

Zeegrasproef Waddenzee

**Grootschalig zeegrasherstel in de Nederlandse Waddenzee
door middel van zaadverspreiding**

Plan van Aanpak

Paul Erftemeijer (Deltares)
Marieke van Katwijk (Ecoscience)

1202187-000

Titel

Zeegrasproef Waddenzee

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

Project

1202187-000

Kenmerk

1202187-000-ZKS-0006

Pagina's

61

Trefwoorden

zeegras, Waddenzee, natuurherstel, zaadverspreiding, KRW-maatregel, voorstudie

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van een voorstudie die geleid hebben tot een plan van aanpak voor een grootschalig zeegrasherstelproject in het litoraal van de Nederlandse Waddenzee door middel van gefaciliteerde zaadverspreiding ('Zeegrasproef Waddenzee'). Dit herstelproject zal worden uitgevoerd in het kader van KRW maatregelen ter verbetering van de ecologische toestand van de Waddenzee. Uniek aan dit herstelproject is het gebruik van de zgn. 'buoy-deployed seeding' methode, een in Amerika met succes toegepaste techniek voor de verspreiding van zeegraszaden in voor zeegras potentieel geschikte gebieden. Deze voorstudie is bedoeld ter beantwoording van een aantal praktische vragen en als gedegen voorbereiding voor het uiteindelijke herstelproject. Het rapport bestaat uit drie delen: [1] achtergrond; [2] plan van aanpak; [3] draaiboek. Het plan van aanpak beschrijft achtereenvolgens de projectfilosofie, keuze van donor-materiaal, selectie van uitzaalocaties, te gebruiken methodiek, logistiek, benodigde vergunningen, monitoringsstrategie, projectorganisatie en een kostenschatting.

Referenties

Nummer raamovereenkomst: WD-4924 van 28 februari 2008

Projectnummer Waterdienst: WD-31035091

Kenmerk RWS: RWS/WD2010-36

Kenmerk Deltares: 1202187-000-ZKS-0001

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	21 mei 2010	P.L.A. Erftemeijer & M.M. van Katwijk		J. van Dalen		ir. T. Schilperoort	
02	9 Aug. 2010	P.L.A. Erftemeijer & M.M. van Katwijk		J. van Dalen		Ir. T. Schilperoort	

Status

definitief

Inhoud

1	Achtergrond	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Vraagstelling	3
1.3	Werkwijze	3
1.4	Dankwoord	4
2	Plan van Aanpak	5
2.1	Projectfilosofie	5
2.2	Donormateriaal	6
2.2.1	Herkomst	6
2.2.2	Voorkomen van introductie exoten	7
2.2.3	Geplukte zaadstengels ('life') versus aanspoelsel ('wrack')	8
2.2.4	Beperking van schade aan het donorveld	8
2.2.5	Compensatie van verliezen donorveld	11
2.3	Locatieselectie	11
2.3.1	Locatieselectie voor donorlocaties	12
2.3.2	Locatieselectie voor uitzaailocaties	18
2.4	Methodiek	33
2.4.1	Keuze restoratietechniek: Buoy Deployed Seeding (BuDS)	33
2.4.2	Experimentele set-up	34
2.4.3	Hoeveelheid benodigd vers materiaal	36
2.4.4	Benodigde hoeveelheid materiaal indien 'wrack' wordt gebruikt	36
2.4.5	Verzamelen en transport van het materiaal	38
2.4.6	BuDS: ontwerp, vervaardiging, plaatsing en verwijdering	38
2.4.7	Planning	40
2.4.8	Kritieke punten voor uitvoering	41
2.5	Logistiek en vergunningen	41
2.5.1	Benodigde vergunningen: verzamelen donormateriaal Duitse Waddenzee	41
2.5.2	Benodigde vergunningen: uitzaailocaties in Nederlandse Waddenzee	42
2.5.3	Vrijwilligers	47
2.5.4	Publiciteit & communicatie	48
2.6	Monitoring & evaluatie	48
2.7	Aansluiting op gerelateerde projecten	50
2.8	Begeleiding, rapportage en overleg	51
2.8.1	Begeleiding	51
2.8.2	Rapportages en overlegmomenten	51
2.9	Kostenschatting	52
3	Draaiboek	53
4	Literatuur	55
	Bijlage(n)	
A	Figuren A1 t/m A10 (modelresultaten)	A-1

1 Achtergrond

1.1 Inleiding

Zeegrasvelden bedekten oorspronkelijk een groot oppervlakte (70 - 150 km²) in de Nederlandse Waddenzee, maar door ziekte, verslechterde waterkwaliteit en de aanleg van de afsluitdijk is het nagenoeg uit de Waddenzee verdwenen (Oudemans et al. 1870, Giesen et al. 1990). In de afgelopen 20 jaar heeft zowel Klein Zeegras (*Zostera noltii*) als Groot Zeegras (*Zostera marina*) zich op een aantal plaatsen in de Nederlandse Waddenzee wat weten te herstellen tot een totaal areaal in 2003 van 262 hectare Groot Zeegras en ca. 100 hectare Klein Zeegras (Erftemeijer, 2005). Groot Zeegras herstelde zich met name op de Hond-Paap in het Eems-Dollard estuarium, waar zich tussen 1988 en 2003 meer dan 250 hectare vestigde (Erftemeijer 2004, 2005). Sinds 2004 is deze populatie weer aanzienlijk gereduceerd tot 39 hectare in 2009 met een lage bedekking van ca. 1% (Rijkswaterstaat service-desk, unpublished data). In de Noordelijke Waddenzee (Noord-Friese kust in Duitsland) wordt melding gemaakt van een recente uitbreiding van de zeegrasvelden aldaar: in de periode 1994-2006 werd hier een viervoudige toename van het areaal zeegras (*Zostera* spp.) geconstateerd (Reise & Kohlus, 2008). Omdat de troebelheid, eutrofiering en belasting met toxicanten in de NL^e Waddenzee de laatste 20 jaar zijn afgenomen en een groot aantal gebieden inmiddels gesloten zijn voor schelpdiervisserij, lijken de overlevingskansen voor zeegras aanzienlijk toegenomen (Van Katwijk et al., 2009). Rijkswaterstaat heeft recentelijk een zeegraskansenkaart opgesteld aan de hand van abiotische milieufactoren, waaruit blijkt dat ca. 2000 ha van de NL^e Waddenzee (vooral in het oostelijke deel) thans potentieel geschikt tot zeer geschikt is voor zeegrasgroei (De Jong et al., 2005).

Desondanks blijft natuurlijk herstel van Groot Zeegras vooralsnog grotendeels achterwege. Experimentele pilot transplantaties hebben wel geleid tot jaarlijkse ontkieming van individuele planten op die plekken tot een maximum van 8 jaar, hetgeen gezien de kleine schaal van de aanplant en grote dynamiek van het systeem als positief kan worden beschouwd en als bevestiging van de habitatgeschiktheid (Bos & van Katwijk 2007, van Katwijk et al. 2009). Het thans nog in de Waddenzee voorkomende Groot Zeegras is beperkt tot het litoraal. Vrijwel alle planten hier zijn eenjarig, d.w.z. ze moeten ieder jaar opnieuw opkomen uit zaad. Zaden van Groot Zeegras zijn niet langer dan 1 jaar bestendig, dus er is geen sprake van een zaadbank van waaruit de velden zichzelf zouden kunnen herstellen (Granger et al., 2002). Dit maakt kleine populaties extra kwetsbaar (van Katwijk et al. 2010). Natuurlijk herstel is daarom vrijwel geheel afhankelijk van de aanvoer van zaad vanuit bestaande velden, wat doorgaans gebeurt door middel van drijvende bloeiwijzen (zaadstengels) die zijn losgeraakt tijdens herfststormen. Modelonderzoek heeft aangetoond dat er in de Nederlandse Waddenzee waarschijnlijk sprake is van 'recruitment limitation', dwz dat zaden vanuit bestaande zeegrasvelden deze geschikte gebieden niet of moeilijk kunnen bereiken, doordat de overheersende stromingsrichting oostwaarts is (Erftemeijer 2004b, Erftemeijer et al., 2008).

Veel zeegrasrestauratieprojecten in het verleden hebben zich gericht op het handmatig aanplanten of transplantatie van zeegrasplanten. Dit soort projecten zijn doorgaans duur, arbeidsintensief, kleinschalig en hebben over het algemeen weinig succes (Treat & Lewis, 2006). Dit geldt ook voor eerdere (kleinschalige) pogingen voor zeegrasrestauratie in de Nederlandse Waddenzee (Bos & Van Katwijk, 2005, van Katwijk et al. 2009), die weliswaar op korte termijn overleving van individuele planten opleverde, maar geen handhaving daarvan op langere termijn. Herstel van zeegrasvelden in de Waddenzee is desondanks nog

steeds wenselijk vanwege de grote ecologische waarde van deze systemen, en omdat ze zijn aangemerkt als een kwaliteitselement voor het bereiken van een Goede Ecologische Toestand binnen het kader van de Kader Richtlijn Water (KRW). Een recentelijk in de Verenigde Staten ontwikkelde innovatieve methode voor zeegrasrestoratie, de zgn. “Buoy-deployed Seeding” (Pickerell et al., 2005, 2006) biedt perspectief voor (grootschalig) zeegrasherstel in de NL^e Waddenzee. Bij deze in de praktijk bewezen methode wordt een deel van de zaadproductie uit een bestaand zeegrasveld geoogst en aangebracht in verankerde drijvende zakken (netten) boven voor zeegrasgroei geschikte gebieden.

KRW/BPRW-opgave Zeegras

Zeegras is een voor de Kader Richtlijn Water (KRW) te beoordelen kwaliteitselement macrofyten/angiospermen voor zoute wateren. De deelmaatlat “zeegras” wordt beoordeeld aan de hand van een tweetal metrieken: [1] zeegras-kwantiteit (oppervlak van velden met bedekking van >5%); en [2] zeegras-kwaliteit (soortensamenstelling en gemiddeld %-age bedekking). Voor de Nederlandse Waddenzee is voor de metriek ‘kwantiteit’ 100 ha zeegras (Groot + Klein) als potentiële referentietoestand (REF) vastgesteld en 50 ha zeegras (Groot + Klein) als Goede Ecologische Toestand (GET) (de Jong, 2007). In de huidige situatie wordt deze beoogde GET niet gehaald. Voor de metriek ‘kwaliteit’ is voor Groot Zeegras (*Zostera marina*) een gemiddelde bedekking van $\geq 27\%$ als referentietoestand (REF) vastgesteld en $\geq 21\%$ als Goede Ecologische Toestand (GET) (de Jong, 2007). In de huidige situatie wordt ook deze beoogde GET niet gehaald. Samenvattend kan dus worden gesteld, dat zowel het oppervlak als de bedekking van zeegrasvelden (vooral met betrekking tot Groot Zeegras) in de Nederlandse Waddenzee momenteel ver beneden het op basis van de KRW gewenste (goede) ecologisch toestandsniveau is. Daarom is in het Beheerplan voor de Rijkswateren (BPRW) een nieuwe maatregel opgenomen, waarin Rijkswaterstaat nog eenmaal een poging wil doen om met een op de laatste kennis en inzichten gebaseerde werkwijze alsnog succesvol tot uitbreiding van het zeegrasareaal te komen. Bij negatieve resultaten, indien ook na deze proef zich geen tekenen van zeegrasherstel voordoen, worden de KRW-doelen voor zeegras hoogstwaarschijnlijk bijgesteld. Een gedegen voorbereiding van de zeegrasproef is noodzakelijk om de kans op slagen zo groot mogelijk te maken. Eerdere kleinschalige pogingen om Groot Zeegras uit te planten zijn op langere termijn niet succesvol geweest. Positieve korte termijnresultaten gaven aan dat het habitat in principe wel geschikt is voor Groot Zeegras. Het is aannemelijk dat het uiteindelijk verdwijnen van de aangeplante populatie in het sterk dynamische milieu van de Waddenzee te wijten is aan de kleine schaal (plantaantallen varieerden van 100 tot 800) en geringe risicospreiding in ruimte en tijd. Een grotere ruimtelijke schaal voor restauratie met voldoende risicospreiding is daarom nodig. Een ander nieuw gegeven dat tevens pleit voor een grotere schaal is dat het zeegras in veel opzichten zijn eigen milieu verbetert (positieve feedbacks), waardoor grotere aantallen/oppervlakten meer kans op succes geven (Bos & van Katwijk, 2007; Bos et al., 2007; van der Heide et al. 2007, 2008; van Katwijk et al. 2009). Het ligt in de verwachting dat, bij het slagen van de in dit rapport beschreven aanpak, de ‘zeegrasproef’ zal resulteren in een toename van het oppervlak en de bedekking van Groot Zeegras in de Nederlandse Waddenzee, en daarmee dus zal bijdragen aan de KRW-opgave. Naast de KRW-opgave, draagt de zeegrasproef dan ook mede bij tot het bereiken van het streefbeeld van het programma ‘Naar een Rijke Waddenzee’ (LNV et al., 2010). Dit natuurherstelplan is een uitwerking van de PKB-Waddenzee en het B&O plan.

Waarom ‘Groot Zeegras’?

Er is bij deze zeegrasproef gekozen voor Groot Zeegras (*Zostera marina*) en niet voor Klein Zeegras (*Zostera noltii*) omdat Groot Zeegras het sterkst achteruit is gegaan en zich hier het moeilijkst op natuurlijke wijze lijkt te kunnen herstellen. Mogelijk heeft dit ermee te maken met

het feit dat Klein Zeegras meerjarig is en daardoor minder onderhevig is aan grote jaar-to-jaar fluctuaties. Groot Zeegras in de Nederlandse Waddenzee is vrijwel volledig eenjarig, waardoor zowel de zaadproductie, -overleving, kieming en zaailingoverleving ieder jaar moeten slagen. Een grootschalige aanplant met risicospreiding (resultierend in enkele 'grote', verspreid liggende populaties) zou daarom een belangrijke en noodzakelijke bijdrage aan herstel van deze soort kunnen vormen. Klein Zeegras zou zich vooralsnog ook op eigen kracht moeten kunnen handhaven en uitbreiden. Voorts is Groot Zeegras (in tegenstelling tot Klein Zeegras) aangemerkt als een belangrijke doelsoort voor natuurherstel in de Nederlandse Waddenzee in verband met de indrukwekkende voorkomens vóór de jaren 1930 (Giesen et al. 1990, van der Heide et al. 2007). Uitbreiding van Groot Zeegras naar het sublitoraal is hier vooralsnog onwaarschijnlijk (van Katwijk et al. 2000, Boese et al. 2005, Reise & Kohlus 2008).

Rijkswaterstaat Noord-Nederland wil in samenwerking met de Waddenvereniging proberen het areaal aan zeegras te vergroten door zaadstengels van groot litoraal zeegras op een aantal plaatsen te verspreiden in de Nederlandse Waddenzee. Bij de opzet van de verspreiding moet gebruik gemaakt worden van de laatste wetenschappelijke inzichten en praktische ervaringen (ook met translocatie van Klein Zeegras in de Oosterschelde - zie: Giesen & van Katwijk 2008; Giesen et al. 2008) om het project maximaal kans op succes te geven. Op 12 november 2009 werd hiertoe door Rijkswaterstaat Noord-Nederland in samenwerking met de Waddenvereniging een expert-meeting georganiseerd die bouwstenen heeft opgeleverd voor de opdrachtformulering van een verkennende studie t.b.v. het pilotproject zeegrasherstel Waddenzee.

Deltares is door de Waterdienst van Rijkswaterstaat gevraagd om (in samenwerking met Van Katwijk van Ecoscience & RU Nijmegen) offerte uit te brengen voor de verkennende studie met als beoogd eindproduct een plan van aanpak voor de 'zeegrasproef' (zaaknummer 31035091), met daarin tevens opgenomen een draaiboek voor de beoogde zeegrasherstelwerkzaamheden (offerteaanvraag d.d. 6 Januari 2010; kenmerk RWSWD2010-36; ontvangen op 13 Januari 2010). Het huidige rapport beschrijft de resultaten van die voorstudie.

1.2 Vraagstelling

Gevraagd is om een voorstudie uit te voeren die moet leiden tot een Plan van Aanpak, incl. draaiboek, voor zeegrasherstelmaatregelen d.m.v. gefaciliteerde zaadverspreiding in de Nederlandse Waddenzee ("zeegrasproef") als KRW maatregel. De voorstudie moet dienen als een zo goed mogelijke voorbereiding en onderbouwing voor de beoogde zeegrasherstelwerkzaamheden, op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten, beschikbare experimentele ervaringen en aanbevelingen gedaan tijdens de eerder genoemde expert-meeting.

