

Fysische en ecologische kennis en modellen voor de Westerschelde

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Fysische en ecologische kennis en modellen voor de Westerschelde

Wat is beleidsmatig nodig en wat is beschikbaar voor de m.e.r. Verruiming Vaargeul?

Rapport RIKZ/2005.018

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Rijkswaterstaat

Processen

Ecotopen

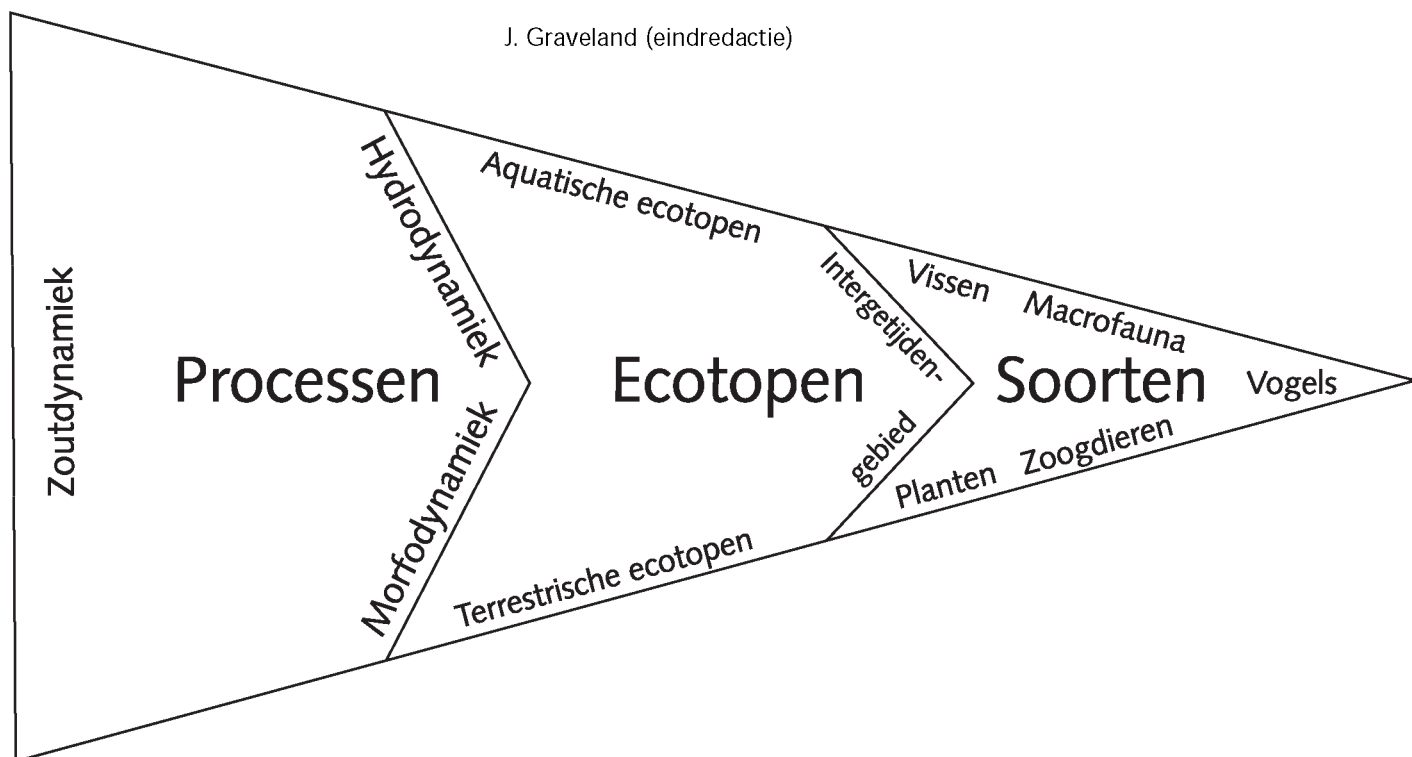
Soorten



Fysische en ecologische kennis en modellen voor de Westerschelde

Wat is beleidsmatig nodig en wat is beschikbaar voor de m.e.r. Verruiming Vaargeul?

J. Graveland (eindredactie)



Rapportnummer RIKZ/2005.018

ISBN 90-369-3429-X

Juni 2005

Colofon

Uitgegeven door:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

In opdracht van:

Rijkswaterstaat, Zeeland, projectleider H. Verbeek

Aanbevolen citatie:

Graveland, J., 2005,

Fysische en ecologische kennis en modellen voor de Westerschelde:

wat is beleidsmatig nodig en wat is beschikbaar voor de m.e.r. Verruiming Vaargeul?

Rapport RIKZ/2005.018, ISBN 90-369-3429-X

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Informatie:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Adres: Grenadierweg 31, 4338 PG Middelburg

Postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Tel.0118-672200, fax 0118-651046

Uitgevoerd door:

G.T.M. van Eck, J. Graveland, B.J. Kater, G.J. Liek en D.C. van Maldegem

Met medewerking van:

C. Berrevoets, Z. Jager, D.J. de Jong, P.L. Meininger, F. Twisk,

I. de Vries, K. Wolfstein en L. Withagen

Bijdragen externe deskundigen:

P. Herman, M. Klaassen (Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek),

C. Jeuken, M. de Vries, Zheng Wang, J. Wijsman (WL|Delft Hydraulics),

Y. Meersschaut, Y. Plancke (Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout),

K. van Westenbrugge (RWS Zeeland),

J. Craeymeersch (Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek),

J. Maes (Katholieke Universiteit Leuven)

Figuren en illustraties:

B. J. Kater, D.C. van Maldegem, J. van den Broeke

Grafische realisatie:

Binnenwerk: L'nO drukkerij/uitgeverij, Zierikzee

Disclaimer:

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee van Rijkswaterstaat (RWS-RIKZ), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Trefwoorden:

Westerschelde, verruiming, verdieping, baggeren, storten, systeemkennis, ecologie, morfologie, fysica, Vogelrichtlijn, Habitatrichtlijn, Kaderrichtlijn Water, LTV, Ontwikkelingsschets 2010, OS2010, ProSes, ProSes2010



Opdrachtgever / contactpersoon | RWS Zeeland | Drs H. Verbeek

Titel	Fysische en ecologische kennis en modellen voor de Westerschelde: wat is beleidsmatig nodig en wat is beschikbaar voor de m.e.r. Verruiming Vaargeul?
Rapportnummer	RIKZ/2005.018 /ISBN 90-369-3429-X

Samenvatting	Nederland en Vlaanderen hebben het strategische besluit genomen om de vaargeul naar Antwerpen te verruimen zodat schepen met een diepgang van 13.1 m de haven getij-ongebonden kunnen bereiken. Voordat daarmee begonnen kan worden moeten diverse procedures doorlopen worden. Een ervan is een m.e.r. waarin de milieu-effecten van de beoogde verruiming staan beschreven. Dit rapport concludeert dat voor die effecten de Kaderrichtlijn Water, de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Lange Termijnvisie 2030 de belangrijkste toetsingskaders vormen. Er wordt beschreven welke relevante toetsingscriteria deze kaders bevatten en welke systeemkennis is vereist om eventuele effecten van een verruiming op die toetsingscriteria te kunnen bepalen. Vervolgens geeft het rapport een overzicht van beschikbare kennis en voorspellingsmodellen. De nadruk ligt op de Westerschelde, maar de meeste criteria en modellen zijn ook relevant voor de Zeeschelde. De methode om via een keten van fysische en ecologische modellen tot voorspellingen te komen is tot nu toe het meest gebruikt en wordt uitgebreid besproken. De methode kent tekortkomingen, vanwege een beperkt systeemzicht en niet altijd aansluitende fysische en ecologische modellen. Er worden aanbevelingen gedaan ter verbetering. Een belangrijke aanbeveling is om naast verbetering van de modellen ook gebruik te maken van andere methodieken, zoals aanvullende data-analyses voor verbetering van het systeemzicht. Dit betreft zowel data uit het Schelde-estuarium als een vergelijking met andere estuaria. Daarnaast wordt aanbevolen de methode van het gebruik van <i>expert opinion</i> te verbeteren. Het rapport beveelt aan in te zetten op een combinatie van voorspellingsmethoden en doet aanbevelingen voor verbeteringen die binnen één jaar te realiseren zijn.
--------------	---

Versie	Eigenaar (= 1 ^{ste} auteur)	Datum	Opmerking	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	RWS/RIKZ J. Graveland	April 2005	Concept	G.T.M. van Eck	B. Dauwe
1	RWS/RIKZ J. Graveland	Juni 2005	Definitief	W. Groenewoud b.a.	H. van Pagee
Project ID	PROSES				
Vertrouwelijk	☐ JA, int (datum)	☒ NEE			
Status	☐ Startversie	☐ Concept	☒ Definitief		

Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Managementsamenvatting	8
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Hoofdpunten uit de vraag van ProSes2010	9
1.3 Algemene aanpak en afbakening	10
1.4 Opbouw van het rapport	11
1.5 Relevante beleidskaders	12
1.6 Relatie KRW, LTV2030 en VHR	12
1.7 Literatuur	13
2 Toetsingsvariabelen vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW)	14
2.1 Algemeen	14
2.2 Biologische kwaliteitselementen	15
2.2.1 Fytoplankton	15
2.2.2 Macrofyten (algen en zaadplanten)	16
2.2.3 Macrofauna (bodemdieren)	16
2.2.4 Vissen	17
2.3 Literatuur	18
3 Toetsingsvariabelen vanuit de LTV2030 - behoud fysisch systeem	19
3.1 Algemeen	19
3.2 Open en natuurlijk mondingsgebied	19
3.3 Het meergeulensysteem	20
3.4 Grote diversiteit aan schorren, slikken en platen	22
3.5 Literatuur	24
4 Toetsingsvariabelen vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR)	25
4.1 Algemeen	25
4.2 Habitats en soorten uit de aanmelding of aanwijzing	27
4.2.1 Habitatrichtlijn	27
4.2.2 Vogelrichtlijn	28
4.3 Habitats	29
4.3.1 Estuarium (1130)	29
4.3.2 Schorren (1310, 1320, 1330)	30
4.4 Soorten, benodigde kennis	30
4.5 Mogelijke effecten van de verruiming op habitats en soorten	31
4.5.1 Foerageerhabitat	31
4.5.2 Voortplantings- cq broedhabitat	32
4.5.3 Voedselaanbod	33
4.5.4 Ecotoxicologische kwaliteit	33
4.5.5 Menselijk handelen	34
4.6 Literatuur	34
5 Voorspellingsmethoden voor de effecten van de verruiming	35
5.1 Gebruik van monitoringresultaten	35
5.2 Gebruik van expert opinion	35
5.3 Vergelijking met andere estuaria	35
5.4 Ontwikkeling van eenvoudige, robuustere (model)concepten	36
5.5 Gebruik van een keten van modellen	36
5.6 Literatuur	37

6 Beschikbare fysische en ecologische systeemkennis	38
6.1 Waterbeweging	38
6.2 Morfologie	39
6.2.1 Kortsluitgeulen	39
6.2.2 Zandbalans Westerschelde en monding	40
6.2.3 Effectbepaling van ingrepen	41
6.3 Slib	42
6.4 Ecologie	43
6.4.1 Ecologisch belangrijke habitats	43
6.4.2 Definities van dynamiek	44
6.4.3 Relatie tussen dynamiek en ecologisch belangrijke habitats	44
6.5 Literatuur	46
7 Beschikbare modellen ketenbenadering	50
7.1 Inleiding	50
7.2 Principe van de modelketenbenadering	50
7.3 Hydrodynamische modellen	50
7.4 Morfologische modellen	52
7.4.1 ESTMORF	53
7.4.2 SOBEK en MIKE11	54
7.4.3 DELFT3D	55
7.4.4 Het slibmodel van LTV O&M	58
7.4.5 Het Cellenconcept Westerschelde	59
7.5 Karakteristieken van de fysische modellen in relatie tot ecologie	61
7.6 Ecologische modellen	64
7.6.1 Modellen voor dichtheden van steltlopers	65
7.6.2 Modellen voor dichtheden en kans op voorkomen van bodemdieren	66
7.7 Andere modellen	67
7.8 Literatuur	68
8 Vergelijking informatiebehoefte en -beschikbaarheid	71
8.1 VHR-soorten	73
8.2 Prooidieren (bodemdieren) voor VHR-soorten	73
8.3 Hydrodynamica en morfologie voor LTV, VHR en KRW	75
8.4 Biologische kwaliteitselementen uit de KRW	76
9 Kennisleemtes en onzekerheden	77
9.1 Beperkingen bij effectvoorspelling	77
9.1.1 Gebrek aan kennis	77
9.1.2 Bruikbaarheid van monitoringgegevens	78
9.1.3 Omzetting van kennis in modellen	78
9.1.4 Technische beperkingen	78
9.2 Het mondingsgebied	80
9.3 Kennisleemtes fysica	80
9.4 Kennisleemtes ecologie	81
10 Aanbevelingen	83
10.1 Algemeen	83
10.2 Modelketenbenadering in relatie tot andere voorspellingsmethoden	84
10.3 Specifieke aanbevelingen voor fysica en ecologie	85
Verklarende woordenlijst	87
Bijlage 1	88

Voorwoord

In het kader van de uitvoering van de besluiten uit de "Ontwikkelingschets 2010 Schelde-estuarium" voert Rijkswaterstaat Zeeland samen met de afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse administratie Waterwegen en Zeewezen het project Verruiming Vaargeul uit. Dit project omvat onder andere het milieueffectenonderzoek, het sociaal-economisch onderzoek en het nautisch-technisch onderzoek. Maar ook de juridisch bindende besluiten hierover in de vorm van een Tracébesluit (voor Nederland) en de vergunningverlening (voor Vlaanderen en Nederland).

In de voorafgaande fase is een strategisch milieueffectenrapport (SMER) opgesteld over de verschillende onderdelen van de Ontwikkelingschets. Hierin is ook de Verruiming van de Vaargeul tot 13,10 m getij-onafhankelijke vaart onderzocht. Het toetsingsadvies over dit strategische milieueffectenrapport geeft aan dat er verschillende leemten in kennis zijn, die mogelijk op te vullen zijn. Binnen de projecten ZEEKENNIS (van het RIKZ in opdracht van RWS Zeeland) en LTV O&M worden al enkele verbeteringsvoorstellen uitgewerkt en medio 2005 worden de laatste verbeteringen opgeleverd.

Aan het RIKZ is gevraagd om onafhankelijk van de uitvoering van de komende onderzoeken aan te geven wat de stand van zaken is betreffende de beschikbaarheid en kwaliteit van de (systeem)kennis van hydrodynamica, (geo)morfologie en estuariene ecologie. De inzet van de modellen op dit terrein gericht op het Schelde-estuarium moet zodanig zijn dat er besluitvorming over kan plaatsvinden in 2006 en 2007. Het rapport is voorgelegd aan een groep externe deskundigen voor aanvullingen en commentaar. Dit rapport kan als ijkpunt gezien worden voor de wetenschappelijke kennis en de beschikbaarheid van voorspellingsmodellen voor het Schelde-estuarium.

Harm Verbeek
Projectleider Verruiming Vaargeul, Rijkswaterstaat Zeeland

Managementsamenvatting

Nederland en Vlaanderen hebben het strategische besluit genomen om de vaargeul naar Antwerpen te verruimen zodat schepen met een diepgang van 13.1 m de haven getij-ongebonden kunnen bereiken. Voordat daarmee begonnen kan worden moeten diverse procedures doorlopen worden. Een ervan is een m.e.r. waarin de milieu-effecten van de beoogde verruiming staan beschreven. Dit rapport concludeert dat voor die effecten de Kaderrichtlijn Water, de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Lange Termijnvisie 2030 de belangrijkste toetsingskaders vormen.

Er wordt beschreven welke relevante toetsingscriteria deze kaders bevatten en welke systeemkennis is vereist om eventuele effecten van een verruiming op die toetsingscriteria te kunnen bepalen. Vervolgens geeft het rapport een overzicht van beschikbare kennis en voorspellingsmodellen. De nadruk ligt op de Westerschelde, maar de meeste criteria en modellen zijn ook relevant voor de Zeeschelde.

De methode om via een keten van fysische en ecologische modellen tot voorspellingen te komen is tot nu toe het meest gebruikt en wordt het uitgebreid besproken. De methode is goed bruikbaar maar kent soms forse tekortkomingen, vanwege een beperkt systeeminzicht en niet altijd aansluitende fysische en ecologische modellen. Er worden aanbevelingen gedaan ter verbetering. Een belangrijke aanbeveling is om naast verbetering van de modellen ook gebruik te maken van andere methodieken, zoals aanvullende data-analyses voor verbetering van het systeeminzicht. Dit betreft zowel data uit het Schelde-estuarium als een vergelijking met andere estuaria. Daarnaast wordt aanbevolen de methode van het gebruik van *expert opinion* te verbeteren.

Het rapport beveelt aan in te zetten op een combinatie van voorspellingsmethoden en doet aanbevelingen voor verbeteringen die binnen één jaar te realiseren zijn.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De besluitvorming over de projecten in de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (OS2010) is in zijn finale fase [Ref. OS2010]¹. Anticiperend op de besluitvorming is inmiddels begonnen met de voorbereiding van de uitvoerings- c.q. planfase van de projecten van de OS2010. Eén van de projecten is een verdere verruiming van de vaargeul naar Antwerpen in éénmaal tot 13.10 m getij-onafhankelijke vaart. Hiervoor dient zowel in Nederland als in Vlaanderen een m.e.r.-procedure doorlopen te worden.

Een verkenning van de effecten van een verruiming van de vaargeul naar Antwerpen heeft al eerder plaatsgevonden in het SMER [Ref. SMER]. Een conclusie was dat een verdieping en verruiming van de vaarweg naar Antwerpen tot 13.10 m getij-ongebonden mogelijk is. Om in 2006/2007 tot besluitvorming te kunnen komen die voldoet aan de Nederlandse en Europese eisen zal in het MER optimale inzet van de (systeem)kennis en de van daaruit afgeleide modellen van hydrodynamica, (geo)morfologie en estuariene ecologie nodig zijn. Op 15 november 2004 heeft ProSes2010 daarom aan RIKZ gevraagd een adviesrapport over de beschikbare inzet van systeemkennis en modellen te maken voor het berekenen van de effecten van de verruiming op het fysische en ecologische systeem van de Westerschelde. Onderhavig rapport is het resultaat daarvan.

1.2 Hoofdpunten uit de vraag van ProSes2010

Uit de vraag van PROSES2010 komen als hoofdpunten naar voren:

- Definiëring van geomorfologische en ecologische doelvariabelen
- Een inventarisatie van kennis en modellen voor toetsing van een mogelijk effect van verdieping op die variabelen
- Voor de m.e.r. zijn voorspellingen nodig voor de middellange termijn
- Hoe voorspellingen verbeterd kunnen worden
- Hoe omgaan met tekortkomingen/onzekerheden gegeven het feit dat tekortkomingen in de voorspellingen aanwezig zullen blijven

Een belangrijke *bottle neck* in de voorspellingen is vanouds de gebrekkige aansluiting tussen de fysische en ecologische kennis en modellen. Zo bestaat bij fysici onduidelijkheid over wat vanuit het natuurbeleid gezien belangrijke habitats zijn. Verder is er verwarring over het belang van "dynamiek" voor deze gebieden. Daarom werd tevens gevraagd aan te geven welke habitattypen belangrijk zijn en welke rol fysische dynamiek speelt bij het instandhouden van deze habitattypen.

Met doelvariabelen worden bedoeld op de voor het systeem en het beleid relevante "toetsingsvariabelen": op welke effecten moet er precies worden getoetst?

¹ Zie voor de literatuur § 1.7 in dit hoofdstuk.

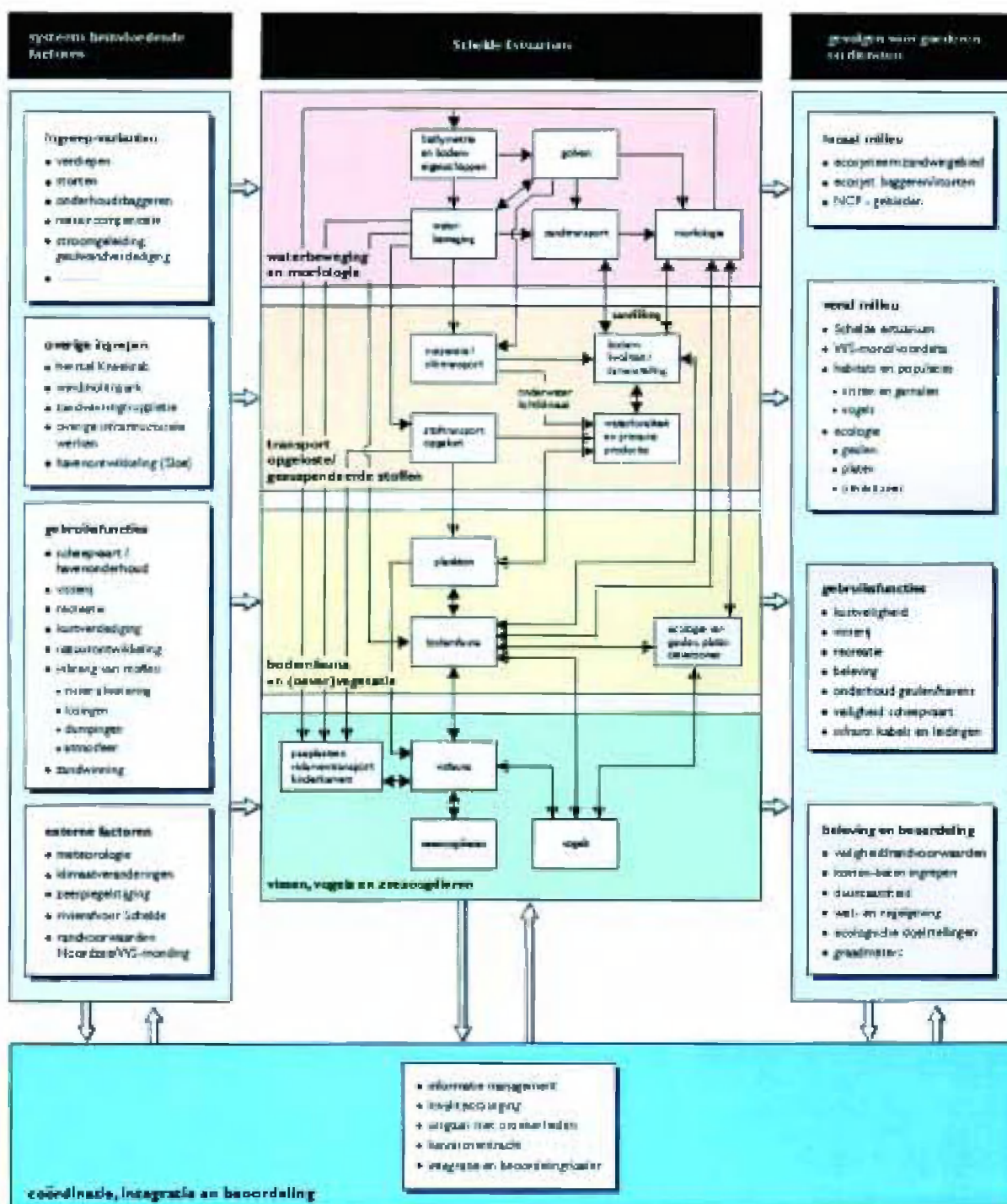
1.3 Algemene aanpak en afbakening

De basis van de aangedragen methodiek is de kennisketen zoals weergegeven in figuur 1. De rode draad in het onderhavige advies is de (systeem)kennis en modellen met hun onzekerheden die er zijn om de effecten van de (diverse alternatieven voor de uitvoering van de komende) verruiming m.b.t. fysica, morfologie en ecologie van de Westerschelde te bepalen en welke mogelijkheden er op korte termijn eventueel nog zijn om hierin verbeteringen aan te brengen.

De inventarisatie beperkt zich tot de effecten van de vaargeulverruiming op het fysisch en ecologisch systeem. Aspecten als alternatieven, cumulatieve effecten, specifieke effecten van baggeren/storten,

Figuur 1

Integrale systeemsets en kennisketen voor het Schelde-estuarium, zoals toegepast in het RWS RIKZ-project Zeekennis. Ontleend aan WL rapport Z2891: rapportage voorstudie integrale modellen Delta Geomod, M. de Vries, J. Wijsman, T. Minns & G. Engelen.



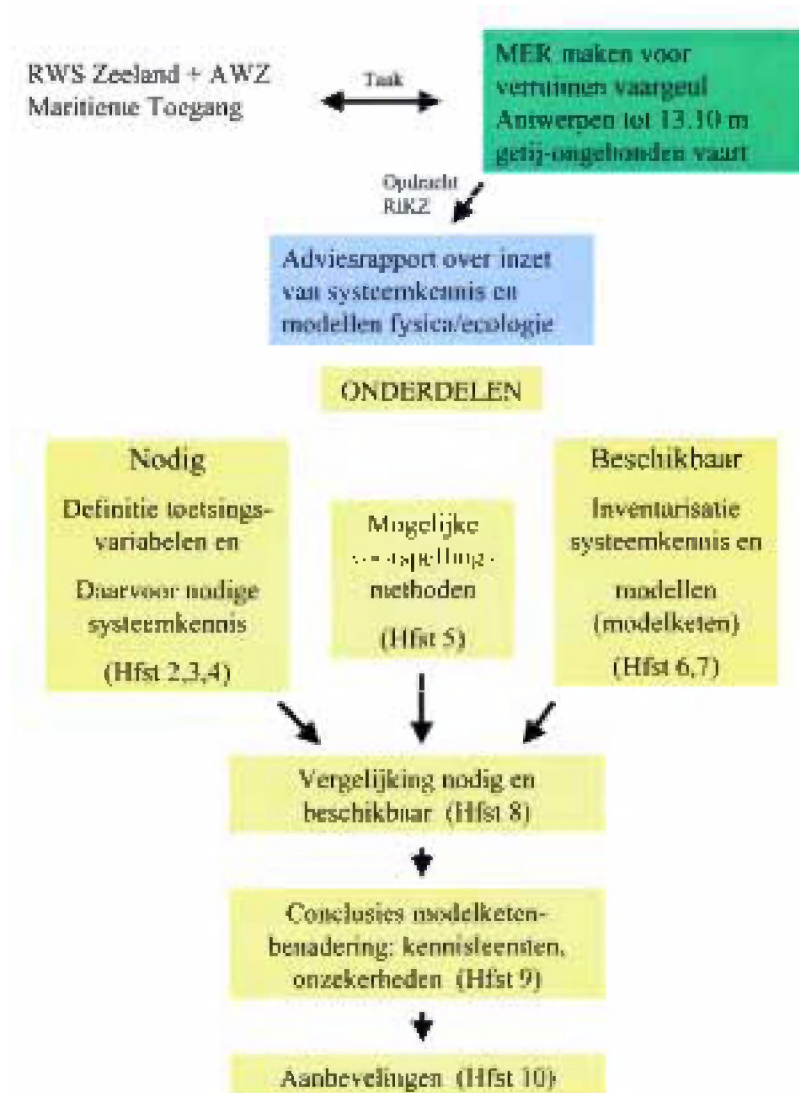
autonome ontwikkeling, archeologie, optimalisatie beoordelingskader, beoordeling alternatieven komen verder niet of nauwelijks aan de orde.

De nadruk ligt op kennis en modellen die zijn ontwikkeld voor de Westerschelde. De meeste informatie is echter ook relevant voor de Zeeschelde. Het mondingsgebied komt slechts kort ter sprake omdat er weinig informatie over beschikbaar is. Er zal onderzoek plaatsvinden naar de mogelijkheid om baggerspecie in de monding te storten. De Vlake van de Raan wordt aangemeld als Natura2000-gebied. Het is noodzakelijk de daarvoor relevante ecologische en fysische informatie alsnog op een rij te zetten, zoals nu voor de Westerschelde is gebeurd.

1.4 Opbouw van het rapport

Het rapport begint bij de vraagkant (hoofdstukken 2-4, figuur 2): welke beleidskaders zijn het meest relevant voor de toetsing van effecten, en welke toetsingsvariabelen zijn uit die beleidskaders af te leiden? Anders geformuleerd: waarop wordt het beleid precies afgerekend? Vervolgens wordt nagegaan van welke factoren en processen in het systeem kennis nodig is om te kunnen voorspellen.

Figuur 2
Schematische weergave van de opbouw van het rapport.



Na deze inventarisatie van de "vraagkant" gaat het rapport in op de aanbodkant: wat is aan kennis en modellen beschikbaar voor effectvoorspelling? Hoofdstuk 5 bevat vijf mogelijke voorspellingsmethoden. In de hoofdstukken 6 en 7 wordt een van deze methoden, de modelketenbenadering, nader uitgewerkt. Hoofdstuk 6 behandelt de beschikbare fysische en ecologische systeemkennis en hoofdstuk 7 de hydrodynamische, morfologische en ecologische modellen. Onzekerheden en kennisleemten worden aangegeven. Hoofdstuk 8 koppelt de vraag- en aanbodkant. Het hoofdstuk bevat een samenvattend overzicht van de toetsingsvariabelen. Daarbij wordt ook de overlap getoond in toetsingsvariabelen tussen de verschillende beleidskaders (*redundancy*). Dat is van belang omdat identificatie van die overlap gebruikt kan worden om het aantal toetsingsvariabelen te beperken (zie § 1.6). Voor elk van de toetsingsvariabelen wordt aangegeven welke kennis en modellen voor voorspelling beschikbaar zijn. Hoofdstuk 9 zet de kennisleemtes en onzekerheden op een rij die resulteren uit de confrontatie van vraag- en aanbodkant. Hoofdstuk 10 bevat aanbevelingen voor vermindering van die kennisleemtes en onzekerheden, die binnen een jaar realiseerbaar lijken. Het advies is een levend document omdat zowel de KRW en VHR nog volop in ontwikkeling zijn. Het geeft de stand van zaken weer op 1 april 2005. Naar verwachting zal bij de start van het MER een update nodig zijn.

Schematisch is de vraagstelling weergegeven in figuur 2, waarbij verwezen wordt naar de betreffende hoofdstukken van het rapport. De literatuur staat vermeld aan het eind van ieder hoofdstuk.

1.5 Relevante beleidskaders

In het kader van dit advies achten we met name de Lange Termijn Visie 2030 (LTV2030), de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) en de Kader-richtlijn Water (KRW) relevant. In Nederland is daarnaast de nieuwe Natuurbeschermingswet (NB) sterk relevant aangezien deze de Nederlandse implementatie is van de richtlijnen. De LTV is relevant omdat Nederland en Vlaanderen het als basis beschouwen voor het gemeenschappelijke beleid voor het estuarium en aanleiding was voor de Ontwikkelingschets 2010. De VHR en KRW zijn relevant omdat ze juridisch bindende bepalingen bevatten over doelstellingen voor het natuurlijk systeem en de wijze waarop voorgenomen ingrepen of effecten dienen te worden getoetst.

1.6 Relatie KRW, LTV2030 en VHR

Een vraag die "natuurlijk" opkomt is de relatie tussen deze beleidskaders. Een voorbeeld zijn de bodemdieren. Ze vormen een ecologische kwaliteitselement in de KRW maar ze komen ook terug als belangrijke prooidieren voor de vogelrichtlijnsoorten. Het kan dus zijn dat ook vanuit de VHR een maatlat en doel voor bodemdieren noodzakelijk zijn (voor de KRW is dat al duidelijk, voor de VHR nog niet). Vragen zijn dan of de maatlaten (de doelvariabelen dus) en doelen voor de KRW en VHR dezelfde kunnen zijn. Dit advies heeft alleen betrekking op welke doelvariabelen gemeten moeten worden, niet op de precieze doelstelling (dus de waarde die de doelvariabele maximaal of minimaal moet aannemen). Wat betreft die doelvariabelen:

juist gedurende de looptijd van de m.e.r. zullen de doelvariabelen voor KRW en VHR worden vastgesteld.

