

Ontwerp-ecotopenstelsel Kustwateren

Voorstel voor classificatie en advies voor validatie

N. Dankers, W.E. van Duin, M.F. Leopold, G.F.P. Martakis,
C.J. Smit, D.C. van der Werf & H.P. Wolfert



Alterra-rapport 177, ISSN 1566-7197

Ontwerp-ecotopenstelsel Kustwateren

Ontwerp-ecotopenstelsel Kustwateren

Voorstel voor classificatie en advies voor validatie

N. Dankers

W.E. van Duin

M.F. Leopold

G.F.P. Martakis

C.J. Smit

D.C. van der Werf

H.P. Wolfert

Alterra-rapport 177

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

Dankers, N., Duin, W.E. van, Leopold, M.F., Martakis, G.F.P., Smit, C.J., Werf, D.C. van der, Wolfert, H.P., 2001. *Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren; voorstel voor classificatie en advies voor validatie*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 177. 72 blz. 2 fig.; 14 tab.; 72 ref.

Ontwerp van een ecotopenstelsel voor de Nederlandse kustwateren. Indeling van 28 sublitorale, litorale en supralitorale ecotopen met de fysische parameters diepteligging (drie klassen), droogvaltijd (vier klassen), overspoelingsfrequentie (vijf klassen), dynamiek (drie klassen), substraat (vijf klassen), zoutgehalte (twee klassen) en een biologische parameter voor mosselbanken en zeegrasvelden. Van alle ecotopen wordt de ligging en ecologische inhoud beschreven. De aansluiting met de EUNIS Marine Habitat Classification, het Benedenrivier-Ecotopenstelsel en een classificatie van terrestrische kustbroedvogelecotopen wordt besproken. Voor validatie en calibratie wordt een canonische correspondentieanalyse voorgesteld, allereerst met een beperkte dataset.

Trefwoorden: Classificatie, ecotopen, hydrodynamiek, morfodynamiek, kust, Waddenzee, estuarium

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 177. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder duidelijke bronvermelding.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Doel	14
1.3 Werkwijze en opzet rapport	15
2 Toepassingen en vereisten	17
2.1 Toekomstige projecten	17
2.2 Vereisten voor het stelsel	18
3 Het ontwerp-ecotopenstelsel	21
3.1 De classificatie	21
3.2 Fysische parameters	26
3.3 Kartering en voorspelling	29
4 Ecologische beschrijving	31
4.1 Sublitorale ecotopen	31
4.2 Litorale ecotopen	38
4.3 Supralitorale ecotopen	45
5 Aansluiting andere classificatiesystemen	51
5.1 EUNIS Marine Habitat Classification	51
5.2 Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel	52
5.3 Kustbroedvogelhabitats	55
6 Advies voor validatie	57
6.1 Inleiding	57
6.2 Calibratie en validatie	59
6.3 Statistische eisen aan de dataset	62
6.4 Voorstel	63
Literatuur	65
<i>Bijlage</i>	
Geraadpleegde personen/instanties	71

Woord vooraf

Dit rapport beschrijft de resultaten van een onderzoek naar een ecotopenstelsel voor de kustwateren, dat is uitgevoerd door Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ. Het is één van de onderdelen van het RIKZ-project RUIMTECOL, waarin kennis van relaties tussen menselijke activiteiten en het ecologisch functioneren wordt ontwikkeld en bruikbaar en beschikbaar gemaakt voor beheerders en beleidsmakers. Vrijwel gelijktijdig is door het Waterloopkundig Laboratorium het project RUIMTECOL*PROCES uitgevoerd, waarin onderzoek verricht werd naar de systeemp parameters die van belang zijn bij de vorming van ecotopen.

Dit rapport omvat de resultaten van het eerste deel van een onderzoek naar een ecotopenstelsel voor de kustwateren. Het richt zich op het ontwerp van een stelsel en een advies voor validatie daarvan. De validatie zelf zal in een vervolgstudie aan de orde komen. In afwachting van deze kwaliteitstest wordt het hier gepresenteerde stelsel als een concept beschouwd en daarom nog niet direct gepubliceerd als rapport in de reeks van de Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels RWES, waarin de ecotopenstelsels voor de ander grote watersystemen zijn opgenomen.

Het project is uitgevoerd door de volgende medewerkers van Alterra: N. Dankers, W.E. van Duin, M.F. Leopold en C.J. Smit (inhoudelijke kennis van het kustecosysteem), G.F.P. Martakis en D.C. van der Werf (data-analyse en statistische technieken) en H.P. Wolfert (opzet ontwerp-ecotopenstelsel en projectleiding). Van de zijde van het RIKZ is het hier beschreven project begeleid door F. Twisk (projectbegeleider) en J. Graveland.

Daarnaast is dankbaar gebruik gemaakt van adviezen van J. Craeymeersch (RIVO), K. Hostens (Universiteit van Gent), J. van der Meer (NIOZ) en M. de Vries (WL) en is informatie over toepassingen verkregen van T.H.L. Claassen (RWS-directie Noord-Nederland), M. Ohm (RWS-directie Zuid-Holland), C. Storm (RWS-directie Zeeland), M. van Wieringen (RWS-directie Noord-Holland).

Voor zover in de tekst van dit rapport niet gerefereerd wordt aan andere publicaties of persoonlijke mededelingen gaat het om de mening van de auteurs.

Samenvatting

Voor het opstellen en evalueren van beleids- en beheersmaatregelen die gevolgen hebben voor het ecologisch functioneren van de Nederlandse kustwateren bestaat behoefte aan een classificatiesysteem van ecotopen. Doel van dit onderzoek was (1) een ontwerp van een ecotopenstelsel op basis van literatuur en kennis van onderzoekers en beheerders, en (2) een advies over de manier waarop dit ontwerp met data en statistische methoden gevalideerd en gecalibreerd kan worden. Het ontwerp-ecotopenstelsel omvat het Nederlandse deel van de Waddenzee, de Deltawateren, inclusief de Voordelta, en de kustzone tot de 20 m – NAP dieptelijn in de Noordzee.

Beleidsthema's omvatten het ontwikkelen van nieuwe havenbekkens, kustlocaties en eilanden in zee, het vergroten van de veerkracht van de kust en de veiligheid, en het herstellen van natuurlijke dynamiek en gradiënten. Voor de evaluatie van zowel beleid als maatregelen (in bijvoorbeeld scenariostudies en monitoring) wordt een belangrijke rol aan het ecotopenstelsel toegedacht. Vereisten voor het stelsel zijn derhalve: een sterke nadruk op de fysische parameters, een goede ecologische beschrijving, een overzichtelijke indeling waarin alle kustregio's aan bod komen, en een goede afstemming met internationale classificaties en de ecotopen-stelsels van de aangrenzende watersystemen.

Een samenvatting van het ontwerp-ecotopenstelsel wordt gegeven in Tabel 1. Er zijn zes, fysische, ecologisch relevante basisparameters gebruikt bij de indeling, namelijk diepteligging (drie klassen), droogvaltijd (vier klassen), overspoelingsfrequentie (vijf klassen), dynamiek (drie klassen), substraat (vijf klassen) en zoutgehalte (twee klassen). Deze zijn aangevuld met een biologische parameter, omdat mosselbanken en zeegrasvelden geheel eigen leefomstandigheden creëren. Deze factoren kunnen met hun klassengrenzen goed in kaart gebracht worden; de mogelijkheden om toekomstige situaties te kunnen voorspellen met fysische modellen zijn echter nog beperkt.

Ten opzichte van eerdere voorstellen voor een indeling is een stap voorwaarts gemaakt door (1) bij de indeling een landschappelijke benadering te koppelen aan de fysische parameters, hetgeen tot uitdrukking komt in de naamgeving van ecotopen, door (2) een meer realistische indeling van de litorale zone te maken en de indeling van de sublitorale (met name die van de Noordzeekustzone) en supralitorale zones uit te breiden, hetgeen een evenwichtiger ecotopenstelsel oplevert, en (3) door van alle 28 ecotopen een globale beschrijving te geven van de ligging en de ecologische inhoud.

Tabel 1. Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren (samenvatting)

Sublitorale ecotopen	Diepte	Dynamiek	Substraat		
Intacte ebdelta	Diep s.	Hoog d.	Zand		
Onderzeese oever	Diep s.	Dynamisch	Grind-zand		
Ebdelta bij dammen en keringen	Diep s.	Dynamisch	Zand		
Zeebodem met vaste banken	Diep s.	Laag d.	Zand		
Onderzees oeverterras en -plateau	Diep s.	Laag d.	Hard		
Zeer diepe getijdengeul	Zeer diep s.	Hoog d.	Zand		
Diepe getijdengeul	Diep s.	Hoog d.	Zand		
Brandingszone	Ondiep s.	Hoog d.	Zand		
Ondiep getijdengebied	Ondiep s.	Dynamisch-laag d.	Zand-slibrijk		
Hard kunstmatig kustgedeelte	Diep-ondiep s.	Hoog d.-dynamisch-laag d.	Hard		
Litorale ecotopen	Droogval	Dynamiek	Substraat	Soort	Zout
Hoogdynamische zandplaat en strand	Laag-midden-hoog l.	Hoog d.	Zand		
Zandplaat	Laag-midden l.	Dynamisch	Zand		
Zand- en slikplaat	Laag-midden l.	Dynamisch-laag	Zand-slibrijk		
Slikplaat	Laag-midden l.	Laag d.	Slibrijk		
Priel in zand- en slikplaat	Laag l.	Dynamisch	Zand		
Mosselbank	Laag-midden l.	Dynamisch-laag d.	Zand-slibrijk	Mosselen	
Zeegrasveld	Laag-midden l.	Dynamisch-laag d.	Zand-slibrijk	Zeegras	
Hoog slik	Hoog l.	Laag d.	Slibrijk		
Hoog brakwaterslik	Hoog l.	Laag d.	Slibrijk		Brak
Harde droogvallende zeewering	Laag-midden l.	Hoog d.-dynamisch-laag d.	Hard		
Supralitorale ecotopen	Overspoelings	Dynamiek	Substraat		
Lage kwelder	Laag s.	Laag d.	Slibrijk		
Middelhoge kwelder	Middel s.	Laag d.	Slibrijk		
Beweide hoge kwelder	Hoog s.	Dynamisch-laag d.	Slibrijk		
Onbeweide hoge kwelder	Hoog s.	Laag d.	Slibrijk		
Beweide zomerpolder	Hoog s.	Dynamisch-laag d.	Slibrijk		
Onbeweide zomerpolder	Hoog s.	Laag d.	Slibrijk		
Droog strand met embryo-duinen	Hoog s.	Dynamisch	Zand		
Zeereep en duinen	Zeer hoog s.	Dynamisch	Zand		

Het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren sluit goed aan bij andere classificatiesystemen. De meeste ecotopen kunnen ingedeeld worden bij de eenheden van de Europese EUNIS Marine Habitat Classification, die qua opzet erg vergelijkbaar is, maar minder ver uitgewerkt. Voor de aansluiting met de brakke watersystemen is een goed ecotopenstelsel beschikbaar, het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel, zodat in het

ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren de nadruk ligt op de zoute ecotopen. De indelingsfactoren en klassengrenzen van beide stelsels komen goed overeen, zodat ze naast elkaar gebruikt kunnen worden. Dit geldt niet alleen in verticale zin, maar ook in horizontale wanneer er door scherpe zoet-zout overgangen sprake is van een stratificatie in de waterkolom. Binnendijs gelegen kustbroedvogelecotopen zijn niet opgenomen in het ontwerp-ecotopenstelsel omdat deze terrestrische ecotopen ingedeeld worden op basis van geheel andere factoren.

Voor de validatie en calibratie van de sublitorale en litorale ecotopen uit het ontwerp zijn er geschikte datasets aanwezig; die zijn echter erg fragmentarisch. Daarom wordt voorgesteld eerst een pilot-analyse te doen met een kleine dataset. Voorgesteld wordt om met deze dataset een canonische correspondentieanalyse (CCA) uit te voeren, inclusief ordinatie en biplots, en een interpretatie hiervan ten aanzien van validatie en onderscheidend vermogen van de ecotopen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het ecologisch functioneren van de zoute watersystemen komt steeds meer onder druk te staan. Ook in de kustwateren neemt het menselijk gebruik toe, niet alleen in verband met scheepvaart, recreatie en industrie, maar ook door nieuwe ontwikkelingen zoals een luchthaven in zee. Om een goed beheer en beleid te kunnen voeren is kennis nodig van relaties tussen menselijke activiteiten en het ecologisch functioneren. RIKZ heeft het project RUIMTECOL geformuleerd waarin deze kennis wordt ontwikkeld en bruikbaar en beschikbaar gemaakt voor beheerders en beleidsmakers.

De centrale vraagstelling van het RUIMTECOL project valt uiteen in verschillende deelvragen. Hoe kunnen negatieve aspecten van menselijk gebruik op natuur zoveel mogelijk worden beperkt? Hoe kunnen ecosystemen worden hersteld of potenties benut? Welke mogelijkheden voor natuur doen zich voor bij grote infrastructurele werken? Bij het beantwoorden van deze vragen worden de effecten van menselijk handelen op de ecologie voorgesteld als een eenvoudige oorzaak-gevolgketen. Een ingreep heeft effect op fysische factoren en processen en daarmee op gebiedskenmerken. Veranderingen in gebiedskenmerken kunnen weer gevolgen hebben voor het voorkomen van organismen.

Om de ecologische gebiedskenmerken in relatie tot de fysische factoren en menselijk gebruik te kunnen hanteren bij planvorming, inrichting en evaluatie van beleid en maatregelen, zijn ecotopenstelsels een handig hulpmiddel. Een ecotopenstelsel is een classificatiesysteem waarin de belangrijkste landschapsecologische eenheden van een watersysteem geordend zijn. Ruimtelijke veranderingen door natuurlijke processen of door ingrepen van de waterbeheerder kunnen met ecotopen in beeld worden gebracht, of van tevoren ingeschat wanneer er bij de indeling een relatie wordt gelegd met de factoren die van belang zijn bij de vorming van ecotopen.

Het begrip ecotoop is afkomstig uit de landschapsecologie (Leser, 1976). Een ecotoop wordt wel gedefinieerd als 'een ruimtelijk te begrenzen (discrete) ecologische eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling worden bepaald door abiotische, biotische en antropogene aspecten samen' (Wolfert, 1996). In samenhang met ecotopen wordt het begrip fysiotoop gebruikt voor de eenheid die homogeen is voor wat betreft de abiotische condities die van belang zijn voor de biotische aspecten. In het mariene onderzoek in Nederland worden de termen ecotoop en habitat van elkaar onderscheiden in die zin dat 'een soort een habitat heeft en een ecotoop soorten' (Dankers, 1996). De termen habitat en biotoop uit verschillende internationale classificatiesystemen (habitat: Dijkema, 1989; Davies and Moss, 1999; biotoop: Ssymank en Dankers, 1996; Connor et al., 1997) is min of meer synoniem met de term ecotoop.

In het kader van het project Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels (RWES; Wolfert, 1996) zijn voor alle grote zoetwatersystemen (rivieren, meren etc.) in Nederland ecotopenstelsels opgezet. Kenmerkend voor deze stelsels is het gebruik van indelingskenmerken die enerzijds een relatie hebben met de natuurlijke processen die tot de vorming van ecotopen leiden, en anderzijds met beheersmaatregelen die deze processen kunnen beïnvloeden. De ecotopenstelsels hebben inmiddels hun nut bewezen met de toepassing in karteringen, in onderzoek naar natuurreferenties, in de formulering van beleidsdoelen, in toekomstverkenningen en in milieu-effect-rapportages. Het gebruik van een ecotopenstelsel blijkt bij te dragen aan een betere samenwerking tussen verschillende onderzoeksdisciplines, een beter inzicht in ruimtelijke consequenties van beleid en een betere communicatie met niet-specialisten.

Ook voor het opstellen en evalueren van beleids- en beheersmaatregelen die gevolgen hebben voor het ecologisch functioneren van de Nederlandse kustwateren bestaat behoefte aan een daarop toegesneden classificatiesysteem van ecotopen. Naar analogie van de andere watersystemen is aan een voorstel voor de classificatie voor de zoute getijdenwateren in Nederland gewerkt (Dankers, 1996; Wintermans et al., 1996; Leewis et al., 1998; Maas, 1998; De Jong et al., 1998; De Jong, 1999 a en b; Van Horssen et al., 1999). Er is daarbij onderscheid gemaakt in een indeling voor het Nederlands deel van de Noordzee en voor de zoute getijdenwateren langs de kust (Van Horssen et al., 1999; De Jong, 1999).

Tevens is een GIS-methodiek ontwikkeld om ecotopenkaarten te kunnen maken (De Jong et al., 1998; Van Horssen et al., 1999). Het weergeven op kaarten is een belangrijk hulpmiddel bij het inzetten van ecologische gegevens in onderzoek en beleid. Waar habitatkaarten nog slechts voor een aantal soorten gemaakt kunnen worden, en overlays vaak een onleesbare 'spaghettikaart' opleveren, geeft de ecotopenkaart een, weliswaar meer vereenvoudigd, maar wel integraal overzicht van de toestand van een watersysteem.

Dit alles heeft echter nog niet geleid tot een algemeen geldend ecotopenstelsel voor de Nederlandse kustwateren dat breed gedragen wordt door alle betrokkenen bij onderzoek, beleid en inrichting van dit watersysteem.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek was:

- enerzijds een ontwerp van een ecotopenstelsel dat naar de huidige inzichten, ontleend aan de literatuur en kennis van watersysteemonderzoekers en beheerders, (voorlopig) zo goed mogelijk voldoet voor de bovengenoemde toepassingen;
- anderzijds een advies over methoden en technieken waarmee dit stelsel, gebruikmakend van data en statistische technieken, gevalideerd en gecalibreerd kan worden.

Dit onderzoek moet beschouwd worden als het eerste van twee. Het werken aan de validatie en een eventueel daaruit voortvloeiende verbetering van het hier gepresenteerde concept komen namelijk pas aan de orde in een vervolgstudie.

Uiteindelijk moeten dit onderzoek en de vervolgstudie samen leiden tot een breed gedragen ecotopenstelsel waarmee het mogelijk is, op basis van informatie over met name fysische gebiedskenmerken, de potentiële omvang en verspreiding van verschillende levensgemeenschappen in kaart te brengen als bijdrage aan de evaluatie van beleids- en beheersplannen. Dat stelsel zal moeten voldoen aan de volgende eisen:

- in de ecotopenclassificatie zijn fysische factoren, zoals morfologie, hydrodynamiek en zoutgehalte, belangrijke onderscheidende elementen;
- het vermogen van het stelsel om associaties van bodemgebonden organismen te onderscheiden is onderzocht en bij de huidige kennis gemaximaliseerd;
- de keuze van indelingskenmerken sluit optimaal aan bij de behoefte aan de karterbaarheid van ecotopen en gebruik van het stelsel ten behoeve van beleids- en beheersplannen.

Evenals het project RUIMTECOL beperkt het ontwerp-ecotopenstelsel zich tot het Nederlandse deel van de Waddenzee en de Deltawateren (inclusief de Voordelta) alsmede de kustzone, hetgeen hier geïnterpreteerd is als het gebied vanaf de zeedijk of zeereep tot de 20 m – NAP dieptelijn in de Noordzee. De 20 m –NAP dieptelijn is de grens van de ondiepe zone in het voorstel voor een ecotopenindeling voor de Noordzee (De Jong, 1999).

1.3 Werkwijze en opzet rapport

Voor het ontwerpen van het ecotopenstelsel is allereerst de noodzakelijke kennis bijeengebracht. Inzicht in de toepassing en de daaruit voortvloeiende vereisten voor het stelsel zijn verkregen door het enquêteren van een aantal watersysteembeheerders bij de verschillende beheersdirecties van Rijkswaterstaat. De respondenten zijn vermeld in Bijlage 1. Kennis over fysische en ecologische aspecten van de verschillende deelwatersystemen langs de kust is verkregen door literatuurstudie en het raadplegen van watersysteemonderzoekers.

Bij het ontwerpen van het ecotopenstelsel is alleen gebruik gemaakt van deze gegevens. Het beschikbare materiaal is niet bewerkt door middel van data- of GIS-analyses. Het ontwerp- ecotopenstelsel is opgezet door (1) identificering van ecotopen, mede op basis van voorgenomen beleid en ingrepen in het watersysteem; (2) rangschikking en koppeling aan indelingskenmerken; (3) beschrijving van de ecologische inhoud.

Op basis van het ontwerp-ecotopenstelsel zijn watersysteemonderzoekers geraadpleegd, die deskundig zijn op het terrein van data-bestanden en statistische technieken. De deskundigen zijn vermeld in Bijlage 1. In een workshop is met deze deskundigen nagegaan welke data-bestanden geschikt zijn voor de validatie van het

ontwerp-ecotopenstelsel en welke statistische technieken daarbij van toepassing kunnen zijn.

