



Fred Twisk, Deltares

Willem van Loon, Rijkswaterstaat Waterdienst

Tom Ysebaert, NIOO-CEME / IMARES

Peter Herman, NIOO-CEME

# KRW-beoordeling van macrofauna in kust- en overgangswateren met BEQI

**Voor de beoordeling van de toestand van macrofauna in de Nederlandse kust- en overgangswateren zijn maatlatten ontwikkeld, gebaseerd op de Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI). Deze methode gaat uit van een ecosysteembenadering en maakt niet alleen gebruik van informatie over de macrofauna zelf maar ook over zijn leefgebieden en voedselbronnen. Zo is het mogelijk directe en indirecte effecten van door de mens veroorzaakte druk te signaleren. De methode overstijgt de beoordeling van individuele meetpunten en maakt het mogelijk voor een waterlichaam als geheel op een betrouwbare manier vast te stellen of de toestand van de macrofauna afwijkt van een gekozen referentie.**

De Kaderrichtlijn Water (KRW) verplicht de Europese lidstaten ervoor te zorgen dat hun oppervlaktewateren per 2015 in tenminste een goede ecologische toestand verkeren. De beoordeling van die toestand gebeurt aan de hand van internationaal afgestemde maatlatten (intercalibratie). Binnen de kust- en overgangswateren zijn de Nederlandse waterlichamen gegroepeerd in vijf watertypen (zie afbeelding 1). Per type zijn biologische maatlatten ontwikkeld voor het fytoplankton, hogere planten, macrofauna en voor sommige typen ook vissen. Als ecologie-ondersteunende parameters worden ook de fysisch-chemische toestand, de toestand van overige relevante stoffen en, zij het beperkt, de hydromorfologische toestand beoordeeld.

De maatlatten worden toegepast op de nationale waterlichamen. Welke maatlat gebruikt wordt hangt af van het watertype waartoe een waterlichaam behoort. Verkeert een waterlichaam volgens de combinatie van beoordelingen niet in een goede ecologische toestand, dan moeten in principe herstelmaatregelen worden getroffen.

In dit artikel wordt de methodiek voor macrofauna gepresenteerd, die is ontwikkeld voor de categorie natuurlijke wateren. Onder de macro- of bodemfauna verstaan we de dieren die achterblijven nadat een waterbodemmonster is uitgespoeld op een zeef

met een maaswijdte van één millimeter. Het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) heeft in opdracht van Rijkswaterstaat de Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI) ontwikkeld<sup>1,4)</sup>. Met enkele aanpassingen zijn de daarop gebaseerde maatlatten vervolgens vastgesteld<sup>2)</sup> en toegepast<sup>3)</sup>. Beoordeling vindt eerst plaats met de maatlatten voor natuurlijke wateren, ook als een waterlichaam de status 'sterk veranderd' heeft. Het resultaat dient als basis voor de beschrijvingen van de toestand van de macrofauna, zoals die wordt opgenomen in de stroomgebiedsbeheerplannen die aan de Europese Unie worden gerapporteerd.