Het is dus zaak om de ontwikkelingen op de voet te blijven volgen. Op dit moment is die afstemming nog niet in orde².

Vanuit de doelstelling van KRW, vooral verwoord in de terminologie als goed ecologisch potentieel³ voor een sterk veranderd overgangswater als de Westerschelde, wordt in dit rapport voorlopig uitgegaan van de veronderstelling dat de KRW de basiscondities voor het watersysteem Westerschelde vastlegt, in ieder geval voor de waterkwaliteit. Het ambitieniveau voor het fysische systeem ligt momenteel het duidelijkst verankerd in de streefbeelden voor de LTV2030, maar is ook daar nog globaal omschreven. Hoofdstuk 3 doet een voorstel voor een concrete invulling, gebaseerd op het werk voor het SMER. De waterkwaliteit (KRW) en het "behoud fysisch systeem" (LTV2030) vormen de dragers voor de habitats en soorten uit de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn.

Dit rapport is hierna vanuit deze veronderstelling opgebouwd: achtereenvolgens worden de doelvariabelen voor de KRW, LTV2030 en de VHR behandeld.

1.7 Literatuur

- Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (OS2010), Besluiten van de Nederlandse en Vlaamse regering, Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (PROSES), februari 2005.
- Strategisch milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (SMER), Hoofdrapport, Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (PROSES), september 2004.

² Uitgaande van de landelijke voorlopige maatlatten

³ De bij voetnoot bedoelde voorlopige maatlat heeft GEEN BETREKKING op categorie 'sterk veranderde', maar op 'natuurlijke' wateren. Voor 'sterk veranderde' wateren is een andere maatlat ontworpen waarin de relatie met vogels wel wordt verzorgd. Die maatlat is echter nog 'intern RWS'.

2 Toetsingsvariabelen vanuit de Kaderrichtlijn water (KRW)

2.1 Algemeen

De Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000) beoogt onder meer de bescherming en verbetering van aquatische ecosystemen en duurzaam gebruik van water. Hiertoe wordt een kader geboden voor het vaststellen van doelen, monitoren van de kwaliteit en nemen van maatregelen om voor ieder water in 2015 de Goede Ecologische Toestand te bereiken. De Goede Toestand wordt uitgedrukt in de chemische toestand en de ecologische toestand. Om aan de doelstelling voor 2015 te voldoen, moet een waterlichaam aan alle normen van de goede chemische toestand en de ecologische toestand voldoen.

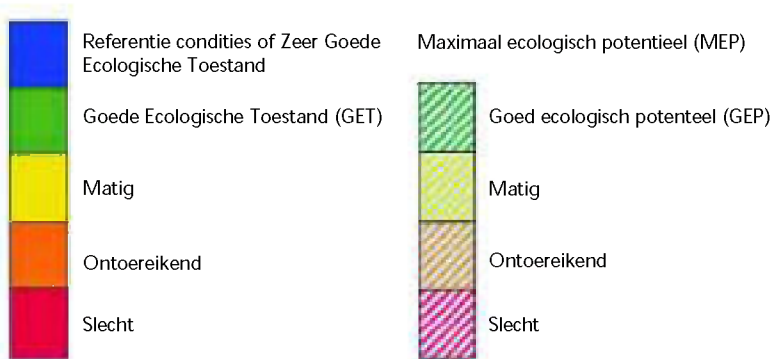
De goede chemische toestand wordt naar verwachting niet of slechts in geringe mate beïnvloed door de verruiming en blijft hier verder buiten beschouwing.

Dat neemt niet weg dat dit in de m.e.r. formeel getoetst moet worden. De hiervoor benodigde maatlatten en bijbehorende doelen komen in de loop van 2005 en 2006 beschikbaar.

De ecologische toestand van een water kan worden ingedeeld in vijf klassen lopend van een zeer goede ecologische (referentie) tot een slechte toestand (figuur 3).

Figuur 3

De vijf klassen van de maatlat van natuurlijke watertypen (links) en de vier Klassen van de maatlat van sterk veranderde en kunstmatige wateren (rechts) met bijbehorende kleurcodering.



Alle oppervlaktewateren worden ingedeeld in waterlichamen als kleinste operationele eenheid. Een waterlichaam is van een bepaald type en een type behoort weer tot een categorie. De categorieën zijn natuurlijke wateren (meren, rivieren, overgangs- en kustwateren) en daarnaast kunstmatige en sterk veranderde wateren (Elbersen *et al.* 2002).

De Westerschelde is ingedeeld als sterk veranderd overgangswater [Ref. Rapport Karakterisering Stroomgebied Schelde, 2004]. Sterk veranderde waterlichamen zijn waterlichamen die door de mens hydromorfologisch zo sterk veranderd zijn dat zij in 2015 niet de Goede Ecologische Toestand van het natuurlijke waterlichaam kunnen halen [Ref. Nijboer, 2003]. Voor de sterk veranderde wateren geldt een aangepaste doelstelling, het Goed Ecologisch Potentieel (GEP), dat rekening houdt met de gevolgen van de hydromorfologische ingrepen voor de ecologische toestand. Het GEP wordt afgeleid van de goede ecologische toestand (GET) van het meest gelijkende natuurlijke watertype. De GEP kent vier klassen (Figuur 3). De grens "Matig – Ontoereikend" is in het

Tabel 1

Biologische-, hydromorfologische- en algemene fysisch-chemische kwaliteitselementen voor de watertypen van de categorieën 'Overgangs- en Kustwateren'.

kader van dit rapport het meest essentieel. N.b. Voor de KRW zelf is de grens "Goed – Matig" het meest essentieel.

De goede ecologische toestand is onderverdeeld in een goede biologische toestand en eisen ten aanzien van hydromorfologie en algemene fysisch-chemische waterkwaliteit (tabel 1). Voor de hydromorfologische kwaliteitselementen en fysisch-chemische parameters zijn, in tegenstelling tot de biologische kwaliteitselementen, alleen een onder- en bovengrens respectievelijk een lage en hoge waarde aangegeven [Ref. STOWA 2004].

Biologisch	Hydromorfologisch	Algemene fysisch-chemisch
Samenstelling en abundantie van fytoplankton	Getijdenregime	Doorzicht
Samenstelling en abundantie van macrofyten en fyto bentos	Morfologie	Thermische omstandigheden
Samenstelling en abundantie van macrofauna		Zuurstofhuishouding
Samenstelling, abundantie van vis (niet voor kustwateren)		Zoutgehalte
		Nutriënten

2.2 Biologische kwaliteitselementen

Voor ieder biologisch kwaliteitselement (fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vissen) is een voorlopige maatlat (veelal met deelmaatlaten) beginnend met de referentiecondities gedefinieerd. Ze werden opgezet met behulp van historische gegevens en modelresultaten (fytoplankton), reconstructie van de historische kustontwikkeling (macrofyten), modelmatige reconstructie (macrofauna), en historische beschrijvingen (vissen).

2.2.1 Fytoplankton

Het uitgangspunt bij het vaststellen van indicatoren voor de KRW zijn de *Ecological Quality Objectives* van OSPAR geweest. In van den Berg *et al.* [Ref. 2004] wordt uitvoerig ingegaan op de argumenten om op een aantal punten van de OSPAR- methodiek af te wijken. De volgende indicatoren zijn uiteindelijk gekozen:

Fytoplankton – biomassa

De biomassa van fytoplankton in de zoute kust- en overgangswateren wordt beoordeeld aan de hand van het zomergemiddelde chlorofyl-a. Voor maximale biomassa's van fytoplankton tijdens voorjaars- en najaarsbloei is geen maatlat ontwikkeld.

Fytoplankton – soortensamenstelling

Van de OSPAR-lijst met indicatorsoorten, waarin *Phaeocystis* naast een aantal voor mens of dier toxische algen voorkomt, is alleen de abundantie van *Phaeocystis* als indicator gebruikt.

Genoemde indicatoren zijn gevoelig voor de volgende pressoren:

- Eutrofiëring (vermesting; verrijking met meststoffen).
 - Vertroebeling (gevolg van werkzaamheden, zoals baggeren en storten, winning van zand, grind en schelpen, aanleg enz.)
- Vertroebeling remt de groei van fytoplankton, maar de door werkzaamheden veroorzaakte vertroebeling is doorgaans slechts lokaal en tijdelijk en verwaarloosbaar ten opzichte van de van nature hoge troebelheid in de Nederlandse kustwateren.

Vertroebeling en nutriënten zijn de meest beperkende factoren voor

fytoplankton. Hydromorfologische veranderingen (bijvoorbeeld verruiming) spelen in mindere mate een rol.

2.2.2 Macrofyten (algen en zaadplanten)

Hieronder worden in overgangswateren macroalgen en angiospermen (zaadplanten) verstaan. Het microfytobenthos (microscopisch kleine bodemalgen) hoeft in overgangswateren niet te worden beoordeeld. Binnen de Westerschelde kunnen globaal de volgende groepen worden onderscheiden: kwelders/schorren, zeegras, wieren op zacht substraat en wieren op hard substraat.

Kwelders/schorren – soortensamenstelling en abundantie

Als indicator voor abundantie is het areaal gekozen en als indicator voor de soortensamenstelling is de mate van evenwichtigheid in voorkomen van de verschillende vegetatietypen, de zones, genomen. Voor de Habitatrichtlijn is een zelfde aanpak voorgesteld, zie § 4.3.

De aanwezigheid is bepaald door een combinatie van hoogteligging slik/wad en hydrodynamiek – en wordt daardoor indirect wel beïnvloed door de verruiming. Een bijzonder aspect van de Westerschelde is nog wel de schorvorming op platen.

Zeegras – abundantie

Als indicator voor abundantie is het areaal van zeegrassen gekozen.

Bij zeegrassen betreft het twee soorten: groot en klein zeegras.

Als indicator voor kwaliteit is gekozen voor het gemiddelde bedekkingspercentage. Zeegras komt in de Westerschelde alleen voor in de Sloehaven, in het schor en op het slik naast Scheldepoort. Het is niet waarschijnlijk dat dit wordt beïnvloed door de verruiming.

Wieren op zacht substraat - abundantie

Als deelmaatlat is alleen de (mogelijke) overlast (wierophopingen) gekozen. Uitgangspunt is dat in een gezond waterlichaam de overlast lokaal wel kan voorkomen, maar niet op grote schaal.

(Groen)wieren komen in de Westerschelde slechts zeer beperkt voor. Zij worden waarschijnlijk door verruiming vooral (negatief) beïnvloed door eventuele vergroting van het areaal hoog-dynamische gebieden.

Wieren op hard substraat – geen indicatoren

Wieren op hard substraat in zoute en brakke getijden wateren komen in Nederland voor op verschillende typen substraat, bijvoorbeeld veen- en kleibanken, steenglooingen, palenrijen van hoofden/kribben en wrakken (hout/ijzer). Daarvan is alleen het substraattype veen- en kleibanken natuurlijk, maar dit is tevens het armst aan begroeiing. Omdat de andere substraten kunstmatig zijn, is deze indicator verder niet uitgewerkt.

2.2.3 Macrofauna (bodemdieren)

Voor de macrofauna zijn de volgende stressoren relevant: eutrofiëring, zoetwatertoevoer/lozingen, nautische werkzaamheden (baggeren, storten, verruiming vaargeul), visserij, aanvoer van exoten en chemische verontreinigingen. Hydromorfologische ingrepen zoals de verruiming zullen effect op dit kwaliteitselement kunnen hebben.

De indicatoren voor de ecologische toestand van de macrofauna van overgangswateren zijn verdeeld in de volgende drie deelmaatlaten.

Biomassa op watersysteemniveau

Deze deelmaatlat omvat de relatieve afstand van de waargenomen macrofaunabiomassa tot de biomassa die in een goed gemengd

estuarium verwacht mag worden bij een gegeven omvang van de pelagische en benthische primaire productie. In de referentiesituatie is deze afstand klein en vervult het macrobenthos een belangrijke rol als primaire consument (functionele relatie op watersysteemniveau).

Soortensamenstelling op watersysteemniveau

De aan- of afwezigheid van soorten vormt een indicatie voor de compleetheid van het ecosysteem. De variatie van de leefomgeving (gradiënten van zout- en zwevendstofgehalte, droogvalduur en dynamiek) bepaalt in belangrijke mate de soortensamenstelling van het estuarium. De deelmaatlat houdt een lijst in van soorten die in overgangswater kunnen worden aangetroffen.

Soortensamenstelling per ecotoop

Bij deze deelmaatlat is gekozen voor de zogenaamde 'ecotoopbenadering'. Het voorkomen en de dichtheidsverhouding van verschillende macrofaunasoorten zijn gerelateerd aan een bepaald ecotoop. Zo'n ecotoop houdt bepaalde omgevingsomstandigheden in zoals sedimentsamenstelling, dynamiek, duur van overspoelen en zoutgehalte. De score op deze deelmaatlat wordt (voor zeven verschillende ecotopen) berekend met behulp van een index (biotische coëfficiënt), die aangeeft in welke mate de dichtheid tussen de soorten verstoord zijn. Voor het ecotoop "mosselbank" wordt alleen het areaal bepaald.

2.2.4 Vissen

De mogelijke antropogene invloeden voor vissen in overgangswateren zijn: waterstaatswerken (dammen, dijken, stuwen, sluisen, kanalisatie, normalisatie), vaargeulwerken (baggeren en bergen van specie), delfstofwinning, wateronttrekking, introductie exoten, scheepvaart, visserij en lozingen. Net als bij de macrofauna zullen dus hydromorfologische ingrepen zoals de verruiming een effect kunnen hebben. De beoordeling van de toestand van vissen wordt gedaan op meerdere niveaus: van cel, individu, populatie, gemeenschap tot ecosysteem. De score wordt gevormd door de vijf volgende deelmaatlaten.

Aantal diadrome soorten

Dit zijn de vissen die tijdens hun leven migreren tussen zoet en zout water (katadroom: leefgebied is zoet water, voortplanting vindt plaats in zout water, anadroom: leefgebied is zout water, voortplanting vindt plaats in zoet water). De geschiktheid van het watersysteem voor deze vissen wordt bepaald door fysieke barrières, verlies van paaibiotop bovenstrooms, waterkwaliteit (zuurstof, troebelheid) en visserij. Van deze stuurvariabelen wordt alleen de waterkwaliteit potentieel beïnvloed door de verruiming.

Aantal estuarien residente soorten

Residente soorten zijn de vissen die hun gehele leven in het estuarium verblijven. Deze soorten zijn vaak gebonden aan specifieke biotopen en daarmee gevoelig voor het verdwijnen van specifieke habitats. Daarnaast is de wijze van voortplanten veelal aangepast aan de dynamische estuariene omstandigheden. De verruiming kan invloed hebben op de aanwezigheid van de habitats en de dynamiek.

Aantal marien juveniele soorten

Juveniele soorten gebruiken het estuarium als kinderkamer. Het succes van deze soorten wordt vooral bepaald door het succes van de populatie op open zee. Van belang is het behoud van de kinderkamers zoals ondiep water voor platvissen. De verruiming heeft mogelijk invloed op de aanwezigheid van de habitats.

Aantal seizoensgasten

De seizoensgasten gebruiken de estuaria om te paaien of te foerageren. De aanwezigheid in het estuarium is vaak van korte duur of afhankelijk van gunstige abiotische (bijvoorbeeld voldoende zicht, hoge watertemperaturen) of biotische (voldoende garnalen) omstandigheden in het estuarium.

Aantal adulte en 0+ van Fint

De fint is een anadrome soort die vanuit zee het zoetwatergetijdengebied opzoekt om er te paaien. De trek eindigt in de buurt van de grens waar een getij effect nog merkbaar is. Als paaihabitat hebben finten grindbanken en overgangsgebied zoet-zout nodig.

Sedimentsamenstelling en het getij worden mogelijk beïnvloed door de verruiming.

2.3 Literatuur

- Berg, M. van den, H. Baretta-Bekker, R. Bijkerk, H. van Dam, T. Ietswaart, J. van der Molen, K. Wolfstein 2004a. Achtergrond-document referenties en maatlatten fytoplankton. Rapportage van de expertgroep fytoplankton.
- Elbersen, J.W.H., P.F.M. Verdonchot, B. Roels & J.G. Hartholt 2002. Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW). I. Typologie Nederlandse Oppervlaktewateren. Alterra rapport 669.
- Kaderrichtlijn Water 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad. 23 oktober 2000; tot vastlegging van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.
- Nijboer, R.C., 2003. Definitiestudie Kaderrichtlijn Water: Referenties. Alterra-rapport, ISSN 1566-7197.
- Rapport Karakterisering Stroomgebied Schelde, december 2004 STOWA (2004). Referenties en conceptmaatlatten voor overgangs- en kustwateren voor de Kaderrichtlijn Water. Rapport 2004.44.

3 Toetsingsvariabelen vanuit de LTV2030 - behoud fysisch systeem

3.1 Algemeen

De Langetermijnvisie 2030 Schelde-estuarium (LTV2030) bevat een aantal streefbeelden [Ref. LTV 2030]. In het kader van dit rapport is slechts het streefbeeld voor de instandhouding van de fysieke systeemkenmerken nog relevant omdat de ecologische doelen in LTV2030 ons inziens inhoudelijk vrijwel gedekt worden door de doelen voor de VHR en KRW. De instandhouding van de fysieke kenmerken zijn daarbij uitgangspunt van het gevoerde beleid en beheer. Onder fysieke systeemkenmerken wordt in de LTV2030 het volgende verstaan:

- een open en natuurlijk mondingsgebied;
- een systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en gebieden met ondiep water in de Westerschelde, het zogenaamde meergeulenstelsel;
- een riviersysteem met een meanderend karakter in de Zeeschelde;
- een grote diversiteit aan habitats, met name schorren, slikken, platen en ondiep water in zout, brak en zoet gebied, gecombineerd met natuurlijke oevers.

Hierna worden de fysieke kenmerken besproken met uitzondering van de meanderende rivier, de Zeeschelde, omdat de Zeeschelde buiten het kader van deze inventarisatie valt.

3.2 Open en natuurlijk mondingsgebied

Het mondingsgebied, met name Vlakte van de Raan, behoort tot het Schelde-estuarium. De doelstelling "open en natuurlijk mondingsgebied" is in de OS2010 vertaald in het besluit om de Vlakte van de Raan aan te wijzen als zeereservaat en aan te melden als Vogel- en Habitatrichtlijngebied.

Het gebied is niet alleen van belang vanwege de ecologische waarden ter plekke maar ook omdat de fysische en ecologische kenmerken mogelijk van invloed zijn op het fysische en ecologische systeem van de Westerschelde. Meer in detail zijn de volgende aspecten van belang:

- het mondingsgebied is na 1990 zandexporterend geworden;
- wat betreft het storten van de baggerspecie van de verruiming worden de mogelijkheden hiervoor gezocht in het mondingsgebied;
- het mondingsgebied is van belang als paaigebied voor een aantal vissoorten, w.o. de commercieel belangrijke tong;
- er wordt veel op platvis gevisd.

Dat laatste indiceert dat er ook behoorlijke bodemdierbestanden zijn, maar omdat er hoogstens lokaal wordt gemonsterd is daar weinig over bekend, behalve dat meiobenthos (kleine bodemdieren) en hyperbenthos (op de bodem levende bodemdieren) een aandeel hebben. Een goede bron voor meer informatie vormen de studies die zijn uitgevoerd in het kader van de m.e.r. die is opgesteld vanwege de voorgenomen plaatsing van windmolens (www.mumm.ac.be/Downloads/finalNonTech_nl.pdf).

We concluderen dat voor een onderzoek naar het storten in het mondingsgebied en voor de aanwijzing als Natura-2000 gebied een vergelijkbare inventarisatie van kennis en modellen dient plaats te vinden als voor de Westerschelde is gebeurd.

3.3 Het meergeulensysteem

Het meergeulensysteem is een van de fysische kenmerken van het estuarium om te. Een precieze, in kwantificeerbare eenheden uit te drukken definitie van het meergeulensysteem ontbreekt momenteel. Het is op dit moment nog niet duidelijk welke factoren het meergeulensysteem bepalen en in stand houden al is de kennisontwikkeling met betrekking tot het meergeulensysteem wel volop in ontwikkeling. Zeker is wel dat bepaalde kenmerken van het huidige meergeulensysteem van groot belang zijn voor de ecologie. Het meergeulensysteem is te beschouwen als de fysisch-abiotische drager voor de ecologie. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in fysische processen en de resulterende fysiotopen, als drager voor de ecotopen. Om het behoud van het meergeulensysteem te kunnen beoordelen is inzicht nodig in het verloop van de sturende fysische processen. Welke doelvariabelen geven aan of de stabiliteit van dat meergeulensysteem verandert?

Doelvariabelen behoud meergeulensysteem

Voor de s.m.e.r. heeft Jeuken twee doelvariabelen voorgesteld, die ook in het beoordelingskader van de s.m.e.r. zijn opgenomen [Ref. Jeuken, 2004]. Vanwege het gebrek aan systeeminzicht zijn er momenteel geen andere doelvariabelen voor de fysische processen beschikbaar. Daarom wordt voorgesteld uit te gaan van de aanpak in de s.m.e.r. en de situatie over een jaar opnieuw te bezien.

De stabiliteit van de geulsystemen in de zogenaamde macrocellen⁴ in de Westerschelde wordt voor relatief kleine verstoringen bepaald door het evenwicht tussen de transportcapaciteit van elk van de geulen onderling én van het geulstelsel als geheel [Ref. Jeuken *et al.* 2004]: wanneer in één van de geulen namelijk een kleine verondieping ontstaat (door een storting), wordt in een stabiele situatie die verondieping door erosie opgeruimd, aangezien door de relatief kleine vernauwing in het dwarsprofiel de stroomsnelheid lokaal toeneemt en daardoor de transportcapaciteit in die geul vergroot. In het geval dat de verondieping een bepaalde grootte overschrijdt wordt de vernauwing van het dwarsprofiel zo groot, dat de stroomsnelheid in die geul juist afneemt (en die in de andere geul juist toeneemt) en dus ook de transportcapaciteit in die geul. Deze instabiele en zichzelf versterkende situatie heeft tot gevolg dat de verondiepte geul steeds meer verondiept en de andere geul juist steeds dieper wordt. Volgens Jeuken komen veranderingen in de stabiliteit van de geulen daarom vooral tot uitdrukking in verandering van de diepte van die geulen, mede gezien het feit dat de lengte en de breedte van de grote eb- en vloedgeulen zo goed als gefixeerd zijn door bedijking, harde lagen in de ondergrond en geulwandverdedigingen. Hieruit heeft Jeuken twee indicatoren voorgesteld, die ook in het beoordelingskader van de s.m.e.r. terecht zijn gekomen:

⁴ De term macrocel is voor het eerst geïntroduceerd in de LTV studie [Ref. Winterwerp *et al.*, 2000]. Op basis van berekende getijgemiddelde zandtransporten en het morfologische onderscheid tussen grote en kleine eb- en vloedgeulen kan het meergeulensysteem van de Westerschelde namelijk geschematiseerd worden als een ketting van morfologische cellen. De grote geulen vormen de macrocellen, die op hun beurt dus bestaan uit een ebgedomineerde (eb)geul en een vloedgedomineerde (vloed)geul met daartussen een plaat. De kleinere geulen of inscharingen vormen de zogenaamde mesocellen [Ref. Jeuken *et al.*, 2003]. Voorgaande is samengebracht in het zogenaamde Cellenconcept. Met behulp van het Cellenconcept kan op basis van morfologische waarnemingen en/of voorspellingen bepaald worden hoeveel sediment in een macrocel gestort kan worden, zonder dat het meergeulensysteem van die cel degenerereert naar een ééngeulstelsel. Het Cellenconcept kan dus worden gebruikt om aan te geven hoeveel sediment er middels een bepaalde verdeling over de macrocellen in de Westerschelde gestort kan worden.

1. De gemiddelde diepte van de grote eb- en vloedgeulen in de macrocellen

De gemiddelde diepte van een geul wordt berekend door het watervolume onder NAP –2 m te delen door het natte oppervlak van die geul op NAP –2 m. Deze berekening kan dus voor elk jaar waarin lodingsgegevens bekend zijn uitgevoerd worden, waardoor een tijdreeks van de gemiddelde geuldiepten verkregen wordt.

2. De kantelindex K

De kantelindex geeft aan hoe de diepte van de grote ebgeul en vloedgeul in een macrocel zich op een bepaald tijdstip verhouden.

De kantelindex K is als volgt gedefinieerd:

$$K(t) = \ln[\text{diepte_ebgeul}(t) / \text{diepte_vloedgeul}(t)]$$

"Door de natuurlijke logaritme van de diepteverhouding te gebruiken (citaat Jeuken 2004) varieert de waarde van K tussen min oneindig en plus oneindig. Een positieve waarde van K betekent dat de ebgeul dieper is dan de vloedgeul. Een verandering van de kantelindex in de tijd, het kantelen van het geulsysteem, betekent dat de stabiliteit van het geulsysteem verandert. Een toename van K betekent dat de diepte van de ebgeul toeneemt ten opzichte van de vloedgeul. Deze toename kan het gevolg zijn van een erosie van de ebgeul zelf, of door sedimentatie van de vloedgeul. Een combinatie van beide is ook mogelijk".

Om te beoordelen hoe de stabiliteit van het geulsysteem verandert en of deze gewaarborgd is, wordt gebruik gemaakt van de tijdreeksen van de gemiddelde diepte in de geulen in combinatie met tijdreeksen van de kantelindex. De tijdreeks van de kantelindex geeft aan of en hoe de stabiliteit van het geulsysteem verandert, in welke richting het systeem kantelt en hoeveel het systeem kantelt. De veranderingen in de gemiddelde diepte worden gebruikt om na te gaan of de stabiliteit gewaarborgd is:

Wanneer een kanteling van het geulsysteem gepaard gaat met een in de tijd steeds sneller afnemende diepte in één van beide geulen is er sprake van een zichzelf versterkend sedimentatie- en kantelingsproces, een instabiele situatie.

Ook een langdurige (niet zichzelf versterkende) afname van de waterdiepte in één van beide geulen is een situatie die vanuit het waarborgen van de stabiliteit van het meergeulensysteem niet mag optreden.

Een kanteling van het geulsysteem waarbij één van beide geulen steeds dieper wordt door baggeren duidt ook op een verandering van de stabiliteit van het geulsysteem. Volgens theoretische analyses leidt een dergelijke verandering van de stabiliteit niet tot degeneratie van het geulsysteem in de macrocellen [Ref. Wang en Winterwerp, 2001]."

De invloed van het vaargeulonderhoud en de zandwinning op de erosie van en de sedimentatie in de geulen kan worden gekwalificeerd door het teken van de totale volumeverandering en de afgeleide natuurlijke volumeverandering per geul te beschouwen⁵.

"Wanneer deze volumeveranderingen (citaat Jeuken 2004) een duidelijk tegengesteld teken hebben kunnen de ingrepen als sturend voor de ontwikkeling worden beschouwd.

⁵De "natuurlijke" volumeverandering van een geul wordt afgeleid door de netto ingrepen (=som van baggeren, storten en zandwinnen) van de totale (gemeten) volumeverandering af te trekken. Of dit werkelijk de natuurlijke veranderingen zijn die onder invloed van de menselijke ingrepen opgetreden zijn, is niet te achterhalen.

Wanneer beide volumeveranderingen hetzelfde teken hebben kunnen de ingrepen wel invloed hebben gehad op de morfologische verandering. Ze zijn in dat geval waarschijnlijk niet bepalend geweest voor de richting van de verandering (zie ook Ref. Jeuken et al., 2003)."

Recente ontwikkelingen

In het toetsingsadvies over het SMER schrijft de commissie-m.e.r. dat zij van mening is dat er twee aspecten meer maatgevend zijn voor de dynamiek dan de aanwezigheid van twee geulen:

- voldoende ruimte in het estuarium voor morfodynamische processen en
- ontwikkelingsmogelijkheden voor kortsluitgeulen.

Volgens de commissie vormen het ontstaan en de beweeglijkheid van die kortsluitgeulen tussen eb- en vloedgeul de meest dynamische elementen van het meergeulensysteem.

We weten inmiddels dat een waterstandsverhang tussen de grote eb- en vloedgeulen noodzakelijk is voor de aanwezigheid van kortsluitgeulen. WL|Delft Hydraulics zal in 2005 in het kader van hun *Research & Development* programma "integrale afweging" een verificatie maken van de relatie tussen verhangindicatoren en de aanwezigheid van kortsluitgeulen op basis van historische gegevens.

Vermoed wordt dat kortsluitgeulen en de dynamiek ervan ook van belang is voor ecologisch belangrijke habitats (§ 6.4.1), maar er is onderzoek nodig om hier meer duidelijkheid over te krijgen (§ 6.2.1).

We concluderen dat de door Jeuken (2004) voorgestelde indicatoren het meest direct zijn gekoppeld aan het behoud van het meergeulensysteem, dat ze duidelijk zijn gedefinieerd en daarnaast ook relatief eenvoudig te bepalen. We hebben hierboven gezien dat er bovendien zicht bestaat op het vinden van een relatie tussen deze indicatoren en de ontwikkeling van ecologisch belangrijke gebieden. Voordeel is tevens dat deze indicatoren met de uitkomsten van morfologische voorspellingsmodellen voor toekomstscenario's bepaald kunnen worden, mits de morfologische modellen (Delft3D en vooral SOBEK zijn hier volgens Jeuken in principe voor geschikt) de arealen en inhoudsop macrocelniveau goed genoeg voorspellen. Dit is nu nog een zwak punt van deze modellen (zie voor meer uitleg § 6.2 en 7.4). Voor een bespreking van de relatie tussen deze indicatoren van het meergeulensysteem en de ontwikkeling van kortsluitgeulen, en over het mogelijke belang van kortsluitgeulen voor de ecologie, verwijzen we naar § 6.2.1.

3.4 Grote diversiteit aan schorren, slikken en platen

De doelstelling uit de LTV2030 "behoud van een grote diversiteit aan schorren, slikken etc." is door een consortium van de Universiteit van Antwerpen, het Instituut voor Natuurbehoud en RIKZ gebruikt als basis bij het maken van voorstellen voor natuurontwikkelingmaatregelen voor het streefbeeld natuurlijkheid [Ref. Van den Bergh *et al.*, 2003].

In het kader van de Habitatrichtlijn is de Westerschelde ook aangewezen voor het habitat estuarium. Het begrip "estuarium" is echter te breed om te gebruiken voor het definiëren van instandhoudingsdoelen. Een groep van RIKZ, Provincie Zeeland en LNV heeft het habitat "estuarium" daarom geconcretiseerd, als onderdeel van een methodiek voor het afleiden van een voorstel voor

instandhoudingsdoelen voor de Westerschelde [Ref. de Jong, 2004 en § 4.3].

N.b. de formele vaststelling van instandhoudingsdoelen behoort tot de beleidsverantwoordelijkheid van het Ministerie van LNV en zal plaatsvinden in overleg met Vlaanderen, conform het besluit uit de OS2010.

De voorstellen van Van den Bergh en de Jong komen tot vrijwel identieke doelvariabelen en conclusies over wat de ecologisch belangrijke of meest kwetsbare habitats zijn en beide gebruiken daarvoor de ecotopenbenadering. We bevelen daarom aan om voor het fysisch systeemkenmerk uit de LTV 2030 "behoud van een grote diversiteit..." dezelfde doelvariabelen te gebruiken als die voorgesteld zijn voor het habitat estuarium van de Habitatrichtlijn [Ref. de Jong, 2004]. Deze doelvariabelen worden behandeld in § 4.3.