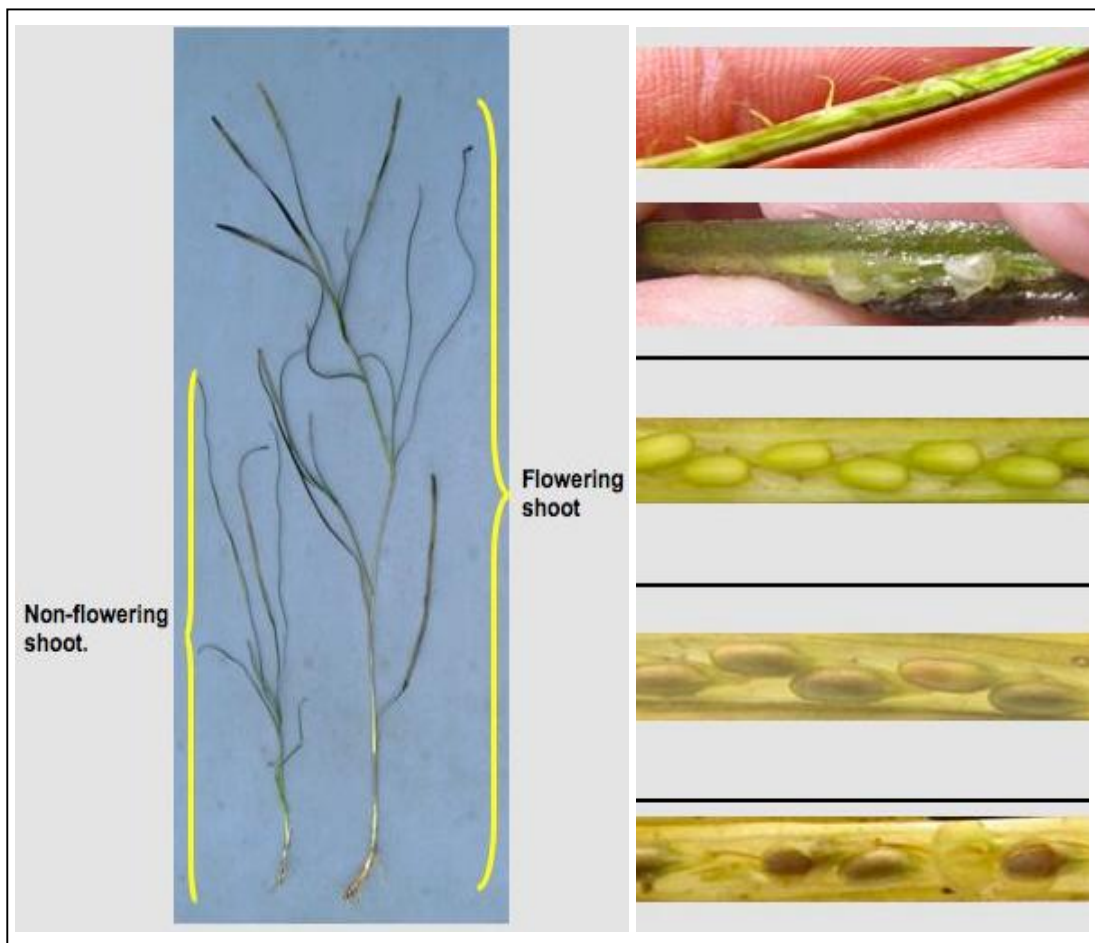
1.3 Werkwijze

Deze voorstudie is uitgevoerd door Paul Erftemeijer (Deltares) en Marieke van Katwijk (EcoScience), met medewerking van Tjeerd Bouma (NIOO), Jan van Beek (Deltares), Jasper Dijkstra (Deltares), Harriette Holzhauer (Deltares) en Dick de Jong (RWS Dienst Zeeland). Bij de studie is zorgvuldig aandacht besteed aan locatieselectie (van zowel donor- als uitzaailocaties), methodiek en schaal, planning & kosten, logistiek, vergunningen, monitoring,

overleg en rapportage. Hiervoor is intensief contact geweest met Dick de Jong, Art Groeneweg (RWS - DID), Tjisse van der Heide (Rijksuniversiteit Groningen), Karsten Reise en Tobias Dolch van het Alfred Wegener Institut (AWI) in Sylt. Daarnaast is er intensief contact geweest met Amerikaanse experts (Chris Pickerell, Bob Orth, Sandy Wyllie-Echeverria en Stephen Granger) die betrokken zijn geweest bij de ontwikkeling en het uittesten van deze methodiek in diverse gebieden in de Verenigde Staten.

1.4 Dankwoord

Veel dank aan bovengenoemde personen voor hun adviezen en inzet van expertise, voorts veel dank aan Jos van Soelen en Wouter Suykerbuyk voor het uitzoeken van het zeegrasaanspoelsel (wrack) dat anticiperend op deze studie in 2009 in Sylt werd verzameld en waaruit zij zaden hebben gedestilleerd.



Figuur 1.1 Groot Zeegras (*Zostera marina*): impressie van een vegetatieve en een bloeiende scheut (links) en successie van bloeiwijze tot rijpe en loslatende zaden (rechts). [Photo credits: Sandy Wyllie-Echeverria].

2 Plan van Aanpak

2.1 Projectfilosofie

Bij de opzet van de 'zeegrasproef' voor herstel van zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee door middel van zaadverspreiding, zijn de volgende vijf uitgangspunten ('guiding principles') gehanteerd:

Uitgangspunt 1: "Grootschalige aanpak"

Veel zeegrasrestauratieprojecten in het verleden zijn niet succesvol geweest vanwege een te kleine schaal, waardoor de aangeplante zeegrasveldjes (patches) te klein waren om zichzelf goed in stand te kunnen houden (Treat & Lewis, 2006). Onderzoek op basis van een spatio-temporele analyse van historische zeegrasverspreiding in Chesapeake Bay in de Verenigde Staten heeft laten zien dat zeegrasveldjes met een patch-size groter dan ongeveer één hectare zichzelf beter in stand kunnen houden en daardoor grotere stabiliteit vertonen dan kleinere patches of groepen van kleine patches (Wilcox et al., 2000). Ook voor de Nederlandse Waddenzee zijn er aanwijzingen dat grotere patches van zeegrasvegetatie door middel van het proces van zelf-facilitatie (= beïnvloeden van milieuomstandigheden d.m.v. *ecosystem engineering* waardoor het meer geschikt wordt) beter in staat zijn te overleven dan kleinere patches (Bos & van Katwijk 2007, Van der Heide et al., 2007; van Katwijk et al. 2009, 2010, Dijkstra et al., in prep.). Simpel gezegd: voor enigszins betekenisvolle en duurzame resultaten moeten we denken in termen van één of meerdere hectares.

Uitgangspunt 2: "Natuur zoveel mogelijk het werk laten doen"

In tegenstelling tot de kleine schaal waarop de mens in staat is om zeegrasvelden en andere kwetsbare mariene ecosystemen te restaureren (door middel van een soort "tuinieren op de vierkante meter"), is de natuur zelf in principe in staat om zulke systemen via natuurlijke regeneratie in relatief korte tijd over grote oppervlakten te herstellen. Hiervoor dient echter tenminste aan twee voorwaarden te worden voldaan: de milieuomstandigheden moeten (weer) optimaal matchen met de randvoorwaarden voor de betreffende zeegrassoorten en er moet voldoende aanwas (recruitment) zijn om de (her-)kolonisatie mogelijk te maken. Bij sommige zeegrassoorten, waaronder Groot Zeegras (*Zostera marina*), speelt seksuele reproductie en verspreiding van zaden een belangrijke rol bij dit regeneratieproces. Zaadverspreiding over grotere afstanden bij Groot Zeegras is afhankelijk van het transport van losgeslagen (drijvende) bloeiende scheuten die met de waterbeweging over afstanden van vele tientallen kilometers verplaatst kunnen worden (Orth et al., 1994; Harwell & Orth, 2002; Reusch, 2002; Kålström et al., 2008; Erftemeijer et al., 2008). Steeds vaker blijkt dat natuurlijke regeneratie van Groot Zeegras in sommige gebieden achterwege blijft vanwege een gebrek aan aanwas ('recruitment limitation') (Orth et al., 2006a). Dit is recentelijk ook aangetoond voor de Nederlandse Waddenzee, waar de zaden door overheersend oostwaards gerichte wind en stromingen de meer westelijk gelegen potentieel geschikte gebieden moeilijk kunnen bereiken (Erftemeijer et al., 2008). Het uitgangspunt van dit project is de aanvoer van zaden naar potentieel geschikte gebieden, vanwaaruit de verdere verspreiding op natuurlijke wijze in daarop volgende jaren kan plaatsvinden.

Uitgangspunt 3: "Vermijd schade en voorkom introductie exoten"

Bij de opzet van deze 'grootschalige' restauratieproef dient potentiële schade aan donorgebieden te worden geminimaliseerd en de introductie van uitheemse plant- of diersoorten (exoten) in de Waddenzee te worden vermeden. Bij de selectie van donorgebieden is bewust gekozen voor locaties binnen de Waddenzee (inclusief Duitse en

eventueel Deense deel) en niet voor alternatieve locaties, zoals bijvoorbeeld Engeland of Frankrijk, waar ook Groot Zeegras voorkomt. Maatregelen om schade aan donorgebieden te minimaliseren en introductie van exoten te voorkomen, worden in detail besproken in de volgende paragraaf.

Uitgangspunt 4: “Risicospreiding in ruimte en tijd”

Om de kansen op succes van een zeegrasrestauratieproject te maximaliseren is het van essentieel belang om het risico op verlies te beperken door middel van een spreiding van de restauratiewerkzaamheden in ruimte en tijd (Fonseca et al., 1998; Treat & Lewis, 2006; Paling et al., 2009; Van Katwijk et al., 2009). In het sterk dynamische milieu van de Waddenzee zijn velerlei risico's op verlies van aangeplante (dan wel 'ingezaaide') zeegrasplanten en/of -velden, waaronder stormen, uitdroging, ijsgang en schommelingen in zoutgehalte en temperatuur (Van Katwijk et al., 2009). Ook de oorsprong van het donormateriaal is mede bepalend voor de kansen op succes. In dit project is er dan ook bewust aandacht voor het spreiden van deze risico's in ruimte en tijd door middel van de keuze voor een aantal verschillende donorlocaties en uitzaailocaties, alsmede een aantal verschillende verzamel- & plaatsingsmomenten. Simpel gezegd: om risico's te beperken (en dus kansen op succes te vergroten) dient niet alles in 1 keer van 1 locatie te worden verzameld en op 1 plek te worden uitgezaaid.

Uitgangspunt 5: “Kosten laag houden”

Het is van belang dat de financiële middelen die ter beschikking staan voor restauratie van kwetsbare natuur zo effectief en efficiënt mogelijk worden besteed aan succesvolle projecten (Treat & Lewis, 2006). Zowel in de Verenigde Staten als in Europa heerst een skeptische perceptie dat restauratieprojecten bijna zonder uitzondering hoge kosten met zich meebrengen terwijl de resultaten vaak gering zijn. Om een zo hoog mogelijk rendement te krijgen van inspanning & kosten versus het uiteindelijk behaalde resultaat, is het voor zeegrasrestauratieprojecten dan ook belangrijk om te allen tijden bij alle daarbij komende aspecten te proberen de kosten laag te houden. Dit neemt overigens niet weg dat een gedegen voorstudie (inclusief een goede locatieselectie) van essentieel belang is voor het vergroten van de slaagkans van een restauratieproject. Kostenbesparing kan worden gerealiseerd door aanpalend wetenschappelijk onderzoek, monitoringsinspanning en projectoverleg waar mogelijk te beperken en door samenwerking met bestaande onderzoeks- en monitoringsprogramma's.

2.2 Donormateriaal

2.2.1 Herkomst

Het donormateriaal is idealiter afkomstig uit de Waddenzee om drie redenen:

- op deze manier worden geen nieuwe genotypes geïntroduceerd (vermijding van outcrossing en genetische vervuiling), die mogelijk ook minder aangepast zijn;
- het zeegras uit de Waddenzee heeft een hoge genetische diversiteit, het is zelfs een hotspot (Olsen et al. 2001);
- het is waarschijnlijk dat donormateriaal uit andere gebieden minder of hooguit even goed zijn aangepast aan het Waddenzeegebied als Waddenzee-zeegras.

In dit voorstel is dan ook bewust gekozen voor Waddenzeemateriaal. Het donormateriaal kan het best worden verzameld van droogvallende platen: dit materiaal wordt verondersteld goed aangepast te zijn aan droogvallen.

2.2.2 Voorkomen van introductie exoten

Door te kiezen voor het gebruik van uitsluitend 'gebiedseigen' zeegrasmateriaal, nl. door het verzamelen van donormateriaal uit de (Duitse) Waddenzee, en dus niet materiaal dat afkomstig is uit andere watergebieden in Nederland of West-Europa, is de kans op het introduceren van exoten nihil. Er zijn geen aanwijzingen dat de macrofauna-gemeenschap die in de Duitse Waddenzee leeft in en rond zeegrasvelden structureel qua soortensamenstelling af zou wijken van wat er ooit in de Nederlandse Waddenzee geleefd heeft. Eventueel reeds in het Duitse deel van de Waddenzee aanwezige exoten die nog niet in het Nederlandse deel zijn waargenomen, zullen hier op korte termijn toch ook al op eigen kracht kunnen komen.

In het recente verleden hebben ook anderen zich over dit onderwerp gebogen, onder andere een commissie onder leiding van Prof. Wim Wolff, en de conclusie is steeds geweest dat soorten die zich ergens in het waddengebied bevinden zich op natuurlijke wijze door het hele gebied kunnen verspreiden. Daarom is LNV in het verleden akkoord gegaan met mosseltransporten binnen de Waddenzee; de organismen die daarmee kunnen meekomen zijn elders in de Waddenzee ook al aanwezig of reeds onderweg.

De juistheid van de stelling, dat er in feite geen barrières zijn binnen de Waddenzee, is in het verleden bevestigd door de exoten die zich vanuit hun eerste aanlandingspunt zonder uitzondering in de loop van 5 a 10 jaar door het hele gebied hebben verspreid, zowel in westelijke als in oostelijke richting. In de wetenschappelijke literatuur zijn diverse artikelen beschikbaar, in elk geval over de worm *Marenzelleria*, de schelpdieren *Ensis* en *Crassostrea*, het gras *Spartina*, waarschijnlijk ook over de zakpijp *Styela*, de copepode *Mytilicola* en de slak *Crepidula* (Nehring & Klingenstein, 2005; Nehring et al., 2009).

Wanneer het gaat om organismen die uitsluitend gebonden zijn aan zeegras, dan is het aantal stepping stones op dit moment beperkt. Het zou dus wel enige tijd kunnen duren totdat geassocieerde organismen van Sleeswijk-Holsteinse zeegrasvelden onze zeegrasvelden hebben bereikt wanneer ze niet al toevallig meekomen met de zeegrasstengels. Overigens is het de bedoeling dat het aantal stepping stones, door betere ontwikkeling van zeegrasvelden in Niedersachsen, op termijn zal worden uitgebreid zodat geassocieerde soorten tzt gemakkelijker ons gebied kunnen bereiken.

Vooralsnog zijn er op dit moment geen soorten bekend die uitsluitend gebonden zijn aan éénjarig Groot Zeegras. Wel zijn er enkele geassocieerde soorten die in éénjarige Groot-zeegrasvelden kunnen leven maar die daaraan niet specifiek gebonden zijn, zoals bijvoorbeeld de isopode *Idotea balthica* en kleine hydroïdpoliepen van het geslacht *Laomedea*. Zulke soorten zullen ongetwijfeld op eigen kracht in heel korte tijd eventuele nieuwe zeegrasvelden bereiken omdat ze ook elders in de Waddenzee op wieren en harde substraten kunnen voorkomen.

Mosselen vanuit andere delen van de Waddenzee mogen ook thans nog steeds naar het Nederlandse deel van de Waddenzee worden vervoerd. Naar analogie daarvan zou ook zeegras, wanneer het zeker is dat dat uit de Waddenzee komt, verplaatst kunnen worden

binnen de Waddenzee. In Zeeland en in de Lymfjord, daarentegen, zijn recentelijk enkele nieuwe ongewenste exoten (2 soorten oesterboorders) aangetroffen, die waarschijnlijk zijn aangevoerd met schelpdiertransporten (Sietse Braaksma, pers. comm.). Daardoor moet LNV zeer waakzaam zijn ten aanzien van verplaatsingen van levend materiaal, en is aanvoer van materiaal van buiten de Waddenzee naar de Waddenzee op dit moment dan ook niet toegestaan.

