

Opdrachtgever:

RWS-RIKZ

Syntheserapport LTV-O&M Natuurlijkheid

LTV O&M Natuurlijkheid 2007

Rapport

december 2007

Opdrachtgever:

RWS-RIKZ

Syntheserapport

LTV O&M Natuurlijkheid 2007

Rapport

december 2007

Inhoud

1	Introductie LTV O&M Natuurlijkheid	1
1.1	Algemeen.....	1
1.2	Doelstelling LTV O&M Natuurlijkheid	1
1.3	Uitgevoerde deelprojecten in 2007	2
1.3.1	Vergelijkend Estuarium Onderzoek	3
1.3.2	Habitatvoorspelinstrumentarium	3
1.4	Organisatie.....	4
2	Vergelijkend Estuarium Onderzoek.....	5
2.1	Uitvoering en begeleiding	5
2.2	Probleemanalyse	5
2.3	Doel- en vraagstelling	5
2.4	Samenvatting van de resultaten	6
2.4.1	Microfytobenthos	6
2.4.2	Macrozoobenthos	7
2.4.3	Evaluatie	8
2.5	Relevantie voor beleidsdoelstellingen.....	9
3	Evaluatie robuustheid ecotopenstelsel (ZES.1).....	11
3.1	Uitvoering en begeleiding	11
3.2	Probleemanalyse	11
3.3	Doel- en vraagstelling	12
3.4	Samenvatting van de resultaten	12
3.4.1	Bodemhoogte en droogvalduur	14
3.4.2	Zoutgehalte	15
3.4.3	Stroomsnelheid.....	15
3.4.4	Sedimentsamenstelling	15
3.4.5	Potentiële nieuwe parameters.....	16
3.5	Relevantie voor beleidsdoelstellingen.....	16
4	Validatie van het ecotopenstelsel (ZES.1).....	19
4.1	Uitvoering en begeleiding	19
4.2	Probleemanalyse	19
4.3	Doel- en vraagstelling	19
4.4	Samenvatting van de resultaten	20
4.4.1	Voorgaande validatiestudies	21
4.4.2	Validatiemethodiek	21

4.4.3	Mogelijke toetsing.....	23
4.4.4	Monitoring.....	23
4.5	Relevantie voor beleidsdoelstellingen	24
5	Synthese	25
5.1	Bruikbaarheid van geleverde kennis	25
5.1.1	VEO.....	25
5.1.2	Evaluatie Robuustheid Ecotopenstelsel.....	25
5.1.3	Validatie Ecotopenstelsel (ZES.1).....	26
5.2	Resterende kennisleemtes	27
5.2.1	Extra middelen voor data-acquisitie.....	27
6	Planning 2008	29
6.1	Monitoring	29
6.2	Verder onderzoek.....	29
6.2.1	VEO.....	29
6.2.2	Habitatvoorspelinstrumentarium.....	29
7	Literatuur	31

I Introductie LTV O&M Natuurlijkheid

I.1 Algemeen

Het project Langetermijnvisie Onderzoek en Monitoring (LTV O&M) is een kennisontwikkelingsproject dat zich richt op de Schelde. Het is een grensoverschrijdend project waaraan zowel Nederlandse als Vlaamse partijen deelnemen. Het project functioneert aan de Nederlandse kant sinds het begin van 2007 als een zogenaamde *Koploperproject*, als opmaat naar het nieuw te vormen onderzoeksinstituut Deltares.

In januari 1999 gaf de Technische Schelde Commissie opdracht aan Rijkswaterstaat directie Zeeland en de Vlaamse Administratie Waterwegen en Zeewezen om een Langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium op te stellen. Op 18 januari 2001 heeft de Technische Schelde Commissie (TSC) de Langetermijnvisie vastgesteld en vervolgens aangeboden aan de betrokken ministers in Vlaanderen en Nederland. Daarmee was voor het eerst een Nederlands-Vlaamse visie beschikbaar, waarmee gezamenlijk beleid gemaakt kan worden voor het zo belangrijke Schelde-estuarium. De Langetermijnvisie heeft de volgende ambitie:

“Het Schelde-estuarium is in 2030 een gezond en multifunctioneel estuarien watersysteem dat op duurzame wijze gebruikt wordt voor menselijke behoeften.”

Het vervolg betreffende de verdere samenwerking van Nederland en Vlaanderen met betrekking tot het Schelde estuarium was de ondertekening van het memorandum van Vlissingen, op 4 maart 2002. In dit memorandum is een afspraak gemaakt over een “langlopend monitorings- en onderzoeksprogramma ter ondersteuning voor de grensoverschrijdende samenwerking bij beleid en beheer”. Deze afspraak is in 2003 geëffectueerd door het starten van het onderzoeksprogramma LTV O&M (Langetermijnvisie Onderzoek & Monitoring). In de LTV voor het Schelde estuarium is een streefbeeld voor 2030 vastgelegd dat wordt gedragen door de Nederlandse en Belgische overheid. Dat streefbeeld heeft drie thema's: Veiligheid, Toegankelijkheid en Natuurlijkheid.

I.2 Doelstelling LTV O&M Natuurlijkheid

In 2001 heeft de Technische Schelde commissie een document opgesteld met daarin het streefbeeld 2030 van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium een gezond, dynamisch en duurzaam estuarien ecosysteem dat op duurzame wijze kan worden gebruikt voor menselijke behoeften. Daarbij behoren twee ecosysteemdooelstellingen:

- de ruimte voor natuurlijke dynamische fysische, chemische en biologische processen,
- en het behoud of versterking van het estuariene ecosysteem met alle typische habitats en levensgemeenschappen langs de volledige zoet-zoutgradiënt.

De belangrijkste ecologische doelen uit het streefbeeld 2030 voor natuurlijkheid zijn ‘herstel van het fysisch systeem’ en ‘herstel van estuariene habitats’.

De kennis die in dit project wordt vergaard dient ter ondersteuning van verschillende beleidsmaatregelen voor een optimaal beheer van de Westerschelde. Voor 2007 zijn de volgende **beleids- en beheersvragen** door Directie Zeeland gedefinieerd waaraan de projecten een bijdrage hebben geleverd.

- **Wat zijn de effecten op de ecologie ten gevolge van al dan niet antropogene ingrepen in het Schelde-estuarium?**
- **Hoe kan morfologisch beheer bijdragen aan het bereiken van de ecosysteemdooelstellingen voor het Schelde-estuarium?**

De onderzoeksvragen die daaraan zijn gekoppeld zijn gedefinieerd als:

Welke habitatfactoren zijn significant, waar en hoeveel van elk type habitat is wenselijk voor een goed functionerend estuarien ecosysteem, en wat is de respons van de arealen en de gebruikers op bepaalde ingrepen?

Naar aanleiding van deze onderzoeksvragen heeft de Technische Schelde Commissie in 2006 opdracht gegeven om binnen het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma LTV-O&M in 2007 de volgende projecten op het gebied van een natuurlijk Schelde-estuarium uit te voeren:

- Vergelijkend estuarium onderzoek (VEO)
- Ontwikkeling habitatvoorspelinstrumentarium (HVI)

Binnen de deelprojecten zijn de onderzoeksvragen verder uitgewerkt. De specificering van doelstelling en uitwerking tot onderzoeksvragen worden in de volgende hoofdstukken beschreven.

De doelstellingen van LTV O&M Natuurlijkheid sluiten zeer nauw aan bij de doelstellingen van het project Deltakennis. Dit is ook een kennisontwikkelingsproject van RIKZ, niet uitsluitend gericht op de Schelde, maar op het hele Deltagebied.

1.3 Uitgevoerde deelprojecten in 2007

Er zijn een aantal deelprojecten binnen LTV O&M Natuurlijkheid gedefinieerd die allen betrekking hebben op het functioneren van het Westerscheldesysteem. De deelprojecten verschillen op schaalniveau: er is gekeken naar hoe de Schelde functioneert als geheel en in vergelijking met andere estuaria (het Vergelijkend Estuarium Onderzoek) en er is gekeken naar hoe verschillende deelgebieden binnen het Schelde estuarium functioneren ten opzichte van elkaar (de focus van het Habitatvoorspelinstrumentarium onderzoek).

Er is voor een dergelijk gedifferentieerde aanpak gekozen gezien het feit dat parameters die op een grote schaal bepalend kunnen zijn op een kleiner niveau (binnen een ecotoop) niet onderscheidend hoeven te zijn (en vice versa).

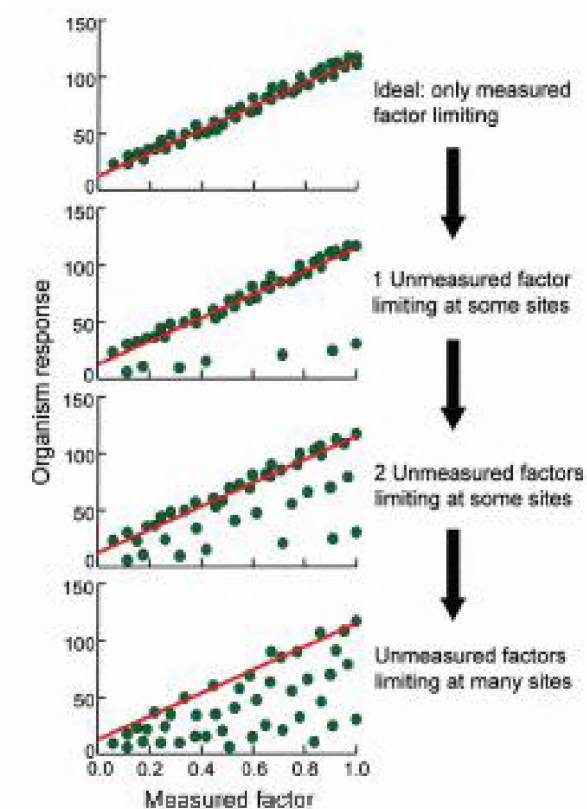
- Kater, B. & Rutjes, C. 2007, *Comparative Estuary Study 2007: Microphytobenthos and Macrobenthos*, Alkyon, Marknesse, A1910R2.
- Wijnhoven, S., Herman, P. M. J., Ysebaert, T., & van der Wal, D. 2007, *Robustness parameters habitat assessment tools. Study as a part of LTV Research & Monitoring "Natural development" for the Schelde Estuary*, NIOO/KNAW CEME, Yerseke, Monitoring Taskforce Publication Series 2007-11.

- van WesenBeeck, B. 2007, *Verkenning naar validatiemethoden voor het Zoute wateren Ecotopen Stelsel (ZES.1) in de Westerschelde*, WL|Delft hydraulics, Delft, Z4383.