N.b. ook hier geldt weer: vaststelling gebeurt door LNV, in overleg met Aminal in Vlaanderen. Het is dus zaak ook hierbij LNV en Aminal te consulteren.

Samengevat wordt voorgesteld het aspect LTV2030 behoud fysisch systeem in het MER via twee elementen in te vullen. Als eerste het behoud van het meergeulensysteem met twee indicatoren (kantelindex en gemiddelde diepte van de eb- en vloedgeulen in macrocellen) en als tweede de habitat doelvariabelen uit de Habitatrichtlijn (§ 4.3). Voor de monding is het wachten op een beschrijving van belangrijke habitats, als onderdeel van de aanmelding als SBZ in VHR kader.

3.5 Literatuur

- Jeuken, C., I. Tanczos & Z.B. Wang, 2003. Evaluatie van het beleid voor vaargeulonderhoud en zandwinning sinds de tweede vaarwegverruiming op basis van veldwaarnemingen en het verbeterde Cellenconcept Westerschelde. Rapport Z3467, WL|Delft Hydraulics.
- Jeuken, C., Z.B. Wang, T. van der Kaaij, M. van Helvert, M. van Ormondt, R. Bruinsma & I. Tanczos, 2004. Morfologische ontwikkelingen in het Schelde-estuarium bij voortzetting van het huidige beleid en effecten van een verdere verruiming van de vaargeul en uitpolderingen langs de Westerschelde. Rapport gemaakt door consortium Arcadis-Technum in opdracht van ProSes.
- Jong D.J. de, "Staat van instandhouding Westerschelde: estuarium, karakterisering via ecotopen", Intern document RIKZ 2004.
- Lange Termijnvisie Schelde-estuarium met toelichting (LTV2030), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Directie Zeeland en Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, januari 2001.
- Strategisch milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (SMER), Hoofdrapport, Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium, september 2004.
- Van den Bergh et al. 2003, LTV-streefbeeld natuur en bij de uitwerking daarvan in het natuurontwikkelingsplan Schelde-estuarium NOPSE.
- Wang, Z.B. and J.C. Winterwerp, 2001 Impact of dredging and dumping on the stability of ebb-flood channel systems. Proceedings of 2nd JAHR symposium on river, coastal and estuarine systems. September 2001, Obihiro, Japan, pp. 515-524.
- Winterwerp J.C., M.C.J.L. Jeuken, M.A.G. Helvert, Lange termijnvisie Schelde-estuarium, cluster morfologie, uitvoeringsfase, WL|Delft Hydraulics, 2000.

4 Toetsingsvariabelen vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR)

4.1 Algemeen

Leeswijzer

In 4.1 staan de relevante algemene uitgangspunten hoe deze richtlijnen nu in de Nederlandse regelgeving worden geïmplementeerd. In de paragrafen daarna wordt ingezoomd op de soorten en habitats waarvoor de Westerschelde is aangewezen (VRL) of aangemeld (HRL).

Moet het echt zo gedetailleerd?

Regelmatig rijst bij (zijdelings) betrokkenen de vraag of Nederland de richtlijnen niet te streng of te precies interpreteert. Is het werkelijk nodig om voor elke soort of habitat waarvoor een gebied is aangewezen instandhoudingsdoelen vast te stellen? Is het niet ecologisch eleganter, en meer recht doend aan een natuurlijk dynamisch systeem, om instandhoudingsdoelen te definiëren in termen van sturende fysische, chemische en biologische processen?

Voor zover wij kunnen oordelen gaan andere landen net zo gedetailleerd te werk en eist "Brussel" dit ook. De VHR is een defensief instrumentarium, met als resultaatverplichting aantallen en arealen te behouden of te herstellen tot een gunstige staat van instandhouding. Als overtuigend kan worden aangetoond dat het instandhouden of verbeteren van bepaalde processen die doelstelling als vanzelf realiseert dan gaat Brussel hier wellicht mee akkoord. Wellicht dat in zo'n geval geen aparte doelstelling voor een soort of habitat vereist is. Maar een land blijft ten allen tijde verplicht met regelmaat te rapporteren hoe het met een soort en habitat gesteld is. Daarmee blijven de soorten en habitats doelvariabelen.

Instandhoudingsdoelen zelf niet nodig voor dit advies

Doel van de VHR is de duurzame instandhouding van populaties van bepaalde soorten en van habitats. Daarvoor is een netwerk van gebieden opgetuigd [Ref Natura, 2000]. Die gebieden worden Speciale Beschermingszones (SBZs) genoemd. Europa verplicht landen gebieden aan te melden als SBZ op grond van bepaalde criteria. Die criteria hebben betrekking op het voorkomen in het gebied van soorten en habitats die op Europese schaal worden bedreigd. Nederland dient de soorten en habitats waarvoor de Westerschelde is aangemeld c.q. aangewezen op een bepaald niveau te handhaven of te brengen. De definitieve niveaus worden vastgelegd via de zogenaamde instandhoudingsdoelen. Die komen voor de Westerschelde pas halverwege 2005. Voor dit advies is dat echter niet van belang, omdat dit advies slechts betrekking heeft op de doelvariabelen zelf, niet op het niveau daarvan, de instandhoudingsdoelen.

Doelvariabelen voor behoud fysisch systeem zijn direct relevant voor VHR

Het behoud of herstel van een bepaalde "Staat van Instandhouding" (Svl) voor soorten en habitats staat centraal in de VHR. De term laat zien dat de VHR vereist dat een bepaald instandhoudingsdoel blijvend geldig is: de aantallen en hectares moeten duurzaam gewaarborgd zijn. Dat blijkt ook uit de uitwerking van de beoordeling van de huidige Svl die nodig is voor het opstellen van het instandhoudingsdoel.

In die beoordeling moeten twee criteria worden meegenomen die betrekking hebben op die duurzaamheid: de '*structure and function*' (S&F) van het watersysteem moet in orde zijn en er wordt gevraagd naar het 'toekomstperspectief'. In de Westerschelde bestaat de voor habitats relevante S&F uit de biotiek van een habitat en fysische processen. Die dienen zodanig plaats te hebben dat bijvoorbeeld het habitattype 1330 (Atlantisch schor met kweldergrasvegetatie) niet alleen nu aanwezig is, maar ook in de toekomst. De VHR vereist dat dus ook de toestand van die fysische processen wordt beoordeeld. De doelvariabelen voor behoud van het fysisch systeem zijn dus ook direct relevant voor de VHR en toepassing van de VHR vereist dat vanuit de ecologie wordt aangegeven welke fysische randvoorwaarden nodig zijn voor de ecologie.

De *doelvariabelen* voor behoud fysisch systeem zijn dus direct relevant voor de VHR. De VHR schrijft echter niet het behoud van het fysisch systeem als *doelstelling* voor. Volgens de VHR mogen habitats en soorten ook duurzaam behouden worden door voortdurend ingrijpen en beheren gericht op het behalen van de doelstelling.

Doelvariabelen prooien wel relevant, maar niet vastgesteld

De VHR (zie hierna) richt zich op bepaalde soorten, met name vogels. De aantallen of arealen van kwalificerende soorten in de Westerschelde en habitats zijn dus zondermeer doelvariabelen. Het is echter heel goed mogelijk dat er nog meer doelvariabelen bijkomen als de instandhoudingsdoelen worden vastgesteld. De richtlijnen schrijven immers voor (zie vorige alinea) dat aangetoond wordt dat er sprake is van een duurzame instandhouding. Het is daarom goed mogelijk dat bijvoorbeeld ook bestanden van bepaalde belangrijke prooidieren tot de doelvariabelen gaan behoren. Deze doelvariabelen vloeien rechtstreeks voort uit de VHR-verplichtingen, zoals ook het geval is bij de kwalificerende soorten en habitats. Het onderdeel kwaliteit in de staat van instandhouding wordt voor vogelsoorten ten dele gedekt door de beschikbare hoeveelheid voedsel in een systeem. Hier zijn nog geen doelvariabelen voor vastgesteld. In de loop van 2005 en 2006 ontstaat hierover meer duidelijkheid (§ 1.6).

Doelvariabelen voor begrenzings-, indicator- en typische soorten

Nederland onderscheidde bij de aanwijzing en aanmelding van SBZs oorspronkelijk ook zogenoemde begrenzingsoorten. Dat zijn soorten waarvan het voorkomen in een gebied niet heeft geleid tot de aanmelding als SBZ, maar waarvoor het gebied wel van belang is. Vaak zijn het soorten die in lage aantallen en op Nederlandse schaal in veel gebieden voorkomen. Bij de precieze begrenzing van het SBZ is vaak rekening gehouden met de verspreiding van die soorten, vandaar de term begrenzingsoort. Voor deze begrenzingsoorten moeten eveneens instandhoudingsdoelen worden geformuleerd, net als voor de soorten die tot aanmelding/aanwijzing hebben geleid, de zogenoemde kwalificerende soorten.

Verder onderscheiden de richtlijnen ook nog indicatorsoorten en typische soorten. Dat zijn soorten waarvan de aan- of afwezigheid indicierend is voor de kwaliteit van een habitat. Voor die soorten zijn geen instandhoudingsdoelen nodig, maar ze moeten wel gemonitord worden, en behoren dus tot de doelvariabelen. Er vindt nog overleg plaats omtrent deze soorten. In de loop van 2005 worden de resultaten hiervan bekend.

Doelvariabelen zijn ruimtelijk verschillend

Instandhoudingsdoelen voor VRL en HRL gelden op het niveau van de

gehele SBZ. Het doet er voor de VHR niet toe waar een soort of habitat zich bevindt, als hij maar aanwezig is in minimaal de aantallen of hectares die in de doelen zijn geformuleerd, en als verplaatsingen maar niet ten koste gaan van de staat van instandhouding. Het is dus bijvoorbeeld geen probleem als het aantal Scholeksters in het middendeel van de Westerschelde door afbraak van platen afneemt, als er een vergelijkbare aantalstoename plaatsvindt in het westelijk deel, omdat er vergelijkbare schelpdierdichtheden zijn in het west- en middendeel. Het oostelijk deel is echter niet uitwisselbaar met het midden en westen, met name vanwege verschillen in zoutgehalte en -fluctuaties. Het betekent dat er voor de effectbeoordeling afzonderlijke doelvariabelen zijn voor het oosten en voor het west- en middendeel, bijvoorbeeld met betrekking tot het areaal slik en plaat (zie ook § 3.4).

4.2 Habitats en soorten uit de aanmelding of aanwijzing

4.2.1 Habitatrichtlijn

In de habitatrichtlijn staan de volgende habitats en soorten voor de Westerschelde vermeld.

Belangrijkste gebied voor de habitattypes:

- ☐ 1130 Estuaria
- ☐ 1330 Atlantische schorren met kweldergrasvegetatie (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)

Verder aangemeld voor:

- ☐ 2110 Embryonale wandelende duinen
- ☐ 2120 Wandelende duinen op de strandwal met Helm (*Ammophila arenaria*; z.g. witte duinen)
- ☐ 2160 Duinen met duindoorn
- ☐ 2190 Vochtige duinvalleien
- ☐ 1310 Eenjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (*Salicornia sp.*) en andere zoutminnende soorten
- ☐ 1320 Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*)

Soorten:

- ☐ 1014 Nauwe korfslak
- ☐ 1095 Zeeprik
- ☐ 1099 Rivierprik
- ☐ 1103 Fint
- ☐ 1365 Zeehond
- ☐ 1903 Groenknolorchis

Er zijn een aantal habitats en soorten in de Habitatrichtlijn die naar alle waarschijnlijkheid niet door de verruiming zullen worden beïnvloed omdat ze geheel (korfslak en groenknol orchis) of bijna buiten (duinhabitats) de Westerschelde liggen. Daarom zijn de potentiële effecten niet verder uitgewerkt. Het betreft:

- ☐ Nauwe korfslak (1014)
- ☐ Groenknolorchis (1903)
- ☐ Embryonale wandelende duinen (2110)
- ☐ Wandelende duinen op strandwal met helm (2120)
- ☐ Duinen met duindoorn (2160)
- ☐ Vochtige duinvalleien (2190)

4.2.2 Vogelrichtlijn

In de vogelrichtlijn staan de onderstaande kwalificerende en overige relevante soorten voor de Westerschelde vermeld. Daarnaast zijn er apart soorten voor het Verdrongen Land van Saeftinghe, dat aangewezen is als apart Vogelrichtlijngebied. Saeftinghe is eerder aangewezen onder de oude Natuurbeschermingswet en daarmee zullen de waarden die daarin worden beschreven ook gelden als instandhoudingsdoelen in het kader van de nieuwe Natuurbeschermingswet. Dit levert problemen op bijvoorbeeld omdat een kwalificerende soort voor Saeftinghe een overig relevante soort voor de Westerschelde is en omgekeerd. De aanduiding** in de lijst hieronder betekent kwalificerende soort voor Saeftinghe, de aanduiding* overig relevante soort voor Saeftinghe. Aanbevolen wordt om Westerschelde en Saeftinghe samen te voegen.

Kwalificerende soorten Westerschelde:

- ☐ Grote stern (broedend)
- ☐ * Visdief (broedend)
- ☐ Dwergstern (broedend)
- ☐ ** Grauwe gans
- ☐ ** Bergeend
- ☐ ** Slechtvalk
- ☐ Scholekster
- ☐ * Kluut
- ☐ * Bontbekplevier
- ☐ * Zilverplevier
- ☐ Kanoetstrandloper
- ☐ Drieteenstrandloper
- ☐ * Bonte strandloper
- ☐ * Rosse Grutto
- ☐ * Wulp
- ☐ * Tureluur

Overige relevante soorten Westerschelde:

- ☐ Kluut (broedend)
- ☐ Bontbekplevier (broedend)
- ☐ Strandplevier (broedend)
- ☐ * Zwartkopmeeuw (broedend)
- ☐ Kleine Mantelmeeuw (broedend)
- ☐ Fuut
- ☐ ** Kleine zilverreiger
- ☐ ** Lepelaar
- ☐ ** Smient
- ☐ * Krakeend
- ☐ Wilde eend
- ☐ ** Pijlstaart
- ☐ * Slobeend
- ☐ Middelste zaagbek
- ☐ Bontbekplevier
- ☐ Strandplevier
- ☐ Goudplevier
- ☐ Kanoetstrandloper
- ☐ * Zwarte Ruiter
- ☐ * Steenloper

Uit de lijst voor de Westerschelde hoeven niet getoetst te worden:

Goudplevier

De goudplevier gebruikt de Westerschelde alleen om uit te rusten op de

slikken. Hiervoor zijn ruimschoots alternatieven voorhanden. De verruiming zal deze soort op geen enkele wijze beïnvloeden.

Kleine Mantelmeeuw

Alleen wat broedparen op Saeftinghe met voldoende alternatieven. Niet relevant.

Middelste zaagbek

Komt weinig voor in de Westerschelde, vooral merenbewoner. Niet relevant.

Fuut

Marginaal voor de Westerschelde.

In de Vogelrichtlijn staan voor het Verdrongen Land van Saeftinghe ook nog als "overige relevante soorten" vermeld: Bruine Kiekendief (broedend), Porseleinhoen (broedend), Blauwborst (broedend), Kleine zwaan (slaapplaats), Kolgans (slaapplaats) en Wintertaling. Waarschijnlijk worden deze soorten niet beïnvloed door de verruiming. Daarom zijn ze niet in bovenstaande opsomming vermeld.

4.3 Habitats

4.3.1 Estuarium (1130)

Het habitat "estuarium" (1130) is een erg breed begrip. Dat maakt het lastig om effecten van ingrepen te toetsen. Ook vanuit het streefbeeld voor natuurlijkheid uit de LTV en de noodzaak om de *Structure & Function* van het systeem te karakteriseren voor een beoordeling van de SvI (zie § 4.1) is het wenselijk het begrip nader te definiëren. In EU-kader is wel een *guideline* gemaakt om het begrip estuarium in te vullen, maar dat is geen bindend voorschrift. De *guideline* beschrijft het estuarium in heel globale termen als een reeks functioneel samenhangende habitats met de bijbehorende levensgemeenschappen en onderliggende fysische, chemisch en biologische processen. Binnen het Rijkswaterstaat-brede project "Implementatie van de Natuurbeschermingswet binnen Rijkswaterstaat" heeft een groepje experts van RIKZ, Provincie Zeeland en het Ministerie van LNV een voorstel voor invulling van het begrip estuarium opgesteld, rekening houdend met deze *guideline* [Ref. de Jong, 2004].

Op basis van gegevens over areaalveranderingen op het niveau van de gehele Westerschelde, veranderingen in de verhouding tussen hoog- en laagdynamische gebieden (de Jong, 2004) en de ophoging en verlaging van platen en slikken is door hen voorgesteld om binnen het habitat "estuarium" de volgende vijf fysiotopten met een ecologische beschrijving te onderscheiden:

- geul;
- ondiep water;
- litoraal hoogdynamisch;
- litoraal laagdynamisch laag/middelhoog gelegen;
- litoraal laagdynamisch hoog gelegen.

Vanwege de grote ecologisch verschillen moeten er voor de brakke en zoute zone afzonderlijk vijf ecotopten worden onderscheiden, in totaal dus tien.

De benadering sluit ook aan bij de verwoording van het LTV-streefbeeld natuur en bij de uitwerking daarvan in het Natuurontwikkelingsplan Schelde-estuarium NOPSE (van den Bergh *et al.* 2003) in het kader van de OS2010.

4.3.2 Schorren (1310, 1320, 1330)

De Westerschelde is ook aangewezen vanwege de volgende drie types schorhabitat:

- Eenjarige pioniersvegetaties van slik en zandgebied met zeekraal en andere zoutminnende soorten (1310).
- Schorren met slijkgrasvegetatie (1320).
- Atlantische schorren met kweldergrasvegetatie (1330).

De habitats uit de habitatrichtlijn betreffen schorren uit de pioniersfase (eenjarige pioniersvegetatie), laag schor (schorren met slijkgrasvegetatie) en midden/hoog schor (Atlantische schorren).

De verruiming kan effect hebben op deze drie habitats doordat zowel de stroomsnelheden als sedimentaanvoer kunnen veranderen.

De sedimentaanvoer kan bijvoorbeeld veranderen wanneer in de buurt van het schor een stortlocatie komt.

De toetsing in het MER van deze drie habitattypes met schorren vindt plaats tegelijkertijd met de toetsing van de ecotopen zoals gedefinieerd in het habitat estuarium (zie hiervoor) en met de toetsing van de basiskwaliteit schorren zoals die in de KRW staat. Daarbij is naar verwachting de toetsing aan de VHR leidend omdat de KRW slechts een basiskwaliteit geeft en vanuit de LTV2030 een hoger ambitieniveau wordt nagestreefd.

Verder is het totale oppervlakte van het habitat estuarium relevant, bijvoorbeeld bij dijkverlegging. Samenvattend, de arealen (in ha) van de tien ecotopen, de drie schorecotopen en het totaal voor het habitat estuarium dienen bepaald en beoordeeld te worden.

In § 6.4 wordt nader ingegaan op het belang van de diverse habitats en de relatie met dynamiek.

Naast de areaalveranderingen van de ecotopen onder invloed van de verruiming is het echter nodig om ook naar het functioneren, van de kwaliteit van de ecotopen te kijken. Dit zal naar verwachting gebeuren via indicatorsoorten, bijvoorbeeld bodemdieren.

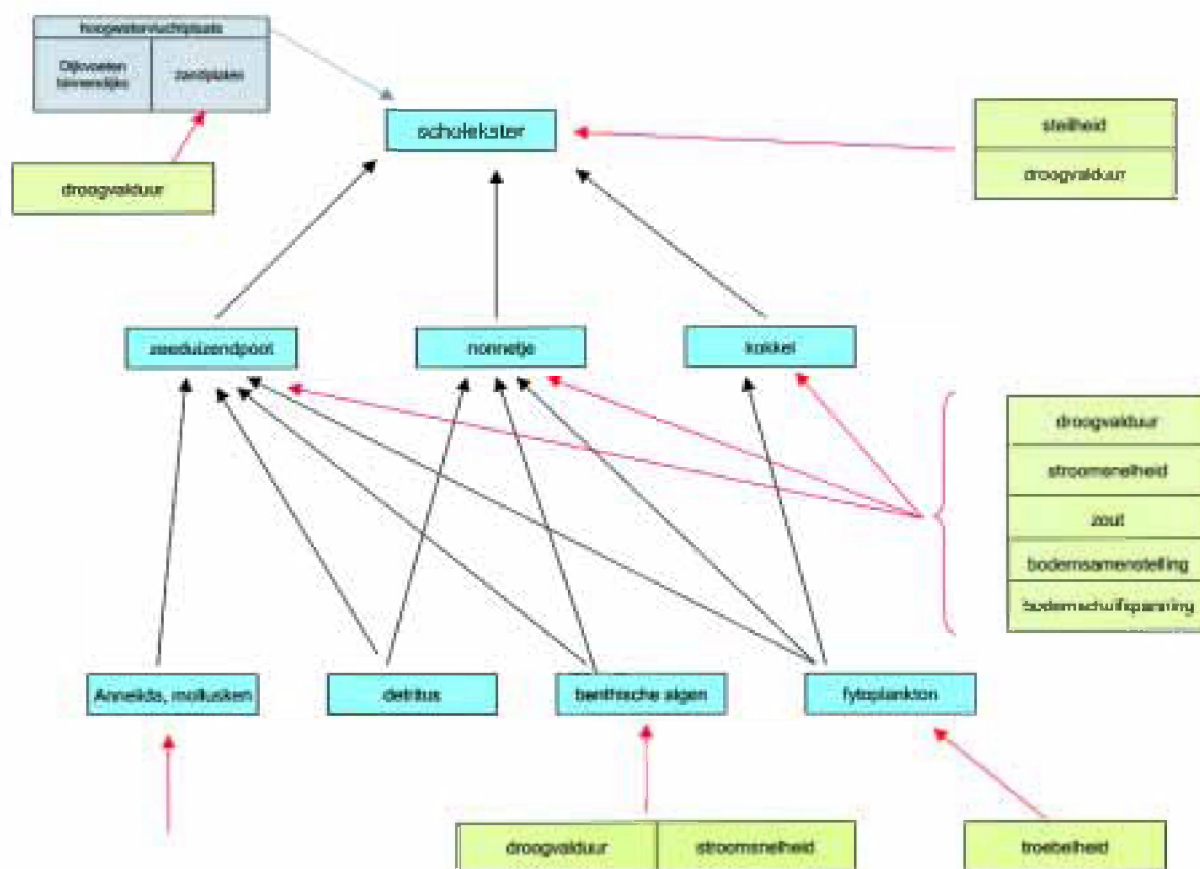
4.4 Soorten, benodigde kennis

Het voorkomen van organismen wordt door een reeks van factoren bepaald, zie § 4.5. Dit betekent dat voorspelling van veranderingen in aantallen van een soort niet eenvoudig is. In het algemeen is kennis nodig van de volgende aspecten:

- Kennis van het aantal van een VHR soort en hun verspreiding en de voedselrelaties met hun prooidieren.
- Kennis van de voor een soort of hun prooidieren relevante abiotische variabelen.
- Kennis van voor een soort van eventuele voortplantingsvoorwaarden en de daarbij horende abiotische variabelen.
- Kennis (voor vogels) van hoogwatervluchtplaatsen en de daarbij horende relevante abiotische variabelen.

In hoofdstuk 8 is als samenvatting, het geheel aan benodigde kennis per VHR soort in een schema samengevat tegelijkertijd met het resultaat van de hoofdstukken 6 en 7, hoe kan de gewenste kennis verkregen worden. Dit is gedaan om praktische redenen, beperking van de omvang van dit advies. Ter illustratie is hieronder een voorbeeld gegeven van het geheel aan benodigde kennis nodig om voor de scholekster voorspellingen te kunnen doen.

De VHR soort scholekster is afhankelijk van de prooidieren zeeduizendpoot, nonnetje en kokkel. Deze zijn weer afhankelijk van o.a. wormen, plankton en detritus. Voor de scholekster en zijn prooidieren zijn abiotische variabelen als o.a. stroomsnelheid, droogvalduur, troebelheid en zoutgehalte weer bepalend. Tenslotte zijn voor de scholekster HVP's relevant. Deze worden ook weer door de droogvalduur bepaald.



4.5 Mogelijke effecten van de verruiming op habitats en soorten

Het voorkomen van habitats en soorten wordt bepaald door een reeks aan factoren: aanwezigheid van geschikt foerageerhabitat, aanwezigheid van geschikt voortplantingshabitat (broedgelegenheid, opgroeiegelegenheid), voedselaanbod, de predatiedruk, inter- en intraspecifieke competitie, voorgeschiedenis, ziekten en calamiteiten, ecotoxicologische kwaliteit, weersomstandigheden, en menselijk handelen. Voor de onderstreepte factoren volgt in § 4.5.1 t/m § 4.5.5 enige achtergrondinformatie met betrekking tot de effecten van een verruiming.

4.5.1 Foerageerhabitat

Steltlopers foerageren op de droogvallende platen en slikken, sommige in ondiepe wateren. Een potentieel effect van de verruiming is een verandering van droogvalduur en van de steilheid van de platen. Deze hebben rechtstreeks een effect op het foerageergedrag van de steltlopers omdat de verandering van de droogvalduur effect heeft op de tijd dat voedsel kan worden opgenomen. De steilheid van de platen en slikken heeft tevens een effect op de beschikbaarheid van bodemdieren.

De dichtheden van steltlopers zijn op slikken vaak (veel) hoger dan op platen, ook bij een vergelijkbare sedimentsamenstelling en aanbod aan bodemdieren (§ 6.4). Mogelijk zijn de slikken aantrekkelijker als foerageergebied omdat de afstand tot de hoogwatervluchtplaats of de broedlocatie kleiner is. Dit betekent dat nagegaan moet worden of een verruiming effect heeft op de verhouding tussen het areaal slik en plaat.

Tijdens het foerageren op slikken of platen kunnen de vogels verstoord worden door recreanten of scheepvaart. Het is niet te verwachten dat de verruiming hier een effect op heeft, tenzij de schepen dicht bij de plaat komen.

Sterns zijn zichtjagers die in de Westerschelde op kleine vissen en garnalen prederen. Hierbij speelt de diepte, troebelheid (doorzicht) en turbulentie een rol. De verruiming heeft geen effect op de troebelheid (storten tijdelijk wel), maar wel op de diepte en de turbulentie.

Mogelijk heeft de verruiming een blijvend effect op de troebelheid via een toename van de stroomsnelheden. Hoe groot dit effect is, en of het de lichtlimitering en daarmee de primaire productie werkelijk versterkt, dient nader te worden onderzocht.

Een aantal soorten eenden en ganzen eet (delen van) schorplanten en zaden op de schorren. Het is niet aannemelijk dat door de verruiming dit voedseltype dusdanig wordt aangetast dat het een effect heeft op deze vogelsoorten.

Wanneer door de verruiming een voor een vogel gunstig areaal op een plek verdwijnt hoeft dat geen probleem te zijn, mits areaal op een andere plek van vergelijkbare kwaliteit weer ontstaat. Voor de vogels is van belang dat er voldoende geschikt areaal is. Problemen treden op wanneer:

- de afstand tussen de broedplaats en de foerageerplaats te groot wordt;
- het nieuwe areaal niet voldoende benutbaar voedsel bevat vanwege een ongunstig zoutgehalte, hoogteligging, slibgehalte, enz;
- de afstand tussen foerageerplaats en hoogwater vluchtplaats (HVP) te groot (groter) wordt.

4.5.2 Voortplantings- cq broedhabitat

De meeste broedvogels uit de Vogelrichtlijn zijn kustbroedvogels. Deze vogels broeden bij voorkeur op schelpenbanken, kaal zand of een spaarzaam begroeide bodem. Andere tolereren meer vegetatie of broeden op de hoge delen van de schorren. De grond moet vrij zijn van grondpredatoren en het moet een open gebied zijn, zodat de vogels predatoren tijdig zien aankomen. Mogelijk treedt verstoring door recreanten op, maar het is niet waarschijnlijk dat de verruiming hier een effect op heeft.

De juiste broedplekken ontstaan op plaatsen met een juiste zilte kustdynamiek. Dit betekent dat er voldoende zout en een juiste overspoelingsfrequentie moeten zijn.

Voor een aantal vogels mag de afstand tussen de broedplaats en de foerageerplaats niet te groot zijn. Dit betekent dat wanneer de verruiming geen effect heeft op het areaal van een bepaald type gebied, maar wel op de locatie, dit niet altijd zonder effecten is.

De vissen uit de Habitatrichtlijn gebruiken de Westerschelde als doortrekgebied naar hun paaiplassen en weer terug. Zij stellen met

name eisen aan de zuurstofconcentratie in het water. De verruiming kan een gering effect hebben op de zuurstofconcentratie. Daarnaast kan een verhoogde troebelheid een doortrekbarrière zijn. Het is niet aannemelijk dat de verruiming een effect heeft op de troebelheid, de stortstrategie wel.

De Fint gebruikt de Westerschelde tijdens een deel van het juveniele stadium als opgroeigebied.

4.5.3 Voedselaanbod

Steltlopers foerageren op bodemdieren. Dit zijn alle bodemdieren uit het intergetijdengebied en in zeer geringe mate net onder de laagwaterlijn. Voor een aantal van deze dieren is droogvalduur van belang omdat alleen tijdens perioden van laagwater voedsel opgenomen kan worden. Deze dieren kunnen potentieel een effect van de verruiming ondervinden.

Daarnaast is voor deze dieren ook stroomsnelheid van belang omdat hiermee het voedsel wordt aangevoerd. Daarnaast hebben stroomsnelheden effect op de stabiliteit van de omgeving en het slibgehalte, welke beide voorwaardelijk zijn voor een aantal bodembewoners. Tenslotte zijn er veel bodemdieren waarvan de larven planktonisch zijn. Juiste stroomsnelheden zijn voor hun tevens van belang om de larven op de juiste plaats te kunnen laten settelen. Verruiming kan een effect hebben op de stroomsnelheid. Het habitat van een aantal soorten wordt in de Westerschelde beperkt door de saliniteit. De verruiming kan potentieel een effect hebben op saliniteit, en daarmee op deze dieren. Dit is daarmee ook een potentiële factor.

Voor een aantal prooidieren zoals bepaalde vissoorten, garnalen en krabben dienen de ondiepe wateren in de Westerschelde als permanent opgroeigebied of als tijdelijke uitwijkplaats voor in het intergetijdengebied foeragerende soorten ("laagwatervluchtplaats"). Ondiepe wateren kunnen ook door de verruiming beïnvloed worden. Voor andere soorten spelen de hydrodynamiek en troebelheid een rol.

4.5.4 Ecotoxicologische kwaliteit

Verontreinigingen met name organische microverontreinigingen hebben een effect op met name het voortplantingssucces van zeehonden en een aantal vogelsoorten. In de Westerschelde worden deze verontreinigingen in steeds mindere mate aangevoerd, ze zitten opgeslagen in de slibfractie van oude bodemlagen (met name uit de jaren zestig en zeventig). Daardoor hebben ze momenteel voor zover bekend geen effect. Daarnaast komen telkens nieuwe stoffen voor. Op dit moment zijn o.a. vlamvertragers actueel.

Er zijn twee potentiële wegen waardoor de beschikbaarheid van deze gebonden microverontreinigingen zou kunnen veranderen:

- Ten eerste kunnen door de verruiming de stromingspatronen veranderen. Hierdoor kunnen oude bodemlagen met hoge(re) gehalten vrij komen. Tevens kan het verontreinigde slib wat vast lag in de bodem door het veranderde stromingspatroon verplaatst worden, en elders een effect hebben op organismen.
- Ander potentieel effect kan zijn dat organische microverontreinigingen vrij (biologisch beschikbaar) komen wanneer het oude materiaal van de drempels elders in het systeem gestort worden.