De resultaten hiervan zijn weergegeven in dit rapport. Daarbij is de volgende indeling gehanteerd:

- in hoofdstuk 2 wordt een indruk gegeven van mogelijke toekomstige toepassingen van het stelsel en worden daaruit voortvloeiende vereisten opgesomd;
- in hoofdstuk 3 wordt het ontwerp-ecotopenstelsel gepresenteerd en wordt uitgelegd welke fysische parameters en klassengrenzen gekozen zijn als indelingskenmerken;
- in hoofdstuk 4 volgt de ecologische beschrijving van de verschillende ecotopen in termen van hun ligging, abiotische omstandigheden en voorkomende soorten;
- in hoofdstuk 5 wordt de aansluiting met andere classificaties van watersystemen behandeld, zoals die voor de Noordzee en brakke getijdewateren;
- in hoofdstuk 6 wordt het advies gegeven over de aanpak van de validatie van het stelsel in de vervolgstudie.

2 Toepassingen en vereisten

2.1 Toekomstige projecten

In het beleidskader van de Derde en Vierde Nota Waterhuishouding zijn diverse nota's en rapporten uitgegeven die samen een beeld geven van veranderend beleid en voorgenomen maatregelen in de kustwateren (De Nooy-van Tol, 1995; Eertman en Smaal, 1995; Vroon et al., 1997; Werkgroep Evaluatie Slufter, 1997; Werkgroep Interdepartementale Visie Kust, 1999; IDON, 2000; De Leeuw en Backx, 2000; Van Oevelen, 2000). Een beknopt overzicht wordt gegeven in Tabel 2. Uit deze documenten, en uit de enquête onder beheerders, ontstaat het volgende beeld van mogelijke toepassingen van het ecotopenstelsel van de kustwateren.

Tabel 2. Enkele beleidsthema's en maatregelen in de kustwateren.

Het ontwikkelen van nieuwe havenbekkens, kustlocaties en eilanden in zee	Het vergroten van de veerkracht van de kust en de veiligheid	Het herstellen van de natuurlijke dynamiek en gradiënten
Luchthaven voor de kust	Onderwatersuppleties en strandsuppleties	Herstel getij in estuaria
Zendinstallatie in zee	Ontpolderen en verkwelderen	Uitbreiding zoet-zout overgangen
Offshore windmolenpark	Calamiteitenpolders	Herintroductie mosselbanken en zeegrasvelden
Tweede Maasvlakte	landinwaarts van de zeedijk	Verstuiving in de zeereep
Stort van baggerspecie		
Zeezandwinning		
Vaargeulverruiming		

Voor de evaluatie van zowel beleid als maatregelen wordt een belangrijke rol aan het ecotopenstelsel voor de kustwateren toegedacht. Naast processen en soorten vormen ecotopen een belangrijke graadmeter in de voorziene ecologische analyses en effectvoorspellingen. Ecotopen hebben 'relatief grote waarde doordat ze concreter zijn dan processen en algemener dan soorten' (pers. med. T.H.L. Claassen).

Vaak maken 'ecotopen' al deel uit van de beleidsdoelstellingen voor natuur. Bij het opstellen van streefbeelden en de beoordeling van maatregelen wordt dan vergeleken met deze doelstellingen. Een doelstelling kan zijn een bepaald areaal ecotoop, zoals slikplaat of hoge kwelder. Bij het bepalen van effecten gaat het niet alleen om een beoordeling van eenduidige ingrepen, maar ook om scenario-studies. Bij de beoordeling is behoefte aan operationele ecotopenmodellen.

Activiteiten die op hun effecten beoordeeld moeten worden zijn m.e.r.-plichtige activiteiten en in principe alle maatregelen die gepland zijn in de Ecologische Hoofd Structuur of in Habitat- en Vogelrichtlijngebieden. Daar alle projecten beoordeeld worden met het oog op de beleidsdoelstelling voor natuur in een watersysteem, kan een effectanalyse op basis van ecotopen ook vele kleine projecten in een watersysteem omvatten en is dus niet alleen van toepassing op grootschalige inrichtings- en beheersprojecten. Concrete toepassingen in de zeer nabije toekomst spelen zich af rondom de opening van de Haringvlietsluizen, het creëren van zoet-

zout overgangen bij de Afsluitdijk en het Lauwersmeer en het ontpolderen langs de Friese kust.

Alhoewel dat niet geheel duidelijk uit rapporten en beleidsnota's naar voren komt, blijkt dat monitoring een belangrijke tweede toepassing is of wordt van het ecotopenstelsel. Alle beheersdirecties van Rijkswaterstaat hebben vergenvorderde plannen in die richting. Er wordt, bijvoorbeeld, nu al een ecotopenkaart gemaakt van de Oosterschelde, voor een evaluatie van de effecten van de aanleg van de Oosterscheldestormvloedkering. Voor de monitoring van effecten van vaargeulverbreding in de Westerschelde zal ook een ecotopenkaart gebruikt worden. Overigens geldt bij monitoring de beperking dat er gewerkt wordt met een overzicht dat weliswaar integraal van karakter is, maar ook vrij globaal van opzet, waardoor veranderingen van soorten binnen een ecotoop gemist kunnen worden.

2.2 Vereisten voor het stelsel

Genoemde toepassingen geven sturing aan het ontwerpen van het ecotopenstelsel voor de Nederlandse kustwateren. Er zijn verschillende redenen aan te voeren waarom het eerdere voorstel voor een ecologische indeling van de kustwateren (Leewis et al., 1998; De Jong, 1999) nog verdere uitwerking behoeft.

Het aandeel aan inrichtings- en herstelmaatregelen die vooral de fysische kenmerken van het kuststelsel veranderen neemt toe, terwijl de omvang van de problemen met de waterkwaliteit afneemt. Daarom is het een logische gedachte om bij het ontwerp-ecotopenstelsel de fysische parameters sterk de nadruk te geven. Er wordt wel gewerkt aan een 'pelagisch' ecotopenstelsel (Van Horssen et al., 1999) dat zich richt op de diverse kwaliteitsaspecten binnen de waterkolom, maar dat omvat eenheden van veel grotere schaal en is vooral bedoeld als instrument met betrekking tot internationaal beleid voor de Noordzee.

Beleid en beheer worden in toenemende mate beoordeeld op hun effectiviteit, waarbij het beleid mede gericht is op herstel van natuurlijke processen en ecotopen en vergroting van de veerkracht van watersystemen. Belangrijke graadmeters bij de toetsing van beleid en beheer zijn dan ook fysisch en biologisch van aard. Naast een ecologische onderbouwing van de te kiezen klassengrenzen in fysische parameters dient er dan ook een goede beschrijving te komen van de ecologische betekenis van ecotopen.

Beleidsdoelstellingen omvatten meestal gehele watersystemen. De toetsing van beleid en beheer heeft daarom ook betrekking op, en wordt vaak weergegeven op kaarten van, gehele watersystemen. Karteringen moeten efficiënt, betaalbaar en, wanneer hydrodynamische en morfologische modellen ingezet worden, verantwoord zijn. Dit bepaalt mede de mate van detail die nodig /mogelijk is voor het te ontwerpen ecotopenstelsel. In beleids- en effectgerichte studies en de modelinstrumenten die daarvoor ontworpen worden, wordt veelal volstaan met een aantal van ca. 10 eenheden. De hiërarchische indeling in het voorstel van De Jong et al. (1998) lijkt

daardoor een goed uitgangspunt voor het nieuwe ontwerp. Voor nationale toepassingen is het een vereiste dat alle kustregio's (Waddengebied, Hollandse kust en Deltawateren) voldoende aandacht krijgen. In het genoemde voorstel ligt echter sterk de nadruk op de litorale ecotopen in Waddenzee en estuaria.

De internationalisering van beleid vraagt om de mogelijkheid het stelsel in te passen in Europese ecotopen- of habitatindelingen die bijvoorbeeld worden toegepast bij de milieu-effectrapportage's in het kader van de Habitat- en Vogelrichtlijnen van de EU of het aanwijzen van Marine Protected Area's. Afstemming tijdens het ontwerpen is vooral vereist met de bij het European Environment Agency in ontwikkeling zijnde EUNIS Marine Habitat Classification (Davies and Moss, 1999), een onderdeel van het European Topic Centre on Nature Conservation (ETC/NC) Nature Information System (EUNIS). Daarin is een beperkt aantal habitats (lees: ecotopen) opgenomen die zijn ingedeeld op basis van een aantal fysische en biologische factoren, met als doel te voorzien in een gemeenschappelijke classificatie van in Europa voorkomende habitats. Daarmee wordt dan vanzelf een vergelijking mogelijk met indelingen die in andere landen in gebruik zijn, zoals de habitat-indeling die in Groot-Brittannië gebruikt wordt (Connor et al., 1997).

De grote aandacht voor zoet-zout overgangen en een veerkrachtige kust brengt met zich mee dat beleid en beheersmaatregelen vaker de grenzen van de watersystemen overschrijden. Er is daarom grote behoefte aan een ecotopenstelsel voor de kustwateren dat goed vergelijkbaar is met ecotopenstelsels voor de aangrenzende gebieden. Van belang is daarom met name afstemming van opzet en indelingskenmerken van het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (Maas, 1998) en met het voorstel voor indeling van de Noordzee (Horssen et al., 1999; De Jong, 1999). Qua systematiek is afstemming gewenst met het Meren-Ecotopen-Stelsel (Van der Meulen, 1997), het RWES Aquatisch (Van der Molen et al., 2000) en met de indeling voor de duinen, die gebruikt is voor een onderzoek naar de Maasvlakte 2 (Baptist, 1999).

3 Het ontwerp-ecotopenstelsel

3.1 De classificatie

Het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren wordt gegeven in Tabel 3. Deze tabel is qua systematiek vergelijkbaar met die van de RWES-ecotopenstelsels. De tabel is vooral bedoeld om te laten zien welke ecotopen onderscheiden worden en wat de ecotopen van elkaar onderscheidt in termen van de fysische factoren. De tabel heeft een systematische opzet die achtereenvolgens gaat van diep naar ondiep; van nat naar droog; van hoog naar laag dynamisch en van grof naar fijn substraat. Er is naar gestreefd elk ecotoop een unieke combinatie van parameterwaarden te geven, zodat er bij een kartering of GIS-exercitie geen witte vlekken op de kaart overblijven of dat er ecotopen dubbelop gekarteerd worden. Dat bleek niet helemaal haalbaar: er is nog overlap bij de ecotopen intacte ebdelta en diepe getijdengeul en ook het onderscheid tussen ebdelta bij dammen en keringen en onderzeese oever is nog niet scherp.

Er is hier nog steeds sprake van een ontwerp-ecotopenstelsel omdat er pas sprake is van een definitief stelsel wanneer het concept gevalideerd en gecalibreerd is met data en statistische technieken. In vergelijking met het eerdere voorstel voor een ecotopenindeling door Leewis et al. (1998) en De Jong (1999) is met het hier gepresenteerde ontwerp wel een stap voorwaarts gemaakt naar een definitief stelsel. De verbetering omvat de volgende punten:

- In de eerdere voorstellen, en ook in het RWES aquatisch, is vooral uitgegaan van een fysische benadering, waarin op basis van een aantal van te voren vastgestelde fysische parameters ecotopen onderscheiden worden (Dankers, 1996). Daarmee is eigenlijk afgestapt van de beschrijvende (of Duitse cf. Dankers; N.B. daar komt de term ecotoop vandaan: zie Leser, 1976) methode, waarin allereerst landschappelijke eenheden worden afgegrensd. Hier wordt de laatste methode weer toegepast, maar nu samen met de fysische benadering, zoals in de overige RWES-ecotopenstelsels (Rademakers en Wolfert, 1994; Wolfert, 1996). Daarmee blijven eenheden enerzijds goed herkenbaar en tegelijkertijd goed te voorspellen met fysische modellen. De ecotopen hebben in het verlengde hiervan een landschappelijke naam gekregen, wat bijdraagt aan de identificatie.
- In de eerdere voorstellen lag sterk de nadruk op de litorale ecotopen. In het ontwerp -ecotopenstelsel zijn de verschillende zones (sublitoraal, litoraal en supralitoraal) meer in evenwicht gebracht door enerzijds uitbreiding met ecotooptypen die typisch zijn voor de Noordzeekustzone en de kwelders, en anderzijds door litorale ecotopen die nauwelijks voorkomen samen te voegen met andere ecotooptypen. Met de uitbreiding is voorkomen dat er hiaten zouden blijven bestaan tussen de ecotooptypen van dit stelsel en die van de Noordzee en de benedenrivieren en de indeling die gebruikt is voor de duingebieden. Bij de samenvoeging van litorale ecotopen speelde ook de overweging dat de vele onderscheiden ecotopen niet gemakkelijk van een aparte beschrijving van soorten voorzien konden worden door de experts, wat de vraag rechtvaardigde of ze werkelijk wel als aparte ecotopen onderscheiden moesten worden.

- Er was tot op heden alleen aandacht besteed aan de beschrijving van fysische factoren en nauwelijks aan de ecologische inhoud van de onderscheiden ecotopen. Om een indruk te geven van de ecologische betekenis van ecotopen is een beschrijving van ligging en soortensamenstelling van de ecotopen toegevoegd aan het ontwerp. In afwachting van de validatie en calibratie zijn de beschrijvingen (in hoofdstuk 4) vooralsnog algemeen van aard, maar geven nu al wel de mogelijkheid een koppeling te maken met, bijvoorbeeld, natuurdoelen uit het soortenbeleid. Wellicht kunnen na de validatie en calibratie algemene en/of specifieke indicatorsoorten aangewezen worden (cf. Van Horssen et al., 1999: tabel 2).

Evenals in de voorgaande voorstellen voor een ecologische indeling is er in het hier gepresenteerde ecotopenstelsel de nadruk gelegd op het zoute deel van de kustwateren. De reden hiervoor is dat er voor de aansluitende brakke delen van de kustwateren al een goed ecotopenstelsel ligt, namelijk het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (BES; Maas, 1998). De daarin opgenomen ecotopen sluiten, samen met de achterliggende fysische factoren en klassengrenzen, ook goed aan op het hier gepresenteerde ontwerp (zie ook hoofdstuk 5), zodat die indeling in dit rapport niet herhaald is. In feite is hier dus sprake van een ontwerp-ecotopenstelsel voor de zoute kustwateren, dat samen met het BES de kustwateren dekt.

Uitgangspunt bij het ontwerp is geweest dat de fysische factoren bepalen welke soorten ergens in potentie kunnen voorkomen. Meer dan bij terrestrische indelingen ligt bij aquatische de nadruk op de abiotische parameters, vanwege de grote dynamiek van het fysische systeem. Er is sprake van potenties omdat soorten niet altijd permanent aanwezig zijn op een bepaalde plaats, door de invloed van extreme fysische gebeurtenissen (bijvoorbeeld: zware storm) of de dynamiek van de gemeenschappen zelf. In die zin is er dus meer variatie in tijd dan in terrestrische ecosystemen.

Waar bij de kwelder- en duinecotopen nog ingedeeld kan worden op basis van relevantie van fysische factoren voor begroeiing, zijn bij de aquatische ecotopen de bodemdieren genomen als belangrijkste bepalende aspect bij het kiezen van parameters en klassengrenzen. Het voorkomen van deze groep wordt in eerste instantie bepaald door de lokale abiotische omstandigheden. Na vestiging kunnen de bodemdieren de eigenschappen van het gebied voor lange tijd bepalen. De aanwezigheid van (bodem)vis en vogels kan in belangrijke mate weer worden afgeleid van die van bodemdieren.

Aangezien de fysische factoren die van invloed zijn op de genoemde soorten sterk samenhangen met de geomorfologische processen in het kustgebied is bij een eerste selectie van ecotopen sterk de nadruk gelegd op het weergeven van de grote variatie in geomorfologische gesteldheid, voor zover die relevant werd geacht voor de soortssamenstelling in termen van bodemdieren, (bodem)vis en vogels. De geomorfologische gesteldheid wordt hier dus beschouwd als de resultante van de huidige en voortdurende modellerende werking van deze processen op de aardkorst,

en niet als een statische situatie die in het verleden gevormd is. Het ontwerp-ecotopenstelsel geeft zodoende als het ware een beeld van het ‘onderwater’landschap.

Tabel 3. Ontwerp-ecopenstelsel kunstwerken (zie voor een verklaring van de codes de tabellen 4 t/m 9).

Ecotoop	Diepte		Droogval			Overspoelingsduur				Dynamiek		Substraat			Soort		Zout			
	zs	ds	os	ll	ml	hl	lk	mk	hk	zr	hd	d	ld	g	z	s	h	m	z	m/p
Intacte ebdelta		ds									hd				z					
Onderzeese oever		ds										d		g	z					
Ebdelta bij dammen en keringen		ds										d			z					
Zeebodem met vaste banken		ds											ld		z					
Onderzees oeverterras en -plateau		ds											ld				h			
Zeer diepe getijdengeul	zs										hd				z					
Diepe getijdengeul		ds									hd				z					
Brandingszone			os								hd				z					
Ondiepe getijdengebieden			os								hd	d	ld		z		s			
Hard kunstmatig kustgedeelte		ds	os								hd	d	ld				h			
Hoogdynamische zandplaat en strand				ll	ml	hl					hd				z					
Zandplaat				ll	ml							d			z					
Zand- en slikplaat				ll	ml							d	ld		z		s			
Slikplaat				ll	ml								ld				s			
Priel in zand- en slikplaat				ll	ml							d			z					
Mosselbank				ll	ml							d	ld		z		s		m	
Zeegrasveld				ll	ml							d	ld		z		s		z	
Hoog slik met pioniervegetatie						hl							ld				s			
Hoog brakwaterslik met rietmoeras						hl							ld				s			b
harde droogvallende zeevering				ll	ml	hl					hd	d	ld				h			
lage kwelder							lk						ld				s			
Middelhoge kwelder								mk					ld				s			
beweide hoge kwelder									hk			d	ld				s			
Onbeweide hoge kwelder									hk				ld				s			
beweide hoge kwelder (zomerpolder)									hk			d	ld				s			
Onbeweide hoge kwelder (zomerpolder)									hk				ld				s			
Droog strand met embryo-duinen									hk			d			z					
zeereep en duinen										zr		d			z					

Indien eenheden zich niet in ecologische betekenis onderscheiden, zijn ze niet apart weergegeven. Voor het onderscheiden van ecotopen is, naast de eerdere publicaties over ecologische indelingen en kaarten voor de zoute wateren (zie Inleiding) sterk geleund op de volgende literatuur: Dijkema (1982); Van Alphen en Damoiseaux (1987) Dijkema (1989), Kuijpers et al. (1990), De Jong et al. (1998), Dyer (1998), Hertwick (1995), Ssymank en Dankers (1996), Van Horssen en Hartholt (1998), Van Essen et al. (1998) en Crosato et al. (1999).

Er zijn zes typen basisparameters gebruikt bij de indeling in ecotopen, waarvan vijf fysische en één biologische. De fysische parameters zijn diepteligging, droogvaltijd/overspoelingsfrequentie, dynamiek, substraat en zoutgehalte (vaak aangehaald als fysische factor, maar door sommige onderzoekers als chemische). Deze zijn algemeen geaccepteerd als belangrijke factoren die het al dan niet voorkomen van bodemfauna en vegetatie in het kustwatersysteem bepalen. Ze worden in vrijwel alle classificaties gebruikt als indelingskenmerken en ook altijd betrokken in onderzoek naar de relaties tussen fysische factoren en soorten of leefgemeenschappen. Diepteligging, droogvaltijd en overspoelingsfrequentie zijn drie factoren die de 'hydrodynamiek' omvatten, een noemer die voor sublitoraal, litoraal en supralitoraal een andere uitwerking behoeft. Uit het project RUIMTECOL*PROCES zijn geen andere factoren met betrekking tot de 'morfodynamiek' naar voren gekomen (pers. med. M. de Vries). Uit werk van Crosato et al. (1999) is wellicht op te maken dat energiedissipatie en aggradatie/degradatie belangrijke factoren zijn die verband houden met de dynamiek. Er is daarnaar echter nog te weinig onderzoek gedaan om deze aspecten nu al in de indeling te betrekken. De factor zout heeft in het ontwerp-ecotopenstelsel een minder grote rol gespeeld bij het onderscheiden van ecotopen. Zout wordt vooral gezien als een factor op basis waarvan de zoute en brakke watersystemen van elkaar onderscheiden worden.