Deze rapporten zijn tevens te vinden in de bijgesloten CDrom. In de volgende paragrafen worden de deelprojecten geïntroduceerd.

1.3.1 Vergelijkend Estuarium Onderzoek

Een eerste aanzet tot een grootschalige vergelijking van de productiviteit van het Schelde estuarium heeft plaatsgevonden in het Vergelijkend Estuarium Onderzoek (hoofdstuk 2).



Figuur 1: Illustratie analyse limiterende factoren, uit:
Kater en Rutjes 2007

Door hydromorfologische, fysische, ecologische en meteorologische gegevens van verschillende systemen met elkaar te vergelijken is geprobeerd factoren te identificeren die limiterend zijn voor de Schelde op systeem niveau. Het achterliggende idee is dat uit relaties tussen abiotische omgevingsfactoren en het de biomassa van of de productie van groepen organismen de limiterende grenzen van deze factor zichtbaar gemaakt wordt (zie Figuur 1). De rode lijn geeft aan wat de limiterende grens is voor de gemeten factor. Ligt voor het betreffende estuarium (hier de Westerschelde) het punt onder die lijn dan is die factor voor de Westerschelde niet limiterend.

Het uiteindelijke doel is dat wij op termijn uitspraken kunnen doen over effecten van grootschalige menselijke ingrepen in het systeem, of effecten kunnen voorspellen die het gevolg zijn van externe veranderingen zoals

klimaatverandering, waar menselijke activiteiten misschien wel ten dele debet aan zijn, maar waar mensen geen directe sturing op kunnen uitoefenen.

1.3.2 Habitatvoorspelinstrumentarium

De ontwikkeling van een habitatvoorspelinstrumentarium heeft als uiteindelijke doel om de effecten van menselijke ingrepen door te vertalen in een verwachte ontwikkeling van estuariene habitats binnen o.a. het Schelde-estuarium.

Echter, voordat gefocust wordt op de specifieke rol en ontwikkeling van bijvoorbeeld de op- en afbouw van het intergetijdengebied of de ontwikkeling en het belang van kortsluitgeulen, is een eerste stap het gedegen vaststellen wat de ecologisch waardevolle ecotopen zijn en waar deze zich bevinden in het Schelde-estuarium.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een ecotopenbenadering, het Zoute wateren Ecotopenstelsel. Dit instrument beschrijft het potentiële voorkomen van ecotopen in de brakke en zoute Rijkswateren aan de hand van fysische omgevingsfactoren, zoals zoutgehalte, bodemhoogte, droogvalduur, stroomsnelheid, dynamiek en sedimentsamenstelling. Op basis van de variabelen en de klassengrenzen worden de ecotopen beschreven en samen genomen in een hiërarchisch opgebouwd ecotopenstelsel (Bouma et al. 2005). Aan de hand van dit stelsel kan een ecotopenkaart van het Schelde-estuarium berekend kan worden.

Het gebruik van het ecotopenstelsel is vruchtbaar, maar er kleven nog wel wat haken en ogen aan het onderscheiden van de ecotopen aan de hand van de verschillende abiotische parameters. Een goede validatie van het ecotopenstelsel is daarom belangrijk, alvorens bepaalde ontwikkelingen in de tijd van waardevolle estuariene habitats gesignaleerd en geanalyseerd kunnen worden. In 2007 is hiervoor de eerste verkennende stap gezet (hoofdstuk 4). Naast een eerste validatieslag is er ook gekeken naar het inwinnen en de verwerking van de abiotische parameters (hoofdstuk 3). In 2008 zal de definitieve validatie plaats vinden en zal de mogelijkheid van het toepassen van nieuwe/verbeterde technieken om de abiotische parameters zoals dynamiek beter weer te geven verder uitgezocht worden.

1.4 Organisatie

De organisatie van LTV O&M Natuurlijkheid 2007 is als volgt:

- Het deelproject Vergelijkend Estuarium Onderzoek is uitgevoerd door een consortium Alkyon en Grontmij onder leiding van Belinda Kater van Alkyon (Kater et al. 2007).

Tijdens het offertetraject werd geconcludeerd dat er twee hoofdvragen zitten in het oorspronkelijke Programmaplan 2007 LTV O&M Natuurlijkheid voor het onderwerp “Ontwikkeling HVI” die door een verschil van insteek niet gemakkelijk in één aanvraag thuishoren. Daarom is het project in twee onderdelen verdeeld

- Deelproject HVI robuustheid parameters uitgevoerd door het NIOO (Wijnhoven et al. 2007) en,
- Deelproject HVI validatietechnieken uitgevoerd door WL | Delft Hydraulics (van Wesenbeeck 2007).

De uitvoering van de projecten vindt plaats onder verantwoordelijkheid van WL|Delft Hydraulics (als Deltares in oprichting). Het projectteam voor LTV O&M Natuurlijkheid (en tevens de auteurs van dit rapport) bestaat uit Sharon Tatman, Harriëtte Holzhauer en Luca van Duren.

2 Vergelijkend Estuarium Onderzoek

2.1 Uitvoering en begeleiding

Dit deelonderzoek is uitbesteed aan het consortium Alkyon / Grontmij. Belinda Kater van Alkyon was projectleider en de belangrijkste uitvoerende van dit werk. Vanuit het LTV O&M Natuurlijkheid team is het werk voornamelijk inhoudelijk begeleid door Luca van Duren.

2.2 Probleemanalyse

De ecologische draagkracht van een systeem wordt bepaald door een breed scala aan biotische en abiotische parameters, waarbij limiterende parameters de belangrijkste rol spelen. Er is reeds een redelijk inzicht in welke belangrijke factoren in de Schelde limiterend zijn. Er kan gesteld worden dat nutriënten in dit systeem niet limiterend zijn, maar dat licht een belangrijke beperkende factor is voor productie. Daaronder spelen nog vele andere factoren een rol. Door het Schelde-estuarium te vergelijken met andere estuaria kan meer inzicht verkregen worden in de rol van verschillende parameters voor de limitering van de draagkracht van het Schelde-estuarium en de hiërarchie van deze parameters. Hierbij worden diverse parameters tegen elkaar uitgezet waarbij de plaats van het Schelde-estuarium hierin bepaald wordt.

2.3 Doel- en vraagstelling

Het oorspronkelijke doel van het VEO, waarmee in juni 2007 het onderzoek is begonnen, is om het mogelijk te maken voorspellingen van de draagkracht van het Schelde-estuarium te doen aan de hand van effecten van menselijke ingrepen. De vraagstelling luidde:

Wat limiteert de ecologische draagkracht van het Schelde-estuarium voor een aantal nader te bepalen soorten?

Het VEO is daarom gestart om de kennis van het functioneren van de Westerschelde te verbeteren door de hydromorfologische en ecologische karakteristieken van dit systeem te vergelijken met die van andere estuaria. De studie van 2007 was gefocust op het verzamelen van data over microfyto-benthos en macrozoobenthos. Met de verzamelde dataset is getracht verbanden te leggen tussen productie van microfyto-benthos en de belangrijkste hydromorfologische parameters zoals diepte, saliniteit en sediment-samenstelling. Deze informatie is verzameld voor de Westerschelde en 19 andere estuaria. De meeste gegevens zijn afkomstig van estuaria in Europa, maar er zitten ook enkele Zuid-Afrikaanse, Canadese en Noord-Amerikaanse systemen bij.

2.4 Samenvatting van de resultaten

Ondanks het feit dat een groot deel van de tijd van dit project is besteed aan het verzamelen van data, was voor een vrij groot aantal parameters geen informatie beschikbaar voor alle estuaria. Alleen voor de Westerschelde was de gewenste informatiematrix compleet. Dit heeft duidelijk gevolgen voor de kracht van een dergelijke analyse.

Er is informatie verzameld voor de volgende estuaria:

- Westerschelde (Nederland)
- Bay of Fundy (Canada)
- Chesapeake Bay (U.S.A.)
- Elbe (Duitsland)
- Eems (Nederland / Duitsland)
- Gironde (Frankrijk)
- Humber (Engeland, U.K.)
- Kromme (Zuid-Afrika)
- Limfjorden (Denemarken)
- Loire (Frankrijk)
- Oosterschelde (Nederland)
- Seine (Frankrijk)
- Severn (Engeland / Wales, U.K.)
- Swartkops (Zuid-Afrika)
- Taag (Portugal)
- Tamar (Engeland, U.k.)
- Thames (Engeland, U.K.)
- Weser (Duitsland)
- York River (U.S.A.)
- Ythan (Schotland, U.K.)

2.4.1 Microfytobenthos

In onderstaande tabel worden de resultaten samengevat van de relaties die zijn gevonden tussen microfytobenthos productie en abiotische factoren. Slechts één parameter bleek een significante correlatie te vertonen met microfytobenthos: gemiddelde diepte.

Tabel 1 Relaties tussen microfytobenthos productie en abiotische factoren

Abiotische parameter	Significante correlatie?	limiterende relatie?	Limiterend voor de Schelde?
Rivier afvoer	nee	negatief	nee
Neerslag	nee	negatief	ja
Gemiddelde diepte	positief	positief	nee
ratio intergetijde:estuarium	nee	positief	ja
Getijslag	nee	geen	nee
Lucht temperatuur	nee	optimum	ja
Verblijftijd	nee	geen	nee
ratio estuarium:rivier	nee	negatief	ja

Daarnaast zijn er een aantal factoren die in de Westerschelde mogelijk limiterend werken:

- Neerslag
- de ratio intergetijdegebied : totale oppervlakte
- lucht temperatuur
- de ratio lengte estuarium: lengte rivier.

Het rapport geeft geen duidelijk antwoord op de achterliggende mechanismen van de gevonden relaties. Op zich is een relatie tussen microfytobenthosproductie en diepte niet vreemd: licht is naar verwachting de belangrijkste factor die primaire productie beïnvloedt. Waarom diepte dan positief correleert met microfytobenthosproductie is onduidelijk. Men zou voor microfytobenthosproductie juist een sterke correlatie verwachten met de ratio intergetijdegebied versus totaal oppervlak van het systeem. Deze correlatie is inderdaad positief en de factor lijkt limiterend voor de Schelde, maar is niet significant.

