatieve correlatie tussen de grootte van de saliniteitsfluctuatie en het aantal soorten, deze correlatie is in ieder geval in binnendijkse wateren negatiever voor mariene soorten dan voor brakwatersoorten (De Jonge, 1974). In ieder geval voor mariene soorten geldt dat de minimale en maximale gemiddelde saliniteitswaarden waarbij een soort voor kan komen verder uiteenliggen als de lokale fluctuatie in zoutgehalte klein is (De Boer en Wolff, 1996). De minimale saliniteit lijkt belangrijker voor de soortenrijkdom dan de maximale saliniteit omdat mariene soorten geen lage saliniteiten tolereren en ook brakwatersoorten over het algemeen beter tegen hoge dan tegen lage saliniteiten kunnen (De Jonge, 1974). Afgesloten zeearmen zijn door het ontbreken van getij minder stressvol voor organismen.
- 4) De jaarlijkse fluctuatie (amplitude): het getij, het weer (wind, neerslag en verdamping), de rivierafvoer (figuur 2.1D), lozingen van polderwater, peilbeheer en het schutten van schepen samen veroorzaken de saliniteitsfluctuaties over langere tijd (Wattel, 1994).



Figuur 2.1. De variatie in ruimte en tijd van de saliniteit.

A: de horizontale en verticale gradiënt in saliniteit van het Knysna estuarium in Zuid Afrika (Korringa, 1956 in Day, 1981). y-as: aantal kilometers van de monding. B: de saliniteit van bodemwater en modderig sediment per getij in het estuarium van de Pocasset rivier in de Verenigde Staten (Mangelsdorf, 1967). De neerwaartse pijl geeft het begin van eb aan en de opwaartse pijl geeft het begin van vloed aan. C: het saliniteitsverloop per getij in Raritan Baai in de Verenigde Staten over de horizontale gradiënt (Ketchum 1951 in Ketchum, 1983). Afstand van de riviermonding: sectie I: 3.3 km, sectie II: 5.4 km en sectie III: 8.5 km. D: de horizontale gradiënt in het Miramichi estuarium in Canada bij minimale en maximale rivierafvoer voor het oppervlakte water (gestippelde lijn) en het bodemwater (hele lijn) (Bousfield, 1955 in Ketchum, 1983).

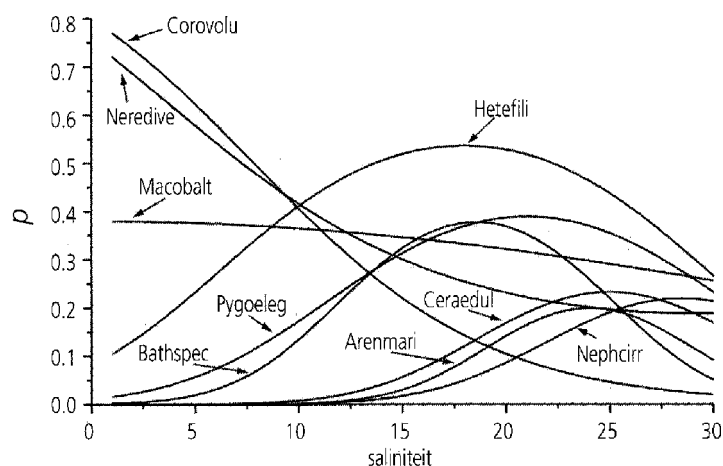
‘Het Venetië-systeem’ (Symposium on the Classification of Brackish Waters, Venice, 1958. *Arch. Oceanogr. Limnol.* XI in Wolff, 1983), de bijna standaard gebruikte saliniteitsclassificatie, gaat met een strikte indeling naar mediane zoutgehaltes voorbij aan de biologisch zeer relevante fluctuatie in saliniteit. Grote fluctuaties in saliniteit zijn de oorzaak van grote schommelingen in soortensamenstelling, aantallen en biomassa. Hierdoor blijven tolerante, kortlevende pionierssoorten vaak dominant. Omdat het zoutgehalte fluctueert in de tijd schuiven de saliniteitsklassen in estuaria als het ware over de horizontale gradiënt. Omdat klassengrenzen niet mee kunnen schuiven op een kaart worden ze dus periodiek overschreden; de klassengrenzen zijn niet absoluut.

Het Venetië-systeem is ondanks een gebrek aan biologische relevantie (zie Den Hartog, 1974 voor een discussie) gebruikt in voorgaande ecotopenstelsels. De eenvoud en bekendheid van het Venetië-systeem plus het gebrek aan alternatieven met (de pretentie van) een algemene geldigheid hebben waarschijnlijk een rol gespeeld bij de populariteit van dit systeem. Bovendien blijken de klassengrenzen van de meeste biologische classificaties in grote lijnen overeen te stemmen met die van het Venetië-systeem. In tabel 1 staat een redelijk compleet overzicht van saliniteitsindelingen. Deze opsomming is een duidelijke illustratie van het feit dat saliniteitsindelingen meestal samenvallen met het Venetië-systeem. Meer (oude) saliniteitsindelingen zijn te vinden in Remane en Schlieper (1971).

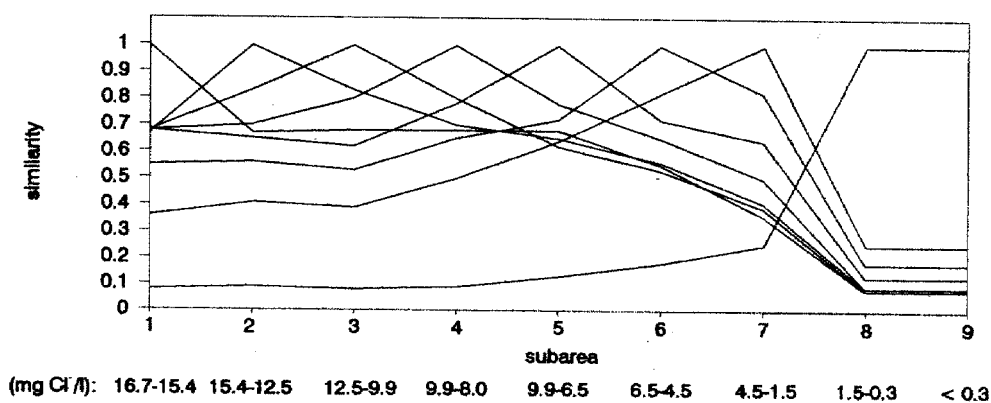
Tabel 1. Chronologisch gerangschikt overzicht van een aantal brakwaterclassificaties, gedeeltelijk uit De Leeuw en Backx (2001), Välikangas-classificatie uit Den Hartog (1974). Zoutgehalte is uitgedrukt in g Cl⁻ / l.

Auteur	limnetisch	oligohalien	mesohalien	polyhalien	euhalien
Redeke (1922)	< 0.1	0.1 – 1	1 – 10	> 10	
Välikangas (1933)	< 0.3	0.3 – 1.6	1.6 – 8 à 10	8 à 10 – 16.5	> 16.5
Remane (1958)	< 0.3	0.3 – 1.7	1.7 – 10	10 – 16.7	> 16.7
Venetië - Systeem (1958)	< 0.3	0.3 – 2.8	2.8 – 10	10 – 18	> 17
Carriker (1967) en McLusky (1993)	< 0.3	0.3 – 2.8	2.8 – 10	10 – 14 / 14 – 16.7	> 16.7
Den Hartog (1971)	< 0.3	0.3 – 1.8	1.8 – 10	10 – 16.5	> 16.5
Boesch (1977)	< 0.3	0.3 – 2.8	2.8 – 10	10 – 16.7	> 16.7
Bulger <i>et al.</i> (1993)	< 2.2	1.1 – 7.8	6.1 – 10	8.9 – 15	> 13.3

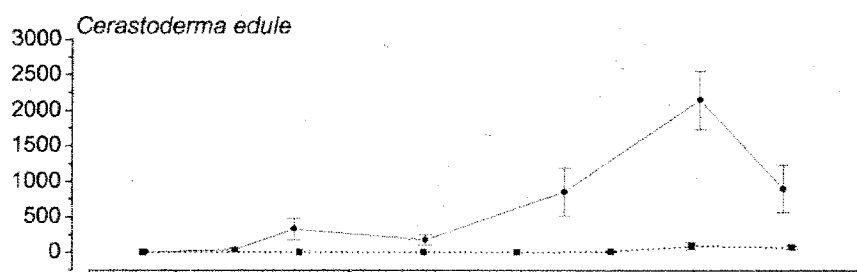
Uitgangspunt bij een biologische classificatie zou moeten zijn het koppelen van de (geschatte) biodiversiteit aan de gemeten saliniteit en saliniteitsfluctuaties. Er zijn dan twee aannames waarop deze biologische verdeling van het brakke water gebaseerd zou moeten zijn (Wolff, 1973). Ten eerste moet het voorkomen van soorten beperkt zijn tot bepaalde, vaste zouttrajecten. Ten tweede moeten limieten van de zouttrajecten van verschillende soorten overeenkomen. Beide aannames zijn onjuist bevonden. Brakwatersoorten zijn overwegend euryhalien: in de indeling van Wolff (1973) op basis van het benthos van zacht substraat komen zeven van de tien groepen brakwatersoorten die worden onderscheiden voor in verschillende saliniteitszones. (zie Bijlage 3 voor een illustratie). Figuur 2.2 is een goede illustratie van het feit dat saliniteitsranges en optima van het benthos per soort verschillen. Uiterste zoutconcentraties waarbij verschillende soorten voorkomen in estuaria komen evenmin zelden overeen. Omdat isohalinen in dynamische omstandigheden dicht bij elkaar kunnen liggen kan wel de indruk worden gewekt dat er soortencomplexen met gelijke zouttoleranties bestaan (Wolff, 1973). De onjuistheid van beide aannames wordt het best weerspiegeld in de hoge gelijksoortigheid van de fauna langs een estuariene gradiënt (Boesch, 1977; Ysebaert *et al.* 1993) (figuur 2.3). Voor meer discussie over biologische classificaties wordt verwezen naar De Leeuw en Backx (2001), Den Hartog (1974) en Wolff (1973, 1983).



Figuur 2.2. De kans dat een soort voorkomt (op basis van een responsmodel) als functie van de saliniteit voor verschillende soorten macrobenthos in de Westerschelde (Ysebaert en Meire, 1999 in Ysebaert en Herman, 2001). Corovolus: *Corophium volutator*, Neredive: *Nereis diversicolor*, Macobalt: *Macoma balthica*, Bathspec: *Bathyporeia* sp., Pygoeleg: *Pygospio elegans*, Arenmari: *Arenicola marina*, Ceraedul: *Cerastoderma edule*, Hetefili: *Heteromasus filiformis*, Nephcirr: *Nephtys cirrosa*.



Figuur 2.3. De mate waarin benthische levensgemeenschappen op 9 punten in de Westerschelde met elkaar overeenkomen (Ysebaert *et al.* 1993). De hoge en langzaam veranderende gelijksoortigheid van de levensgemeenschappen illustreert de moeilijkheid deze in een indeling onder te brengen. Alleen tussen punt 7 en punt 8 is het verschil groot.



Figuur 2.4. Dichtheden ($N\ m^{-2} \pm SE$) van *Cerastoderma edule* over de saliniteitsgradiënt in het estuarium van de Schelde (hele lijn) en in het estuarium van de Eems (gestippelde lijn) (Ysebaert *et al.* 1998). Saliniteit beginnend bij 7.5 g NaCl en oplopend met stappen van 2.5 g NaCl.

De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden uit de literatuur over brakwaterclassificaties zijn:

- 1) Saliniteit is een van de belangrijkste factoren die de verspreiding van organismen in een (afgesloten) estuarium bepalen.
- 2) De horizontale saliniteitsgradiënt kan covariëren met verschillende andere abiotische indelingskenmerken (bijv. zuurstofgehalte en substraat) wat een eenduidige classificatie bemoeilijkt.
- 3) De fluctuatie in saliniteit is voor de verspreiding van soorten minstens zo belangrijk als de gemiddelde saliniteit.
- 4) Saliniteitsranges van soorten in brak water zijn ruim en zelden gelijk. Meestal worden slechts één of twee sprongsgewijze verschillen in biodiversiteit gevonden langs een estuariene gradiënt en deze verschillen meestal per gebied. Scherpe grenzen in brakwaterclassificaties zijn niet hard te maken, sommige auteurs (Wolff, 1973, 1983) betwijfelen zelfs of er überhaupt biologische brakwaterclassificaties opgesteld kunnen worden.
- 5) Een zelfde soort heeft vaak verschillende saliniteitsoptima in verschillende wateren (zie figuur 2.4).
- 6) Grenzen van voorgaande brakwaterclassificaties komen bijna zonder uitzondering overeen met die uit het Venetië-systeem. De gedachte dringt zich op dat precieze grenzen wel zijn getrokken op basis van eigen data maar met het Venetië-systeem in het achterhoofd.
- 7) De volgende karakterisatie van levensgemeenschappen is door zijn algemeenheid geldig voor vrijwel alle Nederlandse brakke wateren: in de polyhaliene zone een gemeenschap met mariene en euryhaliene soorten, in de mesohaliene zone een soortenarme levensgemeenschap met euryhaliene- en echte brakwatersoorten, en in de oligohaliene en zoetwatergetijdenzone een soortenarme gemeenschap gedomineerd door oligochaeten. (Wellicht kan de laatste gemeenschap door verdere terugdringing van de eutrofiëring in de toekomst een meer gevarieerde soortensamenstelling laten zien.)

Met voorgenoemde complicaties in het achterhoofd wordt in dit rapport getracht op basis van literatuurgegevens een saliniteitsclassificatie op te stellen die het maken van biologische karakterisaties mogelijk maakt.

Uitgegaan wordt van een brakwaterclassificatie die de voordelen van het Venetië-systeem combineert met een indeling in de mate van saliniteitsfluctuatie. Als basis dienen de saliniteitsklassen van het Venetië-systeem; omdat saliniteitsindelingen per definitie tamelijk willekeurig zijn is geen moeite gedaan om een nieuwe indeling op te stellen. Er is nagelaten het mesohalien verder onder te verdelen in het α -mesohalien (3-5.5 g Cl⁻ /l) en het β -mesohalien (5.5-10 g Cl⁻ /l) om de indeling niet te ingewikkeld te maken. Een verdere onderverdeling van het mesohalien kan echter nog steeds gemaakt worden mits er voldoende meetgegevens voorhanden zijn. De terminologie van het Venetië-systeem is gehandhaafd, de neutrale terminologie van Wolff (1973) is niet gebruikt omdat die niet van toepassing is op stagnante wateren.

De saliniteitsklassen zijn het meest betrouwbaar als ze gedefinieerd worden tijdens een gemiddelde rivierafvoer bij gemiddeld hoogwater. Tijdens hoogwater zijn alle organismen die zich aan moeten passen aan saliniteit in contact met de watermassa. De klassen zouden in principe ook gedefinieerd kunnen worden door saliniteitsmetingen over het jaar te middelen maar het is onwaarschijnlijk dat deze uitkomst buiten de foutenmarge van de voorgaande, eenvoudigere methode valt. Zoals eerder al vermeld dient de saliniteit apart voor diep en ondiep water vastgesteld te worden.

Elke saliniteitsklasse wordt onderverdeeld in drie fluctuatieklassen: laag (<25%), gemiddeld (25-100%) en hoog (>100%). Deze fluctuatieklassen zijn een 'educated guess' die later indien nodig bijgesteld kunnen worden. De saliniteitsfluctuatie kan berekend worden door de totale jaarlijkse saliniteitsrange (per meetpunt) te delen door de gemiddelde saliniteit (van hetzelfde

meetpunt) (formule 1). De saliniteitsrange wordt het best beschreven door twee maal de variatie-coëfficiënt:

$$(1) \quad \begin{aligned} \text{saliniteitsfluctuatie} &= 4 \cdot \text{variatie-coëfficiënt } [\text{Cl}^-] \cdot 100\% \\ \text{variatie-coëfficiënt } [\text{Cl}^-] &= \text{standaarddeviatie } [\text{Cl}^-] / \text{gemiddelde } [\text{Cl}^-] \end{aligned}$$

De saliniteitsfluctuatie per getij is niet gebruikt omdat deze verwerkt zit in de saliniteitsfluctuatie per jaar. Bij een zeer constante jaarlijkse rivierafvoer is het raadzaam om ook bij laag water de saliniteit te bepalen.

