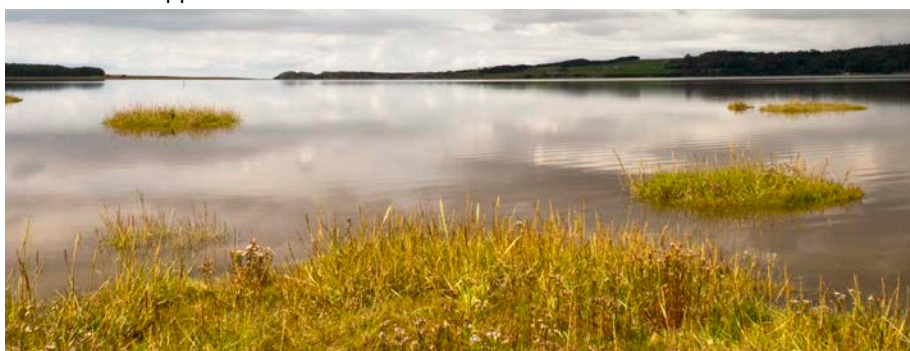


# Peilverandering in de Zuidwestelijke Delta:

Effecten op natuurwaarden  
en aquacultuur

Christiaan van Sluis en Pauline Kamermans

Rapport C041/12



# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever: Ministerie EL&I, Directie RRE  
Postbus 6111  
5600 HC Eindhoven

BO-11-015-004

Publicatiedatum: Juni 2012

**IMARES is:**

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

De foto's in dit rapport zijn gemaakt door en eigendom van Christiaan van Sluis

Foto omslag: Met springvloed komt het zeewater tot aan de schorren. Deze zijn bestand tegen incidentele overstroming van zout water.

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>
<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvKnr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V12.2

## Inhoudsopgave

1.1 Aanleiding achtergrond .....	7
1.2 Doelstelling .....	9
1.3 Aanpak .....	9
1.4 Afbakening.....	10
2. Wettelijk kader - natuurdoelen in de Zuidwestelijke Delta .....	12
2.1 Waterbeheer 21e eeuw .....	12
2.2 Kaderrichtlijn Water.....	12
2.3 Natura 2000.....	12
2.4 Samenhang WB21, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000.....	13
3. Randvoorwaarden voor N2000 habitattypen en aquacultuur .....	14
3.1 N2000 habitattypen.....	14
3.1.1 Permanent overstroomde zandbanken [1110].....	14
3.1.2 Estuaria [1130].....	15
3.1.3 Slik- en zandplaten [1140] .....	15
3.1.4 Grote baaien [1160] .....	16
3.1.5 Zilte pionierbegroeiingen [1310].....	17
3.1.6 Slijkgrasvelden [1320] .....	17
3.1.7 Schorren en zilte graslanden [1330].....	18
3.2 Aquacultuur .....	22
3.2.1 Draagkracht, waterkwaliteit en hoofdfunctie van gebieden.....	22
3.2.2 Aquacultuur met inheemse soorten en de Japanse oester .....	23
4. Veranderingen in waterpeil, droogvalduur en saliniteit .....	25
4.1 Herstel getijdendynamiek in Grevelingen, Krammer-Volkerak en Zoommeer. ....	30
4.2 Zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde .....	30
5.1.1 Gedeeltelijk herstel getijdendynamiek Grevelingenmeer .....	32
H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks) .....	32
H1310A Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal) .....	32
H1310B: Zilte pioniersbegroeiingen (Zeevetmuur).....	33
Het ontstaan van andere habitattypen .....	33
5.1.2 Veranderende natuurwaarden in het Grevelingenmeer .....	33
5.1.3 Biodiversiteit en uniciteit van het Grevelingenmeer.....	37
5.1.4 Aquacultuur in het Grevelingenmeer .....	39
5.2.1 Gedeeltelijk herstel getijdendynamiek Krammer-Volkerak .....	39
H1310 (A&B) Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal en Zeevetmuur) .....	39
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks).....	39
Het ontstaan van andere habitattypen .....	39
5.2.2 Veranderende natuurwaarden in het Krammer – Volkerak – een vergelijking met de verzilting van het Veerse meer .....	40
5.2.3 Biodiversiteit en uniciteit van het Krammer - Volkerak .....	42
5.2.4 Aquacultuur in het Krammer - Volkerak .....	43
5.3.1 Zeespiegelstijging in de Oosterschelde.....	44
H1160 Grote, ondiepe krekens en baaien .....	44
H1320 Slijkgrasvelden.....	44
H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks) .....	45
H1310A Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal) .....	45
5.3.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Oosterschelde .....	45
5.3.3 Aquacultuur in de Oosterschelde.....	46
5.4.1 Zeespiegelstijging in de Westerschelde .....	46
H1110B Permanent overstroomde zandbanken .....	46

H1130 Estuaria .....	46
H1320 Slijkgrasvelden.....	47
H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks) .....	48
H1310A Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal) .....	48
H1310B: Zilte pioniersbegroeiingen (Zeevetmuur).....	48
5.4.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Westerschelde .....	49
5.4.3 Aquacultuur in de Westerschelde .....	49
6. Integratie en conclusies .....	53
6.1 N2000 doelstellingen en aquacultuur.....	53
6.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Zuidwestelijke Delta .....	55
Dankwoord .....	57
Referenties .....	58
Kwaliteitsborging .....	60
Verantwoording.....	61
Appendix 1. ....	62

## Samenvatting

Deze studie verkent het effect van gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en zeespiegelstijging (80 cm) in de Ooster- en Westerschelde op de verspreiding en het areaal van N2000 habitattypen in de Zuidwestelijke Delta. Hiervoor is een analyse van wetenschappelijke en beleidsmatige literatuur uitgevoerd in combinatie met informatie uit het Deltamodel dat de veranderingen in droogvallende en intergetijdengebieden simuleert (WL | Delft Hydraulics 2007). Met deze gegevens is een inschatting gemaakt van de toekomstige verspreiding en ontwikkeling van de buitendijkse N2000 habitattypen in de Zuidwestelijke Delta (zie ook tabel 2 en 5). Naast de gevolgen voor natuurwaarden zoals biodiversiteit en uniciteit zijn ook de gevolgen en nieuwe kansen voor aquacultuur in kaart gebracht.

### **Gedempt getij in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak**

Gedempt getij in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak heeft een overwegend positief effect op het areaal en de kwaliteit van de in deze studie beschreven natura 2000 habitattypen in dit gebied. De verbetering gaat echter ten koste van het areaal van voormalige schorren en zilte graslanden, omdat het toekomstige intergetijdengebied in zijn geheel hoger komt te liggen dan het huidige waterpeil. Ook zullen zoetminnende soorten afnemen of zelfs verdwijnen. In het zoute scenario zal de biodiversiteit van het gebied toenemen door de verbetering van kwaliteit en de uitbreiding van het areaal van kusthabitats. De grootste toename van biodiversiteit in het zoute scenario kan echter verwacht worden door een vermindering van de zuurstofloosheid, een verbeterd doorzicht en bevorderde mogelijkheden voor vismigratie. Dit alles zal een positief effect hebben op de bodemdier- en visgemeenschap en in het intergetijdengebied foeragerende en visetende vogelsoorten, maar negatief uitpakken op het voorkomen van zoetwater minnende vissen, vleermuizen en herbivore vogels. Ook zullen het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak door een verbeterde doorstroom met zout water meer gelijkenis gaan vertonen met de Ooster- en Westerschelde. Als gevolg daarvan zal de uniciteit van de gebieden op de schaal van de Zuidwestelijke Delta dalen. Daarentegen is het mogelijk dat de uniciteit op Europese schaal juist toeneemt doordat natuurlijke estuaria weinig voorkomen.

Wat betreft aquacultuur zal de beschikbaarheid van een beperkt intergetijdengebied maar matig bijdragen aan de kansen voor zilte landbouw. Dit mede door de steile oevers en de bescherming van N2000 habitattypen in de kustzone. Meer mogelijkheden zijn er voor schelpdiercultuur in de relatief stagnante, zoute, voedselrijke wateren met gedempt getij (Wijsman and Kleissen 2012), maar het is nog onzeker of zuurstofgehalten en de waterkwaliteit voldoende zullen verbeteren voor de ontwikkeling van aquacultuur in alle delen van het Grevelingenmeer en het Krammer- Volkerak. Het is wel waarschijnlijk dat er indien nodig aanvullende maatregelen dienen te worden getroffen om zowel de zuurstofloosheid als de waterkwaliteit in de toekomst op orde te krijgen. Dit omdat zowel recreatie en aquacultuur genoemd worden in de toekomstvisies respectievelijk het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak.

### **Zeespiegelstijging in de Oosterschelde en Westerschelde**

Wanneer ervan uitgegaan wordt dat zilte oevervegetaties niet kunnen meegroeien met zeespiegelstijging, worden in de Oosterschelde alle geformuleerde habitatrictlijn doelstellingen voor zowel oppervlakte als kwaliteit van de habitattypen niet behaald. De door zeespiegelstijging veroorzaakte afname van schorren en zilte graslanden, Slijkgrasvelden en Zilte pioniersbegroeiing zal door de heersende zandhongerproblematiek in dit bekken versterkt worden. Hetzelfde geldt voor slikken en platen die vallen onder het habitattypen grote baaien. Hoewel de afname van deze habitattypen in de kustzone ten goede komt aan het areaal (oppervlakte) van de habitattypen Permanent overstroomde zandbanken en grote baaien, gaat de kwaliteit van het habitatype grote baaien achteruit. Dit omdat het interne mozaiek van ecotypen, dat kenmerkend is voor het habitatype grote baaien, deels afhankelijk is van droogvalduur. In de Westerschelde komt eenzelfde, maar minder extreem beeld naar voren doordat in dit bekken geen zandhonger optreedt. Door zeespiegelstijging zal het areaal van de habitattypen estuaria en permanent overstroomde zandbanken toe nemen ten kostte van schorren en zilte

graslanden, Slijkgrasvelden en Zilte pioniersbegroeiing. Door verarming van het interne mozaïek van ecotype binnen het habitattypen Estuaria zal de kwaliteit van dit habitattypen verlagen.

Als gevolg van de achteruitgang in habitat areaal en kwaliteit zal de biodiversiteit in de Ooster- en Westerschelde afnemen. De zeer grote afname van Schorren en zilte graslanden in permanent droge gebieden, de verplaatsing van intergetijdengebied en de achteruitgang van de habitatkwaliteit van de habitattypen Grote baaien en Estuaria zal negatief effect hebben op die biodiversiteit binnen deze habitattypen. Hierbij is het van belang dat de variatie in habitats zal afnemen waardoor ook de soortendiversiteit van geassocieerde soorten zal dalen. In de Ooster- en Westerschelde zullen aanvullende maatregelen nodig zijn om de N2000 habitattypen en aanverwante soorten diversiteit te behouden of te verbeteren, maar zelfs met aanvullende maatregelen zijn sommige doelstellingen voor N2000 habitattypen binnen de Ooster – en Westerschelde niet reëel. De uniciteit van zowel de Ooster- en Westerschelde zal afnemen doordat deze meer vergelijkbaar zullen zijn met de overige Nederlandse kust waar minder ruimte is voor natuurlijke overgangen tussen het land het de zee.

Betreft aquacultuur in de Ooster- en Westerschelde nemen de kansen voor buitendijkse zilte landbouw af terwijl het potentiële gebied voor andere vormen van aquacultuur zal toenemen. In de toekomstschets voor de Oosterschelde staat dat de productiviteit van het gebied mogelijk zal stijgen. Voor de Westerschelde geldt dit niet, en vormen de waterkwaliteit en de vele gebruiksfuncties mogelijk een bedreiging voor de ontwikkeling van aquacultuur.

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding achtergrond

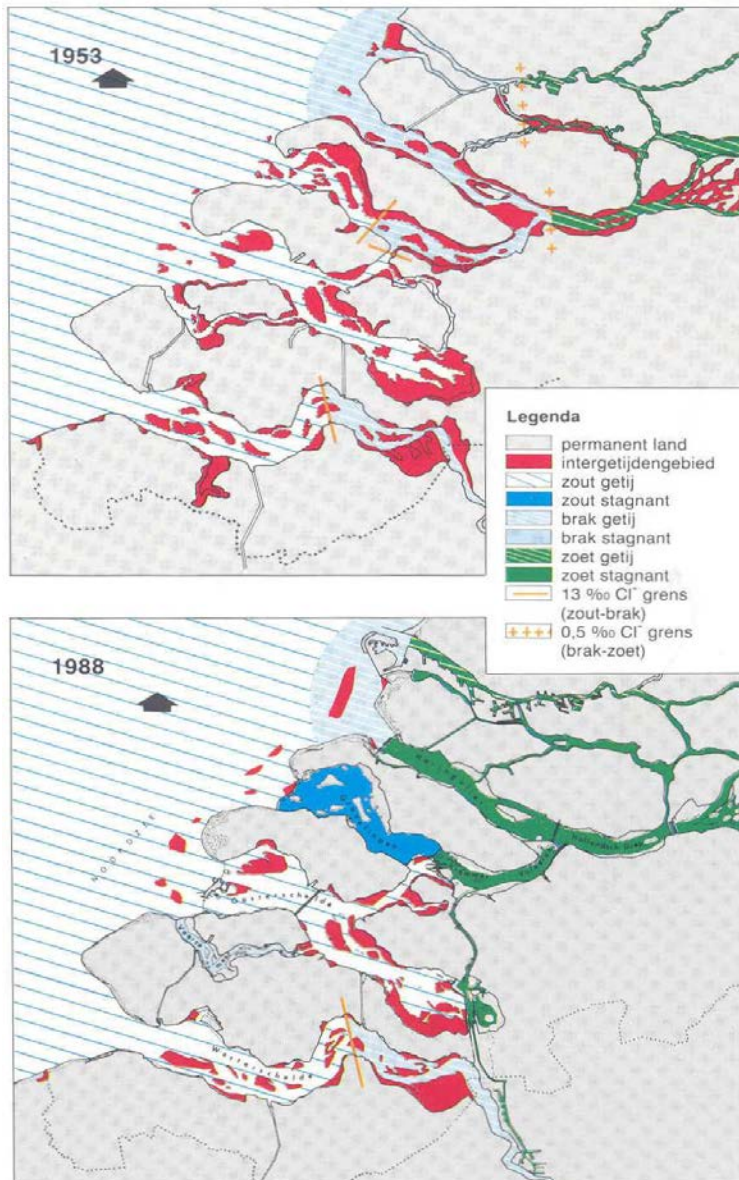
De Zuidwestelijke Delta (figuur 1) is met de deltawerken misschien wel de best beveiligde delta ter wereld, maar er liggen ook grote uitdagingen om de kwaliteit van de leefomgeving en de economische potenties te verbeteren. Op de langere termijn speelt de vraag of de regio flexibel om kan gaan met de gevolgen van klimaatverandering, in het bijzonder de zeespiegelstijging. Ook de natuur zal zich moeten aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering en nieuwe aanpassingen aan de kustverdediging.

Ecosystemen hebben zich al eerder op grote schaal aangepast (Smits, Nienhuis et al. 2006; Rijkswaterstaat 2009). Na de watersnoodramp van 1953 is een plan opgesteld om de veiligheid in de Zuidwestelijke Delta te waarborgen. Door de uitvoering van het Delta plan zijn verscheidene estuariene gebieden afgesloten van de zee en ontstonden een zout meer (Grevelingenmeer), een brak meer (Veerse Meer) en een zoet meer (Krammer – Volkerak en Zoommeer). Hierbij is veel estuariene natuur verloren gegaan (zie figuur 1). Daarnaast heeft de gestagneerde doorstroom geleid tot problemen met de waterkwaliteit, sedimentatieprocessen (zandhonger) en de ecologie in en rondom de verschillende bekkens.

Toch is het effect van deze veranderingen op natuurwaarden tweezijdig. De kwaliteit van de natuur binnen de gestagneerde watersystemen is gedaald, maar wanneer binnen de gehele Zuidwestelijke Delta wordt gekeken naar vogels en vissen is de biodiversiteit gestegen (Tangelder, Troost et al. 2012). Dit komt doordat er nu naast de gebieden waar nog steeds estuariene natuur voorkomt, stagnante gebieden zijn die juist door hun veranderde droogvalduur, saliniteit, zuurstofgehalte en doorstroom andere habitats en aanverwante soortgemeenschappen herbergen (figuur 1).

De laatste jaren treden er echter problemen op die doen vermoeden dat de ecosystemen binnen de Zuidwestelijke Delta veerkracht missen (zie ook Tangelder et. al. 2012).. Voorbeelden hiervan zijn zuurstof tekort in de diepere delen van het Grevelingenmeer en de bloei van giftige algen in het Krammer-Volkerak meer (Peelen and Klomp 1976; Breukers, Van Dam et al. 1997). Er zijn daarom plannen om de estuariene dynamiek en natuurlijke zout gradiënt in de bovenste bekkens van de Zuidwestelijke Delta te herstellen (Stuurgroep & Adviesgroep Zuidwestelijke Delta 2011). Oplossingen worden gezocht in de richting van (gedempte) terugkeer van de estuariene dynamiek. De Oosterschelde en de Westerschelde staan nog steeds in directe verbinding met de Noordzee, maar ook hier zijn de effecten van de aangepaste kustverdediging en baggerwerkzaamheden zichtbaar. In de Oosterschelde heeft de toename van harde kustverdediging geleid tot een afname van het volume van in- en uitstromend water. Er ontstaat zandhonger: de geulen zijn te diep voor het bestaande plaat areaal en de hoeveelheid water die erdoor stroomt (van Maldegem and van Pagee 2005; Mulder, Cleveringa et al. 2010). Als gevolg hiervan hoopt sediment van de platen zich langzaam op in de geulen en vallen bestaande slikken en platen, die een belangrijke foerageerplaats zijn voor vogelsoorten, steeds minder vaak droog. Volgens Mulder et. al. 2010 is er onvoldoende sediment aanwezig in de Zuidwestelijke Delta. De verwachte zeespiegelstijging zal ervoor zorgen dat er in de toekomst nog minder platen en slikken droog zullen vallen. In de Westerschelde is de doorstroom nog beter waardoor de zandhongerproblematiek hier nog niet optreedt. Toch zijn ook hier de effecten van harde kustverdediging merkbaar en worden grote hoeveelheden sediment verplaatst om de vaarroutes richting Antwerpen open te houden.

Doordat herstel van de getijdendynamiek en zeespiegelstijging zullen leiden tot veranderingen in doorstroom, droogvalduur en saliniteit is zeker dat de verspreiding van soorten, habitats en N2000 habitattypen binnen de Zuidwestelijke Delta wederom zullen veranderen. Er is echter nog geen langere termijn studie uitgevoerd om deze veranderingen zo goed mogelijk in kaart te brengen.



*Figuur 1) Overzichtskaarten van intergetijdengebied en zoutgradiënten in de Zuidwestelijke Delta voor (1953) en na (1988) de uitvoering van het Delta Plan.*



## 1.2 Doelstelling

In deze studie worden de gevolgen van gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek en zeespiegelstijging op de verspreiding en het areaal van N2000 habitattypen in de Zuidwestelijke Delta verkend voor het jaar 2100. Hiervoor is een analyse van wetenschappelijke en beleidsmatige literatuur uitgevoerd in combinatie met informatie uit het Kennis voor Klimaat project en het Deltamodel dat de veranderingen in droogvallende en intergetijdengebieden simuleert (WL | Delft Hydraulics 2007). Naast de gevolgen voor natuurwaarden worden ook de gevolgen en nieuwe kansen voor aquacultuur in kaart gebracht.

## 1.3 Aanpak

Binnen het project Kennis voor Klimaat is gewerkt aan een aantal scenario's voor veranderingen in de Delta wateren als gevolg van klimaatverandering ([kennisvoorklimaat.klimaatonderzoeknederland.nl](http://kennisvoorklimaat.klimaatonderzoeknederland.nl)). In deze studie komen twee scenario's naar voren die vergeleken kunnen worden met de huidige situatie:

- 1) Gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer, Krammer – Volkerak en Zoommeer door aanpassingen aan de Brouwers- Philips- en Grevelingendam. Hierbij stroomt het zoete water richting de Brouwersdam en de Westerschelde. Dit scenario is door Deltares ontwikkeld binnen het Kennis voor Klimaat programma en bedoelt om een toekomst scenario te beschrijven waarin de estuariene dynamiek in de delta gedeeltelijk wordt hersteld.
- 2) 80 cm zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. Dit scenario is beschrijft de gevolgen van de zeespiegelstijging.

Bronnen: (Martini 2010; Schellekens, Wijsman et al. 2011)

De informatie uit de Kennis voor Klimaat rapporten, zoals globale veranderingen in waterpeil, zoutgehalte en droogvalduur wordt in dit rapport gebruikt als uitgangspunt om veranderingen in biodiversiteit en uniciteit, en aquacultuur en zilte landbouw in te schatten. De toekomstige biodiversiteit en uniciteit worden bepaald middels een belangrijke tussenstappen. Eerst worden de randvoorwaarden voor het voorkomen van Natura 2000 (hierna N2000) habitattypen in kaart gebracht. Op basis van het huidige en toekomstige peilniveau, intergetijdengebied en zoutgehalte wordt vervolgens beschreven waar de verschillende N2000 habitattypen potentieel kunnen voorkomen in 2100. Zo wordt benaderd hoe de beschikbaarheid van Natura 2000 habitattypen het potentiële verspreidingsgebied van geassocieerde soorten zal veranderen. Met deze aanpak wordt aansluiting gevonden bij de natuurdoelen van Natura 2000 (hierna N2000) en kunnen vanuit daar de resultaten vertaald worden naar de te verwachte effecten op biodiversiteit. Gebaseerd op deze uitkomst wordt vervolgens door middel van expert judgement bepaald hoe de uniciteit binnen de verschillende bekkens zal veranderen.. Naar de effecten van beide scenario's op aquacultuur en zilte landbouw wordt gekeken door eerst de randvoorwaarden voor verschillende vormen van aquacultuur te beschrijven.

## 1.4 Afbakening

In deze studie is uitgegaan van veranderingen in peilniveau, intergetijdengebied en zoutgehalte. Onvoldoende informatie was beschikbaar voor het maken van kaarten voor bijvoorbeeld slib of nutriënt concentraties. Voor de beschrijving van natuurwaarden binnen de Zuidwestelijke Delta ligt de focus op N2000. Dit is naast de Kaderrichtlijn Water (KRW) de belangrijkste wetgeving voor natuurwaarden in de Zuidwestelijke Delta. Daarnaast zijn de effecten van zeespiegelstijging op doelstellingen van de KRW reeds eerder beschreven (Holzhauer and Twisk 2009).

Zoals hierboven beschreven is om de effecten op biodiversiteit en uniciteit in kaart te brengen niet direct uitgegaan van de hoeveelheid verschillende en de verdeling van verschillende soorten. Dit was binnen het tijdsbestek van deze studie niet mogelijk. Als alternatief is er, naast de indirecte inschatting via de verandering in habitattypen, voor het Krammer – Volkerak een inschatting gemaakt op basis van het herstel van de soortgemeenschap in het Veerse meer na toelating van Oosterschelde water. Voor het Grevelingenmeer is gekeken naar de veranderingen die opgetreden zijn na de afsluiting van de Brouwersdam. Deze zullen door toelating van gedempt getij gedeeltelijk worden teruggedraaid. Voor de Ooster- en de Westerschelde geven alleen de veranderingen in habitattypen inzicht in wat er zal gaan gebeuren met de biodiversiteit. De verwachte effecten op aquacultuur zijn in kaart gebracht door het beschrijven van randvoorwaarden voor verschillende vormen van aquacultuur in combinatie met de verwachte veranderingen in hoog en laag water en zoutgehaltes in de bekkens. Er is gefocust op de zoute landbouw, visteelt en mariene cultures met lokaal voorkomende soorten. Hoewel ook verandering in de nutriëntgehalten verwacht is, is dit niet meegenomen in deze studie. Meer informatie over het effect veranderende nutriënt concentraties op secundaire productie kan gevonden worden in Schellekens en Smaal (2012).

Alle buitendijkse gebieden met uitzondering van het Veerse meer, het Zoommeer en de Voordelta zijn meegenomen om de effecten op natuurwaarden en aquacultuur te bepalen. Het Veerse meer en het Zoommeer zijn niet meegenomen omdat in deze gebieden geen N2000 habitattypen zijn gedefinieerd. Wel beschrijft een eerder rapport effecten van een veranderend peilbeheer op de KRW en de Vogel- en Habitatrichtlijn (Prinsen, Schouten et al. 2005). De eerste ecologische veranderingen ten gevolge van een aangepast peilbeheer zijn beschreven in: "Waterkwaliteit en ecologie Veerse Meer: het tij is gekeerd" (Craeymeersch and de Vries 2007). De Voordelta is niet opgenomen, omdat dit gebied niet staat beschreven in het Doelendocument Natura 2000 Deltagebied (Troost 2009). Daarnaast geeft ook het Kennis voor Klimaat model, dat de veranderingen naar aanleiding van herstel van de getijdendynamiek en zeespiegelstijging in kaart brengt, geen inzicht over de toekomstige situatie in de Voordelta (Martini 2010).

Om de verwachte veranderingen in peilniveau, intergetijdengebied en zoutgehalte in kaart te brengen is uitgegaan van de resultaten van berekeningen met het Delta model (Martini 2010; Schellekens, Wijsman et al. 2011). Dit model, dat gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek en zeespiegelstijging berekent voor 2100, gaat niet uit van graduele veranderingen. De natuur kan zich hierdoor niet geleidelijk aanpassen aan een verhoogd waterpeil, verschuiving van het intergetijdengebied of veranderende zout concentraties. Dit houdt in dat deze studie voor het meest extreme scenario (plotselinge verandering) aangeeft waar soorten, habitats en N2000 habitattypen in de toekomst potentieel kunnen voorkomen. Welke habitats, habitattypen en soortgemeenschappen daadwerkelijk zullen ontstaan is echter niet met zekerheid te stellen en mede afhankelijk van andere abiotische veranderingen en van menselijk gebruik.