2.4.2 Macrozoobenthos

De resultaten voor de bodemdieren worden in Tabel 2 samengevat. Er zijn vijf significante correlaties gevonden, te weten:

- Diepte versus aantal soorten
- Neerslag versus aantal soorten
- Getijslag versus biomassa
- Luchttemperatuur versus dichtheid van organismen
- Luchttemperatuur versus aantal soorten

Er zijn vier mogelijke limiterende factoren gevonden voor de Westerschelde:

- Getijslag voor aantal soorten
- Luchttemperatuur voor aantal soorten
- Luchttemperatuur voor dichtheid van organismen
- Ratio estuarium lengte : rivier lengte voor aantal soorten

Tabel 2 Resultaten bodemdieren

Abiotische parameter	Macrobenthos parameter	Significante correlatie?	limiterende relatie?	Limiterend voor de Schelde?
Diepte	biomassa	nee	nee	nee
	aantal soorten	positief	optimum	nee
Ratio intergetijde:estuarium	biomassa	nee	nee	-
	dichtheid	nee	nee	-
	aantal soorten	nee	nee	-
Neerslag	biomassa	nee	negatief	nee
	aantal soorten	positief	positief	nee
Rivierafvoer	biomassa	nee	nee	-
	aantal soorten	nee	nee	-
Getijdeslag	biomassa	negatief	negatief	nee
	aantal soorten	nee	optimum	ja
Luchttemperatuur	biomassa	nee	nee	-
	dichtheid	negatief	negatief	mogelijk

Abiotische parameter	Macrobenthos parameter	Significante correlatie?	limiterende relatie?	Limiterend voor de Schelde?
	aantalsoorten	negatief	negatief	mogelijk
Verblijftijd	biomassa	nee	nee	-
Ratio estuarium: rivier	biomassa	nee	nee	-
	dichtheid	nee	nee	-
	aantalsoorten	nee	negatief	ja

2.4.3 Evaluatie

Tijdens de studie kwam naar voren dat een tweetal estuaria zoveel ordes van grootte groter zijn dan de andere systemen, (Chesapeake Bay en Bay of Fundy) dat het nuttiger is om deze te splitsen in functionele eenheden die qua omvang in dezelfde orde van grootte liggen als de andere systemen. Ook voor de Eems is het waarschijnlijk beter om deze te splitsen in de Eems en de Eems-Dollard. In het laatste systeem is erg veel materiaal verzameld, maar dit is zeker niet representatief voor het hele systeem.

Er was veel verschil in het gemak waarmee data van verschillende parameters verkregen kon worden. Met name saliniteit en sediment parameters zijn moeilijk te verkrijgen. Weersgegevens echter zijn vrij gemakkelijk en gegevens over morfologie zijn redelijk beschikbaar, al is daar wel vaak een probleem met de definitie van specifieke parameters.

Een parameter die waarschijnlijk een zeer groot effect heeft (veel meer dan de tot nu toe onderzochte factoren) is doorzicht. Daarvoor bleek het in de beschikbare tijd niet mogelijk om voldoende gegevens bijeen te krijgen. In een vervolgstudie moet daar zeker meer aandacht aan gegeven worden.

Ook voor de biologische parameters was het niet altijd mogelijk volledige informatie te verzamelen. In de workshop van 18 juni was besloten om de analyses te focussen op functionele groepen, om een vergelijking met estuaria in andere werelddelen mogelijk te maken. Dit blijkt slechts voor een heel beperkt aantal estuaria mogelijk te zijn. Voor een aantal gebieden is het misschien mogelijk om in een vervolgstudie zelf de verschillende soorten in te delen in functionele groepen. Voorwaarde is dan wel dat de soortenlijsten compleet moeten zijn en er geen soorten in het estuarium niet meegenomen zijn in de bemonsteringen.

De factor “gemiddelde diepte” gaf een positieve correlatie met zowel microfytobenthos productie als met het aantal macrobenthos soorten en de factor “neerslag” bleek ook van invloed op het aantal soorten. Dit zijn zeer interessante gegevens, omdat diepte direct door menselijk ingrijpen kan worden beïnvloed en neerslag en diepte beiden van belang zijn bij klimaatveranderingen. Echter de correlaties zijn niet bijzonder sterk door het lage aantal datapunten. Hier is het zeker van belang meer gegevens van andere systemen te verzamelen. Tevens is een aanvullend literatuuronderzoek gewenst om inzicht te verkrijgen in de onderliggende mechanismen die hieraan ten grondslag liggen. Met name “neerslag” is een factor die veel andere factoren beïnvloedt, zoals saliniteit, microstratificatie, runoff en daarmee samenhangend bijvoorbeeld opgeloste humuszuren. De relaties zoals ze nu in het

rapport gepresenteerd worden zeggen nog erg weinig over het functioneren van de Schelde. In de toekomst moet er beter hypothesegedreven gezocht worden naar relaties.

Een belangrijk doel van de studie was het identificeren van mogelijk limiterende factoren voor de Westerschelde. In dit project zijn een aantal factoren gevonden die verdere aandacht behoeven. Ook hiervoor geldt dat in de meeste gevallen het aantal datapunten nog aan de lage kant is om harde conclusies te trekken. Tevens wordt in sommige gevallen de relatie sterk bepaald door zogenaamde “outliers”. Ook dit probleem kan met meer datapunten ten dele ondervangen worden.

2.5 Relevantie voor beleidsdoelstellingen

Verschillende abiotische factoren in de Westerschelde kunnen direct worden beïnvloed door menselijke ingrepen. Bagger- en stortwerkzaamheden hebben een effect op de parameter “diepte”. Kleinschalige ingrepen hebben niet altijd een effect op de totale gemiddelde diepte van een systeem, maar hebben alleen een lokaal effect, maar de verruiming van de vaargeulen in de Westerschelde ten behoeve van de haven van Antwerpen hebben zeker een grootschalig effect. Verwachte negatieve effecten zullen volgens EU richtlijnen gecompenseerd moeten worden. Daarnaast moet ook rekening gehouden worden met korte termijn effecten: in een gebied waar gebaggerd wordt zal op dat moment weinig microfytobenthos groeien.

De parameter “diepte” is in de context van menselijke ingrepen dus één van de meest interessante factoren. Deze factor blijkt zowel positief te correleren met microfytobenthos productie als met het aantal macrobenthos soorten. Wel moet hierbij aangetekend worden dat de correlaties niet op een zeer groot aantal punten zijn gebaseerd en het is dus zaak hiervoor verder onderbouwing te vinden met meer data van andere gebieden, en vooral het in kaart brengen van de onderliggende relaties. Met name de relatie microfytobenthos – lichtklimaat moet veel beter naar gekeken worden.

Een vergelijkende studie zoals deze kan informatie verstrekken over de mate waarin bepaalde ingrepen effecten kunnen hebben en kunnen tevens helpen bij het inschatten van effecten van mitigerende maatregelen.

Er zijn ook veranderingen mogelijk die niet heel direct of niet volledig door menselijk ingrijpen worden veroorzaakt. Ook om de effecten van bijvoorbeeld klimaatverandering te kunnen inschatten is kennis van abiotische factoren op ecosysteemniveau noodzakelijk.

Ecosystemen staan bloot aan vele invloeden tegelijkertijd. Het is niet eenvoudig om veranderingen t.g.v. grootschalige bouwactiviteiten te scheiden van effecten die het gevolg zijn van bijvoorbeeld klimaatverandering. Studies zoals dit VEO kunnen een handvat bieden om de effecten van verschillende invloeden te evalueren. Vooral voor deze laatste toepassing, het scheiden van verschillende effecten, is een uitgebreider dataset noodzakelijk die ook multivariate statistiek toelaat. Momenteel is de matrix aan data niet compleet genoeg om dit te kunnen bewerkstelligen.

3 Evaluatie robuustheid ecotopenstelsel (ZES.1)

3.1 Uitvoering en begeleiding

Dit deelonderzoek is een onderdeel van de ontwikkeling van het habitatvoorspel-instrumentarium. Dit deelonderzoek is uitbesteed aan het NIOO-CEME in Yerseke. Voornaamste uitvoerenden bij het NIOO-CEME waren Sander van Wijnhoven en Peter Herman (projectleider). Vanuit het LTV Natuurlijkheid team is het werk voornamelijk inhoudelijk begeleid door Harriëtte Holzhauer.

3.2 Probleemanalyse

Om de beheersvragen ten aanzien van de ontwikkeling van een habitatvoorspel-instrumentarium te bereiken is een overzicht van de nu aanwezige habitats en gemeenschappen in het Schelde estuarium essentieel. Daarnaast dient bepaald te worden welke habitats en gemeenschappen ecologisch waardevol worden bevonden als onderdeel van een gezond estuarium. Tot nu toe is hiervoor gebruik gemaakt van een ecotopenbenadering, middels het Zoute wateren Ecotopenstelsel (Bouma et al. 2005).

De belangrijkste abiotische parameters die in het Zoute wateren Ecotopen Stelsel worden gebruikt zijn:

- zoutgehalte,
- bodemhoogte,
- droogvalduur,
- dynamiek en
- sedimentsamenstelling.

De ontwikkelingen rond het ecotopenstelsel staan niet stil en inmiddels wordt er gewerkt met het ZES.1. Om bepaalde ontwikkelingen in de tijd van waardevolle estuariene habitats te signaleren en analyseren is het van belang dat het ecotopenstelsel valide is en dat de abiotische parameters voldoende nauwkeurig zijn.

Sommige van deze parameters zijn zeer nauwkeurig te omschrijven en met hoge resolutie in kaart te brengen (bijvoorbeeld bodemhoogte), andere parameters zijn op dit moment nog maar matig gekend. Met name de parameter dynamica is wordt op dit moment met modellen en luchtfoto's benaderd en is zeker in de ondiepe gebieden nog niet perfect.

Een belangrijke vraag is: hoe gevoelig (of hoe robuust) is het ecotopenstelsel voor schommelingen in de schattingen van je abiotische parameters? Met andere woorden, binnen welke foutenmarges moet je parameters kunnen afschatten om tot een éénduidige kwalificatie van een ecotoop te komen?

3.3 Doel- en vraagstelling

Uit het voorgaande voortvloeiend moet worden vastgesteld voor welke parameters de huidige waarnemingsmethodes voldoende zijn en voor welke parameters betere methodes noodzakelijk zijn.