In hoeverre beide effecten optreden is niet bekend, maar wel potentieel een punt van aandacht.

4.5.5 Menselijk handelen

Er zijn nog een aantal factoren die effect hebben op de toetssoorten, zoals verstoring door recreatie en visserij-activiteiten. Er kan vanuit worden gegaan dat deze activiteiten niet door de verruiming worden beïnvloed. Een ander potentieel verstoringaspect is scheepvaart. Door de verruiming zullen grotere schepen door de Westerschelde kunnen varen, de binnenscheepvaart gaat wellicht meer gebruik maken van nevenvaarwater. Dit zou mogelijk effect op de verstoring van vogels en zeehonden kunnen hebben, in welke mate is niet duidelijk. Tevens is onduidelijk of grotere schepen grotere hekgolven veroorzaken met mogelijk effect voor jonge zeehonden en de randen van slikken en platen. Dit aspect vergt nader onderzoek.

4.6 Literatuur

- Natura 2000.
- Van den Bergh et al. 2003, LTV-streefbeeld natuur en bij de uitwerking daarvan in het natuur ontwikkelingsplan Schelde-estuarium NOPSE.
- VHR info op basis van internetsite LNV.
<http://www2.minInv.nl/thema/groen/natuur/natura2000/gebieden/183/gebied183.htm>.
- Jong, D.J., "Staat van instandhouding Westerschelde: estuarium, karakterisering via ecotopen". Intern document, RIKZ 2004.
- Kustbroedvogels in het Deltagebied: een terugblik op twintig jaar monitoren (1979 – 1998), Rapport RIKZ – 99.025.

5 Voorspellingsmethoden voor de effecten van de verruiming

In hoofdstuk 2, 3 en 4 is de informatiebehoefte weergegeven vanuit de beleidskaders KRW, LTV2030 en VHR. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op vijf methoden die voor effectvoorspelling kunnen worden ingezet, variërend van analyse van monitoringgegevens tot het toepassen van een keten van voorspellingsmodellen. In hoofdstuk 7 wordt slechts één methode uitgewerkt, namelijk die van de modelketen, omdat deze het meest is toegepast voor in de Westerschelde, en hiervan de meeste informatie beschikbaar is.

5.1 Gebruik van monitoringresultaten

Gebruik van de resultaten van het MOVE project (MWTL info), de monitoring van de effecten van de tweede verruiming van de Westerschelde ligt voor de hand. Nadeel van de methode is echter dat bij de monitoring de gelijktijdig optredende effecten van diverse maatregelen en ontwikkelingen zijn gemeten. Het effect van de verruiming alleen is statistisch lastig te bepalen met name door tijd- en ruimteschaal problemen. Kennisontwikkeling op dit terrein is echter wel mogelijk. De resultaten van de TUE studie [Ref. Stoorvogel *et al*] laten echter zien dat hiervoor wel een veel grotere meetinspanning nodig is dan de huidige.

5.2 Gebruik van expert opinion

Een veel gebruikte en op zich waardevolle methode vooral voor complexe problemen. Een verbetering in deze methode is zeker mogelijk en wel door deze methode te kalibreren/valideren. Deze methode zal zeker nodig blijven in het komende MER. Voor schorren bijv. zijn en komen er geen modellen.

5.3 Vergelijking met andere estuaria

Het principe van deze aanpak lijkt heel simpel. Kies wereldwijd een aantal estuaria uit die bijv. een range laten zien waarin de Westerschelde zich na verruiming ontwikkelt en bepaal daarna voor die estuaria de gewenste informatie voor de Westerschelde. Het resultaat is het effect van een verruiming van de Westerschelde.

In de praktijk levert dit grote problemen op omdat zo'n range van estuaria niet of moeilijk te vinden is voor de gematigde klimaatzone en omdat de databeschikbaarheid en de mening van experts in veel gevallen sterk wisselend blijkt te zijn.

Toch heeft deze aanpak in potentie mogelijkheden met name op het gebied van hypothese ontwikkeling m.b.t. het gedrag van estuaria in generieke zin. Een voorbeeld: er is een relatie bepaald tussen primaire productie en de biomassa bodemdieren bij vergelijking tussen estuaria (Herman, Heip *et al*). Er is ook een relatie bepaald tussen biomassa bodemdieren en aantal vogels bij een vergelijking tussen deelgebieden van de Westerschelde. Op grond daarvan is de hypothese opgesteld door Herman dat in de Westerschelde de primaire productie beperkend

is en dat het aantal bodemdieren en vogels zich vervolgens aan de hand van fysische kenmerken verdeelt over de Westerschelde.

Een alternatieve hypothese is echter dat zowel de productie van fyto- en zooplankton (via troebelheid), als het voorkomen van bodemdieren en vogels (via stroomsnelheid/sedimentdynamiek) wordt beperkt door fysische factoren. De geconstateerde correlatie tussen primaire productie en biomassa bodemdieren is vervolgens wel aanwezig maar dus niet causaal. Praktisch betekent het dat we niet kunnen zeggen of een verandering in de fysische geschiktheid voor bodemdieren of vogels, bij gelijkblijvende primaire productie, na de verruiming ook werkelijk resulteert in andere aantallen. Misschien herverdelen de bodemdieren en vogels zich alleen. Deze herverdeling is vanuit de beleidskaders als VHR zonder meer toegestaan.

5.4 Ontwikkeling van eenvoudige, robuustere (model)concepten

De traditionele model(keten)benadering heeft beperkingen. Dit roept de vraag op of simpeler robuustere benaderingen niet beter zijn. Hier worden twee voorbeelden gegeven, een fysische en een ecologische. De fysische toepassing betreft het cellenconcept [Ref. Jeuken, 2001]. Dit maakt het mogelijk om de uitvoer van 3D morfologische modellen om te zetten in simpele regels hoe het onderhoudsbaggerwerk over de Westerschelde te verdelen zonder kans op degeneratie van het meergeulenstelsel. Was dit concept er niet geweest dan zouden voorstellen voor uitvoering van het onderhoudsbaggerwerk veel moeilijker zijn.

Het ecologische voorbeeld betreft het gegeven dat het wellicht mogelijk is met kennis, inzicht, discussie en eenvoudige modellen aan te tonen dat beschikbaarheid van prooidieren voor vogels in de Westerschelde geen factor is waarmee rekening hoeft te worden gehouden in het komende MER. Dit betekent dat de modellen voor vogels heel veel simpeler worden en betrouwbaarder omdat de veranderingen in de abiotische factoren, met veel meer zekerheid zijn te voorspellen. Een ander voorbeeld is dat van P. Herman, zie hierboven. Het zal zonder meer duidelijk zijn dat de ontwikkeling van dit soort hypothesen enorm kan helpen bij het interpreteren van modeluitkomsten en daarom aanbeveling verdient.

5.5 Gebruik van een keten van modellen

Dit is traditioneel de meest gebruikte methode en daarom heeft binnen RIKZ ook veel ontwikkeling op dit terrein plaatsgevonden. Idealiter gaat het dan om een keten van op elkaar afgestemde stochastische en/of deterministische modellen. In de volgende hoofdstukken zal duidelijk worden dat het in de praktijk gaat om een keten van modellen van diverse pluimage met soms goede en soms minder goed input/output koppelingen. In het algemeen kan van de modelketen gezegd worden dat het fysische deel ervan meer ontwikkeld is dan het ecologische en dat de aansluiting tussen fysica en ecologie lastig is. Vanwege het feit dat via deze modelketenbenadering de informatiebehoefte potentieel het best wordt gedekt, en omdat deze methode tot nu toe het meest is toegepast, wordt in hoofdstuk 7 alleen de modelketenbenadering uitgewerkt.

5.6 Literatuur

- Herman, P.M.J., J.J. Middelburg, J. Van de Koppel & C..H.R. Heip (1999) Ecology of estuarine macrobenthos. In: Advances in Ecological Research, Vol. 29, p. 195-240.
- Jeuken, C., 2001. Verificatie cellenconcept Westerschelde op basis van historische gegevens. Rapport Z3078, WL|Delft Hydraulics.
- Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43' Een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen MOVE Evaluatierapport 2003, Rijkswaterstaat rapport RIKZ/2003.027.
- Stoorvogel A.A., L.C.G.J.M.Habets, Rapport Tijdrteeksanalyse Westerschelde, ICTOO, TU Eindhoven.

6 Beschikbare fysische en ecologische systeemkennis

Achtereenvolgens worden de fysische en de ecologische systeemkennis besproken. De ecologische systeemkennis is zo omvangrijk dat hier wordt volstaan met de hoofdlijnen, aangevuld met de meest relevante literatuur per onderwerp. "*Selected readings*" dus.

6.1 Waterbeweging

De waterbeweging van de Schelde is beschreven in het kader van het RIKZ onderzoeksproject ZEEKENNIS [Ref. Kramer, 2002 en Pieters, 2005].

Het doel van de literatuurstudie van Kramer [Ref. Kramer, 2002] was om een actueel overzicht te geven van de opgedane kennis over de waterbeweging van de Westerschelde en van de effecten van reeds uitgevoerde en voorgenomen ingrepen op de waterbeweging. Het rapport is mede gebaseerd op Pieters 2005. Met het gemaakte overzicht kan snel en in grote lijnen kennis worden genomen van de achtergronden van de grootschalige waterbeweging en van de verwachte gevolgen van ingrepen. Het rapport eindigt met een opsomming van een aantal kennisleemten. Een belangrijke kennisleemte betreft de precieze bijdrage van menselijke ingrepen en natuurlijke veranderingen aan veranderingen in de waterbeweging en morfologie. Dat bemoeilijkt de interpretatie van waargenomen ontwikkelingen. Verder constateert Kramer dat het belangrijk is om te onderzoeken of het systeem anders reageert onder extreme condities, dan onder normale omstandigheden.

De studie van Pieters [Ref. Pieters, 2005] had als doel om de veranderingen van de grootte van de getijslag en de mate van getijdoordringing van de afgelopen eeuw (1890-1990) in de Westerschelde in kaart te brengen, het fysisch inzicht in het getij te vergroten en de oorzaken van veranderingen in het getij aan te geven. Pieters heeft daarvoor de zogenaamde harmonische methode gebruikt. Deze methode is geschikt voor het verkrijgen van kwalitatief inzicht in de rol van factoren en processen die op systeemniveau de getijbeweging bepalen. De getijslag en getijdoordringing nemen sinds 1890 continu toe, volgens het rapport met name door zeespiegelstijging en inpolderingen. De sterkste veranderingen treden op na 1970, zowel onder gemiddelde als bij stormvloed omstandigheden. Het rapport maakt zeer aannemelijk dat deze versterking met name het gevolg is van verruiming en onderhoud van de vaargeul. Daarmee neemt het rapport expliciet afstand van eerdere publicaties die een directe relatie tussen verruiming en verandering in getij, met name tijdens stormvloeden, in twijfel trekken. In de oplegnotitie bij het rapport onderschrijft RIKZ deze conclusies, maar beveelt wel aan om:

- 1) de argumenten vóór en tegen expliciet op een rij te zetten;
- 2) tijdreeksen te analyseren van jaargemiddelden van de belangrijkste getijkarakteristieken, in plaats van tienjarige gemiddelden zoals door Pieters;

- 3) meer gedetailleerde modellen in te zetten om de beschouwde periode door te rekenen.

Ondertussen zijn de benodigde tijdreeksen beschikbaar gekomen door recent werk van de TU Eindhoven in kader van MOVE [Ref. Stoorvogel *et al*, 2002].

In dit kader werden twee pilot-studies m.b.t. data-analyse uitgevoerd om na te gaan of met geavanceerde data-analyse de gevolgen van de twee verruiming van de Westerschelde zichtbaar gemaakt kunnen worden. Het betreft een analyse van de waterstanden, meer specifiek de veranderingen in de tijd van de verschillende getijcomponenten, gemeten op een zestal stations en de effecten van baggeren, storten en zandwinning m.b.v. diepte gegevens die via lodingen worden verkregen.

De resultaten laten zien dat het verloop van de waterstanden op de zes stations een zeer grote samenhang vertoont. De effecten van de verruiming kon niet op overtuigende wijze worden aangetoond. Een uitzondering vormt het getij MU2 en in mindere mate 2MN2. Een mogelijke verklaring voor het verschil in uitkomst tussen Pieters 2005 en Stoorvogel is dat Pieters zijn analyse baseert op een veel groter aantal meetstations (de daarvoor gewenste datareductie bereikt hij door te werken met tienjarige gemiddelden), en omdat hij een langere periode beschouwt.

De uitkomst van de data-analyse van de lodingsgegevens was teleurstellend. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat er te weinig wordt gemeten. Het lijkt erop dat de dynamica van het systeem veel sneller is dan de tijd tussen opeenvolgende lodingen.

Verder adviseren we om de modellen ESTMORF/SOBK en Delft 3D met en zonder verruiming in te zetten voor berekeningen voor perioden van respectievelijk ca. 50 jaar en 15 jaar. Dit omdat eventuele onnauwkeurigheden in de modellen dan een minder grote rol spelen.

6.2 Morfologie

6.2.1 Kortsluitgeulen

Tijdens de discussiemiddag van het cluster WAMORSE van het project LTV O&M d.d. 29 juni 2004 werd echter duidelijk dat de ecologen de fysici nog niet voldoende duidelijk hebben gemaakt wat nu precies ecologisch interessante habitats zijn en wat de rol van dynamiek is bij het instandhouden van die habitats. Veel aanwezigen dachten wel dat dynamiek op kortsluitgeulniveau noodzakelijk is om belangrijke ecologische gebieden te behouden of te herstellen, maar daar is nog geen wetenschappelijke onderbouwing voor (zie ook § 3.3, en voor ecologisch en beleidsmatig belangrijke habitattypen § 6.4.1).

Mocht blijken dat de kortsluitgeulen van belang zijn voor de ecologie, dan ligt er dus een opgave om de ontwikkeling van kortsluitgeulen bij een eventuele verdere verruiming te voorspellen. Tijdens de WAMORSE-discussiemiddag bleek echter dat vanuit de morfologische experts er ook nog essentiële kennisleemten omtrent kortsluitgeulen waren:

- hoe ontstaan kortsluitgeulen;
- welke rol speelt dynamiek van hoofd- en nevengeulen voor het ontstaan en verdwijnen van kortsluitgeulen?

De aanwezige experts dachten echter wel unaniem dat het behoud van het meergeulenstelsel noodzakelijk is (maar niet garant staat) voor het behoud of herstel van de dynamiek van hoofd-, neven- en kortsluitgeulen. Ook de commissie-m.e.r. adviseert in haar toetsingsadvies om bij het verder ontwikkelen van morfologische modellen aan het ontstaan en bewegen van kortsluitgeulen aandacht te geven. De vraag is echter of de huidige modellen hiertoe in staat zijn. Er is meer kennis nodig over het ontstaan en gedrag van kortsluitgeulen, voordat hun aanwezigheid en ontwikkeling kan worden voorspeld. Een globale bespreking van de relatie morfologische dynamiek en belangrijke habitats staat in § 6.4.3.

6.2.2 Zandbalans Westerschelde en monding

In 2004 is door RIKZ een zandbalansstudie voor de Westerschelde en monding gemaakt. In deze zandbalans is aangegeven in welke richting de zandtransporten tussen de verschillende deelgebieden in de Westerschelde lopen en hoe groot ze zijn en hoe groot de import of export van de Westerschelde en van het mondingsgebied zijn. Om de fysische kenmerken van de Westerschelde te kunnen behouden, dient de zandhuishouding zo goed mogelijk in balans te zijn. Kennis over de mate waarin het systeem exporterend of importerend is, en over de onderliggende oorzaken is van belang om beslissingen te kunnen nemen over alle activiteiten die effect kunnen hebben op de zandexport, zoals zandwinning [Ref. Nederbragt *et al*, 2004].

De belangrijkste conclusies zijn dat de Westerschelde rond 1990 is omgeslagen van een zandimporterend naar een zandexporterend systeem en dat ook de monding vanaf die periode zandexporterend is. De onzekerheden in gegevens en aannames hebben weliswaar invloed op bovengenoemde conclusies, maar brengen geen veranderingen in het beeld dat de Westerschelde en monding exporterend zijn (geworden).

Nederbragt *et al*. geven de volgende kennisleemten aan:

- Het is onduidelijk wat de omslag van een importerende naar een exporterende Westerschelde heeft veroorzaakt.
- Zowel in de Westerschelde als in het mondingsgebied worden aanzienlijke hoeveelheden opgebaggerde havenspecie gestort. Dit zijn relatief grote hoeveelheden sediment, die aanzienlijke hoeveelheden zand bevatten. Wanneer op kleinere schaal gekeken gaat worden naar zandtransporten tussen balansvakken dienen deze stortingen meegenomen te worden.
- De interne zandbalans (transporten en transportrichtingen) van het mondingsgebied is onduidelijk. Door het sterk tweedimensionale karakter van het mondingsgebied zijn berekeningen met een tweedimensionaal morfologisch model nodig om deze te kunnen bepalen.
- De zandbalans had als aannames dat er geen zand wordt getransporteerd over de grens Nederland-Belgie en dat er 0,3 Mm³/j getransporteerd wordt naar Saeftinge en sedimenteert in Saeftinge. Het is onbekend of deze aannames nog steeds gerechtvaardigd zijn. Uitbreiding van de zandbalans met (een deel van) de Zeeschelde kan hier uitsluitel over geven, maar ook berekeningen met een morfologisch model zouden hierin inzicht kunnen verschaffen.

Voor de omslag van import naar export van de Westerschelde zijn in het morfologische rapport voor de s.m.e.r. mogelijke verklaringen gegeven [Ref. Jeuken *et al*, 2004]. De omslag houdt wellicht verband met het proces van bochtafsnijding in het middendeel van de

Westerschelde dat omstreeks 1988 een nieuw evenwicht bereikte. Een andere verklaring is de verplaatsing van de zandwinning van het westelijke naar het oostelijke deel van de Westerschelde in het begin van de jaren negentig en de veranderingen van de stortstrategie sinds de tweede verruiming. Sinds de tweede verruiming wordt het onderhoudsbaggerwerk namelijk niet meer in het oostelijke deel van de Westerschelde teruggestort, maar voornamelijk in het westelijke deel van de Westerschelde. Deze zaken dienen verder onderzocht te worden.

In het MOVE Evaluatierapport 2003 [Ref. MOVE-rapport 8, 2003] is tenslotte een aanbeveling gedaan om onderzoek te doen naar de ontwikkeling van de getij-asymmetrie in de Westerschelde en de invloed daarvan op de zanduitwisseling tussen de Noordzee en de Westerschelde.

6.2.3 Effectbepaling van ingrepen

In de MOVE-evaluatiestudie van 2003 [Ref. MOVE-rapport 8, 2003] zijn de ontwikkelingen in het fysisch, chemisch en biologisch systeem van de Westerschelde na de tweede verruiming bestudeerd, teneinde mogelijke veranderingen ten gevolge van die verruiming aan te wijzen. Aan de hand van de tijdens de evaluatie beschikbare monitorgegevens tot 2002 konden de meeste in 1996 voorspelde effecten nog niet of nauwelijks met voldoende betrouwbaarheid bevestigd of uitgesloten worden. Desalniettemin zijn er wel signalen dat er sinds de verruiming 48'/43' veranderingen zijn opgetreden in de Westerschelde, zoals bijvoorbeeld in de waterstanden en in de arealen en inhouden van platen en ondiep water. Voor een uitgebreide beschrijving van de conclusies wordt verwezen naar hoofdstuk 5 van dit rapport.

Het rapport doet ook een aanbeveling over te ontwikkelen kennis van natuurlijke ontwikkelingen en proceskennis. Natuurlijke trends en jaarlijkse en meerjarige fluctuaties spelen namelijk een belangrijke rol in het dynamische Westerschelde-estuarium en deze maskeren mogelijk de effecten van de verruiming. Er is gebleken dat er meer kennis ontwikkeld dient te worden over variaties in parameters ten gevolge van natuurlijke/dynamische processen om mogelijke effecten van ingrepen, als ze er zijn, aan te kunnen tonen.

Hierop aansluitend verdient het aanbeveling om de vanaf 1955 berekende arealen van de in MOVE beschouwde morfologische eenheden (geul, ondiep water, plaat en slik) opnieuw te berekenen, echter niet met de vaste referentievlakken zoals tot nu toe gebruikelijk, maar met in de tijd en ruimte variërende referentievlakken. Dit doet meer recht aan de werkelijkheid. Als referentievlak tussen ondiep water en plaat dient dan in plaats van de vaste waarde van NAP -2 m de waarde van gemiddeld laag water (GLW) genomen te worden. De bovenbegrenzing van het intergetijdengebied kan gelegd worden op gemiddeld hoog water (GHW). Dit betekent dat in principe voor elk jaar een nieuw referentievlak berekend moet worden, aangezien de GLW en GHW veranderen in de tijd. Daarnaast hebben de waterstanden in het oostelijke deel van de Westerschelde een heel andere waarde dan die in het westelijk deel, die in de tijd ook nog eens veranderen.

Met betrekking tot het onderhoudsbaggerwerk zijn de twee belangrijke conclusies:

1. *Er is geen relatie tussen de omvang van het onderhoudsbaggerwerk op de drempels en de hoeveelheid gestort materiaal bij een drempel.*

Deze conclusie is gebaseerd op het feit dat verplaatsing van de stortingen van het oostelijke naar het westelijke deel van de Westerschelde geen invloed heeft gehad op de omvang van het onderhoudsbaggerwerk.

Aanbevolen wordt echter wel om deze uitspraak te toetsen met een 2D of 3D morfologisch model. Het in het kader van LTV O&M verder te ontwikkelen DELFT3D-model van de Westerschelde zou hiervoor geschikt zijn.

2. De toename in de omvang van het onderhoudsbaggerwerk is vooral het gevolg van de vaarwegverbreding.

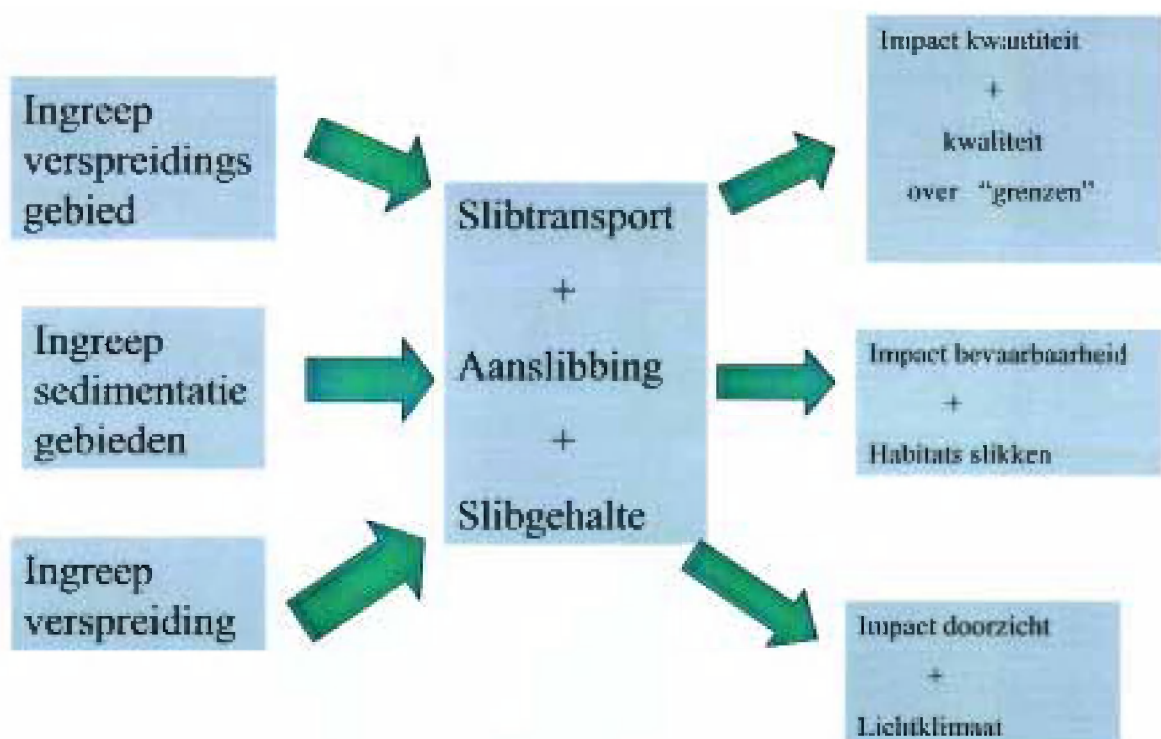
Deze conclusie is gebaseerd op het feit dat het onderhoudsbaggerwerk op de drempels na de verruiming 48'/43' nauwelijks toegenomen is.

De meetgegevens en een op fysische principes gebaseerd model om aanzanding van een drempel te voorspellen, dat ook voor de s.m.e.r. gebruikt is (zie ook Jeuken *et al.*, 2004), wijzen er op dat op een aantal drempels in de Westerschelde een maximale aanzandingssnelheid per eenheid van oppervlakte is bereikt. Het onderhoudsbaggerwerk in de overige gebieden, zoals langs plaatranden om de vaargeul op de gewenste breedte te houden, is wel toegenomen.

Aanbevolen wordt om een onderzoek te doen naar de maximale aanzandingssnelheid op een drempel: wat is de fysica achter dit verschijnsel en heeft deze ontwikkeling implicaties voor de fysische kenmerken van de Westerschelde en zo ja, welke?

6.3 Slib

Kennis van slib is relevant bij ingrepen. De relatie tussen ingreep, optredend slibaspect en mogelijke impact is weergegeven in bijgaande figuur. De kennis over het slib is omvangrijk, maar fragmentarisch en niet voldoende om alle beheersvragen met betrekking tot slib en ecologie te beantwoorden.



Voor de aanwezige kennis wordt volstaan door te verwijzen naar de literatuur en de projecten die er zijn geweest vanaf 1990. Wat betreft literatuur kan gebruik gemaakt worden van een recente inventarisatie met betrekking tot de Slibhuishouding van het Scheldeestuarium [Ref. Wartel *et al*, 2000]. Daarnaast is een inventarisatie gedaan van slib gerelateerde projecten bij het RIKZ [Ref. Rutgers van der Loeff, 2003]. Daarnaast is informatie m.b.t. slib te vinden in het MOVE rapport [Ref. MOVE rapport 7, 2003], in de disciplinegroep slib [Ref. NCK, 1997] en in een intern RIKZ rapport over de monitoring van de stort in de Westerschelde van de boorspecie uit de Westerscheldetunnel.

6.4 Ecologie

De ecologische kennis van de Westerschelde is zeer omvangrijk. Hier wordt slechts op twee aspecten ingegaan. Het betreft welke habitats vanuit de habitatrichtlijn en vanuit ecologisch perspectief het meest waardevol zijn en wat de relatie is tussen fysische dynamiek en de ontwikkeling van deze habitats. Hier wordt op ingegaan omdat gebrek aan inzicht bij fysici over wat belangrijke habitats zijn, en welke dynamiek wel en niet wenselijk is voor het instandhouden van die habitats en fysische belemmerend werkt bij het vergroten van de bruikbaarheid van fysische modellen voor ecologische effectstudies. Dat bleek in juni 2004 op een discussiemiddag van morfologen als ecologen rond het thema "behoud dynamisch meergeulensysteem", georganiseerd door de werkgroep WAMORSE in het kader van het project LTV O&M. Eén van de doelen van die middag was om een antwoord te krijgen op de vraag hoe kan worden gemeten of het goed gaat met het dynamisch meergeulensysteem van de Westerschelde. Er is die middag voornamelijk gediscussieerd over de definitie van dynamiek en het belang ervan voor de ecologie. Conclusie van die discussie was dat tussen wetenschappers onderling nog zeer veel onduidelijkheid is over wat verstaan wordt onder ecologisch interessante gebieden in relatie tot morfologische dynamiek. Vervolgens werd geconcludeerd dat het zodoende belangrijk is dat er duidelijk beschreven wordt wat nu precies de ecologisch interessante gebieden zijn en wat dan de rol van morfologische dynamiek is bij het ontstaan en instandhouden van die gebieden. Dan kan immers worden vastgesteld of en op welke schaal dynamiek behouden of hersteld moet worden.

6.4.1 Ecologisch belangrijke habitats

Binnen de Westerschelde zijn de hieronder genoemde habitattypen van belang om de volgende redenen:

1. vanwege hun ecologische betekenis
2. omdat er in het beleid een belang aan is toegekend
3. omdat ze zeldzaam zijn of afnemen op nationale of Europese schaal.

Vanwege hun grote belang als toetsingscriterium voor de Verruiming geven we ook al kort aan in welke mate we het areaal kunnen voorspellen.

- Jong schor. Dit is zeldzaam geworden en er treedt nauwelijks nieuwvorming op. Kwalificerend habitat voor Habitatrichtlijn. Momenteel is er geen werkbaar voorspellingsinstrument voor beheersvragen rond schorren in de Westerschelde.
- Laagdynamisch intergetijdengebied. Dit habitat kent veel hogere dichtheden aan bodemdieren en steltlopers dan de hoogdynamische gebieden. Er is een afname in het aandeel laagdynamische gebied.

De huidige modellen voorspellen het areaal laagdynamisch gebied slecht.

- Laagdynamisch ondiep water. Dit habitat is waarschijnlijk de kinderkamer voor vis en dient mogelijk ook als een refugium tijdens laagwater voor getijmigreerders (garnaal en strandkrab na het allervroegste levensstadium). Getijmigreerders foerageren tijdens hoog water in het intergetijdengebied en trekken tijdens laag water naar ondiep water. Het areaal ondiep water neemt sinds ca. 70 jaar continu af.
- Zandige supralittorale delen van platen. Dit habitat is met name de broedplaats van kale grond broeders, allemaal VRL-soorten (zie § 4.2).
- Slikken. Waarnemingen in telvakken op slikken en platen bevatten aanwijzingen, dat de meeste vogelsoorten, bij overigens gelijke abiotische omstandigheden, op slikken talrijker zijn dan op platen. De huidige morfologische modellen maken echter geen onderscheid tussen de ontwikkelingen van slikken en platen.

6.4.2 Definities van dynamiek

Om de juiste vertaalslag te kunnen maken bij het doen van effectvoorspellingen is het van belang dat de ecologen en fysici hetzelfde beeld hebben bij de vaak gebruikte term "dynamiek". De term dynamiek wordt in diverse betekenissen gebruikt.

- a. Vaak wordt dynamiek in de betekenis van stroomsnelheid gebruikt. Het hoogdynamisch intergetijdengebied betekent bijvoorbeeld intergetijdengebied met hoge stroomsnelheden.
- b. Plaatdynamiek. Hier doelt men op de verticale plaatbeweging.
- c. Morfologische dynamiek: de mate van sedimentverplaatsing, erosie en sedimentatie, het proces zelf.
- d. Dynamiek van neven- en kortsluitgeulen. Hier wordt met name bedoeld op de verplaatsing van de geulen. Dus het resultaat van c.

Een bepaalde mate van fysische dynamiek is onmisbaar voor de ecologie, maar er geldt zeker niet: "hoe dynamischer hoe beter". Hieronder wordt per ecotoop aangegeven welke fysische dynamiek gunstig en ongunstig is.

6.4.3 Relatie tussen dynamiek en ecologisch belangrijke habitats

Schor

Algemeen

Voor schorvorming is aanvoer van sediment nodig, en voldoende stroomluwte, zodat het materiaal ook kan bezinken. Na de eerste plantengroei ontstaat een deels zelfversterkend effect van schorophoging en aangroei door sedimentinvang door vegetatie. Na ordegrootte enige tientallen jaren komen de bovenste delen van een schor boven de hoogwaterlijn te liggen. Het wordt nog zelden overspoeld en verzoet, waarna riet- en boomopslag optreedt. Bij een gelijkblijvende ruimte in het systeem ontstaat vervolgens vanzelf afbraak. De door afbraak ontstane ruimte geeft weer gelegenheid voor opbouw. Kortom: voor schorvorming is lage dynamiek (stroomsnelheid) nodig. Schorafbraak gaat op gegeven moment vanzelf plaatsvinden. Het hier geschetste proces van opbouw en afbraak reflecteert een in principe (natuurlijke) cyclus. Bij toename van de stroomsnelheden kan afbraak de overhand krijgen. Het schor wordt geleidelijk afgebroken en de opbouw van nieuw schor neemt af.