Omdat het binnen het Kennis voor Klimaat model niet mogelijk was ook de zeespiegelstijging mee te modelleren in combinatie met aanpassingen aan de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam, zijn de effecten van gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek alleen zichtbaar in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en de effecten van klimaatverandering alleen zichtbaar in de Ooster- en Westerschelde. In de realiteit zal de aanpassing van de dammen gepaard gaan met zeespiegelstijging,

maar tot nu toe is er geen model om deze gecombineerde effecten te modelleren. Verder is het Kennis voor Klimaat model niet geschikt voor het maken van gedetailleerde kaarten en conclusies. Het is wel geschikt voor het modelleren van algemene veranderingen binnen gebieden. Hierover valt meer te lezen in hoofdstuk 4.

### **1.5 Leeswijzer**

Door het bespreken van verschillende natuurdoelen wordt in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van de regelgeving die van toepassing is op de natuurwaarden in de Zuidwestelijke Delta. Vervolgens worden in het eerste deel van hoofdstuk 3 aan de hand van een strak format verschillende natura N2000 habitattypen beschreven. Ook de randvoorwaarden waaronder de verschillende N2000 habitattypen kunnen voorkomen en aanverwante doelen zijn opgenomen. In het tweede deel van hoofdstuk 3 wordt ingegaan op randvoorwaarden voor verschillende aquacultuur technieken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4, op basis van de Kennis voor Klimaat rapporten en het uitvoeringsprogramma Zuidwestelijk Delta, beschreven hoe de verschillende bekkens zullen veranderen door respectievelijk zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschede en gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak.

Hoofdstuk 5 integreert de verwachte veranderingen in peil, intergetijdengebied en zoutgehalte per bekken, met de randvoorwaarden van zowel N2000 habitattypen als aquacultuur. Voor elk bekken wordt beschreven hoe het areaal en indien van toepassing de kwaliteit van voorkomende N2000 habitattypen zal veranderen en of er kansen ontstaan voor de ontwikkeling van aquacultuur. Hier wordt ook ingegaan op de biodiversiteit en de uniciteit van de verschillende bekkens. Met betrekking tot de Grevelingen wordt in dit hoofdstuk ook samengevat hoe de natuur is veranderd door de relatief kleine opening met de zee die ontstond na de aanleg van de Brouwerssluis in 1978. Dit om beter inzicht te krijgen in de te verwachten veranderingen in natuurwaarden wanneer de getijdendynamiek gedeeltelijk hersteld wordt. Omdat het Krammer – Volkerak geheel zoet is gebleven, zijn de verwachte veranderingen in natuurwaarden voor dit bekken in kaart gebracht door een vergelijking te maken met het Veerse meer dat na de opening van de Katse Heule in 2004 een zoutwatermeer is geworden.

Hoofdstuk 6 integreert de voorgaande hoofdstukken en geeft zo een inzicht in de effecten van een gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek en zeespiegelstijging op N2000 doelstellingen, de veranderingen in biodiversiteit en uniciteit alsmede in de toekomstige mogelijkheden voor aquacultuur binnen de gehele Zuidwestelijke Delta.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het EL&I-programma Beleidsondersteunend Onderzoek thema Gebiedsgerichte Deltaprogramma's

## **2. Wettelijk kader - natuurdoelen in de Zuidwestelijke Delta**

De drie belangrijkste beleidstukken die van toepassing zijn op het natuurbehoud in de Zuidwestelijke Delta zijn: Waterbeheer 21<sup>ste</sup> eeuw, Kaderrichtlijn water (KRW) en Natura 2000 (N2000). De afzonderlijke beleidstukken en onderlinge samenhang worden in dit hoofdstuk kort behandeld. Het is een samenvatting gebaseerd op het Programma Rijkswateren 2010-2015. Voor uitgebreide achtergrond informatie refereren wij daarom naar het eigenlijke document (Rijkswaterstaat 2009).

### **2.1 Waterbeheer 21e eeuw**

Klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en verdere verstedelijking vergroten de kans op wateroverlast en overstromingen en maken een nieuwe aanpak in het waterbeheer noodzakelijk. Een belangrijk deel van de oplossingen is te vinden door op alle niveaus in onze maatschappij samen te werken. Met dit doel, sloten rijk, provincies, waterschappen en gemeenten in februari 2001 de Startovereenkomst Waterbeleid 21<sup>e</sup> eeuw. Het hoofddoel is dat in 2015 de watersystemen op orde zijn en daarna ook op orde blijven ([www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)).

### **2.2 Kaderrichtlijn Water**

De KRW is gericht op de bescherming van het oppervlakte- en grondwater en eind 2000 vastgesteld. Het doel van de KRW is dat in 2015 de oppervlaktewaterlichamen en het grondwater van alle Europese lidstaten een Goede Ecologische Toestand (GET) en een Goede Chemische Toestand (GCT) hebben. Het opstellen van ecologische doelen en het voorstellen van maatregelen is door de Europese Unie opgedragen aan Rijkswaterstaat.

De KRW is aanleiding geweest tot het doorlichten van alle Nederlandse oppervlaktewaterlichamen. De belangrijkste vraag daarbij was of hydromorfologische aanpassingen uit het verleden ongedaan kunnen worden gemaakt. In veel gevallen bleek dat niet mogelijk zonder grote gevolgen voor de veiligheid of voor maatschappelijke/economische gebruiksfuncties. Daarmee rekening houdend wordt bestaand beheer geoptimaliseerd en zijn waar nodig effect verzachtende (mitigerende) maatregelen benoemd. Alle achtergrondinformatie over het KRW-traject is per waterlichaam uitgewerkt in de KRW-brondocumenten (Rijkswaterstaat 2009). De effecten van zeespiegelstijging op de KRW doelstellingen in de Zuidwestelijke Delta zijn eerder beschreven in een Deltares rapport (Holzhauer and Twisk 2009).

### **2.3 Natura 2000**

De Europese Vogel- en Habitatrichtlijn zijn voor wat betreft gebiedsbescherming in 2005 opgenomen in de Natuurbeschermingswet 1998 (Natuurbeschermingswet 1998). Alle Europese Vogel- en Habitatrichtlijngebieden samen vormen het N2000-netwerk van beschermde natuurgebieden. In Nederland liggen 162 N2000-gebieden.

De overheid is als voortouwnemer verantwoordelijk voor het proces om te komen tot de Natura 2000 beheerplannen, maar alle partijen zoals gemeente en provincies, behouden hun eigen verantwoordelijkheid (zie voor gedetailleerde informatie (Rijkswaterstaat 2009). In N2000-beheerplannen nemen de beheerders op welke maatregelen zij of andere eigenaars of gebruikers (moeten) nemen om de zogenoemde instandhoudingsdoelstellingen te halen. Die doelen zijn opgesteld voor planten- en diersoorten, maar ook voor natuurlijke gebieden of leefgebieden (habitattypen genoemd) die van belang zijn voor het behoud of herstel van de biodiversiteit in Nederland en Europa. De instandhoudingsdoelen voor soorten en habitattypen zijn vastgelegd in zogenoemde aanwijzingsbesluiten. In de aanwijzingsbesluiten zijn of behoud of verbeterdoelstellingen opgenomen. Beide doelstellingen kunnen leiden tot maatregelen. Als de doelstelling voor soorten en habitattypen niet zonder aanvullende maatregelen kunnen worden bereikt is er een beheers opgave. De doelen uit het aanwijzingsbesluit worden in omvang, ruimte en tijd uitgewerkt in de N2000-beheerplannen. De N2000 beheerplannen beschrijven dus met welke maatregelen de doelen kunnen worden behaald. Hierbij wordt ook gekeken of, en zo ja in welke mate, (mitigerende) maatregelen noodzakelijk zijn om negatieve effecten van bestaande activiteiten te beperken of te voorkomen.

In de huidige studie is gebruik gemaakt van het Doelendocument Natura 2000 Deltagebied. Hierin staan de uitwerkingen van N2000 waarden uitgewerkt in omvang, ruimte en tijd.

#### **2.4 Samenhang WB21, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000**

De opgaven van WB21, KRW en N2000 zijn op elkaar afgestemd. De maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de opgave van WB21 zijn leidend. De KRW en N2000 waarborgen samen de ecologische kwaliteit van het watersysteem. Het halen van de doelen voor de KRW zorgt voor een ecologische basiskwaliteit in termen van watercondities in de rijkswateren. N2000-maatregelen voor specifieke soorten en hun leefgebieden vullen deze ecologische basiskwaliteit aan. Omdat effecten van klimaatverandering op zeespiegelstijging voor de KRM doelstellingen reeds zijn uitgewerkt, wordt in dit document vooral gefocust op N2000.

### 3. Randvoorwaarden voor N2000 habitattypen en aquacultuur

Dit hoofdstuk geeft een verkort overzicht van de randvoorwaarden voor N2000 habitattypen en aquacultuur. Randvoorwaarden voor N2000 habitattypen zijn afgeleid uit de desbetreffende profielfragmenten voor de habitattypen (EL&I 2011). Randvoorwaarden voor aquacultuur van inheemse soorten zijn gebaseerd op (de Mesel, Ysebaert et al. in prep.).

#### 3.1 N2000 habitattypen

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van de habitattypen die in de verschillende bekken van de Zuidwestelijke Delta voorkomen. Alleen de voor dit rapport relevante informatie is overgenomen uit de profielfragmenten van Natura 2000. Meer informatie over N2000 is te vinden op ([www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/)). In dit hoofdstuk staat van elk habitatype een korte omschrijving, een overzicht van abiotische randvoorwaarden en kwaliteitseisen van de omgeving is opgenomen in tabel 1. Een overzicht van de typische soorten per habitatype is te vinden op <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/>. De verspreiding en abundantie van deze soorten zal veranderen aan de hand van het voorkomen van de hieronder beschreven N2000 habitattypen.

##### 3.1.1 Permanent overstroomde zandbanken [1110]

**Beschrijving:** het habitatype H1110 'Permanent overstroomde zandbanken' is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydraulische kenmerken). Het betreft zandbanken in ondiepe delen van de zee die voortdurend onder water staan. Daarbij is de waterkolom zelden meer dan 20 meter diep. Plaatselijk kunnen harde substraten als schelpenbanken, een ondergrond van veen, keileem of stenen en door organismen gevormde, zogenoemde biogene structuren voorkomen.

Zandbanken die regelmatig droogvallen worden gerekend tot habitatype H1140 'Slik- en zandplaten'. De begrenzing tussen de habitattypen H1110 en H1140 wordt gevormd door de laagwaterlijn die gebaseerd is op Lowest Astronomical Tide (L.A.T.<sup>1</sup>). Van H1110 kan alleen bij, door weersinvloeden veroorzaakte, verlaagde waterstanden een gedeelte droog kan vallen.

1. Binnen dit habitatype worden twee subtypen onderscheiden: H1110\_A 'Permanent overstroomde zandbanken' (getijdengebied) Subtype -A komt voornamelijk voor in de Waddenzee en in geringe mate in de voormalige mond van het Haringvliet, maar niet als losstaand habitatype binnen in de Zuidwestelijke Delta omdat het dan valt onder het habitatype Grote baaien of Estuaria.
- 1) H1110\_B 'Permanent overstroomde zandbanken' (Noordzee-kustzone) Subtype -B betreft de ondergedoken zandbanken van de Noordzeekust, inclusief de buitendelta's in de Noordzeekustzone, de Voordelta, de Westerschelde en de zeegaten van de Waddenzee. Door de dynamische omstandigheden (hogere stroomsnelheden en sterkere golfwerking vanuit de Noordzee) is de bodem hier meestal grofzandiger dan bij subtype H1110\_A. De waterdiepte loopt tot de -20 meter dieptelijn. Deze diepte komt ongeveer overeen met de diepte waarop de zeebodem nog effect ondervindt van de golven. De toevoer van zoet water uit de rivieren via de Haringvlietssluis is in de Voordelta van invloed op de biodiversiteit van het subtype.

#### Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta.

Het N2000 habitatype permanent overstroomde zandbanken komt voor in de Westerschelde. Dit houdt niet in dat er geen permanent overstroomde zandbanken voorkomen in bijvoorbeeld de Oosterschelde, maar hier vallen permanent overstroomde zandbanken echter onder het habitatype Grote baaien. In de Westerschelde is de trend van habitatype permanent overstroomde zandbanken onzeker en de

---

<sup>1</sup> Op zeekaarten worden in overeenstemming met internationale afspraken droogvallende platen (zonder wind- of luchtdrukinvloed) op basis van de meest recente ladingen weergegeven. De kaarten zijn gebaseerd op een "chart datum" gebaseerd op L.A.T.. Kaarten met afwijkende lijnen zouden bij elke herziening van zeekaarten opnieuw geproduceerd moeten worden. Daarvoor is geen formele organisatie, geen internationale afstemming en ook de beschikbaarstelling is niet geregeld. Zeekaarten zijn overal beschikbaar, worden regelmatig geactualiseerd en dieptelijnen sluiten aan op dezelfde lijnen van kaarten uit naburige landen.

landelijke staat van instandhouding matig ongunstig. De relatieve bijdrage van permanent overstromde zandbanken is laag door de geringe oppervlakte (minder dan 2%) en de grotendeels matige kwaliteit (Troost 2009) (zie tabel 2).

### 3.1.2 Estuaria [1130]

Beschrijving: het habitattype H1130 'Estuaria' is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydraulische kenmerken). Estuaria zijn de benedenstroomse delen van riviersystemen die onder invloed staan van zeewater en de werking van getijden. Door de menging van rivierwater met zeewater ontstaat in estuaria een zoet - zoutgradiënt. In tegenstelling tot habitattype H1160 'Grote baaien' is er altijd een sterke en continue invloed van zoet rivierwater.

Habitattype 1130 wordt aan de oevers begrensd door de gemiddelde hoogwaterlijn en anders bij aangrenzende habitattypen die beginnen in het intergetijdengebied (habitattypen H1310, H1320 en H1330). Het habitattype 'Estuarium' bestaat intern uit een mozaïek van mariene en brakke ecotopen<sup>2</sup>, zoals watervlaktes, geulen, permanent onder water staande zandbanken (H1110) en bij eb droogvallende slik- en zandplaten (H1140). Die slik- en zandplaten hebben hoge dan wel lage, zandige dan wel slibrijke delen waarop mosselbanken en zeegrasvelden voorkomen. De landschappelijke samenhang tussen en de afwisseling van de ecotopen vormen een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitattype en de kwaliteit van het habitattype wordt bepaald door deze habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. Veel soorten brengen een deel van hun levenscyclus door in verschillende deelgebieden binnen het habitattype.

#### **Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta**

Het habitattype estuaria komt voor in de Westerschelde. De trend is onzeker, de landelijke staat van instandhouding zeer ongunstig. Dit terwijl de relatieve bijdrage van het Westerschelde estuarium van groot belang is voor dit habitattype in Nederland door het zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels goede kwaliteit. Om deze reden is de doelstelling uitbreiding van oppervlakte en verbetering van de kwaliteit van het leefgebied. (zie tabel 2).

### 3.1.3 Slik- en zandplaten [1140]

Slik- en zandplaten komen als N2000 habitattypen niet voor in de Zuidwestelijke Delta. Dit houdt niet in dat ze er niet zijn. In de Ooster- en Westerschelde vallen zij echter onder de habitattypen Grote baaien en Estuaria. Door afwezigheid van getij zijn slik en zandplaten niet gedefinieerd in het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak. Omdat slik en zandplaten voorkomen in de Ooster- en Westerschelde en met de toelating van gedempt getij ook zullen ontstaan in het Grevelingenmeer en Krammer-Volkerak, is besloten het habitattype Slik- en zandplaten toch op te nemen in dit hoofdstuk.

Beschrijving: Het habitattype H1140 'Slik- en zandplaten' is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydraulische kenmerken). Slikwadden en zandplaten betreffen de ondiepe kustgebieden die door de werking van eb en vloed droogvallen en weer onder water komen te staan. Plaatselijk kunnen harde substraten als schelpenbanken en door organismen gevormde, zogenoemde biogene structuren voorkomen. Het Habitattype 1140 bevindt zich tussen hoog- en laagwater. De bovengrens wordt gevormd door de gemiddelde hoogwaterlijn. Als vegetaties van de pionierzone van een kwelder (H1310, H1320 en H1330) zich lager dan deze lijn bevinden dan wordt de benedengrens van deze typen als bovengrens van H 1140 aangehouden. De benedengrens wordt gevormd door de laagwaterlijn die gebaseerd is op de L.A.T. (= Lowest Astronomical Tide; zie noot 1). Beneden die laagwaterlijn begint het sublitoraal (Habitattype H1110 'Permanent overstromde zandbanken'), waarvan alleen bij, door weersinvloeden veroorzaakte, verlaagde waterstanden een gedeelte droog kan vallen.

---

<sup>2</sup> Ecotoop: een geografische, landschappelijke eenheid die binnen bepaalde grenzen homogeen is wat betreft de belangrijkste hydraulische, morfologische en fysisch-chemische omgevingsfactoren die relevant zijn voor de biota.

Het habitattype H1140 'Slik- en zandplaten' bestaat intern uit een mozaïek van mariene ecotopen, zoals bij eb droogvallende, hoge en lage, zandige en slibrijke platen met mosselbanken, kokkelbanken en zeegras- en ruppiavelden. Binnen de platen komen verdiepingen voor die gedurende een groot deel van de getijcyclus het karakter hebben van geulen en prielen met (snel) stromend water. Bij laagwater liggen ze droog. Soms zijn ze bebakend als vaarweg.

De afwisseling van en de functionele samenhang tussen de ecotopen vormen een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitattype. De kwaliteit van het habitattype wordt bepaald door deze habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. Binnen habitattype H1140 'Slik- en zandplaten' worden door Nederland twee subtypen onderscheiden. Elk subtype heeft een eigen ecologische standplaats en daaraan gekoppelde levensgemeenschappen.

- 1) H1140\_A Slik- en zandplaten (*getijdengebied*) Subtype H1140\_A bestaat grotendeels uit laagdynamische wadplaten. Deze liggen relatief luw doordat ze door eilanden of zandbanken zijn afgeschermd van de golfwerking van de Noordzee. Dicht bij het zeegat zijn de platen relatief zandig, en ze kunnen zeer slikkig zijn aan het einde van een vloedbekken zoals bij een wantij of langs de vastelandskust. Dit habitattype kan alleen in stand blijven wanneer er een evenwicht is tussen zand- en sliabaanbod en zeespiegelstijging, in combinatie met de luwte die door zandbanken en kusteilanden ontstaat. Langs geulen en op hoge delen van platen komen zowel in de Waddenzee als in het Deltagebied vaak dynamische, en daardoor, zandige delen voor met een relatief arme bodemfauna. Vanwege hun vaak directe aansluiting, en geleidelijke overgangen met meer rustige delen worden ze hier bij H1140\_A gerekend.

Ook in estuaria zoals de Westerschelde hoort dit type thuis; in riviermonden is een overgang aanwezig naar het zandiger en qua golfwerking, nog dynamischer habitattype H1140\_B.

- 2) H1140\_B 'Slik- en zandplaten' (*Noordzee-kustzone*) Subtype H1140\_B komt niet voor in de Zuidwestelijke Delta en is daarom niet opgenomen.

### **Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta**

Het habitattype Slik en zandplaten (*getijdengebied*) komt voor in de Westerschelde en Oosterschelde maar wordt hier als een onderdeel beschouwd van de habitattypen H1130 'Estuaria' respectievelijk H1160 'Grote baaien'. Het habitattype is toch meegenomen in de beschrijving omdat het mogelijk ontstaat na gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak.

#### **3.1.4 Grote baaien [1160]**

**Beschrijving:** het habitattype H1160 'Grote baaien' is op landschapsniveau gedefinieerd op basis van vormen van het aardoppervlak en de stroming van water (geomorfologische en hydrologische kenmerken). Grote baaien betreffen grote inhammen van de kust, dus grote krekens en baaien, waar – in tegenstelling tot habitattype H1130 'Estuaria' – de invloed van zoet (rivier)water beperkt is. Het gaat in het algemeen om luwe inhammen waar, afhankelijk van de grootte van de verbinding met open zee, de invloed van golven en getijden relatief gering is.

Habitattype H1160 wordt aan de oevers begrensd door de gemiddelde hoogwaterlijn. Wanneer het aangrenzende gebied bij de hoogwaterlijn uit de pionierzone van een kwelder/schor bestaat (habitattypen H1310, H1320 en H1330), wordt de grens bepaald door de aanwezigheid van die pionierzone, daar waar de begroeiing met Zeekraal begint. Vaak is dat rond, of iets onder de gemiddelde hoogwaterlijn. De grens aan de zeezijde kan het beste op basis van geomorfologische karakteristieken vastgesteld worden, zoals de lijn tussen landtongen.

Het habitattype 'Grote baaien' bestaat intern uit een mozaïek van mariene ecotopen, zoals watervlaktes en geulen; al dan niet bij eb droogvallende, hoge dan wel lage, zandige dan wel slibrijke platen; mosselbanken, kokkelbanken en zeegras- en ruppiavelden. De samenhang tussen en de afwisseling van de ecotopen vormen een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitattype. De kwaliteit van het habitattype wordt bepaald door deze habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit.



### **Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta.**

De trend van het habitatype Grote baaien is onzeker, de landelijke staat van instandhouding zeer gunstig. De relatieve bijdrage van het habitatype grote baaien dat alleen voorkomt in de Oosterschelde, is van groot belang door de zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels goede kwaliteit. De doelstelling is om de kwaliteit van het leefgebied nog verder te verbeteren (Troost 2009) (zie tabel 2).

#### **3.1.5 Zilte pionierbegroeiingen [1310]**

Beschrijving: dit habitatype betreft pionierbegroeiingen op zilte gronden in het kustgebied, zowel buiten- als binnendijks. Zilte pionierbegroeiingen komen voor op plekken waar overstroming met zout water zorgt voor dynamische en open standplaatsen. Het betreft enerzijds pioniergemeenschappen met vooral Zeekraalsoorten en anderzijds pioniergemeenschappen met Zeevetmuur. De begroeiingen ontwikkelen zich ieder jaar opnieuw op een kale, meestal opdrogende bodem.

Beide begroeiingen komen veelal in dezelfde gebieden voor, maar de ecologie is zeer verschillend. Ze worden daarom als twee subtypen beschouwd. Verschillen in overstromingsfrequentie, zout- en vochtgehalte zijn bepalend voor het onderscheid tussen deze subtypen.

Binnen habitatype H1113 'Zilte pioniersbegroeiingen' worden twee subtypen onderscheiden:

- 1) H1310\_A Zilte pionierbegroeiingen (*Zeekraal*) Deze begroeiingen komen voor op hooggelegen slikken, lage schorren en kwelders, laaggelegen, sterk uitdrogende delen van hogere schorren en kwelders en als binnendijkse begroeiingen van zoute standplaatsen. Het gaat om dagelijks met zeewater overstromde of langdurig natte plekken.
  
- 2) H1310\_B Zilte pionierbegroeiingen (*Zeevetmuur*) Deze begroeiingen komen voor op achterduinse strandvlaktes, in de overgangszone tussen kwelders en duinen, en op ingedijkte zandplaten. De bodem blijft zilt door incidentele overstroming met zout water, maar is minder zout en minder voedselrijk dan die van subtype A.

### **Voorkomen zilte pioniersbegroeiing -Zeekraal in de Zuidwestelijke Delta.**

Het habitatype zilte pionierbegroeiing –Zeekraal komt voor in het Grevelingenmeer, Krammer – Volkerak, Oosterschelde en Westerschelde. In het Krammer-Volkerak is de trend een matige afname. In de rest van de gebieden is de trend nog onzeker. Het habitatype pioniersbegroeiing –Zeekraal in het Krammer –Volkerak is van minder groot belang met het relatief geringe oppervlak (minder dan 2%) van grotendeels matige kwaliteit. In de andere gebieden is het habitatype relatief belangrijk door 1) zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels van matige kwaliteit óf 2) grote oppervlakte (van 2 tot en met 15%) óf 3) geringe oppervlakte (minder dan 2%) met grotendeels goede kwaliteit. De doelstellingen verschillen per gebied. In het Grevelingenmeer is de doelstelling behoud van oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied. In het Krammer – Volkerak is geen doelstelling geformuleerd. In de Ooster- en Westerschelde is de doelstelling uitbreiding van het oppervlakte van het leefgebied (Troost 2009) (zie tabel 2).

### **Voorkomen zilte pioniersbegroeiing – Zeevetmuur in de Zuidwestelijke Delta.**

Het habitatype zilte pioniersbegroeiing –Zeevetmuur komt voor in het Grevelingenmeer, het Krammer – Volkerak en de Westerschelde. De trend in het Grevelingenmeer en de Westerschelde is onzeker terwijl in het Krammer – Volkerak een matige afname is geconstateerd. De landelijke staat van instandhouding is gunstig voor zilte pioniersbegroeiing in het Grevelingenmeer en de Westerschelde, maar matig ongunstig in het Krammer – Volkerak. Op landelijke niveau is de relatieve bijdrage van zilte pioniersbegroeiing in de Westerschelde van matig belang en in het Grevelingenmeer relatief onbelangrijk. Voor beide geldt de doelstelling voor behoud van oppervlakte en kwaliteit leefgebied. De relatieve bijdrage van zilte pioniersbegroeiing in het Krammer – Volkerak en de doelstelling zijn niet geformuleerd (Troost 2009) (zie tabel 2).

#### **3.1.6 Slijkgrasvelden [1320]**

Beschrijving: dit habitatype betreft pionierbegroeiingen waarin slijkgrassorten domineren op periodiek met zout water overspoelde slikken. Meestal vormt het slijkgras open structuren van grote pollen. De begroeiingen kunnen echter ook aaneengesloten vegetaties vormen. Slijkgrasvelden komen van nature voor op zilte wadvlakten en in slibrijke kommen en prielen van kwelders. Op veel plaatsen komt het type

daarom voor in combinatie met onder andere habitatype Zilte pionierbegroeiingen (*Zeekraal*) (H1310\_A).

Net als in enkele andere West-Europese landen is in Nederland de oorspronkelijk kenmerkende, inheemse soort Klein slijkgras (*Spartina maritima*) vrijwel verdwenen. De soort kwam vroeger voor in het zuidwestelijke kustgebied maar is daar (nagenoeg) verdwenen als gevolg van areaalverlies (samenhangend met de uitvoering van de Deltawerken) en verdringing door Engels slijkgras (*Spartina anglica*) dat in het verleden aangeplant werd als slibbinder.

Omdat de vegetatie nu (nagenoeg) geheel bestaat uit een ingeburgerde slijkgrassoort, komt het habitatype in ons land (nagenoeg) alleen nog voor in matige vorm. In deze vorm komt het type nu ook voor in het Waddengebied en in een bredere zone in het intergetijdengebied van de Delta; daarnaast komt het soms voor langs zoute afgesloten zeearmen en in sloten met zoute kwel.