2.2.3 Geplukte zaadstengels ('life') versus aanspoelsel ('wrack')

In dit project wordt voor de zeegrasherstelwerkzaamheden in eerste instantie uitgegaan van het gebruik van vers verzamelde, (rijpe)zaaddragende bloeiende stengels ('flowering shoots', Figuur 1.1). Met dergelijke geplukte zaadstengels zijn eerder een aantal ervaringen opgedaan in de Waddenzee (zie paragraaf 2.4.1 Praktijkervaringen in Nederland). Uit de literatuur is bekend, dat ook aangespoeld zeegras ('wrack') - in het Nederlands ook wel 'veek' genoemd - nog levende zaden kan bevatten (zie bijvoorbeeld Harwell & Orth 2002, Reusch 2002, Belzunce et al. 2008), al is de hoeveelheid zaden in zulk materiaal doorgaans een stuk lager dan in vers geplukt materiaal (Bob Orth, pers. comm.). De levensvatbaarheid en kiemkracht van de zaden in aanspoelsel is uiteraard afhankelijk van de duur en mate van blootstelling aan weer en wind. Hierover is echter geen/weinig informatie.

Anticiperend op deze mogelijke opdracht, is op 2 oktober 2009 in Sylt aangespoeld Groot Zeegras materiaal meegenomen (ongeveer anderhalve vuilniszak). Dit materiaal was vers (groene kleur) en vochtig. Uitgedroogd aanspoelsel is niet meegenomen. Na twee dagen is het materiaal in buitenbakken bij het NIOO/CEME geplaatst met beluchting en waterpomp. Het water is iedere week ververs met Oosterscheldewater waarbij het bezinksel werd doorgeschied om rotting te voorkomen. Half november is het resterende materiaal uit de bakken verwijderd omdat er geen zaden meer in de zwevende planten kon worden aangetroffen. Uit het bezinksel zijn zaden geselecteerd met een pincet en in potjes in de ijskast geplaatst (4°C). De potjes zijn daarna 1 à 2 x per week ververs.

In totaal zijn ca. 3500-4000 zaden verzameld uit dit materiaal, waarvan de meeste onrijp leken (namelijk licht van kleur en niet al te hard), maar vanaf eind januari zijn ze in de ijskast begonnen te kiemen, ook de 'onrijpe'. Op dit moment (eind februari 2010) zijn er zo'n 5-10 zaailingen. Kieming zal in de loop van het voorjaar getest worden. De methode lijkt vooralsnog veelbelovend. Dit zou betekenen dat het gebruik van aanspoelsel ('wrack') voor zeegrasherstel eventueel als alternatief overwogen zou kunnen worden, al zal de veel lagere hoeveelheid (kiemkrachtige) zaden in dergelijk materiaal vermoedelijk resulteren in aanzienlijke logistieke consequenties (bijv. hoeveelheid zakken, materiaal, en stenen) voor de zeegrasproef.

2.2.4 Beperking van schade aan het donorveld

Levenscyclus van een zeegrasveld en natuurlijke verliezen:

Zaadproductie per plant: 100

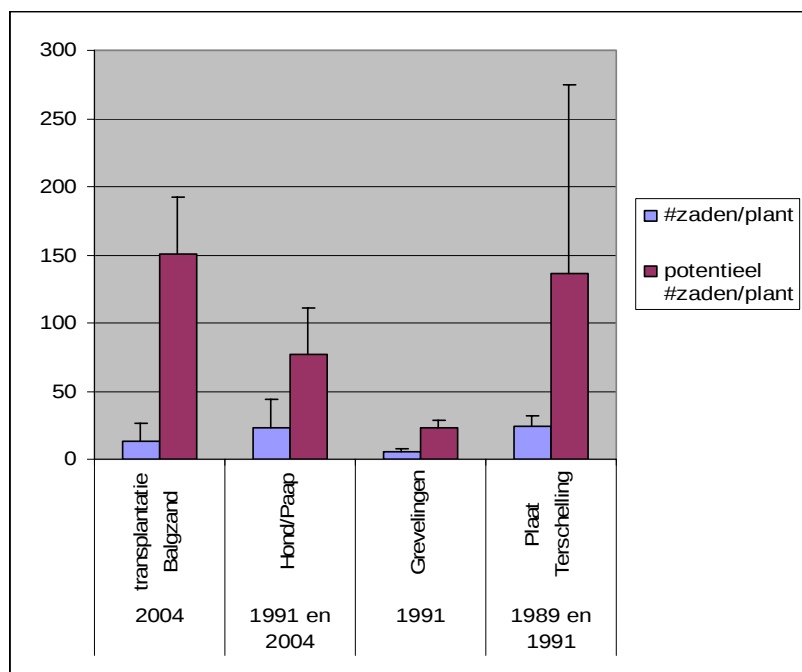
Uit een compilatie van zaadtellingen van Nederlandse Groot zeegraspopulaties door de jaren heen blijkt een gemiddelde van 100 zaden per plant gedurende één seizoen (van Katwijk ongepubliceerd, Figuur 2.1). Dit komt overeen met bevindingen op de Hond/Paap van 2003, waar 100-115 zaden per plant werden waargenomen (Erftemeijer 2004). Van Lent &

Verschuure (1994) vonden een productie van 80-120 zaden in 1988 in het Veerse Meer en de Zandkreek respectievelijk. In een eenjarige Groot zeegraspopulatie in Nova Scotia (USA) werden 100 zaden per plant geteld (Keddy 1987).

Verliezen: 99%

Verliezen van zaden kunnen ontstaan door:

1. zaadstengels drijven weg
2. zaden worden te diep begraven
3. zaden verdwijnen uit of diep in het sediment
4. niet alle zaden kiemen.
5. niet alle zaailingen overleven.
6. verliezen gedurende de zomer.



Figuur 2.1 Zaden van *Zostera marina* zijn niet allemaal tegelijkertijd rijp. Hier is het aantal zaden per plant op één moment weergegeven, en het potentieel aantal zaden per plant gedurende het gehele seizoen (compilatie van ongepubliceerde gegevens, MM van Katwijk en co-workers).

De variatie in deze verliesposten is groot: voor 1, 2 en 3 waren zij tezamen 98-99.5% in een studie in het Veerse Meer en de Zandkreek (van Lent & Verschuure 1994). Vergelijking van reviews van aantal geproduceerde zaden per m² (Olesen et al. 1999) met reviews van aantal zaden per m² in het sediment (van Katwijk et al. 2010) laat verliezen zien van 97.7%.

Ad 1. Verliezen door wegdrijven van zaadstengels:

in de literatuur zijn hiervan geen tellingen bekend, het aanspoelen van losgeslagen zaaddragende zeegrassstengels op grote afstanden van de donorpopulatie is vaak gerapporteerd, en illustreert dat het om grote hoeveelheden gaat (Oudemans et al. 1870, den Hartog pers. comm. Harwell & Orth 2002, Reusch 2002). Patterson et al. (2001) vonden aanwijzingen dat zo'n 95% van de zaaddragende stengels gemakkelijk losraakt.

Ad 2. Verliezen door begraven (zie Greve et al., 2005):

Bijvoorbeeld als gevolg van wadpierbioturbatie. In Eems-Hond/Paap en Terschelling-Plaat is dit naar schatting 5-10% (indicatief; ongepubliceerde resultaten Bruyns, Schoen, Hermus, van Katwijk).

Ad 3. Verliezen in of uit het sediment:

Hierover is weinig bekend. Greve et al. 2005 (Oostzee) rapporteren 91% verlies inclusief begraven (ad 2), Harrison (1993) ook 91% (Zandkreek), Silberhorn in combinatie met Harwell (USA) komen op 96% (zie Harwell 2000). Van Katwijk et al. (2010) vonden in Terschelling in 1990-1991 ca. 85% verlies in het sediment van de zaden.

Ad 4. Kiemingsverliezen:

In situ kiemingspercentages in Veerse Meer en Zandkreek in 1988 en 1989 waren 60-90% (gemiddeld 70%). *In situ* kiemingsexperimenten op Balgzand met zaden van de Eems-Hond/Paap gaven een maximaal kiemingspercentage van 45% (van Katwijk & Wijgergangs 2004).

Ad 5. Zaailingverliezen:

Overlevingspercentages van Eems-zaailingen op het Balgzand waren maximaal 55% (van Katwijk & Wijgergangs 2004) en in West-Terschelling moeten kieming plus zaailingoverleving tussen de 50 en 90% zijn geweest (van Katwijk et al. 2010). Het gemiddeld kiemingspercentage van 70% in Zandkreek en Veerse Meer (van Lent & Verschuure 1994) was grotendeels inclusief zaailingoverleving (want in mei-juni geteld).

Ad 6. Zomerverliezen:

Zomerverliezen zijn naar schatting 10% op gunstige locaties (Balgzand, Bos & van Katwijk 2007). Echter, als er extreme macroalgen- of epifytenwoekering optreedt kunnen vrijwel alle planten verloren gaan vóór ze zaad hebben geproduceerd, zoals op de Plaat (Terschelling) en in sommige jaren bij de succesvolle aanplantingen op Balgzand gebeurde (van Katwijk et al. 2010).

Samenvattend:

De zaadproductie van 100 zaden per plant is heel consistent in de literatuur. Als in een stabiele populatie 1 plant 100 zaden produceert, zal 1 van de 100 het volgende jaar weer 100 zaden produceren en 99 zaden gaan ergens in het traject verloren. Het zaadverlies in het sediment is vrij consistent rond de 90%. Kieming en zaailingoverleving schatten we gezamenlijk op 55%. Van Lent en Verschuure (1994; Zandkreek) zitten hoger, van Katwijk & Wijgergangs (2004; Balgzand/Eems) zitten lager. Zomersterfte van 10% lijkt geen overschatting te zijn. Om op 100% uit te komen is het wegdrijven door zaadstengels daarom vermoedelijk in de orde grootte 80%, zie Tabel 2.1. Dit is in de zelfde orde grootte als schattingen van 72% verlies door export versus 28% lokale begraving van Groot Zeegraszaden in Ago Bay, Japan (Morita et al. 2007), maar aanzienlijk hoger dan schattingen van 20% zaadverlies door het wegdrijven van bloeiende scheuten in Chesapeake Bay (Orth et al. 1994). De biomechanische metingen van Patterson et al. (2001) wijzen uit dat ca. 95% van de zaadstengels gemakkelijk loslaat in de herfst, terwijl ca. 5% van de stengels veel taaier is, hetgeen weer duidt op een hoger percentage potentiële verlies in de herfst.

Tabel 2.1 *Inschatting verliesposten gedurende 1 jaarcyclus van Zostera marina gebaseerd op literatuur en ongepubliceerde metingen zoals hierboven aangegeven (zie ook Tabel 2.4)*

Verliesposten:	Wegdrijven zaadstengels 80%	Verliezen in het sediment 90%	Kieming en eerste overleving 45%	Zomerverliezen 10%
Aantal geproduceerde zaden door 1 plant in september/ oktober 100	Aantal zaden in het sediment in november 20	Aantal zaden in het sediment in februari/ maart 2	Aantal zaailingen in mei/ juni 1.1	Aantal planten dat weer 100 zaden produceert 1

2.2.5 Compensatie van verliezen donorveld

In het donorveld worden zaadstengels verwijderd waardoor er een zeker verlies wordt toegebracht. Normaliter drijft ca. 80% van alle zaaddragende stengels weg in de herfst, en blijft er slechts 20% achter in het veld. Wanneer alle zaaddragende stengels (100%) uit een proefvlak (bijvoorbeeld 1 ha) worden verzameld voor de restauratieproef, zijn er geen planten meer over die het proefvlak direct zouden kunnen bezaaien. Daardoor wordt dat proefvlak (= 1 ha) afhankelijk van rondrijvende zaadstengels met een veel kleinere kans op bezaaiing. Wanneer het oogsten van de totale hoeveelheid benodigde materiaal over een groter deelgebied wordt verzameld (bijvoorbeeld 20% weghalen over 5 ha), wordt het verlies van achterblijvende zaadstengels en dus directe bezaaiing in elk van die 5 hectares gereduceerd tot 20%. Indien er vanuit gegaan wordt dat er jaarlijks een verlies optreedt van 80% en er dus 20% achterblijft, zou ter compensatie kunnen worden overwogen om 20% van de oogst middels BuDs weer terug te brengen in het geoogste deel van het donorveld, analoog aan de Nederlandse aanplant, eventueel deels bestaand uit aangespoeld zeegrasmateriaal ('wrack').

2.3 Locatieselectie

Onzorgvuldige selectie van locaties is verreweg de meest belangrijke oorzaak van het mislukken van zeegrasrestauratieprojecten wereldwijd (Fonseca, 2006; Greening, 2006; Short et al., 2006; Paling et al., 2009; Van Katwijk et al., 2009). Zeegrasrestauratie is hierbij niet uniek: eenzelfde constatering geldt voor de restauratie van mangroves (Lewis, 2005) en koraalriffen (Precht, 2006) en voor de plaatsing van kunstriffen (Bohnsack & Sutherland, 1985; Erftemeijer et al., 2004). Locatieselectie neemt bij de huidige studie dan ook een prominente plaats in.

In deze voorstudie is onderscheid gemaakt tussen:

- locatieselectie voor verzamelen van donormateriaal (donorlocaties), en
- locatieselectie voor de restauratieproef (uitzaailocaties)

2.3.1 Locatieselectie voor donorlocaties

Voor de selectie van donorlocaties is uitgegaan van de volgende criteria:

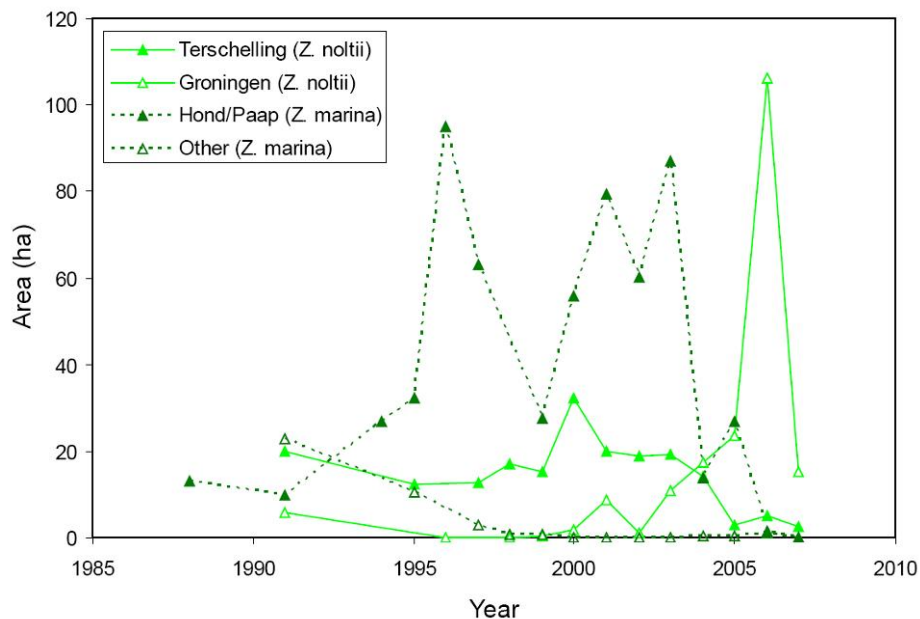
Criteria:

- donorgebied moet voldoende groot zijn (hectares) en gezond (redelijke bedekking) zodat de donatie verwaarloosbaar klein is. Compensatie door het verankerd terugplaatsen van een deel van de oogst, is een optie;
- donorgebied moet in het Waddengebied gesitueerd zijn (zie 2.2.1)
- donorgebied moet bestaan uit droogvallende platen (zie 2.2.1)

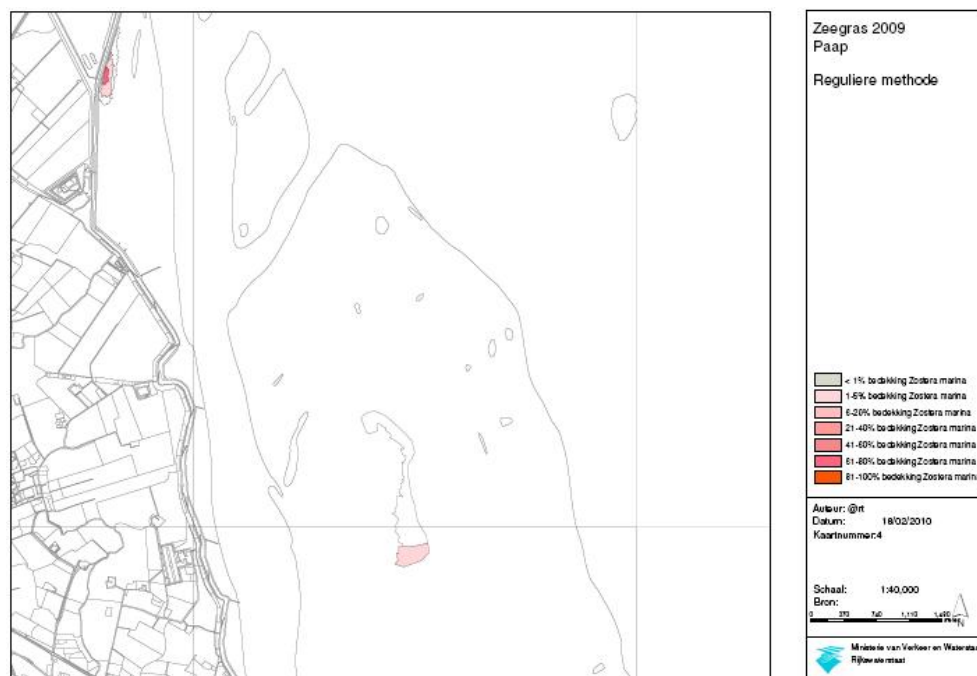
In de Nederlandse Waddenzee is alleen de Hond/Paap-populatie een potentiële donor. Het veld voor West-Terschelling is sinds 2003 uitgestorven, en de populatie bij het Voolhok beslaat slechts enkele hectares. Helaas is de populatie op de Hond/Paap erg achteruitgegaan. Na een jarenlange gestage toename van 1988 tot 2003, waarin het areaal op de Hond/Paap toenam van enkele hectares naar meer dan 250 hectare (Erftemeijer 2004; zie ook Figuur 2.2 hieronder, waarin velden met bedekking >5% zijn weergegeven), is de populatie weer gaan dalen tot 158 hectare in 2006, 34 hectare in 2008 en 36 hectare in 2009 (RWS service desk & Art Groeneweg AGI). De bedekkingen in 2008 waren minder dan 1%, in 2009 is er weer een klein deel (7 hectare) met een bedekking tussen 1 en 5% aangetroffen. Daarnaast staat er bij het Voolhok inmiddels 8 hectare met een redelijke bedekking (Figuur 2.3). Het lijkt vooralsnog geen optie om hier (grote hoeveelheden) donormateriaal te verzamelen.