## Beoordelingseisen voor macrofauna

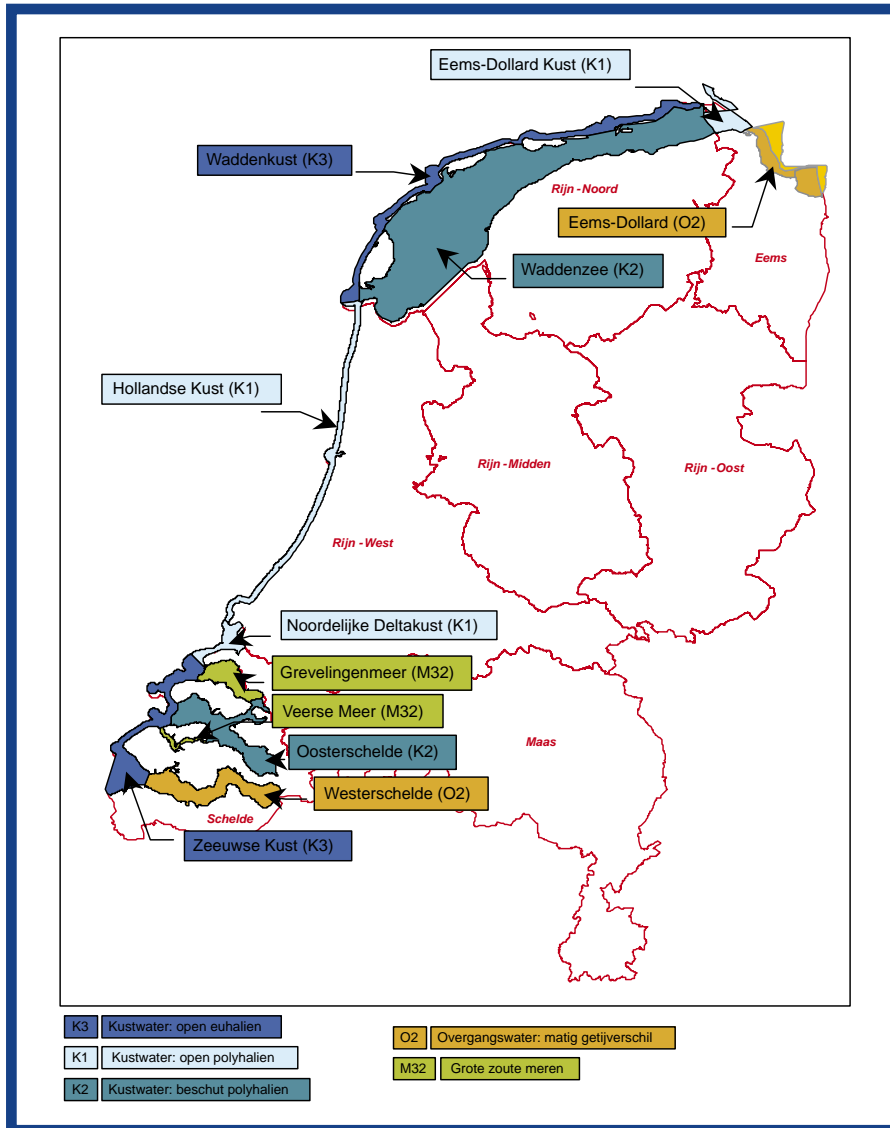
Voor de beoordeling van de ecologische toestand vraagt de KRW om een uitspraak over de structuur en het functioneren van het aquatische ecosysteem in vergelijking met de natuurlijke situatie, dat wil zeggen met weinig of geen antropogene verstoring. Kenmerkend voor de structuur van de macrofauna is onder meer de diversiteit aan soorten, terwijl de rollen als consument van algen en als voedselbron voor vogels en vissen belangrijk zijn voor het functioneren. Als basis voor de maatlatten dienen de in de KRW vastgelegde normatieve definities van de ecologische kwaliteitsklassen (zie richtlijn 2000/60/EG, bijlage 5, tabel 1.2).

Volgens die definities is sprake van een zeer goede toestand wanneer diversiteit en

abundantie binnen de grenzen blijven die normaal zijn voor onverstoorde wateren. Verder moeten alle verstoringgevoelige taxa aanwezig zijn. De kwaliteit neemt af naarmate diversiteit en abundantie verder buiten de normale grenzen liggen en/of de verhouding gevoelige/ongevoelige soorten kleiner wordt. De ecologische kwaliteit wordt uitgedrukt in een ecologische kwaliteitsratio (EKR) op een schaal van 0 tot 1. Een maatlat kent vijf klassen: zeer goed (0,8-1), goed (0,6-0,8), matig (0,4-0,6), ontoereikend (0,2-0,4) en slecht (0-0,2). Met name de grens tussen de klassen goed en matig (EKR 0,6) is belangrijk, omdat in geval van een matige (of nog slechtere) toestand in principe herstelmaatregelen moeten worden genomen die het ecosysteem in de goede toestand terugbrengen. Enkele belangrijke aspecten voor de keuze van een maatlat zijn de beschikbaarheid van informatie uit referentiesituaties, het betrouwbaar signaleren van afwijkingen van de natuurlijke toestand en de koppeling van die signalen aan menselijke drukken.