#### **Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta.**

Het habitatype slijkgrasvelden komt voor in de Oosterschelde en Westerschelde. In beide gebieden is de trend onzeker en de landelijke staat van instandhouding zeer ongunstig. Ook de relatieve bijdrage van slijkgrasvelden is gering in de Oosterschelde en zeer gering in de Westerschelde. De doelstelling is behoud van huidige oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied (Troost 2009) (zie tabel 2).

#### **3.1.7 Schorren en zilte graslanden [1330]**

Beschrijving: in Nederland betreft dit habitatype schorren of kwelders en andere zilte graslanden in het kustgebied.

Voor de biodiversiteit binnen Schorren en zilte graslanden zijn meerdere aspecten van belang. De verschillende plantengemeenschappen en (dier)soorten reageren op een bepaalde hoogteligging, de daaraan (deels) gerelateerde vochthuishouding, de grondsoort (van zandig tot kleig), zoutgehalte (brak tot zout), leeftijd (succesiestadium) en mate van begrazing. Voor het behoud van Schorren en zilte graslanden is het van belang dat allerlei vormen en successiestadia aanwezig zijn. Dit komt ten goede aan de diversiteit van aanverwante fauna in het habitatypen. Vooral de aanwezigheid van jonge kwelders is hiervoor van belang.

Binnen habitatype H1330 'Schorren en zilte graslanden' worden twee subtypen onderscheiden. H1330A buitendijks en H1330B binnendijks. Omdat deze studie zich uitsluitend richt op buitendijkse habitatypen wordt H1330B niet beschreven.

- 1) H1330\_A Schorren en zilte graslanden (*buitendijks*) Dit subtype betreft de buitendijkse vorm van het habitatype. Het omvat de als gevolg van het getij (meer of minder frequent) overstroomde graslanden van het Getijdengebied (eiland- en vastelandskwelders) en van de Duinen (in sluffers, wash-overs, achterduinse strandvlakten en groene stranden). Deze begroeiingen worden door het zeewater overstromd vanuit de (tot soms ver in de kwelders doordringende) getijdenkreeken.

#### **Voorkomen in de Zuidwestelijke Delta.**

Het habitatype Schorren en zilte graslanden komt voor in het Krammer – Volkerak de Oosterschelde en Westerschelde. In het Krammer – Volkerak is een matig afname geconstateerd, de trend in de Ooster – en Westerschelde is onzeker. In alle gebieden is de landelijke staat van instandhouding matig ongunstig. Op landelijke schaal zijn de slijkgrasvelden in het Krammer – Volkerak van geringe oppervlakte (minder dan 2%) en grotendeels matige kwaliteit. In het Krammer-Volkerak is voor dit habitatype geen doelstelling geformuleerd. In de Ooster en Westerschelde zijn de slijkgrasvelden van 1) zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels matige kwaliteit óf 2) grote oppervlakte (van 2 tot 15%) óf 3) geringe oppervlakte (minder dan 2%) met grotendeels goede kwaliteit. Voor de slijkgrasvelden in de Oosterschelde is de doelstelling behoud van oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied. Voor de slijkgrasvelden in de Westerschelde is de doelstelling uitbreiding van het oppervlakte en verbetering van de kwaliteit van het leefgebied (Troost 2009) (zie tabel 2).

Tabel 1) Samenvatting van de abiotische randvoorwaarden en kwaliteitseisen omgeving van N2000 habitattypen in de Zuidwestelijke Delta. De gegevens zijn afgeleid uit de profielfragmenten en het doelendocument Delta wateren (Troost 2009). Wanneer de parameter niet benoemd is, is dit weergegeven met N. B.

		<b>Getijden</b>	<b>Zoutgehalte</b>	<b>Doorzicht</b>	<b>Waterkwaliteit</b>
<b>Permanent overstromde zandbanken</b>	H1110	Dagelijkse getijdenstromen zeer belangrijk	Licht brak tot zout	Fotosynthese is mogelijk	Goede kwaliteit belangrijk
<b>Estuaria</b>	H1130	Dagelijkse getijdenstromen zeer belangrijk	Variërend tussen licht brak en zout	Laag, veel slib maakt fotosynthese licht gelimiteerd	Goede kwaliteit belangrijk
<b>Slik en zandplaten</b>	H1140	Dagelijkse getijdenstromen zeer belangrijk	Variërend tussen licht brak en zout	Variërend, hoog in geulen laag bij slikken	Goede kwaliteit belangrijk
<b>Grote baaien</b>	H1160	Dagelijkse overstroming zeer belangrijk	Licht brak tot zout	Hoog	Goede kwaliteit belangrijk
<b>Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal)</b>	H1310A	Dagelijkse overstroming zeer belangrijk	Matig brak tot zout	N.B.	N.B.
<b>Zilte pionierbegroeiing (Zeevetmuur)</b>	H1310B	Incidentele overstroming zeer belangrijk	Matig brak tot zout	N.B.	N.B.
<b>Slijkgrasvelden</b>	H1320	Dagelijkse overstroming zeer belangrijk	Matig brak tot zout	N.B.	N.B.
<b>Schorren en zilte graslanden</b>	H1330	Regelmatige overstroming met zout water	Matig brak tot zout	N.B.	N.B.

Tabel 2) Overzicht N2000 habitattypen per bekken.

Habitatype	HR nummer	Trend	SVI landelijk	Relatieve bijdrage	Beleidsopgave
<b>Westerschelde</b>					
Permanent overstroomde zandbanken	H1110_B	onzeker	matig ongunstig	+	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
Estuaria	H1130	onzeker	zeer ongunstig	++	uitbreiding oppervlak en verbetering kwaliteit leefgebied
Zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	H1310_A	onzeker	matig ongunstig	+	uitbreiding oppervlak leefgebied
Zilte pionierbegroeiingen - Zeevetmuur	H1310_B	onzeker	gunstig	+	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
Slijkgrasvelden	H1320	onzeker	zeer ongunstig	--	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
Schorren en zilte graslanden	H1330_A	onzeker	matig ongunstig	+	uitbreiding oppervlak en verbetering kwaliteit leefgebied
<b>Oosterschelde</b>					
Grote baaien	H1160	onzeker	zeer ongunstig	++	verbetering kwaliteit leefgebied
Zilte pionierbegroeiingen	H1310	onzeker	matig ongunstig	+	uitbreiding oppervlak leefgebied
Slijkgrasvelden	H1320	onzeker	zeer ongunstig	-	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
Schorren en zilte graslanden	H1330	onzeker	matig ongunstig	+	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
<b>Krammer-Volkerak</b>					
Zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	H1310-A	matige afname	matig ongunstig	-	Geen

Zilte pionierbegroeiingen – Zeevetmuur	H1310-B	matige afname	matig ongunstig	NI	Geen
Schorren en zilte graslanden	H1330-A	matige afname	matig ongunstig	-	Geen
<b>Grevelingenmeer</b>					
Zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	H1310_A	onzeker	matig ongunstig	+	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied
Zilte pionierbegroeiingen – Zeevetmuur	H1310_B	onzeker	gunstig	-	behoud oppervlak / kwaliteit leefgebied

Legenda) Relatieve bijdrage aan het landelijk doel	
--	Zeer gering
-	Geringe oppervlakte (minder dan 2%) en grotendeels matige kwaliteit
+	Zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels van matige kwaliteit; óf grote oppervlakte (van 2 tot en met 15%); óf geringe oppervlakte (minder dan 2%) met grotendeels goede kwaliteit
++	Zeer grote oppervlakte (meer dan 15%) en grotendeels goede kwaliteit; óf bijzondere kwaliteit; óf bijzondere geografische ligging in combinatie met goede kwaliteit
NI	Niet ingevuld

### 3.2 Aquacultuur

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van verschillende aquacultuur technieken en de meest basale randvoorwaarden. Meer informatie over de randvoorwaarden en kansen voor aquacultuur in de Zuidwestelijke Delta is te vinden in (Brandenburg, Kamermans et al. 2004; Stuyt 2009; Wijsman and Kleissen 2012; de Mesel, Ysebaert et al. in prep.). Onder aquacultuur vallen in dit rapport de zoute landbouw, visteelt en mariene cultures. Aquacultuur vindt vooral plaats in de Zuidwestelijke Delta op relatief beschutte plekken. Het is van belang dat de lokale omstandigheden zoals voedselaanbod en morfologie zo zijn dat de gekweekte producten optimaal kunnen groeien (van Sluis and Ysebaert 2011). Tabel 3 geeft de tolerantie vermogens en optimale waarden van zoutgehaltes, droogstandduur en zwevend stof voor verschillende inheemse soorten weer.

#### 3.2.1 Draagkracht, waterkwaliteit en hoofdfunctie van gebieden

##### Draagkracht

Wanneer aquacultuur extensief plaatsvindt, zonder toevoeging van additionele nutriënten, is het voedselaanbod in de verschillende bekkens van groot belang. Door sommigen wordt gesteld dat de draagkracht van de Zeeuwse wateren is gedaald door het terugdringen van de eutrofiering (zie BO taak 4 Effecten van veranderende nutriëntendynamiek op productiviteit). Gebieden zouden hierdoor niet of minder geschikt geraakt zijn voor voornamelijk de mossel en oesterkweek. In de Oosterschelde is de grote aanwas van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) een concurrent voor de gekweekte mossels en Japanse oesters die de laatste jaren ook een slechte broedval hebben (Troost 2009). Een doorstroom van nutriënt rijk zoet water vanuit het Zoommeer naar de Oosterschelde moet de oorspronkelijke draagkracht van het gebied deels herstellen. Gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek, het verminderen van de zuurstofloosheid als gevolg van meer waterbeweging en het vergroten van het voedselaanbod voor algen door inlaat van nutriëntrijk zoet water zijn de belangrijkste veranderingen die kansen bieden voor aquacultuur in het Grevelingenmeer en Krammer – Volkerak. In het Krammer – Volkerak is tevens de gestegen zoutconcentratie van belang. Voor meer informatie zie ook het rapport van (zie ook Schellekens en Smaal 2012).

##### Waterkwaliteit

Door de uitstoot van de industrie en andere menselijke activiteiten komen gifstoffen soms in te hoge concentratie voor. Dit wordt gemonitord door Rijkswaterstaat. Sommige van deze stoffen hopen zich op in levende organismen en komen zo ook terecht in menselijke voedsel, een grote bedreiging voor aquacultuur.

De schelpdiersector houdt daarom nauwlettend in het oog of de concentraties van giftige stoffen en bacteriële en virale ziekteverwekkers binnen de Europese normen blijven. De waterkwaliteit van de meeste Nederlandse wateren heeft een A status. Dit wil zeggen dat de concentraties van gifstoffen en de aanwezigheid van bacteriële en virale ziekteverwekkers zo laag zijn, dat directe (ongekookte) consumptie van schelpdieren geen bedreiging vormt voor de menselijk gezondheid

<http://www.mosselkantoor.nl/inloggen.htm> (Productschap Vis 2006). Omdat veel gifstoffen van elders via de rivieren worden afgevoerd, kan een verandering in de toevoer van zoet rivier water ook leiden tot verhoogde concentraties van gifstoffen.

##### Hoofdfunctie van gebieden

De hoofdfunctie van gebieden is van groot belang voor de ontwikkeling van aquacultuur. Wanneer de hoofdfunctie van een gebied bijvoorbeeld gericht is op industrie, natuurherstel of transport, kan dit de ontwikkeling van aquacultuur in de weg staan. Aquacultuur houdt in dat producten geschikt zijn voor verkoop of consumptie, geoogst worden en optimaal kunnen groeien. Industrie en transport brengen deze processen mogelijk in gevaar door een verslechtering van de waterkwaliteit en aanverwante activiteiten zoals baggeren. Omdat het onderhouden en oogsten van producten altijd een zekere mate van verstoring met zich meebrengt, kan aquacultuur botsen met de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn. Echter, wanneer voormalige landbouwgrond wordt omgezet in een gebied voor extensieve zeecultuur in combinatie met natuurontwikkeling, kan er in ecologische zin winst geboekt ten opzichte van de oude situatie (Brandenburg, Kamermans et al. 2004). Zo zijn ondiepe getijdengebieden geschikt voor verschillende vormen van aquacultuur, maar deze fungeren ook als kinderkamer voor een scala aan

mariene organismen, zoals platvissen en garnalen (Zijlstra 1972). Schorren kunnen zowel voedsel voor ganzen als voor menselijke consumptie opleveren. Tot slot kunnen een aantal kweek organismen, zoals zeesla of eencellige algen, effecten van eutrofiering tegen gaan door nutriënten uit het water op te nemen, of door eencellige algen te oogsten, zoals de mossel (Brandenburg, Kamermans et al. 2004). In appendix 1 zijn de toekomstvisies voor verschillende bekkens uit het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+ weergegeven.

### 3.2.2 Aquacultuur met inheemse soorten en de Japanse oester

#### Zoute landbouw

Zilte gewassen groeien in de hoger gelegen zone van het intergetijdengebied vanaf 1 meter beneden het gemiddelde hoog water peil bij dood tij (French 2008). Zeekraal (*Salicornia europaea*) en Zeeaster (*Aster tripolium*) (in Zeeland lamsoor genoemd) komen van nature voor op de schorren. Hier worden de gewassen in het wild geplukt door particulieren die de zeegroenten verkopen aan restaurants. Sinds enkele jaren worden zeegroenten ook gekweekt in Zeeland bij firma Janse in Wolphaartsdijk en door firma Poleij. Beide zijn gevestigd op Zuid-Beveland (de Mesel, Ysebaert et al. in prep.).

#### Visteelt

Momenteel vindt er weinig visteelt plaats in de Zuidwestelijke Delta. Dit komt doordat de kostprijs van de geteelde vis te hoog is om te concurreren met omliggende landen zoals Noorwegen en Denemarken (van Sluis and Ysebaert 2011). Een veelbelovend project is het project Zeeuwse Tong, waarbij in binnendijkse vijvers tong wordt gekweekt in combinatie met zaggers, zilte gewassen, algen en schelpdieren ([www.zeeuwsetong.nl](http://www.zeeuwsetong.nl)). Daarnaast zijn er kansen voor de kweek van harders en zeebaars, maar tot nu toe zijn deze nog niet verder ontwikkeld (Brandenburg, Kamermans et al. 2004).

#### Schelpdiercultuur

De belangrijkste vorm van aquacultuur in Zeeland is de schelpdiercultuur. Deze vindt voornamelijk plaats op bodempercelen in de Oosterschelde (mosselen en oesters) en het Grevelingenmeer (oesters). Voor de mosselteelt wordt op een aantal locaties in de Oosterschelde en Voordelta gebruik gemaakt van mosselzaadinvanginstallaties. Dat zijn touwen en netten die aan drijvers hangen en in het voorjaar en de zomer mosselarven invangen. Na een opgroeiperiode aan de touwen of netten worden de jonge mosselen (het zaad) geoogst en naar de bodempercelen gebracht. Ook worden mosselen gekweekt in hangcultures op beschutte locaties in de Oosterschelde. Schelpdieren kunnen gekweekt worden in de gebieden van de Zuidwestelijke Delta die elk getij weer onderlopen. Het is ook mogelijk schelpdieren te kweken op palen (mosselen) en tafels (oesters). Dit gebeurt nog niet in de ZW Delta. De groei van de schelpdieren is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van algen (voedsel), maximale droogvalduur, zoutgehalte, temperatuur en zwevend stof (de Mesel, Ysebaert et al. in prep.).

#### Kweek van wormen

De wormensoort die interessant is voor kweek is *Nereis virens* of zaggers. Zaggers worden gebruikt als aas bij sportvissen, als visvoer en ook voor verwerking in medicijnen. De wormen leven ingegraven in de bodem en worden door particulieren gespit op aangewezen droogvallende delen. Daarnaast vind er ook commerciële kweek plaats in kweekvijvers zoals bij het bedrijf TopsyBaits in Wilhelminadorp. Zaggers zijn omnivoor en eten macroalgen, Engels slijkgras, (pseudo) faeces van oesters en detritus en mosselvlies (Tenore and Gopalan 1974; Lehmann 1980; Olivier, Desrosiers et al. 1996). In het Zeeuwse Tong project worden zaggers gekweekt als voedsel voor tong.

#### Kweek van algen en wieren

De teelt van wieren vindt doorgaans plaats aan lijnen of andere structuren die drijven en/of onder het wateroppervlak zijn verankerd. In laboratoria wordt ervoor gezorgd dat de sporen zich vestigen aan substraat. Bij sommige soorten kan de thallus direct hechten aan de lijnen en verdere uitgroei (de Mesel, Ysebaert et al. in prep.). In 2011 is de Wierderij gestart. Dit is een proefopstelling in de Schelphoek (Oosterschelde), waar de teelt van zeewier wordt uitgetest.

Tabel 3) Tolerantie vermogens en optimale waarden van zoutgehaltes, droogstandduur en zwevend stof voor verschillende inheemse soorten (de Mesel, Ysebaert et al. in prep.).

parameter →		Zoutgehalte (‰)			Droogstandduur (h per getij)			Zwevend stof gehalte (mg/l)		
		Min	Max	Opt	Min	Max	Opt	Min	Max	Opt
<b>Zagers</b>	<i>Nereis virens</i>	8 <sup>a</sup>	> 33 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	0	?	0	0	?	?
<b>Platte oesters</b>	<i>Ostrea edulis</i>	11 <sup>b</sup>	40 <sup>c</sup>	32-34 <sup>d</sup>	0	lower inter-tidal <sup>c</sup>	0	0	> 88 <sup>e</sup>	?
<b>Mossel</b>	<i>Mytilus edulis</i>	4-5 <sup>f</sup>	40 <sup>c</sup>	?	0	upper inter-tidal <sup>g</sup>	0	0	300 <sup>h</sup>	90 <sup>h</sup>
<b>Japanse oester</b>	<i>Crassostrea gigas</i>	10 <sup>i</sup>	35 <sup>i</sup>	20-25 <sup>i</sup>	0	lower inter-tidal <sup>j</sup>	0	0	300 <sup>h</sup>	90 <sup>h</sup>
<b>Zeekraal</b>	<i>Salicornia europaea</i>	0 <sup>k</sup>	51 <sup>l</sup>	22-32 <sup>m</sup>	8.5 <sup>n</sup>	?	11 <sup>n</sup>	0	60 mm/year <sup>n</sup>	?
<b>Zeeaster (Lamsoor)</b>	<i>Aster tripolium</i>	0 <sup>o</sup>	27 <sup>l</sup>	11-21 <sup>m</sup>	9.5 <sup>n</sup>	?	11 <sup>n</sup>	0	60 mm/year <sup>n</sup>	?

a Oglesby 1982; b Korringa 1976; c [www.marlin.ac.uk/biotic](http://www.marlin.ac.uk/biotic); d Walne 1974; e Utting 1988; f Kautsky 1982; g Seed & Suchanek 1992; h Hawkins et al., 1998; i <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies>; j Troost 2009; k Egan & Ungar 1999; l Bogemans & Luyten 2004; m Huiskes et al 1997; n Boorman et al 2001; o Geissler et al 2009.



#### 4. Veranderingen in waterpeil, droogvalduur en saliniteit

De verwachte veranderingen naar aanleiding van 1) het toelaten van gedempt getij in het Grevelingenmeer, het Krammer – Volkerak en Zoommeer en 2) zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde zijn in kaart gebracht door integratie van twee rapporten. Allereerst is er het Deltares rapport, opgesteld in het kader van Kennis voor Klimaat. Hierin zijn stroomsnelheden, saliniteit, bodemschuifspanning (erosie gevoeligheid) en chlorofyl a concentraties gemodelleerd voor de twee bovengenoemde scenario's (Martini 2010). De verwachte veranderingen in zoutgehalte zijn rechtstreeks overgenomen uit dit rapport (tabel 4 en figuur 2). Het tweede rapport, van IMARES, gaat over de potentiële verspreiding van de Japanse oester (Schellekens, Wijsman et al. 2011). Dit rapport bevat droogvalduurkaarten voor beide scenario's (figuur 3). Op basis van deze droogvalduurkaarten is in de huidige studie een simulatie gemaakt om verwachte areaal veranderingen van N2000 habitattypen binnen droge- intergetijden- en natte gebieden inzichtelijk te maken. In de komende alinea's wordt verder toegelicht hoe dit gedaan is. Voordat de resultaten van deze simulatie worden getoond, is het ook van belang de oorspronkelijke Kennis voor Klimaat rapporten kort toe te lichten. Aan het eind van dit hoofdstuk zijn de resultaten van de simulatie per scenario en deelgebied weergegeven.

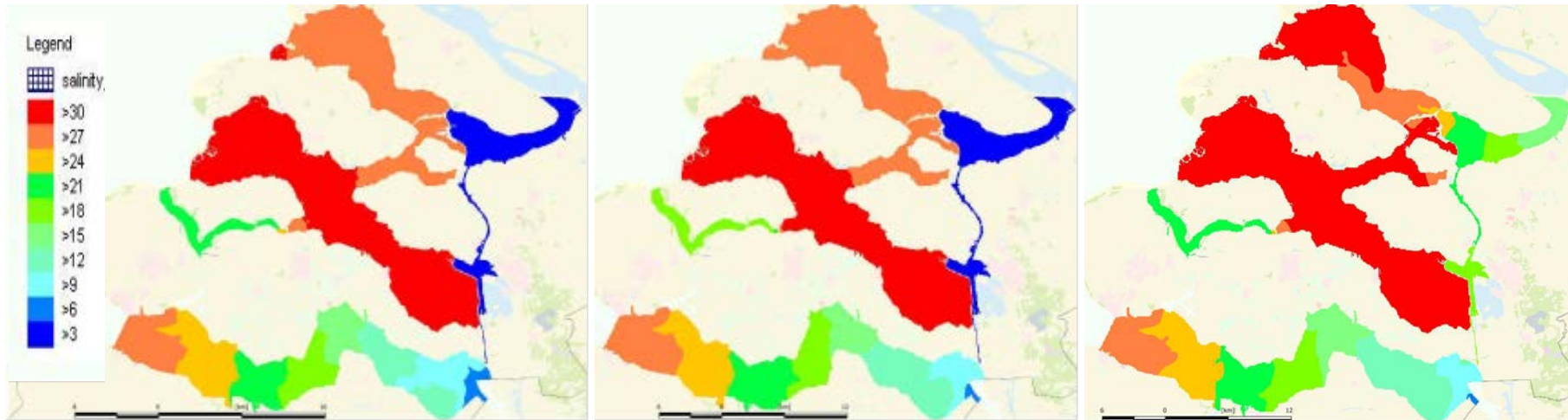
##### Achtergrond Kennis voor Klimaat rapporten

In het kader van Kennis voor Klimaat presenteerde Deltares in 2012 een rapport over de gemodelleerde effecten van herstel van de getijden dynamiek in het Grevelingenmeer, het Krammer - Volkerak en Zoommeer en zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. In de studie is een bestaand 1D model omgezet naar 2D om de ruimtelijke verspreiding van saliniteit, stroomsnelheid, chlorofyl a gehalte en erosie in kaart te brengen (Martini 2010). Deze aanpak maakt een globale inschatting van de verwachte veranderingen per gebied mogelijk, maar omdat de verspreidingskaarten van de verschillende parameters nog steeds gebaseerd zijn op het versimpelde 1D model is het niet mogelijk gedetailleerde conclusies te trekken.

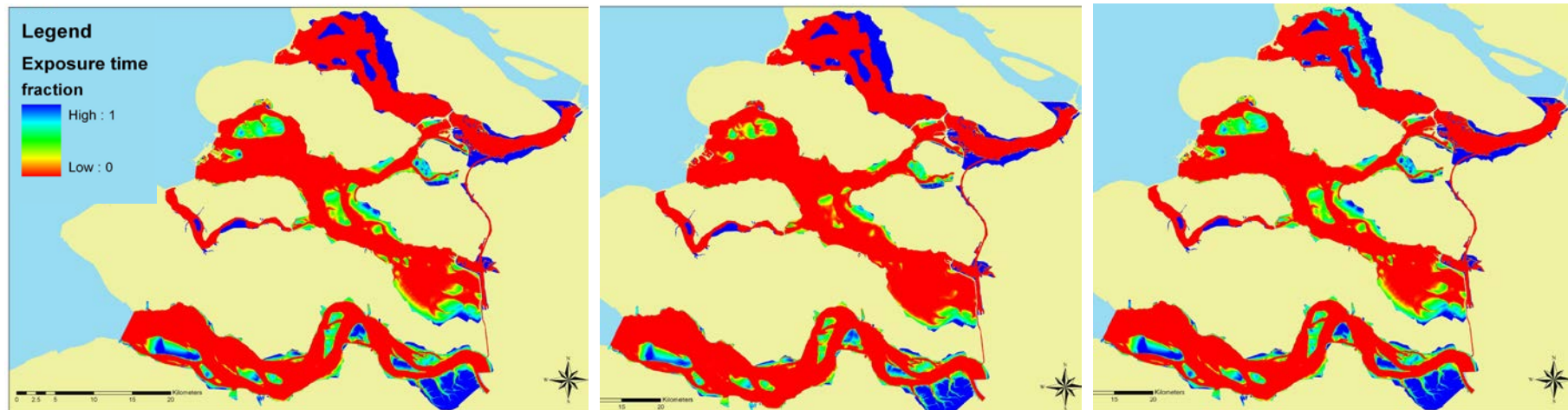
Voor de verwachte zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde werd uitgegaan van 80 cm stijging van het gemiddelde waterpeil. Voor het herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer, het Krammer - Volkerak en Zoommeer werd uitgegaan van aanpassingen aan de Brouwers-, Philips- en Grevelingendam. Hierdoor zal gedempt getij en een zoet-zout gradiënt in de gebieden ontstaan. Omdat het binnen het Kennis voor Klimaat rapport niet mogelijk was ook de zeespiegelstijging mee te modelleren met aanpassingen aan dammen, zijn de effecten van klimaatverandering alleen zichtbaar in het Ooster- en Westerschelde. Helaas is in het oorspronkelijke model niet weergegeven wat er zou gebeuren bij een combinatie van zeespiegelstijging en openen van de Brouwers- Philips- en Grevelingendam. Daarom zijn de effecten van de aanpassingen aan de verschillende dammen alleen te zien in het Grevelingenmeer, het Kramer-Volkerak en het Zoommeer. De kaarten voor saliniteit uit dit rapport zijn weergegeven in figuur 2.