Gezien de slechte ontwikkelingen van het Groot Zeegras in de Nederlandse Waddenzee, is het gebruik van het materiaal uit de Nederlandse Waddenzee als donor niet wenselijk. Er kan daarom beter uitgeweken worden naar andere delen van de Waddenzee.

In de Duitse Waddenzee is wel nog veel zeegras aanwezig, vermoedelijk komt dit door een betere beschutting van deze gebieden. Verreweg het meeste zeegras is aanwezig in Noord-Friesland (zie Figuur 2.4 & 2.5). Er is daarom contact opgenomen met het Alfred Wegener Instituut (AWI) in Sylt om nadere informatie.



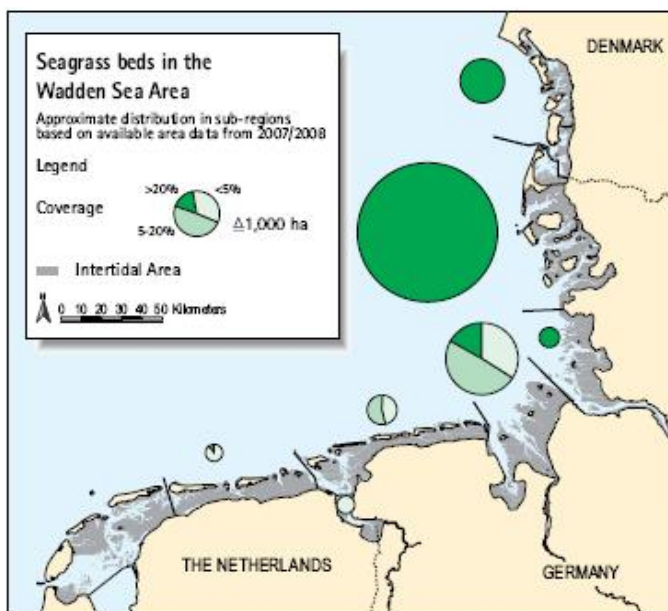
Figuur 2.2 Ontwikkeling van het zeegrasareaal in de tijd in de Nederlandse Waddenzee. Alleen velden met bedekking > 5% (bron: Quality Status Report Wadden Sea Ecosystem 2009). Op de Hond/Paap zijn in 2008 en 2009 geen bedekkingen > 5% gevonden (RWS service balie en Art Groeneweg pers. comm.) In het Voolhok (in de figuur deel uitmakend van 'Other') is 8 hectare met bedekking > 5% aangetroffen in 2009, zie volgende figuur.



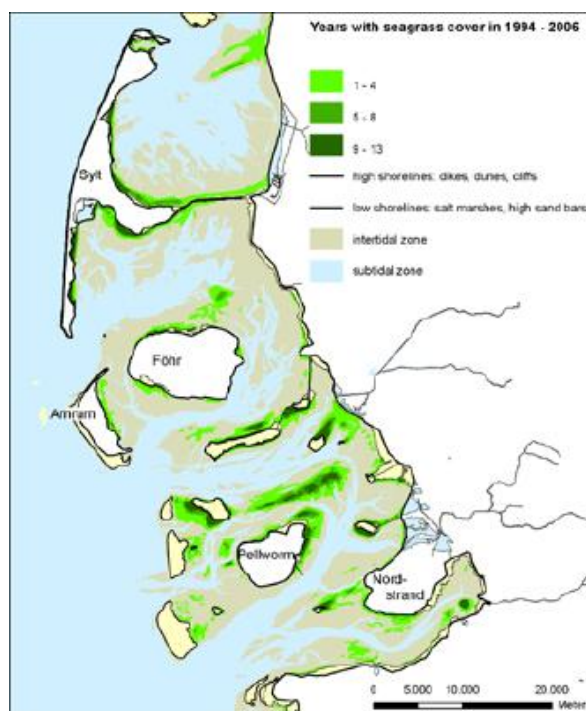
Figuur 2.3 Groot Zeegras in de Eemsmonding: Hond/Paap en Voolhok in 2009. (Met dank aan Art Groeneweg)

Er zijn volgens Tobias Dolch en Karsten Reise (beide van het AWI) een viertal locaties die in aanmerking komen als potentiële donorlocatie. De zeegrasvelden hier zijn tamelijk stabiel de laatste jaren. Een overzicht van deze locaties wordt gegeven in Figuren 2.6 en 2.7. In Figuren

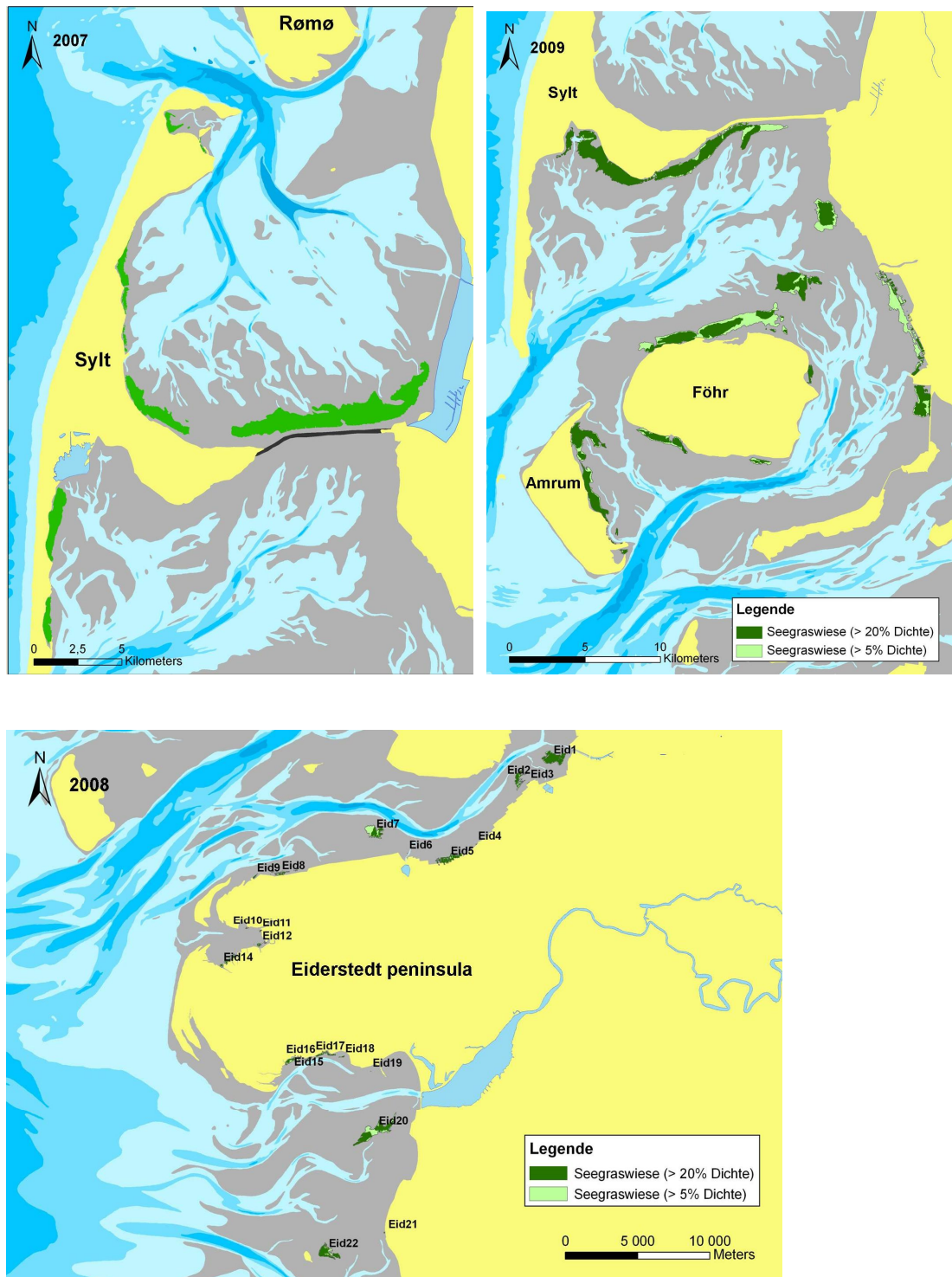
2.8 en 2.9 zijn locaties aangegeven waar eventueel aangespoeld zeegrasmateriaal zou kunnen worden verzameld.



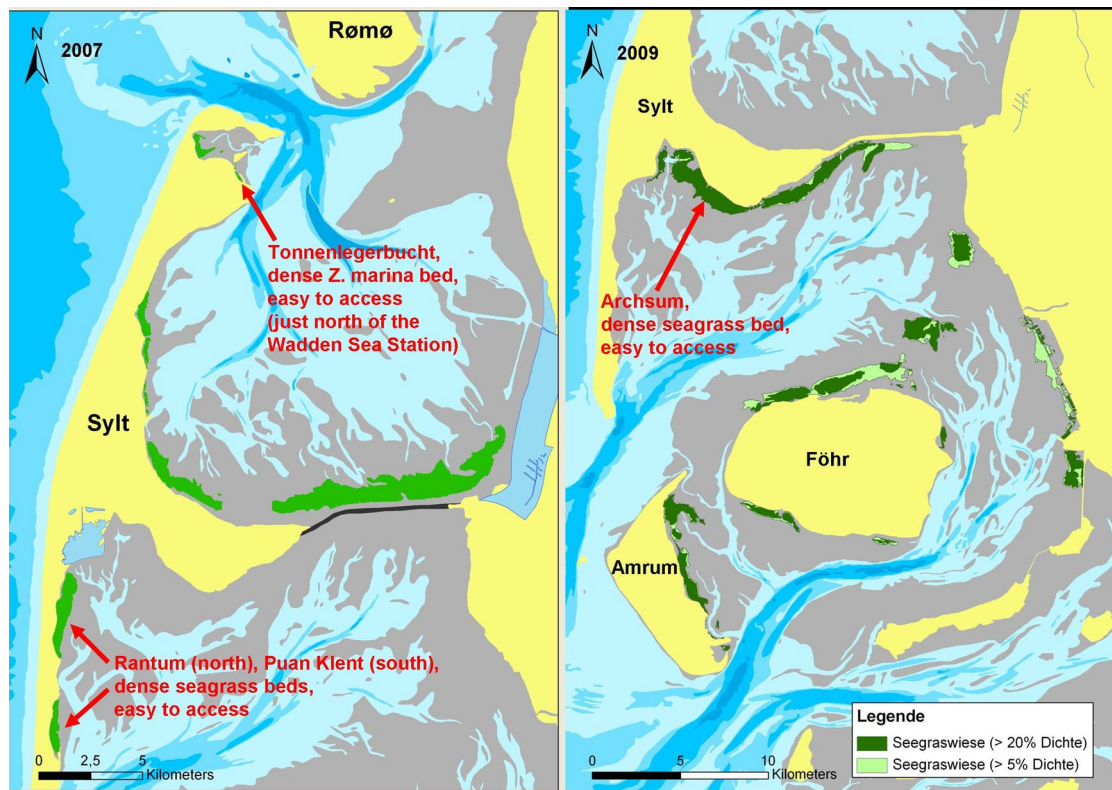
Figuur 2.4 Verspreiding van droogvallende zeegrasvelden in de Waddenzee in de verschillende gebieden in 2007/2008 (Uit Quality Status Report Wadden Sea Ecosystem 2009)



Figuur 2.5 Voorkomen van Groot en Klein zeegras in droogvallende zones in de Noordfriese Waddenzee in Augustus-september in de jaren 1994-2006. De intensiteit van de groene kleur geeft het aantal jaren aan dat zeegras in luchtfotokarteringen of tijdens vliegtuigkarteringen is waargenomen. Zeegrasvelden met minder dan 20% bedekking zijn niet opgenomen (Bron: Quality Status Report Wadden Sea Ecosystem 2009 and Reise & Kohlus 2008).



Figuur 2.6 Zeegraskarteringen in het Noordfriese gebied in 2007-2009 (in ieder jaar wordt een ander gebied gekarteerd) (met dank aan Tobias Dolch).



Figuur 2.7 Gebieden die worden aanbevolen als potentiële donorlocatie door Tobias Dolch en Karsten Reise. N.B. niet ieder zeegrasveld wordt ieder jaar gekarteerd.