Er wordt middels een bureaustudie antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvragen:

- **Wat is de minimaal noodzakelijke nauwkeurigheid waarmee elke parameter (bodemhoogte, zoutgehalte, droogvalduur, dynamiek en sedimentsamenstelling) gekwalificeerd en gekarteerd moet kunnen worden?**
- **Wat is de huidige stand van zaken voor elke parameter?**
- **Voor welke parameters zijn nauwkeurigere waarnemingen nodig om accurate kaarten te kunnen maken?**
- **Welke technieken zijn er voorhanden of hebben de potentie om op relatief korte termijn deze verbetering te bewerkstelligen?**

3.4 Samenvatting van de resultaten

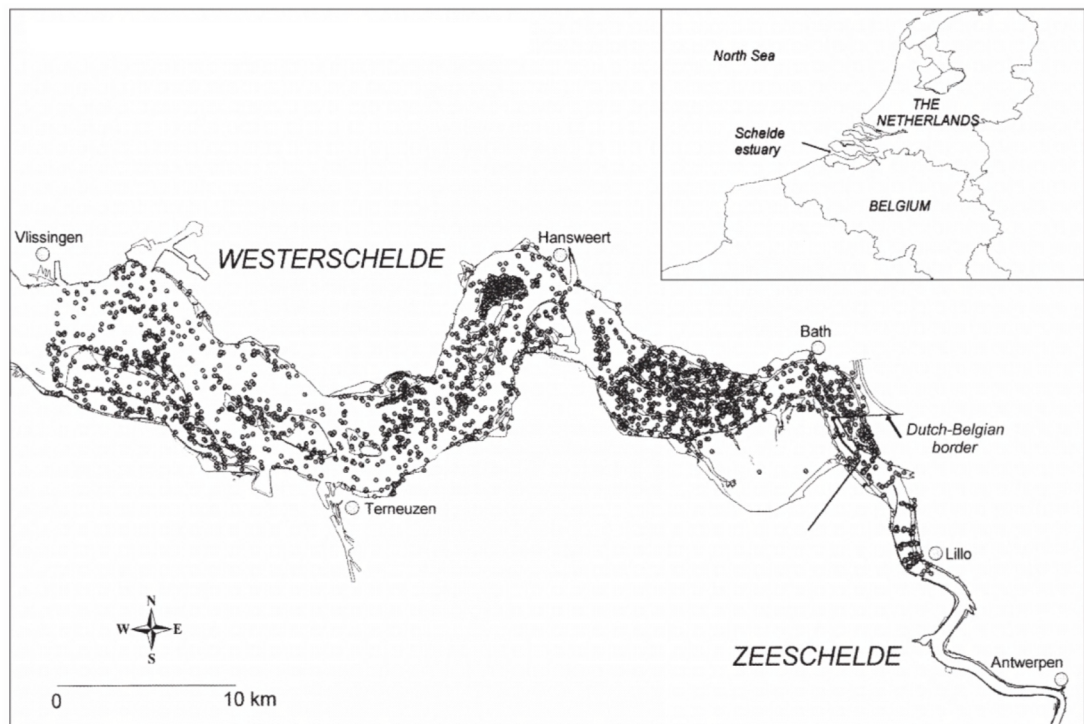
De studie concentreert zich op het volledige polyhaline en mesohaline deel van het estuarium en beslaat daarmee de volledige Westerschelde (Nederland) en een klein deel van de Zeeschelde (België). Er is gebruik gemaakt van een dataset van 3112 bodemdiermonsters genomen tussen 1978 en 1997 (figuur 3). De meeste monsters zijn verzameld door het Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie (NIOO-CEME) en het Instituut voor behoud van natuur in samenwerking met het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS-RIKZ).

De dataset is uitgebreid beschreven door Ysebaert & Meire (1999) en Ysebaert et al (2002). Hoewel alle gegevens tussen 1978 en 1997 zijn verzameld, waarbij 90% van de steekproeven na 1989 zijn verzameld, behoudt de gegevensreeks zijn waarde aangezien het een goed beschreven lange termijn uitgebreide reeks is met gekoppelde biotische en abiotische gegevens.

Slechts de aanwezigheid of de afwezigheid van soorten is in acht genomen om het effect van steekproefgrootte te compenseren. Dit vermindert ook het seizoengebonden effect, dat veel groter is op dichtheid en biomassa. Verdere zijn alleen dichtheden van meer dan 50 individuen per m² in behandeling genomen met een uitzondering van soorten die typisch in lage dichtheid worden waargenomen en zeer grote soorten om voor toevallige observaties te compenseren.

De soorten die lastig te determineren zijn, zijn niet altijd bepaald tot op soortenniveau. Hiervan zijn alle individuen samengevoegd en onder een enkele soortnaam weggeschreven. Dit heeft een effect op de relatie tussen soorten en abiotische parameters, maar dit is van minder belang op het levengemeenschapsniveau zijn waarin wij geïnteresseerd zijn.

Figuur 2: Monsterlocaties in de Westerschelde (uit Ysebaert et al., 2002)



Er zijn 20 macrobenthische soorten¹ geselecteerd op basis van hun rol als indicatorsoort in het gebied. Voor elke soort zijn responskrommen bepaald gebaseerd op de aanwezigheid - afwezigheid van soorten en de abiotische parameters {bodemhoogte, zoutgehalte (modelzoutgehalte en tijdelijk zoutgehalte), stroomsnelheid (maximum eb en maximum vloed stroomsnelheden) en sedimentsamenstelling (mediaan van de korreldiameter en slibgehalte (fractie <63 μm)). De afgeleide van de responskromme met betrekking tot de abiotische parameters is onderzocht omdat niet de responskromme zelf maar vooral de nauwkeurigheid waarmee de abiotische parameters gemeten zouden moeten worden van belang is. Deze afgeleide drukt uit hoe de waarschijnlijkheid van voorkomen van soorten verandert per eenheid van verandering in de abiotische parameter.

Omdat de abiotische variabelen in verschillende eenheden worden gegeven is er een essentiële nauwkeurigheid (EA) gedefinieerd. Dit is de verandering in een abiotische variabele die zorgt voor een (gewogen) gemiddelde afwijking van 5% in de kans van voorkomen van alle soorten in de gemeenschap. De EA heeft voor een aantal parameters een rangespecifiek karakter. Hiermee wordt bedoeld dat bijvoorbeeld binnen de parameter diepte voor het litoraal een andere EA bepaald is dan voor het sublitoraal.

Een gemiddelde afwijking van 5% betekent bij een gemeenschap van 20 soorten dat er gemiddeld 1 andere soort in de gemeenschap aanwezig is. De totale waarschijnlijkheid van voorkomen van soorten in de gemeenschap is dan 5% veranderd. De gemeenschap kan echter ook het zelfde zijn of 2 of meer andere soorten bevatten, of meer of minder soorten bevatten. Namelijk de kans dat een soort aanwezig is op een plek kan 80% zijn, en iets

¹Nephtys cirrosa, N. hombergii, Arenicola marina, Bathyporeia, Polydora, Spio, Capitella capitata, Cerastoderma edule, Corophium arenarium, Corophium volutator, Eteone longa, Heteromastus filiformis, Hydrobia ulvae, Macoma balthica, Mya arenaria, Nereis diversicolor, Nereis succinea, Pygospio elegans, Scrobicularia plana, Tharyx marioni.

verder op 76%. Dit is een verandering van 5%, maar nog steeds vind je in de meeste gevallen die soort op beide plekken. Echter voor andere soorten kan het ook gaan om verschillen van 25% ten opzichte van 26.3%; ook een verandering van 5%, maar nu vind je de soort in de meeste gevallen niet op die plekken. Voor gemeenschappen met meer dan 0 dan wel 1 soort; kan dit bijvoorbeeld het volgende betekenen: Soort 1: 80% -> 76%; Soort 2: 50% -> 50%; Soort 3: 25% -> 28.75%; Nu is de totale verandering ook 5%, maar heb je over het algemeen 1 of 2 soorten, maar ook wel eens 0 of 3.

De grens van een gemiddelde verandering van 5% in de kans van voorkomen van alle soorten in de gemeenschap is een min of meer willekeurige maat. Toch is hiervoor gekozen omdat dit de mogelijkheid biedt om de EA in dezelfde eenheden weer te geven als de abiotische parameter. Hiermee wordt onmiddellijk een orde grootte van de vereiste nauwkeurigheid in de metingen of berekening gegeven op basis waarvan geschat kan worden of het noodzakelijk en/of mogelijk is om de nauwkeurigheid van de parameter te verbeteren.

Kijken we bijvoorbeeld naar de parameter diepte, wanneer de EA in de orde van verscheidene meters zou zijn is het duidelijk dat er geen extra inspanning vereist is om de nauwkeurigheid van de dieptemetingen te verbeteren. Zou de EA in de orde van millimeters liggen dan moet er rekeninggehouden worden met de mogelijkheid dat er geen methode bestaat die deze nauwkeurigheid voor het gehele estuarium kan bereiken.

Op deze manier wordt met de EA en intuïtieve maat verkregen van de vereiste nauwkeurigheid die vergeleken kan worden met de bekende nauwkeurigheid van verschillende methodes op basis waarvan de parameters bepaald worden.

3.4.1 Bodemhoogte en droogvalduur

De bodemhoogte wordt bepaald uit lodingen en laser-altimetrie. De lodingen worden geïnterpoleerd tot een gebiedsdekkende dieptekaart. Dit levert een nauwkeurigheid van 50 cm. In het litoraal is essentiële nauwkeurigheid van de bodemhoogte, op basis van gemiddelde verandering van 5% in kans van voorkomen van alle soorten in de gemeenschap, minimaal 40 cm. In het sublitoraal wordt de essentiële nauwkeurigheid bij toenemende diepte al snel dusdanig groot dat de nauwkeurigheid van de dieptemetingen juist minder belangrijk wordt.

De toevoeging van laser-altimetrie gegevens in het litoraal levert een nauwkeurigheid van 20 cm. De combinatie van lodingen en laser-altimetrie zorgt er dus voor dat het verkregen beeld van de bodemhoogte voldoende nauwkeurig is.

Een opvallende conclusie uit het rapport is dat de noodzaak van een onderscheid binnen het sublitoraal op basis van hoogte niet wordt onderschreven. De bodemdiergemeenschap blijkt niet onderscheidend op diepte in het sublitoraal.

De droogvalduur is van dezelfde nauwkeurigheid als de bodemhoogte omdat deze wordt afgeleid uit waterstand en bodemhoogte.

3.4.2 Zoutgehalte

Brak water heeft een saliniteit tussen de 5,4 en 18. Soorten zijn door hun fysiologie gebonden aan een bepaald zoutbereik. Er komt slechts een klein aantal soorten in het brakke gebied voor en dan met name in het gebied met een saliniteit tussen de 5 en 7.

Vooraf in de brakke zone (beneden saliniteit 10) is een vrij nauwkeurige modellering of een meting van het zoutgehalte nodig (EA van 1 tot 2). De metingen zijn gebaseerd op een zeer frequente tijdreeks die een tot hogere precisie leidt. Zowel de modellen als de metingen zijn in staat om de het zoutgehalte te berekenen binnen de nauwkeurigheidsrange.