Deze fysische parameters zijn aangevuld met een biologische parameter, die apart is opgenomen omdat sommige typen bewoning en begroeiing geheel eigen leefomstandigheden creëren (Reise, 1991). Ook in het Meren-Ecotopen-Stelsel, het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel en de EUNIS Marine Habitat Classification wordt dat zo gedaan. In het geval van de kustwateren gaat het om mosselbanken en zeegrasvelden. Onder invloed van welke fysische factoren deze zich vestigen en handhaven is nog onvoldoende bekend. Ook om die reden is er geen relatie te leggen met de indeling op basis van fysische factoren. Bewust is er hier van afgezien om mosselbanken en zeegrasvelden als eco-elementen in het stelsel op te nemen. Het onderscheid tussen ecotopen en eco-elementen is een kwestie van schaal. Mosselbanken en zeegrasvelden kunnen echter een omvang hebben die te vergelijken is met de andere ecotopen (zie bijvoorbeeld de kaarten van Dijkema, 1989). De term eco-elementen wordt hier gereserveerd voor zaken die vergelijkbaar zijn met sloten in uiterwaardecotopen of kribben in het ecotoop rivierbedding. Voorbeelden in het kustgebied zijn scheepswrakken en boeien met wier.

De parameter 'menselijk gebruik / beïnvloeding' is vooralsnog niet meegenomen als een expliciete factor van betekenis, zoals dat bijvoorbeeld wel is gedaan in de andere

RWES-ecotopenstelsels. Het gebruik, in de vorm van verstoring door bijvoorbeeld kokkelvisserij of recreatie is echter wel van belang. In plaats van als factor mee te nemen is het echter ook mogelijk dergelijke verstoring te beschouwen als een vergroting van de dynamiek. Een kokkelbank in de Waddenzee kan door bevissing zo omgewoeld worden dat de locatie te vergelijken wordt met een van nature hoogdynamische plaat waar geen kokkels kunnen voorkomen, en waar dus ook geen organismen kunnen voorkomen die zich vestigen op een kokkelbank, zoals algen en mosselbroed. In nog sterkere mate geldt dit voor mosselbanken. Zodoende kan toch in modellen het effect van gebruik in termen van ecotopen worden uitgedrukt. Het verdient aanbeveling daarvoor de menselijke invloed in een aparte GIS-kaart op te nemen. Bij de indeling van kwelders is beweiding als factor meegenomen.

Idealiter zou de naam van een ecotoop moeten bestaan uit een fysisch en een biologisch deel. Met de eerste wordt dan de ligging in de landschappelijke zonering duidelijk, terwijl het laatste direct een indruk geeft van de levensgemeenschap. Een goed voorbeeld is de naamgeving van mariene biotopen in de kustwateren van Engeland en Ierland (Connors et al., 1997), met namen als 'Exposed littoral fringe rock with *Verrucaria maura* and sparse *Chthamalus* spp.' or 'Polychaetes with *Cerastoderma edule* on the low shore of slightly muddy beaches'. In het ontwerp-ecotopenstelsel is vooralsnog alleen de landschappelijk-fysische naam gegeven, en nog geen kensoorten. Het 'hoog brakwaterslik met rietmoeras', bijvoorbeeld, heet nu nog 'hoog brakwaterslik'. Een verantwoorde invulling van kensoorten in de naam wordt pas mogelijk geacht na de beoogde validatie en calibratie van het ontwerp, waarbij immers concrete data over soorten gebruikt gaan worden.

3.2 Fysische parameters

Voor elk van de fysische factoren zijn klassen onderscheiden, die voor een groot gedeelte ontleend zijn aan Wintermans en Dankers (1995) en De Jong et al. (1998). Klassen zijn onderscheiden op basis van ecologische relevantie, maar vormen vaak ook belangrijke geomorfologische grenzen vanwege de dynamiek van het systeem. De genoemde klassengrenzen zijn bedoeld als suggesties; er is meestal nog onvoldoende onderzoeksmateriaal ter beschikking om die hard te maken. In de tabellen is de ecologische betekenis toegevoegd, wanneer deze expliciet vermeld werd in de literatuur.

De factor diepteligging is van toepassing op de sublitorale ecotopen: de ecotopen die permanent onder water staan. Er zijn drie klassen onderscheiden (Tabel 4). Om de voor getijdengeulen zeer kenmerkende diepe putten op te nemen is de klasse zeer diep sublitoraal aan het ontwerp toegevoegd.

Tabel 4. Indeling van de factor diepteligging (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Klassengrens	Ecologische betekenis
zs	Zeer diep sublitoraal	> 30 m	Putten in getijdengeulen met krabben en zeehonden
ds	Diep sublitoraal	30 - 5 m	Kleine rol getijdenmigreerders
os	Ondiep sublitoraal	5 m – GLW	Grote rol getijdenmigreerders; Belangrijk voor kinderkamerfunctie

De factor droogvaltijd /overspoelingsfrequentie is van toepassing op de litorale en supralitorale ecotopen. Er wordt gewerkt met droogvaltijd, en niet met hoogteligging, om de ecotopen van de westelijke en oostelijke Waddenzee en Zeeuwse wateren met elkaar te kunnen vergelijken. Langs de Nederlandse kust neemt het getijverschil namelijk af van Vlissingen (gemiddeld 2,9 m) naar Den Helder (gemiddeld 1,4 m) en neemt vervolgens weer toe richting Delfzijl (gemiddeld 3 m). Het grootste tijverschil treedt op bij Bath in de Westerschelde (gemiddeld 4,75 m). Er zijn in totaal zeven klassen onderscheiden (Tabellen 5 en 6). De indeling van de factor overspoelingsfrequentie is ontleend aan SALT97 (De Jong, Dijkema et al., 1998).

Tabel 5. Indeling van de factor droogvaltijd (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Klassengrens	Ecologische betekenis
ll	Laag litoraal	1-50%	Hier kunnen mosselbanken voorkomen
ml	Midden litoraal	50-75%	Geen mossels meer, maar nog wel andere filterfeeders (kokkels); Ook hoge biomassa bodemdieren
hl	Hoog litoraal	75-90%	Alleen nog sedimenteters (wormen en kleine kreeftachtigen); En lage biomassa; pioniervegetatie
zl	Zeer hoog litoraal	> 90%	Overgang van bodemdieren naar terrestrische dieren en sterke uitbreiding van vegetatie

Tabel 6. Indeling van de factor overspoelingsfrequentie (De Jong, Dijkema et al., 1998).

Code	Klasse	Klassengrens Waddenzee/Zeeland
hl	Hoog slik + pioniervegetatie	< GHW
lk	Lage kwelder / schor	300-150 x / > 300 x
mk	Middelhoge kwelder / schor	100-70 x / 300-50 x
hk	Hoge kwelder / schor	30-20 x / 50-5 x
zr	Zeereep	< 20 / < 5 x

De dynamiek is van toepassing op alle ecotopen. Er wordt onderscheid gemaakt in drie klassen (Tabel 7). Dynamiek wordt in het veld veelal afgelezen aan de geomorfologische gesteldheid of de bodemsamenstelling. Directe meting van de dynamiek is echter moeilijk. Daarom zijn harde uitspraken over ecologisch relevante klassen in de factor dynamiek nog niet mogelijk.

Tabel 7. Indeling van de factor dynamiek (aangepast naar De Jong et al., 1998).

Code	Klasse	Geomorfologische betekenis	Ecologische betekenis
hd	Hoog dynamisch	Bodem continu in sterke mate in beweging, zeker bij springtij en storm	Arme bodemfauna: gangen worden vernietigd of dieren weggespoeld (slechts paar epibentische soorten)
d	Dynamisch	Bodem is zandig tot slibrijk, met variatie in slibrijkdom per seizoen	Biomassa kan achteruitgaan, soorten kunnen (tijdelijk) verdwijnen door storm
ld	Laag dynamisch	Bij voldoende slibaanbod zeer slibrijke en zachte bodems	Belemmering voor gangbewonende bodemdieren door gebrek aan zuurstoftoevoer

Omdat het substraat in veel gevallen gecorreleerd is met dynamiek, lijkt het een overbodige factor om naast de dynamiek bij de ecotopenindeling te gebruiken. Het substraattype is echter eenvoudig in het veld te karteren. Niet altijd kan de dynamiek gemeten worden, en ook dan zal eerder naar de bodemsamenstelling gekeken worden, bijvoorbeeld bij het beschrijven of karteren van een historische situatie. Ook in de indeling van de Noordzee is het substraat, naast diepte, een belangrijke factor. Bovendien is er niet altijd een verband te leggen tussen dynamiek en bodemsamenstelling. In de Oosterschelde, bijvoorbeeld, is het laagdynamische gedeelte zonder slib, omdat er geen slibaanvoer is, en in gebieden waar een netto slibaanvoer bestaat kunnen ook dynamische delen zeer slibrijk zijn (bijvoorbeeld delen van de Dollard en de Baai van Oleron in Frankrijk). Daarom is als aparte factor het substraat toegevoegd (Tabel 8) met een grove indeling in navolging van het ecotopenstelsel voor de Noordzee (De Jong, 1999). Als apart substraat kunnen kunstmatige rotskusten (code h, van hard) genoemd worden, zoals die voorkomen bij zeeweringen.

Tabel 8. Indeling van de factor substraat (aangepast naar De Jong, 1999; mediane textuur naar RGD, 1977). Zie voor de ecologische betekenis van substraat Tabel 7.

Code	Klasse	Slib en lutum (%)	Mediane textuur (μm)	Anders
g	Grof zand	< 10	> 212	
z	Zand	< 10	212-63	
s	Slibrijk	> 10	63-2	
k	Klei	> 10	< 2	
h	Hard substraat			Klei, breuksteen, beton, etc.

Zout, tenslotte, is in het ontwerp-ecotopenstelsel een minder belangrijke factor, omdat hier de badruk ligt op het zoute deel van de kustwateren (zie par. 3.1). Brakke ecotopen worden namelijk alleen aan de randen van het systeem van zoute kustwateren gekarteerd (oostelijke delen van de Dollard en Westerschelde bijvoorbeeld) waar het zoute water overgaat in brak. In het ontwerp-stelsel speelt zout alleen een rol in de classificatie bij het ecotoop 'Hoog brakwaterslik. Dat is hier onderscheiden omdat het een prominente rol speelt in de Dollard, waar het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel nog niet is toegepast. De gehanteerde klassengrenzen worden genoemd in Tabel 9. Zout is vooral een belangrijke factor voor het onderscheiden van watersystemen en bepaalt dus welk ecotopenstelsel van toepassing is (zie Hoofdstuk 5 over de aansluiting met het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel).

Tabel 9. Indeling van de factor zout (naar Van der Molen et al., 2000)

Code	Klasse	Klassengrens (g Cl ⁻ / l)	Ecologische betekenis
b	Brak	< 18,0	Zout- en brakwatersoorten; Klein aantal soorten
z	Zout	> 18,0	Zoutwatersoorten; Groot aantal soorten

3.3 Kartering en voorspelling

Kartering

Een aantal van de genoemde factoren kunnen met hun klassengrenzen goed in kaart gebracht worden. Voor kartering van diepteligging zijn vrijwel altijd lodingen beschikbaar; droogvaltijd en overspoelingsfrequentie zijn goed te berekenen op basis van getijtafels en hoogtekaarten of het bestand Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN). De dynamiek is een lastiger factor, die op twee manieren in beeld gebracht kan worden. De eerste manier is het registreren van substraat en geomorfologische gesteldheid (waaronder ook microrelief zoals megaribbels op zandplaten). Substraat wordt meestal puntsgewijs bemonsterd, om vervolgens door middel van statistische interpolatie vlakdekkende informatie te verkrijgen. Het substraat van de sublitorale en litorale zones kan echter efficiënter in kaart gebracht worden door het ¹³⁷Cs gehalte te meten met een achter een schip gesleepte detector (Van Weingaarden, pers. med.). Informatie over de geomorfologische gesteldheid wordt meestal verkregen uit lodingen/hoogtemetingen aangevuld met luchtfoto's. Een tweede manier om dynamiek te karteren is door middel van het berekenen van stroming en golfslag met modellen (De Jong et al., 1998). De relatie met de klassenindeling wordt gegeven in Tabel 10. Het zoutgehalte kan worden bepaald door middel van watermonsters, echter een betere spreiding van gegevens kan verkregen worden uit interpretatie van vegetatiekarteringen.

De mogelijkheden om toekomstige situaties te kunnen voorspellen zijn nog beperkt. Weliswaar kunnen stroomsnelheden en golfwerking in beeld gebracht worden, maar de fysische modellering van het effect daarvan op de diepte- en hoogteligging en het substraat is met veel onzekerheden omgeven.

Tabel 10. Classificatie van dynamiek op basis van stroomsnelheden door golfwerking (De Jong et al., 1998; *V* orbitaal) en stroming (*V* lineair).

<i>V</i> orbitaal (m/s)	<i>V</i> lineair(m/s)		
	< 0.5	0.5-1.0	>1.0
< 0.2	Laag dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
0.2-0.4	Dynamisch	Dynamisch	Hoog dynamisch
>0.4	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch

Voorspelling

Met betrekking tot de relatie ecotoop-soorten zijn met deze studie niet alle vragen opgelost, maar daarentegen juist beter aan het licht gekomen. Veel soorten komen in meerdere ecotopen voor, zodat wellicht niet voor alle ecotopen kenmerkende soorten aan te wijzen zijn. Craeymeersch (pers. med.), bijvoorbeeld, heeft op grond

van dat data in de gehele Westerschelde slecht 5 'biotopen' onderscheiden. Deze omvatten elk meerdere ecotopen uit het ontwerp. Validatie en calibratie van het ontwerp-ecotopenstelsel kan hier duidelijkheid verschaffen (zie hoofdstuk 6 voor de voorgestelde aanpak). Op basis van een vergelijking met data kunnen zou gezien moeten worden of de volgende (in de tekst hierboven al aangehaalde) onderwerpen verder gepreciseerd kunnen worden:

- het aangeven van unieke parameterwaarden voor alle ecotopen, waar nu nog overlap is;
- de indeling van de litorale ecotopen (indeling op basis van hoogte of op basis van substraat);
- meer kwantitatieve grenzen voor de (deel) parameter morfodynamiek (zoals bijvoorbeeld energie dissipatie);
- de benoeming van kensoorten van de sublitorale en litorale ecotopen en hoe dit in de naamgeving tot uitdrukking te brengen.

4 Ecologische beschrijving

4.1 Sublitorale ecotopen

Intacte ebdelta

Diepte: ds ; Dynamiek: hd; Substraat: z.

Ligging

De kustgebieden benoorden de Wadden en in het zuidwesten van het land zijn divers, met 'dichte' eilandkustgedeelten en 'open' zeegaten. De buitenzijdes van de zeegaten worden ebdelta's genoemd en hebben een kenmerkende, zeer hoge dynamiek. Er liggen complexen van zich steeds verplaatsende zandbanken (de 'gronden' in zeevaart-termen), doorsneden door zich eveneens steeds verplaatsende diepe geulen. Benoorden (bij Texel: ten westen van) de Wadden en in de monding van de Westerschelde liggen intacte ebdelta's. De ebdelta voor de Westerschelde bestaat overigens uit twee delen langs respectievelijk de kusten van Walcheren en Zeeuws-Vlaanderen. Het daartussen gelegen gebied wordt niet tot de delta gerekend, maar tot de onderzeese oever.

Ecologische inhoud

Door de hoge dynamiek is er in intacte ebdelta's weinig leven mogelijk in de zeebodem. Er is, om dezelfde reden van hoge dynamiek, bijzonder weinig onderzoek gedaan in de ebdelta's. In de ebdelta's benoorden de Wadden blijken overwegend grove zanden voor te komen met opvallend hoge dichtheden van zandspieringen *Ammodytes sp.* (in bodemonsters; Leopold, ongepubliceerd), en viseters als Roodkeelduikers *Gavia stellata*, Grote Stern *Sterna sandvicensis* en Grijze en Gewone Zeehonden *Halichoerus grypus* en *Phoca vitulina* zijn hier dan ook relatief talrijk. De droogvallende hoogdynamische zandplaten die op sommige plaatsen in de ebdelta's voorkomen zijn elders in deze bijdrage als afzonderlijk ecotoop beschreven.

Ebdelta bij dammen en keringen

Diepte: ds; Dynamiek: d; Substraat: z.

Ligging

De Voordelta wordt gedomineerd door ebdelta's, die echter merendeels een iets rustiger karakter hebben dan die voor de Wadden en in de Westerscheldemond, omdat de achterliggende bekkens zijn afgedamd. De oude stroomgeulen liggen er nog, maar er gaat veel minder water doorheen dan in de voormalige, natuurlijke situatie van voor de Deltawerken. In feite zijn de ebdelta's in de Voordelta aan het degenereren. Alleen de ebdelta van de Westerschelde is op dit punt nog intact.

Ecologische inhoud

Er is veel bodemreliëf en veel bodemleven, zeker in vergelijking met de ebdelta's van de Waddenzee. Er kunnen grote schelpdierbestanden voorkomen, echter in van jaar tot jaar sterk wisselende hoeveelheden. De monding van het Haringvliet is af en toe

een goed kokkelgebied, met bijbehorende avifauna van zee-eenden (Leopold et al., 1995). Door spui van zoet water bij extreme rivierafvoer in de winters van enkele jaren geleden is dit deel echter in belang achteruitgegaan. Elders speelt de kokkel geen rol. In andere delen kwamen grote *Spisula*-banken voor, met name aan de buitenzijde van de ebdelta, waar die overgaat in de onderzeese oever. Ook hier is de laatste jaren echter een grote achteruitgang in de bestanden geconstateerd, waarvan de onderliggende redenen onbekend zijn. Het gebied is een zeer belangrijke kinderkamer voor vele vissoorten. Er komt (weer) een klein aantal Gewone Zeehonden voor. Karakteristieke soorten: jonge platvissen, grondels *Gobiidae*, Driedoornige Stekelbaars *Gasterosteus aculeatus*, Halfgeknotte Strandschelp *Spisula subtruncata*, (Kokkel *Cerastoderma edule*), Roodkeelduiker, Fuut *Podiceps cristatus*, Aalscholver *Phalacrocorax carbo*, Brilduiker *Bucephala clangula*, Middelste Zaagbek *Mergus serrator*, Dwergmeeuw *Larus minutus*, Kokmeeuw *L. ridibundus*, Grote Stern.

Onderzeese oever

Diepte: ds; Dynamiek: d; Substraat: g-z.

Ligging

De onderzeese oever is in oppervlakte het grootste ecotoop binnen de kustzone. Het komt voor langs de hele Hollandse kust en ten noorden van de Wadden, met name voor de gesloten kustdelen (en in de meeste gevallen geven Van Alphen en Damoiseaux (1988) ook nog een randje aan buiten de ebdelta's om). In ZW Nederland is het areaal beperkt tot de kust voor Walcheren en een strook aan de buitenzijde van de ebdelta's van Haringvliet en Grevelingen. Ten noorden van de Waddeneilanden en voor de kust van Noord-Holland, ten noorden van Schoorl (Hondsboosche Zeewering) loopt de buitengrens van de onderzeese oever vrijwel gelijk met de 20 m – NAP dieptelijn, en is dus tevens de buitengrens van de kustzone; hetzelfde geldt voor de kustzone ten zuiden van Scheveningen. De binnengrens van dit ecotoop wordt gevormd door de buitenzijde van de brandingszone. Tussen Schoorl en Scheveningen ligt nog een breed gebied tussen de 20 m – NAP dieptelijn en de buitengrens van de onderzeese oever: 'zeebodem met banken' in de terminologie van Van Alphen en Damoiseaux (1988). Zij maken binnen het gebied van de onderzeese oever nog een onderscheid tussen de 'steilrand' (helling >1:100) en de onderzeese oever met een helling kleiner dan 1:100. De steilrand komt alleen voor voor de kust van Noord- en Zuid Holland en heeft in de breedte slechts een zeer geringe omvang. Dit gebied wordt hier verder opgenomen binnen het ecotoop 'brandingszone', dat wel langs de hele kust voorkomt.