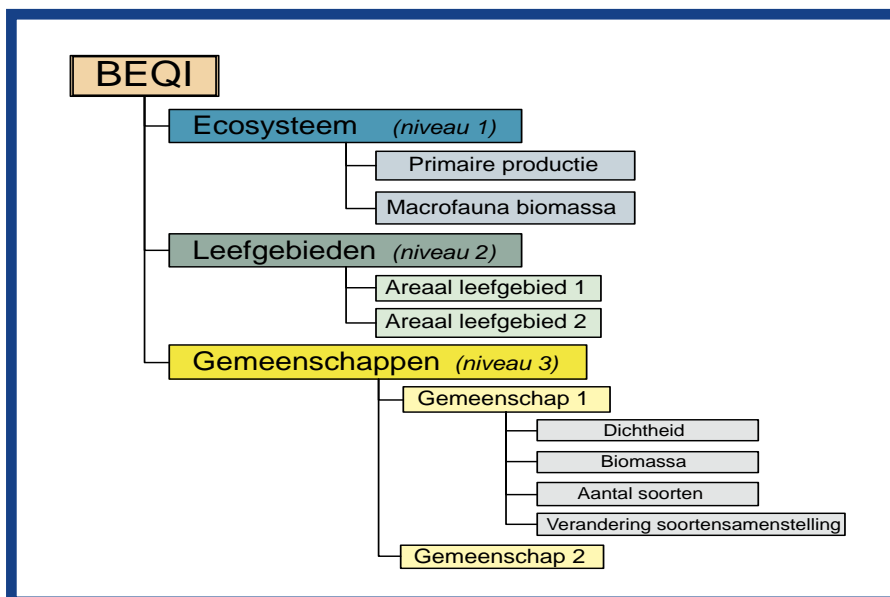
## De BEQI-methode

De BEQI-methode maakt gebruik van informatie op drie niveaus, omdat de effecten van menselijke drukken zich op verschillende schalen kunnen manifesteren en alleen zo een beoordeling van een waterlichaam als geheel is te verkrijgen. De gegevens op niveau 3 hebben betrekking op kenmerken van bodemfaunagemeenschappen binnen



**Afb. 1:** Kustwateren en overgangswateren waarin macrofauna is beoordeeld met de BEQI-methode. De elf waterlichamen behoren tot vijf watertypen: drie open polyhaliene kustwateren (K1), twee beschutte polyhaliene kustwateren (K2), twee open euhaliene kustwateren (K3), twee overgangswateren met matig getijverschil (O2) en twee grote (brakke tot) zoute meren (M32).

**Afb. 2:** Hierarchische opbouw van de Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI): op niveau 3 worden vier parameters gebruikt om macrofaunagemeenschappen binnen ecotopen te karakteriseren, op niveau 2 wordt de omvang van leefgebieden bepaald en op niveau 1 de verhouding tussen de macrofaunabiomassa en primaire productie in het gehele waterlichaam.



bepaalde ecotopen (dichtheid, biomassa, soortenrijkdom en soortensamenstelling). Verder worden in beschouwing genomen de omvang van leefgebieden (niveau 2; een leefgebied is een verzameling van enkele ecotopen) en de verhouding tussen de hoeveelheid bodemfauna en de algenproductie in het waterlichaam als geheel (niveau 1) (zie afbeelding 2). Uit meetgegevens worden eerst deelscores berekend die voor elk onderdeel van de maatlat de ecologische kwaliteit uitdrukken op een schaal van 0 tot 1. Vervolgens worden die scores - deels na weging - geaggregeerd, zodat ook de eindscore (EKR) tussen 0 en 1 ligt.

**Referenties**

De KRW vraagt om een vergelijking van de actuele toestand met een niet of nauwelijks door menselijke activiteiten beïnvloede referentiesituatie. Aan die eis kan voor Nederlandse estuaria en kustwateren niet worden voldaan, omdat de invloed op natuurlijke processen daarvoor te groot is en al te lang plaatsvindt. Ook elders in Europa zijn geen ongestoorde kust- en overgangswateren te vinden die met de Nederlandse te vergelijken zijn. Uit praktische overwegingen zijn daarom voor elk van de drie BEQI-niveaus de beste (historische) gegevens bijeengebracht die een kwantificering van een referentiesituatie mogelijk maken. De index richt zich op het signaleren van veranderingen ten opzichte van deze referentie.