In deze indeling wordt rekening gehouden met het feit dat een organisme hogere of lagere saliniteiten kan tegenkomen dan de saliniteitswaarden die de klasse waar het organisme in ingedeeld wordt begrenzen. De gemiddelde saliniteit is verreweg te verkiezen boven de mediane saliniteit. De mediane saliniteit kan, hoewel midden in de saliniteitsrange gelegen, een waarde hebben die zelden voorkomt en dus niet zozeer van invloed is op het voorkomen van organismen. De gemiddelde saliniteit geeft een beter beeld van de omstandigheden waaraan organismen zich aan moeten passen.

Tabel 2. Klassenindeling van het kenmerk zoutdynamiek.

Code	Klasse Saliniteit	Fluctuatie (%)			Klassengrens (g Cl ⁻)
		Laag	gemiddeld	hoog	
l	Limnetisch				<0.3
o	Oligohalien	<25	25-100	>100	0.3-3
m	Mesohalien	<25	25-100	>100	3-10
p	Polyhalien	<25	25-100	>100	10-17
e	Euhalien	<25	25-100		>17

De klassen Limnetisch (zoete getijdewateren) en Euhalien (zout, onder te verdelen in kustwater, 17-18.5 Cl⁻, en 'echt' zeewater, 18.5-22 Cl⁻) zijn niet brak maar voor de volledigheid toegevoegd.

De indeling die hier wordt voorgesteld vereist een fijnmazig grid van meetpunten die bovendien regelmatig bemonsterd moeten worden. Voor de betrouwbaarheid van het jaargemiddelde is het belangrijker dan voor de betrouwbaarheid van de range om vaak water te monteren: saliniteitsextremen zijn namelijk, omdat ze worden veroorzaakt door weer en rivierafvoer, enigszins voorspelbaar. Het is in de nabije toekomst waarschijnlijk mogelijk om middels een computermodel de zoutdynamiek in een estuarium te berekenen. Dit maakt dan saliniteitsmetingen overbodig.

Jaren met een sterk afwijkende rivierafvoer of anderszins afwijkende weersomstandigheden zullen voor een compleet andere zoutdynamiek zorgen. Als dergelijke 'events' gemiddeld zo vaak voorkomen dat de rekolonisatie van de gedecimeerde fauna's niet kan worden voltooid, dan zou hier rekening mee gehouden moeten worden. De ecotopenkaart moet dan regelmatig worden aangepast. Als de tussenpozen tussen dergelijke extreme jaren langer duren dan de rekolonisatie hoeft de ecotopenkaart niet worden aangepast. De ecotopenkaart is dan alleen niet bruikbaar in dat jaar.

Een groot aantal soorten met een wijde saliniteitsrange zal niet alleen in meerdere fluctuatieklassen (binnen een saliniteitsklasse) voorkomen maar ook in meerdere saliniteitsklassen. Afgesloten wateren zonder getij zullen alleen de lage saliniteitsfluctuatie klasse herbergen (behalve op kleine schaal in de buurt van sluizen). Omdat de precieze

saliniteitsranges van de fluctuatieklassen nog niet bekend zijn (deze hangen immers af van metingen of voorspellingen) is het nog niet mogelijk precieze uitspraken te doen over de verschillen tussen de voorgestelde fluctuatieklassen. In Hoofdstuk 3 wordt getracht wordt om voor een aantal soorten te bepalen in welke fluctuatieklassen ze te verwachten zijn. Er mag aangenomen worden dat de biomassa afneemt bij hogere saliniteitsfluctuaties door hogere sterfte. Ook zullen er minder mariene en meer brakwatersoorten voorkomen bij hogere saliniteitsfluctuaties.

De aansluiting met andere ecotopenstelsels levert geen grote problemen op. De grens tussen brak en zout wordt door Dankers *et al.* (2001) (ontwerp ecotopenstelsel kustwateren) gesteld op 18 g Cl⁻ i.p.v. op 17 g Cl⁻. De grenzen van de klassen mesohalien, polyhalien en zout gehanteerd door De Jong (1999) (ontwerp ecotopenstelsel kustwateren) en de grenzen van de klassen mesohalien, polyhalien in het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (Maas, 1998) sluiten precies aan. De termen oligohalien, mesohalien en polyhalien corresponderen resp. met de indeling zwak brak, brak en sterk brak uit het RWES aquatisch.

2.3 Diepte en hoogteligging

Dit indelingskenmerk geeft de positie van het ecotoop aan t.o.v. het waterpeil of, wanneer het ecotoop boven gemiddeld hoog water ligt, de positie ten opzichte van de waterstand. Twee belangrijke grenzen verdelen het kenmerk diepte of hoogteligging in drie subgroepen.

Beneden Gemiddeld Laag Water (GLW) liggen, onderverdeeld naar diepte, de sublitorale klassen. Boven GLW maar beneden Gemiddeld Hoog Water (GHW) liggen, onderverdeeld naar droogvaltijd, de litorale klassen. Boven GHW en onder de lijn die extreem hoge waterstanden markeert liggen de supralitorale klassen.

De soortensamenstelling varieert duidelijk met diepte maar het effect van diepte zelf (de hydrostatische druk) heeft geen invloed op de distributie van benthos (Wolff, 1973). Veranderende (a)biotische factoren als lichtintensiteit, temperatuur, saliniteit, substraattipe, predatie, competitie (Wintermans *et al.* 1995) en stroomsnelheid (Ysebaert, 2000) zijn verantwoordelijk voor de correlatie met diepte. Biologische processen als predatie en competitie vallen buiten de methodiek van ecotopenstelsels; saliniteit, substraattipe en stroomsnelheid (dynamiek) worden apart gekarteerd.

De diepe en ondiepe sublitorale klassen worden van elkaar onderscheiden op basis van de lichtdoordringing die het voorkomen van wier- en zeegrasvelden met een groot aantal geassocieerde organismen bepaalt. De benedengrens voor de zone waarin licht doordringt ligt in brakke meren lager dan in estuaria. Tussen estuaria en meren zijn er echter ook verschillen (vaak veroorzaakt door vertroebeling, zie par. 2.7). Wanneer lichtdoordringing minimaal is (zoals bijv. in de Westerschelde) moeten troebele wateren met een geringe diepte toch als diep water beschouwd worden. Beneden de zone met lichtdoordringing kan er op biologische gronden geen verder onderscheid gemaakt worden binnen het sublitoraal. Alleen voor de stagnante wateren is de mogelijkheid tot het optreden van zuurstofloosheid in dieper water van belang.

Het litoraal, en speciaal het lage litoraal, is het gebied met de grootste soortenrijkdom, de hoogste biomassa en het grootste aantal individuen. Langere droogvaltijden in het litoraal gaan gepaard met een hogere fysiologische stress voor het benthos. Soortenrijkdom en soortensamenstelling veranderen door negatieve temperatuurinvloeden en een verminderd aanbod van water, zuurstof en voedsel op de hoger gelegen platen. Het verschil tussen plaat en slik is dat platen niet aan land (lage kwelder of dijk) grenzen en slikken wel. Platen zijn over het algemeen zandiger en slikken slibrijker maar dit hoeft niet altijd het geval te zijn. De indeling van het litoraal is losjes gebaseerd op die van De Jong (1999) en Dankers *et al.* (2001) maar vereenvoudigd tot een tweesplitsing in laag en hoog litoraal. Het lage litoraal, met een droogvaltijd van 1 tot 75%, wordt gekarakteriseerd door de hoge biomassa en de hoge dichtheden van suspensionfeeders. Het aantal soorten is het hoogst rond gemiddeld getij niveau (Dankers en Beukema, 1983). Het hoge litoraal, liggend onder GHW en met een minimale droogvaltijd van 75%, wordt gekenmerkt door een relatief lage biomassa, de lage

dichtheid (tot afwezigheid) van suspensionfeeders en de mogelijkheid tot vestiging van pioniersvegetatie op de hogere delen. Suspensionfeeders komen, hoewel spaarzaam, nog wel voor in het hoge litoraal (Thamdrup, 1935). De litorale zone ontbreekt in wateren zonder getij als het Grevelingenmeer.

Het supralitoraal bestaat meestal uit de kwelders, ook wel gorzen of (in Zeeland en Noord-Holland) schorren genoemd. Er zijn ook wel onbegroeide supralitorale gebieden: weinig beschutte hooggelegen platen (pers. meded. D. J. De Jong). Lage kwelders en onbegroeide supralitorale gebieden bezitten dezelfde indelingskenmerken maar zijn op de kaart eenvoudig van elkaar te onderscheiden door hun ligging. Wellicht kan de parameter hydrodynamiek gebruikt worden om deze gebieden van elkaar te onderscheiden.

De invloed van de saliniteit is in de kwelders voornamelijk van belang voor de vegetatie. De mate waarin de bodem in contact komt met het water (de keren dat de kwelder onder water staat) is zeker zo belangrijk als het zoutgehalte van dat water. De supralitorale klassengrenzen zijn niet opgesteld op basis van overspoelingsfrequenties zodat kwelders in het Deltagebied en het Waddengebied gemakkelijker te vergelijken zijn. De lage kwelders zijn gelegen tussen de GHW lijn en de GHWS (Gemiddeld Hoog Water bij Springvloed) lijn. De hoge kwelders lopen van de GHWS lijn tot de EHWS (Extreem Hoge WaterStand) lijn.

Tabel 3. Klassenindeling van het kenmerk diepte (hoogteligging).

Code	Klasse	Klassengrens met getij	Klassengrens zonder getij	Ecologische betekenis
ds	Diep sublitoraal	>0.5 à 1m	>3 à 5 m	Lichtdoordringing niet meer van betekenis, vanaf ongeveer 6 m stratificatie en anaërobie mogelijk in stagnante wateren.
os	Ondiep sublitoraal	0.5 à 1 m-GLW	3 à 5 m tot de waterlijn	Zone met lichtdoordringing, inclusief eiland)kwelderkreek van de lage kwelder.
ll	Laag litoraal	1-75%	n.v.t.	veel suspensionfeeders, hoge biomassa
hl	Hoog litoraal	75%-GHW	n.v.t.	weinig suspensionfeeders, lage biomassa, pioniersvegetatie op hoge delen
o	Onbegroeid supralitoraal	GHW-GHWS	n.v.t.	weinig beschutte hooggelegen platen zonder vegetatie
lk	Lage kwelder / schor	GHW-GHWS	n.v.t.	zie paragraaf 2.7 (bemaaid of beweide)
hk	Hoge kwelder / schor	GHWS-EHWS	n.v.t.	zie paragraaf 2.7 (bemaaid of beweide)

De klassengrenzen van het sublitoraal, het litoraal en het supralitoraal hebben als eenheid respectievelijk meter, overspoelingsduur (%) en positie ten opzichte van de waterstand. GLW, GHW, GHWS en EHWS zijn respectievelijk Gemiddeld Laag Water, Gemiddeld Hoog Water, Gemiddeld Hoog Water bij Springvloed en Extreem Hoge WaterStand.

Door het waterpeil van afgesloten zeearmen periodiek te veranderen ontstaan gebieden die voor langere aaneengesloten tijden droogvallen. Deze zeer onnatuurlijke gebieden vallen buiten elke natuurlijke indeling in diepte. In een dergelijke zone in het Veerse Meer is gebleken dat zich geen stabiele levensgemeenschap kan ontwikkelen. 's Winters overleeft alleen *Nereis diversicolor* door zich diep in te graven (Fortuin, 1986). Macrofagen (*Ulva*) sterven massaal af (Wattel, 1994). 's Zomers settelen zich waarschijnlijk soorten uit het aangrenzende ondiepe ecotoop en wordt het gebied ook bewoond door mobiele soorten.

De indeling naar diepte sluit wat betreft het sublitoraal niet aan bij het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (Maas, 1998) of de beide ontwerp ecotopenstelsels voor de kustwateren (De Jong, 1999 en Dankers *et al.* 2001). Het laag en midden litoraal uit deze stelsels zijn onderverdelingen binnen het laag litoraal van de hier gepresenteerde indeling. Het hoog en zeer hoog litoraal uit deze stelsels zijn onderverdelingen binnen het hoog litoraal. De indeling van het supralitoraal sluit aan bij de voorlopige indeling voor de zoute delta uit het BES. Dankers *et al.* (2001) hanteren overspoelingsfrequenties voor het supralitoraal. De Jong (1999) rekent gebieden die meer dan 90% van de tijd droogvallen tot de kwelders.

2.4 Hydrodynamiek

Hier wordt de volgende definitie van de term hydrodynamiek gebruikt: "het effect van de waterbeweging op de beweging van het bodemoppervlak en op de mogelijkheden van organismen om op of in de bodem te overleven" (De Jong, 1999).

Het getij, de wind en de rivierafvoer zorgen behalve voor een min of meer horizontale stroming ook voor meer verticale krachten door de golfbeweging van het water. Dit kan resulteren in sedimentatie of erosie van het sediment en omwoeling van de bodem. De combinatie van stroming en golfwerking leidt tot een algemene dynamiekindeling (zie Tabel 4). De klassengrenzen zijn gebaseerd op modelleringen van de hydrodynamiek in het intergetijdengebied (Anonymus, 2000).

Tabel 4. Stroomsnelheden hydrodynamiek naar De Jong (1999).

V orbitaal (m/s)	V lineair (m/s)		
	<0.4	0.4-0.8	>0.8
<0.2	Laag dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
0.2-0.4	Dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
>0.4	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch

Door een hoge dynamiek (vooral aanwezig tijdens eb en vloed) kunnen epibenthische soorten wegspoelen en gangen of burchten van gravende soorten instorten. Een hoge dynamiek gaat vaak gepaard met een hoge troebelheid door het in suspensie raken van het sediment.

Suspensionfeeders kunnen zich onder dergelijke omstandigheden niet handhaven (Ysebaert, 2000). Wadpieren, mossels, kokkels, strandgapers en slijkgarnalen mijden gebieden met een hoge stroomsnelheid (Nijkamp en Slegtenhorst, 1992 in Wintermans *et al.* 1995). De vestiging van larven die contact moeten maken met de bodem wordt sterk negatief beïnvloed door de stroomsnelheid (Gray, 1974 in Wintermans *et al.* 1995).

De shear stress of bodemschuifspanning is de versnelling die optreedt van een stroomsnelheid 0 vlak boven de bodem tot een hoge(re) stroomsnelheid in de waterkolom. Van deze vorm van hydrodynamiek is gebleken dat het van grote invloed is op de distributie van benthos (zie figuur 2.5). Suspensionfeeders van zacht substraat komen vrijwel alleen voor in gebieden met een lage bodemschuifspanning (Herman *et al.* 1999 in Ysebaert en Herman 2001).