Ecologische inhoud

De onderzeese oever is relatief rustig in vergelijking tot andere delen van de kustzone en hier komen rijke banken schelpdieren (met in de loop van de 20e eeuw grote wisselingen in dominantie: afwisselend Grote Strandschelp *Macra corallina*, Witte Dunschaal *Abra alba*, Kokkel, *Tellina*-soorten, Nonnetje *Macoma balthica*, Amerikaanse Zwaardschede *Ensis directus*, Halfgeknotte strandschelp; Oosterbaan, 1991; Leopold et al., 1995) voor. Het deel ten noorden van Petten (NH) tot aan de Duitse grens is van uitzonderlijk belang voor de zee-eenden in Nederland en de strook van de kustlijn tot 3 zeemijlen zeewaarts is als zodanig aangemeld aan de EU voor plaatsing

onder de Habitat- en Vogelrichtlijn. De eenden-rijkdom wordt thans veroorzaakt door het massaal en geregeld voorkomen van Halfgeknotte Strandschelp (Leopold et al., 1995); tientallen jaren geleden waren echter andere soorten schelpdieren dominant (oorzaak onbekend; Oosterbaan, 1991). Behalve van eenden zijn er ook hoge dichtheden van Roodkeelduikers en Aalscholvers (twee soorten zeevogels die in hoofdzaak leven van kleine vissen die dicht tegen de bodem worden gevangen, waaronder Driedoornige Stekelbaars) en hoge dichtheden van de op de eilanden broedende meeuwen en sterns en overwinterende kustgebonden meeuwen als de Stormmeeuw *Larus canus*. Zeehonden (twee soorten) zijn het hele jaar in het gebied te vinden, Bruinvissen *Phocoena phocoena* in de winter; Jan van Genten *Morus bassanus* en veel andere trekvogels met name in het najaar.

Zeebodem met vaste banken

Diepte: ds; Dynamiek: ld; Substraat: z.

Ligging

Voor de Noord- en Zuid-Hollandse kust ligt een deel van de zeebodem nog binnen de 20 m – NAP dieptelijn, maar buiten de onderzeese oever. Het is een gebied dat naar het noordwesten doorloopt tot buiten de 20 m – NAP dieptelijn en gekenmerkt wordt door een zandbodem met grote, zw-no lopende banken, die zeer lange tijd bestaan (vele hebben een naam: dit zijn niet de 'wandelede' zandduinen van het Breeveertiengebied verder westelijk). In feite is het meer een gebied van de open Zuidelijke Bocht van de Noordzee, met een meer 'Noordzee-karakter' dan de meer kustwaarts gelegen delen.

Ecologische inhoud

De bodemfauna wordt gedomineerd door vele soorten wormen; de vis- en avifauna gaan meer richting open Noordzee, al komen met name bij de vogels in dit gebied nog opvallende kustsoorten als de Roodkeelduiker voor, waar ze verder op zee ontbreken (Skov et al., 1995).

Onderzees oeverterras en -plateau

Diepte: ds; Dynamiek: ld; Substraat: h.

Ligging

Op een klein aantal locaties binnen de onderzeese oever komen zogenaamde plateau's en terrassen voor: verhoogde bodemgedeelten die relatief zeer vlak zijn: de zogenaamde Pettemer Polder, dwars van Petten (NH). De meeste van deze verhogingen bestaan uit harde, weinig erosiegevoelige bodems. De terrassen Loswal noord en Loswal noordwest zijn door de mens aangelegd. Het zijn locaties waar baggerslib uit de Eurogeul is gedeponneerd.

Ecologische inhoud

Onderzeese oeverterrassen en -plateau's bevatten een afwijkende bodemfauna met anemonen, relatief veel Tere Platschelpen *Angelus Tenuis* en de worm *Ophelia borealis* (kensoorten van zeer grof zand; met name in de zogenaamde Pettemer Polder, dwars

van Petten, NH). Het sediment van de Loswal noord en de Loswal noordwest is juist zeer slikkig; hier komt Witte Dunschaal als opvallend fauna-element voor.

Zeer diepe getijdengeul

Diepte: zs; Dynamiek: hd; Substraat: z.

Ligging

Diepe getijdengeulen hebben op de meeste plaatsen een diepte van 5-15 meter, maar kunnen plaatselijk nog grotere diepten, tot circa 50 meter, bereiken.

Ecologische inhoud

Deze 'putten' kunnen een belangrijke functie vervullen als refugia voor koudbloedigen tijdens vorst. Zo komen veel krabben voor in een dergelijke put in de Oosterschelde in strenge winters (A. Oosterbaan, Kor en Bot, pers. comm.) en ook wijzen verspreidingsgegevens van met zenders uitgeruste zeehonden erop, dat deze dieren dergelijke putten onevenredig vaak bezoeken (data S. Brasseur, Alterra).

Diepe getijdengeul

Diepte: ds; Dynamiek: hd; Substraat: z.

Ligging

De diepe geulen worden gekenmerkt door de zeer grote hoeveelheden water die worden getransporteerd en de vaak hoge stroomsnelheden die worden bereikt. Als gevolg van de zeer dynamische omstandigheden in deze geulen verschillen ze sterk van het ecotoop ondiepe getijdengebieden, hoewel verschillende levensvormen (met name vissen) die karakteristiek zijn voor ondiepe gebieden ook in diepe getijdengeulen kunnen worden aangetroffen.

Ecologische inhoud

Op en neer pendelend water in getijdengeulen vormt een belangrijk transportmiddel voor zowel volwassen vissen als hun larven. Bekende voorbeelden zijn de larven van Paling *Anguilla anguilla*, Schol *Pleuronectes platessa* en Bot *Platichthys flesus*, die alle uit de Noordzee (of verder) worden aangevoerd (Creutzberg, 1978). Daarnaast hebben getijdengeulen een specifieke functie in de vorm van overwinteringsgebied voor Garnaal *Crangon crangon* en Strandkrab *Carcinus maenas*. Getijdengeulen zijn bovendien belangrijk voor het transport van verschillende soorten organismen die tot de bodemfauna worden gerekend. Hierbij kan het gaan om larven (vele soorten) maar ook volwassen exemplaren, zowel vanuit de Noordzee naar de Waddenzee en de Deltawateren maar ook om transport binnen deze gebieden. Dergelijk transport kan passief zijn maar ook actief. Zeeduizendpoten *Nereis diversicolor* en Wadpieren *Arenicola marina* trekken onder ongunstige leefomstandigheden (hete zomers, strenge winters) actief van de wadplaten en uit kweldergeulen naar dieper water om hun overlevingskansen te verhogen (Creutzberg, 1978; Dankers en Binsbergen, 1984). Ook Nonnetjes kunnen actief wegtrekken van de getijdenplaten om zich elders, onder gunstiger leefomstandigheden te vestigen, ook in dit geval gebruik makend van eb- en vloedstromen in de diepere geulen. Lokaal kunnen in getijdengeulen mosselbanken voorkomen. Plaatsen waar schelpenbanken aan het oppervlak komen

zijn geërodeerd. Ze kennen vaak een specifieke structuur en daarbij behorende flora en fauna in de vorm van o.a. zeeanemonen (Dankers en Van Moorsel, 2000). Getijdengeulen zijn tevens een belangrijk foerageergebied voor zeehonden (zowel gewone als grijze) en vogels, m.n. voor futen, visetende duikeenden (vooral Middelste Zaagbek), Aalscholver, meeuwen en sterns.

Brandingszone

Diepte: os; Dynamiek: hd; Substraat: z.

Ligging

Binnen enkele meters tot enkele honderden meters van de kust (afhankelijk van diepte, windrichting en windkracht) ligt de brandingszone.

Ecologische inhoud

Voor veel biota is dit een ruige omgeving omdat de zandbodem zeer frequent omgewoeld wordt door de golven. Juist omdat veel dieren hier in de problemen komen, biedt het interessante mogelijkheden voor foeragerende meeuwen. Bij storm kunnen miljoenen schelpdieren uit diepere zeegedeelten worden aangevoerd, die in de brandingszone niet (lang) kunnen overleven en zo beschikbaar komen als voedsel voor aaseters (garnalen, en na aanspoelen op het strand: meeuwen). Ook veel kleine vissen komen juist in deze zone beschikbaar voor meeuwen. Daar staat tegenover dat dit ecotoop, of beter gezegd de zwinnen tussen de banken binnen dit ecotoop, leefgebied zijn van veel kleine vissen (met name jonge Tarbot, *Scophthalmus maximus* Griet *S. rhombus* en grondels. In de bodem komt massaal de Gemshoornworm *Scolelepis squamata* voor (Dankers et al., 1983). Karakteristieke soorten: Tarbot, Griet, Fuut, Kokmeeuw. Als kensoort van de genoemde steilranden in Noord- en Zuid-Holland geldt de Fuut, die juist daar zeer algemeen is in de winter en niet verder op zee en evenmin in hoge dichtheden voorkomt voor de kust van de Waddeneilanden. De Fuut komt echter ook massaal voor in de Voordelta, waar de steilrand ontbreekt. Over de ecologie van de Fuut op de Noordzee is nog zo weinig bekend, dat niet duidelijk is waarom ze massaal overwinteren voor de Hollandse en Zeeuwse kust, en niet voor de Waddenkust.

Ondiep getijdengebied

Diepte: os; Dynamiek: d-ld; Substraat: z-s.

Ligging

Ondiepe getijdengebieden liggen permanent beneden de laagwaterlijn, meestal tussen -1 en -5 m beneden GLW.

Ecologische inhoud

De bodemfauna van het ondiep getijdengebied vertoont op de meeste plaatsen een vrij grote overeenkomst met die van het litorale deel van het getijdengebied. Daarnaast komen soorten voor die kenmerkend zijn voor permanent onder water staande gebieden, plus enkele soorten die specifiek zijn voor brakke omstandigheden (zoals *Tubifex costatus* en *Paranais litoralis*). Het voorkomen van met name bodemdieren en vissen wordt in sterke mate beïnvloed door het zoutgehalte. Door

tijdelijke grote afvoer van zoet water vanuit het IJsselmeer of Haringvliet, bijvoorbeeld, sterft regelmatig een deel van de Kokkels in het aangrenzende sublitoraal af. Daarnaast wordt het voorkomen van met name bodemdieren sterk beïnvloed door de mate van dynamiek als gevolg van stroming of golfwerking. Afhankelijk van deze factoren kan de bodem zelf zowel zandig als slikkig zijn.

Ondiepe getijdengebieden zijn een belangrijk leefgebied voor vele soorten vissen, m.n. voor soorten die kunnen overleven in water met wisselende zoutgehaltes. Karakteristieke voorbeelden zijn Puitaal *Zoarces viviparus*, Zeedonderpad *Myoxocephalus scorpius*, Slakdolf *Liparis liparis*, Botervis *Pholis gunnellus*, Bot, Vijfdradige Meun *Ciliata mustela* en grondels (*Pomatoschistus microps*, *P. lozanoi* en *P. minutus*). Getijdenwateren zijn bovendien belangrijk als opgroeigebied voor soorten als Schol, Tong *Solea solea*, Haring *Clupea harengus* en Sprot *Sprattus sprattus* (Zijlstra, 1978). Een deel van deze soorten trekt tijdens hoog water de wadplaten op, die dan onder water staan, andere bewonen de sublitorale wateren min of meer exclusief. Naast deze min of meer vaste bewoners worden de Nederlandse getijdenwateren regelmatig bezocht door soorten die meer permanent in de Noordzee leven. Naast vissen zijn wilde mosselbanken en plaatselijk ook kokkelbanken op verschillende plaatsen in het sublitoraal aanwezig. In het verleden (voor de jaren '30) was met name de westelijke Waddenzee gedeeltelijk begroeid met Groot Zeegras *Zostera marina*. In de jaren 80 was dit ecotoop op grote schaal aanwezig in het Grevelingenmeer. In het Waddengebied was Groot Zeegras tot voor kort nog vrij talrijk in Sleeswijk Holstein. Vanaf begin jaren '90 neemt het areaal hier sterk af (Reise et al., 1994, 1998).

De ondiepe getijdengebieden in de Waddenzee en de Oosterschelde zijn een belangrijk kweekgebied voor mosselen. Deze vorm van maricultuur vindt plaats op z.g. mosselpercelen, permanent onder water staande concentraties mosselen die door vissers met enige regelmaat worden 'bewerkt', verplaatst en na 1-3 jaren groei worden opgevisst en verscheept voor de consumptie. Het grootste deel van de Nederlandse productie van consumptiemosselen komt uit de Waddenzee, het voor de cultuur benodigde mosselzaad (mosseltjes kleiner dan 20 mm) wordt volledig opgevisst op sublitorale banken in de Waddenzee. In de Oosterschelde zijn delen van het sublitoraal ook in gebruik voor de oestercultuur.

Ondiepe getijdengebieden vormen een belangrijk foerageergebied voor zeehonden (zowel Gewone als Grijze) en vogels, m.n. voor Futen, duikeenden (vooral Eidereend *Somateria mollissima*, Toppereend *Aythya marila* en Middelste Zaagbek), Aalscholver, meeuwen en sterns. In de wintermaanden, bijvoorbeeld, foerageert het grootste deel van de in de Waddenzee aanwezige Kokmeeuwen in het grotendeels sublitorale westelijke deel.

Harde, kunstmatige kustgedeelten

Diepte: ds-os; Dynamiek: hd-d-ld; Substraat: h.

Ligging

Langs de hele Nederlandse kust komen, op de grens van sublitoraal en litoraal, kunstmatige rotskusten voor, in de vorm van dijkvoeten, pieren, strekdammen, zinkstukken met stortsteen en de grote dammen.

Ecologische inhoud

Deze vormen een bijzonder, en bijzonder rijk ecotoop voor een veelheid van soorten. Sommige soorten komen alleen op deze substraten voor, andere (met name veel vissen) komen ook elders voor maar vinden hier beschutting. De aanwezigheid van vis en schelp- en schaaldieren trekt weer vogels aan als: Aalscholver, Eidereend, Steenloper *Arenaria interpres*, Parse Strandloper *Calidris maritima*. Dit biotoop is het enige in de Nederlandse kustwateren waar grote planten kunnen groeien.

Volgens Van Moorsel en Waardenburg (2000) zijn de algemene vastzittende soorten de zeeanemonen *Metridium senile* en *Sagartia troglodytes*, de Broodspoon *Halichondria panicea* en *Tubularia* spp. Van de vrijlevende soorten moeten de Strandkrab, de Gewone Zeester *Asterias rubens* en de Botervis worden genoemd. De Noordzeekrab *Cancer pagurus* leeft in holen en gaten zoals die op de dijk aanwezig zijn tussen de basaltblokken. In het Marsdiep valt ook het grote aantal soorten naaktslakken op (Swennen, 1987).

Van de hydropoliepen die soms op het harde substraat voorkomen moeten met name de Zeecypres *Sertularia cupressina* en de Gekromde Zeeborstel *Hydrallmannia falcata* worden genoemd. Deze soorten vormden vroeger uitgestrekte zeemosvelden in de Waddenzee. Vervoort (1946) beschrijft deze velden en meldt dat de kolonies op stenen en schelpen zijn vastgehecht. Tussen of op het zeemos leefden soorten zoals de Spinkrab *Hyas araneus*, de Noordzeekrab, de Veranderlijke Steurgarnaal *Hippolyte varians* en zeespinnen. Diverse soorten vissen zetten hun eieren erop af zoals de Slakdolf *Liparis liparis* (Vervoort op. cit.). Vervoort meldt overigens ook dat jonge mosseltjes 'bij miljoenen' op het zeemos voorkwamen, zodat de veronderstelling gerechtvaardigd is dat zeemosvelden van belang kunnen zijn voor het ontstaan van mosselbanken in het sublitoraal, zowel op dijken als in geulen.

Overigens komen harde substraten ook meer offshore voor in de vorm van offshore installaties, wrakken en verloren ladingen van de scheepvaart. Ook hier geldt dat veel soorten die in de wijde omgeving niet voorkomen (althans niet als adulte organismen, wel als larf) deze structuren hebben gekoloniseerd. Mosselen lijken zich hier te beperken tot de bovenste meters van de waterkolom. Offshore zijn alleen de onderwater organismen van belang, dus de wieren en aangroeiende bodemdieren.

4.2 Litorale ecotopen

In dit overzicht wordt, overeenkomstig de Duitse (Sindowski, 1973, Reineck, 1980, Reise, 1985, Bayerl et al., 1998, Reise en Lackschewitz, 1998) en Engelse literatuur (Davidson et al., 1991), op basis van de korrelgrootteverdeling van de sedimenten een verdeling gemaakt tussen zandige en slikkige getijdenplaten. Vooral in de Duitstalige literatuur wordt ook vaak een tussenvorm onderscheiden (z.g. Mischwatt). Getijdenplaten kunnen hoog (meer dan 50% droogvaltijd) en laag (minder dan 50% droogvaltijd) in de getijdenzone zijn gesitueerd. In dit hoofdstuk wordt uitgegaan van de ecotopen hoog-dynamische zandplaten, zandplaten, zand-slikplaten en slikplaten (Tabel 11). Hierbij is geen onderscheid gemaakt met betrekking tot de in zuidwest Nederland gebruikte verschillen tussen platen (die aan alle zijden zijn omringd door water) en slikken (getijdenplaten die aan een dijk grenzen). Slikplaten zijn in deze bijdrage gedefinieerd als getijdenplaten met een hoog percentage slib en lutum. Afhankelijk van hun ligging ten opzichte van NAP worden lage, middelhoge en hoge platen onderscheiden. Deze overgangen zijn echter gradueel. Daarom zijn er geen wezenlijke verschillen tussen bijvoorbeeld hoge en middelhoge zandplaten en worden ze niet als verschillende ecotopen onderscheiden. Eenzelfde benadering is toegepast voor overgangen van zout naar brak.

Tabel 11. De verschillende typen getijdenplaten en hun eigenschappen.

	Hoog-dynamische zandplaat	Zandplaat	Zand-slikplaat	Slikplaat
Duitse naam	Außensand	Sandwatt	Mischwatt	Schlickwatt
Engelse naam	Exposed sandy shore,	Sandflat	Muddy sandflat,	Mudflat
Mate van dynamiek	Zeer hoog	Hoog	Gemiddeld	Meestal laag
Mate van wegzakken (van volwassen mens)	0-1, plaatselijk 10 cm	0-1 cm	1-5 cm	5-50 cm
Bodemoppervlak	Ruw, megaribbels	Golfribbels	Glad	Glad, glanzend
Slib en lutum (%)	<10	<10	10-50	>50

Hoogdynamische zandplaat en strand

Droogval: ll-ml-bl; Dynamiek: hd; Substraat: z;

Ligging

Hoogdynamische zandplaten, waaronder ook stranden worden gerekend, bevinden zich aan de Noordzeekzijde en in de zeegaten tussen de Waddeneilanden en de voormalige eilanden in de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta en langs de vastelandskust van Noord- en Zuid-Holland.

Ecologische inhoud

De laagstgelegen delen vertonen een grote mate van dynamiek door golfwerking, periodiek droogvallen en branding. De bodemfauna wordt nagenoeg gedomineerd door de Gemshoornworm die in dichtheden tot duizenden per m² kan voorkomen. Andere relatief talrijke soorten zijn de wormen *Spio filicornis* en *Nephtys cirrosa* (minder typisch in de Westerschelde), de isopode *Eurydice pulchra* en de amphipode *Bathyporeia*

pp (Degraer et al., 1999). Schelpdieren komen vanwege de hoge dynamiek in dit ecotoop vrijwel niet voor (Davidson et al., 1991). Behalve door jonge vissen wordt de Gemshoornworm *Scolecopsis* gegeten door Drieteenstrandlopers *Calidris alba*, in mindere mate door Scholeksters *Haemotopus ostralegus* en meeuwen. Als gevolg van de dynamische omstandigheden wordt dit ecotoop gekenmerkt door z.g. megaribbels, die soms wel een halve meter hoog kunnen zijn, en door een relatief lage soortenrijkdom. Ook in de wat hoger gelegen delen is een hoge mate van dynamiek aanwezig omdat grote hoeveelheden zand door de wind verplaatst kunnen worden, terwijl het gebied af en toe bij storm geheel onder water komt te staan. Onder deze omstandigheden kunnen grote hoeveelheden zand worden aan- of afgevoerd. Plaatselijk kan het sediment veel water bevatten en daardoor het karakter krijgen van drijfzand.

Zandplaat

Droogval: ll-ml; Dynamiek: d; Substraat: z.

Ligging

Lage zandplaten liggen minder dan 50% van de tijd droog. Ze worden gekenmerkt door een zandige bodem, de overgang naar de geul wordt dikwijls gekenmerkt door lage zandribbels. Binnen de plaat komen prielen voor die voor aan- en afvoer van water zorgen. Hoger gelegen zandplaten (meer dan 50% droogvaltijd) worden gekenmerkt door een zandige bodem en staan onder sterkere invloed van golven omdat ze zich tot aan het hoogwaterniveau uitstrekken.

Ecologische inhoud

Op de lage plaat kunnen beeldbepalende mosselbanken, oesterbanken en zeegrasvelden voorkomen. Ook oudere kokkelbanken kunnen beeldbepalend zijn wanneer ze als substraat dienen voor algen. Zandige platen worden dikwijls gekenmerkt door pierenhoopjes van de Wadpier die in dichtheden van gemiddeld 40 exemplaren/m² voorkomen. De overige bodemdieren zijn aan het oppervlak nauwelijks waarneembaar maar bij nadere bestudering zijn vaak ook de openingen voor de adembuizen van Kokkels, Amerikaanse Zwaardschede en de Strandgaper *Mya arenaria* zichtbaar. Kenmerkende soorten zijn verder Wapenworm *Scoloplos armiger* Goudkammetje *Pectinaria koreni* en Zandzager *Nephtys hombergi* (Reineck, 1980; Reise, 1985). Plaatselijk kunnen Schelpkokerwormen *Lanice conchilga* beeldbepalend worden. Bij hoge dichtheden en op beschutte plaatsen kunnen de boven het wad uitstekende kokers van deze worm fijne sedimentdeeltjes invangen.