3.4.3 Stroomsnelheid

In het sublitoraal bepaalt de maximale lineaire stroomsnelheid van 0,8 m/s tijdens een gemiddeld springtij de grens tussen hoog- en laagdynamisch gebied. Deze stroomsnelheid zou met een nauwkeurigheid van 0,05 tot 0,1 m/s bepaald moeten worden. In het litoraal bepaalt de maximale orbitale stroomsnelheid van 0,2 m/s deze overgang.

De stroomsnelheden worden bepaald aan de hand van het model SCALDIS100. Het model wordt afgeregeld aan de hand van waterstandsmetingen op vaste punten. Doordat het overgrote deel van het water door de grote geulen stroomt geeft het model een nauwkeuriger stroomsnelheidsbeeld voor de geulen dan voor de ondiepe gebieden en platen. Een ruime set van stroomsnelheidsmetingen in de ondiepe delen en de platen kan de modellen helpen te verbeteren.

Omdat de stroommodellen geen betrouwbaar beeld van de stroomsnelheid in de intergetijdengebieden geven wordt er gebruik gemaakt van luchtfoto's. Op basis van morfologische kenmerken (aanwezigheid van mega-ribbels) wordt het onderscheid tussen hoog- en laagdynamisch gemaakt.

Zowel de resultaten uit de modellen als het beeld van de luchtfoto in de ondiepe gebieden leveren onzekerheden op. Dit zou gevalideerd moeten worden. Het verzamelen van een consistente reeks van gebiedsgegevens en stroomsnelheden in de ondiepe gebieden en op de platen heeft de voorkeur boven het verder verfijnen van de huidige modellen op basis van de huidige gegevens.

3.4.4 Sedimentsamenstelling

De bodemdiergemeenschappen zijn het gevoeligst voor veranderingen rond een mediane korrelgrootte van 190µm. Dit komt overeen met de overgang van zuiver zand met een zeer laag slib gehalte naar zand met een hoog slibgehalte. De benodigde nauwkeurigheid ligt hier in de orde van 20µm. Wanneer het sediment grover wordt is de nauwkeurigheid van minder belang voor de gemeenschappen.

De gemeenschappen zijn echter zeer gevoelig voor lage slibgehalten tussen de 0 en 20%. Hier moet de nauwkeurigheid rond de 4% liggen. Bij een slibgehalte van 50% mag de nauwkeurigheid weer lager zijn. Maar neemt het slibgehalte nog verder toe dan wordt de nauwkeurigheid weer meer van belang. Dit geeft de overgang weer naar een zeer ongunstig habitat voor de meeste soorten.

De mediane korreldiameter van een enkel monster wordt tegenwoordig met voldoende nauwkeurigheid bepaald. Echter leidt de interpolatie vanaf de monsterpunten naar een gebiedsdekkend beeld tot snelle verhoging van standaardfouten waardoor de kaarten ontoereikend zijn voor ecologische doeleinden.

De toepassing van remote-sensing technieken om gebiedsdekkende sedimentkaarten af te leiden biedt mogelijk uitkomsten. Echter levert deze techniek ook nog niet de noodzakelijke nauwkeurigheid voor het bepalen van het slibgehalte en moet nog worden verbeterd. Verdere studie is nodig om te zien hoeveel van deze onzekerheid als gevolg van de interpolatie kan worden verwijderd door gebruik te maken van zowel monsters als remote-sensing technieken.

3.4.5 Potentiële nieuwe parameters

Een andere omgevingsvariabele (echter geen abiotische variabele) waarvan aangegeven wordt dat het een hoog potentieel heeft om het systeem van de ecotopen classificatie te verbeteren is chlorofyl-a. Chlorofyl-a kan dienen als indicator voor microfyto bentos en is te bepalen uit remote-sensing beelden. Een combinatie van remote-sensing beelden en gemeten concentraties chlorofyl-a uit de sedimentmonsters maakt het mogelijk om chlorofyl-a weer te geven voor grote gebieden. Er zijn significantie relaties gevonden tussen het voorkomen, dichtheid en biomassa van dominante bodemdiersoorten en chlorophyl-a (Van der Wal, 2007).

Naast chlorofyl-a worden ook de helling en vorm van de bodemvormen genoemd als mogelijke nieuwe parameters met potentie maar een daadwerkelijk optie voor toepassing wordt niet gegeven.

3.5 Relevantie voor beleidsdoelstellingen

De studie naar de robuustheid van de ZES-parameters had als doel om te achterhalen of de verschillende parameters met een voldoende nauwkeurigheid worden gemeten/gemodelleerd om uitspraken te kunnen doen over ecologische ontwikkelingen gekoppeld aan deze parameters. Wanneer de nauwkeurigheid van een parameter onvoldoende is kan het gebeuren dat er verandering wordt geconstateerd terwijl er in werkelijkheid niets of nauwelijks iets veranderd is, of anders om. De nauwkeurigheid van de onderliggende parameter(s) werkt door in de uiteindelijke conclusie die er getrokken wordt. Hiervan moet men zich bewust zijn. Het kan zelfs zo zijn dat er besloten moet worden dat een bepaalde conclusie niet getrokken kan worden. Of dat een bepaald detail niveau (nog) niet gehaald kan worden.

Uit deze studie blijkt dat het zoutgehalte, de bodemhoogte en daarmee ook de droogvalduur en de stroomsnelheid in de geulen met een voldoende nauwkeurigheid worden gemeten/gemodelleerd om gefundeerde uitspraken te kunnen doen op ecologisch gebied. Daarnaast is gebleken dat de stroomsnelheidsmodellen, maar ook de geomorfologische kaarten in de ondiepe gebieden en op platen nog geen voldoende nauwkeurig

stroomsnelheidsbeeld kunnen leveren. De bepaling van de sedimentsamenstelling op zich is van voldoende nauwkeurigheid. Alleen de doorvertaling naar een gebiedsdekkend beeld introduceert nog veel onnauwkeurigheden.

Voor het verbeteren van het stroomsnelheidsbeeld kunnen stroomsnelheidmetingen in het veld nuttig zijn maar, het is niet haalbaar om een gebiedsdekkend beeld van de stroomsnelheid te verkrijgen uit veldmetingen. Daarom kunnen stroomsnelheidmetingen beter gebruikt worden om de modellen verder te kalibreren en te verbeteren. En dan met name in de intergetijdengebieden.

De daadwerkelijke nauwkeurigheid van de geschatte hydrodynamiek in de intergetijdengebieden, op basis van de geomorfologische kaart gemaakt aan de hand van luchtfoto's, is nog onduidelijk. De vraag blijft dus hoe goed de luchtfoto interpretaties nu overeen komen met de werkelijke stroomsnelheid. Tevens zou vast moeten liggen of en hoe je een duidelijk ribbelpatroon uit een luchtfoto moet koppelen aan een bepaalde stroomsnelheid.

Mogelijk is een combinatie van de luchtfoto's en metingen een mogelijkheid om de modellen in deze gebieden te verbeteren.

Komend jaar gaat er vanuit het project DELTAKENNIS een actie lopen om te onderzoeken hoe de huidige modellering van stroomsnelheid, met name in de ondiepe gebieden verbeterd kan worden. Een van de problemen waar modelleurs momenteel tegenaan lopen is de geringe beschikbaarheid van goede metingen, met name in de ondiepe gebieden. Op dit moment wordt een meetcampagne voorbereid rond de Platen van Ossensisse. Bij deze voorbereiding zijn zowel mensen betrokken van de meetdienst (directie Zeeland), die de metingen moeten uitvoeren, alsook modelleurs. De modelleurs moeten de randvoorwaarden aangeven waaraan de metingen moeten voldoen om nuttig te zijn voor validatie en kalibratie van de modellen.

Voor het verkrijgen van een nauwkeurig gebiedsdekkend beeld van de sediment-samenstelling zijn alleen monsters in het veld niet voldoende. Op dit moment is het zelfs zo dat voor het verkrijgen van een ecotopenkaart de classificering van de sediment-samenstelling gebeurt aan de hand van de geomorfologische kaart al dan niet aangevuld met sedimentmonsters uit het veld.

Remote-sensing is een nieuwe techniek die een verbetering zou kunnen opleveren van het gebiedsdekkende beeld van de sedimentsamenstelling. De techniek is echter nog niet zo ver ontwikkeld dat het al direct toepasbaar is maar de ontwikkeling is positief.

Er loopt reeds een studie waarin de inzetbaarheid van deze techniek verder bekeken wordt voor o.a. bepaling van het slibgehalte van een gebied ten behoeve van het beantwoorden van monitoringsvragen (MONEOS).

4 Validatie van het ecotopenstelsel (ZES.1)

4.1 Uitvoering en begeleiding

Dit deelproject is uitgevoerd door WL | Delft Hydraulics. Bregje van Wesenbeeck was de belangrijkste uitvoerende van dit werk. Vanuit het LTV Natuurlijkheid team is het werk voornamelijk inhoudelijk begeleid door Harriëtte Holzhauer.

4.2 Probleemanalyse

Om de beheersvragen ten aanzien van de ontwikkeling van een habitatvoorspel-instrumentarium te bereiken is een overzicht van de nu aanwezige habitats en gemeenschappen in het Schelde estuarium essentieel. Daarnaast dient bepaald te worden welke habitats en gemeenschappen ecologisch waardevol worden bevonden als onderdeel van een gezond estuarium. Tot nu toe is hiervoor gebruik gemaakt van een ecotopenbenadering, middels het Zoute wateren Ecotopenstelsel (Bouma et al. 2005).

Het Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) is ontwikkeld als beleidsinstrument om het voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke wateren te kunnen voorspellen. Tevens werd het ZES.1 geacht een nuttig hulpmiddel te zijn bij het in kaart brengen en evalueren van effecten van veranderingen in beheer en inrichting (Bouma et al. 2005). Op basis van een hiërarchische ordening van verschillende abiotische parameters (aangegeven als “abiotische indelingskenmerken” in het ZES.1) worden gebieden geclassificeerd als behorend tot één van de mogelijke ecotopen.