Westerschelde

De meeste schorren in de Westerschelde zijn nu in hetzelfde verouderde stadium door combinatie van slijkgrasaanplant en weinig ruimte. Er vindt netto afbraak plaats door natuurlijke afbraak (hoort bij stadium in cyclus) versterkt door toename stroomsnelheden. Jong schor is zeldzaam. Er is nauwelijks nieuwvorming door ruimtegebrek.

Primair duin en zandige supralitorale delen van platen

Algemeen

Primair duin is afhankelijk van uitwerking van duinhabitats in Nederland. Momenteel is beleid dat alle primaire duinen beschermd moeten worden (zie § 4.2).

De supralittorale plaatdelen zijn van belang als broedplaats voor kustbroedvogels en rustplaats voor Zeehonden. Dit zijn allemaal voor de VHR kwalificerende soorten. Zandige supralitorale delen ontstaan door verstuing. Door successie worden de platen en duinen na 5-10 jaar ongeschikt als broedplaats. Die successie wordt tegengegaan door erosie en overspoelen (ideaaliter 1-5 keer per jaar, in winterhalfjaar) of afbraak en opbouw. Voor die opbouw moet dan, net als bij schor, wel ruimte zijn en niet te hoge stroomsnelheden. Plaatverhoging leidt ter plaatse tot afname van stroomsnelheden en daardoor toename van slibafzetting. Dit vermindert de verstuing en vervolgens verloopt de successie naar schor sneller.

Voor de vorming en instandhouding zou kustdynamiek gewenst zijn voor wat betreft het golfklimaat, overspoelingsfrequentie en zout(spray).

Westerschelde

Hoge plaatdelen liggen op de Hooge Platen, Hoge Springer en (recent gevormd) op de Platen van Valkenisse. De ontstaanswijze op de Hooge Platen is niet geheel natuurlijk. Deze hoge delen worden één tot enkele malen per jaar overspoeld, met name in het winterhalfjaar.

Slik

Algemeen

Slikken hebben doorgaans hogere dichtheden van bodemdieren en vaak ook van vogels dan platen. Dat lijkt zeker niet alleen veroorzaakt te worden door de hogere slibgehalten. De middelmatig zandige slikken hebben de hoogste dichtheden aan bodemdieren en vogels. Zeer slibrijke en slibarme delen hebben lagere dichtheden. Er is geen meerjarige autonome ontwikkeling van ophoging bij schor, zoals door slibinvang of bij duin door verstuing en zandvastlegging door vegetatie. Meestal is er sedimentatie en vastlegging in zomer (door algen) en erosie in winter.

Gaande van heel hoge naar heel lage stroomsnelheden ontstaan: erosie slik => zandig slik => matig slibrijk slik (ecologisch meest waardevol) => slibrijk slik => overgang van slik naar schor. Er is geen sprake van successie op een slik, zoals bij schor en hoge plaatdelen of duinen. Dus het ecologisch waardevolle matig slibrijke slik behoudt in principe jaar na jaar zijn waarde als de stroomsnelheden en het sedimentaanbod niet veranderen.

Westerschelde

De slikken langs de geulen staan onder druk door toename van stroomsnelheden. Op veel plekken is het slik geërodeerd tot op het veen. Door geulwandverdediging tracht men, met succes, erosie te voorkomen.

Getijdeplaat

Algemeen

Er is sprake van een autonoom proces van ophoging en aaneengroeien. Spiraalstroming en bochtstroming zijn de aandrijvende factoren voor aangroei en vervorming. Daarentegen zorgen golven voor erosie. De combinatie van processen geeft de geomorfologische diversiteit. Voor de steltlopers zijn de platen van extreem belang. Voor bodemdieren en vogels komt een plaat op een gegeven moment te hoog te liggen. Kan dan wel waardevol worden als broedplaats voor grondbroeders of als schor. Die ophoging wordt doorbroken door migrerende kortsluitgeulen. De plaatdelen hebben een bepaald klimaat van droogvalduur en stroomsnelheid.

Westerschelde

De platen in met name het midden en oostelijk deel zijn geleidelijk hoger geworden en aan elkaar gegroeid. De ontwikkeling in de Westerschelde mag zeker niet alleen worden toegeschreven aan de natuurlijke processen.

Ondiep water

Algemeen

Delen met lage stroomsnelheden zijn ecologisch het meest waardevol. Ze zijn van belang als kinderkamerfunctie voor platvissen. Er is geen autonome ontwikkeling, zolang stroomsnelheden niet veranderen blijft een gebied even waardevol.

Westerschelde

Het areaal ondiep water neemt sinds de dertiger jaren af. Zodoende is een verschuiving gaande van laag-dynamisch naar hoog-dynamisch gebied.

Deze paragraaf beperkt zich verder tot het geven van een recente adequate literatuurlijst (Zie onder 6.6)

6.5 Literatuur

Fysica

- Jeuken, C., Z.B. Wang, T. van der Kaaij, M. van Helvert, M. van Ormondt, R. Bruinsma en I. Tanczos, 2004. Morfologische ontwikkelingen in het Schelde-estuarium bij voortzetting van het huidige beleid en effecten van een verdere van de vaargeul en uitpolderingen langs de Westerschelde. Rapport gemaakt door consortium Arcadis-Technum in opdracht van ProSes.
- Kramer, J. de, 2002. Waterbeweging in de Westerschelde, een literatuurstudie. ICG-rapport 02/6, Universiteit Utrecht, Centre for Geo-ecological Research.
- Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43', Éen verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen, MOVE Evaluatierapport 2003, MOVE-rapport 8, Hoofdrapport en samenvatting, Rapport RIKZ/2003.027, Rijkswaterstaat RIKZ.
- Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'. MOVE Hypothesendocument 2003, MOVE rapport nr 7, Rapport RIKZ/2003.009, Rijkswaterstaat RIKZ.

- Nederbragt, G. en G.A. Liek, 2004. Beschrijving zandbalans Westerschelde en monding. Rapport RIKZ/2004.202, Rijkswaterstaat RIKZ.
- Nederlands Centrum voor Kustonderzoek (NCK), Workshop disciplinegroep slib, slibbalans Noordzee tijdens stormomstandigheden, 13 november 1997.
- Pieters, T. (2005). Het Scheldegetij. Beschrijving en analyse van het getij in het Schelde-estuarium. Rapport BGW-0102. Met een oplegnotitie van D. Dillingh & J. Graveland. Werkdocument RIKZ//AB/2005.801w. Middelburg.
- Rutgers van der Loef, M., Inventarisatie slibgerelateerde projecten bij het RIKZ, bijgewerkt tot 17 februari 2003.
- Stoorvogel, A.A. en L.C.G.J.M. Habets, 2002. Rapport tijdreeksanalyse Westerschelde. Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Wiskunde en Informatica.
- Wartel S., G.T.M. van Eck, 2000, Slibhuishouding van het Schelde-estuarium, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en RIKZ, December 2000.

Ecologie-algemeen

- Berrevoets, C.M.; Strucker, R.C.W.; Arts, F.A.; Meininger, P.L., Watervogels in de zoute Delta 2001/2002 (jaarrapportage) RIKZ/2003.001.
- Bouma H., D.J. de Jong, F. Twisk. K. Wolfstein, Zoute wateren ecotopenstelsel (Zes.1), rapport verschijnt in juni 2005.
- Dam, G. en de Vries, M., Royal Haskoning & WL Delft, Royal Haskoning & WL Delft, 1207 Stromingsinformatie voor de ecologie.
- Ens B.J., Brinkman AG, Dijkman E, Meesters E, Kersten M, Brenninkmeijer A, Twisk F, in prep., Modeling the distribution of waders in the Westerschelde.
- Graveland, J.; Kornman, B.; Dauwe, B. Waardering voor de Westerschelde : voorstel voor beoordelingscriteria gebaseerd op inventarisaties van de ecologische toestand, gebruik, beleid en beoordelingsmethoden.
- Heuvel-Greve M.J. van den, M.S.J. Hoekstein, F.O.B. Lefèvre, P.J. Meininger, A.D. Vethaak, Mogelijke oorzaken van slecht broedsucces in de visdiefkolonie bij Terneuzen : stand van zaken en aanbevelingen.
- Meininger Peter L., Cor M. Berrevoets, Rob C.W. Strucker RIKZ/99.025, VOGELS Kustbroedvogels in het Deltagebied: een terugblik op twintig jaar monitoring (1979-1998) Delta 2000: inventarisatie huidige situatie Deltawateren (voor de kengetallen).
- Meininger P.L., M.S.J. Hoekstein, P.A. Wolf, S.J. Lilipaly Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2004 (jaarrapportage), Rapport RIKZ/2005.002.

- Meininger, P.L., Strucker, R.C.W., Wolf, P., Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2002 (jaarrapportage, nieuwe rapport gedrukt in juni 2004, voornamelijk over 2004 en beetje over 2003). Rapport RIKZ/2003.020.
- Peters B.G.T.M., G.A. Liek, J.W.M. Wijsman, M.W.M. Kuijper, G.Th. van Eck, Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43' : een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen : MOVE Evaluatierapport 2003.
- Stikvoort E., C. Berrevoets, M. Kuijper, F. Lefèvre, G-J. Liek, Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43' : MOVE hypothesendocument 2003 : onderliggende rapportage bij MOVE rapport 8 (deel A en B) Evaluatierapport 2003.
- Van den Bergh E., E. S. Van Damme, J. Graveland, D.J. de Jong, I. Baten & P. Meire (2003), Voorstel voor natuurontwikkelingsmaatregelen ten behoeve van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium. Werkdocument/RIKZ/OS/2003.825x, rapport Instituut voor Natuurbehoud, Universitaire Instelling Antwerpen.

Vissen (vanuit KRW)

- Alterra – Bert Higler, Fabrice Ottburg, OVB – Tim Vriese, Marco Beers, RIKZ – Zwanette Jager, RIVO – Joep de Leeuw, Max v.d. Ven, RIZA – Joost Backx, Jan Kranenbarg, Witteveen+Bos – Nico Jaarsma, Marcel Klinge, ACHTERGRONDDOCUMENT VISSSEN.
- Daan. N., Deskstudie Draagkracht Westerschelde voor jonge vis., rapport RIVO, C039/00.
- Kranenbarg, J., KRW vis in overgangswateren; antropogene knelpunten en potentiële herstel- en inrichtingsmaatregelen, WL|Delft Hydraulics projectnummer Z3905.
- Twisk F. & Pluijm A.M. van de, Kaarten van de habitatgeschiktheid voor vissen, Strandkrab en Garnaal in de Westerschelde, rapport RIKZ/OS/2002.842x.
- Welleman H. & Dekker W., Variatie in visvangsten in de Westerschelde en overige kustwateren tijdens de Demersal Fish Surveys, rapport RIVO, C007/01.

Slikken en schorren

- Consemulder, J., G.J.Liek, Een natuurlijke opwaardering : beslissingsondersteunend document voor het verbeteren van het schor en slik bij Waarde, rapport RIKZ/2002.055.
- Kornman B.A., A. Schouwenaar, Kleidijken en groene dijken in de Westerschelde, voorspelling ligging schorranden in 2050 t.b.v. de aanleg van kleidijken/groene dijken.
- Siermans W.C.H., H. Hummel c.s, Inventarisatie macrofauna Westerschelde 2003, Rapportage in het kader van de evaluatie van de verdieping van de Westerschelde, NIOO/CEME, maart 2004.

- Stikvoort Ed, Met het tij mee : over de ontwikkelingen in het Sieperdaschor, rapport RIKZ/2000.046.
- Stikvoort E.C., R. Jentink, C. Joosse, A. M. van der Pluijm, Effecten werkstroken dijkverbetering op kwalificerende habitats : verkennend onderzoek op slikken en schorren langs Westerschelde en Oosterschelde, rapport RIKZ/2004.026.

Zeezoogdieren

- Meininger, P.L., R.H. Witte & J. Graveland, Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen, rapport RIKZ/2003.041.
- Twisk F., De geschiktheid van platen in de Westerschelde als rustplaats voor de Gewone Zeehond (1931 en 2001), werkdocument RIKZ/OS/2003838x.

Micro- en macrofauna

- Berg, M. v.d., Achtergrondrapportage referenties en maatlatten fytoplankton, rapportage van de expertgroep fytoplankton, Oktober 2004 red. STOWA, kaderrichtlijn water (PDF op van de site STOWA).
- Berg, M. v.d., Achtergrondrapportage referenties en maatlatten waterflora, rapportage van de expertgroepen macrofyten en fytoplankton, November 2004 STOWA, kaderrichtlijn water (PDF op van de site STOWA).
- Expertgroep macrofauna, Achtergronddocument referenties en maatlatten voor macrofauna, Versie december 2004 STOWA, kaderrichtlijn water (PDF op van de site STOWA).
- Gotje W de la Haye M, Macrozoobenthos in de Westerschelde. Een historisch overzicht (1965-2002), AquaSense, 2422 rap.
- Kornman B.A., P. Kamermans, P. Tydeman, De handel en wandel van Kokkel en Nonnetje in hun eerste levensjaar: kennis en inzicht voor herstel, inrichting en beheer op basis van literatuur en veldonderzoek. Rapport RIKZ/2001.036.
- Rutten, T.P.A, Sandee, B., Hofman, A.R.T., Flowcytometriefytoplanktonmonitoring 2002b : evaluatie van flowcytometrie fytoplanktonmonitoring juli t/m december 2002, rapport RIKZ/2003.015.
- Sistermans W.C.H., H. Hummel, A. Engelberts en M.M. Markusse, Inventarisatie macrofauna Westerschelde 2004, rapportage in het kader van de evaluatie van de verdieping van de Westerschelde, rapport NIOO-CEME maart 2005.
- Twisk F. & Pieters J.P.F., Kennis over habitateisen bodemdieren toegepast in de GIS-omgeving, werkdocument RIKZ/OS/2003.843x.
- Ysebaert T & Herman PMJ i.s.m. Hewitt JE, Ellis JI & Thrush SF, Beschrijven, modelleren en voorspellen van bodemdieren in een estuariene omgeving, rapport KNAW/NIOO/CEME 2002-6.
- Verweij G.L., P. Esselink, K. Fockens, R.P.T. Koeman, Biomonitoring van microzoöplankton in de Nederlandse zoute wateren 2004, Rapport 2005-024.

7 Beschikbare modellen ketenbenadering

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe de modelketenbenadering wordt ingezet om de effecten van verruiming te bepalen. In hoofdstuk 8 wordt de informatiebehoefte (hoofdstuk 2, 3 en 4) vergeleken met de beschikbare modellen voor de modelketenbenadering. Dat hoofdstuk geeft dus aan welke informatie nodig is en op welke wijze deze informatie verkregen kan worden via de modelketenbenadering die hieronder in detail wordt besproken.

Samengevat kan worden gesteld dat vanuit de hoofdstukken 2, 3 en 4 de informatiebehoefte op het volgende neerkomt:

- KRW: plankton, bodemdieren, schorren en vissen;
- LTV2030: twee toetswaarden meergeulenstelsel en verder de informatie over arealen zoals die voor de VHR nodig is;
- VHR: tien ecotopen voor het habitat estuarium en drie schorhabitats (de toetsingsvariabelen voor schorren zijn voor KRW en VHR gelijk);
- VHR: drie vissoorten, zeehond en 16 vogelsoorten. Daarnaast informatie over een twintigtal overige relevante vogelsoorten.

In dit rapport is **niet** aangegeven op welke wijze de informatiebehoefte gedekt is bij toepassing van andere methoden, die hoofdstuk 5 geeft.

7.2 Principe van de modelketenbenadering

De bespreking van de modelketenbenadering verloopt in de volgorde waterbeweging → morfologie → ecotopen → voedsel (prooidieren) → hogere trofische niveaus.

In de waterbeweging staan waterstanden, zoutgehalte en stroomsnelheden centraal; in de morfologie de arealen geul, plaat en slik, de verdeling daarvan in hoog- en laagdynamisch arealen en de verdeling in hoog-en laaggelegen arealen. Daarna wordt aangegeven hoe informatie over deze kenmerken doorvertaald kan worden in habitatgeschiktheid en voedselbeschikbaarheid, en vervolgens in effecten op hogere trofische niveaus.

Na bespreking van de hydrodynamische en morfologische modellen (§ 7.3 en 7.4) volgt een samenvattend overzicht van de kenmerken van deze modellen en hun bruikbaarheid voor de ecologie (§ 7.5).

7.3 Hydrodynamische modellen

In operationele sfeer, dus voor het voorspellen van waterstanden en stroomsnelheden in de Westerschelde, wordt bij Rijkswaterstaat het hydrodynamische 2DH-model SCALWEST gebruikt. Dit model is gebaseerd op Waqua in SIMONA en omvat de Westerschelde en de Zeeschelde tot aan Gent. De zeewaartse rand ligt op de NAP –20 m. Het is gekalibreerd en gevalideerd op waterstanden en debieten. Van origine is deze validatie en kalibratie gefocust op de waterbeweging in de hoofdgeulen, waardoor de waterbeweging in het intergetijdengebied door SCALWEST minder goed werd benaderd. Echter juist voor de

ecologie zijn goede voorspellingen van de stroomsnelheden in het intergetijdengebied noodzakelijk om goede ecologische voorspellingen te kunnen maken. Daartoe heeft RIKZ in de periode 1999 t/m 2003 verschillende studies uit laten voeren met als doel de waterbeweging in het intergetijdengebied beter te kunnen voorspellen met SCALWEST [Ref. Svasek, 1999, Svasek/Alkyon, 2000, Svasek, 2002a en 2002b en Van Rijn, L.C., 2003].

Van Rijn (2003) geeft een goede samenvatting van de resultaten van de eerste drie hierboven genoemde rapporten. In al deze rapporten is gebruik gemaakt van het zogenaamde SCALWEST 1996 model, dus een model dat is afgeregeld op de situatie in 1996. Uit de studie van 1999 bleek dat de voorspelde stroomsnelheden in de intergetijdengebieden langs de oevers veel te laag waren. Dit werd met name veroorzaakt door te grote ruwheden in deze gebieden in SCALWEST (zelfde ruwheid als in de geulen). Om de ruwheid in de intergetijdengebieden op een eenduidige manier aan te kunnen passen is gekozen om m.b.v. de geomorfologische kaart (bodenvormen, sediment) en een ruwheidsvoorspeller (o.b.v. bodenvorm en korrelgrootte) een nieuw ruwheidsveld te berekenen voor het intergetijdengebied. Toepassing van deze methodiek in de studies van 2000 en 2002a leverde een verbetering op: de stroomsnelheden in de intergetijdengebieden langs de oevers werden vrij goed voorspeld. De bodemruwheden waren echter in sommige delen van de plaatgebieden in de Westerschelde nog te groot, waardoor de berekende stroomsnelheden daar lager waren dan de gemeten waarden.

In Svasek (2002b) is vervolgens een SCALWEST model voor het jaar 2000 gemaakt, met de verbeteringen en beperkingen zoals die zijn genoemd in Svasek (2002a). Dit model bevat de bodemligging van de geulen van het jaar 2000 en de bodemligging van het intergetijdengebied en de platen van 2001. Het model reproduceert de waterstanden en getijvolumes in de Westerschelde goed, maar de stroomsnelheden op bepaalde delen van de platen (op circa 20% van de plaatgebieden) vertonen dus afwijkingen met de metingen.

Van Rijn (2003) merkt op dat er aanwijzingen zijn dat de bodemruwheid op die bepaalde delen van platen onjuist wordt geschat omdat in werkelijkheid megaribbels op platen in de Westerschelde aanwezig zijn. De ruwheidsvoorspeller (methode van Rijn 1993) die wordt gebruikt om de ruwheden op de platen in de Westerschelde te bepalen is hierdoor waarschijnlijk niet geschikt, waardoor dus ook de stroomsnelheden in die gebieden verkeerd worden berekend. Van Rijn (2003) heeft zodoende bestudeerd of de gebruikte ruwheidsvoorspeller inderdaad wel toepasbaar is in deze intergetijdengebieden heeft waar mogelijk voorstellen gedaan voor aanpassing of verbetering van de ruwheidsvoorspeller. De conclusie die van Rijn trekt is dat de bodemruwheid van de megaribbels en zandduinen in de Westerschelde niet voldoende nauwkeurig kan worden weergegeven, omdat de vorm van de grotere beddingvormen niet voldoende nauwkeurig wordt weergegeven door de ruwheidsvoorspeller. Hij beveelt aan om het vormeffect op de ruwheid nader te bepalen door middel van laboratoriumonderzoek in combinatie met kalibratie van gemeten en berekende stroomsnelheden in de intergetijdengebieden.

Kornman heeft in 2004 in een intern RIKZ memo op basis van de resultaten van van Rijn (2003) een voorstel gedaan voor verbetering van de stroomsnelheidsvoorspelling in het SCALWEST 2000 model. Dit voorstel hield het volgende in.

- Bereken één ruwheid voor de slikken en één voor de platen. Voor de slikken wordt, op basis van het aanwezige oppervlak met een bepaalde ruwheid, een (gewogen) uniforme ruwheid voor het gehele slik berekend. Al het oppervlak slik krijgt vervolgens in het model eenzelfde ruwheid toegekend.
- Voor de platen wordt hetzelfde gedaan, maar de megaribbelvelden doen niet mee in de bepaling van de uniforme ruwheid. Al het oppervlak (ook de megaribbels) plaat krijgt in het model een zelfde ruwheid toegekend. Voordeel is dat de te hoge ruwheid van de megaribbels omlaag gaat en de snelheden dus omhoog, hetgeen beter overeenstemt met de werkelijkheid.

Dit voorstel zou met relatief weinig inspanning uitgevoerd kunnen worden, waarbij ook de resultaten van een berekening met de nieuwe ruwheden vergeleken moeten worden met de resultaten van een berekening met het huidige SCALWEST 2000 en gemeten waarden. Wanneer de nieuwe ruwheden leiden tot beter met de werkelijkheid overeenstemmende stroomsnelheden in het intergetijdengebied, zou SCALWEST gebruikt kunnen worden voor het voorspellen van stroomsnelheden in het intergetijdengebied voor toekomstscenario's, hetgeen weer als input kan dienen voor het ecologische voorspellingsinstrumentarium.

Voor het voorspellen van waterstanden en debieten zijn bij Rijkswaterstaat de zogenaamde Kustzuid 3 en 4 modellen beschikbaar, die vooral gebruikt worden en geschikt zijn voor het voorspellen van waterstanden en debieten.

De zoutsimulaties voor de Westerschelde zijn tot op heden bij Rijkswaterstaat Zeeland uitgevoerd met het 2DH-Waqua model Scaldis400 [Ref. Rijkswaterstaat directie Zeeland 1994, 1995 en 2001, en RIKZ, 1995]. Dit model heeft onderstaande karakteristieken:

- modelgebied: Zeebrugge-Westkapelle tot de stuwen in de Belgische rivieren;
- gridgrootte: 400 m, MxN=175x200;
- bodemschematisering: 1976-1992;
- gekalibreerd en gevalideerd m.b.t. waterstanden, stromingen en zout voor medio 1990;
- uitvoer: 10-minuutwaarden in specifieke locaties en veldinformatie doorgaans enkele dagen met interval 30-minuten.

De representatie van waterstanden en zout is, ondanks de verouderde schematisering, ook voor recentere periodes nog behoorlijk.

7.4 Morfologische modellen

De morfologische veranderingen in het Schelde-estuarium worden intensief gemonitord door de Nederlandse en Vlaamse overheid. Om de effecten van lange termijnveranderingen (relatieve zeespiegelrijzing) en menselijke ingrepen, zoals baggeren, storten en zandwinning en verruiming van de vaargeul te kunnen voorspellen, is een adequaat en betrouwbaar instrumentarium nodig. Van de volgende morfologische modellen zijn thans schematisaties beschikbaar voor de Westerschelde:

1. het semi-empirische 1D-netwerkmodel ESTMORF;
2. de proces georiënteerde 1D-netwerkmodellen SOBEK en MIKE11;
3. het proces georiënteerde 2D/3D-model DELFT3D;
4. het slibmodel van LTV O&M;
5. het Cellenconcept Westerschelde.

7.4.1 ESTMORF

ESTMORF is een semi-empirisch 1D-netwerkmodel dat door WL|Delft Hydraulics en RIKZ samen ontwikkeld is. Het model is geschikt om lange-termijn-morfologische ontwikkelingen (decennia) van estuaria onder invloed van natuurlijke ontwikkelingen (zeespiegelstijging, 18,6 jarige cyclus van het getij) en menselijke ingrepen (baggeren, storten, inpolderingen) te berekenen [Ref. Wang *et al*, 2001; Jeuken *et al* 2002 en 2004; Wang, 2003].

Voor de Westerschelde, inclusief het mondingsgebied, is er een schematisatie beschikbaar voor de situatie van 1968. Deze schematisatie is gekalibreerd met meetgegevens (erosie en sedimentatie van geulen en platen/bagger-, stort- en zandwinggegevens) voor de periode 1968-1998. Deze versie van het model is gebruikt voor de hierboven bij 2 en 3 genoemde rapporten.

In het kader van het morfologisch onderzoek voor de s.m.e.r. in opdracht van ProSes is tevens een ESTMORF schematisatie gemaakt voor de situatie van 2001, om daarmee lange-termijn veranderingen in de zandbalans en ontwikkelingen van het intergetijdengebied te kunnen berekenen. Deze versie kon echter niet gekalibreerd worden. Jeuken *et al*. (2004) stelt dat er nog niet kon worden gekalibreerd omdat er slechts drie jaar gegevens beschikbaar zijn na 2001. Dit is voor een lange termijn model veel te kort. Om dit punt enigszins te ondervangen is het nieuwe model zo afgeregeld dat de trends aan het begin dezelfde trend van morfologische ontwikkeling hebben als de (gekalibreerde) schematisatie van 1968 aan het eind.

In juli 2004 is in het kader van het project LTV O&M door WLB offerte aan WL|Delft Hydraulics gevraagd voor "het uitvoeren van een aantal onderzoeksopdrachten op vlak van numerieke modellering welke een vervolg zijn van het onderzoeksprogramma dat binnen de s.m.e.r. van ProSes in het kader van de OS2010 werd gerealiseerd." Deze nieuwe opdrachten werden overeengekomen in het gezamenlijk Nederlands-Vlaams langlopend Onderzoeks- en Monitoringsprogramma (LTV O&M) en hebben als doel het in te zetten numerieke modelinstrumentarium voor morfologisch onderzoek verder te verbeteren ten behoeve van de project-m.e.r.'s die zullen starten in 2005." Deze opdracht zal maart 2005 van start gaan.

In deze opdracht zijn de volgende werkzaamheden voor verbetering van ESTMORF voorzien.

- Het uitbreiden van het morfologische modeldomein met de Beneden Zeeschelde en opnieuw kalibreren van het model voor de periode 1968-1994.
- Valideren van het verbeterde en gekalibreerde ESTMORF model. Voor het morfologisch kalibreren van de Westerschelde is gebruik gemaakt van gegevens over de periode 1968-1994 en voor het mondingsgebied van gegevens over de periode 1968-1998. Een validatie van ESTMORF waarbij met de definitieve parameterinstellingen van de kalibratie een *hindcast* van een andere periode wordt gemaakt geeft inzicht in de voorspelkracht van een model. Een dergelijke validatie van het model is tot nog toe nog niet uitgevoerd omdat de periode van beschikbare gegevens na 2004 nog te kort was. Nu zijn morfologische en ingreepgegevens over de periode 1994-2004 beschikbaar en is een zinvolle validatie van het ESTMORF model over die periode mogelijk.

Aandachtspunten

- Tijdens het onderzoek voor de s.m.e.r. is aan het licht gekomen dat de ingreepgegevens van het mondingsgebied wellicht op een verkeerde manier zijn omgerekend naar profielkuubs. AWZ/WLB zijn thans bezig deze ingreepgegevens opnieuw te inventariseren en op orde te brengen, met medewerking vanuit RIKZ.
Het mondingsgebied van ESTMORF is echter met de oude (wellicht niet correcte) gegevens gekalibreerd. Het verdient dus aanbeveling om, wanneer de ingreepgegevens op orde zijn, het mondingsgebied, en dus ook de Westerschelde, opnieuw op de morfologie (voor de situatie 1968) te kalibreren.
- In Jeuken *et al.* [Ref. 2002] is ontdekt dat de wijze van schematiseren van de geul in ESTMORF, wanneer de 18,6 jarige cyclus in het getij (in de tijd fluctuerende LW- en HW-standen) werd meegenomen in de randvoorwaarden, een kunstmatige afname van het plaatareaal van de Westerschelde veroorzaakte. Dit kan tot een kombergingsvergroting leiden en zodoende tot erosie, die dan dus kunstmatig is. Aanbeveling in dat rapport was dan ook dat de schematisatie van het geulprofiel aangepast zou moeten worden en wel door een extra punt in de beschrijving van het geulprofiel toe te voegen. Dit zou ook weer nieuwe kalibratie en validatie tot gevolg hebben. Wanneer echter het toevoegen van een extra punt in de schematisatie weinig inspanning vergt, lijkt het verstandig dit te doen, aangezien ESTMORF sowieso toch opnieuw gekalibreerd en gevalideerd dient te worden.
- Een wens die wellicht niet te realiseren is, is het kunnen meenemen van harde lagen, waardoor laterale erosie langs slikken en mogelijk platen veel trager verloopt dan bij een zandige bodem.

7.4.2 SOBEK en MIKE11

SOBEK is een 1D-netwerkmodel voor waterbeweging, waterkwaliteit, stof- en sedimenttransport en morfologische ontwikkelingen, ontwikkeld door WL|Delft Hydraulics en Rijkswaterstaat. SOBEK is in de studie voor de s.m.e.r. gebruikt als stromingsmodule voor het ESTMORF model. Daarnaast is SOBEK-MOR ingezet voor morfologische berekeningen. Het SOBEK model is toegepast voor de Westerschelde [Ref. Jeuken *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2002; Jeuken *et al.*, 2004; Tanczos *et al.*, 2004].

In het kader van het doelsubsidieproject Veerkracht is door Jeuken *et al.* [Ref. 2002] een sterk vereenvoudigd SOBEK-model van de Westerschelde met bodem 1994 opgezet. Het model is gekalibreerd op waterstanden, getijvolumina, reststroomsnelheden en bruto en residuele sedimenttransporten. In dit model was slechts in één macrocel, namelijk die van Hansweert, zowel de eb- als de vloedgeul gemodelleerd. Het aangrenzende geulsysteem is gemodelleerd met enkelvoudige takken. Wang *et al.* (2002) hebben in een daaropvolgende studie in het hiervoor beschreven model de bodem van 1994 vervangen door die van 1968 en het model opnieuw gekalibreerd. Wang *et al.* (2002) deden wel de aanbeveling om een SOBEK- model op te zetten, waarin voor alle macrocellen zowel de eb -als de vloedgeul zijn gemodelleerd. In de studie voor de s.m.e.r. [Ref. Tanczos *et al.*, 2004 & Jeuken *et al.*, 2004] is aan deze aanbeveling gehoor gegeven en is een netwerkmodel voor het gehele Schelde-estuarium opgezet, met dezelfde schematisatie als in het onderzoek voor het SMER is gebruikt voor ESTMORF. Het model is voornamelijk gebruikt om de stabiliteit van het meergeulenstelsel onder invloed van vaargeulonderhoud en zandwinning te onderzoeken. In die studie is het model niet gekalibreerd op basis van historische meetreeksen, omdat de tijd en middelen ontbraken. Er is enkel bekeken

of de voorspelde ontwikkelingen in lijn zijn met de meest recente waarnemingen. Aanbeveling die Jeuken [Ref. 2004] doet is dan ook om in de toekomst een kalibratie- en validatiestudie uit te voeren, inclusief een bandbreedte onderzoek.