Toelichting op de locaties:

Tonnenlegerbucht

- gemonitored in Juli 2008
- areaal: 3.8 ha
- dichtheid: 60 - 80%
- *Zostera marina* is dominant (>75 % van alle zeegrasplanten)

Puan Klent

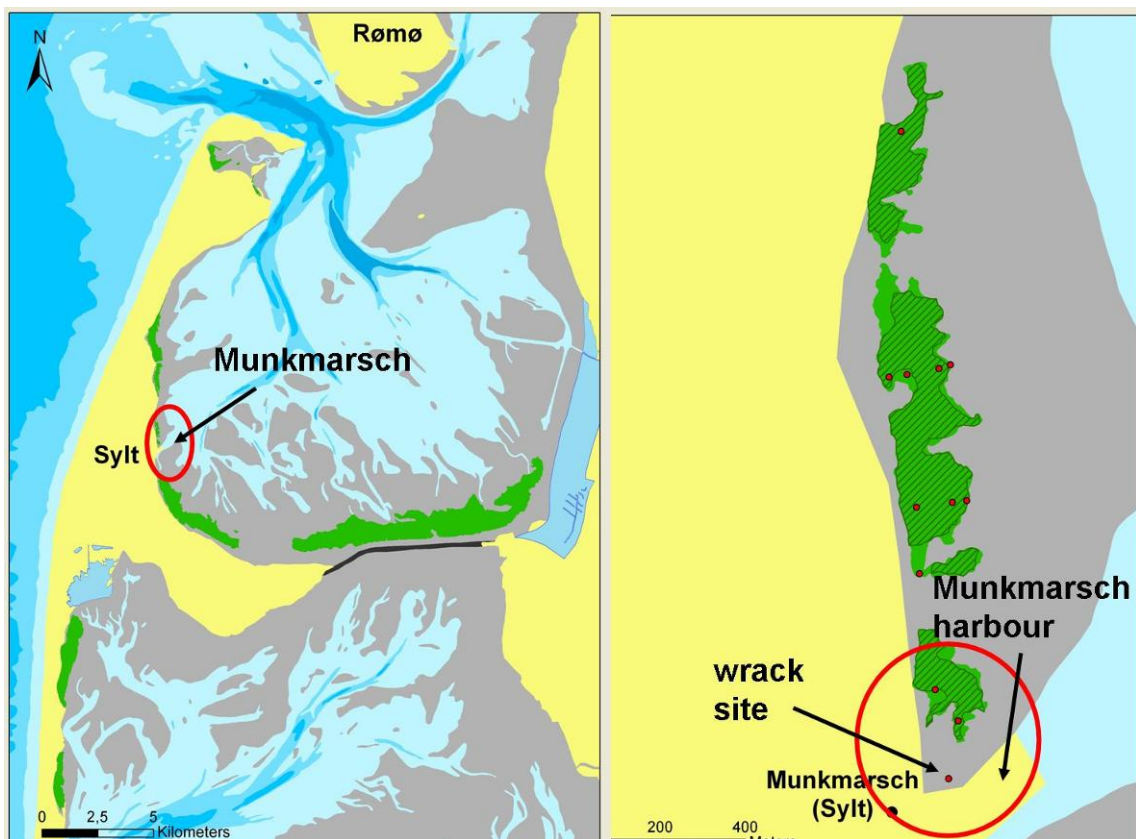
- gemonitored in Juli 2008
- areaal: 74 ha
- dichtheid: 60 - 80%
- *Zostera noltii* is dominant
- *Zostera marina* komt voor in het zuidelijke deel (onderste 1/3^e) van het zeegrasveld – met name langs de buitenranden richting het sub-tidaal. In het binnengebied van het veld is *Zostera marina* tamelijk gelijkmatig verspreid en betreft ca. 10% van alle zeegrasplanten (overige 90% in het zuidelijke deel is *Zostera noltii*)

Rantum

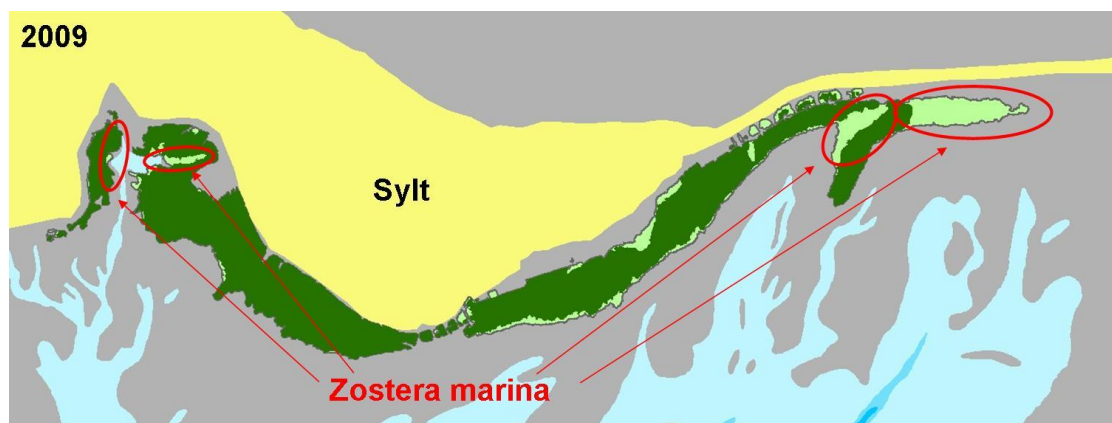
- gemonitored in Augustus 2007
- areaal: 208 ha
- dichtheid: > 80%
- *Zostera noltii* is dominant
- *Zostera marina* komt alleen voor in een klein gebied in de noord-westelijke hoek

Archsum

- gemonitored in Juli 2009
- areaal: 475 ha
- dichtheid: 60 - 80%
- *Zostera noltii* is dominant
- *Zostera marina* komt alleen voor in een relatief klein gebied in de noord-westelijke hoek nabij de getijdegeul



Figuur 2.8 Locatie waar veel aanspoelsel zich ophoopt ('wrack') (met dank aan Tobias Dolch)



Figuur 2.9 Locaties met extra veel Groot Zeegras in 2009. De twee westelijk gelegen locaties zijn erg modderig, de twee oostelijke locaties liggen ver van de openbare weg (Tobias Dolch)

Er is onzekerheid over de hoeveelheid donormateriaal dat verkregen kan worden uit deze gebieden, omdat er niet altijd systematisch onderscheid wordt gemaakt tussen Groot en Klein Zeegras in de karteringen, en ook omdat er grote jaar-tot-jaarverschillen kunnen optreden.

De jaar-tot-jaarverschillen zijn groot m.b.t.:

- areaal (maar volgens Dolch zijn de velden redelijk stabiel de laatste jaren)
- hoeveelheid zaad (pers. observaties MvK)
- tijdstip van loslaten (zo lag al het zeegras in ca. 2004 al in augustus op de dijk, dit was een uitzondering, maar als dit ook in het jaar van uitvoering gebeurt, is er mogelijk géén donormateriaal voorhanden)

Hoewel het areaal Groot Zeegras in Duitsland enigszins beperkt is in omvang, en Klein Zeegras hier duidelijk domineert, zijn lokale experts (Tobias Dolch en Karsten Reise van het AWI) van mening dat het mogelijk is om voldoende Groot Zeegras materiaal te verzamelen voor onze proef, zonder significante schade aan de lokale Groot Zeegras populaties. Als er te weinig donormateriaal is, is het wellicht mogelijk om uit te wijken naar alternatieve locaties in bijv. Denemarken (contactpersoon: Tom Knudsen) of het Voolhok. Uiteindelijk moeten we flexibel blijven met betrekking tot de hoeveelheid te verzamelen donormateriaal.

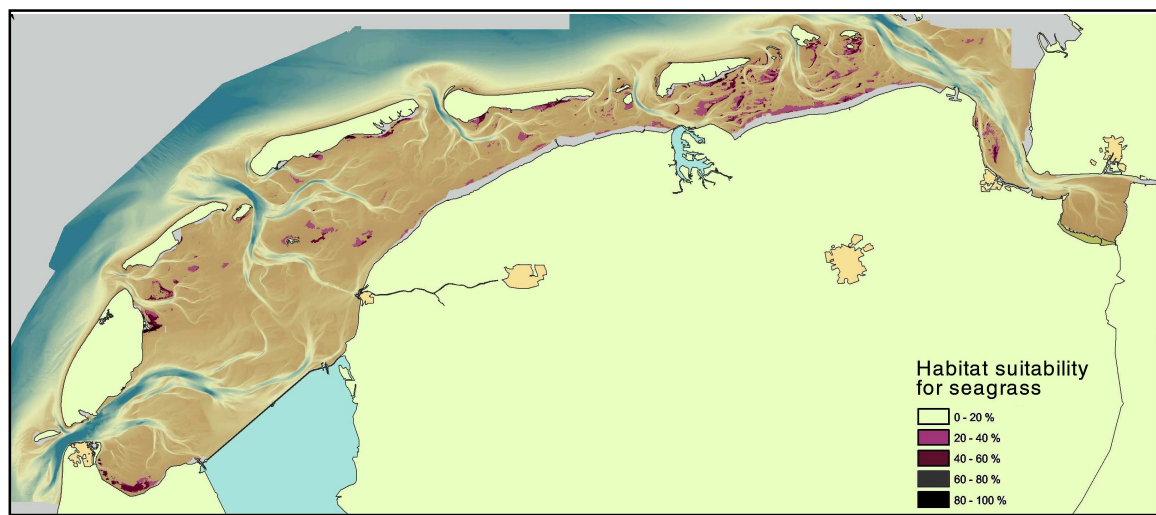
2.3.2 Locatieselectie voor uitzaailocaties

Voor de selectie van de meest kansrijke uitzaailocaties is een analyse gemaakt van habitatgeschiktheid, potentiële zaadretentie en verstoringsrisico's (elk hieronder in detail uitgewerkt). Daarnaast is rekening gehouden met adviezen van gebiedsexperts, praktische zaken zoals bereikbaarheid en logistieke overwegingen, ligging van reeds bestaande zeegrasvelden en recente kolonisaties, en de locaties van bestaande en nieuw aan te leggen mosselbanken om mogelijkheden voor positieve feedback tussen zeegrasvelden en mosselbanken te benutten.

Habitatgeschiktheid

In 2005 is door het RIKZ een kaart gepubliceerd met potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Nederlandse Waddenzee, de zogenaamde zeegraskansenkaart (De Jong et al., 2005; zie Figuur 2.10). Deze kaart is ontwikkeld als hulpmiddel bij het bepalen van geschikte locaties voor herintroductie van zeegras in de Waddenzee. Daarnaast is de kaart ook ontwikkeld voor de beheerder om, naast de gebieden waar zeegras actueel voorkomt, ook de potentieel voor zeegras geschikte gebieden te kunnen beschermen tegen verstoring (door o.a. bodemberoerende visserij). De zeegraskansenkaart is gebaseerd op een selectie van 5 abiotische factoren die van groot belang zijn voor het voorkomen van zeegras: droogvalduur, stroomsnelheid, blootstelling aan golfenergie, zoutgehalte en ammoniumflux (de Jong et al., 2005). Van deze 5 parameters zijn op basis van veldmetingen en modelberekeningen parameterkaarten gemaakt die de gehele Nederlandse Waddenzee bedekken. Vervolgens is de habitatgeschiktheidsindex (HSI) voor al deze parameters bepaald op basis van veldwaarnemingen, experimenten en literatuur. Deze verschillende HSI-relaties en parameterkaarten werden tenslotte gecombineerd tot de uiteindelijke kansenkaart (de Jong et al., 2005; Figuur 2.10).

De kansenkaart¹ geeft aan dat 'momenteel' (situatie in 2005) in de Nederlandse Waddenzee 1747 hectare als "geschikt" (groeikans 50-80%) en 179 hectare als "zeer geschikt" (groeikans 80-100%) mag worden beschouwd voor zeegrasgroei. Het daadwerkelijke areaal van zeegras in de Nederlandse Waddenzee, zoals dat sinds het begin van de 90-er jaren jaarlijks in kaart wordt gebracht, schommelt de laatste jaren (sinds 1995) tussen de 34 en 360 hectare (Erftemeijer, 2005) en is beduidend minder dan op grond van de kansenkaart zou mogen worden verwacht. Zoals reeds eerder vermeld kan dit – naast antropogene verstoringen – mogelijk worden verklaard door een gebrekkige aanwas van zaden ('recruitment limitation'; zie Erftemeijer et al., 2008). De grootste gebieden met een hoge geschiktheid liggen in de oostelijke Waddenzee, met name in het gebied ten zuiden van de eilanden Schiermonnikoog, Rottumeroog en Rottumerplaat, tot aan de Groninger Kust (Figuur 2.10).



Figuur 2.10 Zeegraskansenkaart voor de Nederlandse Waddenzee (Bron: RIKZ, 2005). Totale oppervlakten voor de verschillende categoriën: ongeschikt (0-20%): 325 984 ha; vrijwel ongeschikt (20-40%): 6 310 ha; matig geschikt (40-60%): 6 461 ha; geschikt (60-80%): 1 747 ha; zeer geschikt (80-100%): 179 ha.

Zaadretentie

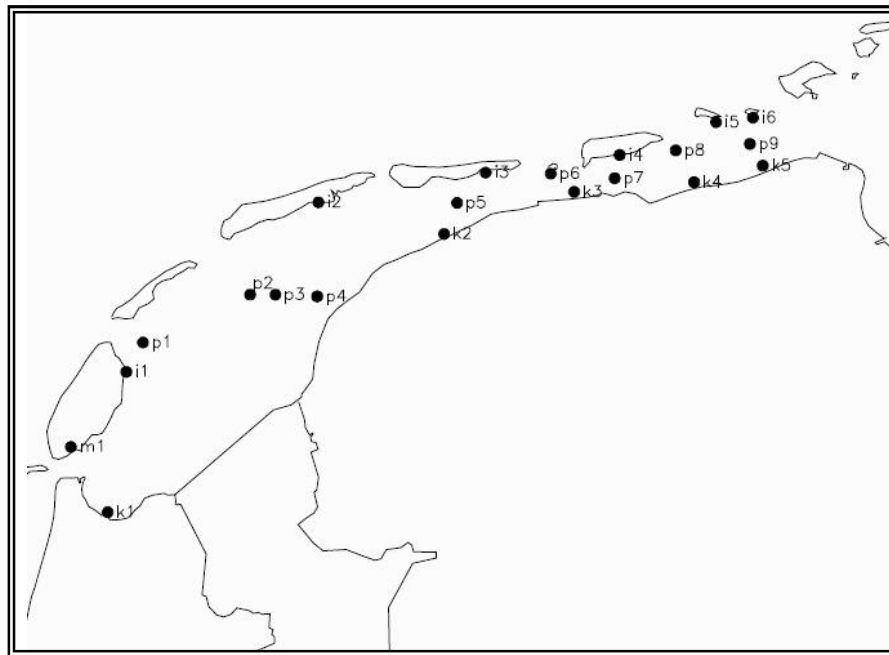
Ervan uitgaande dat de zeegrasproef lukt (zie paragraaf 2.6), is er straks dus door middel van de zaadzakkenmethode een gebied (of enkele gebiedjes) van bijvoorbeeld 1 hectare zeegrasveld gecreëerd (een redelijk na te streven doelstelling; zie paragraaf 2.1, uitgangspunt 1). Zo'n zeegrasveld zal vervolgens zelf ook weer gaan bloeien en zaad produceren, wat in het najaar opnieuw beschikbaar komt voor verspreiding. Ditmaal echter, is die zaadverspreiding niet meer beperkt tot het geschikte gebiedje zelf (zoals bij de zaadzakkenmethode), maar kan het met de stroming op natuurlijke wijze alle kanten op. Op deze manier kan het nieuw geproduceerde zeegraszaad ook andere geschikte gebieden bereiken en koloniseren. Zoals beschreven in 2.2 kan verwacht worden dat een groot deel van het zaad (ruim 80%) beschikbaar komt voor transport (incl. naar ongeschikte gebieden en verlies naar de Noordzee).

¹ De kaart kent onzekerheden als gevolg van gebruikte modellen – betrouwbaarheid hiervan is beperkt in het litoraal en de rekencellen zijn vrij groot. Daarom is het berekende areaal waarschijnlijk een overschatting (mogelijk >25%). Betrouwbaarheid langs de kusten is groter dan midden op het wad (Dick De Jong, pers. comm.)

Om zoveel mogelijk rendement te hebben van de restauratieproef is het dan ook zinvol om inzicht te verkrijgen in het proces van zaadverspreiding en potentiële retentie van zaden in de verschillende deelgebieden van de Waddenzee. Op die manier kan de keuze van de uitzaailocaties zodanig worden geoptimaliseerd dat er zoveel mogelijk rendement kan worden gehaald uit de nieuwe zaadproductie en –verspreiding om zodoende de kans op herkolonisatie en uitbreiding van zeegrasareaal in de Nederlandse Waddenzee te maximaliseren.

Om dit nader te onderzoeken is een modelstudie uitgevoerd naar zeegraszaadtransport in de Waddenzee. Deze modelstudie bouwt voort op een eerder gepubliceerde studie naar zaadtransport vanuit het zeegrasveld van de Hond-Paap naar overige delen van de Waddenzee (Erftemeijer et al., 2008). Bij de nieuwe modelstudie is gebruik gemaakt van een nieuw gecalibreerd en gevalideerd 2D hydrodynamisch model (het zgn. “WadSea2008” model) met een gridcelgrootte van ca. 200 bij 600 m (De Graaf, 2009).

In de modelsimulatie zijn gegevens over drijfvermogen & drijfperiode van zaaddragende stengels en het verloop over de tijd van het loslaten van de zaden uit dit drijvende materiaal geïncorporeerd. De valsnelheid van de zaden is in deze 2D-studie niet als factor meegenomen, maar uit eerder onderzoek is gebleken dat die dermate hoog is dat verder na-transport van de zaden zelf (nadat ze uit het drijvende materiaal zijn losgeraakt) verwaarloosbaar is (max. enkele meters, Orth et al. 1994). Er is bij de modelstudie telkens uitgegaan van ‘uitzaaiveldjes’ van 1 hectare. Op basis van veldgegevens van de Hond-Paap (data 2003) is een te verwachten zaadproductieaanbod berekend van ca. 3 miljoen zaden per hectare, wat als input is gebruikt voor de modelsimulaties. Aanname in de modelberekeningen is dat aan het einde van het groeiseizoen (September) hiervan 80% beschikbaar komt voor transport. Aan het diepte-gemiddelde 2D hydrodynamisch transport (berekend op basis van gegevens voor het jaar 1993) is voor het simuleren van transport van het drijvende zeegrasmateriaal (aan het wateroppervlak) als extra transportcomponent 3% wind-drag (actuele wind-reeks van het KNMI) toegevoegd (behalve wanneer het droogvalt). Voor een verdere gedetailleerde beschrijving van de modelaanpak, zie: Erftemeijer & Van Beek (2004) en Erftemeijer et al. (2008).