In het voorjaar krijgen de platen een roestbruine tot groene kleur, door de groei van diatomeën. In deze laag zijn de vraatsporen van verschillende soorten organismen zichtbaar. Laagliggende zandplaten zijn belangrijk foerageergebied voor verschillende soorten steltlopers, meeuwen en eenden. Sporen van foeragerende Bergeenden en Eidereenden zijn duidelijk zichtbaar als trappelpaten.

Op hoger gelegen zandplaten hebben, vanwege de korte overstromingstijd, de bodemdieren maar weinig tijd om voedsel te verzamelen. De platen hebben daarom een relatief lage soortenrijkdom en een relatief lage biomassa aan bodemdieren.

Mosselbanken komen niet voor. Ook (middel)hoge zandplaten worden dikwijls gekenmerkt door pierenhoopjes van de Wadpier, maar de dichtheden op de hogere delen zijn vaak geringer dan op lager gelegen platen (Reise en Lackschewitz, 1998). Tot de overige bodemdieren behoren Strandgaper, Wapenworm en Zandzager. Karakteristieke vogels zijn Bontbekplevier *Charadrius hiaticula*, Scholekster, Zilverplevier *Pluvialis squatarola*, Rosse Grutto *Limosa lapponica* en Wulp *Numenius arquata*.

Zand-slikplaat

Droogval: ll-ml; Dynamiek: d-ld; Substraat: z-s.

Ligging

Zand-slikplaten worden gekenmerkt door een hoger percentage fijnkorrelig sediment (<63 µm), wat een gevolg is van de lagere dynamiek. Deze worden met name aangetroffen op enigszins beschutte plaatsen in de nabijheid van de kust. Het organisch stofgehalte in de bodem is hoger dan in zandplaten. In het Waddengebied kan dit ecotoop goed onderscheiden worden, maar in de Deltawateren, waar de grenzen tussen zand- en slikplaten veel scherper zijn, waarschijnlijk niet. Daarom is dit ecotoop voorlopig in het stelsel opgenomen als een bijzondere vorm van zandplaten.

Ecologische inhoud

Zand-slikplaten behoren tot de rijkste ecotopen van de Nederlandse getijdengebieden, zowel wat betreft soortenrijkdom, de hoeveelheid bodemdieren (Dankers en Beukema, 1981) als de dichtheden en de diversiteit aan voedselzoekende vogels, zowel eenden, vele soorten steltlopers als meeuwen. Bovendien kunnen mosselbanken, kokkelbanken, oesterbanken en zeegrasvelden voorkomen. Ook in zand-slikplaten kunnen Wadpieren en Schelpkokerwormen beeldbepalend aanwezig zijn. Tot de overige bodemdieren behoren Kokkels, Strandgaper, Nonnetje, Zeeduizendpoot en draadwormen *Heteromastus/ Capitella*.

Slikplaat

Droogval: ll-ml; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

Lage slikplaten vallen minder dan 50% van de tijd droog en worden gekenmerkt door slikkig sediment en een veelal lage dynamiek, waardoor ook fijne sedimentdeeltjes kunnen bezinken. Middelhoge (en hoge) slikplaten worden gekenmerkt door hoge slibgehaltes. Op plaatsen waar permanent grotere hoeveelheden slib worden aangevoerd hetzij ten gevolge van hydraulische factoren zoals in de Dollard, lokaal in de Westerschelde, in het buitenland met name op plaatsen met een groot getijverschil, of als gevolg van ecologische factoren zoals in de directe omgeving van mosselbanken) kunnen echter ook dynamische slikplaten voorkomen. Slikplaten worden ontwaterd door prielen die zeer fijnmazig vertakt kunnen zijn, en over meerdere jaren stabiel zijn omdat enigszins geconsolideerd slib erosiebestendiger is dan losgestapeld zand. Door de relatief geringe dynamiek wordt het sediment doorgaans weinig opgewoeld waardoor weinig zuurstof in de bovenste laag van het

sediment kan doordringen. Door het hoge gehalte aan organisch materiaal ontstaat anaeroob sediment dat zich in slikplaten veelal vlak onder het oppervlak bevindt.

Ecologische inhoud

Slikplaten kunnen relatief grote hoogteverschillen vertonen die veroorzaakt worden door mosselbanken of resten van mosselbanken. Zeer slikkige gebieden worden doorgaans gekenmerkt door een vrij arme bodemfauna waarin Zeeduizendpoot, dunne borstelwormen, *Pygospio elegans*, Slijkgarnaal *Corophium volutator* en lokaal de Slijkgaper *Scrobicularia plana* de meest algemene soorten zijn (Reise, 1985; Reise en Lackschewitz, 1998). Deze gebieden worden tevens gekenmerkt door een vrij arme vogelfauna, met Kluut *Recurvirostra avosetta*, Tureluur *Tringa totanus* en Kokmeeuw als meest algemene soorten.

In het gebied van de middelhoge en hoge slikplaten komen hoge dichtheden jonge bodemdieren voor. De platen staan bekend als broedwad voor de Wadpier (Farke et al., 1979), Nonnetje en Strandgaper (Günther, 1992). Deze organismen hebben hier relatief goede overlevingskansen door de lage predatiedruk van vissen, garnalen en krabben. Als ze ouder worden migreren ze naar lager gelegen platen. Andere karakteristieke bodemfaunasoorten zijn dunne borstelwormen, Zeeduizendpoot, Slijkgaper en Slijkgarnaal. Deze laatste soort graaft U-vormige gangen en draagt hiermee bij aan de versteviging van het sediment (Mouritsen et al., 1998). Als er kleilagen of schelpenbanken direct onder het oppervlak voorkomen kan zich een permanente zeegrasgemeenschap ontwikkelen. Karakteristieke vogels voor dit ecotoop zijn Kluut, Zilverplevier, Tureluur, Rosse Grutto, Wulp en Bonte Strandloper *Calidris alpina*.

Priel in zand- en slikplaat

Droogval: ll-ml; Dynamiek: d; Substraat: z.

Ligging

Prielen in zand en slikplaten vertakken zich tot kleine ondiepe soms nauwelijks zichtbare structuren. Hoewel ze dikwijls ruim boven het laagwaterniveau liggen bevatten ze toch lange tijd, en soms permanent water dat afstroomt van het omliggende wad totdat de vloed weer opkomt. Meanderende prielen eroderen zand in de buitenbochten.

Ecologische inhoud

Op de bodem van de priel, en in de binnenbochten worden veel schelpen aangetroffen. In slikkige gebieden is de bodem van smalle prielen dikwijls steviger dan de omliggende getijdenplaten. Brede prielen waarin het water een lage stroomsnelheid heeft kunnen daarentegen soms zeer slikkig zijn. Prielen worden vaak bezocht door grote aantallen meeuwen, Lepelaars *Platalea leucorodia*, Groenpootruiters *Tringa nebularia*, Zwarte Ruiters *T. erythropus* en Kluten die foerageren op Garnalen en andere kleine kreeftachtigen die in deze prielen op de ebstroom naar de geulen worden gevoerd ofwel met opkomend water naar de platen trekken.

Mosselbank

Droogval: ll-ml; Dynamiek: d-ld; Substraat: z-s; Soort: m.

Ligging

Mosselbanken zijn 'een bodemdierengemeenschap waarbij mosselen het beeld bepalen, die bestaat uit een ruimtelijk duidelijk afgebakende onregelmatige verzameling van min of meer uit het wad oprijzende kleinere banken, die mosselbulten genoemd kunnen worden, gescheiden door open ruimten'.

Ecologische inhoud

Mosselbanken ontstaan in eerste instantie door broedval op geschikt substraat. Dit kunnen kokers van Schelpkokerwormen zijn, restanten van vroegere mosselbanken of al dan niet door algen begroeide kokkelbanken. Eerstejaars zaadbanken liggen nog min of meer los op het sediment of liggen in slierten aaneengekit op het wad en zijn daardoor nog weinig stabiel. Dergelijke zaadbanken overleven de soms sterke predatie door Scholeksters en Zilvermeeuwen *Larus argentatus*, winterstormen of ijsgang vaak niet.

Het karakteristieke mosselbankecotoop bestaat uit oude stabiele mosselbanken. Zo'n mosselbank bevat mosselen van verschillende jaarklassen. Mortaliteit en bewegingen onder andere ten gevolge van voedselschaarste in het midden van een dichte concentratie leidt tot open ruimten binnen de bank. Hierdoor ontstaan afzonderlijke mosselbulten en poelen tussen de bulten. In die poelen blijft bij laagwater dikwijls water achter, die een grote variatie aan organismen herbergen. Een oude mosselbank bevat ook veel lege schelpen, zowel van mosselen uit de bank als van Mosselen, Kokkels en Strandgapers die door golven ingespoeld zijn en door de levende mosselen met hun byssusdraden worden vastgehouden. Deze schelpen vergroten het oppervlak aan hard substraat. Hard substraat is zeldzaam in de Waddenzee en voor veel soorten essentieel voor hun vestiging. Recent vestigen zich ook Japanse Oesters *Crassostrea gigas* op mosselbanken.

Een typische mosselbank bestaat uit drie componenten (Seed en Suchanek, 1992):

- (1) een matrix van levende en dode schelpen, bijeengehouden door een mat van byssusdraden,
- (2) een onderliggende sedimentlaag bestaande uit door de mosselen geproduceerde faeces en pseudofaeces, ingespoeld zand, schelpresten en detritus, die een soort wortel vormen waarmee de mosselbank in het sediment verankerd is, en
- (3) een gevarieerde verzameling van plant- en diersoorten die de mosselbank als habitat hebben.

Mosselbanken vormen een zeer belangrijke voedselbron voor vogels, zowel voor soorten die mosselen eten (zoals Scholekster en de Eidereend) als soorten die voornamelijk foerageren op krabben, Garnalen, kleine visjes en wormen, organismen die leven in de poelen tussen de mosselbulten en in de beschutting van de afzonderlijke mosselen. De meest karakteristieke vogelsoorten zijn Wulp, Tureluur, Groenpootruiter, Steenloper en Kokmeeuw.

Zeegrasveld

Droogval: ll-ml; Dynamiek: d-ld; Substraat: z-s; Soort: z

Ligging

Zeegrasvelden komen hoofdzakelijk voor op hooggelegen en enigszins beschutte zandige en slikkige platen, in mindere mate ook op lager gelegen platen. Waarschijnlijk kan zeegras een droogvalduur tot 25 % verdragen. In Duitsland lijkt er dikwijls een relatie met mosselbanken. Vooral daar waar kleilagen direct onder het oppervlak voorkomen kan zich een permanente zeegrasgemeenschap ontwikkelen (Reise et al., 1998). Momenteel het meest voorkomend is het Klein Zeegras *Zostera noltii*. De stengels en bladeren van deze soort worden 10-20 cm lang en kunnen dichte matten vormen. De plant overwintert in de vorm van wortelstokken. Daarnaast komt ook nog Groot Zeegras *Zostera marina* voor. Een smalbladige, litorale vorm kwam als éénjarige voor in de oorspronkelijke Grevelingen. In het zoute, stagnante Grevelingenmeer ging hij over in een meerjarige vorm (Kamermans et al., 1999). De éénjarige vorm komt nog voor in Waddenzee, Eems, Oosterschelde en Veerse Meer. Een breedbladige laag litorale/sublitorale (en meerjarige) vorm van Groot Zeegras kwam voor in de Waddenzee en vormde daar zeer uitgestrekte velden met een specifieke begeleidende fauna (Van Goor, 1919). Door ziekte verdwenen deze velden in 1931 en 1932. In verband met de grote veranderingen in de hydrodynamische omstandigheden is het onzeker of deze vorm daar terug kan keren.

Ecologische inhoud

Zeegrasvelden vormden een belangrijk habitat voor een aantal karakteristieke soorten zoals Zeestekelbaars *Spinachia spinachia*, Trompetterzeenaald *Syngnathus typhle* en Zeekat *Sepia officinalis* (Van Goor, 1919). Daarnaast zijn in zeegrasvelden Wadslakjes *Peringia ulvae* en jonge Alikruiken *Littorina littorea* talrijk aanwezig. Op de hogere platen komt (momenteel op zeer beperkte schaal) een vorm voor die zich jaarlijks uit zaad ontwikkelt. Deze vorm blijft kleiner en groeit meestal in de vorm van afzonderlijke pollen (Reise et al., 1998). Beide soorten zeegras vormen een potentieel belangrijke voedselbron voor Smienten *Anas penelope* en Rotganzen *Branta bernicla*. Door de vraat van deze vogelsoorten, zowel van de bladeren als van de wortelstokken, worden poelen op het wad gecreëerd waarin zich onder natuurlijke omstandigheden (voldoende aanbod) weer zaad of kiemplanten kunnen vestigen.

Hoog slik

Droogval: hl; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

De slibconcentratie is variabel, maar is hoger dan het voorliggende zandige onbegroeide wad zodat het substraat voldoende stevigheid heeft voor planten om zich te vestigen. De opslibbing kan tijdelijk zeer hoog zijn, maar de juiste vegetatie om het sediment blijvend vast te leggen ontbreekt.

Ecologische inhoud

De hogere delen van hoge slikplaten kunnen plaatselijk begroeid raken. De vegetatiebedekking is meestal minder dan 50%, maar kan per jaar sterk verschillen door het vrij dynamische karakter van deze zone. Met name tijdens (winter)stormen kan er lokaal zeer veel sediment afgezet worden, waardoor zaden te diep begraven raken om te kunnen kiemen in het voorjaar, of er treedt sterke erosie op waardoor het grootste deel van de aanwezige zaden wegspoelt. De vegetatie wordt gedomineerd door Langarige Zeekraal *Salicornia dolichostachya* (eenjarige soort) en Engels Slijkgras *Spartina anglica*. De pionierzone begint onder de gemiddeld hoogwaterlijn (GHW), loopt door tot GHW en wordt dagelijks overspoeld (soms zelfs twee maal per dag). Er is een geleidelijke overgang naar de hoger gelegen zone die gevormd wordt door de lage kwelder. Prieltjes of greppels bevorderen de ontwatering en daarmee de vegetatieontwikkeling.

Deze zone is van ecologische betekenis voor de gespecialiseerde kwelderplanten en de daarop levende (vaak gespecialiseerde) invertebraten en voor foeragerende en rustende vogels. In de Dollard, bijvoorbeeld, wordt dit ecotoop intensief gebruikt als foerageergebied door eenden (m.n. Wilde Eend *Anas platyrhynchos* en Wintertaling *A. crecca*). De grote variatie aan bodemfauna en de aanwezigheid van krabben biedt vele soorten voedsel en Engels Slijkgras (wortelstokken, winterknoppen) wordt gegeten door bijvoorbeeld Grauwe Ganzen *Anser anser*.

Hoog brakwaterslik

Droogval: hl; Dynamiek: ld; Substraat: s; Zout: b.

Ligging

Afhankelijk van het gebied en de oorsprong en hoeveelheid van het zoete en zoute water varieert de overspoelingsfrequentie van enkele tot enige honderden malen per jaar. De zoetwaterinvloed kan afkomstig zijn van drang uit de duinen of van rivierafvoer. De zoutwaterinvloed kan komen van overspoelingen door zeewater of zoute kwel. Vaak is een overgang van zoet naar brak en soms zelfs naar zout aanwezig.

Ecologische inhoud

Hogere delen van dit ecotoop kunnen begroeid raken met rietmoeras, dat wordt gedomineerd door Heen (Zeebies) *Scirpus maritimus* en Riet *Phragmites australis*, maar meer zilte soorten zoals Zulte *Aster tripolium*, Schorrezoutgras *Triglochin maritima*, Zilte schijnspurrie *Spergularia salina* en Engels Slijkgras kunnen ook aanwezig zijn. De grazige vegetatie wordt vooral bepaald door Gewoon Kweldergras *Puccinellia maritima*, Rood Zwenkgras *Festuca rubra* en Kweek *Elymus repens*. Bij een te lage begrazingsdruk is een snelle successie naar een monocultuur van Riet te verwachten. Behalve bovengrondse delen van diverse planten die bij vele vogelsoorten geliefd zijn (bijv. Rotgans, Brandgans en Smient) benutten vooral Grauwe Ganzen ook wortelknollen van Heen en ondergrondse delen van Engels Slijkgras als voedselbron. Lokaal (o.a. in de Dollard) wordt ook door andere ganzensoorten op deze voedselbronnen gevoerageerd. De rietvegetatie is een uitstekend foerageergebied voor moeras- en

watervogels en levert schuilgelegenheid. Bovendien biedt het broedmogelijkheden voor bijv. Rietgors *Emberiza schoeniclus* en Kleine Karekiet *Acrocephalus scirpaceus*.

Harde droogvallende zeewering/substraten

Droogval: ll-ml-hl; Dynamiek: hd-d-ld; Substraat: h.

Ligging

De harde zeewering langs een groot deel van de vastelandskust van Friesland en Groningen ligt over het algemeen te lang droog om een uitgebreide flora of fauna te herbergen.

Ecologische inhoud

De begroeiing beperkt zich dan ook meestal tot korstmossen. Op de daar ook aanwezige rijshouten dammen worden wel diverse organismen aangetroffen (o.a. *Fucus*-soorten en zeepokken *Balanus spp.*). Op minder lang droogstaande zeeweringen (westen van Friesland, oosten van Groningen, Afsluitdijk, Zeeland) kan zich een uitgebreide zonering met diverse wiersoorten ontwikkelen.

4.3 Supralitorale ecotopen

Lage kwelder

Overspoelingsduur: lk; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

De lage kwelderzone in de Waddenzee wordt gekenmerkt door een overspoelingsfrequentie van 300-150 maal per jaar en in ZW-Nederland door een overspoelingsfrequentie van minstens 300 maal per jaar. De aanwezige prielen en geulen zijn niet alleen van groot belang voor de ontwatering, maar ook voor de aanvoer van sediment. Door het vermogen van de aanwezige vegetatie het tijdens de overspoelingen afgezette sediment vast te leggen is de opslibbing in deze zone hoger dan in de andere kwelderzones. Bij achterblijvende sedimentatie in de pionierzone bestaat de kans dat zich een klif vormt op de grens van de lage kwelder en de pionierzone.

Ecologische inhoud

De vegetatie wordt veelal gedomineerd door Gewoon Kweldergras, Kortarige Zeekraal *Salicornia brachystachya*, en Schorrekruid *Suaeda maritima*, maar in Zeeland is op deze hoogte vaak ook nog een uitgebreide Engels Slijkgras begroeiing te vinden. Andere regelmatig voorkomende soorten op de lage kwelder zijn Schorrezoutgras, Zeeaster (Zulte), Lamsoor *Limonium vulgare*, Zoutmelde *Halimione portulacoides* en Spijesmelde *Atriplex prostrata*. Tijdens hoog water wordt deze zone intensief gebruikt als hoogwatervluchtplaats door vele soorten steltlopers en meeuwen. Door de aanwezigheid van geschikte voedselbronnen is deze zone bovendien van belang voor Brandgans (Waddenzee), Rotgans en Smient. Door de geleidelijke overgang naar pionierzone is dit ecotoop ook van belang voor het foerageren van jongen van

broedvogels zoals Kluut en Tureluur. De prielen en geulen zijn onder andere van belang voor juveniele vissen.

Middelhoge kwelder

Overspoelingsduur: mk; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

De middelhoge kwelderzone in de Waddenzee wordt gekenmerkt door een overspoelingsfrequentie van 100-70 maal per jaar en in ZW-Nederland door een overspoelingsfrequentie van 300-50 maal per jaar.

Ecologische inhoud

De vegetatie wordt gedomineerd door Gewone Zoutmelde, Zulte, Zilte Rus *Juncus gerardii*, Rood Zwenkgras, Zeeweegbree *Plantago maritima*, Zeealsum *Artemisia maritima* en Spiesmelde. Deze over het algemeen zeer gevarieerde zone bevat meestal ook elementen uit de aangrenzende zones. Bij oudere kwelders kan ook al op de middenkwelder een successie optreden naar een soortenarme situatie met Strandkweek *Elymus athericus* of Kweek. Dit proces wordt veroudering genoemd. Tijdens hoog water wordt ook deze zone intensief gebruikt als hoogwatervluchtplaats door vele soorten steltlopers en meeuwen. Bovendien wordt deze zone als foerageergebied gebruikt door Brand- en Rotgans en Smient. Door de afwisseling in vegetatiestructuur en de aanwezigheid van veel insecten biedt deze zone ook mogelijkheden aan weidevogels om te foerageren en broeden (bijvoorbeeld Scholekster, Kievit, Tureluur, Graspieper, Veldleeuwerik en Gele Kwikstaart).