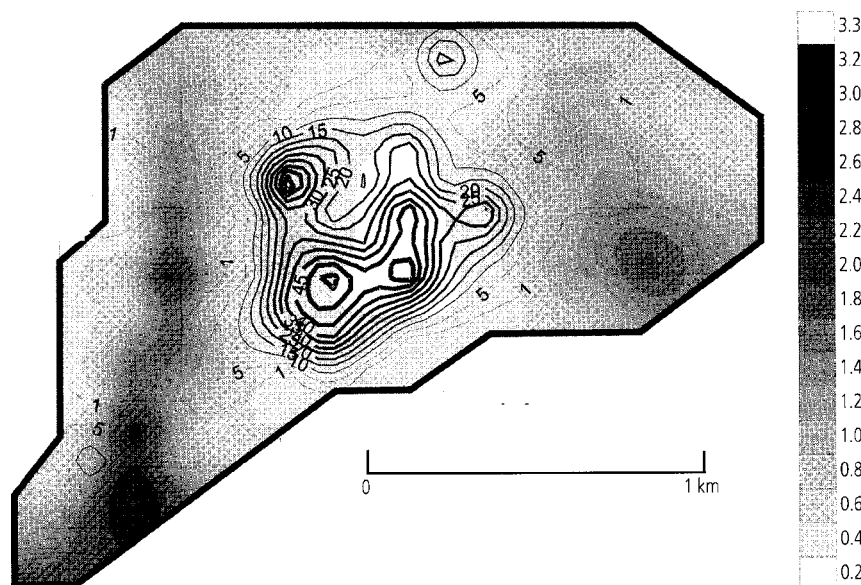
Een lage dynamiek kan resulteren in een verminderde aanvoer van voedsel en, bij aanvoer van slib, een modderige bodem. Het effect van de dynamiek op het type substraat dat

aanwezig is, is vaak groot hoewel er uitzonderingen zijn (Dankers *et al.* 2001). Hier is het effect op de sedimentsamenstelling echter niet relevant omdat deze parameter apart gekarteerd wordt.

In geëxponeerde litorale ecotopen speelt naast de gewone stroomsnelheid ook golfwerking een rol. De codering en geomorfologische- en ecologische betekenis van de hydrodynamiekklassen zijn overgenomen van Dankers *et al.* (2001) (Tabel 5).

Tabel 5. Klassenindeling van het kenmerk hydrodynamiek naar Dankers *et al.* (2001).

Code	Klasse	Geomorfologische betekenis	Ecologische betekenis	Soortenrijkdom
h	Hoog dynamisch	Bodem (behalve in het litoraal) continu in sterke mate in beweging, zeker bij springtij en storm.	Arme bodemfauna: gangen worden vernietigd of dieren worden weggespoeld. Slechts enkele epibenthische en snelgravende soorten.	+
d	Dynamisch	Bodem is zandig tot slibrijk, met variatie in slibrijkdom in seizoen.	Biomassa kan achteruitgaan, soorten kunnen (tijdelijk) verdwijnen door storm.	++
l	Laag dynamisch	Bij voldoende slibaanbod zeer slibrijke en zachte bodems.	Belemmering voor gangbewonende bodemdieren omdat gangen niet in stand gehouden kunnen worden; mogelijk gebrek aan zuurstof.	+



Figuur 2.5. Het effect van bodemschuifspanning op de biomassa van suspensionfeeders (Herman *et al.* 1999 in Ysebaert en Herman, 2001). Hoe donkerder de grijs tinten des te hoger de bodemschuifspanning. De isolijnen geven de biomassa (g AFDW per m²) aan.

Het gebruik van verschillende termen voor het indelingskenmerk hydrodynamiek binnen de Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels is verwarrend. Dankers *et al.* (2001) spreken kortweg van dynamiek, Van der Meulen (1997) spreekt in het Meren-Ecotopen-Stelsel van mechanische dynamiek evenals Lorenz (2001) in het RWES Oevers en Van der Molen *et al.* (2000) in het RWES Aquatisch. De term hydrodynamiek wordt door Wolfert (1996) gereserveerd voor de ligging van het ecotoop t.o.v. het waterpeil. Het indelingskenmerk hydrodynamiek zoals die

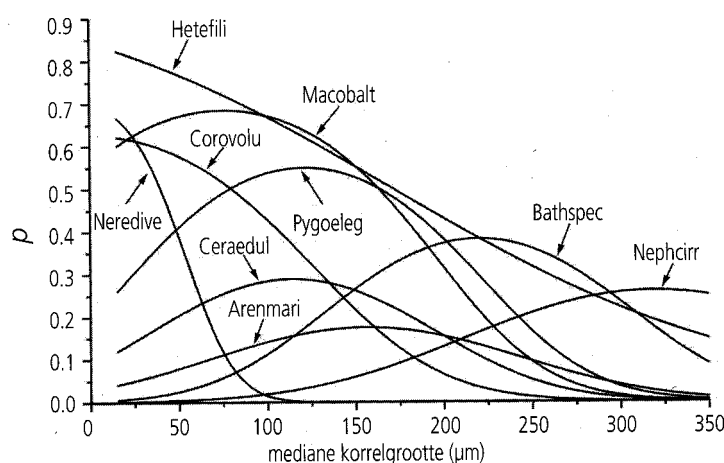
hier gedefinieerd is sluit aan bij die van de twee ontwerp ecotopenstelsels voor de kustwateren. Het Meren-Ecotopen-Stelsel hanteert een vergelijkbare klassenindeling. De twee klassen in het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel en de vier klassen in het RWES Aquatisch sluiten niet aan op de hier gepresenteerde indeling.

2.5 Substraat

Zoals al vermeld in Hoofdstuk 1 worden alleen ecotopen met een zacht substraat behandeld in dit rapport.

De sedimentsamenstelling heeft vooral invloed op de mogelijkheid tot ingraven en het verwerven van voedsel van het benthos. In erg modderig sediment houden gangen en burchten geen stand. In grof zandig sediment is de organische fractie laag en zullen weinig deposit-feeders aanwezig zijn (Dankers en Beukema, 1983). Het aandeel van deposit-feeders wordt kwalitatief en kwantitatief belangrijker als het slibgehalte toeneemt. Als het sediment erg fijn (slibrijk) wordt zijn suspensionfeeders echter in het nadeel omdat de verhouding tussen zwevende voedseldeeltjes en zwevende minerale deeltjes onvoordelig wordt. Wolff (1974) vond een grotere biodiversiteit in zandige litorale bodems dan in modderige litorale bodems; deze resultaten kunnen waarschijnlijk geëxtrapoleerd worden naar het sublitoraal. Temperatuurswisselingen zijn extremer naarmate het sediment zandiger is (Linke, 1939 in Wintermans *et al.* 1995). Zoals al is vermeld in paragraaf 2.2 is ook de fluctuatie in saliniteit groter in zandiger bodems.

De klassengrenzen van conventionele indelingen van zacht sediment (naar mediane korrelgrootte) zijn meestal gebaseerd op de maaswijdte van zeven of op ronde getallen. De verspreiding van soorten is soms sterk gecorreleerd met korrelgrootte maar verloopt nooit sprongsgewijs (Figuur 2.6). Sedimentklassen zijn daarom altijd arbitrair en biologisch gezien niet altijd even relevant. Dit probleem wordt hier gedeeltelijk ondervangen door de klassenindeling uitermate grof te houden zodat een biologische karakterisatie per klasse mogelijk blijft.



Figuur 2.6. De kans dat een soort voorkomt (op basis van een responsmodel) als functie van de mediane korrelgrootte voor verschillende soorten macrobenthos in het Schelde-estuarium (Ysebaert, 2000). Corovol: *Corophium volutator*, Neredive: *Nereis diversicolor*, Macobalt: *Macoma balthica*, Bathspec: *Bathyporeia* sp., Pygoeleg: *Pygospio elegans*, Arenmari: *Arenicola marina*, Ceraedul: *Cerastoderma edule*, Hetefili: *Heteromasus filiformis*, Nephcirr: *Nephtys cirrosa*.

De drie klassen die worden onderscheiden zijn: zandig sediment (>200 µm), fijn zandig sediment (75 tot 200 µm) en slibrijk sediment (< 75 µm) (Tabel 6).

Het gehalte aan fijn sediment is sterk gecorreleerd aan het organische stofgehalte (Wintermans *et al.* 1995). In sommige indelingen van zacht substraat wordt rekening

gehouden met het gehalte aan kleideeltjes ($< 2 \mu\text{m}$) of slibdeeltjes ($< 63 \mu\text{m}$). Hier wordt uitgegaan van de mediane korrelgrootte van de gehele sedimentfractie zodat het slibgehalte in de sedimentklasse verdisconteerd wordt. De grote hoeveelheid organische stof in combinatie met de vaak lage dynamiek zorgt ervoor dat slibrijk sediment al heel ondiep anaeroob wordt. Het is niet mogelijk een betrouwbare karakterisatie van de levensgemeenschappen van de verschillende typen sediment te geven zonder daar andere indelingskenmerken bij te betrekken. De voor het substraat specifieke soorten komen dus pas aan bod in de ecotoopbeschrijvingen (Hoofdstuk 3).

Tabel 6. Klassenindeling van het kenmerk substraat.

Code	Klasse	Mediane korrelgrootte μm	Indicatie slibgehalte %	Ecologische betekenis
z	Zandig sediment	>200	<25	Oxidatie laag $>6 \text{ cm}$, vooral in geulen (ook platen)
f	Fijn zandig sediment	$75 - 200$	variabel	Oxidatie laag $1.5-6 \text{ cm}$, vooral platen (ook wel slikken/schorren en geulen)
s	Slibrijk sediment	<75	>25	Oxidatie laag $<1.5 \text{ cm}$, vooral slikken/schorren (ook wel platen)

Grenzen van de oxidatie van sediment naar Reineck (1970) (uit Wintermans *et al.* 1995). Voorkomen sediment-type in morfologische eenheden naar Van Eck *et al.* (1999). Indicaties slibgehalte zijn schattingen.

Het zou wellicht informatief kunnen zijn om een onderverdeling te maken in slibrijk ($> 25\%$ slib) en slibarm ($< 25\%$ slib) fijn zand. De mate van sortering (variatie in korrelgrootte) van het fijne zand is een manier om aan te geven wat het relatieve gehalte aan slib en organisch materiaal is (Wolff, 1973). Ook zou aangegeven kunnen worden of er veel lege schelpen/schelpengruis aanwezig is op de bodem. Verscheidene soorten wormen worden in grootste aantallen gevonden in mosselbanken en op modderige en fijnzandige bodems bedekt met schelpengruis. Voorbeelden uit het polyhalien zijn *Lepidonotus squamatus*, *Nereis virens*, *Eulalia viridis* en *Pholoe minuta* (Wolff, 1973).

Deze indeling sluit niet aan bij de andere (ontwerp)ecotopenstelsels.

2.6 Eco-elementen

Eco-elementen zijn karakteristieke levensgemeenschappen (inclusief vegetatie-associaties) die over het algemeen niet de oppervlakte van het hele ecotoop beslaan. Als eco-elementen worden onderscheiden: mosselbank, schelpkokerwormenbank, prielen, zeegrasveld (klein-zeegrasassociatie en groot-zeegrasassociatie) en de *Ruppia*-plantengemeenschap (snavelruppia-associatie en spiraalruppia-associatie). Mosselbanken, zeegrasvelden en prielen werden reeds als eco-element onderscheiden door Dankers *et al.* (2001). Eco-elementen scheppen structurende of functionele voorwaarden voor verschillende (andere) soorten organismen. Door de lokale (maar aanzienlijke) invloed op dynamiek, sedimentsamenstelling en habitatdiversificatie (verschaffen van schuilplaatsen, substraat of voedsel) is geen twijfel mogelijk over de classificatie van mosselbanken, zeegrasvelden en schelpkokerwormengemeenschappen als eco-element. Prielen zijn geologische en geen biologische elementen in

het landschap en daarom geen eco-elementen in de ware betekenis van het woord. Door de verschillen in biodiversiteit met de omliggende slikken en kwelders en de goede karteerbaarheid is, in navolging van Dankers *et al.* (2001), besloten prielen als eco-element te beschrijven. De beide *Ruppia*-associaties hebben, hoewel het waardevolle biologische elementen in het ecotoop zijn, waarschijnlijk een beperkte invloed op de rest van de organismen. Omdat het voorkomen van deze associaties een relatief simpel vast te stellen indicatie is voor een onverstoord ecotoop zijn ze hier onderscheiden als eco-element. Clusters driehoeksmosselen *Dreissena polymorpha* zijn niet, zoals wel gebeurt is in het RWES aquatisch, aangemerkt als eco-elementen. Redenen hiervoor zijn het voorkomen op hard substraat en het ontbreken van structurerende eigenschappen.

Remane en Schlieper (1971) maken gewag van riffen opgebouwd door het mosdiertje palingbrood *Electra crustulenta*, een soort typisch voor het brakke water. Vroeger kwamen deze riffen voor in de Zuiderzee (Redeke, 1922 in Remane en Schlieper, 1971), nu zijn ze in hun voorkomen beperkt tot enkele kreken en welen in Zeeland. *Membranipora*-riffen kunnen enige tientallen meters lang zijn, bij een breedte van 3 meter en een hoogte van 40 tot 85 cm en komen voor in beschut water. Onder de geassocieerde fauna werden onder meer *Hydrobia ventrosa*, *Gammarus zaddachi* en diverse soorten kevers gevonden (König, 1956 in Remane en Schlieper, 1971). Omdat palingbrood alleen in kleine brakke wateren voorkomt in Nederland, is ze hier slechts vermeld en niet als eco-element geclassificeerd.

Hieronder volgt een korte beschrijving van alle eco-elementen met de vermelding in welk ecotoop het eco-element voor kan komen. De verschillende vegetatietypen zijn ontleend aan Weeda *et al.* (2000).

Mosselbanken:

De definitie van mosselbanken die door Rijkswaterstaat wordt gebruikt (pers. meded. F. Twisk) luidt: mosselbanken zijn benthische gemeenschappen waar mosselen beeldbepalend zijn, en die bestaan uit een ruimtelijk goed af te bakenen lappendeken van grote of kleine groepen mosselen die als bulten boven de omgeving kunnen uitsteken en die door open ruimten gescheiden zijn. De grens met (los liggende) strooimosselen wordt gelegd op 1 kg per m².

Mosselbanken (niet op hard substraat) ontstaan wanneer jonge mosseltjes zich hechten op kokkelbanken, kokers van de schelpkokerworm *Lanice conchilega* (zie onder) of restanten van oude mosselbanken. Door de grote habitat heterogeniteit van mosselbanken is de biodiversiteit van epifauna (bijv. de tunicaat *Molgula manhattensis*) hoog. De fauna in het sediment onder mosselbanken is weinig divers (Hild en Günther, 1999). De fijnkorrelige pseudo-faeces van mosselen zorgen voor biosedimentatie en een vermindering van bioturbatie. Het sediment in de omgeving van mosselbanken is gemiddeld modderiger dan het sediment in de omgeving (Hild en Günther, 1999). De fauna van deze sedimenten is wel anders dan die van gebieden waar de fijne korrelgrootte niet door biodepositie wordt veroorzaakt (Kröncke, 1996 in Hild en Günther, 1999). Voor een uitgebreide beschrijving van mosselbanken en geassocieerde fauna wordt verwezen naar Dankers *et al.* (2001).

Mogelijke bedreigingen voor mosselbanken zijn; (kokkel)visserij, ijsgang, storm, vervuiling, infectie met parasieten, toenemen van predatie en algenbloeien.

Mosselbanken komen voor op alle typen substraat maar worden het meest gevonden op slibrijke fijnzandige sedimenten. Hoewel de mossel geen echte brakwatersoort is, komt deze soort voor tot een zoutgehalte van 10 g Cl⁻ (bij gem. rivierafvoer en hoog water).

Mosselbanken komen voor in het ondiep sublitoraal en het laag litoraal (tot een overspoelingsduur van ongeveer 50%) in polyhaliene, dynamische ecotopen.