Onder een ecotoop verstaan we een ruimtelijk te begrenzen relatief homogene ecologische eenheid (Bouma et al. 2005). De classificatie van onderdelen van een landschap in ecotopen kan als basis dienen voor het samenstellen van ecotopenkaarten van gebieden. Inmiddels is dit al een veel gebruikte toepassing van het ZES.1. Hoewel er al verschillende validaties van ecotopenkaarten hebben plaatsgevonden, is de bruikbaarheid van het ZES.1 als stelsel zelf nog nooit kwantitatief getoetst. Naast de roep om validatie bestaat er ook behoefte aan richtlijnen voor het gebruik van het huidige stelsel (ZES.1). Het ZES.1 telt namelijk tussen de 20 en 40 ecotopen en ook nog een tweede laag bestaand uit verschillende eco-elementen. Dit komt niet altijd ten goede aan de inzichtelijkheid van het stelsel. De verwachting is dat de bruikbaarheid van het stelsel groter wordt wanneer duidelijk is tot op welk detailniveau het stelsel valide is.

4.3 Doel- en vraagstelling

Het ecotopenstelsel wordt al veelvuldig toegepast maar een duidelijke validatie heeft nog niet plaats gevonden. Er zijn wel een aantal validatiestudie verricht maar deze richten zich voornamelijk op de ecotopenkaart en niet op het stelsel zelf. Het doel van de studie is dan ook een eerste verkenning naar de mogelijkheden en methodieken voor het valideren van het ecotopenstelsel zelf.

Hierbij bij de volgende vragen gesteld:

- **Welke methode en technieken zijn er beschikbaar voor het valideren van het huidige ecotopenstelsel (ZES.1) en wat is hiervan de toepasbaarheid?**
- **In hoeverre kan de aanbevolen validatiemethode worden toegepast? Hierbij wordt de validatiemethode voor het ecotopenstelsel toegepast m.b.v. de beschikbare data uit de Westerschelde. Het is hierbij belangrijk te realiseren dat het ecotopenstelsel in principe gebieds- en tijdonafhankelijk is.**
- **Zijn er aanpassingen aan het ecotopenstelsel nodig?**
- **Zijn de huidige bodemdierbemonsteringen van de Westerschelde voldoende voor het uitvoeren van de validatie van het ecotopenstelsel of zijn er aanvullende metingen nodig?**

Gedurende de uitvoering van het project is geconstateerd dat het niet haalbaar was om zowel een inventarisatie van validatietechnieken als een toepassing van een validatietechniek op het ZES.1 uit te voeren. Het uitvoeren van beide activiteiten bleek een te hoog gegrepen ambitie. De focus is gelegd op het creëren van een goede basis voor de uiteindelijke validatie waardoor het uitvoeren van een eerste validatieslag is komen te vervallen. Er is vooral aandacht besteedt aan het uitvoeren van een gedegen inventarisatie en analyse van de verschillende validatietechnieken en validatiestudies. Dit resulteert in een duidelijk stappenplan voor een grondige validatie van het ZES.1.

4.4 Samenvatting van de resultaten

Het Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) is ontwikkeld als beleidsinstrument om het voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke wateren te kunnen voorspellen. Deze studie heeft als doel methoden en een stappenplan voor validatie van het ZES.1 aan te reiken, met de focus op het gebruik van het ZES.1 in de Westerschelde.

Het project LTV O&M richt zich op de vragen rond de Westerschelde. Om deze reden wordt een eerste validatie van het stelsel voorgesteld op basis van data uit de Westerschelde. Hierbij moet er sterk rekening gehouden worden met het feit dat validatie van het stelsel voor de Westerschelde ook voornamelijk resultaten voor de Westerschelde oplevert. De toepasbaarheid van het stelsel in andere systemen wordt alleen duidelijk wanneer ook voor andere systemen gevalideerd wordt. Door de gegevens van de Westerschelde te gebruiken voor de validatie wordt een eerste stap gezet in de validatie van het stelsel en wordt het voor de Westerschelde specifiek duidelijk hoe valide en toepasbaar het stelsel is voor dit gebied is.

Eventuele aanpassingen aan het stelsel of kalibratie van klassengrenzen dienen te gebeuren op basis van gegevens van meerdere systemen. Hierbij dient men wel rekening te houden met het doel dat vooral de opbouw van het stelsel generiek is en dat grenzen mogelijk kunnen verschillen in voor verschillende systemen. Dit betekent dat een grens in gebied A anders gedefinieerd kan worden dan in gebied B.

4.4.1 Voorgaande validatiestudies

Eerdere validatiestudies van het ZES.1 richten zich voornamelijk op validatie van de met behulp van ZES.1 gegenereerde kaarten en laten validatie van het stelsel zelf buiten beschouwing. Voor deze studies worden verschillende technieken voor de analyse van de data toegepast, zoals uni- of multivariate methoden. Studies die univariate technieken gebruiken zijn de studie van Wijsman (2003) en Baggelaar et al. (2006). De studie van Wijsman (2003) gebruikt voor de validatie benthosdata uit de Westerschelde en de Oosterschelde, terwijl de studie van Baggelaar et al. (2006) enkel data uit de Westerschelde gebruikt. Een voorbeeld van een multivariate benadering is de studie van Wijnhoven et al. (2006). Deze studie maakt gebruik van benthosdata op de platen in de Westerschelde voor validatie van de ecotopenkaart, en geeft aan dat bepaalde ecotopen duidelijk onderscheidend zijn voor soortensamenstelling. Tussen andere ecotopen zijn echter nauwelijks verschillen gevonden.

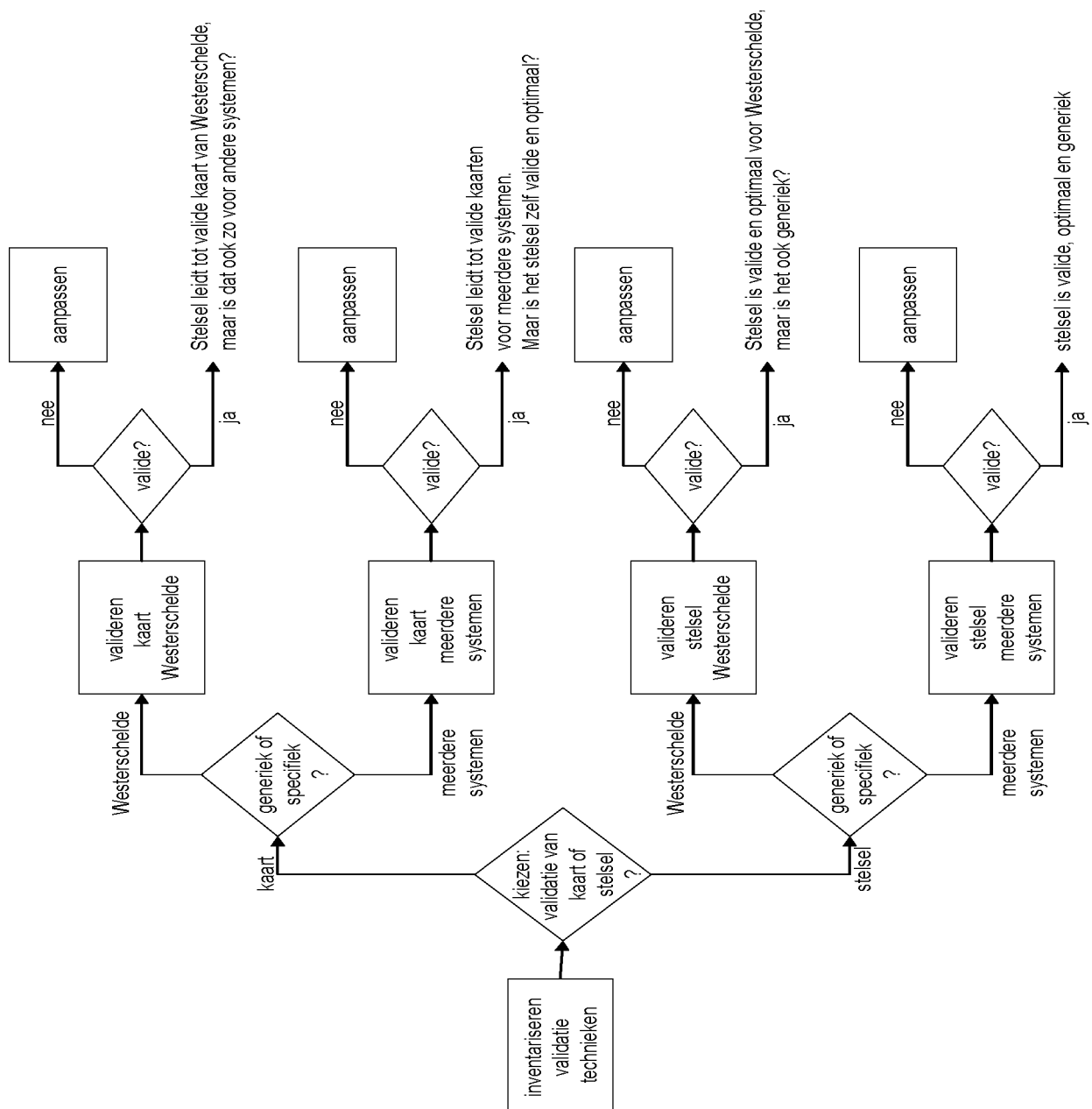
Er worden duidelijke verschillen in bodemdierbiomassa en -samenstelling gevonden tussen ecotopen die te onderscheiden zijn op zoutgehalte en over het algemeen zijn biomassa en diversiteit hoger in zoute dan in brakke ecotopen. (Wijsman 2003, Baggelaar et al. 2006, Wijnhoven et al. 2006). Ook hoogteligging of overstromingsduur is een belangrijke verklarende variabele voor verschillen in biomassa of samenstelling van de benthosgemeenschappen (Wijsman 2003, Wijnhoven et al. 2006).

Effecten van dynamiek en sedimentsamenstelling komen slecht uit de data naar voren. Hoewel in sommige studies wel effecten van dynamiek worden gevonden, soortenrijkdom en biomassa is hoger in laagdynamische gebieden dan in hoogdynamische gebieden (Wijsman 2003), zijn deze effecten in andere studies niet duidelijk meetbaar (Wijnhoven et al. 2006). Hetzelfde gaat op voor slibgehalte. In sommige studies worden lichte effecten gemeten waarbij slibrijke gebieden een grotere biomassa en diversiteit herbergen dan zandige gebieden (Wijsman 2003, Wijnhoven et al. 2006), maar de trends zijn niet erg sterk en lijken slechts op zeer kleine schaal een rol te spelen (Ysebaert & Herman 2002).

Er moet bij deze resultaten wel rekening gehouden worden met het feit dat deze studies gericht zijn op ecotopen en soorten. Deze komen niet altijd overeen. Één soort kan bijvoorbeeld in meerdere ecotopen voorkomen terwijl er ook meerdere soorten in één ecotoop kunnen voorkomen. Dit kan de resultaten beïnvloeden.