De oudste Nederlandse gegevens op niveau 3 zijn afkomstig uit de jaren '70. Gegevens uit jaren met overduidelijke kortstondige menselijke verstoringen zijn uit de referentiedataset gelaten, maar het staat vast dat de overblijvende waarnemingen niet helemaal vrij zijn van menselijke invloed. Arealen van leefgebieden (niveau 2) zijn zoveel mogelijk bepaald met behulp van kaartmateriaal uit de eerste helft van de 20e eeuw. Literatuur over relatief ongestoorde kust- en overgangswateren in binnen- en buitenland wijst op het bestaan van een min of meer vaste verhouding tussen de macrofaunabiomassa en de primaire productie op grotere schaal (niveau 1). Die verhouding is gekozen als referentiewaarde voor niveau 1.

**Betrouwbare bepaling van afwijkingen van referentieniveau 3**

In kust- en overgangswateren vertoont het voorkomen van de macrofauna veel natuurlijke variatie, zowel in de ruimte als in de tijd. Samenstelling en hoeveelheid zijn alleen te bepalen door steekproefgewijs monsters van de bodem te nemen. Vanwege de hoge kosten die daarmee gemoeid zijn, beperkt de bemonstering - die Rijkswaterstaat organiseert - zich tot hooguit enkele vierkante meters per waterlichaam per jaar. Een goede steekproef maakt het mogelijk onderscheid te maken tussen natuurlijke variatie en systematische veranderingen door menselijke druk.

Factoren als zoutgehalte, stroomsnelheid, overspoelingsduur en slibgehalte bepalen naast biologische factoren (competitie, predatie) in belangrijke mate de variatie in bodemfaunamenstelling. De BEQI-

methode analyseert de natuurlijke variatie van macrofaunagemeenschappen binnen ecotopen. Op basis van steekproeven en een geschikte statistische analyse is te bepalen wat de normale eigenschappen van die gemeenschappen zijn en wanneer sprake is van afwijkingen. Voor gemeenschappen is gekozen omdat een beoordeling op basis van slechts enkele soorten een aanzienlijke kans geeft op verlies van relevante informatie over de toestand, met als gevolg een verhoogd risico op misclassificatie.

De BEQI-methode past technieken toe waarmee aselecte trekkingen gedaan worden uit referentiedatasets. Zo wordt bepaald welke dichtheid, biomassa e.d. bij een toevallige trekking vaak voorkomen en welke uitzonderlijk zijn. De waarden die in minder dan vijf procent van de trekkingen voorkomen worden gezien als uitzonderlijk en zijn mogelijk toe te schrijven aan antropogene verstoring. De, algemeen geaccepteerde, vijf procent significantiegrens wordt gelijkgesteld aan de grens tussen de klassen goed en matig (zie afbeelding 3). Naarmate de trekkingen uit meer monsters bestaan worden de dichtheid, biomassa e.d. nauwkeuriger geschat. Voor de toepassing van de maatlaten levert dat belangrijke informatie op: een groter aantal monsters (c.q. grotere bemonsteringsoppervlakte) maakt een betrouwbaarder beoordeling mogelijk. Aanvankelijk verbetert de beoordeling snel, maar gaandeweg neemt de toegevoegde waarde van informatie uit extra monsters af. Op basis van dit soort curves is per waterlichaam en ecotoop bepaald welke oppervlakte minimaal bemonsterd zou moeten worden voor een voldoende betrouwbare beoordeling.