In de in juli 2004 door WLB, in het kader van LTV O&M, aanbestede vervolgoopdracht naar WL|Delft Hydraulics, zoals besproken bij de beschrijving van de stand van zaken voor ESTMORF, zijn de volgende werkzaamheden voorzien ter verbetering van SOBEK:

- verzamelen en controleren meest recente gegevens;
- opzetten van SOBEK modellen voor 1968 en 2001 met modellering van gehele meergeulensysteem Westerschelde;
- kalibratie en validatie van het 1968 model aan de hand van meetgegevens voor de periode 1968-2004;
- beperkte gevoeligheidsanalyse en validatie met behulp van het 2001 model.

Daarnaast is door WLB in het kader van LTV O&M aan IMDC in juli 2004 offerte gevraagd voor het ontwikkelen van een 1D morfologisch model van het Schelde-estuarium met MIKE11, om tijdens het MER traject als alternatief voor het SOBEK model te kunnen dienen.

De volgende werkzaamheden worden in die offerte gevraagd:

- opzetten MIKE11 model voor het Schelde-estuarium, vanaf Schelle tot en met het mondingsgebied;
- kalibratie van het model voor de periode 1955-1970 en 1985-2002;
- validatie van het model voor de periode 1970-1985;
- vergelijking met de resultaten van de SOBEK studie die WL uitvoert.

Deze opdracht gaat in principe gelijktijdig met de opdracht naar WL|Delft Hydraulics van start.

7.4.3 DELFT3D

DELFT3D is een proces georiënteerd model waarmee de in tijd en ruimte variërende waterbeweging, sedimenttransporten en bodemveranderingen in 2D (x,y, dieptegemiddeld) of 3D (x,y,z) kunnen worden berekend. Door een samenwerkingsverband van WL|Delft Hydraulics en Alkyon is de toepasbaarheid van het Delft3D modelinstrumentarium voor het simuleren van de morfodynamica van de Westerschelde op de korte (jaren) en middellange termijn (decaden) onderzocht. Dit heeft geresulteerd in het rapport "Morphological modelling of the Western Scheldt, validation of Delft3D".

Het DELFT3D modelinstrumentarium is recentelijk in twee studies met betrekking tot het Schelde-stuarium toegepast [Ref. Jeuken *et al.*, 2004; Tanczos *et al.*, 2004; Kuijper *et al.*, 2004].

In Tanczos *et al.* [Ref. 2004] wordt een DELFT3D model voor het Schelde-estuarium voor het jaar 2001 beschreven dat in het kader van de s.m.e.r. in opdracht van ProSes gemaakt is. Het model is gebaseerd op de SCALWEST schematisatie van Rijkswaterstaat en strekt zich uit van het mondingsgebied tot aan Schelle. Het is een echt 3D model, waarbij gerekend wordt met 10 lagen in de verticaal. In de s.m.e.r. is dit model ingezet voor een breed scala aan onderzoeken, zoals het berekenen van het onderhoudsbaggerwerk bij een verdere verruiming, bepalen van de grootschalige zandtransporten en berekenen van veranderingen in geulen, ondiep water- en intergetijdengebied. Jeuken *et al.* [Ref. 2004] noemt een aantal beperkingen van dit model, zoals het niet gekalibreerd zijn van het model, ontbreken van een bagger- en stortfunctionaliteit en het niet meenemen van zout in de berekeningen.

In 2003 is WL|Delft Hydraulics, in opdracht van RIKZ in het kader van het project ZEEKENNIS, gestart met het maken van een morfologisch model voor de Westerschelde en monding in DELFT3D, tevens voor het jaar 2001. In dit model zijn de meeste van de beperkingen, die Jeuken *et al* [Ref. 2004] noemt, wél meegenomen in de modellering. De resultaten hiervan worden beschreven in Kuijper *et al.* [Ref. 2004]. Het doel van de studie was om een breed toepasbaar en goed gevalideerd 2DH (dieptegemiddeld) morfologisch model op te zetten met bekende bandbreedtes om de uitkomsten. Het model moest daarnaast morfologische simulaties tot een periode van 15 jaar uit kunnen voeren.

Het voor deze studie opgezette model is gebaseerd op het KUSTZUID model van Rijkswaterstaat. Het model maakt gebruik van een dieptegemiddelde aanpak (2DH), alhoewel de invloed van driedimensionale effecten ook is onderzocht. De baggerinspanning wordt door het model zelf berekend en het gebaggerde sediment wordt teruggestort op in werkelijkheid gebruikte locaties. Ook zandwinning en de aanwezigheid van moeilijk erodeerbare lagen worden in het model meegenomen. Tenslotte zijn ook nog de in de Westerschelde aanwezige oeververdedigingen in het model opgenomen.

Volgend op de kalibratie en verificatie van het hydrodynamische deel van het model, is het morfodynamische deel van model opgezet. Via gevoeligheidsberekeningen voor het jaar 2001 is vervolgens eerst het effect bepaald van variaties van verschillende modelparameters op jaargemiddelde veranderingen van de volgende grootheden: bodemdiepte, volumina van eb- en vloedgeulen, arealen voor een aantal diepteklassen, baggervolumina en het netto zandtransport. Hieruit is een optimale set van modelparameters bepaald, waarmee vervolgens twee kalibratieberekeningen zijn uitgevoerd voor de volgende perioden:

- 1998-2002, de periode gedurende en na de tweede verruiming van de vaargeul in de Westerschelde;
- 1960-1966, de periode vóór de eerste verruiming van de vaargeul in de Westerschelde.

Vergelijking van de resultaten van deze simulaties met de meetgegevens bracht aan het licht dat één van de modelparameters nog geoptimaliseerd moest worden, waarna de definitieve kalibratieberekening voor de periode 1998-2002 is uitgevoerd.

Om de resultaten van de simulaties goed te kunnen vergelijken met de meetgegevens is het noodzakelijk om de onnauwkeurigheden van beide datasets daarbij mee te nemen. Dit heeft geleid tot het toepassen van zogenaamde bandbreedtes, die per bestudeerde grootheid een set van mogelijke uitkomsten geven. De bandbreedtes voor de metingen bevatten zowel natuurlijke fluctuaties als meetonnauwkeurigheden. De uitkomsten van de modelsimulaties hebben bandbreedtes die worden bepaald door onzekerheden in de exacte waarde van de modelparameters.

Aan de hand van een gevoeligheidsstudie, waarbij de gevoeligheid van de modeluitkomsten voor wijzigingen in bepaalde parameters is onderzocht, is een optimale set van instellingen bepaald. In die gevoeligheidsstudie is onder andere ook de invloed van zoutgradiënten, invloed roosterresolutie en 2DH vs. 3D bekeken. Daarna is een kalibratiesom voor de periode 1960-1966 gedaan, waarbij gekalibreerd is op jaargemiddelde veranderingen van de volgende grootheden: bodemdiepte, volumina van eb- en vloedgeulen, arealen voor een

aantal diepteklassen, baggervolumina en het netto zandtransport. Na deze eerste kalibratie is nog een verbetering van een modelparameter uitgevoerd. Met deze instellingen is tenslotte een laatste kalibratie gedaan voor de periode 1998-2002.

Na de kalibratie zijn de bandbreedtes bepaald voor de modeluitkomsten, gebaseerd op zowel onzekerheden in de meetgegevens als in de modeluitkomsten. Tenslotte is een verificatie van het model uitgevoerd voor een periode van 15 jaar (1970-1985), waarbij de instellingen hetzelfde zijn gehouden als in de laatste kalibratiesom en de modeluitkomsten vergeleken zijn met de waarnemingen rekening houdend met de eerder bepaalde bandbreedtes.

De resultaten van deze verificatie, gecombineerd met de informatie uit de daaraan voorafgaande gevoeligheidsberekeningen en kalibratie, tonen het volgende aan:

- De netto volumeveranderingen van de macrocellen kunnen worden gereproduceerd door het model.
- De onzekerheden in de door het model berekende areaalveranderingen per diepteklassen zijn erg groot.
- De totale jaarlijkse berekende baggerhoeveelheden verschillen enkele Mm³ met de waargenomen hoeveelheden.
- De resttransporten in het estuarium worden voor de periode 1960-1966 en voor de periode 1970-1985 door het model gereproduceerd met maximale verschillen in de orde van 2 Mm³/j. Voor de periode 1998-2002 wordt door het model een kleine netto import voorspeld, terwijl metingen een export van sediment laten zien.
- De sedimentatie-erosiepatronen geven de meest gedetailleerde informatie over de morfologische veranderingen. Hoewel voor sommige simulaties de grootschalige patronen ruimtelijk gezien aardig in de richting kwamen, wordt door het model de mate van sedimentatie en erosie structureel overschat. Verdere verbetering op dit gebied lijkt mogelijk. Het model is nu echter nog niet geschikt om voorspellingen van bodemveranderingen op kleine schaal te maken (de schaal van individuele platen).

Deze bevindingen resulteren in de hieronder weergegeven waardering van het model m.b.t. de toepasbaarheid voor de beantwoording van beheersvragen, waarbij opgemerkt moet worden dat deze beoordeling subjectieve elementen bevat omdat deze voornamelijk de mening van de auteurs van het rapport weergeeft.

Type beheersvraag	Toepasbaarheid
Effecten op hydrodynamica (b.v. getij-asymmetrie)	5
Effecten op baggervolumina	4
Effecten op grootschalige zandhuishouding	3
Effecten op zandimport/export vanuit de Westerschelde	2-3
Effecten op platen	2
Effecten op schorren	1

Betekenis scores:

- 5: model is toepasbaar in absolute zin (bijv. om de autonome ontwikkeling van het estuarium te voorspellen);
- 4: model is toepasbaar in relatieve zin (dus om verschillende alternatieven/scenario's te onderzoeken en vergelijken);
- 3: model zou toegepast kunnen worden, maar moet op dit aspect verder gevalideerd worden;
- 2: model zou in principe toegepast kunnen worden, maar moet op dit aspect verder verbeterd en gevalideerd worden;
- 1: model is niet geschikt om dit aspect te bestuderen.

We concluderen dat het "ZEEKENNIS"-model in de huidige vorm alleen geschikt is om effecten van ingrepen op de hydrodynamica en de baggervolumina te voorspellen. Voor de ecologie zijn juist areaalvoorspellingen op bepaalde diepten belangrijk en die worden door het huidige model niet goed voorspeld.

Om het model bruikbaar te maken voor de project MER zijn in de vervolgoopdracht naar WL|Delft Hydraulics de volgende werkzaamheden voorzien ter verbetering van het "ZEEKENNIS" DELFT3D model.

- Opzet en optimalisatie 3D ZEEKENNIS model met SCALWEST resolutie
 - Vooronderzoek naar verbetering rekenperformance.
 - Opzetten fijn model (ZEEKENNIS model met 3x fijnere SCALWEST resolutie) en onderverdeling in 8 domeinen.
 - Sequentiële simulatie van 2DH en 3D model met één model.
 - Optimalisatie van de rekensnelheid op basis van acht domeinen.
- Validatie van de waterbeweging met stromingspatronen. Dit wordt gedaan om te kijken hoe goed de waterbeweging in langs- en dwarsrichting wordt gereproduceerd, hetgeen van belang is voor een correcte ruimtelijke verdeling van de sedimentatie en erosiepatronen en areaalveranderingen.
- Onderzoek naar verbetering van het ZEEKENNIS model m.b.t. erosie-sedimentatiepatronen en veranderingen van plaatarealen
 - Aanpassen bagger- en stortfunctionaliteit.
 - Simulatie met gegradeerd sediment.
 - Simulatie met nieuwe ruwheidsvoorspeller.
 - Simulatie met hellingseffect.
 - Simulatie met *avalanching*.
- Verkenning van de voorspelhorizon met het ZEEKENNIS model door het doen van simulaties van 40 jaar
- Aanvullende morfologische simulatie met het fijne morfologische model van de proefstorting bij Walsoorden, waarvoor inmiddels reeds meetgegevens uit het veld zijn.

In 2004 is door WLB offerte gevraagd om een morfologisch model op te zetten van de Westerschelde dat gebaseerd is ongestructureerde roosters. Doel van deze studie is na te gaan in welke mate dit soort morfologische modellen voldoende nauwkeurige *hindcasts* kunnen realiseren. Aan ingenieursbureau Svasek is opdracht verleend voor de volgende onderdelen:

- bouw van het model in FINEL2D en kalibratie van de waterbeweging;
- kalibratie van de morfologie;
- verificatie van het model;
- draaien van een aantal scenario's met betrekking tot baggeren en storten.

7.4.4 Het slibmodel van LTV O&M

Op redelijke schaal is in de Westerschelde plus Zeeschelde (Rupelmonde – Vlissingen) in de afgelopen 20 jaar slibmodellering toegepast. Met behulp van de waargenomen concentratiewaarden zijn er in het verleden exercities geweest met numerieke slibmodellen (1D, 2D en 3D) voor de Westerschelde, waarvan de uitkomsten op sommige punten overeenkomst vertoonden maar op andere punten sterk verschilden. Deze modellen geven een globaal inzicht in de slibhuishouding op ruimteschalen van tientallen kilometers (1D) tot één kilometer horizontaal (3D) en geven inzicht in de grootschalige gevolgen van bepaalde typen ingrepen. Het bestaande 3D instrumentarium is slechts gedeeltelijk gevalideerd en moet op een aantal punten verbeterd worden voor het gebruikt kan worden voor het beantwoorden van

bepaalde beheersvragen. Voor het kunnen doen van betrouwbare voorspellingen m.b.t. integrale effecten is het nodig het model-onderzoek weer op te pakken met de nieuwste versies van de programmatuur en met de nieuwste bodemgeometrie. Deze ontwikkeling zal de komende twee jaar in LTV O&M kader plaatsvinden. Het model zal in principe vooral geschikt zijn voor het inschatten van effecten van ingrepen, die de slibhuishouding beïnvloeden op grotere ruimteschalen. De ingrepen zelf kunnen kleinschalig zijn. Er wordt gebruikt gemaakt van een schematisatie van het hele Scheldegebied, inclusief een zeegebied dat loopt tot voorbij de Frans/Belgische grens. Aan de rivierzijde omvat de schematisatie het hele gebied onder getij-invloed. Van het westen tot aan de Ned./Belg. Grens is de resolutie die van het Kustzuid model. Voor het Belgische gebied is de NEVLA-schematisatie gebruikt.

De belangrijkste beperkingen van het LTV O&M slibmodel zijn:

- De relatieve nauwkeurigheid van de berekende slibconcentratie ligt in de orde van 50%.
- Er kunnen geen effecten gemodelleerd worden op schalen kleiner dan enkele honderden meters.
- De effecten van lokale ingrepen op een schaal van enkele honderden meters kunnen wel zichtbaar gemaakt worden.
- De veranderingen op een kleinere schaal (b.v. een stroomgeleidingsdam) zijn niet zichtbaar.
- Het model is niet in staat om het stromingsgedrag van vloeibare modderlagen (fluid mud) bij de bodem of hoge concentratie suspensies en het effect van golven te berekenen.
- Dit geldt ook voor de sedimentatie en erosie van zand-slibmengsels, b.v. op plaatgebieden.
- Een deel van de beperkingen zijn oplosbaar d.m.v. parametrisatie met behulp van veldwaarnemingen.

Bij het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout is een fijnmazig waterbewegingsmodel (NEVLA) ontwikkeld van de Boven- en Benedenzeeschede en een stuk van de Westerschelde. Door de MUMM in Brussel wordt numeriek modelonderzoek gedaan naar de slibhuishouding in het mondingsgebied en voor de Belgische kust, maar de eigenlijke Westerschelde ontbreekt aan het modeldomein, omdat de focus ligt op de situatie rond Zeebrugge. Voorts wordt in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout binnenkort een groot 3D slibmodel ontwikkeld voor de Beneden Zeeschede om de effecten van specifieke lokale ingrepen op de slibhuishouding te onderzoeken. Dit model zal geschikt zijn om effecten op lokale schaal te berekenen. Het door RIKZ i.k.v. LTV O&M uit te voeren slibonderzoek zal hieraan complementair zijn.

7.4.5 Het Cellenconcept Westerschelde

Het Cellenconcept is ontwikkeld in de studie voor de Lange Termijn Visie Schelde-estuarium (LTV) en is een schematisatie en aggregatie van de morfologie en transportcapaciteit van het meergeulen van de Westerschelde om de invloed van storten en baggeren op de stabiliteit van dat meergeulensysteem te kunnen bestuderen (Jeuken *et al*, 2004). Het concept bestaat uit twee delen: een schematisatie van de eb- en vloedgeulen met tussenliggende platen en een stabiliteitsanalyse van dat geulensysteem. Met dit concept is het dus mogelijk om aan te geven waar en hoeveel zand er maximaal kan worden gestort zonder dat het meergeulensysteem van de Westerschelde degenereert [Ref. Jeuken, 2001; Jeuken *et al*, 2003; Wang *et al*, 2002; Wang, 2003].

Volgens het oorspronkelijke concept uit de LTV studie kon in ieder stelsel van twee parallelle geulen (een zogenaamde macrocel) netto 5 tot 10% van de bruto sedimenttransportcapaciteit in één van beide geulen van die cel worden gestort, zonder dat degeneratie van die geul optrad.

Dit zogenaamde 10% stortcriterium is vervolgens in opdracht van RIKZ door Jeuken (2001) geverifieerd op basis van gemeten erosie en sedimentatie in de geulen in de macrocellen voor de periode 1955-1999. Zij concludeerde dat het stortcriterium redelijkerwijs kan worden toegepast op de macrocellen, maar dat het precieze percentage afhankelijk is van de hoeveelheden die gebaggerd en gestort worden én de wijze waarop en waarschijnlijk ook van de autonome ontwikkeling van de geulen. Aanbeveling was dan ook om deze afhankelijkheden nader te onderzoeken.

In een vervolgoopdracht [Ref. Wang *et al.*, 2002] is deze aanbeveling uitgevoerd en zijn tevens de belangrijkste aannamen, die aan het Cellenconcept ten grondslag liggen, nader onderbouwd met behulp van SOBEK berekeningen. Belangrijkste conclusie was dat de stortcapaciteit van een macrocel ongeveer 10% van het bruto sedimenttransport door een cel bedraagt. Tevens werd geconcludeerd dat autonome ontwikkelingen wel degelijk invloed hebben op de stortcapaciteit: storten in een autonoom eroderende geul laat duidelijk een hogere hoeveelheid toe dan storten in een sedimenterende geul. In de eroderende geul zou het stortcriterium ongeveer 15% zijn in plaats van 10%.

In Jeuken *et al.* [Ref. 2003] zijn de stortcriteria vervolgens aangepast aan de inzichten die zijn opgedaan tijdens het onderbouwen van het cellenconcept. Deze nieuwe stortcriteria zijn vervolgens geverifieerd aan veldwaarnemingen en gebruikt om het beleid voor vaargeulonderhoud en zandwinning te evalueren en een advies te geven hoe dat beleid verbeterd kan worden.

Deze "verbeterde stortcriteria" zijn in de s.m.e.r.-studie gebruikt om een verbeterde stortstrategie voor de Westerschelde op te stellen, waarmee vervolgens toekomstscenario's zijn doorgerekend (zie Jeuken *et al.*, 2004 & Tanczos *et al.*, 2004).

7.5 Karakteristieken van de fysische modellen in relatie tot ecologie

In dit overzicht is aangegeven welke parameters voor de ecologie van belang zijn, en of de hiervoor besproken hydrodynamische en morfologische modellen hiervoor bruikbare gegevens kunnen leveren. Suggesties voor het aanpakken van het ruimteschaalprobleem staan in § 9.1.4

Waterstanden

Model:	SCALWEST2000
Type model:	2DH
Type uitvoer:	waterstand per gridpunt [m]
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 250x250 m ² in het mondingsgebied tot circa één datapunt per 50x75 m ² in de Westerschelde.
Voorspelhorizon:	enkele jaren.
Knelpunten:	-
Geschikt i.r.t. ecologie:	ja, vraag blijft echter wel of ruimteschaal klein genoeg is om bruikbaar te zijn voor ecologie.
Model:	KUSTZUID 3 : Noordzeedeel + Westerschelde + Zeeschelde tot Gent.
Type model:	2DH (kan eventueel ook 3D)
Type uitvoer:	waterstanden en stromingen per gridpunt [m]
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 800x1000 m ² in de Noordzee tot circa één datapunt per 200x400 m ² in de Westerschelde, 100x150 m in de Zeeschelde.
Voorspelhorizon:	enkele jaren.
Knelpunten:	Niet afgeregeld voor reststromen en zoet/zout. Te grof voor goede weergave van stromingen op en rond platen
Geschikt i.r.t. ecologie:	nee, ruimteschaal is niet klein genoeg om bruikbaar te zijn voor ecologie.
Model:	KUSTZUID 4 : Noordzeedeel + Westerschelde + Zeeschelde tot Gent + zijrivieren tot stuwen
Type model:	2DH (kan eventueel ook 3D)
Type uitvoer:	waterstand en stromingen per gridpunt [m]
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 800x1000 m ² in de Noordzee tot circa één datapunt per 200x400 m ² in de Westerschelde, 35x100 m in Zeeschelde.
Voorspelhorizon:	enkele jaren.
Knelpunten:	Niet afgeregeld voor reststromen en zoet/zout. Te grof voor goede weergave van stromingen op en rond platen
Geschikt i.r.t. ecologie:	nee, ruimteschaal is niet klein genoeg om bruikbaar te zijn voor ecologie.

Met de 1D modellen SOBEK en ESTMORF kunnen ook wel waterstanden berekend worden op grotere tijdschaal (decennia), alleen is de ruimteschaal waarop deze modellen de waterstanden berekenen waarschijnlijk te groot voor de ecologie. Deze modellen voorspellen namelijk een waterstand voor een vak met orde grootte vierkante km. Voor de ecologie geven deze modellen in het intergetijdengebied zodoende niet nauwkeurig genoeg informatie, aangezien een waterstandsverschil van bijvoorbeeld 10 cm al een grote invloed heeft

op de droogvalduur en dus de geschiktheid van een gebied.

Stroomsnelheden

Model:	SCALWEST2000
Type model:	2DH
Type uitvoer:	grootte en richting van stroomsnelheid per gridpunt [m/s].
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 250x250 m ² in het mondingsgebied tot circa één datapunt per 50x75 m ² in de Westerschelde.
Voorspelhorizon:	enkele jaren.
Knelpunten:	slechte reproductie stroomsnelheden in de ondiepe gebieden van de Westerschelde. Om dit te verbeteren is in de tekst in de eerste § van dit memo een voorstel gedaan.
Geschikt i.r.t. ecologie:	nog niet, wellicht na opvolgen aanbeveling in dit memo. Vraag blijft of ruimteschaal klein genoeg is om bruikbaar te zijn voor ecologie.

Turbulentie

Model:	SCALWEST2000 of DELFT3D?
Type model:	2D/3D
Type uitvoer:	Bodemschuifspanning, in elk gridpunt bekend.
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 250x250 m ² in het mondingsgebied tot circa één datapunt per 50x75 m ² in de Westerschelde.
Voorspelhorizon:	enkele jaren.
Knelpunten:	Als stroomsnelheden in ondiepe gebieden niet goed gesimuleerd worden, dan turbulentie per definitie ook niet. Daarnaast is de vraag of het grid en de gebruikte tijdstap sowieso fijn genoeg zijn om turbulentie weer te geven.
Geschikt i.r.t. ecologie:	nog niet, wellicht na opvolgen aanbeveling in dit memo. Vraag blijft of ruimteschaal klein genoeg is om bruikbaar te zijn voor ecologie.

Golfhoogte

Model:	SWAN (Dit wordt o.a. binnen Delft3D gebruikt als golfmodule)
Type model:	Spectraal golfmodel
Type uitvoer:	golfhoogte en periode, golfspectrum
Ruimteschaal uitvoer:	afhankelijk van modelgrid, voor de meeste toepassingen ligt dit tussen 1000 en 10 meter
Voorspelhorizon:	SWAN wordt meestal ingezet als stationair model, maar kan ook in de tijd rekenen (b.v. Een gehele stormperiode)
Knelpunten:	T.a.v. morfologische berekeningen geen. Wel vergt dit relatief veel rekentijd
Geschikt i.r.t. ecologie:?	

Zoutgehalte

Model:	SCALDIS400
Type model:	2DH
Type uitvoer:	zoutgehalte in per gridpunt [mg/l]
Ruimteschaal uitvoer:	één datapunt per 400x400 m ²
Voorspelhorizon:	enkele jaren
Knelpunten:	wellicht vrij grote ruimteschaal voor ecologie, maar zoutgehalte varieert niet veel op 400 meter, dus wel bruikbaar waarschijnlijk.
Geschikt i.r.t. ecologie:	ja

Zolang 2D en 3D effecten niet van belang zijn, kunnen ook zoutgehalten met SOBEK berekend worden. Bij de evaluatie van de s.m.e.r. werd echter geconstateerd dat door het gebruik van 2D-modellen voor de hydrodynamiek de saliniteit met name bij de verdiepingen niet goed wordt gesimuleerd, omdat 3D-effecten daarbij een belangrijke rol spelen. Vermoed wordt dat de verschuiving van de zoutgrens dan ook is onderschat. Daarom werd aanbevolen in de project-m.e.r. 3D-modellering toe te passen (Ref. SMER).

Bathymetrie

Bathymetrie wil zeggen bodemdiepte. De morfologische modellen voorspellen per rekenpunt een bodemdiepte. Uit al deze bodemdieptes en veranderingen in bodemdieptes is een groot aantal andere parameters af te leiden zoals:

- arealen per diepteklasse
- sedimentatie en erosie (volumeveranderingen)
- ontwikkelingen in de zandbalans (sedimenttransporten)

Model:	DELFT3D-MOR (ZEEKENNIS model)
Type model:	2D of 3D
Type uitvoer:	per gridcel een bepaalde bodemdiepte [m]
Ruimteschaal uitvoer:	variërend van circa één datapunt per 800x800 m ² in het mondingsgebied tot circa één datapunt per 150x250 m ² in de Westerschelde.
Voorspelhorizon:	orde 10 à 15 jaar
Knelpunten:	huidige model voorspelt bathymetrie nog niet goed, kwalitatief slechte overeenkomst met werkelijkheid (sedimentatie erosiepatronen en areaalvoorspellingen)
Geschikt i.r.t. ecologie:	ZEEKENNIS model niet bruikbaar, slechts voorspellingen van baggervolumina lijken goed te kloppen. Verder afwachten van de resultaten van de doorontwikkeling van het model in LTV O&M kader.

Model:	SOBEK-MOR
Type model:	1D
Type uitvoer:	Zandbalans per stroomgeul (eb of vloedgeul)
Ruimteschaal uitvoer:	
Voorspelhorizon:	decaden.
Knelpunten:	ruimteschaal waarschijnlijk te groot voor ecologische voorspellingen?
Geschikt i.r.t. ecologie:	wellicht, maar waarschijnlijk ruimteschaal te groot. Het model kan wel areaalveranderingen van intergetijdegebieden uitrekenen. De waarde hiervan is echter onbekend (kalibratie, validatie nodig, zie LTV, O&M studie)

Model:	ESTMORF
Type model:	1D
Type uitvoer:	Zandbalans per geul. Het model neigt naar evenwicht, het uit balans raken van het meergeulenstelsel kan hier dus niet mee gemodelleerd worden
Ruimteschaal uitvoer:	
Voorspelhorizon:	decaden.
Knelpunten:	
Geschikt i.r.t. ecologie:	wellicht, maar waarschijnlijk ruimteschaal te groot.

Steilheid plaatrand

De steilheid van plaatranden zit automatisch in de bathymetrie, dus als de bathymetrie goed voorspeld wordt, dan worden de steilheden van de plaatranden ook goed voorspeld en zijn dezelfde modellen dus bruikbaar.

Droogvalduur

Droogvalduur is een parameter die niet als uitvoer uit een morfologisch model komt. Het is namelijk een combinatie van de bathymetrie en waterstanden. Zodoende zullen resultaten van zowel hydrodynamische als morfologische modellen hiervoor gebruikt moeten worden.

Bodemsamenstelling

Wellicht in de toekomst mogelijk met het slibmodel dat thans in het kader van LTV O&M wordt opgesteld. In het model wordt echter alleen

met slib gerekend.

Troebelheid

Zie slibmodel hiervoor en/of OMES

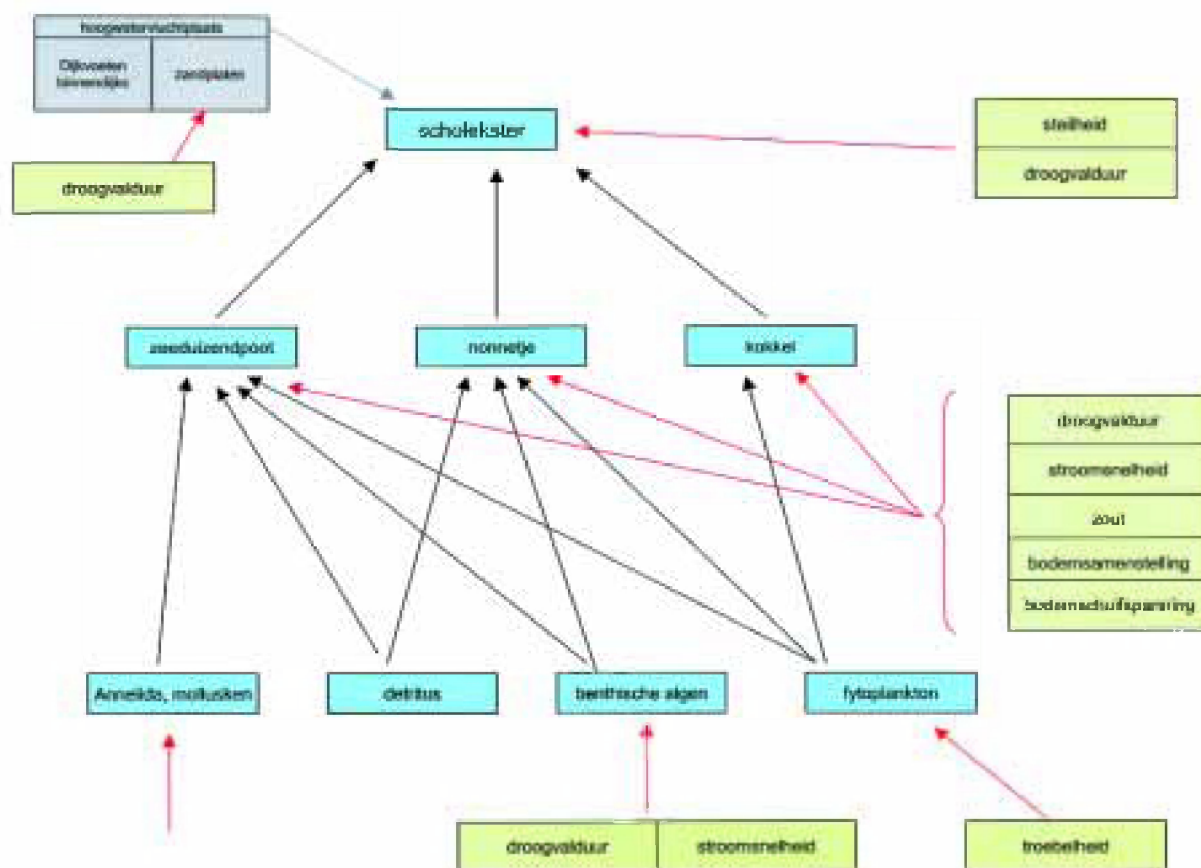
Areaal schor

Er is nog geen operationeel model, maar wellicht komt dat er binnen een jaar: het NIOO-CEMO is bezig met de ontwikkeling van een wiskundig model voor de ontwikkeling van schorren [Ref Temmerman].