4.4.2 Validatiemethodiek

Voor validatie van het ZES.1 zijn verschillende opties mogelijk. Zo is in de opdracht al aangegeven dat het ecotopenstelsel gevalideerd moet worden in plaats van de ecotopenkaart. Maar ook de vraag of het stelsel gevalideerd wordt voor één of meerdere systemen is van belang. De resultaten van de verschillende opties staan in de onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 3: Flow diagram van verschillende manieren van validatie en hun uitkomst

Bij een validatie van het ZES.1 dienen verschillende zaken bekeken te worden. Ten eerste dient voor elk indelingskenmerk bekeken te worden of dit kenmerk enige variatie verklaart en of het op de juiste plek in de hiërarchie staat. Ten tweede zou, indien hier bijvoorbeeld reden toe is kunnen worden bekeken of de variabele die nu bij het indelingskenmerk wordt gebruikt beter kan worden vervangen door een andere variabele. Tot slot dienen de splitsingsgrenzen van de verschillende indelingskenmerken getoetst te worden.

Een ordinarie-analyse ligt het meest voor de hand omdat bodemdiergegevens moeilijk in discrete groepen zijn op te delen. Bij een dergelijke analyse worden de dominante patronen bekeken in de matrix van soorten en stations (Ysebaert & Herman 2002). Dit kan via een directe gradiënt analyse of via een indirecte gradiënt analyse.

Bij validatie van het ZES.1 hebben we, gebaseerd op empirische studies, een redelijk goed beeld van factoren die de verspreiding van benthosdata kunnen beïnvloeden. Daarom is het logisch om te kiezen voor een directe gradiëntanalyse.

De in deze studie aanbevolen techniek om de hiërarchie in abiotische indelingskenmerken te checken is een CCA. Een CCA is een combinatie van een Correspondence Analysis (CA) en een lineaire regressie en daarmee een soort combinatie tussen directe en indirecte technieken. De CCA gaat uit van een unimodale curve (ter Braak en Prentice 1988) en is daardoor beter geschikt voor distributie van soorten over langere gradiënten dan de meer gebruikelijke Principal Component Analysis (PCA). Een CCA is in staat om patronen te detecteren die verklaard worden door een combinatie van meerdere verklarende variabelen, en staat het testen van specifieke hypothesen toe mits deze niet negatief zijn.

Vervolgens kunnen de klassengrenzen afzonderlijk worden aangepast door te werken met een optimalisatie-algoritme dat de ratio van de variatie tussen en binnen ecotopen maximaliseert.

4.4.3 Mogelijke toetsing

De splitsingsgrenzen van alle indelingskenmerken dienen te worden getoetst, met extra aandacht voor het slibgehalte en de hoogteklassen, sublitoraal en litoraal.

Daarnaast zou het nuttig zijn om te kijken naar correlatie effecten. Wat is bijvoorbeeld het effect als dynamiek en slibgehalte of hoogte en overstromingsduur worden samengevat in één enkele parameter. Of een andere manier van uitdrukken van dynamiek.

Hierbij moet rekening gehouden worden dat er op grote schaal een correlatie bestaat tussen de dynamiek en slib, maar binnen een plaat kunnen in een dynamisch gebied zowel zandige als slikkige delen voorkomen met duidelijke verschillen in bodemdieren en steltlopers. Dit pleit ervoor om deze parameters beide te handhaven.

Afhankelijk van de uitkomst van de CCA kan een ZES worden getoetst met daarin mogelijk aanvullende parameters als bijvoorbeeld benthisch chlorofyl. De aanpassingen in de iteratieve test cycli hangen echter af van de uitkomsten van de CCA. Uiteindelijk zal moeten blijken op welke manier het beste een valide ZES wordt verkregen.

4.4.4 Monitoring

Met de beschikbare data van de lopende benthosmonitoringsprogramma's van de Westerschelde zou het mogelijk moeten zijn om een validatie uit te voeren zoals voorgesteld. De data is echter voor veel indelingskenmerken niet optimaal en ook als het stelsel wordt gevalideerd in plaats van een kaart zal sommige abiotische data geïnterpoleerd moeten worden om gekoppeld te kunnen worden aan de beschikbare benthosdata. Dit laatste

hoeft niet altijd een probleem te zijn, maar kan met name bij interpolatie van sedimentgegevens wel grote onnauwkeurigheden opleveren.

De monitoring van benthosdata is in eerste instantie niet ontworpen voor het valideren van een ecotopenstelsel en dat is in de data terug te zien. Een betere dataset kan worden verzameld door monitoring van biologische en abiotische factoren gelijktijdig en op hetzelfde punt te laten plaats vinden en de benthosmonitoring af te stemmen op beschikbare ecotopenkaarten, waarbij het aantal monsters afhankelijk is van de ruimtelijke variatie binnen het ecotoop en de dichtheid aan soorten (van Hoey et al. 2007). Momenteel wordt in het veld getest of monitoring aan de hand van bestaande ecotopenkaarten mogelijk is (pers. com. Twisk 2007).

4.5 Relevantie voor beleidsdoelstellingen

De koppeling van abiotische gegevens aan biotische gegevens is nog al eens een probleem. Het afstemmen van verschillende meetactiviteiten waarbij naast bodemdieren ook abiotische parameters gemeten worden is zeer waardevol. Binnen de nieuwe monitorstrategie voor MONEOS wordt hier ook rekening mee gehouden.

Een overzichtelijk beheer van de een gekoppelde-database zou de ontwikkeling van een het ecotopenstelsel ten goede komen.

Over het algemeen wordt zowel in beleid als in de wetenschap het gebruik van een breed toepasbaar ecotopenstelsel voor zoute wateren als nuttig ervaren. Het huidige, meest gebruikte ecotopenstelsel is het ZES.1. Hoewel het ZES.1 al veelvuldig wordt gebruikt is het nooit kwantitatief getoetst. Ecotopenkaarten, gemaakt op basis van het ZES.1, zijn wel gevalideerd aan de hand van data afkomstig uit benthosmonitoringprogramma's. Deze benthosdata lijkt niet altijd goed overeen te komen met de ecotopen zoals weergegeven op de ecotopenkaarten. Validatie van het ZES.1 zou een stap op weg naar een beter ecotopenstelsel kunnen zijn. Een beter ZES zou eveneens duidelijkheid moeten verschaffen tot op welk detail niveau welke de ecotopen weergegeven moeten worden om op de gestelde vraag een antwoord te geven.

Een voorbeeld, wanneer je op zoek bent naar de kortste weg van Rotterdam naar Rome gebruik je ook geen stafkaart maar een overzichtelijke kaart met alleen de hoofdwegen. Wil je echter in Rome een stadswandeling maken dan zul je een gedetailleerde kaart van de stad gebruiken. Op deze manier zal er ook met de ecotopen van het ecotopenstelsel omgegaan moeten worden. Dit zou de inzichtelijkheid en dus de bruikbaarheid van het stelsel voor beheer en beleid zou moeten verhogen. In feite is een dergelijk validatie dus meer een kalibratie die het ZES verder ontwikkelt.

5 Synthese

5.1 Bruikbaarheid van geleverde kennis

5.1.1 VEO

Het VEO heeft niet heel veel direct bruikbare kennis opgeleverd. Er zijn vooral een aantal interessante punten naar boven gekomen waar nader naar gekeken moet worden. De significante correlaties die er gevonden zijn, zijn in de meeste gevallen niet erg sterk en voor een aantal relaties ontbreekt een goede verklaring voor de mechanismen die aan de relaties ten grondslag liggen. Dit lijkt voor een belangrijk deel het gevolg te zijn van de weinig gerichte zoekmethode die is gehanteerd. Als voorbeeld: één van de significante relaties die werd gevonden was een positieve correlatie tussen gemiddelde diepte en microfytobenthosproductie. Het is niet eenvoudig om een simpele verklaring te vinden waarom een dieper estuarium meer benthische productie zou opleveren. Het blijft gevaarlijk om directe causale verbanden te zien tussen correlerende factoren. Achteraf kan gesteld worden dat er eigenlijk specifiek gezocht had moeten worden op bekende causale verbanden (of hypothetische causale verbanden), in plaats van een random zoektocht naar correlaties. Dit is in elk geval een inzicht dat deze studie heeft opgeleverd. In een eventuele vervolgstudie zal daar in de opdrachtverlening al rekening mee moeten worden gehouden.

Indien de verzamelde hoeveelheid data binnen relatief korte termijn kan worden aangevuld met voldoende relevante data en er beter gebruik kan worden gemaakt van kennis in de literatuur van onderliggende verbanden, dan zijn er mogelijk wel bruikbare gegevens af te leiden uit dit type vergelijkend onderzoek. Er zal echter aan een aantal voorwaarden moeten worden voldaan:

- Het zoeken naar relaties moet hypothese gestuurd zijn
- De belangrijkste parameter die limiterend is voor de Schelde is lichtklimaat. Dit wordt door meerdere factoren beïnvloed, zoals diepte, extinctie coëfficiënt en zwevend stof gehalte. Deze factoren zullen dan ook in de datasets van de verschillende estuaria verzameld moeten worden of ten dele worden afgeleid uit licht profielen in de waterkolom.

5.1.2 Evaluatie Robuustheid Ecotopenstelsel

De studie naar de robuustheid van de parameters van het ecotopenstelsel heeft duidelijk naar voren gebracht dat de parameters bodemhoogte, droogvalduur en zoutgehalte met een voldoende nauwkeurigheid worden bepaald voor het gebruik in het ecotopenstelsel.

De sedimentsamenstelling wordt wel voldoende nauwkeurig bepaald in de monsterpunten, maar een interpolatie naar een gebiedsdekkend beeld levert zeer snel een te grote standaard fout op. Dit heeft tot gevolg dat de kaarten niet voldoende nauwkeurig zijn voor ecologische doeleinden.

Een belangrijk punt dat vaak wordt vergeten is dat de grens voor slibrijke en zandige gebieden voor de uiteindelijke ecotopenkaart gemaakt wordt met behulp van de geomorfologische kaart (luchtfoto) en dus niet met behulp van de bodemonsters.

Een combinatie van monsters en remote-sensing technieken zou een mogelijkheid zijn om het gebiedsdekkende beeld van de sedimentsamenstelling te verbeteren.

De stroomsnelheid bepaald uit modellen is in de ondiepe delen en op de platen nog niet voldoende nauwkeurig. Foto impressies worden gebruikt om het (dynamiek)beeld op de platen aan te vullen maar ook deze techniek geeft nog veel onduidelijkheid.