Beweide hoge kwelder

Overspoelingsduur: bk; Dynamiek: d-ld; Substraat: s.

Ligging

De hoge kwelderzone, gelegen op duinvoet, groenstranden, dijkvoet en oeverwallen langs kreken, wordt gekenmerkt door een maximale overspoelingsfrequentie van 30 maal per jaar in de Waddenzee en 50 maal per jaar in Zeeland. De bovengrens van deze zone ligt bij de geleidelijke overgang naar duinen, duinvalleien of strandvlaktes of bij een overspoelingsfrequentie van twintig tot vijf maal per jaar.

Ecologische inhoud

Het grootste verschil met de onbeweide hoge kwelder is de veel beperktere aanwezigheid van Strandkweek en het meer op de voorgrond treden van Rood Zwenkgras, Fioringras *Agrostis stolonifera*, Zilte Rus, Engels Gras *Armeria maritima*, Melkkruid *Glaux maritima* en kruiden van kleigraslanden. Kruiden worden selectief begraasd waardoor Zulte en Zeeweegbree vaak ontbreken, terwijl Zeealsem, dat bij vee vanwege de vliegen werende eigenschappen alleen geliefd is om in te liggen, wel aanwezig blijft. De zandiger, zoetere overgangszone naar duinen of groenstrand zijn vergelijkbaar met de onbegraasde situatie en worden door Zilver schoon *Potentilla anserina*, Witte Klaver *Trifolium repens*, Aardbeiklaver *T. fragiferum* en Kattedoorn *Ononis spinosa* gedomineerd. Tijdens hoog water kan ook deze zone worden gebruikt als hoogwatervluchtplaats voor vele soorten steltlopers en meeuwen, als foerageergebied

voor Brand- en Rotgans en Smient en als broed- en foerageergebied voor weidevogels. Deze zone is tevens van belang voor wintergasten als Strandleeuwerik *Eremophila alpestris*, Frater *Carduelis flavirostris*, Sneeuwgorst *Plectrophenax nivalis* en Oeverpieper.

Onbeweide hoge kwelder

Overspoelingsduur: bk; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

De hoge kwelderzone wordt gekenmerkt door een overspoelingsfrequentie die vergelijkbaar is met die van de beweide hoge kwelder. De opslibbingssnelheid is door het geringe aantal overspoelingen meestal laag, behalve op oeverwallen waar veel sediment vanuit de aangrenzende kreek kan worden afgezet.

Ecologische inhoud

Een dijsloot of dijkvoet zorgt in sommige gevallen voor een meer abrupte overgang alhoewel een laag organisch materiaal vaak begroeid met eenjarigen, zoals Spiesmelde, Strandmelde *Atriplex littoralis*, Reukloze Kamille *Matricaria maritima*, zelfs dan voor een verzachting van de overgang kan zorgen. Op oeverwallen en andere goed ontwaterende plaatsen wordt de vegetatie gedomineerd door Strandkweek (in sommige jaren uitbundig vergezeld door het éénjarige Spiesmelde). Op onbeweide hoge kwelders vormt Strandkweek na verloop van tijd meestal een monocultuur. Op vochtiger stukken kunnen ook onder andere Rood Zwenkgras, Fioringras, Engels Gras, Zilte Rus en Rode Ogentroost *Odontites verna* aangetroffen worden. Op de zandiger, drogere en zoetere overgangszones naar duinen of groenstrand kunnen bijvoorbeeld Zilverschoon, Witte Klaver en Aardbeiklaver hieraan worden toegevoegd. Op deze overgangszones vormt de aanwezigheid van Riet een potentiële bedreiging van de soortendiversiteit. De ecologische betekenis ligt voor planten in de aanwezigheid van soorten van extensief beheerde kleigraslanden, maar is relatief gering voor vogels door het monotone ruige karakter. Als hoogwatervluchtplaats wordt door wadvogels meestal een opener terrein verkozen. Lokaal kan onbeweide hoge kwelder van belang zijn als broed- en foerageergebied voor vogels met een voorkeur voor ruige vegetaties, zoals Bruine Kiekendief *Circus aeruginosus* en Kneu *Carduelis cannabina*, en wintergasten als Rietgorst, Sneeuwgorst, Strandleeuwerik en Frater.

Beweide hoge kwelder (zomerpolder)

Overspoelingsduur: bk; Dynamiek: d-ld; Substraat: s.

Ligging

Door de aanwezigheid van een zomerkade wordt een zomerpolder meestal minder dan vijf maal per jaar overvloed. Omdat de sedimenttoevoer hierdoor ook zeer beperkt is en in zomerpolders ook nog inklink plaatsvindt neemt de maaiveldhoogte langzaam af en kan een negatief hoogteverschil ontstaan met de aangrenzende kwelder.

Ecologische inhoud

De vegetatie is bij niet te intensieve begrazing soortenrijk en wordt gedomineerd door Fioringras, Engels Raaigras *Lolium perenne*, Rood Zwenkgras en Kweek, maar ook Geknikte Vossenstaart *Alopecurus geniculatus*, Veldgerst *Hordeum secalinum*, Veldbeemdgras *Poa pratensis*, Witte Klaver en Zilverschoon kunnen aanwezig zijn. Verrijking van de grond met (kunst)mest en zeer intensieve beweiding heeft met name in het verleden nogal eens voor een verarming van de soortensamenstelling gezorgd. Dit type zomerpolder is vanwege de korte grazige vegetatie in trek bij ganzen en eenden als foerageergebied en wordt vanwege de beschermde ligging, maar toch open karakter, ook gebruikt als hoogwatervluchtplaats, met name tijdens relatief hoge vloten.

Onbeweide hoge kwelder (zomerpolder)

Overspoelingsduur: hk; Dynamiek: ld; Substraat: s.

Ligging

Door de aanwezigheid van een zomerkade wordt een zomerpolder meestal minder dan vijf maal per jaar overvloed. Omdat de sedimenttoevoer hierdoor ook zeer beperkt is en in zomerpolders ook nog inklink plaatsvindt neemt de maaiveldhoogte langzaam af en kan een negatief hoogteverschil ontstaan met de aangrenzende kwelder.

Ecologische inhoud

De vegetatie is soortenarm en wordt gedomineerd door Kweek.

Droog strand met embryoduinen

Overspoelingsduur: bk; Dynamiek: d; Substraat: z.

Ligging en ecologische inhoud

Op minder dynamische delen van het strand kunnen planten tot ontwikkeling komen, in eerste instantie Biestarwegras *Elytrigia junceiformis* en Zeeraket *Cakile maritima*. Deze planten kunnen een verdere vegetatiesuccessie opwekken waardoor geïsoleerde embryoduinen kunnen ontstaan. Door afvoer van zoet water dat uit de embryoduinen lekt kunnen plaatselijk relatief zoete milieuomstandigheden ontstaan waar ook meer zoetwaterminnende planten tot ontwikkeling kunnen komen. De hoger gelegen stranden zijn geschikt als broedgebied voor Strandplevier *Charadrius alexandrinus*, Bontbekplevier en Dwergstern *Sterna albifrons*, wanneer embryoduinen aanwezig zijn ook voor Bergeend *Tadorna tadorna*, Stormmeeuw, Zilvermeeuw en Kleine Mantelmeeuw *Larus fuscus*.

Zeereep en duinen

Overspoelingsduur: zr; Dynamiek: d; Substraat: z.

Ligging en ecologische inhoud

Op hogere delen van het strand kunnen planten tot ontwikkeling komen, in eerste instantie Biestarwegras *Elytrigia junceiformis* en Zeeraket. Dit ecotoop onderscheidt zich van embryoduinen doordat de onstane lage duintjes zich in dit ecotoop

versmelten tot een rij van veelal lage primaire duinen, die vervolgens weer begroeid raakt met Biestarwegras en Helm. Deze planten kunnen een verdere vegetatiesuccessie opwekken waardoor duinvorming kan ontstaan. De hoger gelegen stranden en strandvlakten zijn geschikt als broedgebied voor Bontbekplevier en Dwergstern. Potentieel (in ongestoorde situaties) zijn dergelijke gebieden ook geschikt als broedgebied voor Strandplevier en als rustgebied voor Grijze Zeehonden.

5 Aansluiting andere classificatiesystemen

5.1 EUNIS Marine Habitat Classification

De in ontwikkeling zijnde EUNIS Marine Habitat Classification (Davies and Moss, 1999; zie ook par. 2.2) is een classificatiesysteem dat qua opzet vergelijkbaar is met het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren. Bij de opzet is ook gebruik gemaakt van expert-kennis. Het geheel heeft een grotere breedte (omdat bijvoorbeeld ook meer dan 200 m diepe delen van de zeebodem en rotskusten zijn opgenomen), maar is (tot op heden) voor wat betreft de indeling van eenheden in zachte substraten minder gedetailleerd uitgewerkt dan het Ontwerp-ecotopenstelsel Kustwateren. Er worden voor zachte substraten ook indelingsfactoren gebruikt die weliswaar nogal kwalitatief zijn uitgewerkt, maar erg vergelijkbaar met die van het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren, te weten:

- droogvaltijd voor onderscheid tussen sublitoraal en litoraal;
- dominantie van vegetatie voor onderscheid tussen kwelders en door vegetatie gedomineerde ecotopen (bijvoorbeeld zeegrasvelden) enerzijds en overige ecotopen;
- substraat voor onderscheid tussen de overige sublitorale en litorale ecotopen;
- overspoelingsduur, vegetatie bedekking en soortenrijkdom voor onderscheid tussen de kwelder-ecotopen.

Hierdoor kunnen de meeste ecotopen uit het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren ingedeeld worden bij een van de eenheden uit de EUNIS Marine Habitat Classification (Tabel 12). Slechts enkele ecotopen vallen in twee EUNIS-klassen.

De overeenkomsten tussen beide stelsels vormen een goede basis voor een verbetering van de aansluiting die kan worden bewerkstelligd in het kader van de EU Kaderrichtlijn Water. Daar is al nadrukkelijk de wens geuit dat er voor de implementatie in 2004 een goed classificatiesysteem van habitats (lees: ecotopen) beschikbaar moet zijn (pers. med. J. Backx). Dat systeem moet aansluiten aan de EUNIS Marine Habitat Classification, maar vraagt om meer detail. De Nederlandse vertegenwoordiging kan bijvoorbeeld wijzen op de voordelen van de indelingsfactor dynamiek. Juist deze maakt het mogelijk het classificatiesysteem toe te passen in toekomstverkenningen; hetgeen niet mogelijk is met de huidige EUNIS Marine Habitat Classification.

Tabel 12. Indeling van ecotopen uit het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren in de EUNIS Marine Habitat Classification

Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren	EUNIS Marine Habitat Classification.
<u>Sublitorale ecotopen</u>	<u>A3 Sublittoral sediments</u>
Onderzeese oever	A4.1 Sublittoral mobile cobbles, gravels and sands
Intacte ebdelta Onderzeese oever Ebdelta bij dammen en keringen Zeebodem met vaste banken Onderzees oeverterras en –plateau Zeer diepe getijdengeul Diepe getijdengeul Brandingszone Ondiep getijdengebied	A4.2 Sublittoral sands and muddy sands
Ondiep getijdengebied	A4.3 Sublittoral muds
<u>Litorale ecotopen</u>	<u>A2 Littoral sediments</u>
Hoogdynamische zandplaat en strand Zandplaat	A2.2 Littoral sands and muddy sands
Slikplaat Hoog slik Hoog brakwaterslik	A2.3 Littoral muds
Priel in zand- en slikplaat Zand- en slikplaat	A2.4 Littoral mixed sediments
Mosselbank Zeegrasveld	A2.7 Littoral sediments dominated by aquatic angiosperms
<u>Supralitorale ecotopen</u>	<u>A2.6 Coastal saltmarshes and saline reedbeds</u>
Lage kwelder	A2.65 Pioneer salt marshes
Middelhoge kwelder	A2.64 Low-mid salt marshes
Onbeweide hoge kwelder Beweide hoge kwelder	A2.63 Mid-upper saltmarshes and saline..
Onbeweide hoge kwelder Beweide hoge kwelder	A2.62 Species-rich upper salt marshes
Droog strand met embryo-duinen	-
Zeereep en duinen	-

5.2 Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel

Door De Leeuw en Backx (2000) wordt nog gesteld dat het aanbeveling verdient om één stelsel te ontwikkelen voor het gehele estuarium (zoetgetijde, brak en zout), voor een eenduidige beschrijving en beoordeling van estuariene overgangen. Inmiddels wordt meer en meer erkend wordt dat elk type watersysteem eigen indelingscriteria en kengetallen behoeft. Voor toepassingen die zowel (delen van) de brakke en zoute watersystemen omvatten is het gewenst dat de classificatie van zoute ecotopen goed aansluit bij die van brakke ecotopen. Indien dat niet het geval zou zijn, zou het ontwerp-ecotopenstelsel zich ook over de overgangszone brak-zout moeten uitstrekken. Bij vergelijking met het RWES-ecotopenstelsel voor de brakke wateren, het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (Maas, 1998) blijkt echter dat beide stelsels goed op elkaar aansluiten. Beide indelingen zijn gebaseerd op vergelijkbare factoren, en ook de klassengrenzen blijken goed op elkaar aan te sluiten (Tabellen 13 en 14; voor

de volledigheid is ook de vergelijking met het voorstel voor een ecotopenindeling van de Noordzee en het RWES aquatisch opgenomen). Daarom is geconstateerd dat er in het ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren niet opnieuw brakke ecotopen geclassificeerd moeten worden, maar dat het verstandiger is beide stelsels naast elkaar te gebruiken. De Tabellen 13 en 14 geven daarvoor een eerste ingang om de verandering van ecotopen te bepalen, wanneer de grens tussen brak en zout water door maatregelen zou verschuiven. Dit laatste geldt niet alleen voor de estuaria in het Deltagebied. In het Waddengebied wordt in de huidige situatie op meerdere plaatsen zoet water gespuid of uitgemaal. Het gebied zeewaarts van de sluis of het gemaal moet dan in essentie ook als estuarium beschouwd worden (De Boer en Wolf, 1996), zodat op deze plaatsen het BES ook van toepassing is.

Tabel 13. Vergelijking van klassengrenzen voor de parameters diepte en droogval (bronnen: Noordzee: De Jong, 1999; BES: Maas, 1998; RWES aquatisch: Van der Molen, 2000)

Noordzee (diepte – GLW)	Ontwerp- ecotopenstelsel kustwateren (droogval en diepte – GLW)	BES (overspoeling en diepte – GLW)	RWES aquatisch (diepte –GLW)
	>90%; zeer hoog litoraal	< 10% ¹⁾ ; zelden overspoelde zone	
	75-90%; hoog litoraal	10-50%; hoge intergetijdenzone	
GHW-GLW	50-75%; midden litoraal	50-100%; lage intergetijdenzone	
	1-50%; laag litoraal		
< 20 m	< 4 à 5 m (vlak)	< 1,5 m; ondiep	< 1m; ondiep
		1,5 – 5 m; diep	1 – 3; matig diep
	4 à 5 - 20 m (diepe geul)	> 5 m; zeer diep	3 – 10; diep
			> 10 m; zeer diep
20 – 30 m			
-30 - -50 m			
> -50 m			

¹⁾ in het BES aangegeven als gemiddeld springtij-hoogwater; dat komt overeen met een overspoelingsfrequentie van 10% (pers. med. G. Maas).

Tabel 14. Vergelijking van klassengrenzen voor de parameter zout (Noordzee: De Jong, 1999; RWES aquatisch: Van der Molen et al., 2000; BES: Maas, 1998)

Noordzee (g NaCl/l)*	Ontwerp- ecotopenstelsel kustwateren (g Cl-/l)	RWES Aquatisch (g Cl-/l)	BES (g Cl-/l)
		< 0,3 zoet	< 0.3 zoet
		0,3-3 zwak brak	0,3-3 oligohalien
5.4-18.0 mesohalien		3-10 brak	3-10 mesohalien
18.0-30.6 polyhalien	< 18 brak	10-18 sterk brak	10-17 polyhalien
> 30.6 marien	> 18 zout	18-24 zout	
		> 24 zout	

* het chloridegehalte maal 1,8066 levert de totale saliniteit

Variabiliteit zoet-zout overgang

In de afstemming met het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel (BES) vormen de temporele en de ruimtelijke variabiliteit van de zoet-zout overgang een bijzondere factor. Waar zeewater (ca. 18 g Cl/l) mengt met zoet rivierwater (< 0,3 g Cl/l) ontstaat een in zeewaartse richting oplopende saliniteit. Doordat de rivierafvoer en de hoogte van het getij in sterkte kunnen fluctueren, kan de saliniteitsovergang periodiek in zee- of rivierwaartse richting verschuiven. Bij hogere rivierafvoeren ligt de zoet-zout overgang meer stroomafwaarts en is dan ook een scherper (Wolf, 1973). Naast de longitudinale zoet-zoutovergang kan zich ook een verticale zoet-zout overgang voordoen. Als gevolg van een hoger soortelijk gewicht van zout water ten opzichte van zoet, kan de laag net boven de bodem een hoger zoutgehalte hebben dan die daarboven. Deze zouttong doet zich vooral voor bij scherpe longitudinale zoet-zout overgangen. Als verhoudingsgewijs de zoetwaterafvoer kleiner wordt en/of de getijbeweging sterker kan een gelaagd estuarium overgaan in een volledig gemengd estuarium. Mede door een periodiek voorkomende zouttong kan het interstitieel bodemwater permanent zouter zijn dan men op grond van analyses van het water daarboven zou verwachten (Wolf, 1973).

Het is echter goed te bedenken dat dergelijke complexe situaties zeker niet in alle estuaria voorkomen. Volgens De Boer en Wolf (1996) heeft in Nederland de Nieuwe Waterweg vaak sterke kenmerken van een gelaagd estuarium. Wolf (1973) geeft met kaartjes aan dat een scherpe zoet-zout overgang voor de afsluiting van de Deltawateren bij gemiddelde rivierafvoer ook voorkwam in het Haringvliet en het Volkerak-Hollands Diep-gebied; bij de aanleg van een stormvloedkering in het Haringvliet zou deze wellicht hersteld worden. De Eems en de Westerschelde noemen De Boer en Wolf als voorbeelden van meer gemengde estuaria; het zijn estuaria met een laag estuariumgetal (Cadeé, 1994; zie Van der Molen et al., 2000).

Alhoewel er aan de zijde van de watersysteembeheerders zeker belangstelling bestaat om deze ruimtelijke en temporele variabiliteit van de zoet-zout overgang op de een of andere manier in de ecotopenstelsels te verdisconteren (pers. med. J. Backx), is dat tot op heden niet meegenomen in de ecotopen-indeling van het BES. Redenen hiervoor zijn de mate van (ruimtelijke) complexiteit van het probleem, en het feit dat deze variabiliteit nauwelijks te monitoren is. Onduidelijk is met name op welke tijdsschaal de variabiliteit gemeten moet worden: is een enkele gebeurtenis al cruciaal voor de soortensamenstelling of is een gemiddelde jaarsituatie als indelingskenmerk te hanteren? Opname van deze variabiliteit in een ecotopenstelsel vraagt dan ook eerst om meer onderzoek.

Vooralsnog blijft het een goede oplossing om het overgangstraject van zoet naar zout als een scherpe grens te beschouwen en aan weerszijden daarvan systeemspecifieke ecotopen uit de zoete (Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel) of zoute (Ontwerp-ecotopenstelsel Kustwateren) naast elkaar te gebruiken. Ook bij de overgang van rivier- naar zoete getijdenwateren worden ecotopen van het Rivier-Ecotopen-Stelsel en het Benedenrivier-Ecotopen-Stelsel naast elkaar gebruikt (de grens tussen beide watersystemen is dus geen rechte lijn die loodrecht staat op de stroomrichting). Een dergelijke oplossing kan ook gehanteerd worden bij de longitudinale overgang en bij

de verticale overgang van brakke watersystemen naar zoute. Zolang de stratificatie niet als een apart ecotoop wordt gezien, kunnen er in het laatste geval twee verschillende ecotopen 'boven elkaar' gekarteerd worden.