7.6 Ecologische modellen

De aanpak m.b.t. de ecologische modellen is het best weer te illustreren met het voorbeeld scholekster zoals hieronder weergegeven.

Deze figuur laat zien dat voor de voorspelling van de effecten van een verruiming op de scholekster via de modelketenbenadering informatie nodig is over de prooidieren zeeduizendpoot, nonnetje en kokkel en informatie betreffende de foerageergebieden en de hoogwater-vluchtplaatsen. De prooidieren worden op hun beurt weer bepaald door wormen, detritus, benthische algen en fytoplankton. Die worden mede weer bepaald door droogvalduur, stroomsnelheid, troebelheid, zoutgehalte, bodemsamenstelling en bodemschuifspanning. De HPV worden beïnvloed door de droogvalduur, de foerageergebieden door de steilheid van de zandplaten en droogvalduur. Alle abiotische informatie, wordt geleverd door de hydrodynamische, morfologische en slibmodellen. De overblijvende biologische informatiebehoefte wordt



verzorgd door de ecologische modellen.

Doen we dit voor alle soorten en hun prooidieren dan ontstaat het totale beeld van de benodigde informatiebehoefte (zie tabel 3 in § 8.2).

De beschikbare ecologische modellen om daarin te voorzien zijn:

- ZEEKENNIS modellen steltlopers
- SLIK
- WEBTICS
- Lesliematrices
- ZEEKENNIS dichtheidsmodellen voor bodemdieren
- ZEEKENNIS Kans op voorkomen bodemdieren
- ZEEKENNIS Habitatmodel voor kokkels

Ze worden hierna kort besproken.

7.6.1 Modellen voor dichtheden van steltlopers

In het project ZEEKENNIS dat RWS RIKZ uitvoert in opdracht van RWS Zeeland zijn statistische modellen ontwikkeld die de steltloperdichtheid en het aantal foerageeruren per hectare voorspellen aan de hand van de droogvalduur, het zoutgehalte en het slibgehalte. Van de volgende soorten zijn modellen aanwezig (geselecteerd op basis van de Vogelrichtlijnsoorten):

- Bonte strandloper
- Drieteenstrandloper (lage verklaarde variantie)
- Kanoetstrandloper (lage verklaarde variantie)
- Scholekster
- Rosse grutto
- Tureluur
- Kluut (weinig vogelgegevens)
- Wulp
- Zilverplevier
- Bontbekplevier
- Bergeend

In juni 2005 wordt de toepasbaarheid duidelijk; momenteel worden de modellen gevalideerd.

SLIK

SLIK is een niet voltooid en niet gevalideerd model waarin het foerageergedrag van een tureluur op een droogvallende plaat wordt gesimuleerd.

WEBTICS

WEBTICS is een model dat het foerageren van scholeksters simuleert. De dagelijkse voedselopname wordt bepaald door de snelheid waarmee de vogels schelpdieren vinden en opeten, het vleesgewicht van de schelpdieren, competitie tussen scholeksters, en de droogvalduur van de prooien. Het model bootst de getijdencyclus van vogels na door met tijdstappen van een kwartier te berekenen welke plekken van een slik of plaat droog zijn. De vogels worden over de droogvallende plekken verdeeld. Afhankelijk van het type prooi en de dichtheid kunnen de vogels met een bepaalde snelheid eten. Na een kwartier kan de verspreiding van de vogels veranderen en gaat het eten verder. Dit gaat door totdat de vogels genoeg gegeten hebben of tot er geen droogvallend wad meer is. De invoer van het model bestaat uit gegevens van droogvalduur, prooiaanbod, waterstanden, vogelaantallen, het weer en eventueel visserij. Het model geeft informatie over het verloop van het gewicht van een gemiddelde vogel en over de foerageerintensiteit. Tevens geeft het model een stressindex waarmee het gehele seizoen gekarakteriseerd kan worden. Met het model kan de draagkracht van een watersysteem voor scholeksters worden berekend.

Lesliematrices

De populatie-dynamica van een soort kan met een Lesliematrix-model worden beschreven. Matrixmodellen worden veelvuldig toegepast voor het beschrijven van de opbouw van een populatie. Bij het gebruik van matrixmodellen voor populatiemodellering worden de individuen van een populatie verdeeld over verschillende leeftijdsklassen. Elke klasse wordt gekarakteriseerd door een specifieke sterfte en reproductie-capaciteit, welke door stuurvariabelen kunnen worden beïnvloed. Na ieder tijdssprong zal een individu, als het overleeft, overgaan naar de volgende klasse. Door reproductie van adulte individuen zal er aanwas in de jongste klasse plaatsvinden. Wanneer er een stabiele populatie-opbouw is, verandert de verhouding tussen de aantallen in de verschillende klassen niet meer. De Lesliematrix is een verantwoorde wiskundige techniek, maar niet meer *state-of-the-art*. Wanneer nieuwe populatie-dynamische modellen ontwikkeld zouden moeten worden is het aanbevelingswaardig hiervoor een meer moderne techniek als *compartmental models* te gebruiken.

Voor de volgende organismen zijn Lesliematrices beschikbaar:

- Grote stern
- Visdief
- Scholekster
- Gewone zeehond
- Slijkgarnaal
- Nonnetje

Verder is informatie nodig m.b.t. fint, rivierprik, zeeprik en zeehond. Voor zeehond is een Lesliematrix aanwezig. Rivierprik is een trekvis en kan als niet relevant beschouwd worden voor de Westerschelde. Voor fint en zeeprik is aanvullende informatie nodig. Voor de fint kan gebruik gemaakt worden van de kennis die op dit moment in PMR wordt verkregen.

7.6.2 Modellen voor dichtheden en kans op voorkomen van bodemdieren

In het project ZEEKENNIS zijn met behulp van GLM tien dichtheidsmodellen voor bodemdieren ontwikkeld. De soorten zijn geselecteerd die belangrijk voedsel vormen voor vogelsoorten uit de vogelrichtlijn. De volgende modellen zijn relevant:

- Rode draadworm *Heteromastus filiformis*
- Zandzager *Nephtys cirrosa*
- Zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*
- Slijkgarnaal *Corophium volutator*
- Wadslakje *Hydrobia ulvae*
- Kokkel *Cerastoderma edule*
- Nonnetje *Macoma balthica*

Voor twintig soorten zijn modellen beschikbaar die de kans op voorkomen van een soort berekenen. De in onderhavig kader relevante soorten zijn:

- Nonnetje *Macoma balthica*
- Kokkel *Cerastoderma edule*
- Wadslakje *Hydrobia ulvae*
- Slijkgarnaal *Corophium volutator*
- Zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*

- Zandzager *Nephtys cirrosa*
- Zandzager *Nephtys hombergii*
- Rode draadworm *Heteromastus filiformis*
- Wadpier *Arenicola marina*

Daarnaast is een habitatmodel voor kokkels in de Westerschelde ontwikkeld. Het model beschrijft de verspreiding en aantallen kokkels redelijk.

7.7 Andere modellen

OMES

Planktoninformatie is nodig bijv. voor prooidieren. In de KRW vormt het een zelfstandig onderdeel. Met het OMES-model kan plankton berekend worden.

Het model berekent de nutriëntencyclus door biochemische en biologische processen, gebaseerd op een 1-dimensionaal getijgemiddeld transportmodel. Inputvariabelen zijn de benedenstroomse- (aan Vlissingen), bovenstroomse- (aan de Bovenschelde) en laterale inputconcentraties (ammonium, nitriet, nitraat, zuurstof, chlorophyl, BOD, Kjeldahl N, saliniteit, SiO₂, SPM), debieten, lichtinval en watertemperatuur. De belangrijkste toestandsvariabelen zijn NH₄, O₂, nitraat+nitriet, SiO₂, detritus en planktonbiomassa (fyto- en zoöplankton, bentisch en pelagisch, diatomeeën en flagellaten). Het SAWES model is vergelijkbaar. Het berekent niet de benthische primaire productie, maar daarentegen wel het gedrag van een flink aantal slibgebonden verontreinigingen.

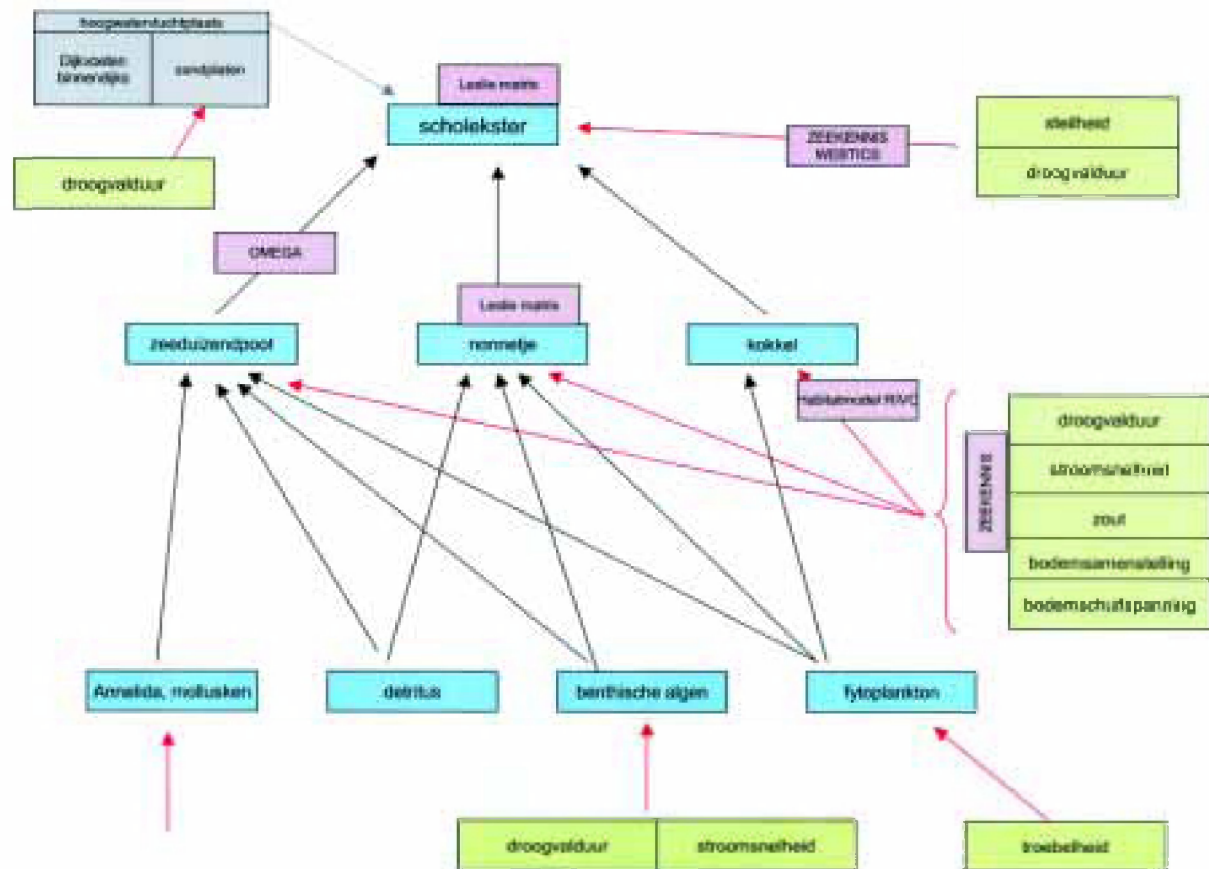
OMEGA

OMEGA is een model waarmee de accumulatie van een aantal stoffen (PCB, HCB, gebromeerde vlamvertragers, organotinverbindingen en PAK) in een aantal voedselketens berekend kan worden. Relevante gemodelleerde voedselketens zijn die van de scholekster (via Nereis, case Zeehavenkanaal), en de visdief (case Westerschelde).

Passen we het bovenstaande toe op het voorbeeld scholekster dan ontstaat vanuit de figuur aan het begin van dit hoofdstuk de onderstaande figuur waarin is aangegeven op welke wijze de gewenste informatie m.b.t. de scholekster kan worden verkregen.

De prooidieren en hun voedsel zijn blauw gekleurd, de HVP's grijs, de abiotische benodigde informatie geel en de ecologische modellen rood.

De figuren voor de andere organismen zijn te vinden in Bijlage I.



7.8 Literatuur

Hydrodynamica

- Rijkswaterstaat directie Zeeland, 1994, Presentatie 2D-waterbewegingsmodel Scaldis400 van de Westerschelde en Schelde. Rapport nr. AX 94.072.
- Rijkswaterstaat directie Zeeland, 1995, Zoutberekening T0 Scaldis400. Memo 26 januari 1995.
- Rijkswaterstaat directie Zeeland, 2001. Een eerste verkenning met Scaldis400 naar het effect van doorspoelen VKZM op de zoutgehalten in de Westerschelde. Memo 18 mei 2001.
- Rijkswaterstaat RIKZ, 1995. Invloed verdieping en ontpolderen op de saliniteitsverdeling Rupelmonde-Vlissingen. Modelberekeningen met Scaldis400. Werkdocument RIKZ/AB-95.863x.
- Rijn, L.C.van, 2003. Berekening van de bodemruwheid ten behoeve van het waterbewegingsmodel SCALWEST voor de Westerschelde. Rapport Z3685.
- Strategisch milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium (SMER), Hoofdrapport, Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (PROSES), september 2004.
- Svasek, 1999. Het SCALWEST model in het intergetijdengebied; een eerste verkenning naar afwijking tussen model en veldmetingen. Rapport 99321/1115.

- Svasek/Alkyon, 2000. ECOMORF; de modellering van de hydrodynamica in het intergetijdengebied. Rapport 00327/1165-A647.
- Svasek, 2002a. Verbetering van het SCALWEST model; ruwheden in het intergetijdengebied. Rapport 01513/1206.
- Svasek, 2002b. Verbetering van het SCALWEST model; bouw SCALWEST 2000 model. Rapport 02107/1206.

Morfologie

- Jeuken, C., 2001. Verificatie cellenconcept Westerschelde op basis van historische gegevens. Rapport Z3078, WL|Delft Hydraulics.
- Jeuken, C., M.A.G. van Helevert en Z.B. Wang, 2002. ESTMORF berekeningen naar de invloed van ingrepen en natuurlijke forceringen op de zandhuishouding van Westerschelde en monding. Rapport Z3246, WL|Delft Hydraulics.
- Jeuken, M.C.J.L., I. Tanczos, P. Thoolen, M.A.G. van Helvert en Z.B. Wang, 2002. Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en beheer. Rapport Z2838/Z3288, WL|Delft Hydraulics.
- Jeuken, C., I. Tanczos & Z.B. Wang, 2003. Evaluatie van het beleid voor vaargeulonderhoud en zandwinning sinds de tweede vaarwegverruiming op basis van veldwaarnemingen en het verbeterde Cellenconcept Westerschelde. Rapport Z3467, WL|Delft Hydraulics.
- Jeuken et al., 2004. Morfologische ontwikkelingen in het Schelde-estuarium bij voortzetting van het huidige beleid en effecten van een verdere verdieping van de vaargeul en uitpolderingen langs de Westerschelde. Rapport gemaakt in het kader van de s.m.e.r. door consortium Arcadis-Technum in opdracht van ProSes.
- Kuijper, C., R. Steijn, D. Roelvink, T. van der Kaaij & P. Olijslagers, 2004. Morphological modelling of the Western Scheldt. Rapport Z3648/A1198, WL|Delft Hydraulics/Alkyon.
- Tanczos, I., T. van der Kaaij, Z.B. Wang, M. van Helvert, M. van Ormondt, R. Bruinsma & C. Jeuken, 2004. Vooronderzoek naar het voorspellen van het onderhoudsbaggerwerk en het verbeteren van de stortstrategie Westerschelde. Rapport gemaakt in het kader van de s.m.e.r. door het consortium Arcadis-Technum in opdracht van ProSes.
- Temmerman S., Sedimentation on tidal marshes in the Scheldt estuary, a field and numerical modelling study. Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van Doctor in de Wetenschappen, KU Leuven, 2003.
- Wang, Z.B. en M.A.G. van Helvert, 2001. ESTMORF, a model for long-term morphological development of estuaries and tidal lagoons; overall review of the development of the model. Rapport Z3105, WL|Delft Hydraulics.
- Wang, Z.B., P. Thoolen en Ilka Tanczos, 2002. Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en

beheer. Toetsing aannames met SOBEK berekeningen. Rapport Z3325, WL|Delft Hydraulics.

- Wang, Z.B., 2003. Invloed van ingrepen in het mondingsgebied van de Westerschelde; Evaluatie aan de hand van ESTMORF berekeningen. Rapport Z3562, WL|Delft Hydraulics.
- Wang, Z.B., 2003. Further validation and improvement of the cell concept. Effect of flood-ebb circulations. Rapport 3288, WL|Delft Hydraulics.

Ecologie

- Boven van RM & Schobben JHM, 1993. Risico-analyse voor een indicator-soort van het zeemilieu: De populatiedynamica van de grote stern in Nederland. Rapport DGW-93.006.
- Kraan BCP, 2004. Het populatie-dynamische systeem voor *Corophium volutator* en de Lesliematrix. Meander Advies en Onderzoek.
- Rappoldt C, Ens BJ, Berrevoets M, Geurts van Kessel AJM, Bult TP en Dijkman EM, 2003. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde. Alterra rapport 883.
- Schröder SE & Schobben JHM, 1997. Populatiemodellen voor geselecteerde AMOEBA soorten. Werkdocument RIKZ/OS-97.134.
- Schröder SE, Schobben JHM & Meininger PM, 1996. Een populatiemodel voor de visdief *Sterna hirundo*. Rapport RIKZ-96.021.
- Smit MGD & Jak RG, 2003. Lesliematrixmodel voor *Corophium volutator*, versie 2.0. TNO rapport R 2003/037.
- Steenbergen J, Baars JJMD & Bult TP, 2004. Habitatmodellen voor kokkels in de Westerschelde. RIVO rapport C055/04.
- Weber A & Smit MGD, 2004. Leslie model voor *Corophium volutator* aangepast voor *Macoma balthica*. TNO rapport R 2004/478.
- Ysebaert T, 2000. Macrozoobenhtos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales. PhD thesis, University of Antwerp.
- Ysebaert T & Herman PMJ. Beschrijven, modelleren en voorspellen van bodemdieren in een estuariene omgeving. NIOO-CEME rapport 2002-6.

8 Vergelijking informatiebehoefte en -beschikbaarheid

Dit hoofdstuk vat de informatiebehoefte vanuit LTV2030, KRW en VHR (hoofdstukken 2, 3 en 4) en de wijze waarop deze verkregen kan worden (hoofdstuk 6 en 7) samen in een viertal tabellen. De tabellen laten tevens de leemtes zien.

Tabel 2

Samenvatting informatiebehoefte
VHR soorten en op welke wijze deze
kan worden bepaald.

8.1 VHR-soorten

	Criterium	Waar	HVP/rust	Foerageer-habitat	Broed-habitat	Voedsel	Effect areaal-verschuiving	Model
VOGELRICHTLIJN	Scholekster	West midden	Dijkvoeten Strekdammen Zandplaten Binnendijks	-		Kokkel Nonnetje Zeeduizendpoot	Areaal moet binnen deelgebied blijven	ZEEKENNIS WEBTICS Leslie Matrix, OMEGA
	Kluut	Overall	Zwemmend Zandplaten Schorren Binnendijks	Zacht substraat		Zeeduizendpoot Slijkgarnaal	Areaal moet in de buurt van nest blijven	ZEEKENNIS
	Bontbek Plevier	West Midden	Dijken Akkers Hooge Platen	Beetje slikkig tot zandig	Stranden, zilte gronden en zeedijken	Zeeduizenpoot <i>Heteromastus</i> Slijkgarnaal	Areaal moet in de buurt van nest blijven	ZEEKENNIS
	Strand Plevier	West Midden		-	Dynamische stranden, zilte gronden en zeedijken	Zeeduizendpoot Wadslakje		
	Zilverplevier	West Midden	Hooge Platen Zeedijken Binnendijks Schorren	-		Zeeduizenpoot Wadpier <i>Heteromastus</i>		ZEEKENNIS
	Kanoet Strandloper	West Midden	Zandplaat (Hooge Platen)	-		Kokkels Nonnetjes Zeeduizenpoot Slijkgarnaal Wadslakje	Areaalbehoud nodig binnen West/midden. Areaal moet in de buurt van HVP blijven.	ZEEKENNIS
	Drieteen Strandloper ¹	West Midden	Zeedijken Strekdammen Schorren			Wadslakje	Areaalbehoud nodig binnen West/midden	ZEEKENNIS
	Bonte strandloper	Midden West	Hooge Platen Zeedijken	-		Zeeduizendpoot <i>Nephtys</i> <i>Heteromastus</i>	Areaalbehoud nodig binnen West/midden	ZEEKENNIS
	Rosse grutto	Midden West Oost (trek)	Zandplaat Zeedijk Binnendijks Schorren	-		Zeeduizendpoot <i>Nephtys</i> <i>Heteromastus</i> Wadpier	Areaalbehoud nodig binnen West/midden	ZEEKENNIS
	Wulp ¹	Overall	Schor Binnendijks	Hard substraat		Krabben Zeeduizendpoot Wadpier		ZEEKENNIS
	Zwarte ruiter	Oost Midden	Schorren Inlagen	Zacht substraat		Slijkgarnaal Zeeduizendpoot		

	Criterium	Waar	HVP/rust	Foerageer-habitat	Broed-habitat	Voedsel	Effect areaal-verschuiving	Model
VOGELRICHTLIJN	Tureluur		Schorren Binnendijks Zeedijk	Zacht slikkig		Slijkgarnaal Zeeduizendpoot Nephtys Wadslakje Nonnetje Garnaal		ZEEKENNIS SLIK
	Steenloper	West Midden	Langs de dijk Strekdammen Hoge platen	-		Alleseter		
	Zwartkop Meeuw	Saeftinghe, vooral Zuidgors Hooge platen	-	-	Eilanden met aanzienlijke (soms hogere) begroeiing	NVT [binnendijks]		
	Dwergstern	Hooge platen	-	Ondiep turbulent, troebel water Br: Kale grond	Kale terreinen met een dynamisch karakter	Sprot Jonge haring Garnalen	Areaal moet in de buurt van nest blijven	
	Visdief		-	Ondiep rustig helder water	Spaarzaam begroeide terreinen bij water	Jonge haring Sprot Zandspiering Krabben Garnalen	Areaal moet in de buurt van nest blijven	Leslie Matrix, OMEGA
	Grote stern	Hooge Platen	-	Br: Kale grond	Eilanden nabij zoute wateren	NVT Voordelta		Leslie Matrix
	Grauwe gans ¹	Saeftinghe	Schor			Zeebiesknollen		
	Bergeend ¹	Overall	Zwemmend Schorren Op dijken Binnendijks	-		Wadslakjes Slijkgarnalen <i>Pleurosigma</i>		ZEEKENNIS
	Smient	Oost	Schor	-		Korte schorvegetatie		
	Krakeend	Oost				Wier van hardsub		
	Wilde eend					Alleseter		
	Pijlstaart					Wadslakjes Zaden van schorplanten		
	Slobeend		Schor			Omnivoor		
	Kleine zilverreiger		Schor Binnendijks			Vis Garnaal		
	Lepelaar		Schor			Vis Garnaal		
	Slechtvalk					Steltlopers		

	Criterium	Waar	HVP/rust	Foerageer-habitat	Broed-habitat	Voedsel	Effect areaal-verschuiving	Model
HABITATRICHTLIJN	Zee prik	Wester-schelde als door-trek-gebied?	Nvt	Zoet water en Noordzee		Larve: kleine ongewervelden Adult: parasitair		-
	Rivier prik	Wester-schelde als door-trek-gebied	Nvt	Zoet water en Noordzee		Larve: kleine ongewervelden Adult: parasitair		-
	Fint	Wester-schelde als doortrek/opgroei-gebied	Nvt	Zoet water en Noordzee		Plankton		-
	Zeehond	Overal	Zandplaten met steile randen langs diepe geulen	Westerschelde en Noordzee		Opportunistisch, eigenlijk niet bekend ³	-	Leslie Matrix

De jaargemiddelde spreiding van de soorten (vogels en vissen) is zeer groot (meer dan 100%). Uit langjarige trends is pas vast te stellen of er sprake is van een significante verandering.

Tabel 3

Samenvatting informatiebehoefte bodem(prooi)dieren VHR en op welke wijze deze verkregen kan worden.

8.2 Prooidieren (bodemdieren) voor VHR-soorten

Criterium	Toets	Info en vraag			Aanbod	
		Habitat	Levenswijze	Voedsel	Kinderkamer	Instrument
Kokkel	VHR	Zacht substraat Droogvalduur Stroomsnelheid Zoutgehalte	Sessiel, larven planktonisch	Fytoplankton		ZEEKENNIS Habitatmodel RIVO
Nonnetje	VHR	Zandig slib tot slibrijk substraat	Sessiel, larven planktonisch	Fytoplankton, bentische algen, detritus		ZEEKENNIS Lesliematrix
Zee-duizendpoot	VHR	Zandig slib tot slibrijk	Resident	Fytoplankton, bentische algen, detritus, <i>Annelida</i> , kleine mollusken		ZEEKENNIS
Slijkgarnaal	VHR	Slibrijk sediment	Resident	Benthische algen, detritus		ZEEKENNIS Vervangings-waardemodel Lesliematrix
Heteromastus	VHR	Slibrijk sediment	Resident	Benthische algen, detritus, bacteriën		ZEEKENNIS
Wadslakje	VHR	Slibrijk sediment	Resident	Benthische algen, detritus		ZEEKENNIS
Wadpier	VHR	Slibrijk sediment	Resident	Benthische algen, detritus, bacteriën, meiofauna		ZEEKENNIS
Nephtys	VHR	<i>hombergii</i> : slibrijk <i>cirrosa</i> : zandig		Mollusken, Crustaceeën, Polychaeten		ZEEKENNIS
Krabben	VHR	Geen voorkeur	Epibenthos larven planktonisch	Mollusken, Krabben		

³ Nog niet compleet

Criterium	Toets	Info en vraag			Aanbod	
		Habitat	Levenswijze	Voedsel	Kinderkamer	Instrument
Garnaal	VHR	Zanderig slib	Epibenthos, larven planktonisch	Omnivoor Polychaeten, Mollusken, Vissen, kleine kokkels		
Haring	VHR			Zooplankton	Ja (hydro- dynamiek, troebelheid)	Vislarvenmodel PMR
Sprot	VHR			Zooplankton	Ja (hydro- dynamiek, troebelheid)	
Zandspiering	VHR			Zooplankton, Wormen	?	

Een nauwkeurigheidseis voor de bepaling van bodemsoorten kan niet worden gegeven. Reden is dat de predatoren combinaties van meerdere soorten benutten. De werking hiervan is een kennisleemte.

Het voedsel voor de bodem(prooi)dieren tenslotte kan op de volgende manier berekend worden:

Fytoplankton In de Westerschelde wordt de primaire productie van fytoplankton vooral beperkt door licht. Er is geen reden aan te nemen dat de productie van het fytoplankton beïnvloed zal worden door de verruiming. Fytoplankton kan worden berekend met OMES.

Benthische algen Op de productie van benthische algen hebben zowel de droogvalduur als de hydrodynamiek een effect. Verwacht kan worden dat de productie van benthische algen wel door de verruiming zal worden beïnvloed. Benthische algen kunnen worden berekend met OMES.

Zooplankton en detritus Deze kunnen worden berekend met OMES.

8.3 Hydrodynamica en morfologie voor LTV, VHR en KRW

Tabel 4

Samenvatting hydrodynamische en morfologische informatiebehoefte vanuit LTV, VHR en KRW en hoe deze worden bepaald. Monitor: (analyseren van) monitoringdata.

Criterium	Toets	Info en vraag		Aanbod	
		Specificatie	Nauwkeurigheid	Segnificante verandering	Instrument
Gemiddelde diepte onder NAP –2 m [m]	LTV	Quotiënt watervolume – nat oppervlak per geul	1%	Mogelijk	ESTMORF Te grof Monitor
Oppervlak intergetijde gebied [ha]	LTV	Plaat, slik, schor deelgebieden	0,1 ha	Mogelijk	DELFT3D-MOR te grof Monitor
Stroomsnelheid [m/s]	VHR KRW	Verloop snelheid tijzone: - settling larven (rustige periode) - voedselaanvoer (niet te snel of te langzaam), enz. - kinderkamer	0,1 m/s	Mogelijk	SOBEK SCALWEST te grof
Debiet [m ³ /s]	LTV	Eb- en vloeddebet per geul	2%?	Mogelijk	SCALWEST te grof Monitor
Droogvalduur [%]	VHR KRW	Waterhoogte Diepte	5-10%	Mogelijk	Combinatie SCALWEST DELFT3DMOR/ Monitor
Verhang platen en slikken [%]	VHR	Deelgebieden	10%?	Ja	DELFT3D- MOR Monitor
Saliniteit [%]	VHR KRW	Overschrijdingsfrequenties deelgebieden	5-10‰	Neen	SCALWEST
Bodem-samenstelling	VHR KRW	Korrelgrootte verdeling [µm], D ₅₀ mediaan [µm], slibpercentage [%] per deelgebied		Mogelijk	? Monitor
Bodemschuifspanning [N/s ²]	VHR KRW	Platen en slikken (uit experiment, niet model) per deelgebied	5-10%	Mogelijk (kostbaar!)	
Troebelheid [dm]	VHR KRW	Doorzicht voor fytoplankton en potentiële barrière doortrekkende vissen per deelgebied.	10%	Mogelijk	Slibmodel
Zichtdiepte [dm]	VHR	Diepte voor zichtjagers	5 dm	Neen	Slibmodel
Diepte [m]	VHR KRW	Ondiepte deelgebieden voor kraamkamers, foerageergebied, vegetatie	0,2 m	Ja	Ja Monitor
Golfklimaat [J]	VHR	Frequentie van voorkomen, energie en <i>salt spray</i> op plaat/ slikranden voor kale grond broeders	10%?	Neen	Nvt

Criterium	Toets	Info en vraag		Aanbod	
		Specificatie	Nauwkeurigheid	Segnificante verandering	Instrument
Sediment-afzetting [cm]	VHR	Schorren en slikken van deelgebieden	0,1 cm	Mogelijk	Ja Monitor
Slikbreedte [m]	VHR	Slikbreedte (waterlijn – schor) voor Grauwe Gans	1 m	Mogelijk	Ja Monitor
Turbulentie oppervlakte water [Beaufort kenmerken]	VHR	Turbulente toestand door stroom en golven voor Visdief	1 Beaufort	Neen	Nvt
Zuurstof [mg/l]	VHR KRW	Gehalte in deelgebieden voor vissen	1 mg/l	Neen	MOSES

Tabel 5

Samenvatting informatiebehoefte vanuit de KRW en de wijze waarop deze kan worden bepaald. Zonodig is verwezen naar tabel 4 voor naar informatie

8.4 Biologische kwaliteitselementen uit de KRW

Biologisch kwaliteits Element	Specificatie of sort	Indicator	Stressoren	Aanbod	
				Segnificante verandering	Instrument
Fytoplankton	Biomassa Soorten-samenstelling	Geen maatlat <i>Phaeocystis</i>	Nutriënten, vertroebeling	Mogelijk	OMES/ MIRO ^{1*}
Macrofyten	Kwelders/schorren	Areaal Vegetatietypen	Zie tabel 4	Mogelijk	Geen model
	Zeegras	Bedekkings-percentage		Niet verwacht	Geen model
	Wieren op zacht substraat	Grootschalige opeenhoping	Toename areaal hoog-dynamisch gebied	Mogelijk	Geen model
	Wieren hard Substraat	Niet uitgewerkt		Niet verwacht	Geen model
Macrofauna bodemdieren	Biomassa - watersysteem	Relatieve grootte	Eutrofiëring, zoetwater, nautisch werk	Mogelijk	Relatie- model P.Herman
	Soorten-samenstelling watersysteem	Soortenlijst	visserij, exoten, chemische verontreiniging		ZEEKENNIS
	Soorten-samenstelling per ecotoop	Dynamiek, duur overspoeling, zoutgehalte	Zie tabel 4 en zwevend stof		ZEEKENNIS
Vissen	Diadromen	Zuurstof, troebelheid	Werken infrastructuur en vaargeul, zandwinning, wateronttrekking, exoten, scheepvaart, visserij, lozingen	Mogelijk	Geen modellen Nederland ^{2*} <i>Expert opinion</i>
	Estuariene residente	Specifieke ecotopen		Mogelijk	
	Mariene juvenielen	Ondiep water Kinderkamer		Mogelijk	
	Seizoensgebonden	Zicht, water temperatuur		Niet verwacht	
	Adulte en 0+ Fint	Grindbanken, getijgrens		Geen effect	

¹ MIRO is een *Phaeocystis*-model voor de Belgische kustzone, omgeving Zeebrugge van de VU Brussel.