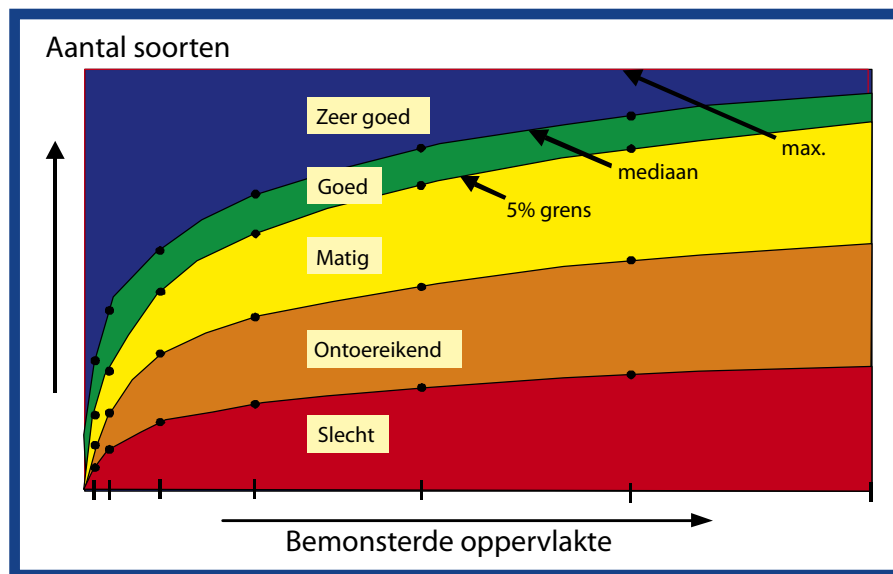
### Verband tussen de BEQI-beoordeling en menselijke druk

Voor allerlei menselijke activiteiten in kust- en overgangswateren zijn effecten op de macrofauna beschreven. Belasting met organisch materiaal, bodembereoerende visserij, baggeren en storten, introductie van exoten en de lozing van toxische stoffen kunnen de toestand van de macrofauna op diverse manieren beïnvloeden.

De volgende voorbeelden illustreren de wijze waarop effecten met de BEQI-methode kunnen worden vastgesteld.

Mechanische kokkelvisserij heeft in de Waddenzee mogelijk geleid tot verschuivingen in de samenstelling van macrofaunagemeenschappen in bepaalde ecotopen. Dergelijke verschuivingen kunnen tot uitdrukking komen op niveau 3 van de BEQI-maatlat. Hydromorfologische ingrepen, zoals de bouw van de stormvloedkering en compartimenteringsdammen in de Oosterschelde, inpolderingen en het verruimen van de vaargeul in de Westerschelde, hebben geleid tot verlies van intergetijdengebied en ondiep water zones en de daarvan afhankelijke macrofauna. Niveau 2 van de maatlat signaleert dit type effecten.

In een estuarium nabij San Francisco trad overbegrazing van het fytoplankton op nadat



**Afb. 3:** De invloed van de bemonsterde oppervlakte op het aantal waargenomen soorten. De getoonde kansverdelingen zijn berekend met behulp van de analysesresultaten van de bemonsteringen, welke statistisch zijn verwerkt met een bootstrap-techniek. Naarmate het bemonsteringsoppervlak toeneemt naderen de curves de ware waarden. De mediane curve is de grens tussen de klasse goed en zeer goed. De 5% curve is de grens tussen de klasse matig en goed.

een uit Azië aangevoerde schelpdiersoort zich explosief uitbreidde<sup>1)</sup>. Daarop volgde een reeks verschuivingen in de voedselketens met uiteindelijk ook veranderingen in het voorkomen van vissen en vogels als gevolg. Op niveau 1 van de maatlat wordt zo'n onbalans aan de basis van de voedselketen (algen en macrofauna) vastgesteld.

### Toepassing voor het 'toetsjaar 2007'

De methode is toegepast op elf waterlichamen (zie afbeelding 1) om een beoordeling te verkrijgen voor het 'toetsjaar 2007'. Vanwege de jaar-op-jaar variatie zijn voor een betrouwbare beoordeling macrofaunagegevens uit tenminste drie opeenvolgende jaren nodig. Daarom zijn metingen uit de drie recentste meetjaren gebruikt. Op niveau 3 is, conform de maatlat, voorlopig één gemeenschap per watertype meegenomen in de analyse<sup>2)</sup>. De resultaten zijn samengevat in de tabel.