5.3 Kustbroedvogelhabitats

De tot nu toe besproken ecotopen zijn alle gelegen binnen het kustwatersysteem, dat wil zeggen buitendijks of zeewaarts van de zeereep. Met name in het Deltagebied en ook wel in het Waddengebied zijn er echter terrestrische ecotopen die van belang zijn voor kustbroedvogels zoals Kluut, Bontbekplevier, Strandplevier, Zwartkopmeeuw, Kleine Mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Grote Stern, Visdief en Dwergstern. In effectanalyses en toekomstverkenningen is het dan ook vaak gewenst om deze ecotopen ook mee te kunnen nemen. Het gaat daarbij om de volgende ecotopen:

- **Duin en strand:** oudere of kunstmatig aangelegde duinen die meer landinwaarts gelegen zijn, alsmede (groene) strandjes met aanspoelsel en schelpenbankjes;
- **Kaal natuurlijk:** drooggevallen platen/slikken, zoals in Grevelingenmeer en Veerse Meer;
- **Kaal kunstmatig:** opgespoten of op andere wijze gecreëerde industrie- en natuurontwikkelingsterreinen met voor kustbroedvogels geschikt substraat;
- **Kunstwerken:** hardsubstraat, zoals dijkbekleding, sluiscomplexen, hardsub-delen van werkeilanden;
- **Karrenvelden en inlagen:** afwisseling van water, hogere stukjes met brakke vegetatie en stukken onbegroeid substraat;
- **Water:** open water op werkeilanden en binnendijkse gebieden;
- **Moeras:** brakwater- of zoetwatermoeras, zoals Rammegors of kreken in Zeeuws-Vlaanderen;
- **Grasland;**
- **Akker.**

Aangezien het hier gaat om terrestrische ecotopen zal een systematiek van indelen sterk verschillen van die van de ecotopen in de watersystemen. Deze ecotopen worden immers nauwelijks of niet overstroomd (of hoogstens < 5 x per jaar), zijn veel minder dynamisch en meer afhankelijk van neerslag en vegetatiesuccessie en landgebruik. Daarom zijn deze ecotopen niet ondergebracht in het ontwerp-ecotopenstelsel, maar wordt voorgesteld deze ecotopen in een apart te ontwikkelen terrestrisch stelsel onder te brengen. De duinecotopen uit de studie van Baptist (1999) zouden daar ook deel van kunnen uitmaken. Een studie naar een terrestrisch ecotopenstelsel richt zich het best direct op alle voorkomende ecotopen in de betreffende gebieden, in plaats van op een beperkte deelverzameling. Pas dan kan een evenwichtige keuze van indelingscriteria gemaakt worden (pers. med. H. Runhaar). Wel worden hieronder enkele suggesties gedaan.

Een indeling die sterk op kustbroedvogels gericht is zou zich in eerste instantie moeten richten op hoe deze vogels op hun omgeving reageren. Pioniersoorten onder de kustbroedvogelsoorten broeden bijna uitsluitend op relatief schaars begroeide grond. Het voorkomen van kustbroedvogels wordt dan ook in belangrijke mate

gestuurd door de ouderdom van de broedgebieden en de daarmee samenhangende vegetatie (Stienen en Schekkerman, 2000). Door een voortschrijdende successie van vegetatie worden gebieden al snel ongeschikt. Om deze reden wordt vaak een maaibeheer gehanteerd. De bodemgesteldheid speelt een belangrijke rol bij de successiesnelheid, waarbij een substraat van grind/steen de successie sterk vertraagt. Ook waterpeilfluctuaties (bijvoorbeeld door getij of opwaaing) en het zoutgehalte (door kwel) zijn sterk bepalend voor de successiesnelheid.

Deze factoren sluiten goed aan bij vaak gehanteerde indelingskenmerken van terrestrische ecotopen. Een voorlopige klassenindeling kan daarom gebaseerd zijn op:

- watertype of zoutgehalte; wordt vaak benoemd in termen van thalassoclien en atmoclien; zout wordt aangevoerd door kwel in laaggelegen terreinen en regenwater overheerst waar terreinen hooggelegen zijn of goed gedraineerd;
- grondwaterstand: vaak wordt de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) gebruikt; hooggelegen terreinen zijn droger dan laaggelegen;
- substraat; vaak wordt alleen een grove indeling van bodemtypen gehanteerd die relatie legt met de voedingstoestand van de bodem;
- beheer: bedoeld wordt maaibeheer vanwege de invloed op de vegetatiesuccessie.

6 Advies voor validatie

6.1 Inleiding

Hoe goed is de voorgestelde ecotopen-indeling, die gebaseerd is op expert kennis? Deze beoordeling van het ontwerp-ecotopenstelsel richt zich op twee vragen:

Hoe goed zijn de klassengrenzen in de continue abiotische variabelen?

Hoe goed is de relatie tussen een ecotoopklasse en de soortensamenstelling?

Het gaat dus niet om het creëren van een nieuwe indeling, maar om na te gaan hoe goed het model ecologische eenheden definieert (validatie). Indien de validatie een positief resultaat oplevert ten aanzien van de in het model aanwezige factoren, dan kan er desgewenst een herschatting gemaakt worden voor de klassengrenzen (afhankelijk van de beschikbare data).

Er zijn twee veel gebruikte termen waardoor verwarring over de doelstelling van dit advies kan ontstaan. De eerste is effectiviteit. Effectiviteit wordt dan gebruikt in een zin als ‘een effectieve omgevingsclassificatie betekent dat goede voorspellingen gedaan kunnen worden over het voorkomen van organismen op basis van omgevingsklasse’ (Bult, Stikvoort en Willemse, 1999). Effectiviteit zoals hier beschreven wordt in dit advies niet behandeld, het gaat niet om het voorspellen van voorkomen van individuele soorten, maar om na te gaan hoe goed de ecotopen indeling ecologische eenheden definieert.

Een ander term die verwarring op kan leveren is de term onderscheidend vermogen. Onderscheidend vermogen heeft in de statistiek een specifieke betekenis. Wanneer de term onderscheidend vermogen hieronder gebruikt wordt, dan wordt hiermee een lossere definitie zonder statistische bijbedoeling. Zoals: het onderscheidend vermogen van een indeling is beter wanneer deze een duidelijker onderscheid (hoe dan ook) laat zien dan een andere indeling.

Validatie van het ontwerp-ecotopenstelsel kan op grofweg twee manieren gebeuren. Men kan gebruik maken van statistische methoden, de statistiek, ofwel van louter alleen getabellariseerde gegevens, hier aangeduid met statistieken. Deze statistieken kunnen alleen maar op een niet statistische (of via pseudo statistics, Jongman et al., 1987) wijze beoordeeld worden.

Statistiek

Wat voor validaties er met statistische methoden mogelijk zijn, hangt af van het soort gegevens dat aanwezig is. Grofweg wordt de mogelijke statistische methode bepaald door twee dingen, het type dataset en het typevariabelen hierin. Het type (respons)variabele bepaalt de stochastiek (welke onderliggende kansverdelingen zijn mogelijk c.q. relevant), terwijl de stochastiek en het type dataset het wiskundige model (c.q. de potentiële modellen) bepaalt.

Het type dataset wordt bepaald doordat de data één responsvariabele bevat of meerdere responsvariabelen. In het eerste geval kan er een univariate verdeling gebruikt worden, terwijl in het tweede geval er sprake is van een multivariate verdeling. Een analoge redenering geldt voor de verklarende variabelen: er is geen verklarende variabele, één verklarende variabele of er zijn meerdere verklarende variabelen. In het eerste geval is er meestal vraag naar populatieschatters, in het tweede geval van een univariaat model en in het laatste geval van een multivariaat model. Kort samengevat zijn de mogelijkheden: responsvariabelen: 1 of >1 én verklarende variabelen: geen, 1 of >1.

In de statistiek wordt met verschillende typen variabelen gewerkt, die elk hun eigen manier van analyseren hebben. Deze typen zijn in volgorde van informatieinhoud:

1. continue variabelen (bijv: dichtheid, stroomsnelheid -tenzij verdeeld in klassen-);
2. aantallen;
3. ordinale gegevens (bijv: laag, middel, hoog);
4. nominale gegevens (bijv: buitendijks/binnendijks, aan/afwezig).

Ordinale gegevens worden veelal als nominaal beschouwd. Dit omdat er zeer weinig statistische methoden zijn die hiermee overweg kunnen. Indien er sprake is van een nominale responsvariabele, dan wordt meestal het aantal waarnemingen in deze klasse (de frequentie) als rekeneenheid gebruikt. Indien er sprake is van een nominale 'verklarende' variabele dan wordt veelal gebruik gemaakt van dummy variabelen.

Voorbeelden van combinaties van data en een daarbij passende analysemethode (niet uitputtend, slechts bedoeld als illustratie):

1. Data: een enkele continue variabele als respons. Analyse: populatieschatter op basis van continue kansverdeling (normale verdeling, lognormale verdeling, etc.). Eventueel is ook clusteranalyse van toepassing (bijv: clusteren van experimentele eenheden).
2. Data: een enkele continue variabele als respons en een nominale variabele als verklarende variabele: Analyse: Variantieanalyse.
3. Data: een enkele continue variabele als respons en een continue variabele als verklarende variabele: Analyse: regressie analyse.
4. Data: meerdere responsvariabelen, geen verklarende variabelen. Analyse: Principale component analyse, Twinspan.
5. Data: als 4 maar dan met een verklarende nominale variabele. Analyse: als 4 of eventueel Manova.
6. Data: meerdere verklarende variabelen, een continue responsvariabele. Analyse: Multivariate regressie.
7. Data: meerdere verklarende variabelen en meerdere responsvariabelen. Analyse: Canonische correspondentie analyse, Multivariate discriminant analyse.
8. Etc.

Statistieken

Bij statistieken is er geen kansverdeling mogelijk. Men heeft hier simpelweg geen informatie over. Een visuele inspectie van een tabel of eventueel een grafiek is mogelijk, statistische analyses soms alleen met rigoureuze aannames ten aanzien van de gegevens in de tabel of grafiek.

6.2 Calibratie en validatie

Naar aanleiding van bovenstaande moge het duidelijk zijn dat voor een adequate validatie het nodig is om na te gaan hoe het ontwerp-ecotopenstelsel tot stand is gekomen. Het ontwerp-ecotopenstelsel is gebaseerd op zowel een verklarende dataset als een te verklaren dataset. De ‘verklarende dataset’ bevat zowel abiotische als biotische factoren (zie bijlage). De abiotische factoren zijn diepte (m), droogval (%), overspoelingsfrequentie (n/jaar), golfwerking (V-orbitaal in m/s), stroomsnelheid (V-lineair in m/s) en korrelgrootte (μm) en zoutgehalte (g NaCl/l). De biotische factoren zijn het al of niet aanwezig zijn van mosselbanken of zeegrasvelden. Van elke continue abiotische variabele is vervolgens een ordinale abiotische variabele gemaakt door middel van het stellen van klassengrenzen. Uit deze combinatie van ordinale- en nominale variabelen zijn op basis van expertkennis ecotoopklassen gedefinieerd. Dus:

1. *Continue Abiotische variabele* => *Ordinale abiotische variabele*;
2. *Ordinale Abiotische variabelen* + *Nominale biotische variabelen* => *ecotoop klassen (nominaal)*.

Een schematische weergave van de twee te koppelen datasets is gegeven in Fig. 1.

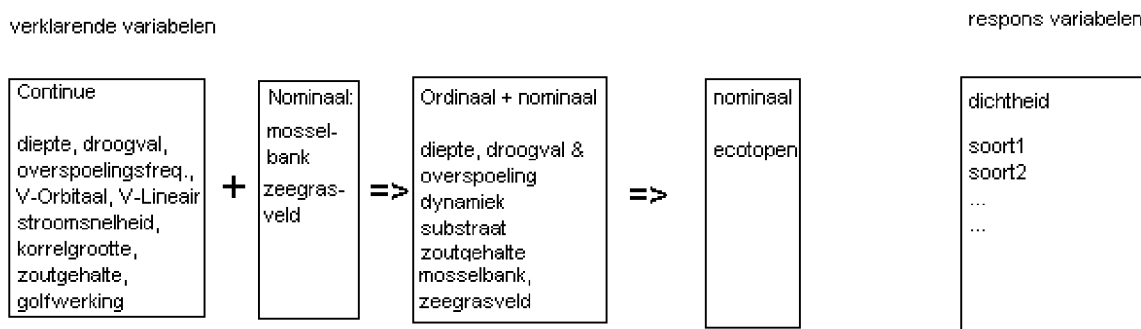


Fig. 1. Schematische weergave van te koppelen datasets.

Het doel van deze ecotoopindeling is landschappelijke eenheden te creëren die een eenduidige relatie hebben met soortensamenstelling. De soortensamenstelling per ecotoop is dan ook te vergelijken met de ‘respons dataset’. Twee verschillende ecotopen die dezelfde soortensamenstelling hebben mag niet voorkomen. De respons dataset kan bestaan uit het dichtheden dan wel biomassa’s, c.q. het al of niet aanwezig zijn van soorten in een ecotoop.

Het moge duidelijk zijn dat voor een validatie in ieder geval een relatie gelegd moet kunnen worden tussen ecotoopklasse en soortensamenstelling. Er moeten data beschikbaar zijn van soortenopnames met het ecotoop waarin deze opname zich bevindt. Voor het testen van klassengrenzen is het tevens noodzakelijk dat de waarden van de continue abiotische variabelen waarop het ontwerp-ecotopenstelsel gebaseerd is voor het opnamepunt beschikbaar zijn (of uitgerekend kunnen worden). Dus per opnamepunt aanwezig (in volgorde van wenselijke aanwezige data voor validatie):

1. continue abiotische variabelen, nominale biotische variabelen en als respons soortensamenstelling, tevens is hiermee hercalibratie van klassengrenzen mogelijk;
2. ordinale abiotische variabelen, nominale biotische variabelen en als respons soortensamenstelling;
3. ecotoopklasse en als respons soortensamenstelling.

Afhankelijk van de beschikbare data, kan de validatie op verschillende manieren uitgevoerd worden.

Data set 1 aanwezig

Validatie

Hier wordt voorgesteld om met deze dataset canonische correspondentie analyse (CCA) uit te voeren (Jongman et al., 1987). Met CCA wordt gezocht naar latente variabelen (als lineaire combinatie van de omgevingsvariabelen) die het verschil in soortensamenstelling maximaliseren. De methode is zodanig dat hierbij normale verdelingen gefit worden voor het voorkomen van een soort op deze latente variabelen (zie Fig. 5.18 in Jongman et al., 1987). Met behulp van deze latente variabelen (ook wel assen genoemd) kan een ordinatiediagram gemaakt worden, waarbij de clusters van de opnames op de assen weergegeven wordt met ellipsoiden (zie Fig. 2).

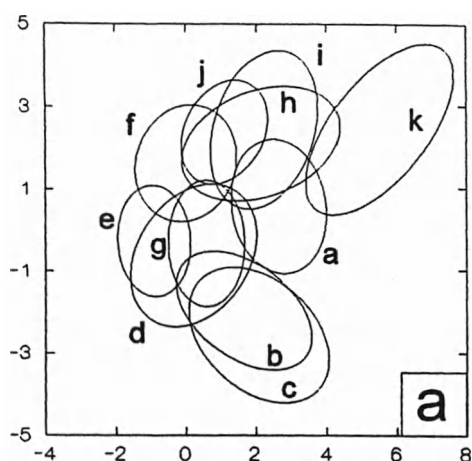


Fig. 2. CCA Ordinatiediagram as 1 versus as 2 (uit: Craeymeersch, 1999, Fig. 4.7 A).

Indien de ecotopen correct zijn, dan moeten in dit diagram de diverse ecotoopopnames geclusterd voorkomen en vertonen de clusters weinig overlap

(meerdere assen inspecteren). Of er sprake is van teveel overlap, kan bepaald worden op het oog of door bijvoorbeeld aannames te maken omtrent multivariate normaliteit en overlap te berekenen op basis van betrouwbaarheidsellipsen.

Calibratie

Indien er opnames zijn die duidelijk buiten het hoofdcluster van dat type liggen, dan kan nadat deze opnames naar geschiktere ecotopen hernoemd zijn, nieuwe klassengrenzen bepaald worden. Indien overlap te groot is (op iedere as) om de clusters afzonderlijk te kunnen onderscheiden dan dient de validatie gedeeltelijk als mislukt beschouwd te worden. Mogelijk moeten er dan andere variabelen toegevoegd worden of moeten de overlappende clusters als een en dezelfde beschouwd worden. De ordinatie is dus gebaseerd op zowel de omgevingvariabelen als ook op de daar voorkomende soorten. Met CCA kan tevens getest worden op de relevantie van de indelingsvariabelen voor het model.

Data set 2 aanwezig:

Validatie

Met deze data is eveneens CCA mogelijk, echter dan met ordinale (in dit geval geïnterpreteerd als nominale) indelingsgegevens. Visuele inspectie is eveneens mogelijk. De conclusies kunnen dan echter alleen zijn dat sommige indelingen niet relevant zijn.

Calibratie

Wijzigingen in klassengrenzen of concluderen dat er meer klassen nodig zijn, is niet mogelijk.

Data set 3 aanwezig:

Validatie

Met deze data is het mogelijk om een discriminant analyse uit te voeren. Hierbij wordt de soortensamenstelling gebruikt om een discriminant functie te bepalen voor de ecotoopklasse. Hierna kan bijvoorbeeld met de Jackknife methode getoetst worden hoe goed deze discriminant functie is. CCA via omgevingsfactoren is met deze dataset niet mogelijk. Groeperen van soorten gaat via de geobserveerde soortencombinaties en niet in samenhang met de onderliggende milieuvariabelen, deze methode is dus minder te prefereren dan CCA. Een groepering uitsluitend op basis van de responsvariabele (soortensamenstelling) heeft minder waarde in de context van de ecotoopbenadering, omdat in de ecotoopbenadering een functionele relatie tussen de responsvariabele en de verklarende variabelen centraal staat. Problemen kunnen zich voordoen met te kleine monsternames (grootte), waarin soorten niet in combinatie voorkomen, dit in tegenstelling tot CCA waarbij ordinatie gebeurt op basis van milieuvariabelen.

Een andere mogelijkheid met deze dataset, die meer ligt op het vlak van de pseudo-statistieken, is het uitrekenen van een totaal-INDVAL-score per ecotoop (Dufrêne en Legendre, 1997). Indicatorscores per soort per ecotoop kunnen op hun significantie worden getoetst. Als maatstaf voor het onderscheidend vermogen van een ecotopenclassificatie moeten echter de (significante) scores van alle soorten uit alle ecotopen bij elkaar worden opgeteld. Hoe meer soorten hoge indicatorscores

bereiken, hoe hoger deze totaalscore en hoe beter de ecotopenindeling de verspreiding van de soorten weerspiegelt. Bij die totaalscore is evenwel geen statistische verdeling te bepalen, waardoor deze in de categorie pseudo-statistieken terechtkomt. De INDVAL-methode hoort daarmee tot de reeks methodes die genoemd worden door Jongman et al. (1987) wanneer ze het kiezen van een optimale clustering bespreken. Zij raden aan deze methodes uitsluitend te gebruiken binnen één en hetzelfde analyse-type.

Tijdens de workshop is de mogelijkheid geopperd om de data op verschillende niveau's te analyseren. Voor elke analyse (1,2 en 3 zie Fig. 3) een 'goodness of fit' te bepalen en deze met elkaar te vergelijken.

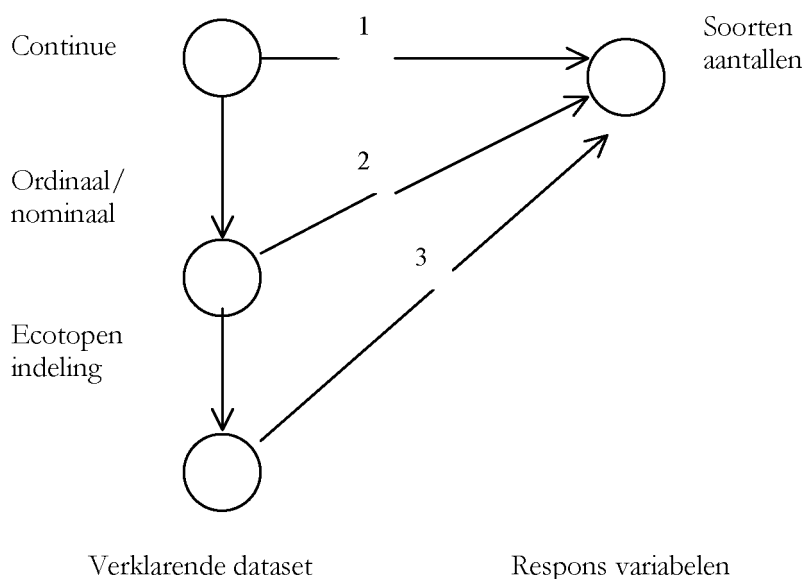


Fig. 3. Schematische weergave van de analyse van verschillende niveau's.