² Vismodellen KU Leuven voor Schelde zie www.kuleuven.ac.be/bio/eco

9 Kennisleemtes en onzekerheden

In dit hoofdstuk bekijken we in hoeverre de beschikbare kennis en modellen voldoen voor de effectvoorspelling. We beginnen met een algemene beschouwing en zoomen dan in op de fysica en ecologie. Met name voor de fysica zijn veel tekortkomingen en aanbevelingen al vrij gedetailleerd besproken in hoofdstuk 6 en 7. Het overzicht hier is op hoofdlijnen en bevat een aantal nieuwe elementen. Onderstaande opsomming is vooral bedoeld als een *checklist* op basis waarvan het komend jaar aan verbetering van de voorspellingen kan worden gewerkt. In hoofdstuk 10 doen we zelf voorstellen hiervoor.

9.1 Beperkingen bij effectvoorspelling

De factoren die het voorspellend vermogen in het geval van de Westerschelde beperken zijn grofweg in vier (soms wat overlappende) categorieën in te delen: 1) gebrek aan kennis, 2) probleem om nieuwe kennis uit beschikbare data af te leiden, 3) problemen bij de omzetting van kennis in modellen en 4) technische onvolkomenheden in het modelinstrumentarium.

9.1.1 Gebrek aan kennis

Gebrek aan kennis van bepaalde onderdelen

Veel relaties en kenmerken van specifieke onderdelen van het ecosysteem zijn moeilijk te onderzoeken. Voorbeelden zijn de geschiktheid van foerageergebieden voor vogels, de voedselsamenstelling van de zeehond, de betekenis van ondiep water voor vissen en het effect van extreme omstandigheden.

Gebrek aan kennis van effecten van omstandigheden buiten het estuarium

Voorbeelden zijn de vermindering van het aantal zeehonden in de Delta door een virusinfectie in de Waddenzee en variatie in het aantal doortrekkers bij een aantal steltlopersoorten als gevolg van variabele condities in hun broedgebied bij de poolcirkel. In het geval van de zeehond is die extreme invloed wel redelijk in te schatten, in het geval van de steltlopers is de informatie vaak ontoereikend.

Extreme omstandigheden

Gegevens over het optreden van extreme omstandigheden en over hun effecten zijn per definitie schaars. Het is dus vaak onduidelijk in hoeverre een ontwikkeling over een termijn van tientallen jaren met name bepaald wordt door korte, hevige *events* of door geleidelijke veranderingen van omgevingsfactoren. Voor morfologie zijn superstormen een voor de hand liggend voorbeeld. Extreme omstandigheden zijn vooral van belang als het effect van dezelfde extreme omstandigheden op de situatie na de ingreep anders is dan voor de ingreep. Een denkbeeldig voorbeeld voor de Westerschelde is het optreden van natuurlijk herstel van een geërodeerde plaat of slik na zo'n superstorm, en de afwezigheid van herstel na een ingreep. Monitoring kan hier bij helpen.

Gebrek aan kennis van de samenhang (intrinsieke onvoorspelbaarheid)

In veel gevallen kan het hele systeem min of meer als één "organisme" beschouwd worden. Dit "organisme" bevat zoveel relaties met zoveel terugkoppelingen dat de werking van het geheel na een ingreep erg lastig te voorspellen is, ook als de afzonderlijke relaties grotendeels bekend zijn. Ecologische kernbegrippen zijn zelforganisatie en niet-lineariteit. Uit de eutrofiering van zoete meren (Veluwe-randmeren, Volkerak-Zoommeer) is bekend dat een toestand met helder water, veel waterplanten en een bijbehorende snoek-zeeltgemeenschap bij een gelijkblijvende belasting met nutriënten kan omslaan naar een toestand met een sterke dominantie van blauwalgen. De oorzaken voor zo'n omslag kunnen heel subtiel zijn.

9.1.2 Bruikbaarheid van monitoringgegevens

Gelijktijdig optreden van diverse sturende factoren

In het estuarium vinden tegelijkertijd zeespiegelstijging, klimaatverandering, verruiming, grootschalige sanering van lozingen in het hele stroomgebied, een veelheid aan plaatselijke ingrepen en een mogelijk najlen van ingrepen in het verleden (vorige verdiepingen, inpolderingen) plaats. De resultaten van monitoring zijn daardoor slechts beperkt bruikbaar voor het bepalen van het afzonderlijke effect van een verdieping. Het is duidelijk dat gebrek aan zuurstof de belangrijkste oorzaak van de afname van bepaalde vispopulaties was. Maar dergelijke eenduidige relaties zijn eerder uitzondering dan regel.

Gebrek aan kennis van tijd- en ruimteschalen

Vaak is onduidelijk hoe snel een effect zal optreden of weer is uitgewerkt. Ook is niet altijd duidelijk wat de invloedssfeer van een ingreep is. Ook dit maakt het lastig om uit resultaten van monitoring de effecten van afzonderlijke ingrepen te bepalen.

9.1.3 Omzetting van kennis in modellen

Gebrek aan kennis voor het maken van adequate modellen

De mathematische formulering van relaties, nodig om een model te kunnen maken, is soms lastig door gebrek aan een onderliggende theorie. Of de relatie de (fysische of biologische) werkelijkheid beschrijft, is dan niet altijd even duidelijk. Ook bevatten modellen vaak parameters die het resultaat van een combinatie van processen representeren. Ook dan is onduidelijk of het model dan recht doet aan die werkelijkheid en toegepast kan worden, in dit geval op een verruimde Westerschelde.

Gebrek aan kennis of modellen wel geschikt zijn voor de gevraagde toepassing

Modellen worden ontwikkeld en daarna gekalibreerd en gevalideerd. Daarna worden ze toegepast in dit geval op de verruimde Westerschelde. De kalibratie en validatie hebben echter plaatsgevonden met gegevens die het resultaat zijn van een scala van ontwikkelingen en ingrepen. Ervaringen met het toepassen van modelsystemen, ontwikkeld voor een bepaald watersysteem op andere watersystemen zijn vaak erg teleurstellend. Dat levert de vraag op hoe goed het model de situatie na een ingreep voorspelt. Validatie met zorgvuldig uitgekozen gegevens uit specifieke periodes kan dit probleem verhelpen.

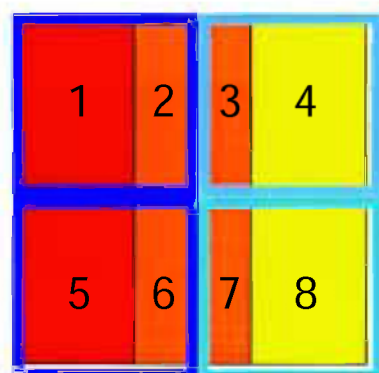
9.1.4 Technische beperkingen

Gebrek aan onderlinge aansluiting van modellen

Door het gescheiden ontwikkelen van kennis en modellen sluiten de fysieke modellen vaak slecht aan bij modellen die voor de ecologie zijn

gemaakt. De outputvariabelen van de fysische modellen verschillen vaak van de variabelen die de habitateisen van organismen beschrijven. De afgelopen jaren is er veel reparatiewerk uitgevoerd, maar dit onderwerp blijft aandacht vragen. In de tabellen in hoofdstuk 8 staat aangegeven over welke parameters informatie nodig is voor ecologische effectvoorspelling.

Niet alleen de outputparameter zelf van een fysisch model moet aansluiten bij de ecologische kennis, het geldt ook voor de ruimtelijke schaal van de output. Veel van de in hoofdstuk 7 besproken ecologische modellen bestaan in essentie uit een of andere regressievergelijking waarin de aanwezigheid van een soort op een plek (i.e. met een schaalniveau van een tiental meters) wordt gekoppeld aan een combinatie van omgevingsvariabelen. Dit betekent dus dat de uitkomst van abiotische modellen wel op een groter schaalniveau mag plaatsvinden, mits de gewenste nauwkeurigheid bereikt wordt, maar dat voor de ecologische doorwerking naar het oppervlak moet worden gekeken waar voor alle te beschouwen variabelen de modeluitkomst gelijk is. De volgende figuur poogt dit te illustreren:



De drie rood-oranje-gele vlakken zijn uitkomsten van de ene abiotische variabele, bijvoorbeeld stroomsnelheid. De vier licht tot donkerblauw omrande vlakken zijn uitkomsten van een andere abiotische variabele, bijvoorbeeld droogvalduur. Voor de schaal waarop de voorspelling van het organisme gedaan moet worden is noch de oppervlakte van de ene, noch van de andere abiotische variabele bepalend, maar de combinatie van beide. In dit voorbeeld moet het model voor het organisme toegepast worden op alle acht genummerde vakken. Dit betekent ook dat zodra een model voor een organisme meer dan één variabele bevat het van belang is waar een abiotische factor optreedt, omdat deze gecombineerd moet worden met een andere.

Dit zou geen probleem zijn als de output van een fysisch model hetzelfde fijne schaalniveau zou hebben. Maar dat is meestal niet het geval en als het wel zou worden ingebouwd zou het voorspellend vermogen vaak laag zijn (zie hoofdstuk 7, met name § 7.5). Daarbij is het voor de effectvoorspelling doorgaans ook niet nodig. Voor de meeste beleidsvragen, bijvoorbeeld met betrekking tot effecten op VHR-habitats en -soorten, is dat zonder meer mogelijk. Wel relevant is of het effect zich manifesteert in het oosten (brak), of in het midden en westen (zout), en of het een slik of een plaat betreft (sommige vogelsoorten bereiken op een slik veel hogere dichtheden dan op een plaat). Het is dus nodig om voorspellingen te kunnen doen op het niveau van oost en midden + west, en op het niveau van slik of plaat.

De conclusie is dus dat de uitkomsten van de lokale ecologische voorspellingen het beste kunnen worden geaggregeerd naar hogere ruimtelijke schaalniveaus. Onnauwkeurigheden worden zo ook mogelijk ook weggemiddeld. Het verdient aanbeveling om na te gaan wat de mogelijkheden hiervoor zijn, en of er zo geen systematische fouten ontstaan.

Rekentijd

Het draaien van sommen met een ruimtelijk gedetailleerd model zoals Delft 3D vergt veel rekentijd. Voor morfologische en ecologische effectvoorspelling zijn met het oog op de VHR (in stand houden van habitats en populaties; zie § 4.1) en vanwege de traagheid waarmee grootschalige morfologische ontwikkelingen zich voltrekken,

voorspellingen nodig tot minstens 2015-2020. Het uitvoeren van vele explorerende berekeningen met Delft 3D is gezien de rekentijd niet mogelijk.

9.2 Het mondingsgebied

Het mondingsgebied is nu als mogelijke stortlocatie in beeld, en er is besloten de Vlake van de Raan onder Natura 2000 te brengen. De fysica van het mondingsgebied kan ook van invloed zijn op de Westerschelde (zie bijvoorbeeld zandbalans, § 6.2.2). Van de fysica en ecologie van het mondingsgebied, de relatie ecologie-fysica en de betekenis van fysica en ecologie voor de Westerschelde, is echter te weinig bekend.

9.3 Kennisleemtes fysica

In hoofdstuk 6 en 7 kwam een aantal malen het gebrek aan voldoende systeemkennis als serieuze kennisleemte naar voren. Hier volgen een aantal belangrijke aspecten daarvan.

Zandbalans

We begrijpen niet goed waarom de Westerschelde is veranderd van een importerend naar een exporterend systeem en waarom de mondig nu ook exporterend lijkt te zijn geworden. Details staan in § 6.2.2, maar in verband met het verruimen van de vaargeul verdient de mogelijke relatie met de getij-asymmetrie zeker aandacht.

De uitkomst van de data-analyse van de lodingsgegevens bleek teleurstellend. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat er te weinig wordt gemeten. Het lijkt erop dat de morfologie van het systeem veel sneller verandert dan kan worden vastgesteld met de huidige lodingsfrequentie.

Kortsluitgeulen

Kortsluitgeulen worden als een belangrijk onderdeel van het meergeulenstelsel beschouwd. Er is echter nog veel onduidelijk over de relatie tussen het voorkomen van gescheiden eb- en vloedgeulen (en hun eigenschappen) en de ontwikkeling van kortsluitgeulen.

Ook de betekenis van kortsluitgeulen voor de ecologie is niet duidelijk.

Veranderingen in arealen: betekenis van variabel referentievlak

De beschouwingen over en modelanalyses van veranderingen in arealen zijn tot nu toe uitgegaan van vaste referentievlakken. Mogelijke veranderingen in droogvalduur, relevant voor ecologie, worden zo niet goed weergegeven. Dit is een serieuze handicap bij het effectonderzoek en het interpreteren van ontwikkelingen in het verleden.

Hoog- en laagdynamisch intergetijdengebied

De laagdynamische delen van het intergetijdengebied zijn ecologisch waardevoller dan de hoogdynamische delen. De historische ontwikkeling in de verhouding hoog- en laagdynamisch is grotendeels onbekend en de modellen blijken tot nu toe niet in staat deze verhouding voldoende goed te voorspellen.

Onderscheid tussen slik en plaat

De ecologische betekenis van slikken en platen verschilt sterk (§ 6.4). De huidige morfologische modellen maken echter geen onderscheid tussen slikken en platen.

Schorren

Er is momenteel geen bruikbaar modelinstrumentarium dat de autonome ontwikkeling of effecten van verruimen m.b.t. schorren kan voorspellen. Met het oog op het beleidsmatige belang van schorren en hun bedreigde status is dat een belangrijke leemte.

Zoutgrens en zoutdynamiek

Mogelijke effecten van de verruiming op de saliniteit zijn in de s.m.e.r. niet voldoende onderzocht (§ 7.5). De saliniteit is van belang voor de ecologie, maar ook voor het sedimenttransport.

9.4 Kennisleemtes ecologie

Wat beperkt de secundaire productie in de Westerschelde?

Een heel basale kennisleemte betreft de vraag in hoeverre de secundaire productie, dus de productie van met name jonge vis, bodemdieren en uiteindelijk vogels wordt bepaald door het voedselaanbod of door fysische factoren (§ 5.3). Fysische factoren zouden een direct effect (voorbeeld: bodemdieren kunnen zich niet handhaven bij te hoge stroomsnelheden), of een indirect effect (bij te hoge stroomsnelheden daalt de primaire productie door lichtlimitatie en daardoor het voedselaanbod) kunnen hebben. Deze vraag is van wezenlijk belang. In het geval dat de secundaire productie uitsluitend bepaald wordt door de primaire productie, zonder een direct of indirect effect van fysische factoren, dan zou het effect van verruiming kunnen bestaan uit een herverdeling van de organismen: het totaal aantal blijft gelijk, maar individuen verhuizen van ongeschikt geworden delen van de Westerschelde naar gebieden die nog wel geschikt zijn. De correlatieve bodemdier- en vogelmodellen die in § 7.6 werden gepresenteerd kunnen dit niet goed detecteren omdat ze alleen het effect van fysische factoren beschouwen.

Bodemdieren en vogels

De ZEEKENNIS-modellen voor bodemdieren voorspellen een kans op voorkomen en een dichtheid, voorzien van een bepaalde betrouwbaarheid. Voor vogels is het echter vooral van belang hoeveel energie zij tot zich kunnen nemen, en dus wat de biomassa is van de bodemdieren. De ruimtelijke verdeling van bodemdieren in termen van biomassa blijkt zeer moeilijk te voorspellen. Momenteel zijn er alleen goede voorspellingsmodellen voor de kans op voorkomen of voor de dichtheid van bodemdieren.

In aansluiting bij het voorgaande: binnen ZEEKENNIS is door middel van veldonderzoek de relatie tussen vogeldichtheden op slikken en platen en de droogvalduur en sedimentsamenstelling onderzocht.

Het toevoegen van het voorkomen van bodemdieren aan de analyses leverde geen verbetering van de modellen op. De bodemdiergegevens waren echter gebrekkig. De voorspelkracht van deze modellen is mogelijk dus nog wat te vergroten door gebruik te maken van goede bodemdiergegevens.

Verder lijkt bij vogels nog een ruimtelijke factor een rol te spelen: de dichtheid van veel soorten is op slikken veel hoger dan op platen, bij vergelijkbare sedimentsamenstelling en bodemdierbestanden. Mogelijk zijn slikken aantrekkelijker als foerageergebied vanwege de geringe afstand tot een hoogwatervluchtplaats of een broedplaats.

Er zijn een aantal Lesliematrices, maar het is nog niet duidelijk of zij bruikbaar zijn voor effectvoorspellingen. Daarvoor moet namelijk bekend zijn hoe een verandering in een abiotische variabele ingrijpt in de elementen van de matrix. Dit is nog niet onderzocht.

Ondiep water, garnalen, vis

Er wordt verondersteld dat ondiep water (tussen –2 en –5 m NAP) een belangrijke functie heeft als foerageergebied voor opgroeiende jonge vis ("kinderkamerfunctie") en als refugium voor getijmigreerders zoals garnalen (§ 6.4.1). Deze veronderstelling berust echter op ervaringen in andere gebieden; er zijn geen gegevens beschikbaar voor de Westerschelde (ref. Daan, Welleman, hoofdstuk 6). Het is ook niet duidelijk of alle delen van het ondiep water even waardevol zijn. Voor garnalen, een commercieel belangrijke soort, zijn geen dichtheidsmodellen beschikbaar omdat het lastig is om goede verspreidingsgegevens van deze soort te verzamelen (§ 7.6.2). Ze zijn veel lastiger te bemonsteren dan weinig mobiele soorten als kokkels of wadpieren.

10 Aanbevelingen

Het is binnen het kader van deze studie niet mogelijk en zinvol om voor elke geconstateerde tekortkoming een aanbeveling te formuleren. We volstaan met algemene aanbevelingen over de voorspellingsmethodiek en over gebieden waarvoor een inhaalslag nodig is, en specifieke aanbevelingen voor belangrijke onderdelen van de modelketenbenadering. Voor specifieke aanbevelingen voor de zandbalans en de morfologische modellen verwijzen we ook nadrukkelijk naar § 6.2 en 7.4.

De aanbevelingen worden alleen toegelicht voorzover ze niet rechtstreeks volgen uit hoofdstuk 9.

10.1 Algemeen

Zeeschelde

Dit rapport richtte zich met name op de Westerschelde. Veel kennis en modellen (bijvoorbeeld ESTMORF, Delft 3D) zijn ook zondermeer toepasbaar op de Zeeschelde. Dat is in dit rapport echter niet expliciet gemaakt. We bevelen aan na te gaan welke informatie uit dit rapport bruikbaar is voor de Zeeschelde en voor welke aspecten aanvullende informatie en modellen nodig zijn.

Mondingsgebied

Uit § 9.2 volgt als aanbeveling om het volgende te onderzoeken:

- de ecologische waarden;
- hoe die zijn gerelateerd aan de fysica;
- wat de effecten van de fysische condities en ecologische waarden (bijvoorbeeld paaipplaats Tong op Vlake van de Raan, en opgroeigebied in Westerschelde) in het mondingsgebied op de Westerschelde zijn.

Dit alles uiteraard voor zover relevant vanuit het mogelijk storten in het mondingsgebied en het aanwijzen als Natura 2000 gebied.

Gebruiksfuncties

Deze studie richtte zich op de ecologische en fysische toetsingsvariabelen. Met name met het oog op allerlei vormen van gebruik van de Westerschelde is echter meer nodig. De inspraakreacties op de s.m.e.r. maakten dit nog eens duidelijk. We noemen hier kleine strandjes langs de dijken, garnalenvisserij en archeologische vindplaatsen. Het verdient aanbeveling de gebruiksvormen op een rij te zetten, bij de gebruikers zelf te inventariseren welke aspecten voor hen met name van belang zijn en na te gaan welke informatie nodig is, om effecten van de verruiming op deze aspecten te onderzoeken.

Beleidsontwikkeling VHR en KRW volgen

Pas in de loop van 2005 en 2006 worden de maatlatten (dus toetsingsvariabelen) en bijbehorende doelen vastgesteld. Er komen dus wellicht nog aanvullingen op de in dit rapport genoemde toetsingsvariabelen. In verband met de Habitattoets en de toetsing voor de KRW verdient het dus aanbeveling de implementatie van de VHR en KRW nauwgezet te blijven volgen.

In de implementatietrajecten voor VHR en KRW wordt onderkend dat afstemming nodig is, in toetsingsvariabelen en in doelen. Zowel de VHR als de KRW vereisen toetsingsvariabelen voor vissen, bodemdieren en schorhabitats. Het is voor de m.e.r. van belang als het aantal toetsingsvariabelen zo beperkt mogelijk blijft. Afstemming gaat niet vanzelf. Anderzijds is de beoogde verruiming voor Nederland en Vlaanderen een mooie test case om die afstemming te realiseren. We bevelen aan om indien daartoe uitgenodigd vanuit het m.e.r.-traject actief input te leveren in de processen die moeten leiden tot een set toetsingsvariabelen voor VHR en KRW.

10.2 Modelketenbenadering in relatie tot andere voorspellingsmethoden

Op een basaal niveau zijn er nog een aantal belangrijke kennisleemtes. Op fysisch gebied: hoe stabiel is het meergeulenstelsel, hoe ontstaan kortsluitgeulen, wat zijn de separate effecten van autonome ontwikkelingen en ingrepen zoals verruiming. Waarom is het systeem zandexporterend geworden en is dat een blijvend fenomeen? Op ecologische gebied: wat beperkt de secundaire productie? Is dat de primaire productie, fysische factoren of een combinatie daarvan? Kortom, het systeeminzicht is op wezenlijke punten nog beperkt. Zowel de commissie-m.e.r. als de onderzoekers die waren betrokken bij het S-MER, als uitvoerders of als begeleiders, hebben dan ook aanbevolen het systeeminzicht te vergroten.

Het uitsluitend verder verfijnen en verbeteren van de bestaande modellen zonder input van nieuwe systeemkennis voldoet daarvoor ons inziens niet. We bevelen aan een combinatie toe te passen van de in hoofdstuk 5 besproken methoden. Juist voor bovenstaande generieke vragen is het zinvol om gebruik proberen te maken van "robuuste, simpele modelconcepten" en een vergelijking met andere estuaria. Een eerste stap zou zijn om een aantal senior experts bovenstaande vraagstukken scherper te laten definiëren en een eerste verkenning uit te laten voeren van argumenten voor of tegen bepaalde verklaringen voor waargenomen ontwikkelingen.

Deze methoden geven mogelijk antwoorden die te globaal zijn voor de wijze waarop Nederland (en veel andere landen) de VHR en KRW implementeren. Sommige ecologen pleiten er daarom voor deze richtlijnen minder precies uit te werken. In plaats van het uitwerken van doelen voor alle kwalificerende habitats en soorten zouden ook alleen toetsingsvariabelen en doelen kunnen worden uitgewerkt voor de onderliggende sturende fysische en chemische processen. Herstel van deze processen zou dan ook leiden tot het herstel en de instandhouding van de habitats en soorten. Dat zou ook meer recht doen aan het dynamische karakter van een systeem zoals het Schelde-estuarium. Een aanzet hiertoe is gegeven door Van den Bergh *et al.* (ref. in hoofdstuk 3), als onderbouwing voor een voorstel voor een natuurontwikkelingsplan voor het Schelde-estuarium. Momenteel legt de Universiteit van Antwerpen (Werkgroep Ecosysteembeheer) de laatste hand aan een voorstel voor een proces-georiënteerde uitwerking van instandhoudingsdoelen voor het estuarium. We bevelen aan om te onderzoeken of er draagvlak bestaat bij beleid, beheer en *stake holders* voor een meer proces-georiënteerde benadering in de implementatie van de VHR en KRW.

Data-analyse

Analyseren van monitoring-data is ook een methode om tot nieuwe inzichten te komen. De commissie-m.e.r. en de onderzoekers van de s.m.e.r. bevelen dit ook aan. Wij denken dat met name het analyseren van tijdreeksen van geomorfologische gegevens bruikbare nieuwe inzichten kan opleveren. Er is kaartmateriaal beschikbaar, of dit komt op korte termijn beschikbaar, op basis waarvan de geomorfologische ontwikkeling kan worden geanalyseerd sinds 1935, uitgaande van een variabel referentievlak (inlichtingen: B. Kater en D.J. de Jong-RIKZ). Deze kaarten zouden ook gebruikt kunnen worden voor de validatie en kalibratie van modellen.

Verder zijn recent allerlei kenmerken op een rij gezet die de dynamiek van het meergeulenstelsel beschrijven. Voorbeelden van parameters zijn: diepteverandering, plaatomtrek, aantal platen, plaatgrootte. Deze data zijn digitaal beschikbaar voor allerlei ruimtelijke schalen van de Westerschelde, vanaf 1955 (informatie: G.Liek-RIKZ).

Het gebruik van deze methoden in aanvulling op de modelketenbenadering brengt extra kosten met zich mee. We geven echter in overweging dat het doel van het gebruik van deze aanvullende methoden is om tot meer betrouwbare en meer nauwkeurige effectvoorspelling te komen. Dit kan er toe leiden dat er vanuit het voorzorgsbeginsel van de VHR minder natuurcompensatie hoeft te worden uitgevoerd. Ter toelichting: het voorzorgsbeginsel komt er kortweg op neer in geval van twijfel, cq bij een grote bandbreedte van de voorspelling, uitgegaan wordt van een *worst case scenario* (dus een effect). Deze benadering wordt voor zover we weten toegepast bij de passende beoordeling voor de Tweede Maasvlakte.

10.3 Specifieke aanbevelingen voor fysica en ecologie

Chemische samenstelling aanlegspecie: samenstelling bepalen om na te gaan of er geen invloed van de verruiming is op de KRW-doelstelling (verplichting) van "goede chemische kwaliteit"

Zandbalans: analyseren waarom de Westerschelde en monding zandexporterend zijn geworden. Relatie onderzoeken met ontwikkelingen en ingrepen in de Voordelta en kustzone.

Kortsluitgeulen: onderzoeken wat het belang van kortsluitgeulen voor de ecologie is en in hoeverre de ontwikkeling samenhangt met de kenmerken en stabiliteit van hoofd- en nevengeulen.

Herberekening van areaal van intergetijdengebied met variabel referentievlak: zo ontstaat beter inzicht in de werkelijke verandering in de omvang van het intergetijdengebied, en dus van de gevolgen van autonome ontwikkelingen en ingrepen op de ecologie.

Voorspelling van aandeel van hoog- en laagdynamisch intergetijdengebied: het laagdynamische gebied is ecologisch veel waardevoller, maar momenteel wordt de verhouding tussen laag- en hoogdynamisch slecht voorspeld.

Ontwikkeling van waterstanden: we bevelen de hydrodynamici aan om op zeer korte termijn de argumenten vóór en tegen van effecten van de vorige verdiepingen op "de waterstand" op een rij te zetten en tot heldere conclusies te komen, en eventueel aanbevelingen te doen voor aanvullend onderzoek. Er lijken echter al voldoende gepubliceerde basisdata en analyses aanwezig.

Onderscheiden van slikken en platen: de morfologische modellen maken momenteel geen onderscheid, terwijl de ecologische functie en waarde sterk verschillen. We bevelen aan dat nagegaan wordt hoe dit onderscheid kan worden aangebracht.

Voorspelling van zoutdynamiek verbeteren: een eventuele verplaatsing van de zoutgrens is met de tot nu toe toepaste 2D-waterbeweging-modellering niet goed te voorspellen. We bevelen aan om na te gaan welke verschuiving relevant zou zijn voor de ecologie en op basis daarvan te besluiten om 3D- dan wel 2D-modellen in te zetten.

Verdere ontwikkeling van slibmodel:

Schorren: we bevelen aan om bestaande modellen (WL|Delft Hydraulics en NIOO-Temmerman) operationeel te maken of een gedragen methodiek uit te werken op basis van *expert opinion*, of een combinatie van beide.

Ontwikkeling en toepassing van modellen voor kinderkamerfunctie, larventransport, garnalen: in het geval van de kinderkamerfunctie en de verspreiding van garnalen is er een kennisleemte, en bevelen we aan om bemonsteringen uit te voeren. Voor het larventransport, bijvoorbeeld van de Vlakte van de Raan naar de Westerschelde, bevelen we aan om het in het kader van PMR (Maasvlakte) ontwikkelde larventransportmodel in te zetten.

Voorspellingsmodel vogels: we bevelen aan om het Zeekennismodel in te zetten en daarnaast het proces-georiënteerde WEBTICS voor de Westerschelde toepasbaar te maken. Deze twee modellen hebben elk hun eigen inputdata en methodiek en de resultaten zijn in die zin als onafhankelijke waarnemingen te beschouwen. Het inzetten van beide modellen kan tot meer robuuste voorspellingen leiden voor de beleidsmatig belangrijke groep van de steltlopers.

Aggregeren van voorspellingsresultaten naar hogere ruimtelijke niveaus: we bevelen aan om te onderzoeken hoe de ruimtelijk gedetailleerde voorspellingen voor met name bodemdieren en vogels kunnen worden opgeschaald, voor een betere aansluiting bij de output van de fysische modellen (zie § 9.1.4)

En last but not least: permanente aandacht voor de koppeling van de fysische en ecologische modellen. Het voortdurend betrekken van ecologische expertise bij de ontwikkeling van de fysische modellen en vice versa is daarvoor, zo blijkt uit de praktijk, echt noodzakelijk.

Verklarende woordenlijst

GEP	Goed ecologische potentieel
GET	Goede ecologische toestand
HRL	Habitatrichtlijn
HVP	Hoogwatervluchtplaats
HW	Hoog water
KRW	Kaderrichtlijn Water
LTV2030	Lange Termijn Visie 2030 Schelde-estuarium
LTV O&M	Lange Termijn Visie Onderzoek en Monitoring
LW	Laag Water
MER	Milieu-effectrapport
m.e.r.	Milieu-effectrapportage
NB-wet	Natuurbeschermingswet
OS2010	Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010
PMR	Project Mainpoort Rotterdam
PROSES2010	Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010
s.m.e.r./SMER	Strategische milieu-effectrapportage, Strategisch MER
SVI	Staat van Instandhouding
VHR	Vogel- en Habitatrichtlijn
VRL	Vogelrichtlijn
WLB	Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout

Bijlage 1

Deze bijlage bestaat uit 19 pagina's.
Voor de toelichting bij de figuren zie § 7.7.