Metingen alleen kunnen geen gebiedsdekkend beeld leveren dus modellen zijn altijd nodig. Het verbeteren van de modellen in de ondiepe gebieden op basis van aanvullende metingen verdient de voorkeur.

5.1.3 Validatie Ecotopenstelsel (ZES.1)

De studie geeft een inventarisatie van mogelijke validatie technieken voor het ecotopenstelsel. Het voorstel is om de validatie van het ecotopenstelsel aan de hand van de CCA methode samen met de een optimalisatie-algoritme in een toetsingscyclus uit te voeren.

Voordat een volledige validatie van het ZES.1 kwantitatief kan worden uitgevoerd, dient geld en moeite geïnvesteerd te worden in het verzamelen van data van monitoringsprogramma's, vergelijkbaar voor verschillende estuaria. Deze data dient vervolgens gekoppeld te worden aan abiotische gegevens, die zijn gemeten in het veld of zijn verkregen op basis van modellen.

Het zou handig zijn om het ZES.1 te valideren op basis van benthosdata uit de Westerschelde en de Oosterschelde en vervolgens de op basis van deze validaties gedane aanpassingen nogmaals te toetsen aan de hand van benthosdata uit de Waddenzee. Er dient dan te worden uitgezocht of voor alle drie deze systemen bruikbare en vergelijkbare data verkrijgbaar is. Pas als deze stap is gezet zullen ook aanpassingen aan het ZES.1 kunnen worden getoetst.

Validatie van het ZES.1 kan ook slechts voor de Westerschelde plaats vinden. Er wordt dan antwoord gegeven op de vragen of het stelsel überhaupt goed te valideren is met de beschikbare gegeven, of het stelsel valide is voor de Westerschelde en tot op welk detailniveau het stelsel overzichtelijk en toepasbaar is voor verschillende beheersvragen voor de Westerschelde.

5.2 Resterende kennisleemtes

5.2.1 Extra middelen voor data-acquisitie

Met name het VEO heeft een aantal interessante en mogelijk bruikbare relaties opgeleverd, maar vrijwel al deze relaties zijn statistisch vrij zwak, vanwege een gebrek aan datapunten. Het bleek in de tijd die in 2007 voor dit onderzoek beschikbaar was niet mogelijk om meer data binnen te krijgen, maar dat wil niet zeggen dat er niet meer gegevens te vinden zijn. Van de reeds in dit onderzoek opgenomen estuaria komen op dit moment nog steeds gegevens binnen vanwege het feit dat contactpersonen die voor data gecontacteerd waren niet in staat waren alles op tijd op te sturen. Er wordt dus nog een en ander nageleverd dat in een vervolgstudie gebruikt kan worden. Ook zijn er in de afgelopen maanden nog een aantal andere estuaria geïdentificeerd die goed in deze studie zouden passen, zoals de York river, James river, St Croix river, St. John river, Shannon, Dee, Dollard, Tay, Clyde, Whitford, Derwent en de Guadalquivir. Voor deze systemen zijn intussen contacten gelegd met personen die bruikbare data aan kunnen leveren.

Er zijn tijdens het onderzoek een aantal parameters aangewezen waarvoor het in eerste instantie moeilijk bleek om goede data te verkrijgen. Lichtklimaat is daar een voorbeeld van. “Secchidiepte” is in veel studies consistent gemeten is, maar geeft niet het volledige beeld. Daarvoor zijn ook “diepte” en extinctiecoëfficiënt noodzakelijk.

Aanvankelijk was er voor het VEO besloten dat er een analyse uitgevoerd zou worden op basis van functionele groepen. Dit lijkt niet haalbaar te zijn vanwege het feit dat dit onvoldoende consistent gerapporteerd wordt in de verschillende datasets. Voor een vervolgstudie is daarom besloten om terug te vallen op een aanpak gericht op kenmerkende soorten. Dit deel van de studie kan dus alleen uitgevoerd worden op Europese estuaria. De soorten die momenteel worden aangemerkt voor verdere vergelijkende studie zijn: het nonnetje (*Macoma balthica*), de vlokreeft (*Corophium volutator*) en de kokkel (*Cerastoderma edule*).

Voor de validatie van het ZES.1 is vooral de database van het NIOO met bodemdiergegevens gekoppeld aan de abiotische parameters belangrijk. Een belangrijk deel van de abiotische gegevens en een klein deel van de bodemonsters zijn beschikbaar via Rijkswaterstaat. Bij de start van de daadwerkelijke validatie zal de beslissing genomen moeten worden of de gehele database aangekocht moet worden of dat alleen de onbrekende bodemdiermonsters. Hierbij moet rekening gehouden worden dat het NIOO de complete database, dus bodemdieren en abiotische parameters, grondig heeft opgeruimd en dat dit bij de ‘ruwe’ gegevens van Rijkswaterstaat mogelijk niet het geval zal zijn.

6 Planning 2008

6.1 Monitoring

Er zijn momenteel geen plannen om een grootschalige monitoringscampagne op te zetten ter ondersteuning van het habitatvoorspelinstrumentarium. Er zal vooral worden aangehaakt bij activiteiten die reeds lopen. Zoals de studie naar de inzetbaarheid van remote-sensing voor monitoring van intertidaal slibgehalte en chlorofyl voor MONEOS.

Binnen DELTAKENNIS wordt een meetcampagne opgezet ter verbetering van de stroomsnelheidsmodellering. Hiervan zullen wij op de hoogte worden gehouden en indien nodig zal er vanuit LTV O&M feedback op de planning gegeven worden.

Tevens wordt overleg gevoerd met de uitvoerders van MONEOS, het RWS project waar de reguliere monitoractiviteiten worden uitgevoerd.

6.2 Verder onderzoek

6.2.1 VEO

Het VEO zal in 2008 worden voortgezet. Er zal getracht worden met meer data de conclusies uit de univariate analyses beter te onderbouwen. Tevens zal getracht worden met multivariate technieken de onderlinge relaties tussen de verschillende parameters beter in kaart te brengen

6.2.2 Habitatvoorspelinstrumentarium

Voor 2008 wordt de ontwikkeling van het habitatvoorspelinstrumentarium voortgezet. DG-Water is verantwoordelijk voor het op orde krijgen en houden van een duurzaam watersysteem tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten. Daarbij is het de bedoeling om vitale functies in het landelijk en stedelijke gebied zoals veiligheid, economie, wonen, landbouw, recreatie en natuur te waarborgen.

Op basis van de resultaten uit beide studies is gebleken dat er gekeken moet worden naar specifieke toepassing van het stelsel voor verschillende gebieden zonder het generieke karakter van het stelsel aan te tasten.

De validatie van het stelsel op basis van gegevens uit de Westerschelde moet aangeven of er aanwijzingen zijn dat het stelsel aangepast zou moeten worden. Hierbij mag niet uit het oog verloren worden dat de grenswaarden gebiedspecifiek kunnen zijn. Daarnaast kan ook het detailniveau van het stelsel verschillen per gebied, hierin speelt de gestelde vraag ook een belangrijke rol. Een beheersvraag welke opgelost wordt aan de hand van het ecotopenstelsel over bodemdieren vraagt een ander detailniveau dan een vraag over steltlopers of schorren.

Niet alle ecotopen hoeven dus te allen tijde afgebeeld te worden. Dit kan afhangen van de vraag en/of het gebied.

In hoeverre deze zaken spelen voor de Westerschelde moet duidelijk worden uit de validatie. Mogelijke aanpassingen waar naar gekeken kan worden zijn het wel of niet meenemen van de grenzen binnen het sublitoraal en de parameter sedimentsamenstelling.

Ook is naar voren gekomen dat er mogelijkheden zijn voor nieuwe technieken voor het maken van een gebiedsdekkend beeld van de sedimentsamenstelling en verbetering van de parameter dynamiek. Hiervoor wordt op dit moment voornamelijk aangehaakt bij andere studies.

De validatie van het ecotopenstelsel zelf zal verder uitgewerkt worden met gegevens uit de Westerschelde. Op basis van een grondige analyse van bestaande en nieuwe meetdata zullen het huidige ecotopenstelsel en bijbehorende ecotopenkaarten van het Schelde-estuarium worden verbeterd.

7 Literatuur

- Baggelaar P.K., van der Meulen C.J., van Eck B. & Twisk F. 2006, *Statistische validatie ecotopenkaarten Westerschelde*, AMO-ICASTAT
- Bouma, H., de Jong, D., Twisk, F., & Wolfstein, K. 2005, *Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren*, RWS RIKZ, Middelburg, RIKZ 2005.024.
- Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T., Herman, P., 2007. *The Benthic Ecosystem Quality index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch Coastal and Transitional Waters for the Water Framework Directive*. NIOO rapport 2007-02
- Kater, B. & Rutjes, C. 2007, *Comparative Estuary Study 2007: Microphytobenthos and Macrobenthos*, Alkyon, Markenesse, A1910R2.
- Ysebaert, T., Meire, P. 1999, *Macrobenthos of the Schelde estuary: predicting macrobenthic species responses in the estuarine environment. A statistical analysis of the Schelde estuary macrobenthos within the ECOFLAT project*, Report Insitute of Nature Conservation IN 99/19, Brussel, Belgium.
- Ysebaert, T., Meire, P., Herman, P.M.J., Verbeek, H. 2002, *Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression*, Marine Ecology Progress Series 225:79-95
- Van der Wal, D. Herman, P.M.J. 2007, *Regression-bases synergy of optical, shorwave infrared and microwave remote sensing fo monitoring the grain-size of intertidal sediments*, Remote Sensing of environment (in press, online beschikbaar)
- Van WesenBeeck, B. 2007, *Verkenning naar validatiemethoden voor het Zoute wateren Ecotopen Stelsel (ZES.1) in de Westerschelde*, WL|Delft hydraulics, Delft, Z4383.
- Wijsman, J.W.M. 2003, *Verkennde studie voor de validatie van het Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES) aan de hand van bodemdiergegevens*, WL|Delft hydraulics, Delft, Z3670
- Wijnhoven S., van Hoey G., Sistermans W. & Escarvage V. 2006, *Validatie Ecotopenstelsels Westerschelde*. KNAW-NIOO, Yerseke.
- Wijnhoven, S., Herman, P. M. J., Ysebaert, T., & van der Wal, D. 2007, *Robustness parameters habitat assessment tools. Study as a part of LTV Research & Monitoring "Natural developement" for the Schelde Estuary*, NIOO/KNAW CEME, Yerseke, Monitoring Taskforce Publication Series 2007-11.