Schelpkokerwormen-gemeenschappen:

De polychaete worm *Lanice conchilega* huist in een koker die 2-3 cm boven het bodemoppervlak uitsteekt. Grote dichtheden van deze schelpkokerworm kunnen daardoor het stromingspatroon bij de bodem aanzienlijk veranderen en beïnvloeden daarmee het voorkomen van andere soorten (Hild en Günther, 1999). Onderzoek van Dittman (1999) in het Duitse deel van de Waddenzee wijst uit dat juveniele bivalven (*Mya arenaria*, *Mytilus*

edulis, *Macoma balthica*), polychaeten, nematoden en diatomeeën in hogere aantallen voorkomen in schelpkokerwormen-gemeenschappen. Van polychaeten werden bovendien meer soorten gevonden. Twee soorten copepoden (*Harpacticus obscurus* en *Halectinosoma gothiceps*) werden alleen in schelpkokerwormenbanken gevonden. De worm *Harmothoe lunulata* leeft als commensaal in de kokers en kan in grote aantallen voorkomen (Wolff, 1973). De worm *Eumida sanguinea* wordt ook geassocieerd met *Lanice conchilega* (Wolff, 1973). Schelpkokerwormen-gemeenschappen liggen door het invangen van zwevend sediment (in ieder geval in het litoraal) als een verhoging op de platen met ondiepe kuilen er tussenin. Deze banken kunnen tot 20 cm diepte in het sediment verankerd zijn (Dittman, 1999). Er zijn geen gegevens uit de literatuur beschikbaar over bij welke minimale dichtheid van *Lanice conchilega* bovenstaande effecten optreden. Waarschijnlijk ligt de minimale dichtheid waarbij men kan spreken over schelpkokerwormen-gemeenschappen in de orde van grootte van enkele honderden individuen per vierkante meter. *Lanice conchilega* is 1 of 2 jaarig en sterft massaal in koude winters. De geassocieerde fauna van de banken verdwijnt met het verdwijnen van *Lanice conchilega*. Het minimale zoutgehalte waarbij *Lanice* voorkomt is 14 g Cl⁻ (bij gem. rivierafvoer en hoog water) (Wolff, 1973). Larven van de schelpkokerworm settelen net als mossellarven bij voorkeur op schelpen of op oude kokers zodat de vorming van schelpkokerwormen-gemeenschappen en mosselbanken zichzelf versterkt. Schelpkokerwormen komen voor in zandige sedimenten van het lage litoraal tot het diepe sublitoraal in lage en gemiddelde fluctuatieklassen in de polyhalie zone. De ribbouwende honingraatworm *Sabellaria spinulosa* komt in Nederland slechts sporadisch voor (recentelijk is er een rifje bij Texel gevonden, pers. meded. E. Stikvoort) en is daarom niet behandeld. In gebieden met zacht substraat kan deze soort zich vestigen op schelpenbanken.

Zeegrasvelden:

Rijkswaterstaat hanteert de norm van een bedekking van zeegras groter dan 5% bij het karteren van zeegrasvelden (pers. meded. F. Twisk). Hoewel beide soorten zeegras naast elkaar voor kunnen komen en de geassocieerde flora en fauna grotendeels gelijk is, kan er onderscheid gemaakt worden tussen associaties van het meer algemene klein zeegras *Zostera noltii* en het groot zeegras *Zostera marina*. Beide soorten zeegras komen voor in zowel zout als brak water en bieden beschutting aan soorten als zeekat *Sepia officinalis*, zeestekelbaars *Spinachia spinachia*, trompetterzeenaald *Syngnathus typhle* (in het sublitoraal) en alikruiken *Littorina littorea* (Dankers *et al*, 2001). Diverse soorten rood- en bruinwieren groeien als epifyt op zeegras, op groot zeegras meer dan op klein zeegras. Ook veel dieren, zoals bijvoorbeeld de poliep *Gonothyraea loveni*, komen vaak voor op zeegrasbladeren (De Boer en Wolff, 1996). Zeegras vormt een voedselbron voor onder andere smienten *Anas penelope*, rotganzen *Branta bernicla* en zwanen *Cygnus*. Zeegras wordt ook gegeten door zeepissebedden *Idotea* (De Boer en Wolff, 1996). Beide associaties komen voor in het lage litoraal (een droogvalduur van 25% is waarschijnlijk het maximum, Dankers *et al*, 2001); het groot zeegras komt ook voor in het ondiepe sublitoraal (in getijloze wateren komt klein zeegras alleen onder water voor). Zeegrasvelden komen voor in (laag) dynamische gebieden met een zandige tot slikkige bodem. Zeegrasvelden kunnen zich niet handhaven in gebieden met te zout water, grote troebelheid van het water en bodemerosie. De troebelheid van het water verhindert fotosynthese en wordt vaak mede veroorzaakt door eutrofiëring.

Klein-zeegrasassociatie:

In het lage litoraal kan in deze associatie groot zeegras voorkomen, in het hoge litoraal kleine hoeveelheden zeekraal *Salicornia* spp. en engels slijkgras *Spartina townsendii*. Klein zeegras komt o.a. voor in de Waddenzee, de Oosterschelde en de Westerschelde. In de winter verliest klein zeegras alle bladeren en blijven alleen de wortelstokken over.

Ecotopen: lage (laag)dynamische litoraal en hoge (laag)dynamische litoraal in het polyhalien en mesohalien.

Groot-zeegrasassociatie:

In het verleden kwamen schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus* en gesteelde zannichellia *Zannichellia palustris pedicellata* soms in velden groot zeegras voor, nu zelden. Groot zeegras komt als eenjarige vorm voor in de oostelijke Waddenzee, het Eems-Dollard estuarium, de Oosterschelde en het Veerse meer; in het Grevelingenmeer is een eenjarige vorm overgegaan in een meerjarige vorm (Dankers *et al.*, 2001) maar deze soort is daar inmiddels verdwenen.

Ecotopen: ondiep dynamisch sublitoraal, ondiep laagdynamisch sublitoraal ((eiland)kwelderkreken en poelen in lage kwelder), hoge dynamische litoraal in het polyhalien en mesohalien.

De Ruppia-plantengemeenschappen:

Hoewel de beide soorten *Ruppia*, snavelruppia *R. maritima* en spiraalruppia *R. cirrhosa*, voornamelijk voorkomen in binnendijkse brakke wateren en nauwelijks in de grotere Rijkswateren, behoren ook (eiland)kwelderkreken, poelen in de kwelder en kommen van spuisluizen tot hun habitat. Aangezien deze vindplaatsen vallen onder dit ecotopenstelsel worden beide *Ruppia*-associaties als eco-element geclassificeerd. Voor beide associaties geldt dat alleen een sterk fluctuerende saliniteit verhindert dat andere plantensoorten *Ruppia* verdringen. Eutrofiëring en verzoeting vormen bedreigingen voor *Ruppia*-associaties.

Snavelruppia-associatie:

De voornaamste planten in deze associatie (naast snavelruppia zelf) zijn: schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus*, gesteelde zannichellia *Zannichellia palustris pedicellata* en spiraalruppia *Ruppia cirrhosa*. Deze eenjarige soort prefereert ondiep water met een geringe dynamiek zoals vaak gevonden wordt in (eiland)kwelderkreken en poelen.

Ecotopen: ondiep laagdynamisch litoraal ((eiland)kwelderkreken en poelen in lage kwelder) in het mesohalien (gemiddelde en hoge saliniteitsfluctuatie).

Spiraalruppia-associatie:

De spiraalruppia-associatie is soortenarmer; alleen schedefonteinkruid *Potamogeton pectinatus* komt regelmatig samen met spiraalruppia voor. De meerjarige *Spiraalruppia* prefereert grotere en diepere wateren en tolereert een hogere dynamiek en hogere fluctuaties in het zoutgehalte (Den Hartog, 1971).

Ecotopen: ondiep dynamisch sublitoraal (kommen van spuisluizen) en ondiep laagdynamisch litoraal ((eiland)kwelderkreken en poelen in lage kwelder) in het mesohalien en polyhalien (gemiddelde en hoge saliniteitsfluctuatie).

Prielen:

Prielen zijn vertakte stroompjes die bij laagwater slikken, platen en lage kwelders afwateren. Het substraat van de priel is afhankelijk van het aangrenzende sediment en de stroomsnelheid. Het benthos verschilt kwalitatief niet van de omringende plaat maar omdat veel kreeftachtigen bij eb en vloed door de prielen gevoerd worden trekt dit vele soorten vogels aan (Dankers *et al.*, 2001). Prielen zijn ook belangrijk als habitat voor bijvoorbeeld postlarvale garnalen en juveniele brakwatergrondels en zeebaarzen (Ysebaert *et al.* 2001). Prielen worden aangetroffen in het litoraal en in lage kwelders.

2.7 Mogelijke toestanden van ecotopen

Enkele kenmerken die niet gebruikt zijn bij de classificatie van ecotopen kunnen wel enige informatie verschaffen over de toestand van ecotopen. Onderscheid kan gemaakt worden in natuurlijke toestanden en natuurlijke toestanden veranderd door menselijk ingrijpen. De volgende toestanden worden van groot belang geacht voor brakwater-ecotopen: geëutrofiëerd,

anaëroob (gestratificeerd), vertroebeld en bemaaid of begraasd. Elke toestand wordt kort beschreven met een vermelding van de ecotopen waarop de toestand betrekking kan hebben.

Geëutrofeerd:

De rivieren die uitmonden in de Nederlandse estuaria voeren zonder uitzondering grote hoeveelheden organisch afval mee. Samen met het zoetwaterplankton, dat afsterft in het brakke water, levert dit een grote voedselbron op voor algen (fosfaat en stikstof) en benthos (algen, detritus en bacteriën) in de bovenloop van de estuaria. Algenbloeien hebben bovendien een negatieve invloed op de troebelheid van het water (zie troebelheid) en, na afsterven, via ontbindingsprocessen op de zuurstofhuishouding (zie anaërobie). De effecten van eutrofiëring zijn zelfs merkbaar tot in de Noordzee en de Waddenzee (Wintermans *et al.* 1995). Indicatorsoorten voor sterk eutrofe gebieden zijn verschillende soorten oligochaeten, bijvoorbeeld *Limnodrilus hoffmeisteri* (Verdonschot, 1980), en polychaeten als *Heteromastus filiformis*, *Nereis succinea* en *Capitella capitata* (Wolff, 1973). Ook het veelvuldig voorkomen van de drie zeesla soorten *Ulva curvata*, *U. scandinavica* en *U. rigida* is een indicatie voor eutrofiëring (De Boer en Wolff, 1996). Bemesting van kwelders wordt ook onder eutrofiëring gerekend.

Vooral de oligohaliene bovenlopen van estuaria, stagnante wateren en intensief gebruikte kwelders hebben te lijden onder eutrofiëring.

Anaëroob:

Volstrekt anaëroobe of zeer zuurstofarme condities leiden tot het afsterven van alle benthos. Anaëroobe condities worden veroorzaakt door de bacteriologische afbraak van algen na grote algenbloeien en worden versterkt door weinig wind en een geringe verversing van het water. Een geringe doorstroming wordt versterkt door stratificatie. Stratificatie ontstaat door dichtheidsverschillen van de waterkolom veroorzaakt door temperatuur en/of saliniteit. Anaëroobe condities kunnen tijdelijk of permanent voorkomen in gestratificeerde stagnante wateren. Waardenburg en Meijer (1985) melden massale sterfte van *Mya arenaria* en *Cerastoderma glaucum* vanaf een diepte van 6 meter in het Veerse Meer. Anaëroobe condities worden meestal aangetroffen in geëutrofeerd diep water in de oligohaliene zone van estuaria en in gestratificeerde wateren (meestal stagnante wateren, soms ook beschutte delen van estuaria).

Vertroebeld:

Troebeling in estuaria wordt met name veroorzaakt door de aanvoer van grote hoeveelheden slib dat lang in suspensie blijft door de hoge dynamiek. In de oligohaliene zone wordt vaak een troebelheidsmaximum gevonden. Dit maximum wordt mede veroorzaakt doordat het langzaam zinkende sediment (en algen) afgevoerd door de rivier aan het begin van het estuarium (meestal in de oligohaliene zone) in contact komt met de zouttong die het sediment met vloed weer naar de rivier brengt. Hierdoor blijft veel sediment in suspensie in deze zone. De veranderende samenstelling en concentratie van ionen in het oligohalien veroorzaakt een hoge elektrostatische aantrekkingskracht van de gesuspendeerde kleideeltjes. Als gevolg hiervan vormen kleideeltjes vlokken (flocculatie) die bijdragen aan het ontstaan van een troebelheidsmaximum.

Wintermans *et al.* (1995) noemen verschillende gevolgen van sterk verhoogde troebelheid op het benthos:

- 1) Afname van het voedselaanbod omdat er door de verminderde fotosynthese en de binding van nutriënten aan sedimentdeeltjes minder fytoplankton aanwezig is.
- 2) Afname van het zicht zodat visuele predatie en sociaal gedrag verhindert wordt
- 3) Afname van vestiging, overleving en groei van eieren, larven en (kiem)planten
- 4) Belemmering van filtratie (van O₂ en voedselpartikels) door de grote hoeveelheid gesuspendeerd sediment
- 5) Toename van aan zwevende deeltjes gebonden verontreinigingen
- 6) Verandering in het lichtregime van organismen

Bemaaid of beweid:

Het maaien of laten begrazen van de kweldervegetatie is van grote invloed op de soorten planten die voorkomen. Bemaaiing en beweiding gaan successie en verruiging tegen. Op niet-beheerde kwelders wordt het kleinste aantal soorten aangetroffen (Bakker, 1986 in De Boer en Wolff, 1996). Met de factor bemaaiing/beweiding is rekening gehouden bij de ecotopen bedekt met vegetatie (hoog litoraal, lage- en hoge kwelder).

De nu volgende abiotische factoren zijn niet gebruikt als conditionele factor of als toestand; uitgelegd wordt waarom deze factoren ontbreken.

- Wisselingen in temperatuur worden extremer van laag naar hoog op de plaat en van diep naar ondiep (in de waterkolom en in het sediment) en van zee naar rivier omdat de matigende invloed van het zeewater vermindert. Omdat deze wisselingen covariëren met reeds gebruikte indelingskenmerken wordt het gebruik van de factor temperatuur overbodig geacht. Hoge temperaturen van estuaria (en brakwatermeren) in de zomer zijn wel de vermoedelijke oorzaak van de afwezigheid van mariene soorten (Wolff, 1973). De factor temperatuur bakent dus (mede) de grens van het brakwater ecotopenstelsel met het kustwateren ecotopenstelsel af maar is van ondergeschikt belang binnen het ecotopenstelsel.
- Getij amplitude is niet als aparte factor meegenomen omdat ecotopen worden ingedeeld op basis van droogvaltijd, een afgeleide van hoogteligging en getij amplitude.
- De vaak in soortenbeschrijvingen genoemde factor beschutting wordt gerekend als laag dynamisch.
- Chemische vervuiling (bijv. pesticiden, zware metalen, PAK's, PCB's en TBT) resulteert in het verdwijnen van soorten en is bij uitstek een graduele factor. Chemische vervuiling is vooral van toepassing op de (sub)litorale ecotopen van de estuaria vanwege de grote hoeveelheid industrie stroomopwaarts. Stoffen als TBT (tributyltin) kunnen ook in afgesloten estuaria als het Veerse Meer in hoge concentraties aanwezig zijn (Wattel, 1994). Een indeling van een estuarium op basis van waterkwaliteitsgegevens (behalve chemische vervuiling ook eutrofiëring en zuurstofgehalte) is in principe beschikbaar (Van Wersten en Scheele, 1996 in De Leeuw en Backx, 2001). Hoewel uitermate relevant voor de kwaliteit van ecotopen, is deze factor niet op een consequente wijze op te nemen in een ecotopenstelsel; hetzelfde geldt voor de factor bevissing.
- De mogelijkheid voor diadrome vissen om door het estuarium te trekken is van groot ecologisch belang maar valt buiten de ecotopenindeling.