Voor het Grevelingenmeer is met de BEQI een algemene verarming van de macrofauna in het ondiepe water geconstateerd. Al langer is bekend dat in de diepe putten van het meer zuurstofloosheid optreedt. Van recenter datum zijn verschijnselen als oestersterfte in de zomer en de ontwikkeling van witte matten van sulfide-oxiderende bacteriën op de bodem die zich ook uitstrekken tot de ondiepwaterzone.

Om de verslechterende waterkwaliteit van het Veerse Meer een halt toe te roepen werd in 2004 een open verbinding met de zoute Oosterschelde in gebruik genomen. Als referentie dienen macrofaunagegevens uit het zoute Grevelingenmeer, die zich daar beter voor lenen dan gegevens uit het oude, brakke Veerse Meer. Met name de soortensamenstelling laat, zo kort na de ingreep, nog grote verschillen zien met die referentie. Voor de Eems-Dollard werd bij gebrek aan gegevens geen goed beeld verkregen. De arealen van

de beoordeelde leefgebieden komen vrijwel overeen met de referentiewaarden.

De kenmerken van de beoordeelde macrofaunagemeenschap in de Westerschelde komen goed tot zeer goed overeen met de referentie. De arealen slik, ondiep water en met name mosselbanken zijn, als gevolg van hydromorfologische veranderingen, echter kleiner dan in de referentieperiode. De analyse van gegevens uit de Noordzeekustzone laat consequent hogere biomassa's zien dan de referentiewaarden van de beoordeelde gemeenschap. De Amerikaanse zwaardschede, een recentelijk door de mens geïntroduceerd schelpdier, levert daaraan een grote bijdrage.

Voor de Waddenzee vallen de waarden van veel parameters in de klassen goed en zeer goed. Alleen de soortensamenstelling van de beoordeelde gemeenschap en het areaal aan droogvallende mosselbanken scoren matig. Dat areaal neemt als gevolg van beschermingsmaatregelen in de oostelijke Waddenzee sinds een aantal jaren weer toe, maar heeft nog niet het referentieniveau bereikt. De eindbeoordeling voor de Oosterschelde is 'goed'. Wel is het aandeel natuurlijke mosselbanken en intergetijdengebied in de Oosterschelde (veel) kleiner dan in de referentieperiode. Mosselbanken zijn tegenwoordig vrijwel beperkt tot kweekpercelen. Daarnaast hebben de Oosterscheldewerken niet alleen geleid tot een direct verlies van intergetijdengebied, maar ook tot een verstoring van de hydromorfologische balans (zandhonger van de geulen) waardoor die afname zich voortzet.

### Internationale afstemming

Vergelijking met de maatlaten van andere landen uit de noordoost-Atlantische regio heeft tot nu toe alleen plaats kunnen vinden voor de open kustwateren en niveau 3 (gemeenschappenkenmerken). Daaruit bleek dat de beoordeling met de BEQI-maatlat

Waterlichaam	Oordeel	EKR totaal	Ekr(3)	Ekr(2)	Ekr(1)	ekr dichtheid	ekr biomassa	ekr aantal soorten	ekr soorten-samenstelling	ekr inter-getijden-gebied	ekr ondiep water	ekr mossel-banken
Grevelingenmeer	Matig	0.59	0.54	-	0.70	0.44	0.56	0.68	0.42	-	-	-
Veerse Meer	Goed	0.64	0.60	-	0.70	0.54	0.62	0.77	0.36	-	-	-
Eems-Dollard	Onbepaald	?	?	0.98	?	?	?	?	?	1.00	1.00	0.93
Westerschelde	Goed	0.61	0.72	0.45	0.70	0.64	0.69	0.85	0.70	0.39/1.00	0.41	0.00
Eems-Dollard Kust	Goed	0.64	0.62	-	0.70	0.69	0.83	0.49	0.30	-	-	-
Hollandse Kust	Matig	0.54	0.46	-	0.70	0.43	0.28	0.69	0.42	-	-	-
Noordelijke Deltakust	Goed	0.72	0.73	-	0.70	0.83	0.65	0.77	0.64	-	-	-
Waddenzee	Goed	0.75	0.84	0.69	0.70	0.92	0.76	1.00	0.53	0.80	0.80	0.48
Oosterschelde	Goed	0.63	0.73	0.49	0.70	0.46	0.92	0.88	0.59	0.54	0.94	0.00
Waddenkust	Matig	0.44	0.31	-	0.70	0.38	0.00	0.52	0.38	-	-	-
Zeeuwse Kust	Matig	0.58	0.53	-	0.70	0.62	0.25	0.71	0.52	-	-	-