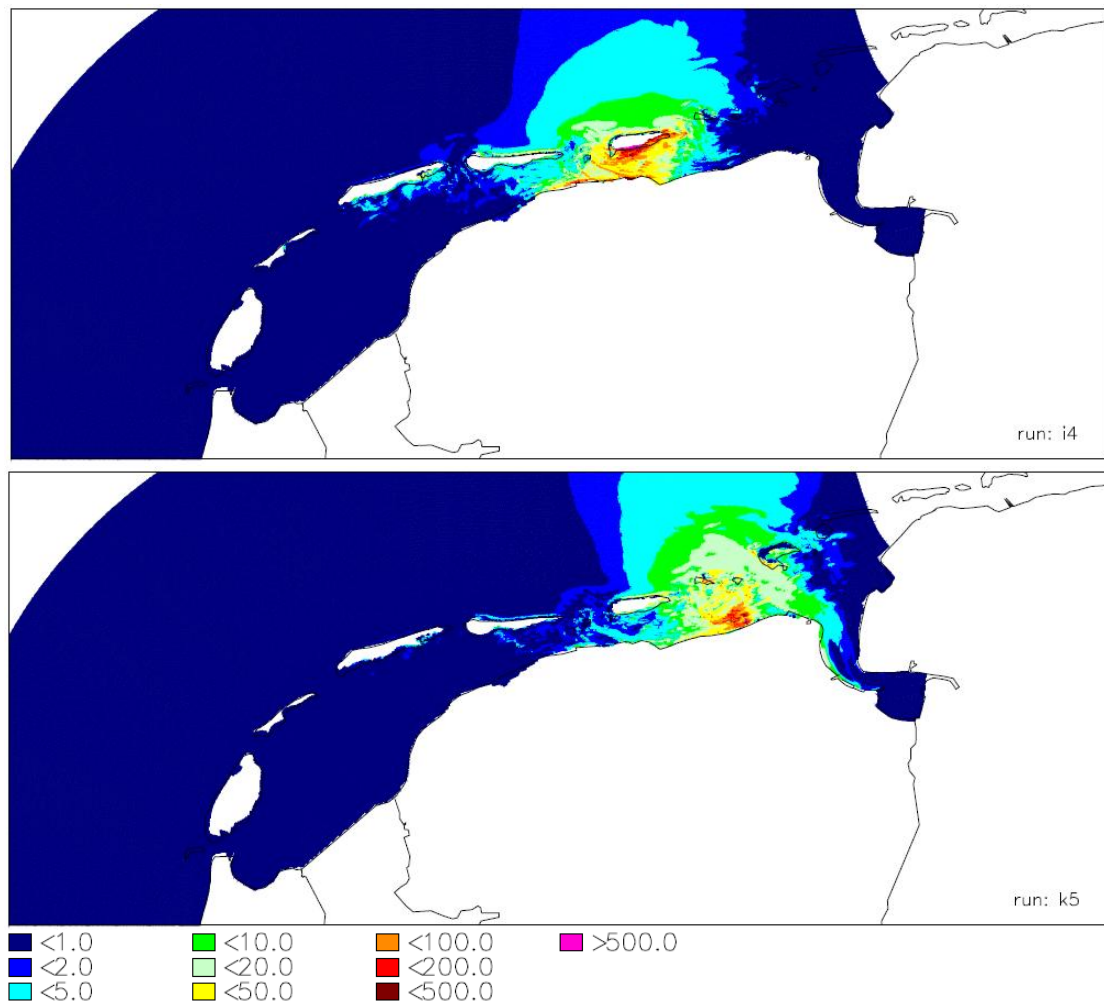


Figuur 2.11 Locatie van de 21 potentiële uitzaailocaties, zoals gebruikt voor de modelstudie naar zaadretentie. M1 = Mokbaai (Texel), I = eilandlocaties (I1:Texel, I2:Ameland, I3:Terschelling, I4:Schiermonnikoog, I5:Rottumeroog, I6:Rottumerplaat); P = 'open' wadplaten; K = kustlocaties (K1:Balgzand, K2:Friese Kust, K3:'Lauwersmeer', K4:Groningerkust-west, K5:Groningerkust-oost).

Voor een totaal van 21 verschillende potentiële uitzaailocaties (zie Figuur 2.11), die volgens de kansenkaart (zeer) geschikt zouden moeten zijn, is vervolgens door middel van 21 aparte modelsimulaties de mate van zaadretentie bepaald (telkens op basis van actuele wind-data voor 1993) [opmerking: het betreft hier dus retentie van nieuwgevormde zaden die aan het einde van het groeiseizoen – dus een jaar na het uitzaaien – beschikbaar komen voor natuurlijk transport, en dus niet om zaad uit de zaadzakken]. Deze 21 locaties omvatten 7 'eilandlocaties', 5 'kustlocaties' en 9 'open wadplaten'. Op basis van de door het model berekende verspreidingspatronen is gekeken naar zaadretentie binnen de Waddenzee als geheel, zaadretentie binnen het kombergingsgebied waartoe het desbetreffende inzaaigebied behoort, en zaadretentie binnen het uitzaaiveld zelf (in ons geval de gridcel² van het model van waaruit de zaaddragende stengels zijn losgelaten aan het begin van de modelsimulatie).

Twee voorbeelden van de resultaten van deze modelberekeningen zijn weergegeven in Figuur 2.12. De complete set van resultaten van deze modelberekeningen zijn toegevoegd in Appendix 1 (Figuren A.1 – A.7).

² Gridcelgrootte in model: ca. 12 hectare. Model berekent zaaddichtheid in aantallen per hectare.



Figuur 2.12 Twee voorbeelden van modelresultaten van zaadverspreiding: locatie i4: Schiermonnikoog (boven) en locatie k5: Groninger Kust – Oost (onder). Kleuren vertegenwoordigen klassen van zaaddichtheden (N / ha) als eindresultaat van zaadtransport vanuit 1 ha plots op verschillende locaties in de Nederlandse Waddenzee.

Op basis van deze modelresultaten is de retentie van zaden binnen de Waddenzee, kombergingsgebied en inzaaiveld voor elke modelsimulatie berekend. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 2.2.

Uit deze resultaten blijkt dat gemiddeld zo'n 39% van het zaadaanbod uit losgeslagen zaadstengels binnen de Nederlandse Waddenzee achterblijft (de overige 61% gaat verloren naar de Noordzee of Duitse Waddenzee). Er blijft gemiddeld ca. 26% van het zaad achter binnen het kombergingsgebied waarin ze zijn geproduceerd (de overige 13% wordt uitgewisseld over het wantij naar belendende kombergingsgebieden). De gemiddelde hoeveelheid zaden uit losgeslagen zaadstengels die exact terugkomen in het uitzaaigebied is ca. 1200 per hectare (minder dan 0.1% van totaal; zie Tabel 2.2)³. Er zijn aanzienlijke

³ Dit betreft alleen zaden die beschikbaar waren gekomen voor transport; zoals beschreven komt ca. 20% van de totale zaadproductie helemaal niet beschikbaar voor transport en blijft zowiezo achter in het uitzaaigebied, waardoor de hoeveelheid zaden hier dus hoger zal zijn dan berekend door het model.

verschillen tussen de diverse locaties. Gemiddeld vertonen de eilandlocaties een wat hogere retentie dan de platen en kustgebieden (zowel Waddenzee-breed als binnen het kombergingsgebied), met een verschil in de orde van enkele procenten. De zaadretentie binnen het uitzaaiveld is gemiddeld ongeveer twee keer zo hoog op de kust- en eilandlocaties dan op de platen, al zijn er behoorlijk grote verschillen tussen individuele locaties⁴.

Tabel 2.2 Samenvatting van modelresultaten voor zaadretentie in de NL^e Waddenzee (%), kombergingsgebied (%) en inzaaiveld (N/ha). (Locaties verwijzen naar zeegrasvelden van 1 ha die het jaar daarvoor met zaadzakmethode zijn ingezaaid).

Locatie	Kombergingsgebied	Retentie (%) in NL ^e Waddenzee	Retentie (%) in kombergingsgebied	Retentie (N/ha) op uitzaailocatie
i1	Eierlands gat	43%	17%	1893
i2	Vlie	60%	49%	1484
i3	Borndiep	48%	30%	850
i4	Zoutkamperlaag	49%	35%	1826
i5	Schild	27%	10%	810
i6	Eems-Dollard	25%	12%	1326
k1	Marsdiep	42%	37%	2789
k2	Borndiep	45%	36%	737
k3	Zoutkamperlaag	26%	17%	1706
k4	Lauwers	33%	15%	1741
k5	Lauwers	34%	17%	1000
p1	Eierlands gat	29%	17%	1109
p2	Vlie	41%	31%	724
p3	Vlie	51%	39%	507
p4	Vlie	58%	45%	535
p5	Borndiep	47%	37%	771
p6	Pinkegat	20%	8%	2074
p7	Zoutkamperlaag	42%	29%	254
p8	Eilander balg	26%	10%	1014
p9	Lauwers	27%	9%	861
m1	Marsdiep	42%	37%	2576
Gemiddeld		39%	26%	1266

Om de gevoeligheid van de modeluitkomsten voor de gekozen wind-drag nader te analyseren is voor een drietal locaties (I4, P7 en K4) de berekening nogmaals uitgevoerd voor 10 verschillende jaren (3% wind-drag op basis van actuele wind-reeksen voor die jaren). De resultaten van deze modelberekeningen zijn weergegeven in Appendix 1 (Figuren A.8 - A.10). Op basis van deze modelresultaten is voor elk van de drie locaties de retentie van zaden binnen de Waddenzee, kombergingsgebied en inzaaiveld voor alle 10 verschillende windscenario berekend. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 2.3. Hieruit blijkt welliswaar dat wind inderdaad een aanzienlijk effect kan hebben op de retentie van zaden (zie spreiding in getallen in Tabel 2.3), maar het blijkt ook dat 1993 – het jaar dat voor de eerder gepresenteerde modelberekeningen is gekozen – in de meeste gevallen een goed representatief (gemiddeld) beeld geeft. De percentages voor zaadretentie lijken maar in relatief geringe mate te worden beïnvloed door verschillen in wind-scenarios.

⁴ Aangezien de landaanwinningswerken als zodanig niet in het hydrodynamische model zitten (bijv. als extra ruwheid), is de zaadretentie bij zulke locaties (bijv. Groninger kust) in werkelijkheid waarschijnlijk hoger dan het model weergeeft, en daarmee ook hun geschiktheid als uitzaailocatie.

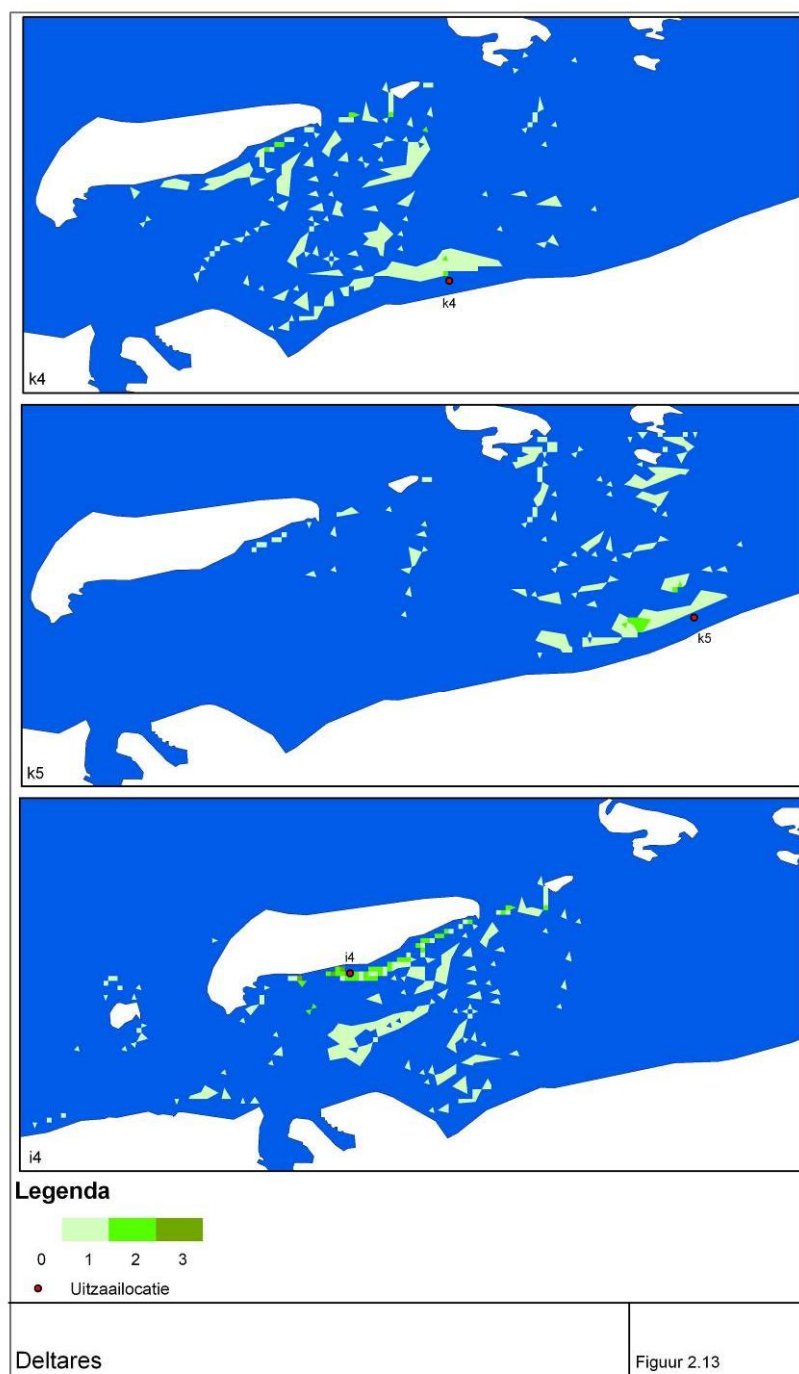
Tabel 2.3 Samenvatting van modelresultaten voor zaadretentie in de NL^e Waddenzee (%), kombergingsgebied (%) en inzaaiveld (N/ha) voor tien wind-scenarios (actuele wind-reeksen uit 10 opeenvolgende jaren), voor drie inzaailocaties in het gebied ten zuiden van Schiermonnikoog.

Locatie	Wind-scenario	Retentie (%) in NL ^e Waddenzee	Retentie (%) in kombergingsgebied	Retentie (N/ha) op uitzaailocatie
i4	1993	49%	35%	1826
	1994	43%	27%	1669
	1995	41%	28%	1964
	1996	40%	24%	1821
	1997	51%	28%	1596
	1998	36%	17%	1522
	1999	40%	23%	2006
	2000	46%	38%	2176
	2001	36%	26%	1914
	2002	47%	31%	1508
gemiddeld		43%	28%	1800
k4	1993	33%	15%	1741
	1994	42%	19%	1819
	1995	27%	14%	1749
	1996	31%	12%	1794
	1997	46%	22%	1866
	1998	41%	11%	1822
	1999	29%	13%	1538
	2000	21%	11%	1544
	2001	26%	13%	1742
	2002	48%	27%	2046
gemiddeld		34%	16%	1766
p7	1993	42%	29%	254
	1994	43%	26%	286
	1995	38%	25%	277
	1996	36%	21%	252
	1997	51%	30%	292
	1998	36%	16%	250
	1999	39%	21%	289
	2000	34%	28%	251
	2001	34%	25%	273
	2002	46%	31%	294
gemiddeld		40%	25%	272

Kansen op verdere natuurlijke kolonisatie

Om het rendement van de uitzaaiplots voor natuurlijke kolonisatie te bepalen, zijn de modelresultaten voor zaadretentie geïntegreerd⁵ met de zeegraskansenkaart met behulp van het modelinstrument HABITAT. Het is namelijk vooral van belang om inzicht te hebben in hoeveel van de zaadretentie binnen de Waddenzee ook daadwerkelijk op voor zeegrasgroei geschikt gebied terecht komt. Dit bepaalt uiteindelijk de werkelijke kans voor uitbreiding van het zeegrasareaal in de Waddenzee op de langere termijn. Drie voorbeelden van de resultaten van deze integratieslag zijn weergegeven in Figuur 2.13.