3. Ecotopen

3.1 Introductie

Als alle klassen beschreven in Hoofdstuk 2 gecombineerd worden, levert dit in totaal: 9 (zoutdynamiek) · 7 (diepte/hoogteligging) · 3 (hydrodynamiek) · 3 (substraat) = 567 ecotopen op. Zoveel ecotopen worden hier natuurlijk niet beschreven; de meeste combinaties bestaan niet in het echt omdat veel indelingskenmerken covariëren. Ook zijn sommige indelingskenmerken niet van invloed op bepaalde ecotopen (saliniteitsfluctuatie en hydrodynamiek zijn bijv. niet van belang voor kwelders). Het ontbrak aan tijd om de onbegroeide supralitorale ecotopen te behandelen. Omdat de zoutdynamiekklassen nog niet geheel vaststaan, zijn de meeste ecotopen slechts tot op saliniteitsklasse beschreven. Vaak zijn sediment- en dynamiekklassen samengevoegd omdat het niet mogelijk was om in de beperkte beschikbare tijd een verantwoorde scheiding tussen de klassen te maken; figuur 3.1 verduidelijkt dit. Samenvoeging van klassen is mogelijk omdat de overlap in soorten meestal groot is.

sediment dynamiek \	Slibrijk	fijnzandig	zandig
Laag Dynamisch			
Dynamisch			
Hoog dynamisch			

Figuur 3.1. Visuele verduidelijking van een voorlopig samenvoeging van klassen. De meeste laagdynamische en dynamische slibrijke en fijnzandige klassen (witte vlak) worden voorlopig per diepte op 'meta-klasse'-niveau beschreven evenals de meeste dynamische en hoogdynamische fijnzandige en zandige klassen (grijze vlak). Er is in sommige gevallen dus een kleine overlap (in dit geval de dynamische fijnzandige klasse). De combinaties 'laag dynamisch – zandig' en 'hoogdynamisch – slibrijk' komen waarschijnlijk niet veel voor.

Elk ecotoop wordt genoemd naar de kenmerkende combinatie van abiotische indelingskenmerken; een algemene omschrijving van het ecotoop is daarom niet meer nodig. Als een (geo)morfologische benaming voorhanden is wordt deze tussen haakjes gegeven, deze benaming kan op meerdere ecotopen van toepassing zijn. Achtereenvolgens worden de saliniteitsfluctuatieklasse (mocht deze zijn uitgewerkt), de eco-elementen die mogelijk kunnen worden aangetroffen in het ecotoop en de toestand waarin het ecotoop kan verkeren vermeld.

In de opsomming van soorten die karakteristiek zijn voor de onverstoorde toestand van het ecotoop kunnen ook opmerkingen te vinden zijn over de talrijkheid en biomassa van benthos in het ecotoop. De opsomming van soorten pretendeert representatief maar niet volledig te zijn. Soorten die in het ecotoop voorkomen maar veel vaker te vinden zijn in aangrenzende ecotopen zijn weggelaten. Soorten die in vele verschillende ecotopen algemeen zijn (bijv. euryhalie soorten), zijn meestal weggelaten. Als eco-elementen kunnen voorkomen in het ecotoop zie dan ook paragraaf 2.7 voor geassocieerde soorten. Hoewel dit rapport alleen het zachte substraat behandelt, worden ook enkele karakteristieke soorten van het harde substraat genoemd. Deze kunnen ook voorkomen op zacht substraat omdat zij zich ook op schelpen en schilden vestigen.

Omdat vissen minder gebonden zijn aan het type substraat en meestal in meerdere saliniteitszones kunnen voorkomen worden ze niet genoemd in de soortensamenstellingen bij de ecotopen. In Bijlage 4 zijn de meeste algemeen voorkomende vissoorten uit brak water vermeld. In Bijlage 5 is een korte opsomming gegeven van de diatomeeën die in verschillende saliniteitsklassen gevonden kunnen worden.

Soms is een voorbeeld gegeven van een plek waar het ecotoop te vinden zal zijn. Soms is ook een opmerking bijgeplaatst.

Een overzicht van alle ecotopen is te vinden in tabel 7.

De verdeling van soorten over de ecotopen is gebaseerd op informatie uit: Wolff (1973), Ysebaert (1998, 2000), Hayward en Ryland (1990), Seys en Meire (1988), Fortuin en Brummelhuis (1989), Fortuin en Altena (1989), Craeymeersch *et al.* (1998), De Boer en Wolff (1996), Michaelis (1983), Dittmer (1983), Waardenburg en Meijer (1985), Dankers *et al.* (2001), Wattel (1994), (Mees *et al.* 1993), Ysebaert *et al.* (2001), Vroon *et al.* (1997), Nijboer *et al.* (2000) (allen macrofauna), Paalvast *et al.* (1998) (vegetatie), Verdonschot (1980a en b) (oligochaeten) en Gittenberger *et al.* (1998) (mollusken).

3.1 Ecotopen in het Polyhalien

1. Diepe hoogdynamische zandige bodems (Geulen)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-elementen:

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: ecotoop met lage aantallen organismen, een lage biomassa en een lage diversiteit. Karakteristieke soorten: het kniksprietkreeftje *Bathyporeia* spp., de wormen *Nephtys cirrosa*, *N. longoseta* en *Spio* spp. en (bij hogere zoutgehaltes) de tweekleppige *Venerupis pullastra*.

Verder o.a. de wormen *Anaitides groenlandica* en *Ophelia borealis*, mobiel (hyper)benthos: de aasgarnalen *Gastrosaccus spinifer*, *Schistomysis spiritus* en *S. kervillei*, de amphipode *Haustorius arenarius*, de strandkrab *Carcinus maenas* en bivalven uit de geslachten *Ensis*, *Abra* en *Spisula*.

Voorbeeld: Honte (Westerschelde)

Opmerking: Aan de bovengrens van deze saliniteitsklasse zullen in de lage fluctuatieklasse meer mariene soorten voorkomen.

2. Diepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-elementen: schelpkokerwormen-gemeenschap

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: als in het vorige ecotoop maar aantal soorten en biomassa hoger omdat het milieu minder stressvol is. *Nephtys hombergii* en *N. caeca* (fijn zand) of *N. cirrosa* en *N. longoseta* (zand). Ook *Aricidae minuta*, *Eteone longa* en de garnaal *Crangon crangon*.

Voorbeeld: Sardijngeul (Westerschelde)

3. Diepe (laag)dynamische slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: Karakteristiek zijn: *Tharyx marioni*, *Nereis virens*, *Anaitides maculata*.
Verder o.a. *Nephtys hombergii* en *N. caeca*, *Eteone longa*, *Aricidae minuta*, *Polydora ligni*, *Harmothoe imbricata*, *Carcinus maenas*

4. Diepe (laag)dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: schelpkokerwormen-gemeenschap

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: *Spio martinensis* (filicornis?), *Mysella bidentata*, *Crangon crangon*, *Scolelepis squamata*, *Anaitides groenlandica*
Verder o.a. *Nephtys cirrosa* en *N. longoseta* (zandig), *N. hombergii* en *N. caeca* (fijnzandig), *Eteone longa*, *Aricidae minuta*, *Polydora ligni*, *Harmothoe imbricata*, *Carcinus maenas*.

5. Diepe (laag)dynamische fijnzandige en slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: laag (getijloos water)

Eco-element: geen

Mogelijke toestand: geëutrofeerd, anaeroob

Soortensamenstelling: tijdens of vlak na zuurstofloosheid geen macrofauna. Weinig soorten: de wormen *Nereis virens* (slibrijk), *Eteone longa*, *Anaitides maculata* (slibrijk), *Polydora ligni*. Soms ook *Mya arenaria*.

Voorbeeld: Grevelingenmeer

6. Ondiepe hoogdynamische (fijn)zandige bodems (geulhelling)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: Als in de diepe versie van het ecotoop. Bij zeer hoge dynamiek geen tweekleppigen.

7. Ondiepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: mosselbank, zeegrasveld (groot zeegras), schelpkokerwormen-gemeenschap (fijn zand), spiraalruppia-associatie

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: hoge aantallen organismen, hoge biomassa en hoge diversiteit. Qua aantallen zijn de wormen *Pygospio elegans* en *Heteromastus filiformis* dominant, qua biomassa bivalven, vooral *Cerastoderma edule*.
Verder: de wadpier *Arenicola marina* (fijn zand), *Tharyx marioni* (slibrijk), *Aricidae minuta*, *Scolelepis squamata* (fijn zand), *Eteone longa*, *Nereis virens* (slibrijk), *Harmothoe imbricata*, *Nephtys hombergii* en *N. caeca*, *Anaitides maculata* (slibrijk), *Mysella bidentata* (fijn zand) *Carcinus maenas*, en *Crangon crangon* (fijn zand).

8. Ondiepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: laag (getijloos water)

Eco-element: mosselbank, zeegrasveld (groot zeegras)

Mogelijke toestand: geëutrofeerd

Soortensamenstelling: Karakteristieke soorten: gevlochten fuikhoorn *Nassarius reticulatus*, muiltje *Crepidula fornicata* en *Cerastoderma edule* en *C. glaucum* (waarbij de laatste de eerste vervangt als het zoutgehalte lager wordt of sterk fluctueert).
Algemeen zijn ook: *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Corophium insidiosum*, *Tharyx marioni*, *Polydora ligni*, *Nephtys hombergii* en *N. caeca*, *Nereis virens* (slibrijk), *Capitella capitata*, *Pygospio elegans* en *Elminius modestus*. Tussen zeegras of macroalgen de zeepissebedden *Idotea chelipes* en *Lekanesphaera rugicauda*. Verder: *Crangon crangon*, *Carcinus maenas*, *Mysella*

bidentata, *Abra alba*, *A. tenuis*, *Magelona papillicornis*, *Scoloplos armiger*, *Pholoe minuta*, *Eteone longa* en *Anaitides maculata* (slibrijk).

Voorbeeld: Grevelingenmeer

9. Ondiepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: mosselbank, zeegrasveld (groot zeegras), schelpkokerwormen-gemeenschap, spiraalruppia-associatie

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: minder rijk aan soorten, aantallen en biomassa dan het slibrijke ecotoop in dezelfde fluctuatieklasse. Indicatorsoorten: *Cerastoderma edule*, *Arenicola marina* (biomassa) en *Heteromastus filiformis* (aantallen) en *Paraonis fulgens*. Verder o.a. *Spio martinensis* (*filicornis*?), *Scoloplos armiger*, *Pygospio elegans*, *Eteone longa*, *Harmothoe imbricata*, *Mya arenaria*, *Nephtys cirrosa* en *N. longoseta* (zandig), *N. hombergii* en *N. caeca* (fijnzandig), *Capitella capitata*, *Gastrosaccus spinifer*, *Carcinus maenas*, *Crangon crangon*, *Mysella bidentata* (fijn zand), *Abra tenuis*, *Macoma balthica*.

10. Laaglitorale (fijn)zandige bodems (lage plaat)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: mosselbank, zeegrasveld (groot zeegras), schelpkokerwormen-gemeenschap, priel

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: karakteristieke soort: de isopode *Eurydice pulchra*. Verder dezelfde soorten als in het ecotoop ondiepe dynamische (fijn)zandige bodems (*Nephtys caeca* ontbreekt) maar hogere biomassa, aantallen en soortenrijkdom. Bij een hoge dynamiek verdwijnen de meeste soorten.

11. Hooglitorale (fijn)zandige bodems (hoge plaat)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: priel

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: (juvenile) *Arenicola marina* en *Macoma balthica*, *Crangon crangon*, *Hydrobia ulvae*, *Nereis diversicolor*. Bij een hoge dynamiek verdwijnen veel soorten.
Ook: *N. hombergii* (fijnzandig) of *N. cirrosa* (zandig).

Voorbeeld: Hundpaap (monding Eems)

12. Laaglitorale slibrijke bodems (laag slik of kwelderkreek)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: priel, spiraalruppia-associatie

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: *Scrobicularia plana*, *Corophium volutator*, *Nephtys hombergii*, *Heteromastus filiformis*, *Nereis virens*, *Pygospio elegans*, *Aricidae minuta*, *Tharyx marioni*, *Hydrobia ulvae*, *Mysella bidentata*, *Mya arenaria*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, strandkrab *Carcinus maenas*, *Capitella capitata*, *Anaitides maculata*.

13. Hooglitorale slibrijke bodems (hoog slik)

Saliniteitsklasse: polyhalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: beweide

Soortensamenstelling: Karakteristiek zijn *Hydrobia ulvae*, *Scrobicularia plana* en *Nereis diversicolor* (alleen onder minder zoute omstandigheden algemeen beneden het hoge litoraal).
Verder o.a. *Eteone longa*, juvenile *Arenicola marina*, juvenile *Macoma balthica* en juvenile *Mya arenaria*, *Nephtys hombergii*, *Cerastoderma edule*, juvenile *Assiminea grayana*, *Retusa obtusata*, *Carcinus maenas*, *Corophium volutator*, *Abra tenuis*.
Vegetatie: slikpestassociatie; bij begrazing langarige zeekraal *Salicornia dolichostachya*.

Voorbeeld: Paulinaschor (Westerschelde)

14. Lage kwelder / schor

Saliniteitsklasse: polyhalien

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: bemaaid of beweide

Soortensamenstelling: Karakteristiek zijn: Gray's kustslakje *Assiminea grayana*, het gewone muizenootje *Ovatella myosotis*, *Hydrobia ulvae* en *Nereis*

diversicolor. In kreken en pieren graaft de kreeftachtige *Paragnathia formica* gangen in de klei (in Zeeland).

Vegetatie: zeemelde associatie, zee-alsem associatie op hogere delen veranderend naar strandkweekgrasruigte; bij begrazing kweldergrasweide.

15. Hoge kwelder / schor

Saliniteitsklasse: polyhalien

Eco-element:

Mogelijke toestand: bemaaid of beweid, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: *Assimineea grayana*,
Vegetatie: strandkweekgrasruigte; bij bemaaiing of beweiding zilte rus-gemeenschap.

3.2 Ecotopen in het Mesohalien

16. Diepe hoogdynamische zandbodems (geul)

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: geëutrofeerd

Soortensamenstelling: ecotoop met lage biomassa, diversiteit en aantallen organismen.
Karakteristieke soort: *Bathyporeia pilosa*.
Verder o.a. *Corophium volutator*, *Haustorius arenarius*, *Neomysis integer*, *Polydora ligierica* en *Nereis diversicolor*.
In gedeeltes met stenen en stukken hout kunnen *Corophium lacustre*, *C. insidiosum* en *Pleusymtes glaber* algemeen zijn.

Voorbeeld: Beneden Zeeschelde (België)

17. Diepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: geen

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: de aasgarnaal *Mesopodopsis slabberi* (soms in zeer hoge dichtheden),

18. Diepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: Lage biomassa. Karakteristiek zijn: *Gammarus salinus*, brakwatervlokreeften: *Corophium lacustre*, *C. volutator*, *C. insidiosum*, *C. multisetosum* en *Pleusymtes glaber*, *Marenzelleria viridis*, *Streblospio shrubsolii*, *Polydora ligni*. Verder: *Boccardiella ligerica* (op substraat), *Neomysis integer*, *Crangon crangon* (op fijn zand), *Mesopodopsis slabberi* (op fijn zand), *Cyathura carinata*, *Heteromastus filiformis*, *Macoma balthica* en *Nereis diversicolor*.

19. Diepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: laag (getijloos water)

Eco-element:

Mogelijke toestand: anaeroob, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: tijdens of vlak na zuurstofloosheid geen macrofauna, macrofauna altijd arm aan aantallen, soorten en biomassa. *Oligochaeta*, *Polydora ligni*, *Nereis diversicolor*, *Tharyx marioni*, *Cerastoderma glaucum*, *Mya arenaria* en *Corophium insidiosum*.

Voorbeeld: Veerse meer

20. Ondiepe hoogdynamische (fijn)zandige bodems (geulhelling)

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: geen

Mogelijke toestand:

Soortensamenstelling: zeer arme fauna

21. Ondiepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: spiraalruppia-associatie

Mogelijke toestand: geëutrofeerd

Soortensamenstelling: *Capitella capitata*, *Nereis diversicolor* (fijn zand) *Crangon crangon*, *Mesopodopsis slabberi*. Bij planten of macro-algengroei *Idotea balthica* en *I. granulosa*. Op beschutte plekken *Lekanesphaera rugicauda* en *Idotea chelipes*.

22. Ondiepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: laag (getijloos water)

Eco-element: spiraalruppia-associatie, aan de bovengrens van deze saliniteitszone in de lage fluctuatieklasse zeegrasveld (groot zeegras)

Mogelijke toestand: geëutrofeerd

Soortensamenstelling: soortenarmer dan de polyhalie tegenhanger, vnl. door het ontbreken van veel mariene soorten. Karakteristiek zijn de kleine polychaete worm *Alkmaria romijni* en de brakwaterkokkel *Cerastoderma glaucum*. (*C. edule* komt nog voor in het meest zoute deel van deze saliniteitsklasse in de lage fluctuatieklasse.) Het grootste deel van de biomassa bestaat uit *C. glaucum* en *Mya arenaria*. Algemeen zijn: *Crangon crangon*, *Heteromastus filiformis*, *Nereis diversicolor*, *Polydora ligni*, *Tharyx marioni*, *Pygospio elegans* en *Capitella capitata*. Ook: *Nassarius reticulatus*, *Mytilus edulis*, *Mysella bidentata*, de brakwatersteurgarnaal *Palaemonetes varians*, het zuiderzeekrabbetje *Rhithropanopeus harrisi*, *Arenicola marina* kan algemeen zijn in zandiger gedeeltes aan de bovengrens van deze saliniteitsklasse. Tussen zeegras of macroalgen de zeepissebedden *Idotea chelipes* en *Lekanesphaera rugicauda*. Andere kleine kreeftachtigen die voornamelijk worden aangetroffen tussen planten en wieren zijn *Cyathura carinata*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Melita palmata*, *Corophium insidiosum*. Onder stenen: de pissebedden *Jaera nordmanni* en het *J. albifrons*-complex. Bij eutrofiëring veel macro-algen: *Ulva* spp., *Ceramium rubrum*, *Chaetomorpha linum* en *Callithamnion roseum*. Op *Ulva* zijn te vinden: *Balanus* spp., *Molgula manhattensis*, *Ficopomatus enigmatica*, juveniele *M. arenaria* en *C. glaucum*.

Voorbeeld: Veerse meer

Opmerking: Het oostelijk deel van het Veerse meer kent door het schutten van de Zandkreeksluis grotere saliniteitsfluctuaties. Dit gebied valt in de gemiddelde fluctuatieklasse en niet in de lage fluctuatieklasse zoals de rest van het meer. Deze verandering in fluctuatie valt samen met het verschijnen van *Corophium volutator* en het verdwijnen van *C. insidiosum* in het oostelijke deel van het meer. *Mytilus edulis* nadert de minimale saliniteit waarbij de soort kan leven in het Veerse meer en komt voornamelijk voor in het westelijke deel van het meer waar de saliniteitsfluctuatie het laagst is. Er zijn helaas te weinig gegevens direct beschikbaar om in korte tijd alle saliniteitsklassen verder onder te verdelen in fluctuatieklassen.

23. Laaglitorale (fijn)zandige bodems (lage plaat)

Saliniteitsklasse:	mesohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel
Mogelijke toestand:	geëutrofeerd
Soortensamenstelling:	de brakwatersteurgarnaal <i>Palaemonetes varians</i> , <i>Crangon crangon</i> , <i>Bathyporeia</i> spp., <i>Neomysis integer</i> , <i>Mesopodopsis slabberi</i> , <i>Cyathura carinata</i> , <i>Capitella capitata</i> , <i>Nereis diversicolor</i> (fijn zand), <i>Arenicola marina</i> (aan de bovengrens van deze saliniteitsklasse). <i>Lekanesphaera rugicauda</i> en <i>Idotea chelipes</i> (beiden geassocieerd met planten). Bij een hogere dynamiek vervangen <i>Idotea balthica</i> en <i>I. granulosa</i> <i>I. chelipes</i> .

24. Hooglitorale (fijn)zandige bodems (hoge plaat)

Saliniteitsklasse:	mesohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel
Mogelijke toestand:	
Soortensamenstelling:	<i>Nereis diversicolor</i> , <i>Arenicola marina</i> (aan de bovengrens van deze saliniteitsklasse).

25. Laaglitorale slibrijke bodems (laag slik of kwelderreek)

Saliniteitsklasse:	mesohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel, spiraalruppia-associatie, snavelruppia-associatie
Mogelijke toestand:	
Soortensamenstelling:	karakteristiek zijn: <i>Palaemonetes varians</i> , <i>Nereis diversicolor</i> , <i>Marenzelleria viridis</i> , <i>Polydora ligni</i> , <i>Scrobicularia plana</i> , <i>Corophium volutator</i> , <i>Cyathura carinata</i> , <i>Manayunkia aestuarina</i> , <i>Mya arenaria</i> , <i>Capitella capitata</i> , <i>Leptocheirus pilosus</i> , <i>Lekanesphaera rugicauda</i> en <i>Idotea chelipes</i> (allen geassocieerd met planten). Bij een hogere dynamiek vervangen <i>Idotea balthica</i> en <i>I. granulosa</i> <i>I. chelipes</i> .
Voorbeeld:	Dollard

26. Hooglitorale slibrijke bodems (hoog slik)

Saliniteitsklasse: mesohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: beweid

Soortensamenstelling: *Scrobicularia plana*, *Polydora ligni*, juveniele *Macoma balthica*, *Mya arenaria*, juveniele *Assiminea grayana*, *H. ventrosa* (kwelderkreken), *Leptocheirus pilosus*, *Nereis diversicolor*, *Manayunkia aestuarina*. *Lekanesphaera rugicauda* en *Idotea chelipes* zijn beiden geassocieerd met planten. Bij een hogere dynamiek vervangen *Idotea balthica* en *I. granulosa* *I. chelipes*. De pissebed *Jaera praehirsuta* komt voor onder macro-algen. Vegetatie: zilte-zeebiesassociatie, ruwe bies associaties, op hogere delen rietland; bij begrazing eenjarige pionierssoorten, op hogere delen fioringras en stomp kweldergras.

27. Lage kwelder / schor

Saliniteitsklasse: mesohalien

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: bemaaid of beweid

Soortensamenstelling: Karakteristiek zijn: *Assiminea grayana*, *Ovatella myosotis* en *Nereis diversicolor*. Vegetatie: rietland en zilte-zeebiesassociatie; bij begrazing fioringras gemeenschap en stomp kweldergrasweide. Op hogere delen vegetatie als op de hoge kwelder.

28. Hoge kwelder / schor

Saliniteitsklasse: mesohalien

Eco-element:

Mogelijke toestand: bemaaid of beweid, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: *Assiminea grayana*. Vegetatie: heemst en de spiesmelde-akkerdistel associatie; bij extensieve bemaaiing of beweiding rietzwenkgras-behaarde boterbloem. Bij intensieve bemaaiing of beweiding ruw beemdgras-engels raaigras-weide.

3.3 Ecotopen in het Oligohalien

29. Diepe hoogdynamische zandbodems (geul)

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: zeer lage soortenrijkdom, aantallen en biomassa (waarschijnlijk het laagst van alle ecotopen); soms geen enkel organisme.

30. Diepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: zeer arm aan soorten

31. Diepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: *Boccardiella ligetica* (op substraat), *Corophium volutator*, *Nereis diversicolor*. Vooral bij eutrofiëring de oligochaeten *Limnodrilus claparedianus*, *L. höffmeisteri*, *L. udekemianus* en *Tubifex tubifex*.

Opmerking: In het oligohalien komen de oligochaeten *Chaetogaster diaphanus* en *C. diastrophus* voor in de waterfase (dus niet zozeer aan sediment gebonden) tussen algen en planten. *Nais variabilis* leeft tussen waterplanten en op zandig substraat.

32. Ondiepe hoogdynamische (fijn)zandige bodems (geulhelling)

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: zeer arme fauna

33. Ondiepe dynamische (fijn)zandige bodems

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: zeer arme fauna

34. Ondiepe (laag)dynamische fijnzandige of slibrijke bodems

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element:

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: arme fauna, karakteristieke soorten: brakwatersteurgarnaal *Palaemonetes varians* (bij een niet te hoge dynamiek; vermoedelijk vooral op (fijn)zandig sediment), *Boccardiella ligerica*, *Corophium volutator*, *Nereis diversicolor*. Vooral bij eutrofiëring de oligochaeten *Limnodrilus claparedianus*, *L. höffmeisteri*, *L. udekemianus* en *Tubifex tubifex*. Ook wel: *Macoma balthica*, *Pygospio elegans*, *Polydora ligni*, *Streblospio shrubsolii*.

Voorbeeld: De Eems net stroomafwaarts van Leer

Opmerking: op hard substraat kan in ondiepe en diepe wateren met een lage of gemiddelde dynamiek de (vooral in zoetwater voorkomende) driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* plaatselijk zeer algemeen zijn. Op dezelfde plekken op hard substraat kan ook de brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* voorkomen. Deze soort wordt ook in het mesohalien gevonden.

35. Laaglitorale (fijn)zandige bodems (lage plaat)

Saliniteitsklasse: oligohalien

Fluctuatieklasse: gemiddeld/hoog

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: vertroebeld, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: arme fauna, karakteristieke soorten: *Palaemonetes longirostris* en *Palaemonetes varians* (bij een niet te hoge dynamiek). Deze laatste

soort kan zeer talrijk zijn. Ook wel: *Macoma balthica*, *Nereis diversicolor*, *Pygospio elegans*, *Polydora ligni*, *Boccardia ligierica*, *Streblospio shrubsolii*.

36. Hooglitorale (fijn)zandige bodems (hoge plaat)

Saliniteitsklasse:	oligohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel
Mogelijke toestand:	vertroebeld, geëutrofeerd
Soortensamenstelling:	zeer arme fauna, de amphipode <i>Orchestia cavimana</i> .

37. Laaglitorale slibrijke bodems (laag slik of kwelderreek)

Saliniteitsklasse:	oligohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel
Mogelijke toestand:	vertroebeld, geëutrofeerd
Soortensamenstelling:	arme fauna, karakteristieke soorten: <i>Hydrobia ventrosa</i> (kwelderkreken) <i>Leptocheirus pilosus</i> (geassocieerd met planten). Vooral bij eutrofiëring de oligochaeten <i>Limnodrilus claparedianus</i> , <i>L. hoffmeisteri</i> , <i>L. udekemianus</i> en <i>Tubifex tubifex</i> .
Opmerking:	<i>Nereis diversicolor</i> komt in de oligohaliene zone in dezelfde ecotopen voor als in het mesohalien maar kan zich in water met een saliniteit van minder dan 3 g Cl niet voortplanten.

38. Hooglitorale slibrijke bodems (hoog slik)

Saliniteitsklasse:	oligohalien
Fluctuatieklasse:	gemiddeld/hoog
Eco-element:	priel
Mogelijke toestand:	vertroebeld, geëutrofeerd, beweide
Soortensamenstelling:	karakteristiek: getijdeslakje <i>Mercuria confusa</i> en <i>Leptocheirus pilosus</i> (geassocieerd met planten). De pissebed <i>Jaera praehirsuta</i> komt voor onder macro-algen. Vegetatie: ruwe bies associatie, zeebies associatie met op hogere delen rietland; bij begrazing eenjarige pionierssoorten met op hogere delen fioringras.

39. Lage kwelder / schor

Saliniteitsklasse: oligohalien

Eco-element: priel

Mogelijke toestand: bemaaid of beweid

Soortensamenstelling: karakteristiek: getijdeslakje *Mercuria confusa*, *Ovatella myosotis*
Ook wel *Assimineea grayana*.
Vegetatie: rietland; bij begrazing fioringgrasgemeenschap. Voor vegetatie op hogere delen zie hoge kwelder.

40. Hoge kwelder / schor

Saliniteitsklasse: oligohalien

Eco-element:

Mogelijke toestand: bemaaid of beweid, geëutrofeerd

Soortensamenstelling: *Assimineea grayana*.
Vegetatie: moerasmelkdistel en aartsengelwortel; bij intensieve bemaaiing of beweiding (en bemesting) straatgras-engels raaigras, bij extensieve bemaaiing of beweiding rietzenkgras-behaarde boterbloem.

Tabel 7. Overzicht van alle ecotopen.

Nr.	Zoutdynamiek		Diepte/Hoogteligging	Hydrodynamiek	Substraat
	Saliniteitsklasse	Saliniteitsfluctuatie			
1	Polyhalien	gemiddeld/hoog	diep	h	z
2	"	"	diep	d	f/z
3	"	"	diep	l/d	s
4	"	"	diep	l/d	f/z
5	"	laag	diep	l/d	f/s
6	"	gemiddeld/hoog	ondiep	h/d	f/z
7	"	"	ondiep	l/d	f/s
8	"	laag	ondiep	l/d	f/s
9	"	gemiddeld/hoog	ondiep	d	f/z
10	"	"	laag litoraal		f/z
11	"	"	hoog litoraal		f/z
12	"	"	laag litoraal		s
13	"	"	hoog litoraal		s
14	"	"	lage kwelder/schor		
15	"	"	hoge kwelder/schor		
16	Mesohalien	gemiddeld/hoog	diep	h	z
17	"	"	diep	d	f/z
18	"	"	diep	l/d	f/s
19	"	laag	diep	l/d	f/s
20	"	gemiddeld/hoog	ondiep	h	f/z
21	"	"	ondiep	d	f/z
22	"	laag	ondiep	l/d	f/sl
23	"	gemiddeld/hoog	laag litoraal		f/z
24	"	"	hoog litoraal		f/z
25	"	"	laag litoraal		s
26	"	"	hoog litoraal		s
27	"	"	lage kwelder/schor		
28	"	"	hoge kwelder/schor		
29	Oligohalien	gemiddeld/hoog	diep	h	z
30	"	"	diep	d	f/z
31	"	"	diep	l/d	f/s
32	"	"	opdiep	h	f/z
33	"	"	ondiep	d	f/z
34	"	"	ondiep	l/d	f/s
35	"	"	laag litoraal		f/z
36	"	"	hoog litoraal		f/z
37	"	"	laag litoraal		s
38	"	"	hoog litoraal		s
39	"	"	lage kwelder/schor		
40	"	"	hoge kwelder/schor		

Zie voor de namen van de ecotopen bij de corresponderende nummers in de tekst. Afkortingen: l: laag dynamisch, d: dynamisch, h: hoog dynamisch (hydrodynamiek), z: zandig, f: fijnzandig, s: slibrijk (substraat).

4. Vergelijking met andere ecotopenstelsels

In hoofdstuk 2 werd steeds per indelingskenmerk verwezen naar de aansluiting van dit ontwerp-ecotopenstelsel met andere Rijkswateren (ontwerp)ecotopenstelsels. In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de overeenkomsten en verschillen van dit ontwerp ecotopenstelsel met drie andere ecotopenstelsels: de EUNIS Marine Habitat Classification, de natuurdoeltypen ontwikkeld door het Expertise Centrum van het ministerie van LNV en de indeling van de Marine Nature Conservation Review (MNCR), de Britse tegenhanger van dit ontwerp-ecotopenstelsel.

EUNIS Marine Habitat Classification

Dit classificatiesysteem is bedoeld om alle terrestrische, limnetische en mariene ecotopen van Europa (hier habitats genoemd) onder te brengen in één systeem. Voor precieze doelstellingen en ontstaansgeschiedenis van dit systeem zie de website:

<http://www.mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/>.

De ecotopen worden net als in dit rapport onderscheiden op basis van substraat, dynamiek, hoogteligging en zoutgehalte. Verschillende klassen worden vaak samengevoegd. Ecotopen sluiten niet aan. De indeling naar zoutgehalte is grof; brakwater wordt onderverdeeld in gereduceerde saliniteit, variabele saliniteit en lage saliniteit. Ecotopen worden vaak (niet altijd) genoemd naar karakteristieke soorten. Aangezien de meeste indelingskenmerken overeenkomen lijkt aansluiting niet problematisch.