Met de gegevens uit het Kennis voor Klimaat rapport, is een rapport opgesteld over het potentiële verspreidingsgebied van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) (Schellekens, Wijsman et al. 2011). Hierin staan kaarten van de droogvalduur voor de verschillende scenario's. Om de droogvalduur te bepalen is de gemiddelde getijdencurve per bekken gemodelleerd tegen het huidige en toekomstige waterpeil en de bathymetrie van het gebied. Hierdoor laat de simulatie indirect zien welke gebieden er onder water komen te staan en waar het intergetijdengebied zich in de toekomst zal bevinden (zie figuren 4 en 5).

Het gebruik van een gemiddelde getijdencurve per bekken zorgt echter voor een afwijking in het model. In werkelijkheid neemt de amplitude van het getij aan landinwaarts in de bekkens toe. Dit komt door opstuwing van de getijdengolf. Wanneer de gemiddelde getijdencurve van een gebied wordt gebruikt lijken de effecten aan de Noordzeekant, in het westen van de bekkens kleiner dan ze in werkelijkheid zijn. Aan de landkant, in het oosten van de bekkens, waar de getijdenamplitude groter is, zullen de effecten juist groter zijn dan valt af te leiden uit het model.



Figuur 2) Saliniteitskaarten (Martini 2010). Van links naar rechts geven de kaarten de huidige saliniteit (PSU), saliniteit na zeespiegelstijging en saliniteit na aanpassing van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam weer. Veranderingen in de Ooster- en Westerschelde zijn het gevolg van de gemodelleerde zeespiegelstijging van 80 cm. Veranderingen in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak zijn het gevolg van de gemodelleerde aanpassingen aan de Bouwers-, Philips- en Grevelingendam.



Figuur 3) Droogvalduurkaarten (Schellekens, Wijsman et al. 2011). Van links naar rechts geven de kaarten de huidige droogvalduur, droogvalduur na zeespiegelstijging en droogvalduur na aanpassing van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam weer. Veranderingen in de Ooster- en Westerschelde zijn het gevolg van de gemodelleerde zeespiegelstijging van 80 cm. Veranderingen in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak zijn het gevolg van de gemodelleerde aanpassingen aan de Bouwers-, Philips- en Grevelingendam.

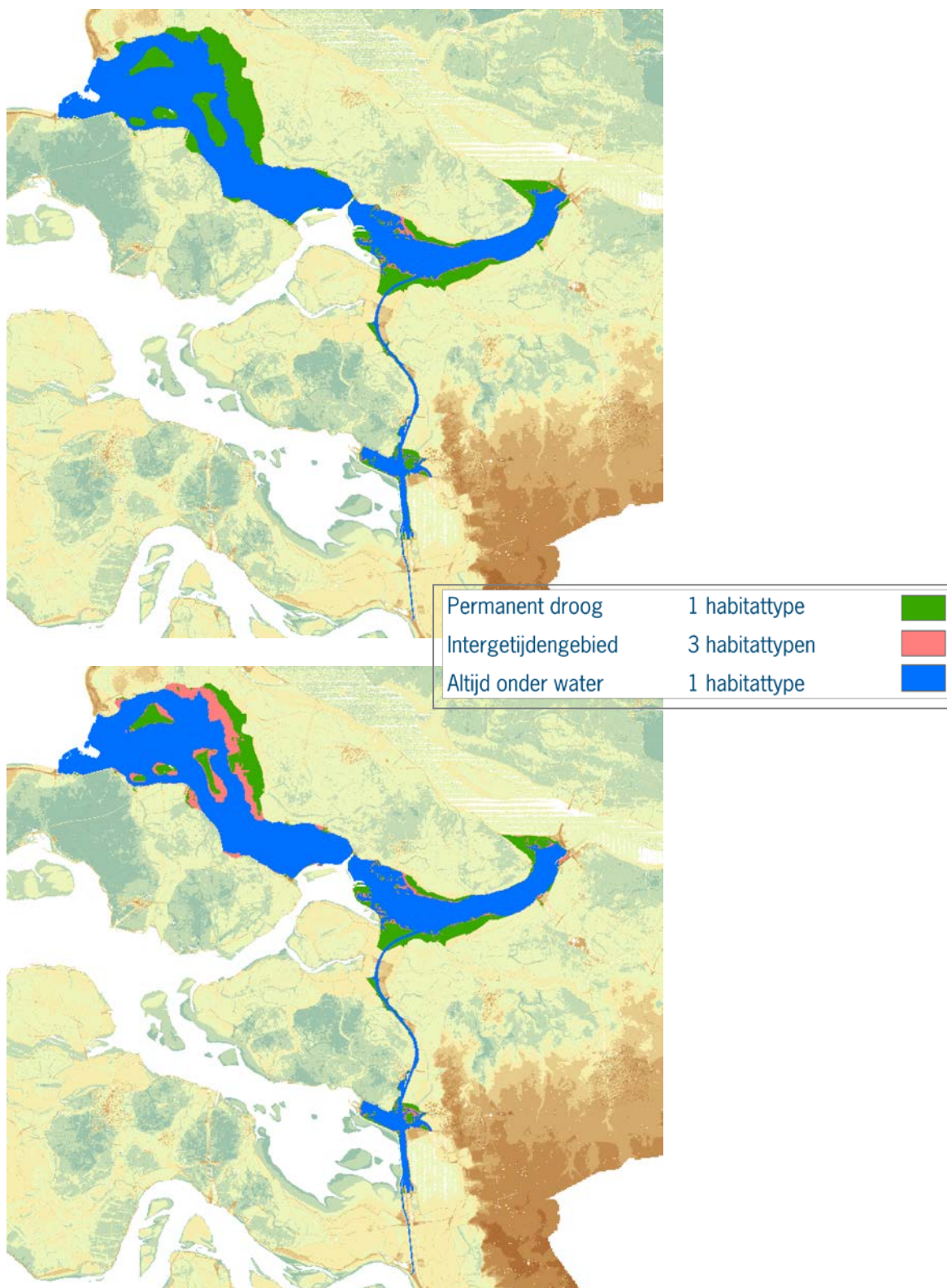
### Simulatie N2000 habitattypen binnen droge-, intergetijden- en natte gebieden.

Allereerst is er op basis van de droogvalduurkaarten uit Schellekens et al (2011), een nieuwe simulatie gemaakt voor het huidig en toekomstig areaal van droge, intergetijden, en natte gebieden. Droge gebieden overstroomden slechts incidenteel met water bij hoog tij of extreme weerscondities.

Intergetijdengebied staat vrijwel dagelijks onder invloed van zout water. Voor deze simulatie zijn alle gebieden die minder dan 1% van de tijd onder water staan gekenmerkt als droge gebieden. Gebieden die tussen de 1% en 99% van de tijd onder water staan, zijn benoemd als intergetijdengebieden en gebieden die meer dan 99% van de tijd onder water staan als natte gebieden. De voor-en-na kaarten van beide scenario's geven hierdoor weer hoezeer het areaal van deze gebieden zal veranderen. Om inzichtelijk te maken dat de veranderingen slechts globaal aangeven hoe de drie arealen veranderen zijn de procentuele veranderingen ingedeeld in 7 klassen. Neutraal (+/- 10%), matige toe- of afname (+/- 10-25%), sterke toe- of afname (+/-25-90%) en zeer sterke toe- of afname (+/- 90%).

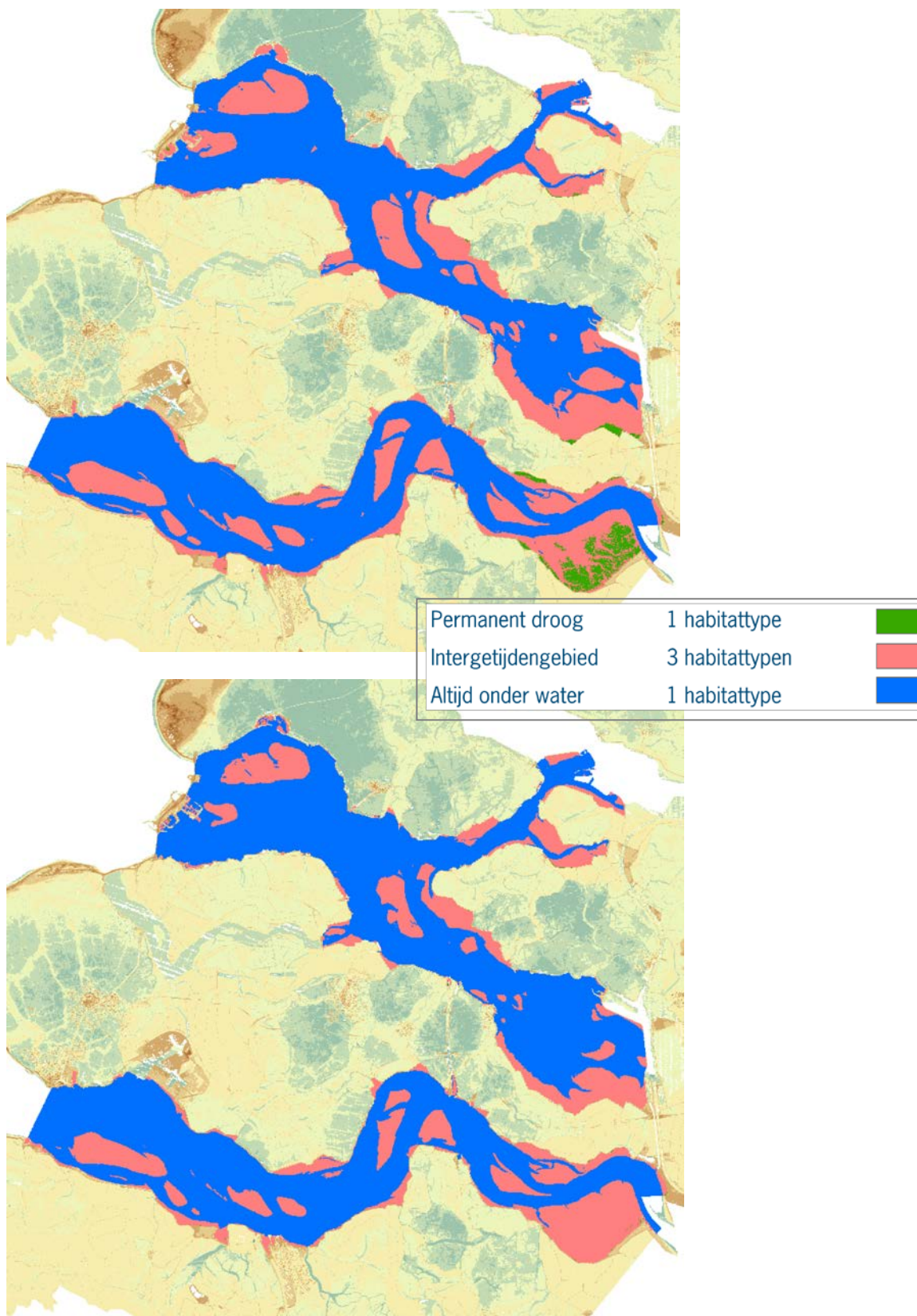
Droge-, intergetijden- en natte arealen zijn vervolgens gekoppeld aan een aantal N2000 habitattypen. Dit is mogelijk omdat de verspreiding van een groot aantal N2000 habitattypen bepaald wordt door de hoog- en laagwatergrens. Net als de arealen voor droge-, intergetijden- en natte gebieden zijn er categorieën: De eerste categorie bestaat uit buitendijkse gebieden die permanent droog staan. Hier komen alleen Schorren en zilte graslanden (H1330) voor die slechts incidenteel overstroomden. De tweede categorie is het intergetijdengebied. Hier komen Slik en zandplaten (H1140), Zilte pioniersbegroeiing (H1310) en slijkgrasvelden (1320) naast elkaar voor. Tot slot zijn er de gebieden die permanent onder water staan en waar Permanent overstroomde zandbanken (H1110) voorkomen. De resultaten van de simulatie zijn hieronder beschreven en weergegeven in figuur 4 en 5.

Binnen N2000 komt het habitattypen schorren en zilte graslanden buitendijks (H1330) momenteel niet meer voor in het Grevelingenmeer en Krammer- Volkerak omdat het niet om buitendijkse maar om binnendijkse gebieden gaat. In het Grevelingenmeer en Krammer – Volkerak wordt gesproken over zilte graslanden. In dit rapport is voor de duidelijkheid gekozen ten alle tijden te spreken van schorren en zilte graslanden of voormalige Schorren en zilte graslanden omdat het in het scenario van gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek wederom zal gaan over buitendijkse kustgebieden.



*Figuur 4) Areaal veranderingen van droge, intergetijden en natte gebieden bij invoer van beperkt getij in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak. Het bovenste plaatje geeft de huidige situatie weer, het onderste plaatje de situatie na aanpassing van de Brouwers-, Philips- en Grevelingendam. Groene gebieden zijn permanent droog, roze gebieden zijn intergetijden gebieden en blauwe gebieden zijn permanent overstroomd. Het ontstaan van intergetijdengebied zal alleen ten kostte gaan van het permanent droge areaal omdat het toekomstige waterpeil hoger zal komen te liggen dan het huidige waterpeil in het Grevelingenmeer.*





Figuur 5) Areaal veranderingen van droge, intergetijden en natte gebieden bij 80 cm zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. Het bovenste plaatje geeft de huidige situatie weer, het onderste plaatje de situatie na 80 cm zeespiegelstijging. Groene gebieden zijn permanent droog, roze gebieden zijn intergetijden gebieden en blauwe gebieden zijn permanent overstroomd. Let op. Aan de Noordzeekant, in het westen van de bekkens, is het effect iets kleiner dan op deze kaarten is weergegeven. Aan de landkant, in het oosten van de bekkens waar de getijdenamplitude groter is, is het effect van zeespiegelstijging juist groter dan op deze kaarten is weergegeven.

#### **4.1 Herstel getijdendynamiek in Grevelingen, Krammer-Volkerak en Zoommeer.**

Het toelaten van gedempt getij door aanpassingen aan de Brouwers-, Philips- en Grevelingendam, zal tot gevolg hebben dat het areaal buitendijkse permanent droge gebieden in de drie gebieden sterk zal afnemen met rond de 35% (Tabel 4). Omdat het huidige waterpeil in de gebieden lager is dan het toekomstige peil, komt dit geheel ten goede aan intergetijdengebied dat zal ontstaan door de invoer van getij. Omdat er momenteel geen intergetijdengebied aanwezig is in het Grevelingenmeer, zal dit gebied zeer sterk toenemen. Opmerkelijk is dat het intergetijdengebied vooral ontstaat aan de westelijke kant van het Grevelingenmeer en niet in het Krammer - Volkerak. Dit komt doordat de oevers in het westelijk deel van het Grevelingenmeer minder steil zijn. Het areaal van permanent overstroomde gebieden blijft gelijk met minder dan 10% verandering.

De saliniteit binnen de drie gebieden zal ook veranderen door open doorstroming met de Noordzee. Te zien is dat er een gradiënt ontstaat van 15 PSU aan de oostelijke kant van het Krammer – Volkerak tot >30 PSU aan de westelijke kant van het Grevelingenmeer (Martini 2010) (tabel 4 en figuur 2).

#### **4.2 Zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde**

Permanent droge buitendijkse gebieden zullen zeer sterk afnemen als gevolg van zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. Meer dan 95% van dit gebied zal verdwijnen (Tabel 4). Hoogstwaarschijnlijk is dit zelfs een onderschatting omdat het schorrengebied Saeftinge een zeer groot oppervlakte heeft en aan de oostelijke kant ligt van de gemiddelde getijdencurve. Het intergetijdengebied in de Ooster- en Westerschelde zal matig afnemen met ongeveer 20%. Het verlies van permanent droge gebieden en intergetijdengebied komt ten goede aan het areaal van permanent overstroomde gebieden. Deze zullen matig toenemen met ongeveer 10%. De saliniteit in de Oosterschelde en de saliniteitsgradiënt in de Westerschelde blijven vrijwel onveranderd (Martini 2010) (Tabel 4 en figuur 2).

Tabel 4) Veranderingen in droogvalduur en saliniteit als gevolg van gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek (GHGD) en een zeespiegelstijging van 80 cm (ZS). De oppervlakte van permanent droge, intergetijden- en permanent overstroomde gebieden is berekend aan de hand van droogvalduurkaarten uit: (Martini 2010; Schellekens, Wijsman et al. 2011; Stuurgroep & Adviesgroep Zuidwestelijke Delta 2011). De veranderingen in oppervlakte zijn ingedeeld in zeven klassen: neutraal (+/- 10%), matige toe- of afname (10-25%), sterke toe- of afname (25-90%) en zeer sterke toe- of afname (+/- 90%). Afkortingen scenario's: Gedeeltelijk herstel getijdendynamiek (GHGD), Zeespiegelstijging (ZS).

	Scenario	Invloed op areaal	Invloed op saliniteit
<b>Grevelingen</b>	<b>GHGD</b>		
Permanent droog		Sterke afname	Lager & gradiënt
Intergetijdengebied		Zeer sterke toename	
Permanent overstroomt		Gelijk	
Saliniteit		Lager/gradiënt	
<b>Krammer – Volkerak</b>	<b>GHGD</b>		
Permanent droog		Matige afname	Hoger & gradiënt
Intergetijdengebied		Sterke toename	
Permanent overstroomt		Gelijk	
Saliniteit		Hoger/gradiënt	
<b>Oosterschelde</b>	<b>ZS</b>		
Permanent droog		Zeer sterke afname	Gelijk
Intergetijdengebied		Matige afname	
Permanent overstroomt		Matige toename	
Saliniteit		Gelijk	
<b>Westerschelde</b>	<b>ZS</b>		
Permanent droog		Zeer sterke afname	Gelijk
Intergetijdengebied		Matige afname	
Permanent overstroomt		Matige toename	
Saliniteit		Gelijk	

#### Koppeling N2000 habitattypen:

Permanent droog:

- Schorren en zilte graslanden (H1330)

Intergetijdengebied:

- Slik en zandplaten (H1140)
- Zilte pioniersbegroeiing (H1310)
- Slijkgrasvelden (1320)

Permanent onder water:

- Permanent overstroomde zandbanken (H1110)

## 5. Effecten op natuurwaarden en aquacultuur

Dit hoofdstuk integreert de randvoorwaarden voor habitattypen en aquacultuur met de verwachte veranderingen naar aanleiding van herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. Om het overzicht te behouden is dit gedaan per gebied. Voor elk gebied worden 3 zaken beschreven:

- 1) Effecten op het voorkomen en de verspreiding van verschillende N2000 habitattypen
- 2) Effecten op de biodiversiteit en uniciteit van het gebied
- 3) Effecten op en kansen voor aquacultuur

De gevolgen voor N2000 habitattypen worden beoordeeld volgens het volgende format. Eerst worden de bestaande doelstelling, conditie en maatregelen voor het habitatype in het deelgebied beschreven. Deze informatie is verkort overgenomen uit het doelendocument Delta wateren (Troost 2009). Vervolgens wordt deze informatie vergeleken met de uit het model gekomen veranderingen in droogvalduur en saliniteit. Met betrekking tot aquacultuur wordt ook rekening gehouden met nutriënten toevoer en de toekomstige hoofdfunctie van de verschillende bekkens (appendix 1). Om meer inzicht te geven hoe soorten zich zullen aanpassen aan de nieuwe omgevingscondities worden de verwachte veranderingen in de soortgemeenschappen van het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak uitgediept aan de hand van twee case studies.

De resultaten zijn samengevat in tabel 5: haalbaarheid N2000 doelstellingen voor oppervlakte en kwaliteit van habitattypen per bekken.

### 5.1.1 Gedeeltelijk herstel getijdendynamiek Grevelingenmeer H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks)

Dit habitatype is momenteel niet aangewezen in het Grevelingenmeer, maar staat wel in het aanwijzingsbesluit voor het Grevelingenmeer. Om deze reden is besloten het toch te beschrijven. Deze studie richt zich op buitendijkse habitattypen, waardoor het Schorren en zilte graslanden, die binnendijks voorkomen in het Grevelingenmeer, niet meegenomen zouden kunnen worden omdat zij vallen onder Schorren en zilte graslanden type-b (binnendijks). Toch is in dit rapport gekozen Schorren en zilte graslanden in het Grevelingenmeer mee te nemen omdat dit habitatype zal ontstaan bij gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek.

N2000 doelstelling: behoud huidig oppervlak

Huidige conditie: in het noorden is H1330A onbegraasd waardoor er successie richting bos optreedt. In het midden en het zuiden van het Grevelingenmeer worden de oevers begraasd. Dit remt de successie, maar beschadigt kwelderzegge en Zeeaster.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: alleen in een licht brak Grevelingenmeer met een gedempt getij zal H1330A zich kunnen handhaven zonder beheer. In de huidige situatie is beheer nodig voor behoud van het habitatype. Begrazing kan worden ingezet en eventueel kan aanvullend gemaaid worden. Tegen ontzilting kan momenteel niets ondernomen worden.

Effecten opening bekkens: opening van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zullen een beperkt getij en een zout gradiënt in het Gevelingenmeer tot gevolg hebben. Het areaal van permanent droogstaand buitendijks gebied neemt af, waardoor ook het bestaande areaal van schorren en zilte graslanden H1330A zal afnemen. Wanneer de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer zo groot zal zijn dat het van neerslag afkomstige zoete water een minimaal klein effect heeft op kustvegetaties, zal de aanwezigheid van een zoute gradiënt in het Grevelingenmeer de ontzilting en dus de overgang naar zoete vegetatietypen tegengaan (zie tabel 4). Herstel van de getijdendynamiek draagt dus niet zozeer bij aan het behoud van het huidig oppervlakte van Schorren en zilte graslanden, maar zal de kwaliteit op langere termijn sterk verbeteren.

H1310A Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal)

N2000 doelstelling: behoudsdoelstelling voor oppervlakte en kwaliteit



Huidige conditie: Het areaal van Zilte pioniersbegroeiing (Zeekraal) kan sterk variëren van jaar tot jaar in relatie tot weersinvloeden. Door ontzilting wordt de zone voor zilte pioniersbegroeiing en zeegras steeds smaller.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: om de zone voor zilte pionierbegroeiing te verbreden kan het peilbeheer worden aangepast met hoge waterstanden in de winter en lage waterstanden in de zomer en tijdens het broedseizoen van vogels.

Effecten opening bekkens: opening van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zullen een beperkt getij en een zout gradiënt in het Grevelingenmeer tot gevolg hebben. Dit vergroot het oppervlakte waar zilte pionierbegroeiing potentieel kan voorkomen en leidt naar verwachting tot uitbreiding van het huidige areaal van H1310A. De behoudsdoelstelling wordt hiermee ruimschoots verwezenlijkt. De aanwezigheid van getij zal ook meer zout in de bodem brengen wat de kwaliteit van H1310A in dit gebied ten goede komt.

H1310B: Zilte pioniersbegroeiingen (Zeevetmuur)

N2000 doelstelling: is behoud van oppervlakte en kwaliteit

Huidige conditie: Habitatype H1310B bevindt zich in hoger gelegen gebieden die minder overstromd worden dan het subtype A. Habitatype H1310B wordt bedreigd door oprukkend struweel en voortgaande ontzilting.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: mogelijke maatregelen zijn maaien en begrazing. Dit laatste werkt niet tegen duindoorn die profiteert van de minder zoute bodem. De ontzilting van de bodem kan alleen tegen gegaan worden met aanpassing van het peilbeheer. Dit houdt in 1) het terugbrengen beperkt tij van 30 cm of 2) het invoeren van een zomer en winter peil dat hoog genoeg is om enige zoutspray te krijgen in de zone waar Zeevetmuur voor kan komen.

Effecten opening bekkens: opening van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zullen een beperkt getij en een zout gradiënt in het Gevelingenmeer tot gevolg hebben. Dit vergroot het oppervlakte waar een Zeevetmuur geassocieerde vegetatie potentieel kan voorkomen en leidt naar verwachting tot een vergroting van het huidige areaal van H1310B. Daarmee wordt bijgedragen aan de behoudsdoelstelling. Ook zal de kwaliteit van het habitatype dat momenteel onder druk staat door voortgaande verzoeting, verbeteren door de aanwezigheid van zout water en getijden.

Het ontstaan van andere habitattypen

Het terugbrengen van gedempt getij in het Grevelingenmeer bevordert het ontstaan van habitats met vergelijkbare eigenschappen als de habitattypen slik- en zandplaten (H1140) en slijkgrasvelden (H1320). De uitbreiding van het areaal van deze habitats zal nieuwe kansen bieden voor aanverwante soorten. Wanneer de habitattypen Schorren en zilte graslanden en Zilte pioniersbegroeiingen ook zullen blijven bestaan, zal de biodiversiteit van het gebied toenemen door diversificatie van de aanwezige habitats. Hoewel het habitatype permanent overstromde zandbanken (H1110) momenteel niet is benoemd als N2000 habitattypen in het Grevelingenmeer, zal toelating van gedempt getij waarschijnlijk leiden tot een verbetering van de kwaliteit van permanent overstromde zandbanken. Dit door een betere doorstroom leidt tot minder zuustofloosheid bij de bodem. Door de verandering in voorkomende habitats zal het Grevelingenmeer meer gaan lijken op de Ooster- en de Westerschelde.

### 5.1.2 Veranderende natuurwaarden in het Grevelingenmeer

De huidige problematiek in het Grevelingenmeer heeft een lange voorgeschiedenis. Na de afsluiting van de Brouwersdam in 1971 zijn de natuurwaarden in het meer sterk achteruit gegaan. Door de opening van de Brouwersdam in 1978 werd een kleine verbinding met de Noordzee hersteld. Als gevolg hebben sommige natuurwaarden zich deels hersteld. Door te kijken naar de veranderingen in het Grevelingenmeer na de afsluiting van de Brouwers-, Philips- en Grevelingendam in 1971 en na de opening van de Brouwerssluis in 1978, kan daarom een eerste inzicht worden verkregen in de te verwachten veranderingen die zullen optreden met het toelaten van gedempt getij in het Grevelingenmeer.