Legenda: Zeer goed Goed Matig Ontoereikend Slecht

**Tabel: Ecologische kwaliteits ratio's (ekr) voor de toetsperiode 2005 – 2007. Blanco cellen betreffen parameters die voor het betreffende waterlichaam niet van toepassing of niet gemeten zijn.**

gemiddeld een klasse lager uitkomt dan de beoordeling met de andere maatlaten in deze regio<sup>9)</sup>. Dat is een gevolg van het feit dat andere maatlaten geen informatie bevatten over de macrofaunabiomassa en slechts kijken naar groepen van soorten en individuele locaties beoordelen in plaats van een heel waterlichaam. De BEQI-methode werkt, zoveel als mogelijk, met individuele soorten en neemt ook de biomassa mee, omdat bepaalde verstoringen zo beter te signaleren zijn. Dit jaar richt het intercalibratieproces zich op overgangswateren.

### Conclusies en aanbevelingen

Met de ontwikkelde methode is een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de biologische toestand van macrofaunageenschappen, hun leefgebieden en de interactie tussen de macrofauna en zijn voornaamste voedselbron (algen). Deze ecosysteembepaling overstijgt de beoordeling van individuele meetpunten en richt zich op gehele waterlichamen. De verschillende onderdelen van de maatlat lenen zich voor het traceren van de menselijke druk die eventueel verantwoordelijk is voor een waargenomen afwijking van de goede toestand.

Toegepast op open kustwater oordeelt de BEQI-maatlat (op niveau 3) strenger dan de maatlaten van andere landen, die nog aangepast moeten worden om gehele waterlichamen te kunnen beoordelen. De intercalibratie zal worden uitgebreid met overgangswateren. Hopelijk zullen de andere methodes zich dan ook gaan richten op een integralere waterlichaambeoordeling. Elke verandering van soortensamenstelling, dus ook de introductie van niet-inheemse soorten (exoten), levert met de BEQI-maatlat een verlaging van de score voor niveau 3 op. Zo'n introductie kan tot een verstoring van het ecosysteem leiden, maar zeker is dat niet. Het is bovendien niet zeker dat beheer iets aan die toestand kan veranderen. Het is daarom wenselijk om een evaluatiemethode te gaan ontwikkelen die de ernst van de verstoring, het nut van maatregelen en eventueel de aanpassing van de referentie aan de nieuwe situatie in beschouwing neemt.

Voorlopig is de beoordeling van niveau 3 (toetsjaar 2007) beperkt gebleven tot één gemeenschap binnen elk waterlichaam. Beter is het, de beoordeling met enkele belangrijke gemeenschappen uit te breiden, om een completer beeld te krijgen van eventuele

effecten van menselijke drukken. Die effecten kunnen immers verschillen van gemeenschap tot gemeenschap. Het is de bedoeling de maatlaten in die zin uit te breiden. De aanvullende gegevens worden in de meeste gevallen al door Rijkswaterstaat verzameld.

### LITERATUUR

- 1) Van Hoey G., J. Drent, T. Ysebaert en P. Herman (2007). The Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive. Netherlands Institute of Ecology - Centre for Estuarine and Marine Ecology (NIOO-CEME). Rapport 2007-02.
- 2) Van der Molen D. en R. Pot (red) (2007). Referenties en maatlaten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA. Rapport 2007-32.
- 3) Twisk F. (2008). Beoordeling ecologische toestand van de macrofauna in de zoute Rijkswateren, toetsjaar 2007. Toepassing van Kaderrichtlijn Water-maatlaten voor natuurlijke watertypen. Deltares. Rapport T2430.
- 4) Ysebaert T., I. de Mesel en P. Herman (2008). Kaderrichtlijn Water - Achtergronddocument Zoute Macrofauna 2008. IMARES. Rapport C076/08.
- 5) GIG (2008). WFD intercalibration technical report. Part 3 - Coastal and Transitional Waters.