Natuurdoeltypen EC-LNV

De opzet van dit classificatiesysteem, uiteengezet in het Handboek natuurdoeltypen in Nederland (Bal *et al.* 1995), verschilt nogal met de Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels. Er worden, voornamelijk op basis van schaal en natuurlijkheid, vier groepen natuurdoeltypen onderscheiden. De twee meest kleinschalige types (tot ca 100 ha en enkele ha) worden ecotoop genoemd. Deze indeling berust op de gedachte dat natuurlijke processen minder invloed uitoefenen op kleinschalige natuurgebieden en dat het beheer op ecotoopniveau dus intensiever moet zijn. Beheer van ecotopen wordt als noodzakelijk gezien en ecotopen in dit systeem worden gekenmerkt door het bezitten van andere 'gebruiksfuncties' dan alleen natuur. In de praktijk valt alleen het op één na kleinste natuurdoeltype (het ecotoop-mozaïek) samen met de hier beschreven ecotopen. Omdat veel potentiële ecotopen (in de in dit rapport gebruikte zin van het woord) deel uitmaken van de grootschaligere groepen natuurdoeltypen zijn zij niet afzonderlijk beschreven. De classificatie en beschrijving van ecotopen is meer beschrijvend en leunt minder sterk op fysische parameters. Omdat de ecotopen in dit systeem doeltypen zijn waarnaar gestreefd dient te worden door beheerders, wordt ook aandacht besteed aan de mogelijke vormen van beheer en de kansrijkdom van het vormen van het ecotoop. Dat dit stelsel een handleiding voor natuurbescherming en natuurherstel poogt te zijn blijkt ook uit het feit dat er doelsoorten die bij natuurbeheer in aantal zouden moeten toenemen of zouden moeten terugkeren worden aangewezen.

In drie van de achtergronddocumenten 'natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren' (Nijboer *et al.* 2000, Aarts, 2000 en Van Beers en Verdonschot, 2000) worden de verschillende brakwaterecotopen nader beschreven. De indeling naar saliniteit beperkt zich tot het onderscheiden van licht brak en brak water; het belang van de fluctuatie in saliniteit wordt onderkent maar keert niet terug in de beschrijving van de ecotopen. Het substraat wordt niet nader gespecificeerd en de mate van hydrodynamiek binnen een ecotoop wordt wel aangegeven maar varieert dan vaak van laag tot hoog dynamisch. De beschrijving van abiotische processen en de ecologische karakterisatie per ecotoop is verhelderend. Ook worden verschillende chemische variabelen van het water vermeld. Duidelijk is dat hoewel ecotopen goed worden beschreven, de resolutie van de natuurdoeltypen vele malen lager is. De ecotopen uit dit rapport kunnen wellicht gebruikt worden bij een preciezere opdeling van de natuurdoeltypen.

Marine Nature Conservation Review (MNCR)

De MNCR-classificatie van het Nature Conservancy Council (NCC) is het ecotopenstelsel ontwikkeld voor de Britse estuaria (Davidson *et al.* 1991). Hoewel er geen noodzaak is om dit ontwerp-ecotopenstelsel aan te laten sluiten bij de MNCR-classificatie is het toch informatief om een korte vergelijking te maken. Er worden 16 levensgemeenschappen van zachte substraten onderscheiden. Hieronder vallen ook zeegrasvelden en mosselbanken die in dit ontwerp als eco-element worden geclassificeerd. De indeling bestaat uit globale niet-kwantitatieve beschrijvingen van de ecotopen. Opvallend is dat de meeste gemeenschappen karakteristiek zijn voor kustwateren en niet zozeer voor de echt brakke estuaria. De zoutdynamiek wordt getypeerd als 'normaal' (17 tot 22 g Cl), 'variabel' (10 tot 17 g Cl) en 'gereduceerd' (minder dan 10 g Cl).

Davidson *et al.* (1991) geven ook een kort overzicht van eerdere Europese mariene ecotopenclassificaties (p. 132).

5. Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen voor het opstellen van een ecotopenstelsel voor de brakke Rijkswateren zijn:

- Het handhaven van het Venetië-systeem voor het onderverdelen van brak water in verschillende zones (oligohalien, mesohalien en polyhalien). Zie tabel 2.
- Het rekening houden met de jaarlijkse fluctuatie in saliniteit door elke saliniteitszone te verdelen in klassen van lage, gemiddelde of hoge saliniteitsfluctuatie. Zie Tabel 2.
- Het onderscheiden van zeven klassen op basis van hoogteligging of diepteligging. Zie tabel 3.
- Het overnemen van de hydrodynamiek-indeling van De Jong (1999) gewijzigd naar de laatste inzichten. Zie tabel 4. Meer (literatuur)onderzoek naar de gecombineerde invloed van hydrodynamiek en substraat op de soortensamenstelling van het benthos is nodig.
- Het onderscheiden van drie klassen zacht substraat. Zie tabel 6. Nader (literatuur)onderzoek is nodig om de precieze ecologische verschillen tussen de drie klassen vast te stellen.
- Het onderscheiden van de eco-elementen: mosselbank, schelpkokerwormengemeenschap, zeegrasveld (klein-zeegrasassociatie en groot-zeegrasassociatie), Ruppia- (snavelruppia-associatie en spiraalruppia-associatie) en priel.
- Het onderkennen van vier toestanden die van groot belang kunnen zijn voor de soortensamenstelling van brakwater-ecotopen. De toestanden geëutrofeerd, anaëroob (gestratificeerd), vertroebeld en bemaaid/begraasd kunnen worden toegevoegd aan de ecotoopbeschrijvingen.

6. Dankwoord

Dank is verschuldigd aan Wouter Gotjé (Aquasense) voor het toezenden van een uitgebreide literatuurlijst, Mariken Fellingier (Expertisecentrum LNV) en Joost Backx (RIZA) voor het toezenden van rapporten en Ed Stikvoort (RIKZ), Bernard Krebs, Carlo Heip, Herman Hummel (allen NIOO/CEMO) en Jan Geert Hiddink (RuG) voor het geven van advies.

7. Literatuur

- Anonymus (2000). De modellering van de hydrodynamica in het intergetijdengebied. Svašek en Alkyon, Rotterdam/Emmeloord. Rapport 00327/1165-A647.
- Aarts, H. P. A. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 11, Rijkskanalen. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Werkdocument 2000.154X RIZA, Lelystad.
- Bal, D., Beijer, H. M., Hoogeveen, Y. R., Jansen, S. R. J. en Reest, P. J. Van der (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Informatie- en Kennis Centrum Natuurbeheer, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.
- Beers, P. W. M. van en Verdonchot, P. F. M. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 4, Brakke binnenwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-04, EC-LNV, Alterra, Wageningen.
- Boesch, D. F. (1977). A new look on the zonation of benthos along the estuarine gradient. In: Coull, B. C. (Ed.) Ecology of marine benthos. University of South Carolina Press, Columbia.
- Boer, K. de en Wolff, W. J. (1996). Tussen zilt en zoet: voorstudie naar de betekenis van estuarine gradiënten in het Waddengebied. Rapport Vakgroep Mariene Biologie, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Bulger, A. J., Hayden, B. P., Monaco, M. E., Nelson, D. M. en McCormick-Ray, M. G. (1993). Biologically-based estuarine salinity zones derived from a multivariate analysis. *Estuaries*, 16, 311-322.
- Coosen, J. en Van Den Dool, A. (1983). Eindreportage zachtsub. Macrozoobenthos van het Krammer-Keeten-Volkerak estuarium, verspreiding der soorten, aantallen en biomassa in relatie met het zoutgehalte. DIHO-project A-2; DDMI-project M-1100. DIHO Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke en Deltadienst, hoofdafdeling milieu en inrichting, Middelburg.
- Craymeersch, J. A., Brummelhuis, E. B. M., Dimmers, W. en Sistermans, W. (1998). Macrobenthos in het Rotterdamse havengebied (Nieuwe Waterweg, Beerkanaal, Calandkanaal). NIOO-CEMO rapporten 1998-4, Yerseke.
- Dankers, N. en Beukema, J. J. (1983). Distributional patterns of macrozoobenthic species in relation to some environmental factors. In: W.J. Wolff (ed.) Ecology of the Wadden Sea. Vol. 1. Balkema, Rotterdam.
- Dankers, N., Duin, W. E. van, Leopold, M. F., Martakis, G. F. P., Smit, C. J., Werf, D. C. van der en Wolfert, H. P. (2001). Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren; voorstel voor classificatie en advies voor validatie. Alterra, rapport 177, Wageningen.
- Davidson, N. C., d'A Laffoley, D., Doody, J. P., Way, L. S., Gordon, J., Key, R., Drake, C. M., Pienkowski, M. W., Mitchell, R. en Duff, K. L. (1991). Nature conservation and estuaries in Great Britain. Nature Conservancy Council, Peterborough.

- Day, J. H. (1981). Estuarine currents, salinities and temperatures. In: Day, J. S. (Ed.) Estuarine ecology with particular reference to southern Africa. Balkema, Rotterdam.
- Den Hartog, C. (1971). De Nederlandse *Ruppia*-soorten. *Gorteria*, 5, 148-153
- Den Hartog, C. (1974). Brackish-water classification, it's development and problems. *Hydrobiological Bulletin*, 8, 15-28
- Dittman, S. (1999). Biotic interactions in a *Lanice conchilega*-dominated tidal flat. In: Dittman, S. (Ed.) The Wadden Sea ecosystem, Stability properties and mechanisms. Springer, Berlijn.
- Dittmer, J. D. (1983). The distribution of subtidal macrobenthos in the estuaries of the rivers Ems and Weser. In: W.J. Wolff (Ed.) Ecology of the Wadden Sea. Vol. 1. Balkema, Rotterdam.
- Eck, B. van (Ed.) (1999). De ScheldeAtlas, een beeld van een estuarium. ScheldeInformatieCentrum, Middelburg.
- Fortuin, A. W. (1986). Effecten van oeverbescherming (en peilbeheer) in Veersemeer en Grevelingen op bodemdieren in de oeverzone. Bureau Waardenburg B.V., Culemborg.
- Fortuin, A. W. en Altena, H. C. (1990). Macrozoöbenthos in het Grevelingenmeer: bestandsopname in voor jaar 1989. DIHO rapporten en verslagen 1990-15. Yerseke.
- Fortuin, A. W. en Brummelhuis, E. B. M. (1990). Macrozoöbenthos van het Veerse Meer in 1989. Rapporten en verslagen 1990-16. DIHO, Yerseke.
- Gittenberger, E. en Janssen, A. W. (Red.) (1998). De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Naturalis, Leiden.
- Hayward en Ryland (Eds.) (1990). The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe Vol. I en II. Clarendon Press, Oxford.
- Heerebout, G. R. (1974). A classification system for isolated brackish inland waters, based on median chlorinity and chlorinity fluctuation. *Netherlands Journal of Sea Research* 8, 73-93
- Heip, C. (2001). De ecologie van zoet-zout overgangsgebieden. Lezing op de Noordzeedagen, 5-10-2001, Vlissingen.
- Hild, A. en Günther, C. (1999). Ecosystem engineers: *Mytilus edulis* and *Lanice conchilega*. In: Dittman, S. (Ed.) The Wadden Sea ecosystem, Stability properties and mechanisms. Springer, Berlijn.
- Jong, D. J. de (1999). Ecotopes in the Dutch marine tidal waters: a proposal for a classification of ecotopes and a method to map them. RIKZ, Report 99.017, Den Haag.
- Jonge, V. N. de (1974). Classification of brackish coastal inland waters. *Hydrobiological bulletin* 8, 29-39

- Ketchum, B. H. (1983). Estuarine characteristics. In: Ketchum, B. H. (1983) Estuaries and enclosed seas. Elsevier, Amsterdam.
- Leeuw, C. C. de en Backx, J. J. G. M. (2001). Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland. RIKZ rapport nr. 2000.044 / RIZA rapport nr. 2000.034, Haren/Lelystad.
- Lorenz, C. (2001). Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels Oevers., SECI/DUUH/rap. 001, plaats van uitgave niet vermeld.
- 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. RIZA, RWES rapport 3, Lelystad.
- Mangelsdorf, P. C. (1967). Salinity measurements in estuaries. In: Lauff, G. H. (Ed.) Estuaries. AAAS, Washington.
- Mees, J., Dewicke, A. en Hamerlynck, O. (1993). Seasonal composition and spatial distribution of hyperbenthic communities along estuarine gradients in the Westerschelde. *Netherlands Journal of aquatic ecology* 27, 359-376
- Meulen, Y. A. M. (1997). Meren-Ecotopen-Stelsel; een ecotopenstelsel voor de meren van het IJsselmeergebied en Volkerak-Zoommeer. nota 97.076, plaats van uitgave niet vermeld.
- Michaelis, H. (1983). Intertidal benthic animal communities of the estuaries of the rivers Ems and Weser. In: W.J. Wolff (ed.) Ecology of the Wadden Sea. Vol. 1. Balkema, Rotterdam.
- Muus, B. J., Nielsen, J. G., Dahlström, P. en Nyström, B. O. (1991). Zeevissen van Noord- en West-Europa. Schuyt en Co., Haarlem.
- Nes, E. H. van (1989). De bodemfauna van het Volkerakmeer/Zoommeer in 1987-1988; invloed van verzoeting op estuariene fauna en kolonisatie door zoetwaterorganismen. RIZA Dienst Binnenwateren nota 89.011, Dordrecht.
- Nijboer, R., Jaarsma, N., Verdonschot, P. Van Der Molen, D., Geilen, N. en Backx, J. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse deel 3 wateren in het rivierengebied. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Werkdocument 2000.155X RIZA, Lelystad.
- Paalvast, P., Iedema, W., Ohm, M. en Posthoorn, R. (1998). MER beheer Haringvlietsluizen, over de grens van zoet en zout. Deelrapport ecologie en landschap. RIZA rapport 98.051, Lelystad.
- Peters, J. (1999). Kanalen-Ecotopen-Stelsel; een ecotopenstelsel voor zoete en brakke scheepvaartkanalen. RIZA, nota nr. 99.019/RWES rapport 4, Lelystad.
- Rademakers, J. G. M. en Wolfert, H. P. (1994). Het Rivier-Ecotopen-Stelsel; een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied. Lelystad, RIZA. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' nr. 61-1994.
- Remane, A. en Schlieper, C. (1971). Biology of brackish water. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

- Ruiter, J. F. en Jong, D. J. de (1999). Habitats and ecotopes in the coastal zone.
<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to450/pap406/p406.htm>
- Schmidt-van Dorp, A. D. (1979). Literatuuronderzoek naar de soortenrijkdom van het makrozoobenthos in relatie tot het zoutgehalte. DIHO, Rapporten en Verslagen nr. 1979-5, Yerseke.
- Seys, J. en Meire, P. (1988). Macrozoobenthos van het Veerse Meer. Rapport W.W.E. 4. Laboratorium voor oecologie de dieren, zoögeografie en natuurbehoud, Rijksuniversiteit Gent, Gent.
- Thamdrup, H. M. (1935). Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. Overdruk van de Meddelelser fra kommissionen for Danmarks fiskeri- og havundersøgelser serie: fiskeri. x. 2. C. A. Reitzels, Kopenhagen.
- Verdonschot, P. F. M. (1980a). Aquatische oligochaeta; II brakke binnenwateren. DIHO, Rapporten en Verslagen nr. 1980-11, Yerseke.
- Verdonschot, P. F. M. (1980b). Aquatische oligochaeta; III het Deltagebied. DIHO, Rapporten en Verslagen nr. 1980-09, Yerseke.
- Vroon, J., Storm, C. en Coosen, J. (1997). Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium. RIKZ, rapport 97.023, Den Haag.
- Waardenburg, H. W. en Meijer, A. J. M. (1985). De aquatische levensgemeenschappen op dertien transecten in het Veerse Meer. Rapport D.D.M.I.-project Oevers, uitgevoerd door bureau Waardenburg.
- Wattel, G. (1994). Veerse Meer Evaluatie systeemontwikkeling periode 1988-1993. RIKZ Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ 94.046, Middelburg.
- Weeda, E. J., Schaminée, J. H. J. en Van Duuren, L. (2000). Atlas van de plantengemeenschappen in Nederland; deel 1: Wateren, moerassen en natte heiden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Wintermans, G., Dankers, N., Van der Veer, H., Rijnsdorp, A. D., Van Leeuwen, P. I. En Vingerhoed, B. (1995). Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone. Deel 1. BEON rapport nr. 95-12
- Wolfert, H. P. (1996). Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels; uitgangspunten en plan van aanpak. RIZA nota nr. 96.050, Lelystad.
- 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. E. J. Brill, Leiden.
- Wolff, W. J. (1974). Benthic diversity in the Rhine-Meuse estuary. *Hydrobiological Bulletin*, 8, 242-252
- Wolff, W. J. (1983). Estuarine benthos. In: Estuaries and enclosed seas (Ecosystems of the world 26). In: Ketchum, B. H. (Ed.). Elsevier, Amsterdam.