#### **Abiotiek**

##### Verandering na afsluiting

Door de afsluiting van de Brouwersdam in 1971 is het Grevelingenmeer een afgesloten zout watermeer geworden. Met het verdwijnen van de estuariene dynamiek verdween 29 vierkante kilometer intergetijdengebied. Onder water is de bodemmorfologie in het oostelijk en westelijk deel steeds

gelijkenis gaan vertonen door de afwezigheid van getijdenstromen. Ook productie en afbraakprocessen zijn sterk veranderd door de afwezigheid van getijdenstromen. Veel organisch materiaal hoopt zich op in de diepere delen. Daar wordt het afgebroken door bacteriën, maar omdat deze processen zuurstof kosten en de doorstroom in het meer te gering is, ontstaan er zuurstofloze watermassa's in de delen die dieper zijn dan 8 meter (Nienhuis 1985; Witteveen en Bos 2009). Het doorzicht in het Grevelingenmeer is na de afsluiting in 1971 eerst toegenomen (Nienhuis 1985), maar in de jaren negentig nam het doorzicht af van 5 tot 2 meter (Hoeksema 2002; Witteveen en Bos 2009). Later is het doorzicht weer toegenomen tot 3 meter (Wetsteijn 2011).

#### Effecten herstel getijdendynamiek

Sinds het openen van de Brouwerssluis is de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer verbeterd (Wetsteijn 2011). Het blijkt echter dat voor structurele verbetering van de zuurstofhuishouding in het Grevelingenmeer de opening in de Brouwersdam 4 -8 maal zo groot zal moeten zijn als de huidige opening in de Brouwerssluis. Dit resulteert in een getijdenslag van 30-50 cm (Witteveen en Bos 2009). Dit zal leiden tot een gedeeltelijk herstel van het intergetijdengebied ten kostte van hoger gelegen permanent droge gebieden. Niet bekend is of ook de verschillen in de bodemmorfologie hersteld zal worden en of het doorzicht in het meer toe zal nemen. Dit laatste is wel waarschijnlijk wanneer verbetering van de zuurstofhuishouding leidt tot een herstel van de oorspronkelijke scheldiergemeenschap. Mogelijke negatieve gevolgen van een verhoogde doorstroom met Noordzeewater zijn de bloei van *Phaeocystis* algen die meestromen met het Noordzeewater (Hoeksema 2002) en mogelijk ook zandhonger zoals dat ook in de Oosterschelde optreedt. Voor zover bekend is dit laatste nog niet onderzocht.

#### **Biotiek**

Ondanks verschillende aanpassingen aan de Brouwersdam om de doorstroom van het Grevelingenmeer te verbeteren is de ecologische toestand de laatste decennia achteruit gegaan (Witteveen en Bos 2009). Naar verwachting zal een significant betere doorstroom vooral een positief effect hebben op de natuurlijke diversiteit, weerbaarheid en stabiliteit van het Grevelingenmeer (Hoeksema 2002; Witteveen en Bos 2009; Tangelder, Troost et al. 2012).

#### **Algen, Zeesla en Zeegras**

##### Verandering na afsluiting

Na afsluiting van het Grevelingenmeerdam in 1964 ontstonden velden van groot zeegras. Deze hebben zich ook na de afsluiting van het Grevelingenmeer verder ontwikkeld tot een hoogtepunt in 1978 van ruim 4600 hectare (Wetsteijn 2011). Groot zeegras vormt met zijn 1.5 meter lange bladeren en hoge productie een belangrijke voedselbron voor veel herbivore vogels (Nienhuis 1985). Na 1978 nam de populatie echter sterk af en in 2000 was Groot zeegras geheel uit het Grevelingenmeer verdwenen (Wetsteijn 2011). Waarschijnlijke oorzaken voor de verdwijning van Groot zeegras zijn de gelaagdheid in de waterkolom en een te hoge saliniteit en stikstofconcentratie (Nienhuis 1985; Wetsteijn 2011). De biomassa aan zeegras is grotendeels vervangen door rood-groen en bruinwieren. Grootschalige groei en afsterven van Zeesla leidde later tot onder andere stankoverlast (Hoeksema 2002; Witteveen en Bos 2009).

##### Herstel getijdendynamiek

Waarschijnlijk is terugkeer van zeegras in het Grevelingenmeer alleen mogelijk door herintroductieprogramma's met soorten die minder gevoelig zijn voor een hoge saliniteit (Wetsteijn 2011). Daarnaast moeten ook problemen met eutrofiering en zuurstofloosheid grotendeels zijn verholpen (Hoeksema 2002). Terugkeer van Zeegras zal leiden tot een toename van de diversiteit in het Grevelingenmeer door het grote aantal soorten dat geheel of gedeeltelijk van deze soort afhankelijk is (Hoeksema 2002).

## **Vaatplanten**

### Verandering na afsluiting

De Groenknolorchis is in Nederland sterk afgenomen door veranderend waterbeheer, ontginning en spontane successie van plantengemeenschappen. Voor de Groenknolorchis is basisch kwelwater van groot belang, tijdelijk overstroming kan de plant goed verdragen. Daarnaast moeten lege plekken in de vegetatie aanwezig blijven waar de soort zich kan vestigen. Een natte ondergrond en begrazen of maaibeheer zijn dus essentieel. Omdat de groenknolorchis zich de laatste decennia op nieuwe plekken heeft weten te vestigen neemt men aan dat het verspreidingsvermogen geen beperkende factor vormt [www.mineleni.nederlandsesoorten.nl](http://www.mineleni.nederlandsesoorten.nl).

### Herstel getijdendynamiek

De groenknolorchis – Het Grevelingenmeer herbergt een van de grootste populaties van de Groenknolorchis in Nederland. De soort komt voor binnen het habitatype vochtige duinvalleien en is daarom afhankelijk van het behoud van dit habitatype. Vochtige duinvalleien dienen begraast of gemaaid te worden om de successie tegen te gaan en nutriënten af te voeren. Herstel van de getijdendynamiek en verhoging van het waterpeil in het Grevelingemeer zal waarschijnlijk inhouden dat de populatie zich zal moeten verplaatsen naar hoger gelegen delen die niet onder invloed staan van verzilting (Troost 2009). Herstel van de getijdendynamiek komt ten goede aan zilte oevervegetaties en aanverwante soorten (Hoeksema 2002).

## **Bodemleven**

### Verandering na afsluiting

Afsluiting van het Grevelingenmeer heeft direct geleid tot een sterke afname van de diversiteit aan bodemdieren. Vooral soorten in het intergetijdengebied kregen een zware klap (Nienhuis 1985). Wadpieren, kokkels, zandkokerwormen en andere kleinere organismen verdroogden of werden blootgesteld aan de permanente predatie van waterdieren. Later is het aantal bodemdieren in de diepere delen van het meer sterk verminderd door een verlaagde voedseltoevoer en de zuurstofloosheid (Witteveen en Bos 2009). Reeds 6 jaar na de afsluiting was 25% van de bodemsoorten verdwenen. Dit was vooral te zien aan de halvering van het aantal kreeftachtigen, een kleine daling in het aantal weekdieren en het verdwijnen van bijna alle stekelhuidigen. Het aantal voorkomende zeeanemonen is gelijk gebleven (Nienhuis 1985).

Een soort die kort na de afsluiting van het Grevelingenmeer sterk is toegenomen is de mossel. Later heeft deze soort het echter moeten afleggen tegen kokkels, Japanse oesters en muiltjes die beter zijn in het vangen van voedsel (Nienhuis 1985). Deze soorten lijken ook beter te kunnen tegen de onregelmatige voedseltoevoer in het Grevelingenmeer (Nienhuis 1985).

Een andere succesvolle soort is de gevlochten fuikhoorn. Deze slak leeft van bodemalgen, plantenresten en aas en heeft een enorme opmars gemaakt in het Grevelingenmeer. Na de introductie in 1971 nam de gevlochten fuikhoorn snel toe totdat hij in 1984 zelfs een gewichtstaandeel had van 18% ten aanzien van alle grotere bodemdieren. Ondanks de soortverschuivingen is de biomassa aan bodemdieren het Grevelingmeer vrijwel gelijk gebleven. Dit geldt niet voor de productiviteit. Gesteld wordt dat doordat bodemdieren niet meer bevestigd werden, de snelheid waarop de populaties aangroeien is gedaald (Nienhuis 1985).

De populaties Kokkels, Platte oesters en Mossels zijn later afgenomen door de opkomst van de Japanse oester, Zakpijpen en Korfschelpen (Hoeksema 2002). De toename van de Korfschelp is zorgwekkend omdat deze voornamelijk in vervuilde slibrijke gebieden voorkomt (Hoeksema 2002). Een andere indicatie dat het slecht gesteld is met de bodemfauna van het Grevelingenmeer is dat de relatieve bijdrage van wormen aan de totale biomassa van in de zachte bodem levende soorten, een significant stijgende trend laat zien over de gehele periode van 1990 t/m 2008 (Wetsteijn 2011). Op hard substraat is er sprake van een verarming van de levensgemeenschap en een groot aandeel van exoten (Wetsteijn 2011). In het rapport Verkenning Grevelingen water en getij (Witteveen en Bos 2009) wordt de toestand van de bodemgemeenschap rond 2007 als volgt samengevat: "De Japanse oester is op alle harde dijkvlooiingen zeer dominant aanwezig. Deze oesters vormen op hun beurt hard substraat voor een groot aantal andere soorten, waaronder verschillende soorten wieren, anemonen, sponzen, zakpijpen, krabben, kreeften en garnalen. Ondiepe zachte substraten worden vooral gekenmerkt door de aanwezigheid van muiltjes, (slib)anemonen en wormen. Op dieptes van meer dan 8 meter zijn in laag dynamische gebieden, zoals de oostelijk gelegen Bocht van St. Jacob en het noordwestelijk gelegen Springerdiep door de zuurstofloosheid witte matten van zwavelbacteriën aanwezig waarop alleen enkele

grondels en krabben worden aangetroffen. Al het andere bodemleven is op deze plekken afwezig. Er wordt verwacht dat deze situatie niet zal verbeteren als gevolg van de autonome ontwikkeling" (Witteveen en Bos 2009). De beschreven veranderingen hebben een grote impact gehad op de schelpdiersector, maar ook voor duikers is het Grevelingenmeer minder interessant geworden door het ontbreken van bodemleven op grotere diepten (Nienhuis 1985; Witteveen en Bos 2009).

#### Herstel getijdendynamiek

Naar verwachting zou het openen van de Brouwerssluis in 1978 zorgen voor een vergrote toevoer van zout water en een betere doorstroom van het Grevelingenmeer. Het zoute water vormde echter in het begin een laag onder het zoete oppervlakte water waardoor wederom veel bodemdieren stierven door de zuurstofloze condities onder de 8 meter dieptelijn (Nienhuis 1985). Desondanks hebben soorten later geprofiteerd van de opening van de Brouwerssluis.

Gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek door een grotere opening in de Brouwersdam zal een positief effect hebben op de biomassa en de diversiteit van bodemdieren. Vooral de verbetering van de voorkomende zuurstofloosheid en het minder sterk fluctuerende voedselaanbod zal bijdragen herstel van de mariene bodemgemeenschap (Nienhuis 1985; Hoeksema 2002; Wetsteijn 2011). Het tijdspad van dit herstel is echter onduidelijk als ook is gebleken uit het herstel van de fauna in het Veerse meer (Wijnhoven, Escaravage et al. 2010).

### **Vissen**

#### Verandering na afsluiting

In het eerste jaar na de afsluiting van het Grevelingenmeer stierven alle harders en tong. Aanwezige tong kon het koude water in de winter niet ontwijken door naar diepere gebieden te trekken. In de daaropvolgende jaren groeide andere reeds aanwezige platvissen enorm, maar omdat deze zich niet voort konden planten namen de bestanden ook weer snel af. Andere soorten die verdwenen zijn de Pitvis, Vijfdradige meun, Harnasmannetje, Kabeljauw, Steenbolk, Ansjovis, Spiering, Tong en Grote zeenaald. Na de opening van de Brouwerssluis in 1978 hebben sommige vissoorten zich hersteld, maar de totale aantallen zijn gering gebleven (Nienhuis 1985). Rond 1985 was het aantal soorten in het gebied rond de Brouwerssluis anderhalf keer zo hoog was als in het oostelijk deel van het Grevelingenmeer (Witteveen en Bos 2009). Kleine vissoorten zoals het Dikkopje en de Zwarte grondel hebben zich goede weten te handhaven en soms zelfs voordeel gehad van de nieuwe omstandigheden in het Grevelingenmeer. Dit enerzijds omdat deze soorten hun levenscyclus wel binnen het meer konden voltooien en anderzijds omdat er minder predatie van grotere vissen plaatsvond. Zeker is dat meer water vanuit de Noordzee ten goede komt aan een gevarieerd visbestand in het Grevelingenmeer (Nienhuis 1985).

#### Herstel getijdendynamiek

Een betere verbinding van het Grevelingenmeer met de Noordzee en het Krammer – Volkerak zal waarschijnlijk een positief effect hebben op het aantal voorkomende vissoorten. Het Grevelingenmeer is een zoutwatermeer gebleven waardoor er geen zoetwatersoorten bijgekomen zijn zoals het geval was in het Krammer – Volkerak. Herstel van de getijdendynamiek kan hierdoor zonder teruggang van zoetwatersoorten direct leiden tot een toename van zoutwatersoorten. Dit kan afgeleid worden uit de hogere diversiteit aan vissoorten in het gebied rond de Brouwersdam. Migrerende vissoorten zullen in het bijzonder profiteren van een verbeterde doorstroom. Voor platvissoorten zal het Grevelingenmeer vooral een belangrijke functie hebben als opgroeigebied (Wetsteijn 2011).

### **Vogels**

#### Verandering na afsluiting

Door het verlies aan intergetijdengebied zijn veel steltlopers uit het Grevelingenmeer verdwenen. Er is voor een aantal van deze soorten alleen nog voedsel te vinden rond de directe waterlijn. Dit houdt bijvoorbeeld voor de scholekster in dat deze soort van 30.000 paar voor de afsluiting, is teruggelopen naar een paar honderd paar rond 1985. Toch is het totale aantal steltlopers in de gehele Zuidwestelijke Delta niet afgenomen in dezelfde periode. Het voedselaanbod in andere bekkens was kennelijk hoog genoeg om de aanwezige vogels op te vangen (Nienhuis 1985).

Voor 1985 zijn vis en plantenetende vogels in tegenstelling tot steltlopers sterk toegenomen. Na de afsluiting is het Grevelingenmeer helderder geworden, wat waarschijnlijk een van de oorzaken is van de toename van de voornamelijk op zicht jagende viseters. Ook zijn na de afsluiting de populaties van kleine vissoorten toegenomen en die van grote vissoorten afgenomen. De vogels hebben hierdoor minder concurrentie met grotere vissoorten terwijl er juist meer voedsel aanwezig is (Nienhuis 1985). Indirect is ook de toename van plantetende watervogels waarschijnlijk veroorzaakt door toename van het doorzicht in het Grevelingenmeer. Dit geldt zelfs een aantal zoetwatervogels die om kunnen gaan met het zoute voedsel. De soorten die niet overleven op zout voedsel zijn verdwenen. In het heldere water konden zeegras en groenwieren tot diepere gedeelten voorkomen waardoor hun verspreidingsgebied en biomassa sterk toenam. Broedende vogels hebben zich aangepast aan de veranderingen in de oevervegetatie. Mede door de afsluiting is het Grevelingenmeer een belangrijk watervogel gebied (Nienhuis 1985).

Onderzoek uitgevoerd door Witteveen en Bos (2009) laat zien dat een aantal vogelsoorten eerst profiteerde van het droogvallende kustgebied, dat gebruikt werd als broedplaats. De soorten namen in de jaren negentig echter weer af en zullen in de toekomst verder afnemen door voortgaande vegetatiesuccesie. Visetende vogels profiteerde eerst van het heldere water in het Grevelingenmeer. Later zijn er verschillende patronen zichtbaar. Soorten die gespecialiseerd zijn op kleine vissoorten zijn over de jaren negentig in aantal toegenomen terwijl er geen duidelijke trends zijn gevonden voor soorten die fourageren op grotere soorten (Witteveen en Bos 2009). Momenteel onderscheidt het Grevelingenmeer zich op het gebied van vogels zowel van grote zoetwatergebieden als van beschutte ondiepe kustwateren.

#### Herstel getijdendynamiek

De meeste soorten zijn stabiel gebleven in de periode van 2000 tot 2008. Bodemdiereters op open water zijn tot 1/3<sup>e</sup> teruggebracht. In de periode van 1987 en 1997. Bodemdieren etende vogels bij de oevers nemen juist toe over de periode 1994-2005 (Wetsteijn 2011). Naar verwachting zal de zuurstofloosheid verbeteren door een verbeterde doorstroom en herstel van de getijdendynamiek. Dit houdt in dat er meer kansen ontstaan voor visetende vogels die afhankelijk zijn van de bodemgemeenschappen.

#### **De Noordse woelmuis**

De Noordse woelmuis is het laatste endemische landzoogdier in Nederland. Landelijk is de soort is afgenomen wat waarschijnlijk te maken heeft met de beschikbaarheid van drassig gras- en rietland, versnippering van leefgebied, de concurrentie met veldmuizen en aardmuizen en het Nederlandse vegetatie- en waterpeilbeheer. De soort trekt zich bij concurrentie met andere woelmuissorten terug in gebieden met wisselende waterstanden. De ontbrekende getijdendynamiek in het Grevelingenmeer heeft waarschijnlijk mede daarom een negatief effect gehad op de populatie Noordse woelmuizen [www.mineleni.nederlandsesoorten.nl](http://www.mineleni.nederlandsesoorten.nl). De Noordse woelmuis is toegenomen in het gebied rond het Grevelingenmeer waar door het nieuw ingestelde waterpeil veel permanent droog en maar open habitat is ontstaan. De soort is echter door concurrentie met de Veldmuis en de Aardmuis teruggedrongen tot (geïsoleerde) eilanden en de meest natte vegetatie. De soort kan slecht tegen begrazing, maar ook tegen hogere vegetatiesoorten [www.synbiosys.alterra.nl](http://www.synbiosys.alterra.nl).

#### Herstel getijdendynamiek

Zoutspray en periodieke overstroming bieden de Noordse Woelmuis een habitat die minder geschikt is voor concurrerende muissorten zoals de Aardmuis en de Veldmuis. Daarom zullen de kusthabitats rond het Grevelingenmeer deels geschikt blijven voor de Noordse woelmuis. Doordat verzilting de successie van de vegetatie tegengaat zal er misschien minder gemaaid of begraast hoeven te worden om de vegetaties in stand te houden. Ook dit heeft mogelijk een positief effect op het voorkomen van de Noordse Woelmuis. Herstel van de getijdendynamiek heeft echter ook belangrijke negatieve gevolgen voor het leefgebied van de Noordse Woelmuis (Troost 2009) [www.mineleni.nederlandsesoorten.nl](http://www.mineleni.nederlandsesoorten.nl). Omdat het toekomstige peil van het Grevelingenmeer hoger zal liggen dan het huidige peil zal het areaal aan permanent droge buitendijkse habitats sterk afnemen. De verbetering aan kwaliteit gaat hiermee dus ten koste van het huidige areaal. Voorspellingen over het effect van herstel van de getijdendynamiek op de Noordse woelmuis populatie zijn daarom moeilijk te maken.

#### 5.1.3 Biodiversiteit en uniciteit van het Grevelingenmeer

Wat betreft N2000 habitattypen zal toelating van gedempt getij het areaal en de kwaliteit voor beide typen zilte pioniersbegroeiing (H1310) waarschijnlijk vergroten. Hiermee wordt de behoudsdoelstelling

van N2000 voor deze habitattypen behaald en de biodiversiteit in het Grevelingenmeer op de langer termijn vergroot. Het effect op Schorren en zilte graslanden is tweezijdig. Verlies aan areaal (areaal behoud is de N2000 doelstelling) komt ten goede aan de kwaliteit van dit habitatype. Aan de ene kant, zal toelating van gedempt getij gepaard gaan met een areaal verlies van het habitatype Schorren en zilte graslanden omdat het toekomstig gemiddelde waterpeil hoger komt te liggen. Aan de andere kant, zal door incidentele overstroming en de aanwezigheid van zout water de successie richting zoete oevervegetatietypen geremd worden. Mogelijk hoeven deze oevervegetaties hierdoor op termijn minder frequent gemaaid te worden. De afname van areaal en de toename van kwaliteit van Schorren en zilte graslanden komt hierdoor waarschijnlijk ten goede aan de plaatselijke diversiteit. Naast de bestaande habitattypen bieden de aanwezigheid van gedempt getij en een betere doorstroom ook kansen voor het ontstaan van Slik en zandplaten en Slijkgrasvelden en een verbetering van het bodemleven in de diepere delen van het Grevelingenmeer.

In bredere context, creëert de aanwezigheid van gedempt getij abiotische gradiënten die van belang zijn voor het ontstaan van verschillende kusthabitats. Echter, doordat het toekomstig waterpeil hoger zal komen te liggen en het intergetijdengebied zal toenemen, zullen veel habitats verplaatsen. Deze verplaatsing is abrupt terwijl herstel van habitats op nieuwe plekken geleidelijk zal plaatsvinden. Zoals duidelijk wordt aan de hand van de Groenknolorchis kan dit op korte termijn leiden tot een daling van de plaatselijke soortenrijkdom. Wat het effect van de verzilting zal zijn voor de populatie van de Noordse woelmuis is moeilijk te voorspellen. Dit omdat een afname van habitat waarschijnlijk leidt tot een verbetering van de kwaliteit van het deel van het habitat dat behouden zal blijven voor deze soort. Het is niet onmogelijk dat soorten die niet in staat zijn zich snel aan hun omgeving aan te passen zullen verdwijnen uit het Grevelingenmeer. Op langere termijn is echter de verwachting dat toelating van gedempt getij in het Grevelingenmeer zal leiden tot een verhoging van de diversiteit van kusthabitats, een verbetering van de kwaliteit van deze habitats en een toename van aanverwante soorten.

Wat betreft de natuurwaarde onder water, zal toelating van gedempt getij naar verwachting de doorstroom van het Grevelingenmeer sterk verbeteren met als gevolg dat de huidige problemen met betrekking tot zuurstofloosheid bij de bodem afnemen. Hierdoor en door lagere zoutgehalten aan de westkant van het Grevelingenmeer ontstaan grotere kansen voor de terugkeer van zeegras, al blijft onzeker of dit daadwerkelijk mogelijk is, ook met oog op de nutriëntenconcentraties. Wel zeker is dat door de betere zuurstofcondities bij de bodem zowel de biomassa als de diversiteit van de bodemgemeenschap en schelpdierbestanden zal toenemen. Zo ontstaan er ook onder water meer verschillende soorten habitats die verschillende aanverwante soorten herbergen. Vissen en visetende vogels en vogelsoorten die afhankelijk zijn van deze bodemgemeenschappen en intergetijdengebied zullen van deze veranderingen profiteren. Een betere verbinding met de Noordzee houdt ook in dat vissoorten vanuit de Noordzee zich kunnen vestigen en dat het Grevelingenmeer meer een thuis biedt voor tussen zoet en zout migrerende soorten. Mogelijk neemt met een verbeterde doorstroom ook de kans toe dat bloeiende *Phaeocystis* algen vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer instromen. In het rustigere Grevelingenmeer zakken deze algen naar de bodem waar ze sterven en ook sterfte onder schelpdieren kunnen veroorzaken (Peperzak and Poelman 2008). Waarschijnlijk weegt dit tijdelijke negatieve effect echter niet op tegen de positieve effecten van een verbeterde doorstroom. Daarnaast is ook voorgesteld het Grevelingenmeer in bepaalde jaargetijden af te sluiten (Peperzak and Poelman 2008).

Over het algemeen kan gesteld worden dat een vergrote doorstroom en gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek een positief effect zal hebben op de biodiversiteit in het Grevelingenmeer. Effecten op de bodemmorfologie en doorzicht zijn echter nog niet bekend.

Het Grevelingenmeer is het grootste zoutwatermeer van Zuidwest Europa en daardoor zeer uniek. Door toelaten van gedempt getij in het Grevelingenmeer zal het gebied meer gaan lijken op de Ooster- en Westerschelde. Hierdoor zal de uniciteit van het Grevelingenmeer afnemen. Hoewel het toelaten van gedempt getij ten kostte gaat van de uniciteit, komt het ten goede aan de kwaliteit en robuustheid van natuurwaarden binnen het Grevelingenmeer (zie ook Tangelder et. al. 2012).

#### 5.1.4 Aquacultuur in het Grevelingenmeer

De aanwezigheid van een zoet-zout gradiënt en beperkt getij, biedt een aantal kansen voor aquacultuur in het Grevelingenmeer. Vooral voor aquacultuur in het intergetijdengebied ontstaan nieuwe kansen. Gezien de zoutgehalten moet hierbij vooral gedacht worden aan de kweek van Zeekraal, zagers, mosselen en oesters. Het toelaten van gedempt getij moet de huidige problematiek met zuurstofloosheid in diepere gedeeltes van het Grevelingenmeer verhelpen door een betere menging en doorstroom (Wijsman 2002; Witteveen en Bos 2009). Dit kan positief zijn voor de oestercultuur. Mogelijke andere knelpunten zijn concentraties contaminanten en de gestelde natuurdoelstellingen in het gebied. Wanneer het Grevelingenmeer in grotere mate wordt doorstroomd met zoet rivier water, waar hogere concentraties contaminanten in voorkomen dan in zout zeewater, zullen de concentraties van contaminanten toenemen. Door gestelde natuurdoelstellingen zal een deel van het Grevelingenmeer niet beschikbaar zijn voor aquacultuur. Daarentegen zijn er toch veel kansen voor aquacultuur in het Grevelingenmeer. In de toekomstschets van het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+, komt het Grevelingenmeer vooral naar voren als recreatie gebied. Recreatie kan in sommige gevallen goed gecombineerd worden met aquacultuur, zoals momenteel ook gebeurt in de Oosterschelde. Een voorbeeld hiervan is de oesterteelt in Yerseke. Hier worden momenteel terrassen aangelegd waar toeristen met uitzicht op de putten de producten kunnen proeven.

#### 5.2.1 Gedeeltelijk herstel getijdendynamiek Krammer-Volkerak

H1310 (A&B) Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal en Zeevetmuur)

N2000 doelstelling: geen opgave geformuleerd.

Huidige conditie: de habitattypen komen alleen nog voor op plekken waar door de bodemmorfologie nog veel zout in de grond zit. Door ontzilting zullen deze habitattypen op den duur vervangen worden door zoete vegetatietypen.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: alleen in een licht brak Krammer-Volkerak met een gedempt getij zal H1310 zich kunnen handhaven. Tot het gebied verzilt, zijn geen zinnige maatregelen mogelijk en moet een verdere afname geaccepteerd worden.