Het vergelijken van deze methodes lijkt ons alleen interessant vanuit theoretisch oogpunt. De data analyseren met een minder informatie inhoudende verklarende dataset voegt geen extra informatie toe ten aanzien van validatie en onderscheidend vermogen van de ecotopen en kost alleen maar veel tijd.

6.3 Statistische eisen aan de dataset

De dataset dient groot en gevarieerd genoeg te zijn om uitspraken te kunnen doen over alle voorkomende ecotopen. Met andere woorden: de gehele parameter ruimte moet aanwezig zijn, waarbij de uiterste grenzen vaker dan één maal in de dataset voorkomen. Het best wordt gewerkt met geobserveerde dichtheden (soorten) maar het kan ook (zij het iets minder goed) met aan- of afwezigheid van soorten. De soortensamenstelling dient wel per monster volledig bekend te zijn. Ook dient per

ecotoop een min of meer willekeurig tot stand gekomen (of als willekeurig te beschouwen) steekproef aan monsters beschikbaar te zijn.

Met betrekking tot de dataset kunnen zich een aantal problemen voordoen:

1. Er is opgemerkt dat de soortensamenstelling cyclisch kan variëren zonder dat het ecotoop verandert. Het tijdstip van bemonsteren zou dan van invloed kunnen zijn op de onderscheiden ecotopen. Naar onze mening is dit geen probleem in CCA, aangezien de verschillende soortensamenstellingen dezelfde waarden van omgevingsvariabelen hebben. De ordinatie voor de cyclische groepen zijn dan hetzelfde. Het is wel wenselijk dat er in de dataset variatie in tijd en ruimte is, waarbij mogelijk variatie in tijd overeen kan komen met variatie in ruimte.
2. Er is gesuggereerd dat een soort over een enkele verklarende variabele een tweetoppige verdeling kan hebben. Als dit waar is, dan kan dit een probleem zijn, daar de methode van CCA een eentoppige verdeling veronderstelt. Echter, dit kan aan de hand van de data bestudeerd worden en bovendien is het zeer waarschijnlijk dat het voorkomen van de bulk aan soorten benaderd kan worden met een eentoppige.
3. Er is opgemerkt dat de determinatie van soorten in het ene studiegebied vollediger is gebeurd dan in het andere. De analyse zou dan kunnen gebeuren voor die soorten die wel in beide studiegebieden zijn gedetermineerd. Hierbij is echter wel verlies aan nauwkeurigheid aan de orde. Het is niet duidelijk of dit verlies grote consequenties heeft voor de validatie.
4. Het gebruik van vissen als soortgroep kan in sommige gebieden problematisch zijn. Indien er alleen in geulen is gevist, terwijl de soort ook op zandbanken kan voorkomen, dan kunnen er foutieve conclusies getrokken worden ten aanzien van het voorkomen van deze vissoorten in ondiepe ecotopen en dus ook in de ordinatie van de opnames.
5. Er is gedacht dat analyses bemoeilijkt worden doordat er kleine eenheden bemonsterd zijn. Dit is volgens ons geen probleem, indien er hiervan maar voldoende zijn. Het niet vinden van een soort in een klein monster kan dan gecompenseerd worden doordat die betreffende soort op een vergelijkbare plek in een ander 'klein' monster gevonden wordt.

6.4 Voorstel

De ecotopen zijn afkomstig uit het litoraal en sublitoraal. Supralitoraal wordt niet meegenomen, daar hierover al voldoende bekend is. De soorten zijn voornamelijk de bodemgebonden faunasoorten, mogelijk aangevuld met enkele vissoorten (geen flora en geen vogels).

Er is geconstateerd dat er geschikte datasets aanwezig zijn, maar dat deze ten dele erg fragmentarisch zijn (zie Craeymeersch, 1999) en op dit moment onvoldoende inzicht is in de bruikbaarheid ervan. Het maken van een genormaliseerde database waarin alle vereiste gegevens staan is heel veel werk.

Hier wordt daarom voorgesteld eerst een pilot-analyse te doen met een kleine dataset (enkele ecotopen, als data set 1) om problemen met de datavergaring, analyses en interpretatie in een vroegtijdig stadium vast te stellen. Een ander doel van de pilot-analyse is het verkrijgen van een reële schatting van de benodigde tijd voor een analyse met een volledige dataset. De pilot-analyse omvat een CCA analyse (inclusief ordinatie en biplots) en interpretatie hiervan ten aanzien van validatie en onderscheidend vermogen van de ecotopen. Het is te verwachten dat CCA een duidelijke groepering in de data laat zien op basis van bovengenoemde variabelen. Bult, Stikvoort en Willemse (1999) vonden al zeer hoge eigenwaardes voor de eerste assen terwijl ze een subset van bovengenoemde variabelen gebruikten. In ons voorstel worden meer omgevingsvariabelen gebruikt en elk waarschijnlijk over een grotere range, omdat de gegevens verzameld worden op een groter schaalniveau (tijd en ruimte). Desgewenst kan er een tabel met INDVAL waardes gecreëerd worden.

Er van uit gaande dat de opdrachtgever een foutloze (qua structuur en inhoud) dataset heeft geleverd in een genormaliseerde database, dan kost de pilot-analyse naar verwachting één maand werk. Exclusief tijd benodigd voor eventuele workshop en consultatie van collega's.

Literatuur

- Alphen J.S.L.J. van en Damoiseaux M.A., 1998. Geomorfologische kaart van de Nederlandse kustwateren, schaal 1:250.000. *Geografisch Tijdschrift* 22: 161-167, plus 4 kaarten.
- Baptist, M.J., 1999. Meervoudig ruimtegebruik in de kustzone. Deelrapport 9, LWI/SM2V natuurmodule. Stichting LWI, Gouda.
- Bayerl, K., R. Köster en D. Murphy, 1998. Verteilung und Zusammensetzung der Sedimente im Lister Tidebecken. In C. Gätje en K. Reise (eds.), *Ökosystem Wattenmeer. Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse*. Springer, Berlin: 31-38.
- Boer, K. de, W.J. Wolf, 1996. Tussen zilt en zoet: voorstudie naar de betekenis van estuariene gradiënten in het Waddengebied. Rapport. Vakgroep Mariene Biologie, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Bult, T.P., Stikvoort, E.C., Willemse, B.S., 1999. Mogelijkheden en beperkingen van omgevingsclassificaties en habitatgeschiktheidsmodellen voor het inschatten van effecten op bodemdieren. Project Monitoring Verruiming Westerschelde 48°/43'. Rijksinstituut voor Kust en Zee werkdocument RIKZ/AB-99.833x.
- Connor, D.W., Brazier, D.P., Hill, T.O., Northen, K.O., 1997. Marine biotope classification for Britain and Ireland. Volume 1. Littoral biotopes. Version 97.06. Report 229, JNCC, Peterborough
- Craeymeersch, J.A. (1999a) Inventarisatie metagegevens bodemdieren. Rapport C057/99. RIVO, IJmuiden.
- Craeymeersch, J.A., 1999. The use of macrobenthic communities in the evaluation of environmental change. PhD Thesis, University of Gent, Gent.
- Creutzberg, F., 1978. Transport of marine organisms by tidal currents. In: N. Dankers, W.J. Wolff en J.J. Zijlstra (eds.), *Fishes and fisheries of the Wadden Sea*. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden: 26-32.
- Crosato, A., M.B. de Vries, K. Kuijper, 1999. A tool for intertidal flat classification. WL/Delft Hydraulics, Delft, Report Z2037.50.
- Dankers, N., 1996. Kartering habitats/ecotopen zoute wateren en het belang voor beleid en beheer. In: Beleidspresentatie BEON, 25 oktober 1996. BEON rapport 98-8.
- Dankers, N. en J.J. Beukema 1981. Distributional patterns of macrozoobenthic species in relation to some environmental factors. In: N. Dankers, H. Kühl en W.J. Wolff (eds), *Invertebrates of the Wadden Sea*. Balkema, Rotterdam; 69-103.
- Dankers, N. en M.A. Binsbergen 1984. Zeeduizendpooten (*Nereis diversicolor*) trekken ook. *De Levende Natuur* 85: 14-15.
- Dankers, N. en G. W. N. M. van Moorsel 2000. Ecotopen op schelpenbanken. Alterra rapport 202
- Dankers, N., M. Binsbergen en K. Zegers 1983. De effecten van zandsuppletie op de fauna van het strand van Texel en Ameland. RIN-rapport 83/6. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 12 p.

- Davidson, N.C., D. d'A Laffoley, J.P. Doody, L.S. Way, J. Gordon, R. Key, M.W. Pienkowski, R. Mitchell en K.L. Duff, 1991. Nature conservation and estuaries in Great Britain. Nature Conservancy Council, Peterborough: 422 p.
- Davies, C.E., Moss, D., 1999. EUNIS habitat classification: extract from Draft Final Report. Agenda item 2, Second OSPAR/ICES/EEA Workshop on Marine Habitat Classification, Southampton, 18-22 september 2000.
- Degraer, S., I. Mouton, L. De Neve en M. Vincx, 1999. Community structure and intertidal zonation of the macrobenthos on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach: Summer-winter comparison. *Estuaries* 22: 742-752.
- Dijkema, K.S., 1982. Landscape and vegetation map of the Wadden Sea islands and mainland coastal areas. In: Dijkema, K.S., Wolff, W.J. (eds.). *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas*. Balkema Publishers, Rotterdam.
- Dijkema, K.S., 1989. *Habitats of the Netherlands, German and Danish Wadden Sea* 1:100,000. Texel, RIN / Leiden, Veth Foundation.
- Dijkema, K.S. en Wolff, W.J., 1983. *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas*. Report 9 of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden. 413 p.
- Dufrêne, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366
- Dyer, K.R., 1998. The typology of intertidal mudflats. In: Black, K.S., Paterson, D.M., Cramp, A. (Eds.), *Sedimentary Processes in the Intertidal Zone*. Special Publication 139, Geological Society, London. pp. 11-24.
- Eertman, R.H.M., 1996. *Habitat karakterisering van de Nederlandse kustwateren*. Deel 2: Fysische doelvariabelen. Middelburg, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, werkdokument Watersysteemverkenningen AB-96.842X / Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Oecologie.
- Eertman, R.H.M., Smaal, A.C., 1995. *RIKZ-inrichtingsonderzoek: verkenningennota*. Rapport 95.064, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag / rapport.
- Esselink, P., 2000. *Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.
- Essen, K. van, Hartholt, H., 1998. *Slibkaart Westerschelde*. Middelburg, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Werkdocument OS-98.150X.
- Farke, H., P.A.W.J. de Wilde en E.M. Berghuis, 1979. Distribution of juvenile and adult *Arenicola marina* on a tidal mud flat and the importance of nearshore areas for recruitment. *Neth. J. Sea Res.* 13: 354-361.
- Goor, A.J.C. van, 1919. Het zeegras (*Zostera marina* L.) en zijn betekenis voor het leven der vissen. *Rapp. Verh. Rijksinst. Vissch.* 1: 415-498
- Günther, C.P., 1992. Settlement and recruitment of *Mya arenaria* L. in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 159 Iss. 2 pp. 203-215.
- Horssen, P.W. van, Hartholt, J.G., 1998. *Abiotische gegevens van de Noordzee, 1998: kaarten van abiotische gegevens van de Noordzee voor het maken van*

- ecologische kaarten. Werkdocument OS-99.111x. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag.
- Horssen, P.W. van, Hartholt, J.G., De Jong, D.J., 1999. Ecotopen-GIS Noordzee: rapportage derde fase. Werkdocument RIKZ/OS-99.110x, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag.
- IDON (Interdepartementaal Directeurenoverleg Beheersvisie Noordzee), 2000. Nieuwsbrief Beheersvisie Noordzee 2010, 1.
- Jong, D.J. de, Dankers, N., Leewis, R.J., 1998. Naar ecologische kaarten van de Waddenzee. Den Haag, Rijksinstituut voor Kust en Zee. BEON-rapport 98-13
- Jong, D.J. de, 1999a. Ecotopen in de Nederlandse zoute getijden wateren: een voorstel voor een ecotopenindeling en een methode om ze te karteren. Den Haag, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Rapport 99-017.
- Jong, D.J. de, 1999b. Ecotopes in the Dutch marine tidal waters: a proposal for a classification of ecotopes and a method to map them. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag. Report 99.017.
- Jong, D.J. de, Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Janssen, J.A.M., 1998. SALT97: een classificatieprogramma voor kweldervegetaties. RIKZ / RWS-directie Noord-Nederland/ MD / IBN-DLO.
- Jongman, R.H.G., Braak, C.J.F. ter, Tongeren, O.F.R. van, 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen.
- Kamermans, P, M.A. Hemminga en D. de Jong, 1999. Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, The Netherlands). Marine-Biology, Berlin: 527-539.
- Kuijpers, J., Hamerlynck, O., Craeymeersch, J.A., Baptist, H., Van der Laan, D., 1990. De veranderende delta. Wetenschappelijke mededeling 198, Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Leeuw, C.C. de, Backx, J.J.G.M., 2000. Naar een herstel van estuariene overgangen in Nederland: een verkennende studie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ter onderbouwing van haalbaarheidsstudies met betrekking tot het herstel van gradiënten langs de Nederlandse kust. Rapport 2000.034, RIZA, Lelystad / Rapport 2000.044, RIKZ.
- Leewis, R.J., Dankers, N., Jong, D.J. de, 1998. Naar een ecotopensysteem zoute wateren Nederland. BEON rapport 98-11.
- Leopold M.F., Baptist H.J.M. , Wolf P.A. en Offringa H., 1995. De Zwarte Zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. Limosa 68: 49-64.
- Leser, H., 1976. Landschaftsökologie. Uni-Taschenbücher 521. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- 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. Lelystad. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. RWES rapport 3.
- Meulen, Y.A.M., van der, 1997. Meren Ecotopen Stelsel; een ecotopenstelsel voor de meren van het IJsselmeergebied en Volkerak-Zoommeer. Lelystad, RIZA

- Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota 97.076.
- Molen, D.T. van der, Aarts, H.P.A., Backx, J.J.G.M., Geilen, E.F.M., Platteeuw, M., 2000. RWES aquatisch. RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. Rapport 2000.038.
- Moorsel, G.W.N.M. van, Waardenburg, H.W., 2000 Het leven op schelpenbanken in de Waddenzee. Rapport bureau Waardenburg 00-073
- Mouritsen, K.N, L.T. Mouritsen, K.T. Jensen, 1998. Change of topography and sediment characteristics on an intertidal mud-flat following mass-mortality of the amphipod *Corophium volutator*. Journal Mar. Biol. Ass. U.K. 78: 1167-1180.
- Nooy-van Tol, H.P. de, 1995. Beleidsontwikkelingen betreffende habitats en hun verstoringen. In: Ontwikkelingen in het beleid, BEON Beleidspresentatie, 9 december 1994. BEON rapport 95-5.
- Oevelen, D. van, Van den Bergh, E., Ysebaert, T., Meire, P., 2000. Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. Rapport, IN.R. 2000.4. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel / Universitaire Instelling Antwerpen, Wilrijk.
- Oosterbaan A., 1991. De grote vijf van de Hollandse kust. Natura 88: 86-87.
- Rademakers, J.G.M., H.P. Wolfert, 1994. Het Rivier-Ecotopen-Stelsel. Een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied. Lelystad, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' 61-1994.
- Reineck, H.-E., 1980. Sediments and dynamical processes. In: K.S. Dijkema, H.-E. Reineck en W.J. Wolff (eds.), Geomorphology of the Wadden Sea area. Stichting Veth tot Steun aan waddenonderzoek, Leiden: 32-49.
- Reise, K., 1985. Tidal flat ecology. An Experimental Approach to Species Interactions. Ecological Studies, Vol. 54. Springer, Berlin: 191 p.
- Reise, K., 1991. Mosaic cycles in the marine benthos. In: Remmert, H., The mosaic-cycle concept of ecosystems. Ecological Studies 85, Springer-Verlag, Berlin.
- Reise, K. en D. Lackschewitz, 1998. Biota des Wattenmeeres zwischen Sylt und Römö. In C. Gätje en K. Reise (eds.), Ökosystem Wattenmeer. Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse. Springer, Berlin: 55-64.
- Reise, K., K. Kolbe en V. de Jonge, 1994. Makroalgen und Seegrasbestände im Wattenmeer. In: J.L. Lozán, E. Rachor, K. Reise, H. von Westernhagen en W. Lenz (eds.), Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, Berlin: 91-100.
- Reise, K., K. Kolbe en V. de Jonge, 1998. Seegräser: gefährdete Bestände?. In: J.L. Lozán, E. Rachor, K. Reise, H. von Westernhagen en W. Lenz (eds.), Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, Berlin: 91-100.
- Reise, K., H. Bock en F. Bruns, 1998. Seegräser: gefährdete Bestände?. In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteines Wattenmeer / Umweltbundesamt. Umweltatlas Wattenmeer, Bd 1. Nordfriesisches und Ditmarscher Wattenmeer. Ulmer, Stuttgart: 84-85.
- RGD, 1997. Classificatie van onverharde sedimenten: beknopte versie. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

- Sindowski, K.-H., 1973. Das ostfriesische Küstengebiet. Inseln, Watten und Marschen. Sammlung Geologischer Führer 57. Bornträger, Berlin; 162 p.
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F. en Tasker M.L., 1995. Important bird areas in the North Sea, including the Channel and the Kattegat. BirdLife International, Cambridge, 156p.
- Ssymank, A. en N. Dankers (1996) II Red List of Biotopes and Biotope Complexes of the Wadden Sea Area. Helgolander Meeresuntersuchungen 50, Supplement, 9-37.
- Stienen, E., Schekkerman, 2000. Statistische analyse van de verspreiding en de broedresultaten van kustvogels. Werkdocument. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Swennen C. 1987. De Nederlandse zeenaaktslakken. Wet. Med. 183, KNNV, Hoogwoud.
- Vroon, J., Storm, C., 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. Rapport 97.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Den Haag.
- Werkgroep Evaluatie Slufter, 1997. Evaluatie milieueffectrapportage 'Slufter' over de periode 1986 tot en met 1996. Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam / RIKZ, Den Haag / RWS-Directie Zuid-Holland, Rotterdam.
- Werkgroep Interdepartementale Visie Kust, 1999. Kust op koers: voorstudie. Ministerie van Verkeer en Waterstaat / Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij / Ministerie van Economische Zaken / Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- Westhoff, V., Schaminee, J.H.J. en Dijkema, K.S., 1998. *Asteretea tripolii*. In: J.H.J. Schaminee, E.J. Weeda en V. Westhoff (eds), De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala; 89-130.
- Wintermans, G., Dankers, N., 1995. Habitatkarakteristieken van het benthos van de Nederlandse kustzone. In: Wintermans, G., Dankers, N., Van der Veer, H., Rijnsdorp, A.D., Van Leeuwen, P.I., Vingerhoed, B., 1995. Habitatkarakteristieken in de Nederlandse kustzone. Deel 1. BEON-rapport 95-12.
- Wintermans, G., Dankers, N., Leewis, R., Molegraaf, P., De Nooijer, D., Reents, S., Staeyert, F., Wegman, R., 1996. Ecotopes in the Wadden Sea. In: Habitatkarakteristieken van de Nederlandse kustzone. BEON-rapport 95-12.
- Wolf, 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. Zoologische verhandelingen 126, Rijksmuseum voor Natuurlijke Historie, Leiden.
- Wolfert, H.P., 1996. Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels; uitgangspunten en plan van aanpak. Lelystad, RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota 96.050.
- Zijlstra, J.J., 1978. The function of the Wadden Sea for the members of its fish-fauna. In: N. Dankers, W.J. Wolff en J.J. Zijlstra (eds.), Fishes and fisheries of the Wadden Sea. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden: 20-25.

Bijlage: Geraadpleegde personen/instanties

Geënquêteerd over toepassingen ecotopenstelsel

Th. Claassen (RWS-directie Noord-Nederland)*
V. Hunnink (LNV-directie Zuid-West)
M. Ohm (RWS-directie Zuid-Holland)*
C. Storm (RWS-directie Zeeland)*
M. van Wieringen (RWS-directie Noord-Holland)*
J. de Win (LNV-directie Voorlichting)

Overleg over afstemming met project RUIMTECOL*PROCES

Mindert de Vries (WL)*

Uitgenodigd voor workshop over validatie

T. Bult (RIVO-CSO)
J. Craeymeersch (RIVO-CSO)
H. Hartholt (RIKZ)
K. Hostens (Universiteit van Gent)
J. van der Meer (NIOZ)*
T. Ysebaert (Instituut voor Natuurbehoud)
H. Welleman (RIVO)

Advies over de beschrijvingen van ecotopen in de Zeeuwse wateren

J. Craeymeersch (RIVO-CSO)*

* heeft advies gegeven