- Ysebaert, T., Meire, P. M., Maes, D. en Buijs, J. (1993). The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Schelde estuary. In: Ysebaert, T (2000). Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales (thesis). Institute of Nature Conservation, Brussel.
- Ysebaert, T. Meire, P., Coosen, J. en Essink, K. (1998). Zonation of intertidal macrobenthos in estuaries of Schelde and Ems. In: Ysebaert, T (2000). Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales (thesis). Institute of Nature Conservation, Brussel.
- Ysebaert, T. (2000). Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW-Europe. In: Ysebaert, T (2000). Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales (thesis). Institute of Nature Conservation, Brussel.
- Ysebaert, T., Meininger, P., Hostens, K., Maes, J. en Meire, P. (2001). Verspreidingspatronen van benthos, vissen en vogels in het Schelde-estuarium. *De Levende Natuur* 102, 56-61.
- Ysebaert, T. en Herman, P. (2001). Bodemdieren langsheen estuariene gradiënten. *De Levende Natuur* 102, 74-78.
- Ysebaert, T., Meininger, P., Hostens, K., Maes, J. en Meire, P. (2001). Verspreidingspatronen van benthos, vissen en vogels in het Schelde-estuarium. *De Levende Natuur* 102, 56-61

Bijlage 1. Begrippenlijst

Benthos: alle organismen die op of bij de bodem leven

Depositfeeders: benthos dat zich voedt met het detritus op de bodem

Biotoop: bijna synoniem met de term ecotoop, hoewel behalve op het niveau van leefgemeenschappen ook toegepast op soortsniveau (De Jong, 1999). Internationaal gezien ontbreekt het onderscheid tussen de termen biotoop en **habitat** vaak. (pers. meded. D. de Jong).

Ecotoop: In de definitie van Wolfert (1996): “een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse. Een ecotoop is een herkenbare, min of meer homogene landschappelijke eenheid; het voorvoegsel ‘eco’ duidt in dit verband op het integrale karakter ervan.”

Ecotopenkaart: Het combineren van alle abiotische, biotische en antropogene indelingskenmerken in een kaart levert de locaties en groottes van alle onderscheiden ecotopen. Een praktische definitie is: “een kaart waarin ecologisch relevante informatie nodig voor het beantwoorden van een specifieke beheersvraag wordt weergegeven” (naar Ruiter en De Jong, 1999). Op een kleine schaal (bijv. 1:50.000 of 1:25.000) is de resolutie om alle ecotopen weer te geven te klein geworden en zal moeten worden volstaan met het weergeven van ecotoop-complexen. Om eco-elementen weer te geven is een grotere schaal nodig. Voor een **fysiotopenkaart** worden alleen abiotische indelingskenmerken gebruikt.

Ecotopenstelsel: In de definitie van Wolfert (1996): “een classificatiesysteem van ecotopen, waarin de van belang zijnde ecotopen in een gebied op overzichtelijke wijze gerangschikt zijn. Kenmerkend voor de Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels is niet alleen het integrale karakter van de eenheden, maar ook het gebruik van indelingskenmerken die gekoppeld zijn aan beleids- en beheersmaatregelen.”

Fysiotoop: een ruimtelijk te begrenzen eenheid waarvan de samenstelling alleen wordt bepaald door abiotische factoren.
In de definitie van Wolfert (1996): “Fysiotopen zijn ruimtelijk te begrenzen eenheden die homogeen zijn voor wat betreft de abiotische aspecten voor zover deze relevant zijn voor de ontwikkeling van biotische aspecten. Een combinatie van fysiotoop, beheersvorm en ontwikkelingsstadium geeft een uniek ecotoop. Bij een gelijk beheer en ontwikkelingsstadium is een ecotoop dus altijd dezelfde ruimtelijke eenheid als het fysiotoop.”

Habitat: In de definitie van Stiling (1996): “de som van omgevingsfactoren waar een organisme, populatie of gemeenschap leeft.”
Een soort leeft vaak in verschillende habitats al naar gelang het seizoen of het levensstadium (De Jong, 1999). Ter verduidelijking: zoals een ecotoop soorten heeft, heeft een soort dus verschillende habitats (Dankers, 1996 in: Dankers *et al.* 2001).

Habitatkaart: Relevante abiotische parameterwaarden voor één soort kunnen gebruikt worden om een kaart te maken die de potentiële plaats en (relatieve) geschiktheid van habitats voor die soort tonen.

Epibenthisch: levend op de bodem

Estuarium: overgangsgebied tussen één (of meerdere) rivier(en) en de zee, waar de watermassa in beweging is onder invloed van de rivierwaterafvoer en het getij, bestaande uit 3 zones: 1) een zoetwatergetijdengebied, 2) een brak middengebied en 3) een euhaliene kustzone.

Euhalien: zone met een chloridegehalte boven de 17 g Cl⁻

Euryhalien: sterke schommelingen of veranderingen in saliniteit verdragend

Gors: zie Kwelder

Infauna: dieren die in de bodem leven

Klei: sedimentpartikels < 2 µm

Kwelder: buitendijks gebied met een zoutminnende vegetatie, die regelmatig door zout water wordt overspoeld

Macrobenthos: organismen die op of bij de bodem leven en groter zijn dan +/- 1 mm.

Macrofauna: alle dieren groter dan +/- 1 mm.

Mesohalien: zone met een chloridegehalte van 3 tot 10 g Cl⁻

Nekton: alle organismen die zwemmen in de waterkolom

Oligohalien: zone met een chloridegehalte van 0.3 tot 3 g Cl⁻

Plankton: alle organismen in de waterkolom die zich niet onafhankelijk van de stroming kunnen voortbewegen

Polyhalien: zone met een chloridegehalte van 10 tot 17 g Cl⁻

Schor: zie Kwelder

Sessiel: vastgehecht aan hard substraat

Slib: sedimentpartikels < 63 µm

Stenohalien: levend in wateren met een stabiele saliniteit

Suspensionfeeders: benthos dat zich voedt door partikels uit de waterkolom te filteren (ook wel filterfeeders genoemd)

Bijlage 2. Groepering van watersystemen

Uit: Wolfert (1996). De waterwegen die vallen onder het Brakwater-Ecotopen-Stelsel zijn dikgedrukt. Niet alle brakke wateren zijn vermeld in deze groepering.

Watersystemen (naar Luiten en Van Buuren, 1994)	Fysisch Geografische Regio's (naar Bal <i>et al.</i> 1995)	Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels
<u>Zoet</u>		
Grensmaas Gestuwde Maas Bovenrijn/Waal/Boven Merwede Nederrijn/Lek tot Schoonhoven IJssel	Rivierengebied	Grote rivieren
Getijde-beïnvloede Maas Biesbosch-gebied Benedenrivieren Zuidrand Zoetwatergetijderivieren Benedenrivieren Noordrand	Zeekleigebied	Zoete delta
IJsselmeer Markermeer Ketelmeer Randmeren Zuid Randmeren Oost Volkerak-Zoommeer	Afgesloten zeearmen en estuaria	Grote meren
Maasplassen Maaskanalen Twenthekanalen Amsterdam-Rijnkanaal Noordzeekanaal Zeeuwse kanalen		Kanalen
<u>Zout</u>		
Grevelingenmeer	Afgesloten zeearmen en estuaria	Zoute meren
Westerschelde Oosterschelde Eems-Dollard Waddenzee West Waddenzee Oost	Getijdengebied (wadden, estuaria)	Zoute delta
Voordelta Kustzone Zuidelijke Noordzee Centrale Noordzee	Noordzee	Noordzee

Bijlage 3. Soortencomplexen in brak water

Distribution of soft-bottom species over the salinity gradient from the North Sea to the rivers.

A North Sea	B Lower reaches of estuaries	C Middle reaches of estuaries	D Upper reaches of estuaries	E Rivers
Very stable, high salinity Exposed	Stable, high salinity Sheltered	Unstable, medium salinity Sheltered	Stable low salinity Sheltered	Stable low salinity Sheltered
<u>Restricted to A</u> (types 1, 2) 44 species	<u>Restricted to B</u> (type 4) 17 species	<u>Restricted to C</u> (type 6) Boccardia ligierica Rhithropanopeus harrisi Cyathura carinata Leptocheirus pilosus Corophium multisetosum	<u>Restricted to D</u> (type 8) Perforatella rubiginosa Erpobdella monostrata Haemopsis sanguisuga Glossiphonia heteroclita	<u>Restricted to E</u> (type 9) 4 species
<u>Restricted to A and B</u> (types 2, 3, 4) 104 species				
(Talitrus saltator) (Talorchestia deshayesii)	<u>Restricted to A, B and C</u> (type 5) Macoma balthica Mya arenaria Eteone longa Heteromastus filiformis Crangon crangon Carcinus maenas		<u>Restricted to D and E</u> (type 9) 22 species	
	<u>Restricted to B and C</u> (types 5, 6) Nereis succinea Polydora ligni Pygospio elegans (Orchestia gammarella) Assiminea grayana Limapontia depressa Alderia modesta Streblospio shrubsolei Manayunkia aestuarina Neomysis integer Sphaeroma rugicauda Gammarus salinus Corophium volutator			
	<u>Restricted to B, C and D</u> (type 6) Nereis diversicolor			
		<u>Restricted to C and D</u> (type 7) Gammarus zaddachi	Pseudamnicola confusa	
		<u>Restricted to C, D and E</u> (types 7, 8) Potamopyrgus jenkinsi Limnaea peregra Trocheta bykovskii (Orchestia cavimana)		
<u>Migrating species</u> (type 10) Eriocheir sinensis				

Distributie van het benthos van zacht substraat van de grote rivieren (Rijn, Maas en Schelde) tot aan de Noordzee (Wolff, 1973). Zoals vermeld in paragraaf 2.2 komen zeven van de tien* groepen brakwatersoorten die worden onderscheiden voor in verschillende saliniteitszones.

*In totaal worden dertien soortencomplexen onderscheiden; migrerende soorten en soorten die exclusief voorkomen in de Noordzee of de rivieren zijn echter geen brakwatersoorten.

Bijlage 4. Vissen in brak water

Hieronder volgt een (niet geheel volledige) opsomming van vissen die regelmatig in estuaria aangetroffen kunnen worden. In Nederland komen slechts weinig soorten voor die vrijwel exclusief in estuaria leven. Vissen die incidenteel kunnen worden aangetroffen zijn niet vermeld. Bronnen: (Muus *et al.* 1999; Davidson *et al.* 1991; De Boer en Wolff, 1996; Ysebaert *et al.* 2001, De Leeuw en Backx, 2001). Diadrome vissen migreren tussen zee en rivier; anadrome vissen migreren van zee of estuarium naar rivieren om te paaieren, katadrome vissen migreren van de rivieren naar zee of estuarium. Kinderkamersorten zijn mariene soorten die in zee paaieren maar waarvan de eieren en larven naar estuaria worden getransporteerd door de zeestroming. De larven groeien op in de voedselrijke estuaria en trekken als juvenielen terug naar zee.

Bij de estuariene soorten staan ook mariene soorten die vaak in estuaria voorkomen vermeld.

Zoetwatervissen:	o.a. snoek <i>Esox lucius</i> , snoekbaars <i>Stizostedion lucioperca</i> , baars <i>Perca fluviatilis</i> , blankvoorn <i>Rutilus rutilus</i> , pos <i>Gymnocephalus cernuus</i> , brasem <i>Abramis brama</i> , karper <i>Cyprinus carpio</i> , winde <i>Leuciscus idus</i> , kwabaal <i>Lota lota</i> .
Anadrome vissen:	rivierprik <i>Lampetra fluviatilis</i> , zee-prik <i>Petromyzon marinus</i> , zalm <i>Salmo salar</i> , spiering <i>Osmerus eperlanus</i> , zeeforel <i>Salmo trutta</i> , steur <i>Acipenser sturio</i> , fint <i>Alosa fallax</i> , elft <i>Alosa alosa</i> .
Katadrome vissen:	aal <i>Anguilla anguilla</i> , dunlipharder <i>Liza ramada</i> , goudharder <i>L. aurata</i> en diklipharder <i>Chelon labrosus</i> , bot <i>Plathyctys flesus</i> , grote marene <i>Coregonus lavaretus</i> (= houting).
Kinderkamersorten:	o.a. schol <i>Pleuronectes platessa</i> , schar <i>Limanda limanda</i> , tarbot <i>Scophthalmus maximus</i> , <i>S. rhombus</i> , tong <i>Solea solea</i> , haring <i>Clupea harengus</i> , zeebaars <i>Dicentrarchus labrax</i> , steenbolk <i>Trisopterus luscus</i> , wijting <i>Merlangius merlangus</i> , pollak <i>Pollachius pollachius</i> , kabeljauw <i>Gadus morhua</i> , zeebrasem <i>Pagellus bogaraveo</i> , roodbaars <i>Sebastes marinus</i> , zee- <i>karper</i> <i>Spondylusoma cantharus</i> , rode poon <i>Trigla lucerna</i>
Estuariene soorten:	o.a. dikkopje <i>Potamoschistus minutus</i> , brakwatergrondel <i>P. microps</i> , Lozano's grondel <i>P. lozanoi</i> , zwarte grondel <i>Gobius niger</i> , glasgrondel <i>Aphia minuta</i> , kleine zeenaald <i>Syngnathus rostellatus</i> , grote zeenaald <i>S. acus</i> , trompetterzeenaald <i>S. typhle</i> , slakdolf <i>Liparis liparis</i> , zeedonderpad <i>Myoxocheilus scorpius</i> , tiendoornige stekelbaars <i>Pungitius pungitius</i> , driedoornige stekelbaars <i>Gasterosteus aculeatus</i> , zeestekelbaars <i>Spinachia spinachia</i> , puitaal <i>Zoarces viviparus</i> , vorskwab <i>Raniceps raninus</i> , ansjovis <i>Engraulis encrasicolus</i> , sprot <i>Sprattus sprattus</i> , zandspiering <i>Ammodytes tobianus</i> , harnasmannetje <i>Agonus cataphractus</i> , kleine koornaarvis <i>Atherina boyeri</i> .

Bijlage 5. Diatomeeën in brak water

Remane en Schlieper (1971) noemen een aantal soorten diatomeeën karakteristiek voor brakwaterzones. De zone met diatomeeën van 4.4 tot 11.1 g Cl⁻ komt grotendeels overeen met de mesohaliene zone. De zone van 1.1 tot 5.6 g Cl⁻ komt overeen met de oligohaliene zone en het zoetere deel van de mesohaliene zone (de α -mesohaliene zone). De euryhaliene soorten zijn hier niet vermeld omdat ze slechts beperkt van nut zijn bij brakwaterclassificaties.

Mesohaliene soorten: o.a. *Synedra gailloni*, *Achnanthes brevipes*, *Diploneis smithi*, *Navicula peregrina*, *N. digitoradiata*, *Nitzschia circumscuta*, *N. punctata*.

Oligohaliene en

α -mesohaliene soorten: o.a. *Cyclotella striata*, *Coscinodiscus normani*, *C. lacustris*, *Synedra affinis*, *Achnanthes delicatula*, *Mastogloia brauni*, *M. elliptica*, *Caloneis formosa*, *Diploneis interrupta*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Navicula crucigera*, *N. mutica*, *N. salinarum*, *N. rhynchocephala*, *N. viridula*, *N. humerosa*, *Amphora commutata*, *Rhopalodia gibberula*, *R. musculus*, *Bacillaria paradoxa*.