5. Deze integratieslag ('overlay') betreft een vermenigvuldiging van zaaddichtheid (N/ha) met habitatgeschiktheid (%)

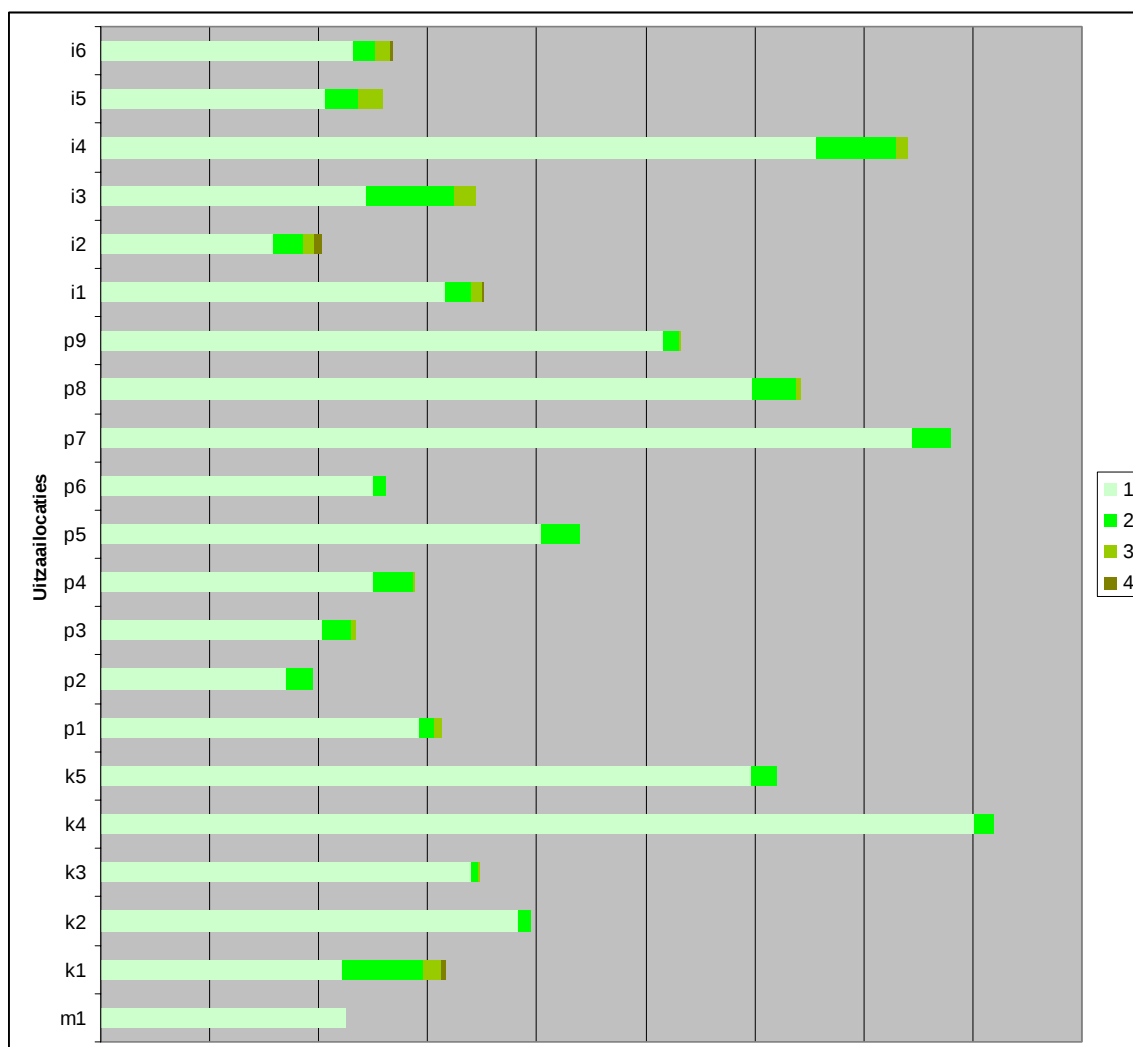


Figuur 2.13 Potentiële uitbreiding van zeegrasareaal (op basis van integratie modelresultaten van zaadverspreiding en kanskaart) voor drie potentiële uitzaallocaties: k4, k5 en i4 (nB: indien op elk van deze locaties zeegras wordt gerestaureerd, dan zullen de natuurlijke uitzaaiingen vanuit die verschillende locaties – met name i4 en k4 – elkaar versterken). Groen gekleurde gebieden zijn gebieden die geschikt zijn voor zeegrasgroei en ook daadwerkelijk zaad ontvangen. Kleurintensiteit is afhankelijk van de mate van geschiktheid en hoeveelheid zaad die het gebied bereikt. Legenda (klassen): 1 = <50 kiemende zaden per ha; 2 = 50-200 kiemende zaden per ha; 3 = 200-500 kiemende zaden per ha; 4 = >500 kiemende zaden per ha.

Op basis van deze integratie is de potentiële regeneratie (uitgedrukt als aantallen 'kiemende zaden' per ha) voor elk van de 21 potentiële uitzaailocaties berekend. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 2.4 en Figuur 2.14.

Tabel 2.4 Klassificering van potentiële uitzaailocaties op basis van geschiktheid van het gebied waar het verspreide zaad terecht komt. Hoe hoger de score, des te gunstiger het gebied en des te groter de kans op verdere regeneratie en uitbreiding van het zeegrasareaal. De getallen geven per klasse het aantal gridcellen weer. Legenda (klassen): 1 = <50 kiemende zaden per ha; 2 = 50-200 kiemende zaden per ha; 3 = 200-500 kiemende zaden per ha; 4 = >500 kiemende zaden per ha.

Klasse	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
1	146	85	102	125	202	125	372	299	258
2	7	12	13	18	18	6	18	20	7
3	3		2	1				2	1
4									
Klasse	i1	i2	i3	i4	i5	i6			
1	158	79	122	328	103	116			
2	12	14	40	37	15	10			
3	5	5	10	5	11	7			
4	1	3				1			
Klasse	m1	k1	k2	k3	k4	k5			
1	112	111	191	170	401	298			
2		37	6	3	9	12			
3		8		1					
4		2							

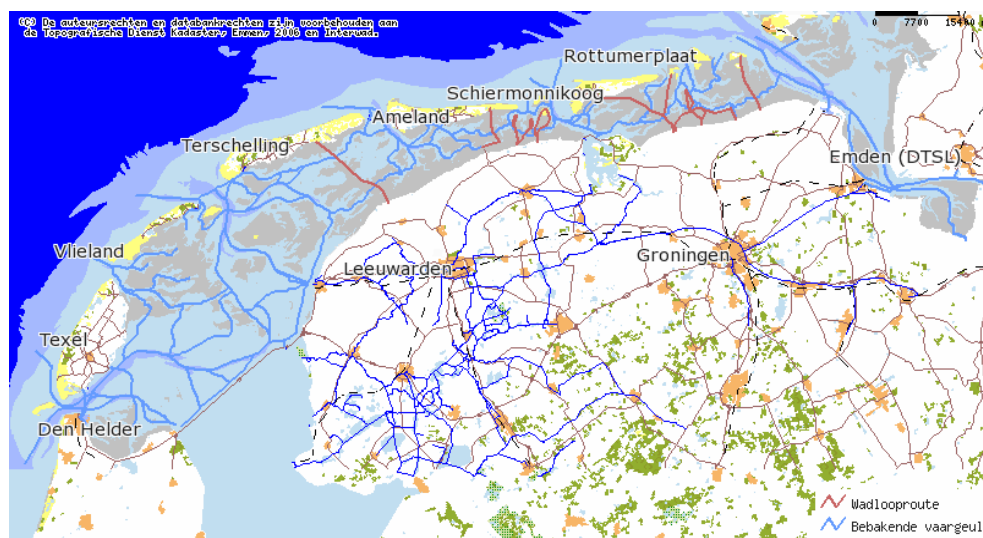


Figuur 2.14 Klassificering van potentiële uitzaailocaties op basis van geschiktheid van het gebied waar het verspreide zaad terecht komt. Waarden langs de x-as komen overeen met de totaal-score per locatie, zoals in Tabel 2.4 in detail samengevat. Hoe hoger de score, des te gunstiger het gebied en des te groter de kans op verdere regeneratie en uitbreiding van het zeegrasareaal. Legenda (klassen): 1 = <50 kiemende zaden per ha; 2 = 50-200 kiemende zaden per ha; 3 = 200-500 kiemende zaden per ha; 4 = >500 kiemende zaden per ha.

Hieruit blijkt dat een aantal locaties duidelijk het meeste rendement lijken op te leveren, waaronder (als top 5): k4 (Groningerkust-west), i4 (Schiermonnikoog), de platen p7 en p8, en k5 (Groningerkust-oost).

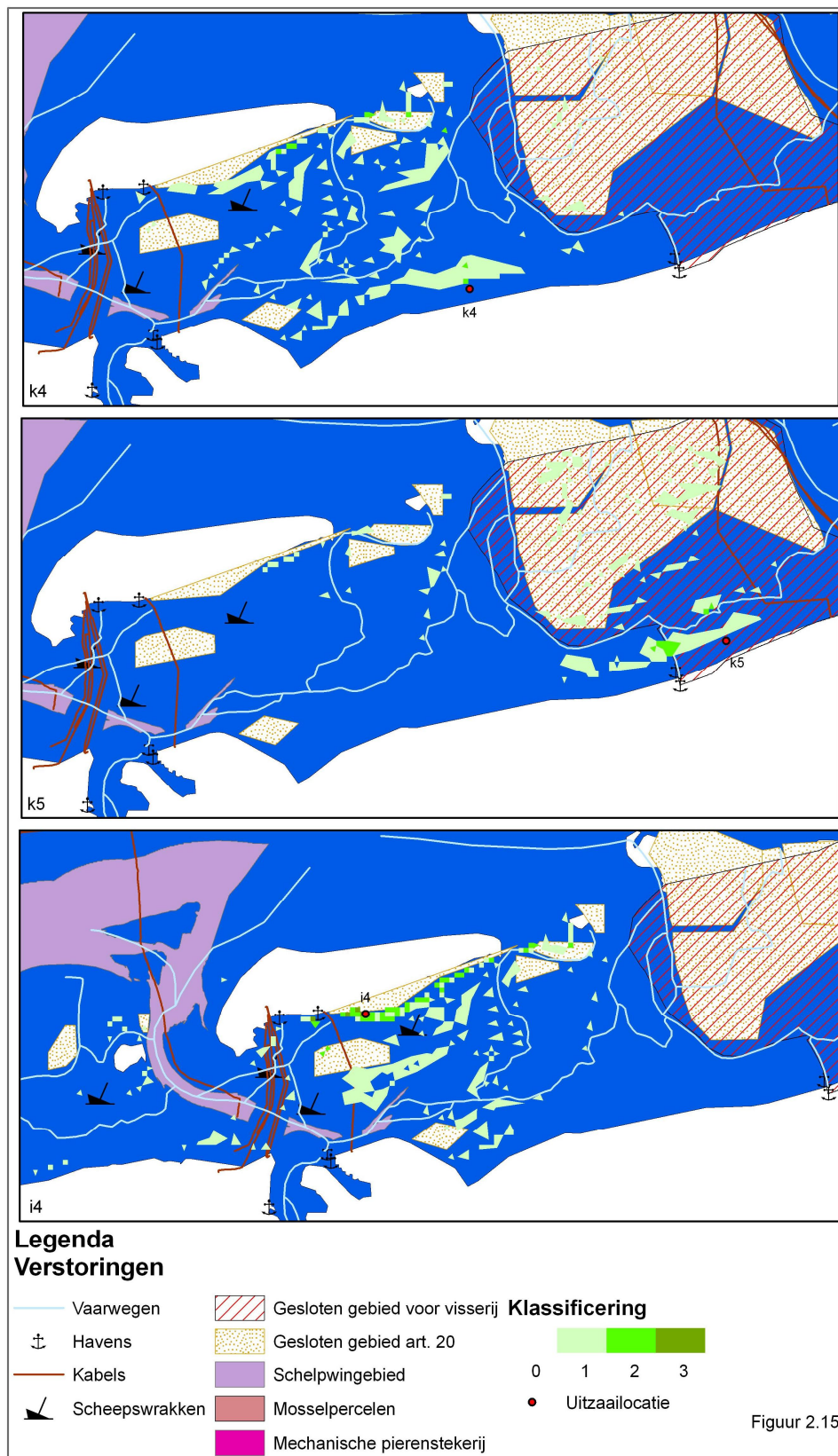
Verstoringsrisico's

Voor het uiteindelijk bepalen van de meest geschikte uitzaailocaties moet ook nog rekening worden gehouden met potentieel versturende activiteiten die er in het gebied plaatsvinden. Zo vinden er verschillende vormen van visserij plaats, zoals bodemberoerende visserij, mosselzaadinvang, mechanische pierenstekerij en hand-kokkelvisserij. De bodemberoerende visserij is niet in alle gebieden toegestaan. Naast visserij worden er ook schelpengewonnen en vinden er verschillende vormen van recreatie plaats. De meeste vormen van recreatie zoals zeilen en sportvissen zullen geen effect hebben op de uitzaailocaties. Wel moet er rekening gehouden worden met de wadlooproutes. Deze lopen voornamelijk langs de kust en tussen de eilanden en het vaste land (zie Figuur 2.15). Tot slot zijn er gebieden die niet betreden mogen worden (art. 20 gebieden) of gesloten zijn voor de visserij. Ook liggen er verschillende scheepswrakken en leidingen en kabels tussen de eilanden en het vaste land.



Figuur 2.15 Wadloop routes in de Nederlandse Waddenzee

Voor drie geselecteerde (potentiële) uitzaailocaties zijn in de onderstaande figuur de verstoringen weergegeven.



Figuur 2.16 Mogelijk verstorende activiteiten in omgeving van 3 potentiële uitzaailocaties.

Overige aspecten om rekening mee te houden

Naast de eventuele verstoringen door activiteiten of de ligging van leidingen en wrakken zijn er nog een aantal aanvullende aspecten welke invloed kunnen hebben op de keuze van de uitzaailocaties. Op de eerste plaats is het belangrijk om risico's te spreiden, m.n. met betrekking tot jaar-tot-jaarverschillen in macroalgenontwikkeling (van Katwijk et al. 2009). Door bijvoorbeeld twee locaties vlak bij elkaar met een iets andere expositiehoek ten opzichte van wind en golven te kiezen, is de kans klein dat beide locaties in een slecht jaar overdekt raakt met indrijvende macroalgen. Als één van de locaties overdekt raakt en een groot deel van de zaadproductie kwijtraakt (van Katwijk et al. 2010), dan kan deze plek weer vanuit de andere locatie geherkoloniseerd worden. Daarom is het ook belangrijk om deze locaties relatief dicht bij elkaar te kiezen. Op deze manier vergroot je de robuustheid van het aanplantgebied, je spreidt risico's. Dit is belangrijk in dynamische systemen zoals de Waddenzee. Voorts kan de aanwezigheid van mosselbanken in de omgeving van het uitzaaigebied mogelijk zorgen voor een positieve feedback tussen het zeegras en bestaande (of aan te leggen) mosselbanken (Bos & van Katwijk 2007, Reise & Kohlus 2008). De eventuele aanwezigheid van recente zeegraskolonisaties nabij de uitzaailocaties (meestal van geringe omvang) is daarbij een positieve factor, die de geschiktheid van deze locaties voor zeegrasgroei bevestigt. Bovendien kunnen dit soort kleine kolonisaties door de inzaaiproef worden versterkt. Wanneer er echter al een bestaand zeegrasveld ligt, is het niet zinvol om de uitzaailocatie daar te plaatsen. Tot slot zullen adviezen van gebiedsexperts voor een verfijnde, meer gedetailleerde gebiedskeuze worden gebruikt (incl. logistieke overwegingen, bereikbaarheid, mogelijkheden tot samenwerking gebiedsbeheerder). Gebiedsexperts kunnen mogelijk ook aangeven of er sprake kan zijn van risico's i.v.m. begrazing door ganzen of bioturbatie.

Voorlopige selectie van uitzaailocaties

Op basis van de diverse hiervoor besproken selectie-stappen, alsmede de adviezen van enkele gebiedsexperts (Dick de Jong, Art Groeneweg, Tjisse van der Heide), is een voorlopige selectie gemaakt van enkele 'meest geschikte' uitzaailocaties voor de zeegrasproef (2 langs Groninger kust en 2 onder Schiermonnikoog; zie Figuur 2.17 en 2.18):



Figuur 2.17 Potentiële uitzaalocaties langs de Groninger kust bij gasstation (1) en Noordpolderzijl (2)



Figuur 2.18 Potentiële uitzaalocaties op Schiermonnikoog bij de veerboothaven (1) en de jachthaven (2).