Effecten opening bekkens: opening van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zullen een beperkt getij en een zout gradiënt in het Krammer-Volkerak tot gevolg hebben. Hierdoor wordt het mogelijk dat het bestaande areaal van zilte pionierbegroeiing in de toekomst zal blijven bestaan of zich zal uitbreiden. Verzilting van het gebied zal de successie naar zoete vegetatie tegengaan en daardoor de kwaliteit van Zilte pioniersbegroeiing ten goede komen.

H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)

N2000 doelstelling: geen opgave geformuleerd.

Huidige conditie: dit habitatype komt alleen nog voor op plekken waar door de bodemmorfologie nog veel zout in de grond zit. Door ontzilting zal het habitatype op den duur vervangen worden een zoet vegetatietype.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: alleen in een (licht) brak Krammer-Volkerak met een gedempt getij zal H1330A zich kunnen handhaven. In de huidige zoete situatie zijn geen zinnige maatregelen mogelijk en moet een verdere afname geaccepteerd worden.

Effecten opening bekkens: opening van de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zullen een beperkt getij en een zoet-zout gradiënt in het Krammer-Volkerak tot gevolg hebben. Hierdoor zullen de oudere zoete vegetaties teruggezet worden in hun successie en deels plaatsmaken voor zoute vegetaties. Dit leidt waarschijnlijk tot een uitbreiding van het huidige areaal van Schorren en zilte graslanden en een verbetering van de kwaliteit. Dit laatste door de aanwezigheid van zout water en incidentele overstroming. Het habitatype zal zich daarom kunnen handhaven dan wel uitbreiden. Het ontstaan van andere habitattypen

Het terugbrengen van gedempt getij in het Krammer-Volkerak bevordert het ontstaan van slik- en zandplaten (H1140) en slijkgrasvelden (H1320). De uitbreiding van het areaal van deze habitattypen zal nieuwe kansen bieden voor geassocieerde soorten. Wanneer deze habitattypen zullen bestaan naast de huidige schorren en zilte graslanden en zilte pioniersbegroeiingen, zal de biodiversiteit van het gebied toenemen doordat de met de habitattypen geassocieerde soorten ook een plaats zullen vinden in het Krammer - Volkerak. Hoewel het habitattypen permanent overstroomde zandbanken (H1110) momenteel niet is benoemd als N2000 habitat, zal toelating van gedempt getij in het Krammer - Volkerak waarschijnlijk ook leiden tot een verbetering van de kwaliteit van dit habitatype.

### 5.2.2 Veranderende natuurwaarden in het Krammer – Volkerak – een vergelijking met de verzilting van het Veerse meer

De huidige problematiek in het zoete Krammer-Volkerak komt deels overeen met de problematiek in het Veerse voordat de verbinding met de Oosterschelde hersteld was. Door de instroom van vers zout water uit de Oosterschelde is de water-en ecologische kwaliteit van het Veerse meer verbeterd. In het Krammer – Volkerak bestaan ook problemen met de waterkwaliteit. Door te kijken naar de veranderingen in het Veerse meer kan inzicht verkregen worden in de te verwachten veranderingen in een zout Krammer - Volkerak met gedempt getij.

#### **Zout Oosterscheldewater in het brakke Veerse meer**

Nadat het Veerse meer in 1961 van de Oosterschelde werd gescheiden gingen de waterkwaliteit en de lokale natuurwaarden achteruit. Er was een te grote toevoer van voedselrijk water uit de polders en door het seizoensgebonden peilbeheer wisselden de zoutgehalten te sterk en trad er gelaagdheid op in de waterkolom. Dit leidde tot overmatige bloei van Zeesla en algen, waardoor het water steeds troebeler werd. Daarnaast leidde de massale aangroei van Zeesla tot overlast voor recreanten en stankoverlast. Het aanwezige zeegras is sinds de afsluiting gestaag afgenomen en was in 2003 geheel verdwenen. Door de afwezigheid van getij verdween veel voor het intergetijdengebied kenmerkende flora en fauna. Jaarlijks stierven grote hoeveelheden bodemdieren door het verschil in zomer en winterpeil en in de diepere delen van het Veerse meer door zuurstofloosheid. Met dit alles is de soortendiversiteit van planten en dieren in het Veerse meer sterk afgenomen (Holland 2004; Craeymeersch and de Vries 2007; Wijnhoven, Escaravage et al. 2010).

Om de problematiek tegen te gaan, werd in 2004 een doorlaat naar de Oosterschelde gecreëerd bij de Katse Heule. Doorzicht, nutriënt concentraties en zuurstofconcentraties zijn sindsdien sterk verbeterd. Hoewel er verbetering is in de lokale natuurwaarden, was in 2007 duidelijk dat er nog steeds verbetering optrad (Craeymeersch and de Vries 2007; Wijnhoven, Escaravage et al. 2010). Naar verwachting heeft de flora en fauna zich nog verder aangepast aan de instroom van Oosterscheldewater. De verbinding tussen de Oosterschelde en het Veerse meer leidde tot de volgende veranderingen:

- Voedselrijk water wordt sneller afgevoerd
- De gelaagdheid in zuurstofconcentraties is verdwenen
- De overmatige bloei van zeesla is verdwenen
- Het doorzicht is matig toegenomen
- Krabben, garnalen en mosselen komen weer voor.
- Een toename van de Japanse oester en vier soorten kwallen
- De diversiteit aan vissoorten is toegenomen.
- Visetende vogels profiteren van beter doorzicht
- De soortenrijkdom van is toegenomen – maar brakke soorten zijn nog niet afgenomen.

Vermindering van het verschil tussen zomer- en winterpeil moet in de toekomst voorkomen dat een groot gedeelte van de bodemgemeenschap sterft gedurende de winter. Op basis van de tussenevaluatie uit 2007 kan geconcludeerd worden dat op een aantal zoetwater minnende soorten na, de ecologische waarde van het Veerse meer al binnen drie jaar na de opening bij de Katse Heule verbeterd zijn. Dit geldt ook voor de waterkwaliteit (Craeymeersch and de Vries 2007).

### **Veranderingen in het Krammer-Volkerak**

#### **Verzoeting na afsluiting van de Philipsdam**

Met de afsluiting van de Philipsdam werd het Krammer-Volkerak in 1987 afgesloten van het Grevelingenmeer en de Oosterschelde en veranderde in een zoetwatermeer. Door de afsluiting is een groot deel van het voormalige intergetijdengebied droog komen te staan, ontzilten zilte kustvegetaties en verdwijnen de aanverwante zoute flora en fauna geleidelijk. Voor zoete soorten vormt het Krammer-Volkerak nu een nieuw leefgebied. Voorbeelden hiervan zijn de grote keverorchis, lepelaars, verschillende soorten ganzen en roofvogels (Troost 2009). Door de voortgaande ontzilting heeft het Krammer – Volkerak momenteel zowel zoete als zoute natuurwaarden die beschermt dienen te worden binnen de vogel- en habitatrictlijnen (Boer and Breedveld 2008). Onafhankelijk van de beheerskeuzes zullen er dus negatieve effecten zijn voor de zoete of zoute natuurwaarden.



Sinds de tweede helft van de jaren negentig heeft de invoer van voedselrijk rivierwater met een slechte kwaliteit voor problemen gezorgd. In de zomer en de herfst komen schadelijke blauwalgen (*Mycrocystis*) tot bloei waarna zij op grote schaal afsterven. Bij dit proces komen gifstoffen vrij die schadelijk zijn voor de gezondheid. Daarnaast vormen algenresten rottende, stinkende groene drijfslagen. Het water van het Krammer-Volkerak wordt hierdoor onbruikbaar voor de landbouw, ondrinkbaar voor vee, ongeschikt voor beregening en als zwemwater zelfs gevaarlijk. Rijkswaterstaat heeft sinds het ontstaan van de problematiek verschillende maatregelen genomen, maar deze hebben de blauwalgproblematiek niet kunnen verminderen. Momenteel wordt nog steeds gezocht naar structurele oplossingen (Boer and Breedveld 2008). Verzilting en een betere doorstroming van het gebied kunnen deze problematiek deels verhelpen, maar het zoute water vormt een bedreiging voor landbouwgronden.

Door de autonome veranderingen zullen de diersoorten die beschermd zijn door de Flora- en Fauna wet naar verwachting als volgt veranderen in het Krammer- Volkerak. Deze gegevens zijn verkort overgenomen uit (Boer and Breedveld 2008).

### **Verzilting door openen van de Philipsdam (toelaten van zout en gedempt getij in het Krammer-Volkerak)**

Het toelaten van zout water en gedempt getij in het Krammer-Volkerak zal er voor zorgen dat de zoutminnende kustvegetaties zich kunnen herstellen. Naar verwachting zullen veranderingen in de waterkwaliteit en ecologische waarden binnen het Krammer – Volkerak overeenkomen met de veranderingen in het Veerse meer na toelating van zout Oosterscheldewater:

- Voedselrijk water wordt sneller afgevoerd
- De overmatige algenbloei blijft uit
- Het doorzicht neemt toe
- Het aantal vissoorten neemt toe
- Bodem en schelpdieren zoals krabben garnalen en mosselen komen weer voor
- Het aantal visetende vogels neemt toe

Naar verwachting leidt bovenstaande tot een verbeterde waterkwaliteit en een verhoogde biodiversiteit, maar gaan ten koste van zoete natuurwaarden. Deze gegevens zijn gebaseerd op (Boer and Breedveld 2008; Troost 2009).

### **Algen, Zeegras en Zeesla**

Herstel getijdendynamiek en verzilting: door zoutgehaltes hoger dan 10 PSU zal de blauwalgproblematiek verholpen zijn en marien phytoplankton zich ontwikkelen. De bloei van phytoplankton zal geremd kunnen worden door begrazing door schelpdieren zoals bijvoorbeeld mosselen of oesters. Onzeker is of de opening van de Philipsdam en de toelating van beperkt getij in het Krammer – Volkerak zal leiden tot een toename van Groot zeegras of Zeesla. De omgevingsomstandigheden zullen geschikt worden voor deze concurrerende soorten. Wanneer de hoeveelheid nutriënten in het Krammer – Volkerak te hoog zal blijven zal Zeesla de concurrentiestrijd winnen.

### **Vaatplanten**

Verandering na afsluiting: bij behoud van de zoete situatie zal het aantal beschermde vaatplanten in het begin toenemen. Zonder aanvullende beheersmaatregelen zullen deze door de voortschrijdende successie na ongeveer 30 jaar echter verworden tot een climaxvegetatie met Elzenrijk Essen-Iepenbos. Herstel getijdendynamiek en verzilting: de Blauwe zeedistel zal waarschijnlijk profiteren van verzilting. Varens en orchideeën komen naar verwachting alleen voor in gebieden die niet beïnvloed zullen worden door het zoute water. Direct bij het water zullen zich weer zilte kustvegetaties kunnen vestigen. De successie van deze vegetaties wordt deels op een natuurlijke manier tegengegaan door periodieke overstroming met zout water.

### **Vissen**

Verandering na afsluiting: bij behoud van de zoete situatie ontstaan er kansen voor de uitbreiding van het leefgebied voor de Bittervoorn en de Kleine modderkruiper. Het is echter nog de vraag of de maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren door wegvang van bodemwoelende en zoöplankton etende vissen afdoende zullen zijn om deze uitbreiding van het leefgebied te verwezenlijken.

Herstel getijdendynamiek en verzilting: het Krammer – Volkerak zal volledig ongeschikt worden voor de Kleine modderkruiper, Rivieronderpad, Bittervoorn die vallen onder de Flora- en faunawet.

Daarentegen zullen zoute soorten zoals Haring, Sprot, Bot, Schar, Schol en Tong juist profiteren van de zoute omstandigheden. Wanneer dit vanuit de Flora- en Faunawet wordt bekeken gaat het gebied in natuurwaarden achteruit. Dit komt omdat de zoute vissoorten niet onder de Flora- en Faunawet genoemd worden

<http://www2.minInv.nl/thema/groen/ffwet/wetgeving/ASP/soorten/vissen/ovztgfwav01.asp>.

### **Vogels**

Verandering na afsluiting: de loofbossen in en rondom het Volkerak - Zoommeer herbergen een aantal zogenaamde jaarrond beschermde broed- en verblijfplaatsen van vogels. Naar verwachting zal door voortgaande verbossing de vaste broed- en verblijfplaatsen van met name vogels met nesten in bomen verder toenemen (Boer and Breedveld 2008). Het tegenovergestelde geldt voor vogels die broeden in zilte grasland vegetaties.

Herstel getijdendynamiek en verzilting: in de oeverzones die beïnvloed worden door verzilting zijn geen vaste broed- en verblijfplaatsen van vogels aanwezig. Er is dus ook geen sprake van aantasting van deze locaties. Een zout Krammer – Volkerak met gedempt getij heeft naar verwachting een positief effect op niet broedende vogels zoals de Scholekster, Steenloper, Bergeend, Bontbekpleiver, Kluut, Pijlstaart, Lepelaar, kuifduiker en de kleine zilverreiger. Dit door een beter voedselaanbod en een beter doorzicht. De verzilting zal een negatief effect hebben op de Kuifeend, Meerkoet, Tafeleend, Visarend, Kleine zwaan, Krakeend en de Slobeend die juist baat hebben bij een zoet Krammer – Volkerak en successie van de oevervegetaties (Boer and Breedveld 2008; Troost 2009). De verandering is dus positief voor steltlopers die in het intergetijdengebied vinden, maar overwegend negatief voor herbivore vogels.

### **Grondgebonden zoogdieren**

Verandering na afsluiting: de Noordse Woelmuis komt voornamelijk voor op drie opgespoten eilandjes nabij de Krammerse slikken. Deze locaties zullen in de toekomst geschikt blijven, maar alleen wanneer grootschalige bosontwikkeling wordt tegengegaan. De Noordse Woelmuis heeft een voordeel van zoute vegetatie omdat de Aardmuis en Veldmuis hier slechter gedijen (Boer and Breedveld 2008). De waterspitsmuis komt alleen voor waar bodembedekkende vegetatie aanwezig is binnen een straal van 500 meter van water. Naar verwachting zal dit areaal niet veranderen door autonome ontwikkelingen.

Herstel getijdendynamiek en verzilting: het effect op het voorkomen van de Noordse woelmuis is onzeker. Enerzijds zal de Noordse woelmuis minder gaan voorkomen door het verdwijnen van riet ruigtes. Anderzijds gaat verzilting de successie richting bos tegen waardoor deze ook een positief effect kan hebben op het voorkomen van de Noordse woelmuis. Naast het zoutgehalte zal ook vooral de aanwezigheid van een goede vegetatiestructuur sturend zijn.

### **Vleermuizen**

Verandering na afsluiting: over de huidige aanwezigheid van vleermuizen in het Krammer – Zoommeer is weinig bekend. Waarschijnlijk zal de verbossing leiden tot een toename van de Ruige dwergvleermuis en andere bosgebonden soorten.

Herstel getijdendynamiek en verzilting: verzilting zal het voedselaanbod voor watergebonden vleermuizen sterk beperken door een verminderd voorkomen van insecten. Naar verwachting zal dit leiden tot een afname van de Water- en Meervleermuis. Het voedselaanbod voor de boven land foeragerende vleermuissoorten zal naar verwachting niet sterk veranderen.

### **Amfibieën en reptielen**

Verandering na afsluiting: de Rugstreeppad komt voor langs het Volkerak maar de meeste waarnemingen zijn gedaan rondom het Zoommeer. Omdat de soort open modderige gebieden preferert, zal deze door de voortgaande successie van de vegetatie op den duur verdwijnen.

Herstel getijdendynamiek en verzilting: mogelijk neemt het leefgebied van de Rugstreeppad licht toe door het ontstaan van meer kale schaars begroeide gronden. Dit is echter afhankelijk van de aanwezigheid van licht brak water tot ongeveer 7ppt (Van Laar 2005).

#### **5.2.3 Biodiversiteit en uniciteit van het Krammer - Volkerak**

Wat betreft N2000 habitattypen zal gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Krammer – Volkerak tot gevolg hebben dat het bestaande areaal van beide zilte pionierbegroeiingen in de toekomst zal blijven bestaan of zich zal uitbreiden. Verzilting van het gebied zal de successie naar zoete vegetatie tegengaan en daardoor de kwaliteit van beide habitattypen Zilte pioniersbegroeiing ten goede komen.

Het areaal van het habitatype Schorren en zilte graslanden zal uitbreiden en ook de kwaliteit van dit habitattypen zal verbeteren door de aanwezigheid van zout water en gedempt getij. Naast de habitattypen die in deze studie voor het Krammer – Volkerak staan beschreven, ontstaan er ook mogelijk gebieden met de habitattypen slik- en zandplaten (H1140) en slijkgrasvelden (H1320) en Permanent overstromde zandbanken (H1110). De verhoogde heterogeniteit aan habitattypen zal nieuwe kansen bieden voor geassocieerde soorten.

In bredere context, creëert de aanwezigheid van gedempt getij abiotische gradiënten die van belang zijn voor het ontstaan van verschillende kusthabitats. De aanwezigheid van een zoet-zout gradiënt en gedempt getij zal ervoor zorgen dat er een grotere verscheidenheid aan habitats ontstaat. De verhoogde heterogeniteit aan habitats leidt tot een verhoogde soortenrijkdom en biodiversiteit in het Krammer-Volkerak. Echter, niet alle soortgroepen zullen van het herstel van de getijdendynamiek en verzilting profiteren. Soorten die juist aan zoetwater gebonden zijn, zoals zoetwater vissen, vleermuizen en herbivore vogels, zullen in aantal achteruitgaan. Hiertegenover staat een gedeeltelijk herstel van de zoute natuurwaarden die oorspronkelijk bij het Krammer – Volkerak aangetroffen werden. Door de aanwezigheid van schelpdieren wordt het probleem van overmatige algengroei mogelijk verholpen en wordt de veerkracht van het Krammer – Volkerak vergroot.

Gezien het feit dat de zoute natuurwaarden momenteel achteruitgaan door voortgaande ontzilting, de biodiversiteit verhoogd zal worden door het toelaten van gedempt getij en slechts enkele momenteel veel voorkomende soortgroepen benadeeld zullen worden door toelating van gedempt getij, lijkt het terugbrengen van gedempt getij en verzilting een oplossing voor de heersende problematiek in het Krammer –Volkerak. De crux van de beleidskeuze tussen zout of zoet is echter dat het Krammer – Volkerak nu door de aanwezigheid van zilte oevervegetaties en een klein aantal zoetwatersoorten geen volwaardig zoetwater systeem, maar ook geen volwaardig zoutwatersysteem is. Het Krammer – Volkerak herbergt zowel zoute als zoete natuurwaarden en is momenteel nog steeds aan het veranderen. Hierdoor zullen er onafhankelijk van het feit of er gekozen wordt voor een zout of zoet Krammer – Volkerak natuurwaarden verloren gaan. Voor de biodiversiteit geldt tevens dat de schaal waarop er naar biodiversiteit gekeken wordt van belang is. In het zoute scenario zal de biodiversiteit in het Krammer – Volkerak zelf toenemen, maar omdat het Krammer-Volkerak meer zal gaan lijken op andere zoute bekkens, zal de totale biodiversiteit in de Zuidwestelijke Delta afnemen. Of dit zo beschouwd mag worden, wordt uitgelegd in het rapport van Tangelder et. al. 2012.

Wat betreft de uniciteit is het waarschijnlijk dat deze binnen de Zuidwestelijke Delta zal afnemen doordat het Krammer –Volkerak meer zal gaan lijken op omliggende zoute bekkens die onder invloed staan van getij. Door het zoete water is de uniciteit van het Krammer-Volkerak binnen de Zuidwestelijke Delta hoog. Op nationale schaal is de uniciteit echter lager omdat het Krammer-Volkerak het gebied vergelijkbaar is met andere zoete binnenwateren en daarnaast ook een slechte kwaliteit heeft. Wanneer de zoet-zout gradiënt in het Krammer – Volkerak hersteld wordt, zal het gebied meer gaan lijken op het oostelijk deel van de Westerschelde. De brakke delen van estuaria herbergen een relatief lage soortenrijkdom, maar zijn van groot belang voor het voedsel en de voortplanting van migrerende vogels en vissen. Ook is de aanwezigheid van brakke gebieden op grotere schaal juist een toevoeging voor de diversiteit omdat brakke gebieden unieke soorten herbergen die nergens anders voorkomen. Daarnaast is de oorspronkelijke dynamiek van veel estuaria binnen Europa achteruitgegaan door de aanleg van kustverdediging, transport en baggerwerkzaamheden. Daarom zal met de toelating van gedempt getij in het Krammer – Volkerak de uniciteit binnen de Zuidwestelijke Delta afnemen, maar omdat de Westerschelde binnen Nederland en Europa gezien wordt als uniek gebied, zal de uniciteit op Nederlandse en Europese schaal toenemen.

#### 5.2.4 Aquacultuur in het Krammer - Volkerak

De aanwezigheid van een zoet-zout gradiënt en beperkt getij, biedt in potentie kansen voor aquacultuur in het Krammer – Volkerak. De zout concentraties zijn het best geschikt voor de kweek van Zeeaster, Zeekraal, mosselen en Japanse Oesters. Het nieuwe oppervlakte aan intergetijdengebieden zal relatief gering blijven door de veelal steile oevers. Dit bemoeilijkt gebruik van het gebied voor de zoute

landbouw. In tegenstelling ontstaan juist kansen voor aquacultuur door de aanwezigheid van overstromde beschutte plekken en voldoende nutriënten vanuit de rivieren. Dit wordt ook beschreven in het rapport: "Potenties van een zout Volkerak-Zoommeer voor mossel- en oestercultuur" (Wijsman and Kleissen 2012). Wel moet onderzocht worden of de concentraties van giftige stoffen zoals PCB's zware metalen en PAKs wel binnen veilige normen vallen. Deze zijn zowel schadelijk voor het milieu als voor de menselijke gezondheid en kunnen daarmee de ontwikkeling van aquacultuur in de weg staan. In de toekomstschets van het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+, wordt het Krammer – Volkerak gekenmerkt als een gebied waar natuurlijke overgangen, toerisme, recreatie aquacultuur en veilige vormen van transport harmonieus samengaan.

### 5.3.1 Zeespiegelstijging in de Oosterschelde

H1160 Grote, ondiepe krekens en baaien

N2000 doelstelling: verbetering van kwaliteit

Huidige conditie: door zandhonger neemt het areaal van platen en slikken af. Op lange termijn zal een gedeelte van het intergetijdengebied volledig onder water verdwijnen (Van Zanten and Adriaanse 2008). Er komt dus minder intergetijdengebied, waardoor de verhouding tussen habitats die samen een landschapsecologisch geheel vormen zal verschuiven. Dit heeft directe gevolgen voor de geassocieerde fauna zoals prooidieren en hun predatoren, waaronder verscheidene watervogels. De aquacultuur sector, en vooral de mossel en oesterkweek, speelt een belangrijke rol in de Oosterschelde. Om deze reden wordt ook de waterkwaliteit nauwkeurig gemonitord en goed op orde gehouden. Gezien de zandhonger wordt kwaliteitsverbetering van H1160 niet realistisch geacht.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: hydrologische processen zijn moeilijk te sturen.

Maatregelen tegen zandhonger zullen bijdragen aan het behoud van kwaliteit in H1160, maar het is niet waarschijnlijk dat de zandhonger tot stilstand kan worden gebracht. Maatregelen zoals zandsuppleties en het stimuleren van mossel en oesterbanken in het intergetijdengebied mogelijk bijdragen aan het behoud van een goede balans tussen getijdenzones en aan het verbeteren van de samenstelling van levensgemeenschappen (van Sluis and Ysebaert 2011). Bodem beroerende visserij is een bedreiging voor het ontstaan van benthische structuren en dus van H1160.

Effecten zeespiegelstijging: door de huidige zandhonger problematiek in de Oosterschelde, zal het gebied dat geschikt is voor intergetijdenhabitats voor een deel onder water verdwijnen.

Zeespiegelstijging zal het verlies aan areaal van intergetijden en hoge gelegen habitats versnellen en vergroten. Daarom zullen ook de effecten op geassocieerde habitats en flora en fauna sneller zichtbaar worden. Het verlies aan permanent droog en intergetijden gebied zal het voorkomen van bepaalde ecotopen binnen het habitattype Grote baaien doen afnemen. Het verlies aan de interne mozaïek van verschillende habitats, leidt tot een achteruitgang van de kwaliteit van dit habitattype. Het feit dat zowel de zandhonger en de zeespiegelstijging moeilijk te stoppen zijn, maakt het halen van de verbeterdoelstelling onrealistisch.

H1320 Slijkgrasvelden

N2000 doelstelling: behoud van huidig oppervlakte en kwaliteit.

Huidige conditie: het huidige areaal van slijkgrasvelden neemt toe, maar door de zandhonger zijn extra maatregelen nodig voor behoud van het huidige areaal in de toekomst.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: maatregelen zijn niet specifiek gedefinieerd, maar het is waarschijnlijk dat zandhonger tegen zal moeten worden gegaan.

Effecten zeespiegelstijging: door de huidige zandhonger problematiek in de Oosterschelde, zal het gebied dat geschikt is voor het voorkomen van H1320 voor een deel onder water verdwijnen.

Zeespiegelstijging zal het verlies aan intergetijdengebied waar Slijkgrasvelden versnellen en vergroten. Omdat slijkgrasvelden van nature sediment invangen zouden deze potentieel mee kunnen groeien met de zeespiegelstijging. Voor dit proces moet er wel sediment door het water worden aangevoerd. Omdat de zandhonger problematiek voorlopig nog niet is verholpen, zal de kwaliteit Schorren en zilte graslanden waarschijnlijk achteruit gaan. Maatregelen om zandhonger tegen te gaan zullen naar verwachting ook een positief effect hebben op het behoud van H1320. Het is onwaarschijnlijk dat de doelstelling van behoud van areaal en kwaliteit voor Slijkgrasvelden gehaald zal worden in de Oosterschelde.

### H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks)

N2000 doelstelling: behoud van oppervlakte en kwaliteit

Huidige conditie: veranderend getij en zandhonger heeft de oppervlakte en kwaliteit van H1330A sterk doen afnemen. Momenteel laat het areaal geen duidelijke trend meer zien. Een tweetal schorren in de Oosterschelde heeft een schorrandverdediging in de vorm van stortsteen.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: er zijn waarschijnlijk extra maatregelen nodig om aan de behoudsdoelstelling te voldoen. Schorren die het meest onderhevig zijn aan erosie kunnen voorzien worden van een schorrandverdediging. Zandhonger is de grootste bedreiging voor H1330A in de Oosterschelde. Hoewel beleidsmaatregelen de zandhonger waarschijnlijk zullen tegengaan, zal het proces mogelijk niet geheel geremd kunnen worden. De kwaliteit van H1330A zou verbeterd kunnen worden door de successie te vertragen. Een mogelijke maatregel is daarom het begrazen door vee.

Effecten zeespiegelstijging: door de huidige zandhonger problematiek in de Oosterschelde, zal het gebied dat geschikt is voor H1330 voor een deel onder water verdwijnen. Zeespiegelstijging zal het verlies aan areaal van intergetijden en hogergelegen habitats versnellen en vergroten. Hiermee neemt het gebied dat potentieel geschikt is voor H1330A af. Net als Slijkgrasvelden kunnen Schorren en zilte graslanden sediment invangen en daarom potentieel mee groeien met de zeespiegelstijging. Voor dit proces moet er echter wel sediment worden aangevoerd. Omdat de zandhonger problematiek voorlopig nog niet is verholpen, zal de kwaliteit Schorren en zilte graslanden waarschijnlijk achteruit gaan. Maatregelen om zandhonger tegen te gaan zullen naar verwachting ook een positief effect hebben op het behoud en de kwaliteit van H1330A. Door zeespiegelstijging is het niet waarschijnlijk dat de behoudsdoelstelling gehaald zal worden, zelfs wanneer de zandhongerproblematiek wordt opgelost.

### H1310A Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal)

N2000 doelstelling: Uitbreidingsdoelstelling, maar uitbreiding in buitendijkse gebieden lijkt dit onrealistische wegens zandhonger.

Huidige conditie: Het areaal van H1310 is afgenomen sinds de bouw van de deltawerken en daarna door uitbreiding van habitattypen H1320 en H1330. Zandhonger is een bedreiging voor het voortbestaan van H1310A in buitendijkse gebieden. Daarnaast fluctueert het areaal van dit habitatype sterk door natuurlijke invloeden zoals neerslag.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: Natuurlijke fluctuaties moeten hersteld worden zodat er open plekken voor de pioniersvegetatie blijven bestaan. Ook kan de abiotiek geschikt gemaakt worden voor H1310A door de hoogteligging van het gebied aan te passen.

Effecten zeespiegelstijging: door de huidige zandhonger problematiek in de Oosterschelde, zal het buitendijkse gebied dat geschikt is voor H1310 voor een deel onder water verdwijnen. Zeespiegelstijging zal het verlies aan areaal van intergetijden en hogergelegen habitats versnellen en vergroten. Hiermee neemt het gebied dat potentieel geschikt is voor H1310A af. Maatregelen om zandhonger tegen te gaan zullen naar verwachting ook een positief effect hebben op het behoud van H1310A, maar het is onwaarschijnlijk dat de uitbreidingsdoelstelling van N2000 gehaald zal worden.

### 5.3.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Oosterschelde

Door de combinatie van zeespiegelstijging en de zandhongerproblematiek zullen veel van de N2000 habitattypen binnen de Oosterschelde achteruit gaan in oppervlakte en kwaliteit. Vooral het areaal aan permanent droge gebieden zal zeer sterk afnemen. Dit zal direct zichtbaar zijn in een verkleind areaal van Schorren en zilte graslanden. Aangezien ook het intergetijdengebied sterk zal afnemen, vooral in het oostelijk deel, zullen Slijkgrasvelden, Slik en zandplaten en Zilte pioniersbegroeiing matig achteruit gaan in areaal. Wel zal een groot aantal van deze habitattypen zich moeten verplaatsen. Het gebied dat permanent onder water staat neemt toe, maar hier zijn geen N2000 habitattypen gedefinieerd omdat dit deel uitmaakt van habitatype H1160 Grote, ondiepe krekens en baaien.

Door de veranderingen zal de verdeling tussen verschillende habitats met aanverwante soorten schever worden. Mogelijk neemt hierdoor ook de biodiversiteit af. Dit is echter niet zeker omdat de biodiversiteit in de gehele Oosterschelde gelijk kan blijven omdat op deze schaal alle habitats, hetzij sommige in mindere mate, nog steeds aanwezig zijn. Op kleinere schaal kan de biodiversiteit echter al wel afnemen omdat in verschillende gebieden van de Oosterschelde de heterogeniteit aan habitats al afneemt en dit leidt tot een verlaagde lokale biodiversiteit.

De uniciteit van het gebied zal afnemen door het verlies aan areaal van droogvallende habitats.

### 5.3.3 Aquacultuur in de Oosterschelde

De Oosterschelde is een uniek gebied waar aquacultuur en natuur al voor langere tijd goed samengaan. Zeespiegelstijging en het verlies aan intergetijdenhabitats zal mogelijk leiden tot een uitbreiding van bestaande permanent overstroomde gebieden die geschikt zijn voor mossel en oester percelen. Het zoutgehalte en de nutriëntentoevoer blijven onveranderd en er blijven mogelijkheden bestaan voor de kweek van zagers, Zeekraal, mosselen en oesters. Wat betreft de kansen voor aquacultuur zal er weinig veranderen door de verwachte zeespiegelstijging.

In de toekomstschets van het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+, wordt de Oosterschelde beschreven als een gebied waar natuur, weidsheid, transport, visserij en recreatie samengaan. Een verbinding tussen het Zoommeer en de Oosterschelde moet de productiviteit van de Oosterschelde weer verhogen. Omdat overbegrazing mogelijk een probleem is in de Oosterschelde is het echter nog onzeker of de toevoer van extra nutriënten ook zal leiden tot een verhoogde groei van schelpdieren. Dit moet daarom onderzocht worden (Schellekens and Smaal 2012).

Of er nieuwe kansen zullen ontstaan voor aquacultuur is niet alleen afhankelijk van het aantal gebieden dat potentieel geschikt is voor aquacultuur in de Oosterschelde. De Oosterschelde is een nationaal park waar veel N2000 habitattypen bedreigd worden door zeespiegelstijging en zandhonger. Het is daarom waarschijnlijk dat menselijke activiteiten gereguleerd zullen worden om de natuur te beschermen. Kansen voor aquacultuur liggen daardoor ook bij nieuwe initiatieven zoals mosselhangcultures, en de combinatie tussen aquacultuur en kustverdediging (van Sluis and Ysebaert 2011).

### 5.4.1 Zeespiegelstijging in de Westerschelde

H1110B Permanent overstroomde zandbanken

N2000 doelstelling: Behoudsdoelstelling voor oppervlak en kwaliteit.

Huidige conditie: Momenteel is niet goed duidelijk hoe de kwaliteit van geassocieerde levensgemeenschappen is en hoe deze het beste gedefinieerd kan worden. Zeker is dat de conditie van permanent overstroomde zandbanken van groot belang is voor biomassa en diversiteit van bodemdieren: wormen, kreeftachtige en schelpdieren. Deze vormen een belangrijke voedselbron voor vissen, vogels en zeezoogdieren.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: Dit habitatype zelf is niet stuurbaar door beheer, maar de samenstelling van geassocieerde bodemfauna wel. Hierbij spelen kustverdediging en bevissing een belangrijke rol.

Effecten zeespiegelstijging: door zeespiegelstijging zal het areaal van H1110B in de Westerschelde matig toenemen. De uitbreiding van Permanent overstroomde zandbanken gaat ten koste van N2000 habitattypen in het intergetijdengebied die sterk in oppervlakte zullen afnemen. Dit bedreigt de bestaande heterogeniteit en daarom mogelijk de soortendiversiteit in de Westerschelde. Of zeespiegelstijging invloed zal hebben op de huidige hoge dynamiek die kenmerkend is voor het habitatype Permanent overstroomde zandbanken is nog niet bekend. In tegenstelling tot de behoudsdoelstelling zal het oppervlakte permanent overstroomde zandbanken toenemen. De vraag of de kwaliteit van H1110B beïnvloed zal worden door zeespiegelstijging kan niet met deze studie beantwoord worden. De doelstelling van behoud van oppervlakte zal zeker gehaald worden.

H1130 Estuaria

N2000 doelstelling: uitbreidings- en verbeteringsdoelstelling voor herstel van de biodiversiteit van laag dynamische natuur.

Huidige conditie: door menselijke ingrepen in het verleden is de overgang van geulen naar platen en slikken steeds steiler geworden. Ook is het areaal aan hoogdynamische platen (met relatief lage soortenrijkdom en biomassa) toegenomen ten koste van het areaal aan laagdynamische platen (met relatief hoge soortenrijkdom en biomassa). Vanwege het voortschrijdend verlies aan ecologisch waardevolle delen (laagdynamische platen) kan gesteld worden dat qua morfologie het habitatype H1110\_B achteruit gaat. Door de versmalling van ondiepe en droogvallende delen en droogvallend gebied is er minder ruimte voor de grote dynamische processen. Deze processen zijn kenmerkend zijn voor Estuaria. In tegenstelling tot de Oosterschelde is het plaatareaal in de Westerschelde relatief stabiel. De platen zijn hoger geworden waardoor de droogvalduur is toegenomen. Het habitatype Estuaria bestaat uit een mozaïek van andere habitattypen die samen een landschapsecologisch geheel

vormen. Met de verslechtering van habitatdiversiteit gaat daarom ook het habitatype Estuaria achteruit in kwaliteit.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: om aan de opgave voor uitbreiding te kunnen voldoen zijn extra maatregelen nodig. Ter compensatie van negatieve effecten van de tweede verruiming op de getijdennatuur in de Westerschelde is het project Perkpolder gestart. Hierbij wordt 75 hectare estuariene natuur gerealiseerd. Deze natuur zal bestaan uit schorren en slikken en lager gelegen estuariene natuur die bij zal dragen aan een uitbreiding van het areaal H1130.

Verdere mogelijkheden tot uitbreiding van het H1130 areaal zijn beperkt, omdat uitbreiding in buitendijkse gebieden meestal ten koste gaat van doelstellingen voor andere habitatypes (H1310A, H1310B, H1320, H1330A). De kwaliteit van H1130 kan verbeterd worden door het beperken van bodemverstoring en het verbeteren van de waterkwaliteit (wordt nagestreefd binnen de Kaderrichtlijn Water). Omdat Estuaria een hoge mate van dynamiek kennen is het moeilijk te formuleren hoeveel oppervlakte er van verschillende habitats behouden moet blijven. Enerzijds moet er ruimte blijven voor natuurlijke processen, zoals erosie en sedimentatie. Anderzijds moet het behoud van habitatypes gewaarborgd zijn door de aanwezigheid van een minimaal areaal. Een mogelijke oplossing is het werken met bandbreedtes waarbinnen arealen van habitatypes mogen fluctueren.

Effecten zeespiegelstijging: Door zeespiegelstijging zal het gebied dat permanent droog is zal vrijwel helemaal verdwijnen. Het intergetijden gebied binnen het habitatype Estuaria zal sterk afnemen en gedeeltelijk verplaatsen. Dit doordat lager gelegen gebieden permanent onder water zullen komen te staan en hoger gelegen gebieden zullen veranderen in intergetijdengebied. Nieuw intergetijdengebied is potentieel geschikt voor de habitats die in het huidige intergetijden voorkomen. Het is echter niet met zekerheid te stellen dat deze habitats zich ook daadwerkelijk in het nieuwe intergetijdengebied zullen gaan ontwikkelen en of deze dezelfde kwaliteit zullen hebben. Mogelijk zal het areaal van al oudere laagdynamische platen afnemen door veranderingen in intergetijdengebieden, stromingen en geulen.

De sterke afname van intergetijdengebied zal het bestaande mozaïek van habitats veranderen en mogelijk ook de aanwezigheid van voedsel voor verscheidene predatoren. Dit kan leiden tot een daling van de soortenrijkdom in het gebied. De aanwezigheid van getij zal niet geremd worden door zeespiegelstijging evenals de aanvoer van zoet water. Ondanks verscheidene geplande maatregelen zal de behoudsdoelstelling van oppervlakte en kwaliteit waarschijnlijk niet gehaald worden.

#### H1320 Slijkgrasvelden

N2000 doelstelling: behoud van oppervlakte en kwaliteit.

Huidige conditie: Het areaal is toegenomen sinds 1994. De kwaliteit van het habitatype is niet beschreven in het Doelendocument Natura 2000 Delta gebied (Troost 2009).

Huidige maatregelen en omgevingscondities: Ter compensatie van de negatieve effecten van de tweede verruiming van de Westerschelde op de estuariene natuur zijn sinds 2004 twee projecten gestart. In Perkpolder wordt 75 hectare buitendijkse estuariene natuur gerealiseerd, waar schorren en slikken zullen ontstaan. In de Verdrongen Zwarte Polder is in 2006 de slufte uitgebaggerd om zo de invloed van de zee te herstellen. Beide maatregelen vergroten het gebied waar H1320 slijkgrasvelden potentieel kan voorkomen en moeten een bijdrage gaan leveren aan het behoud van het areaal aan slijkgrasvelden (H1320) in de Westerschelde.

Verder is middels de aanleg van twee kribben een kwaliteitsverbetering en herstel in gang gezet in het Schor van Waarde. Dit is gebeurd voor de huidige oppervlakte en kwaliteitsinventarisatie en het opstellen van de doelstellingen in 1994. De maatregelen hebben waarschijnlijk geleid tot een uitbreiding van het schor-areaal en slijkgrasvelden.

Mogelijkheden voor het doen ontstaan van een extra areaal aan estuariene natuur (van pioniervegetaties tot en met buitendijkse schorren) in de Westerschelde zijn reeds onderzocht in het kader van het project "Verruiming Vaargeul" en "Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010", en zijn verder uitgewerkt door Dam et al. (2008) ("Buitendijks natuurherstel Westerschelde"). Voor mogelijke extra maatregelen wordt naar dit rapport verwezen. Het betreft hier vooral het manipuleren van stroomsnelheden en sedimentatieprocessen door het aanleggen van strekdammen.

Effecten zeespiegelstijging: door zeespiegelstijging in de Westerschelde zal het oppervlakte van hooggelegen intergetijdengebied, dat geschikt is voor H1320, sterk tot zeer sterk afnemen en verplaatsen. Vooral in het gebied Saeftinge zal zeer veel areaal verloren gaan. Omdat slijkgrasvelden

van nature sediment invangen zouden deze potentieel mee kunnen groeien met de zeespiegelstijging. Voor dit proces moet er echter een balans ontstaan tussen de zeespiegelstijging, groei en aanvoer van sediment (Temmerman, Govers et al. 2004). Maatregelen die erosie van platen tegen gaan zullen naar verwachting ook een positief effect hebben op het behoud van Slijkgrasvelden. Met de huidige studie valt niet te bepalen of de doelstelling voor behoud van kwaliteit haalbaar zal blijven. Behoud van oppervlakte zal met de verwachte zeespiegelstijging niet gerealiseerd kunnen worden.

#### H1330A Schorren en zilte graslanden type-a (buitendijks)

N2000 doelstelling: uitbreiding van oppervlak en verbetering van kwaliteit

Huidige conditie: Schorren en ziltegraslanden komen voornamelijk voor in het oostelijk gedeelte van de Westerschelde. In het westelijk deel is het areaal afgenomen door schorerosie. Het totale areaal van H1330A binnen de Westerschelde is tussen 1994 en 2006 niet veranderd. Op de Plaat van Walsoorden en de Hooge Platen komt dit habitatype relatief veel voor, maar is het te karakteriseren als van lage kwaliteit of in pioniersstadium. Ook ontwikkelt het habitatype zich op deze plekken ten koste van kaal plaatareaal dat onder H1130 Estuaria valt, en waarvoor een opgave tot uitbreiding areaal en verbetering kwaliteit geldt. Op sommige plaatsen is het hoge en oudere schor over vertegenwoordigd. Door meer dynamiek kan schorveroudering tegen worden gegaan en gestreefd worden naar een meer complete zonering.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: Een kwaliteitsverbetering zal middels beheersmaatregelen gerealiseerd moeten worden. Mogelijke maatregelen voor het uitbreiden van het areaal aan estuariene natuur zijn het manipuleren van stroomsnelheden en sedimentatie processen door het aanleggen van strekdammen. Kwaliteitsverbetering zou gerealiseerd kunnen worden door gedoseerde verstoring van de hogere en oudere Schorren en zilte graslanden.

Effecten zeespiegelstijging: door zeespiegelstijging zal het gebied dat geschikt is voor H1310A zeer sterk afnemen. Net als H1320 Slijkgrasvelden kunnen Schorren sediment invangen en kunnen zij potentieel mee groeien met de zeespiegelstijging. Voor dit proces moet er echter wel sediment worden aangevoerd. Met de huidige studie valt niet te bepalen of de doelstelling voor verbetering van kwaliteit haalbaar zal blijven. Uitbreiding van oppervlak zal met de verwachte zeespiegelstijging niet gerealiseerd kunnen worden.

#### H1310A Zilte pionierbegroeing (Zeekraal)

N2000 doelstelling: uitbreiding van oppervlak en behoud van kwaliteit.

Huidige conditie: buitendijks is de oppervlakte toegenomen, maar conditie soms slecht door afwezigheid habitat geassocieerde soorten. Grote fluctuaties in areaal zijn mogelijk door wisselende weersinvloeden.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: In 2006 is de slufteer in de Verdrongen Zwarte Polder uitgediept om de zee- invloed in het gebied te herstellen. Door de toename van oppervlakte van H1310A is de doelstelling deels al gerealiseerd. Verbetering van kwaliteit zal waarschijnlijk vanzelf plaats vinden door successie.

Effecten zeespiegelstijging: door zeespiegelstijging zal het hoge intergetijdengebied, dat geschikt is voor H1310A, sterk in oppervlakte afnemen. Nieuwe zandplaten voor beschutte stukken kust, die ontstaan door natuurlijke processen en zandsuppleties, zullen vooral een positief effect hebben voor H1310A. Op de kale platen heersen goede omstandigheden voor het habitatype zilte pionierbegroeing. Met de huidige studie valt niet te bepalen of de doelstelling voor behoud van kwaliteit haalbaar zal blijven. Uitbreiding van oppervlak zal met de verwachte zeespiegelstijging niet gerealiseerd kunnen worden.

#### H1310B: Zilte pioniersbegroeiingen (Zeevetmuur)

N2000 doelstelling: behoud van oppervlak en kwaliteit

Huidige conditie: Dit habitatype komt gering voor in de Verdrongen Zwarte Polder, maar er is geen kennis over toename of afname.

Huidige maatregelen en omgevingscondities: Door afwezigheid van trendgegevens zijn maatregelen niet gedefinieerd.

Effecten zeespiegelstijging: door zeespiegelstijging zal het hoge intergetijdengebied, dat geschikt is voor H1310B, sterk in oppervlakte afnemen. Maatregelen om zandhonger tegen te gaan zullen naar verwachting ook een positief effect hebben op het behoud van H1310B. Zandsuppleties voor beschutte stukken kust zullen vooral een positief effect hebben voor H1310B. Hierdoor ontstaan kale platen die



een goede habitat vormen voor zilte pionierbegroeiing. Met de huidige studie valt niet te bepalen of de doelstelling voor behoud van kwaliteit haalbaar zal blijven. Uitbreiding van oppervlak zal met de verwachte zeespiegelstijging niet gerealiseerd kunnen worden.

#### 5.4.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Westerschelde

Het areaal aan permanent droge gebieden binnen de Westerschelde zal zeer sterk afnemen. Vooral in het Oostelijk deel zal dit leiden tot een zeer sterke afname van het habitatype Schorren en zilte graslanden. Aangezien ook het intergetijdengebied sterk zal afnemen, vooral in het oostelijk deel, zullen ook Slijkgrasvelden, Slik en zandplaten en Zilte pioniersbegroeiing sterk achteruit gaan in areaal. Het gebied dat permanent onder water staat neemt toe, maar hier zijn geen aparte N2000 habitattypen gedefinieerd omdat deze deel uitmaken van habitatype H1130 Estuaria.

Met uitzondering van het habitatype Estuaria is het onzeker hoe de kwaliteit van verschillende habitattypen zal veranderen door zeespiegelstijging. De kwaliteit van Estuaria zal achteruit gaan. Door de afname in oppervlakte van verschillende habitatype binnen het habitatype Estuaria zal het mozaïek van verschillende ecotopen, dat karakteristiek is voor estuaria, achteruit gaan in kwaliteit. De verdeling tussen verschillende habitats met aanverwante soorten zal namelijk schever worden door verlies van verschillende habitattypen en uitbreiding van permanent overstromd gebied. Mogelijk neemt hierdoor ook de biodiversiteit af.

Dit is echter niet zeker omdat de biodiversiteit in de gehele Westerschelde gelijk kan blijven omdat op deze schaal alle habitats, hetzij sommige in mindere mate, nog steeds aanwezig zijn. Op kleinere schaal kan de biodiversiteit echter al wel afnemen omdat in verschillende gebieden van de Oosterschelde de heterogeniteit aan habitats al afneemt en dit lokaal leidt tot een verlaagde biodiversiteit.

Naar verwachting blijft de uniciteit van de Westerschelde binnen Europa gelijk. Waarschijnlijk zullen intergetijdengebieden en buitendijkse droge gebieden binnen alle estuaria in Europa ingeklemd worden tussen de stijgende zeespiegel en de vaak steile kustverdediging en daardoor afnemen. Op wereldschaal neemt de uniciteit van de Westerschelde wel af omdat de habitat heterogeniteit en de biodiversiteit afneemt. In minder ontwikkelde estuaria kunnen intergetijdengebieden en permanent droge gebieden verplaatsen naar hoger gelegen delen door de afwezigheid van steile kustverdedigingswerken. Hierdoor zal het effect van zeespiegelstijging op de habitat heterogeniteit en de biodiversiteit minder negatief zijn in minder ontwikkelde gebieden.

#### 5.4.3 Aquacultuur in de Westerschelde

Aquacultuur speelt momenteel geen grote rol in de Westerschelde. De hoofdfunctie van de Westerschelde is de industrie en transport. Doordat er rivierwater uit België en Frankrijk de Westerschelde instroomt, is de waterkwaliteit minder goed op orde dan in de Oosterschelde die alleen in directe verbinding staat met de zee (Mubiana, Qadah et al. 2005; Heuvel-Greve 2009). Met de verwachte zeespiegelstijging ontstaan er mogelijk nieuwe kansen voor aquacultuur in de huidige permanent droge en intergetijdengebieden die onder water komen te staan. Met een zeespiegelstijging van 80 cm wordt bijvoorbeeld het gebied Saeftinge geschikt voor zilte landbouw en aquacultuur. Gezien de zoutgehalten zijn deze gebieden mogelijk geschikt voor de teelt van Zeekraal en Zeeaster, maar ook voor de Japanse Oester. Het echter niet ondenkbaar dat huidige schorren en intergetijdenhabitats beschermd zullen worden voor natuurontwikkeling. Net als bij de Oosterschelde liggen de kansen voor aquacultuur daarom bij nieuwe initiatieven zoals de mosselhangcultuur, mosselzaadinstallaties, binnendijkse aquacultuur en de combinatie tussen aquacultuur en kustverdediging (van Sluis and Ysebaert 2011). Deze vormen van aquacultuur kunnen plaatselijk worden ingezet om erosie te remmen of te bijdragen aan de opslibbing, waardoor door zeespiegelstijging bedreigde natuurwaarden mogelijk langer behouden blijven. In de toekomstschets van het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+, wordt de Westerschelde beschreven als een gebied waar natuurlijke dynamiek, havens en visserij en recreatie goed samengaan. Het moet een gezond, en veilig en duurzaam gebruikt estuarium worden met voldoende ruimte voor dynamische processen. Aquacultuur is niet genoemd als een van de hoofdfuncties van het gebied. Mogelijkheden zijn er zeker wel, maar gezien het duurzame karakter moet waarschijnlijk gekeken worden naar extensieve vormen van aquacultuur met inheemse soorten. Net als bij de Oosterschelde liggen kansen bij nieuwe initiatieven zoals mosselhangcultuur,

mosselzaadinvanginstallaties en de combinatie tussen aquacultuur en kustverdediging (van Sluis and Ysebaert 2011). De waterkwaliteit (b.v. gehaltes aan zware metalen) vormt een mogelijke bedreiging voor de ontwikkeling van aquacultuur in de Westerschelde (Brandenburg, Kamermans et al. 2004).

Tabel 5) Haalbaarheid N2000 doelstellingen voor oppervlakte en kwaliteit van habitattypen per bekken (bron: (Troost 2009)).

HR #	Habitatype	Oppervlakte	Kwaliteit
<b>Grevelingenmeer</b>			
H1310_A	zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	vergroot ipv behoud	verbeterd ipv behoud
H1310_B	zilte pionierbegroeiingen – Zeevetmuur	vergroot ipv behoud	verbeterd ipv behoud
<b>Krammer-Volkerak</b>			
H1310-A	zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	geen opgave	geen opgave
H1310-B	zilte pionierbegroeiingen – Zeevetmuur	geen opgave	geen opgave
H1330_A	Schorren en zilte graslanden	geen opgave	geen opgave
<b>Oosterschelde</b>			
H1160	Grote baaien	geen opgave	verslechterd ipv verbeterd
H1310	Zilte pionierbegroeiingen	verkleint ipv uitbreiding	geen opgave
H1320	Slijkgrasvelden	verkleint ipv behoud	verslechterd ipv behoud
H1330	Schorren en zilte graslanden	verkleint ipv behoud	verslechterd ipv behoud
<b>Westerschelde</b>			
H1110_B	Permanent overstroomde zandbanken	vergroot ipv behoud	onbekend of behoud mogelijk is
H1130	Estuaria	vergroot ipv behoud	verslechterd ipv behoud
H1310_A	Zilte pionierbegroeiingen – Zeekraal	verkleint ipv behoud	onbekend of behoud mogelijk is
H1310_B	Zilte pionierbegroeiingen - Zeevetmuur	verkleint ipv behoud	onbekend of behoud mogelijk is
H1320	Slijkgrasvelden	verkleint ipv behoud	onbekend of behoud mogelijk is
H1330_A	Schorren en zilte graslanden	verkleint ipv uitbreiding	onbekend of verbetering mogelijk is
<b>Legenda</b>			
Doelstelling behaald			
Doelstelling niet behaald			
Doelstelling tegengesteld aan trend			
Onbekend			



## 6. Integratie en conclusies

Dit rapport creëert op de langere termijn (ca. 2100) een algemeen inzicht in de verspreiding van N2000 habitattypen en de haalbaarheid van N2000 doelen in verband met herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde. Daarnaast is inzicht verkregen in de lange termijn veranderingen in de biodiversiteit en uniciteit van bekkens binnen de Zuidwestelijke Delta. Desalniettemin kunnen de gegevens die gebaseerd zijn op de berekeningen met het Deltamodel die zijn uitgevoerd in het Kennis voor klimaat project (Martini and Van Wesenbeeck 2012) alleen een algemene indruk geven over de verwachte veranderingen in zoutgehalte en droogvalduur binnen de Zuidwestelijke Delta. Dit, enerzijds omdat het 1-D Deltamodel is ontwikkeld om een indruk van de veranderingen in droogvalduur en saliniteit op grotere schaal weer te geven, anderzijds omdat in de simulatie niet is meegenomen dat bij de aanwezigheid van voldoende sediment diverse habitats en N2000 habitattypen kunnen meegroeien met een stijgende zeespiegel. Hierdoor is ook de gemodelleerde veranderingen in areaal aan permanent droge gebieden, intergetijdengebieden en permanent overstroomde gebieden en dus ook de koppeling naar 2000 habitattypen slechts een algemene benadering van de toekomstige situatie. Men moet zich er daarom van bewust zijn dat de kaarten alleen geschikt voor algemene conclusies m.b.t. veranderingen in habitattypen en geassocieerde soorten. Door de afwezigheid van scenario's waarin zowel zeespiegelstijging als de aanpassingen aan de Brouwers-, Philips- en Grevelingendam zijn meegenomen, is de mogelijkheid dat beide scenario's zullen gaan spelen niet onderzocht. Het is daarom noodzaak dat er in de toekomst nieuwe studies komen die deze scenario's combineren en met nieuwe beleidsinzichten de huidige benadering verbeteren.

### 6.1 N2000 doelstellingen en aquacultuur

#### **Gedempt getij in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak**

Het gedeeltelijk toelaten van getij door de Brouwers-, Philips-, en Grevelingendam zal leiden tot een stijging van het waterpeil in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en de aanwezigheid van een beperkt intergetijdengebied. Door de verhoging van het huidige waterpeil zal dit intergetijdengebied ontstaan op de plekken die nu permanent droog zijn. Dit gaat ten kostte van het areaal aan voormalige Schorren en zilte graslanden, maar dit habitatype is niet gedefinieerd voor het Grevelingenmeer onder de habitatrichtlijn. Daarnaast zal de kwaliteit van de voormalige schorren en zilte graslanden waarschijnlijk verbeteren onder invloed van instromend zeewater. Het verlies aan permanent droge gebieden zal ten goede komen aan het oppervlakte en de kwaliteit van de habitattypen: Zilte pioniersbegroeiing-Zeekraal en Zilte pioniersbegroeiing-Zeevetmuur. Deze zijn wel gedefinieerd in het Grevelingenmeer onder de Habitatrichtlijn. Als deze vegetatietypen zich op de intergetijdengebieden gaan ontwikkelen is de kans groot dat de instandhoudingsdoelstelling, die voor deze habitattypen geldt, zal worden behaald.

In het Krammer-Volkerak zal het toelaten van gedempt getij door de steile oevers leiden tot weinig winst aan intergetijdengebied. Wel zal er een zout gradiënt in het gebied ontstaan die oploopt richting het Grevelingenmeer. In het Krammer-Volkerak komen voormalige Schorren en zilte graslanden voor en beide variaties van Zilte pioniersbegroeiing. Naar verwachting zullen de Schorren en zilte graslanden afnemen qua areaal, maar tegelijk verbeteren in kwaliteit door de aanwezigheid van brak water en het gedempte getij. Voor beide variaties van zilte pioniersbegroeiing geldt dat het toelaten van gedempt getij en het introduceren van verzilting zowel het areaal als de kwaliteit van de habitattypes ten goede komt. Het is onbekend hoe deze veranderingen de N2000 doelstellingen van deze habitattypen zullen beïnvloeden omdat deze nog niet bepaald zijn voor het Krammer - Volkerak.

### **Gevolgen voor aquacultuur**

Het intergetijdengebied binnen het Grevelingenmeer en het Krammer-Volkerak zal toenemen, maar door de steile oevers van deze bekkens zal de oppervlakte klein blijven en maar matig bijdragen aan kansen voor zilte landbouw. Daarnaast zijn de grotere kustgebieden aangewezen als N2000 habitattypen. De aanwezigheid van zout, voedselrijk water creëert wel veel mogelijkheden voor aquacultuur. Het blijft wel de vraag of de huidige problematiek met zuurstofloosheid verholpen kan worden door een grotere doorstroom en of het voedselrijke zoete water uit de rivieren wel van voldoende kwaliteit zal zijn voor de ontwikkeling van aquacultuur. Misschien wordt hiervoor wel een verdere inspanning geleverd omdat in de toekomstschets de duidelijke intentie naar voren komt om de het Krammer-Volkerak in te richten voor aquacultuur. Voor het Grevelingenmeer licht de focus meer op recreatie. Toch is recreatie ook goed te combineren met aquacultuur zoals momenteel is te zien in de Oosterschelde.

### **Zeespiegelstijging in de Oosterschelde en Westerschelde**

In de Oosterschelde worden alle geformuleerde instandhoudingsdoelen voor zowel oppervlakte als kwaliteit van habitattypen niet behaald. De verschillen tussen gestelde doelen en verwachte trends zijn vooral groot voor de kwaliteit van het habitatype Grote baaien dat verlaagd wordt in plaats van verbeterd en het oppervlakte van zilte pioniersbegroeiingen dat afneemt in plaats van uitbreid. Naast zeespiegelstijging zal de heersende zandhongerproblematiek in dit bekken de afname van Schorren en zilte graslanden, Slijkgrasvelden en Zilte pioniersbegroeiing versterken. Normaliter kunnen deze kustvegetaties door sediment consolidatie mee groeien met een stijgende zeespiegel. Het gebrek aan sediment zal dit echter niet toelaten en ook de kwaliteit van het bestaande areaal aantasten (Mulder, Cleveringa et al. 2010). Het verlies aan areaal van Schorren en zilte graslanden, Slijkgrasvelden en Zilte pioniersbegroeiing, komt ten goede aan het gebied dat permanent onder water staat. In dit gebied bevindt zich het habitatype Grote baaien. Dit habitatype bestaat intern uit een mozaïek van ecotopen. Een deel van deze ecotopen is afhankelijk van de droogvalduur en zal verdwijnen met de verwachte zeespiegelstijging en heersende zandhonger. Ondanks een uitbreiding van het areaal van habitatype Grote baaien zal de kwaliteit dus waarschijnlijk afnemen.

In de Westerschelde zal het instandhoudingsdoel tot vergroting van het areaal aan Permanent overstromde zandbanken en Estuaria ruim gehaald worden. Dit geldt niet voor de kwaliteit van het habitatype Estuaria omdat ook dit habitat intern voor een deel bestaat uit ecotopen die afhankelijk zijn van droogvalduur. De kwaliteit van Estuaria is afhankelijk van de aanwezigheid van een gelijke verdeling van de ecotopen. De kwaliteit van het habitattypen zal dus waarschijnlijk afnemen door een verlies aan droogvallend gebied. Over het effect van zeespiegelstijging op de kwaliteit van permanent overstromde zandbanken is weinig bekend. Voor de kwaliteit van andere habitattypen in de Westerschelde is onbekend of behoud of verbetering mogelijk is. Dit ook met oog op het feit dat bepaalde habitattypen zouden kunnen meegroeien met een stijgende zeespiegel.

### **Gevolgen voor aquacultuur**

In de Ooster- en Westerschelde wordt het gebied waar aquacultuur potentieel zal kunnen plaatsvinden waarschijnlijk vergroot door zeespiegelstijging. Dit geldt niet voor de zoute landbouw omdat het intergetijdengebied zal afnemen. In de toekomstschets voor de Oosterschelde zijn de mogelijkheden voor aquacultuur benoemd en wordt gesteld dat de productiviteit van het gebied mogelijk zal stijgen door toelaten van nutriëntenrijk water vanuit het Krammer – Volkerak. Het is echter nog onduidelijk of deze nutriënten ook daadwerkelijk omgezet worden in de algen die als voedsel dienen voor de Schelpdieren (Schellekens and Smaal 2012 [ENREF\\_25](#)). Voor de Westerschelde geldt dit niet, en vormen de waterkwaliteit en de vele gebruiksfuncties mogelijk een bedreiging voor de ontwikkeling van aquacultuur. Gezien de natuurdoelstellingen, geldt voor beide gebieden dat extensieve aquacultuur met innovatieve technieken en inheemse soorten het beste aansluit bij de huidige toekomstvisies ten aanzien van de gebieden.

## 6.2 Biodiversiteit en uniciteit van de Zuidwestelijke Delta

In het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak zal de biodiversiteit toenemen door gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek (zie ook: Tangelder, M., Troost, K., Ysebaert, T., 2012). De verhoogde toevoer van zout water vanuit de Noordzee vergroot de doorstroom en vermindert de huidige problematiek van zuurstofloosheid en algenbloeien, en bevordert mogelijk het doorzicht en de migratie van vissen. Dit heeft een positief effect op de bodemdiergemeenschap, vissen en visetende en in het intergetijdengebied foeragerende vogelsoorten en leidt daarmee tot een verhoging van de biodiversiteit onder water. Ook de conditie van alle zilte kusthabitats zal verbeteren. Wel zal het areaal aan zilte pioniersbegroeiingen toenemen ten kostte van het areaal van hoger gelegen Schorren en zilte graslanden. Boven water zal de verbetering van de conditie van kusthabitats indirect leiden tot een verhoogde diversiteit van soorten die van deze habitats afhankelijk zijn en dus een verhoogde biodiversiteit. Voor het Krammer – Volkerak zal de bijdrage van kusthabitats aan de biodiversiteit in het gebied kleiner zijn omdat hier de oevers steiler zijn en er minder intergetijdengebied zal ontstaan door toelating van gedempt getij. Daarnaast geldt voor het Krammer – Volkerak dat de verhoging van de biodiversiteit gepaard zal gaan met het verlies van zoetwater minnende soorten. Hierbij moet opgemerkt worden dat de huidige situatie waarbij zowel zoet- als zoutminnende soorten naast elkaar bestaan per definitie onhoudbaar is op langere termijn. Dit dilemma geldt niet voor het Grevelingenmeer omdat dit bekken altijd zout is gebleven en alleen het getij is weggefallen. Herstel van de getijdendynamiek zal over het algemeen een positief effect hebben op de heterogeniteit van habitats en aanverwante soorten in het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak en daarmee leiden tot een verhoogde biodiversiteit in de gebieden.

De biodiversiteit in de Ooster- en Westerschelde zal afnemen door een zeespiegelstijging van 80 cm. Dit door: 1) de zeer grote afname van Schorren en zilte graslanden in permanent droge gebieden, 2) de verplaatsing van intergetijdengebied en 3) de achteruitgang van de habitatkwaliteit van de habitattypen Grote baaien en Estuaria. Met deze veranderingen zal de variatie tussen habitats en het areaal van habitats naar waarschijnlijkheid afnemen. Als gevolg zal het aantal geassocieerde soorten waarschijnlijk dalen. Waarschijnlijk, omdat het bijvoorbeeld mogelijk is dat alle verschillende soorten habitats in de toekomst nog steeds aanwezig zijn waardoor het ook mogelijk is dat alle momenteel aanwezige geassocieerde soorten ook nog voorkomen. De kans dat dit daadwerkelijk zo is, is echter wel klein omdat er grootschalige veranderingen in het areaal en de kwaliteit van habitattypen verwacht worden. In de Oosterschelde zal de achteruitgang van habitattypen in het permanent droge en intergetijdengebieden nog eens versterkt worden door de heersende zandhonger problematiek. Doordat in de Westerschelde met het rivier water sediment wordt aangevoerd, kunnen habitats en N2000 habitattypen door maatregelen die de lokale sedimentatie bevorderen mogelijk met de zeespiegelstijging meegroeien. Desalniettemin geldt zowel binnen de Ooster- en Westerschelde dat de biodiversiteit door zeespiegelstijging achteruit zal gaan en dat aanvullende maatregelen nodig zijn om de N2000 habitattypen en aanverwante soorten diversiteit te behouden of te verbeteren. Zelfs met aanvullende maatregelen zijn sommige doelstellingen voor N2000 habitattypen binnen de Ooster – en Westerschelde niet te halen.

De uniciteit van een gebied is afhankelijk van de schaal waarop naar uniciteit gekeken wordt. Door gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek zal de uniciteit van het Grevelingenmeer en het Krammer – Volkerak op de schaal van de Zuidwestelijke Delta afnemen. Dit omdat deze bekkens meer gaan lijken op de zoute Ooster- en Westerschelde. De uniciteit van het Grevelingenmeer, dat het grootste zoutwatermeer is in Zuidwest Europa, neemt ook op Europese schaal af. Hoewel zowel het Grevelingenmeer als het Krammer – Volkerak momenteel erg uniek zijn, zijn de huidige natuurwaarden in slechte staat. Gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek zal bijdragen aan het herstel van deze natuurwaarden en ten goede komen aan de kwaliteit en robuustheid van de gebieden. Gedeeltelijk herstel van de getijdendynamiek in het Grevelingenmeer en het Krammer - Volkerak draagt ook bij aan

het herstel van de estuariene dynamiek die karakteristiek was voor de Zuidwestelijke Delta en na de uitvoering van het Delta plan verloren is gegaan.

Door het verlies aan areaal van habitats en N2000 habitattypen in permanent droog en intergetijdengebied, zal de Oosterschelde meer gaan lijken op de andere kustgebieden waar momenteel al minder ruimte is voor natuurlijke overgangen tussen het land en de zee. Op Europese Schaal zal de uniciteit daarom afnemen. Hetzelfde zal gebeuren met permanent droge en intergetijdengebieden binnen de Westerschelde, maar omdat zeespiegelstijging andere estuaria binnen Europa waarschijnlijk op een zelfde manier zal beïnvloeden, zal de uniciteit van de Westerschelde als estuarium op Europese schaal gelijk blijven.



## **Dankwoord**

Tot slot willen we graag Karin Troost en Tim Schellekens bedanken voor hun ondersteuning bij de totstandkoming van dit rapport. Zonder het eerdere Doelendocument Natura 2000 Deltagebied en gedetailleerd inzicht in het Kennis voor Klimaat model, had dit rapport niet in zijn huidige vorm tot stand kunnen komen. Bedankt!

## Referenties

- Boer, D. and Breedveld (2008). Planstudie waterkwaliteit Volkerak zoommeer, Arcadis.
- Brandenburg, W. A., P. Kamermans, et al. (2004). Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde, RIVO: 31.
- Breukers, C. P. M., E. M. Van Dam, et al. (1997). "Lake Volkerak-Zoom: A lake shifting from the clear to the turbid state." *Hydrobiologia* **342-343**: 367-376.
- Craeymeersch, J. and I. de Vries (2007). Waterkwaliteit en ecologie Veerse Meer: het tij is gekeerd., RIKZ.
- de Mesel, I., T. Ysebaert, et al. (in prep.). Klimaatbestendige dijken, het concept wisselpolders, Institute of Marine Resource Studies (IMARES).
- EL&I, M. v. (2011). "Natura 2000 gebiedendatabase." from <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k>.
- French, J. R. (2008). "Hydrodynamic Modelling of Estuarine Flood Defence Realignment as an Adaptive Management Response to Sea-Level Rise." *Journal of Coastal Research* **24**(2B): 1-12.
- Heuvel-Greve, M. J. v. d. (2009). T0 monitoring vooroeververdediging Oosterschelde; cluster 1, , IMARES Wageningen UR.
- Hoeksema, H. J. (2002). Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar, RIKZ.
- Holland, A. M. B. M. (2004). Toestand ecosysteem Veerse Meer vóór ingebruikname doorlaatmiddel, RIKZ.
- Holzhauser, H. and F. Twisk (2009). Effecten van klimaatmaatregelen op estuariene natuur, Deltares.
- Lehmann, M. (1980). Künstliche Aufzucht de Köderwürms *Nereis virens*. Untersuchung an einder niederländische Population. , DIHO Rapporten en verslagen.
- Martini, E. and B. K. Van Wesenbeeck (2012). Climate change effects on restoration of estuarine dynamics within the Delta region. Modelling effects of sea level rise and increased connectivity, Deltares: 17.
- Martini, E. W., dr. B.K. van (2010). Climate change effects on restoration of estuarine dynamics within the Delta region: 17.
- Mubiana, V. K., D. Qadah, et al. (2005). "Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from the Western Scheldt estuary (the Netherlands)." *Hydrobiologia* **540**: 169-180.
- Mulder, J. M. P., J. Cleveringa, et al. (2010). Sedimentperspectief op de Zuidwestelijke Delta. Delft, Deltares: 62.
- Nienhuis, P. H. (1985). Het Grevelingenmeer van estuarium naar zoutwatermeer, Delta instituut voor hydrobiologisch onderzoek Yerseke.
- Olivier, M., G. Desrosiers, et al. (1996). "Juvenile growth of the polychaete *Nereis virens* feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources." *Marine Biology* **125**(693-699).
- Peelen, R. and R. Klomp (1976). "Natural and artificial destratification in deep parts of the Grevelingen basis (Dutch)." *H2O* **9**(6): 106-112.
- Peperzak, L. and M. Poelman (2008). "Mass mussel mortality in The Netherlands after a bloom of *Phaeocystis globosa* (prymnesiophyceae). ." *J. Sea Res.* **60**: 220-222.
- Prinsen, H. A. M., P. Schouten, et al. (2005). Haalbaarheid VHR/KRW doelstellingen bij verschillende peilalternatieven voor het Veerse Meer, Bureau Waardenburg bv.
- Productschap Vis (2006). Bemonsteringsplannen sanitaire monitoring, Productschap Vis.
- Rijkswaterstaat (2009). Doelen en Maatregelen Rijkswateren. Brondocumenten per waterlichaam, Ministerie van VenW.
- Rijkswaterstaat (2009). Programma Rijkswateren 2010-2015, Ministerie van VenW.
- Schellekens, T. and A. C. Smaal (2012). BO Zuidwestelijke Delta: Nutrientendynamiek en verandering van draagkracht. Yerseke, Wageningen IMARES.
- Schellekens, T., J. W. M. Wijsman, et al. (2011). Habitat suitability modeling for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), IMARES: 29.
- Smits, A. J. M., P. H. Nienhuis, et al. (2006). Changing estuaries, changing views

- Living Rivers: Trends and Challenges in Science and Management. H. J. Dumont, Springer Netherlands. **187**: 339-355.
- Stuurgroep & Adviesgroep Zuidwestelijke Delta (2011). Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+.
- Stuyt, L. C. P. M. (2009). Kansen voor zilte aquacultuur in Nederland. Met speciale aandacht voor visteelt op land. , Wageningen, Alterra. **92**.
- Tangelder, M., K. Troost, et al. (2012). Ecologische begrippen: Veerkracht en verwante begrippen in het kader van Beleid Ondersteuning Programmabureau Zuidwestelijke Delta., Wageningen IMARES.
- Temmerman, S., G. Govers, et al. (2004). "Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: Response to changing sea level and suspended sediment concentrations." Marine Geology **212**(1-4): 1-19.
- Tenore, K. R. and U. K. Gopalan (1974). "Feeding efficiencies of the polychaete *Nereis virens* cultured on hardclam tissue and oyster detritus." Journal of the Fisheries research Board of Canada **31**(10): 1675-1678.
- Troost, K. (2009). Doelendocument Natura 2000. R.-. Waterdienst.
- Van Laar, V. (2005). De verspreiding van amfibieën op Texel in relatie tot de saliniteit van de binnendijkse wateren.
- van Maldegem, D. C. and J. A. van Pagee (2005). Zandhonger Oosterschelde, RIKZ.
- van Sluis, C. J. and T. Ysebaert (2011). On combining coastal defence and aquaculture, Institute of Marine Resource Studies (IMARES).
- Van Zanten, E. and L. A. Adriaanse (2008). Verminderd getij. Verkenning van mogelijke maatregelen om de erosie van platen, slikken en schorren van de Oosterschelde te beperken., Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg.
- Wetsteijn, L. P. M. J. (2011). Grevelingenmeer: meer kwetsbaar? Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998., RWS Waterdienst, Lelystad.
- Wijnhoven, S., V. Escaravage, et al. (2010). Estuaries and Coasts(33): 1261-1278.
- Wijsman, J. (2002). Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer, RIKZ.
- Wijsman, J. W. M. and F. Kleissen (2012). Potenties van een zout Volkerak-Zoommeer voor mosselcultuur, IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies and Deltares.
- Witteveen en Bos (2009). Verkenning Grevelingen water en getij: 1-40.
- WL | Delft Hydraulics (2007). Deltamodel – hulpmiddel ter ondersteuning van het beheer en beleid van de Zuidwestelijke Delta., Rijkswaterstaat, RIKZ.
- Zijlstra, J. J. (1972). "On the importance of the Wadden Sea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishery resources." Synp. Zool. Soc. Lond. **29**: 233-258.

## **Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Verantwoording

Rapportnummer : C041/12  
Projectnummer : 4308302004

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. J.W.M. Wijsman  
Senior onderzoeker Delta

Handtekening:



Datum: 26 juni 2012

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe  
Afdelingshoofd Delta

Handtekening:



Datum: 26 juni 2012

## Appendix 1.

Toekomstschets voor de Zuidwestelijke Delta geciteerd uit het Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+ (Stuurgroep & Adviesgroep Zuidwestelijke Delta 2011)

### **Herstel van de getijdendynamiek het Grevelingenmeer, Krammer – Volkerak en Zoommeer**

#### Het Grevelingenmeer

Het gebied is aan de zeezijde gecontroleerd verbonden met de Noordzee en aan de oostzijde permanent verbonden met het Volkerak-Zoommeer. Resultaat is een estuarien watersysteem met beperkt getij dat overtollig rivierwater ook op langere termijn kan bergen en spuien. Een getijdencentrale in de Brouwersdam levert voor de omringende eilanden CO2-neutrale energie. In de Brouwersdam verbindt een jachtsluis het Grevelingenmeer met de Noordzee. Aan de binnenkant van de Brouwersdam ligt, ingepast in de omgeving, een jachthaven met de nieuwste milieuvriendelijke voorzieningen. Aan de Noordzeekant is een toeristische trekpleister voor kitesurfen. Het gebied is tevens 'metropolitaan park': uitloopgebied voor Rotterdam, met een woon- en recreatiefunctie.

#### Krammer-Volkerak en Zoommeer

Het Volkerak vormt met de Eendracht en het Zoommeer een zout bekken dat via een doorlaat in de Philipsdam in directe verbinding staat met de Oosterschelde en daardoor weer onder invloed van – beperkt - getij. Door de invloed van de West-Brabantse rivieren en indirect de Rijn en Maas zijn er weer bijzondere overgangen tussen zoet en zout en tussen land en water. Daarnaast zorgt de uitwisseling tussen de deltawateren voor een betere doorvoer van voedingsstoffen. Dit ontlast het Volkerak-Zoommeer, terwijl de Oosterschelde en de kuststrook daarvan profiteren. De waterkering maakt met de vooroevers deel uit van de bescherming tegen overstroming (deels hard, deels zacht). West-Brabant is het contactgebied tussen land en water met een opgewaarderd netwerk van rivieren, waterlopen en kreken die zorgen voor de zoetwatervoorziening en opslag van zoet water, maar ook voor de verbinding met het Volkerak-Zoommeer. Dorpen en steden krijgen hun ligging aan de delta terug en er ontstaan goede mogelijkheden voor verdere ontwikkeling van toerisme en recreatie (aanleg van recreatiehavens) en schelpdiervisserij. Het goederenvervoer tussen Rotterdam en Antwerpen is duurzaam en veilig ingepast in het gebied.

### **Zeespiegelstijging in de Ooster- en Westerschelde en het Veerse meer**

#### Oosterschelde en het Veerse Meer

De Oosterschelde en het Veerse Meer vormen samen het veilige hart van de delta waarin de kwaliteiten van natuur, weidsheid, transport, visserij en recreatie worden gekoesterd en benut. De Oosterschelde heeft een grote natuurlijke rijkdom en zuiveringscapaciteit. Door enig herstel van de verbinding met de grote rivieren, en daarmee van de toevoer van voedingsstoffen, is de oorspronkelijke estuariene productiviteit weer toegenomen. Het Veerse Meer is door de goede waterkwaliteit, dagelijkse uitwisseling met het water van de Oosterschelde en het beperkte getij een ideale omgeving voor schelpdiervisserij, wonen en recreatie.

#### Westerschelde

De Westerschelde is een veilig, gezond en dynamisch estuarien ecosysteem dat optimaal toegang biedt tot de Scheldehavens en tot een aantal kleinere havens die met name van belang zijn voor visserij en recreatie. De fysieke systeemkenmerken van het estaurium zijn intact: een open en natuurlijk mondinggebied; een systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiepwatergebieden in de Westerschelde; een riviersysteem met meanderend karakter in de (Vlaamse) Zeeschelde.

De Westerschelde is een van de belangrijkste estuaria in Europa, met een volledig eb- en vloedregime, een complete zoet-zoutgradiënt en een hoge zuiveringscapaciteit. Mede om die reden is het estuariene ecosysteem, met al zijn typische habitats en leefgemeenschappen, behouden en hersteld. Het gebied is een belangrijke kraamkamer voor vis. Er is voldoende ruimte voor natuurlijke dynamische, fysische, chemische en biologische processen. De waterkwaliteit is op orde. De havens aan de Westerschelde richten zich op werkgelegenheid, het toevoegen van waarde aan goederenstromen en duurzaam gebruik van ruimte. Met goede achterlandverbindingen via weg, spoor, water en pijpleiding en voldoende ruimte voor havengerelateerde bedrijventerreinen, zijn de Scheldehavens ook op de langere termijn (2030) een belangrijke motor voor de economie. Voor de diepte van de vaarweg is een evenwicht gevonden tussen de sociaal-economische kosten en baten en het in stand houden van de fysieke en natuurlijke systeemkenmerken van het Schelde-estuarium.