Vergunningsprocedures en afstemming met andere lopende of geplande projecten (o.a. in samenspraak met Natuurmonumenten) zullen uiteindelijk bepalen in hoeverre deze locaties in aanmerking komen voor de uiteindelijke uitzaairoef. Op Schiermonnikoog kan eventueel nog worden overwogen om uit te wijken naar een plek achter de Mosselbank onder Schier (Anky Woudstra, pers. Comm.).

Daarnaast is tijdens een expert-overleg ook het Balgzand voorgesteld als kanshebbende locatie. Welliswaar komt deze locatie niet als een van de meest geschikte gebieden uit de analyse, omdat hier relatief minder (voor zeegras) geschikt habitat in de nabije omgeving beschikbaar is dan bij sommige andere gebieden. De retentie van zaden is in dit gebied echter een stuk gunstiger (zie Tabel 2.2 en ook Figuur A3 in Appendix 1, bovenste paneel). Bovendien is dit een gebied dat van nature niet meer (of heel moeilijk) zaad kan ontvangen vanuit bestaande restpopulaties. Verder biedt het Balgzand logistieke voordelen (bereikbaarheid, eerdere ervaringen) en zijn er hier mogelijkheden om locaties met iets verschillende expositiehoek te kiezen.



Potentiele uitzaailocaties op het Balgzand (lijntje = 1 km).

2.4 Methodiek

2.4.1 Keuze restoratietechniek: Buoy Deployed Seeding (BuDS)

In de Verenigde Staten zijn goede resultaten behaald met een recentelijk ontwikkelde innovatieve methode voor zeegrasrestoratie, de zgn. “Buoy-Deployed Seeding” (BuDS, vrij vertaald als “drijvende zaadzakken” methode). Pickerell et al. (2005, 2006) hebben deze toegepast in San Francisco Bay aan de westkust, Orth et al. (2006b) in Chesapeake Bay en Delmarva Bay aan de oostkust. Deze methode biedt ook perspectief voor (grootschalig) zeegrasherstel in de Nederlandse Waddenzee. Bij deze in de praktijk bewezen methode wordt een deel van de zaadproductie uit een bestaand zeegrasveld geoogst en aangebracht in verankerde drijvende zakken (netten) boven voor zeegrasgroei geschikte gebieden (zie foto's) met als doel het verlies van zaad door wegdrijven van plantenmateriaal te minimaliseren.

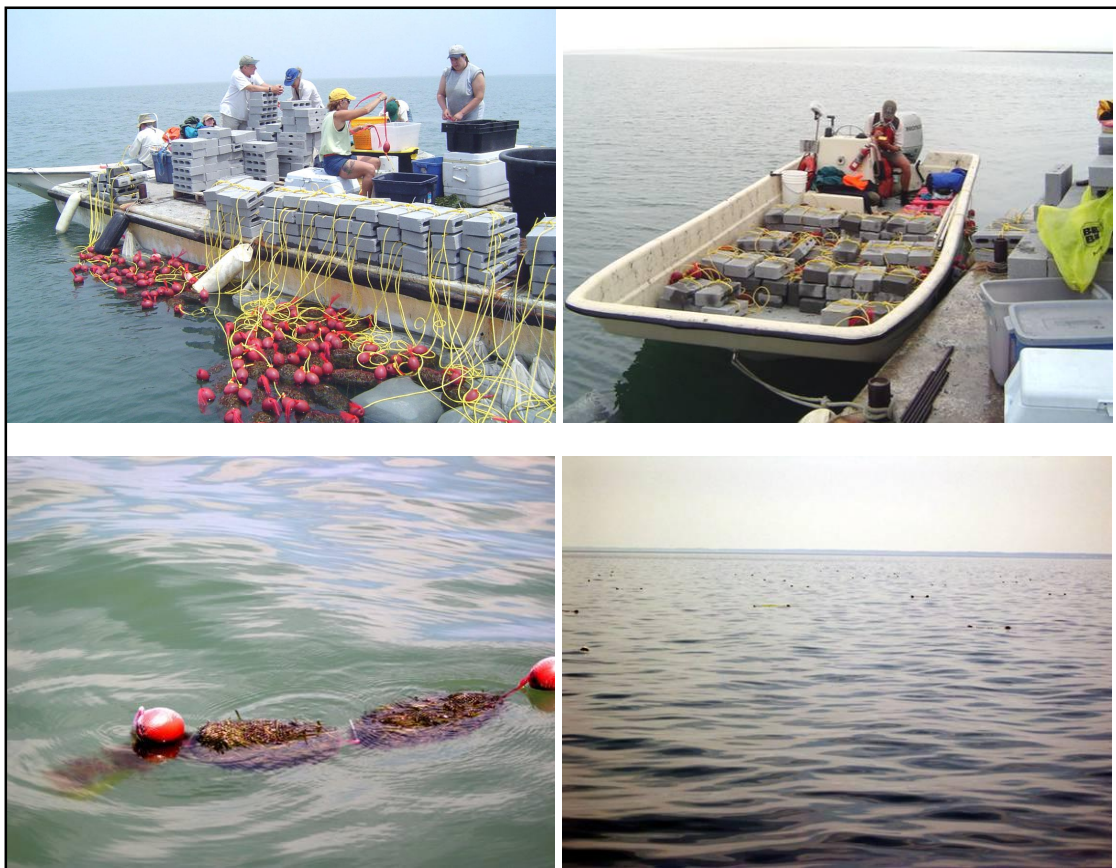


Photo credits: Bob Orth

Het voordeel van deze methode is dat er relatief weinig faciliteiten voor nodig zijn en het makkelijk uit te voeren is met vrijwilligers, waardoor de kosten ook beperkt kunnen worden. Grootschalig handmatig uitzaaien heeft weliswaar een mogelijk hoger succespercentage (5% handmatig tegen 1% BuDS op dezelfde locatie, Marion & Orth 2010), maar vereist het opslaan en scheiden van zaden en zaadstengels in grote tanks met stromend vers zeewater. Het succespercentage van BuDS ligt overigens vaak hoger dan deze 1%: 6,9% volgens Pickerell et al (2005), 5-10% (geschat) volgens Orth et al. (2006b).

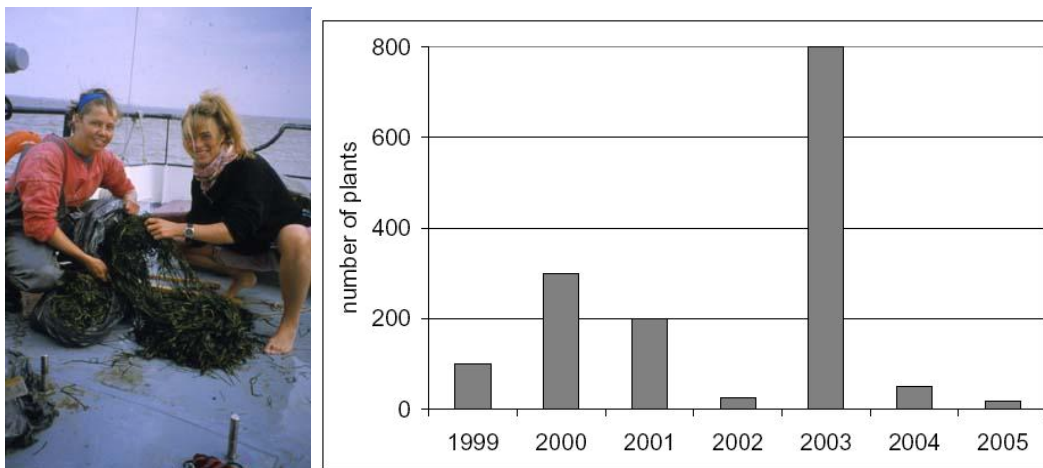
Praktijkervaringen met zaadstengels in Nederland

- 1989-1996 Zaadstengels verzameld voor zaadexperimenten

Tussen 1989 en 1996 zijn er geregeld zaadstengels verzameld voor kiemings-experimenten op de Radboud Universiteit Nijmegen. De hoeveelheden oogstbare zaden varieerde sterk van jaar-tot-jaar en van populatie tot populatie (pers. obs. MvK). Een voorbeeld: In september 1989 werden zaadstengels verzameld uit het Grevelingenmeer (ca. ¼ vuilniszak) waaruit ongeveer 10.000 zaden werden gehaald, terwijl een vergelijkbare hoeveelheid zaadstengels in 1990 nog geen 1000 zaden opleverde.

- 1998 Een vuilniszak vol zaadstengels van Eems naar Balgzand

Eén vuilniszak verzameld op de Hond/Paap in september 1998 in de Eemsmonding (Figuur 2.19) leverde circa 100 planten op het Balgzand. De zak werd op het wad uitgekieperd, geen boei) of andere verankering in december 1998. Daarna is deze aanplant succesvol geweest, vooral in jaren zonder macroalgenwoekering eind augustus (van Katwijk et al. 2009).



Figuur 2.19 Groot Zeegras planten, in september 1998 verzameld op de Hond/Paap en in december uitgestort op het Balgzand, hebben zich op het Balgzand een aantal jaren gehandhaafd.

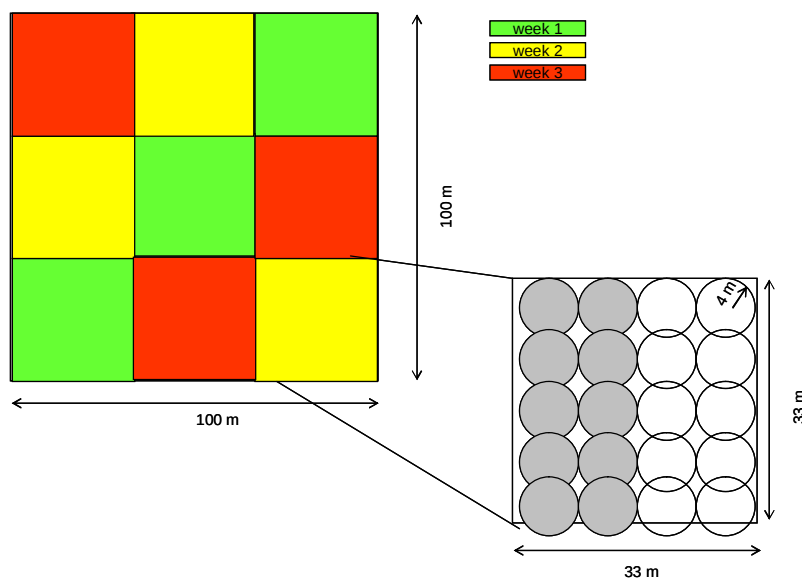
- 2002-2003 zaadstengel-experimenten:

In deze periode zijn een aantal pogingen gedaan om zaadstengels onder netten aan te brengen op het Balgzand (Bos & van Katwijk, 2005). Deze experimenten waren niet succesvol, wat mogelijk te verklaren is omdat de locatie meer oostelijk, zandiger en meer geëxponeerde was dan bij de succesvolle donatie in 1998. Ook het donormateriaal was van een minder goede kwaliteit. De planten (afkomstig van dezelfde donorpopulatie op de Hond/Paap) waren half zo groot als de planten die in 1998 waren verzameld (de Eemsplanten gingen in die jaren niet alleen in areaal achteruit, maar ook in omvang van de individuele planten zelf, pers. obs. MvK en pers. comm. Art Groeneweg, Karin Hermus).

2.4.2 Experimentele set-up

Om de kansen op succes te vergroten (risico-spreiding) wordt een 3x3x3 set-up voorgesteld: 3 uitzaailocaties, 3 donorlocaties en 3 tijdstippen. De keuze van de gebieden is reeds behandeld, de keuze van de tijdstippen wordt gebaseerd op het rijpen van zaden op de donorlocatie. Dit verschilt per jaar binnen een aantal weken, bovendien zijn niet alle zaden in

een veld op hetzelfde moment rijp. Door de oogstperiode over drie tijdstippen te spreiden wordt de kans vergroot om zo veel mogelijk rijp zaad te verzamelen. Door het mixen van zaad van drie donorlocaties is de kwaliteit van het zaad zo evenwichtig mogelijk. Het is in deze studie niet de bedoeling om het succes van kiemen te herleiden tot de donorlocatie of het tijdstip van oogsten; het succes van het herstel, en daarmee praktische overwegingen, staan voorop. De uiteindelijke verspreiding gaat volgens een 'random' gekozen verdeling volgens het volgende patroon (Figuur 2.20):



Figuur 2.20 Random verspreidingspatroon van verzameld materiaal per uitzetlocatie. Elke cirkel⁶ beschrijft de invloedssfeer rondom de plaats van een 'zaadzak' (BUD). Witte cirkels = BuDs met vers geplukt materiaal; grijze cirkels = BuDs met aanspoelsel (vermoedelijk alleen bij 3^e tijdstip).

Er zijn 3 tijdstippen van transplantatie, en 2-4 donorvelden. Donormateriaal van verschillende locaties wordt gemengd alvorens het in het veld uit te zetten. Materiaal van verschillende weken wordt aangebracht volgens het schema in Figuur 2.21. Indien naast vers geplukt materiaal ook aanspoelsel ('wrack') kan worden gebruikt (vermoedelijk alleen bij 3^e tijdstip), zullen deze in de experimentele set-up apart van elkaar worden aangebracht (Figuur 2.20).

Pickerell et al. (2005) gebruikten BuDS met ca. 200 zaadstengels per stuk. Bij 35 zaden per scheut betekent dit 7000 zaden per BuDS. Als 2% (=140 planten) van deze zaden lokaal ontkiemt (zie volgende paragraaf) kan 56 m² voorzien worden van een bedekking van 7%. Voor het bestrijken van een cirkel met deze oppervlakte is een straal van 4,22 meter nodig. De verdeling is niet homogeen, aangezien de spreiding van de zaden zich zal concentreren op de rand van deze cirkel waar het net zich bevindt. Door het getij zal de straal van de cirkel⁶ wel enigszins variëren, wat de spreiding ten goede komt.

In totaal moeten dus 540 BuDS met een straal van circa 4 meter over drie locaties verspreid in het litoraal worden geplaatst (de berekeningen hiervoor staan in het vervolg), wat neerkomt op 180 BuDS per locatie, en 60 per locatie per keer. Deze 60 praktisch verdelen over drie vierkanten betekent 20 per vierkant, wat het makkelijkst te realiseren is door middel van een 4x5 grid (zie Figuur 2.20).

6. In de praktijk zullen de verspreidingspatronen mogelijk vooral ellipsvormig zijn door eb-vloedstroom

2.4.3 Hoeveelheid benodigd vers materiaal

Het streven is om op drie uitzaailocaties van elk 1 hectare⁷ een zelfde dichtheid te realiseren als eind jaren 1990 begin jaren 2000 op de Hond-Paap heeft gestaan, te weten 7%⁸ ofwel 2,5 plant per m² (hier beschouwd als 'natuurlijke' dichtheid voor het litoraal in de Nederlandse Waddenzee). De hoeveelheid zaden die hier voor nodig is, is sterk afhankelijk van hoeveel procent van de zaden daadwerkelijk zal ontkiemen. In paragraaf 2.2.4 is ingegaan op de verschillende verliesposten die optreden tussen de zaadproductie het uiteindelijk ontstaan van 1 volwassen plant die weer zaden produceert. Gemiddeld over het noordelijk halfrond produceert 1 plant Groot Zeegras ongeveer 100 zaden, waaruit uiteindelijk weer 1 volwassen plant ontstaat. In onze methode vervalt de verliespost van de wegdrijvende zaadstengels want wij verzamelen die. Dit is circa 20% (paragraaf 2.2.3). Daar staat tegenover dat (1) niet alle zaadstengels verzameld worden, ze rijpen namelijk over een periode van 2 maanden, je hebt dus altijd een deel waar het zaad al uit is gevallen en een deel dat niet meer rijp wordt (schatting: 40-50%); een deel van de zaden door de behandeling zelf verloren zal gaan (vervoer, tussentijds uitvallen in de periode tussen verzamelen en ophangen in het water); Orth et al schatten dit op 50%. Ook is het zo dat de planten in Sylt waarschijnlijk geen 100 zaden produceren, het zijn vrij ijle, kleine planten in vergelijking met bijvoorbeeld de Hond-Paap populatie begin jaren 2000 (pers. obs. M.M. van Katwijk). Naar schatting is dit niet meer dan 50%. Dus $20\% - (50\% \times 40\% - 50\% \times 40\% - 50\%) = 1.6 - 2.5\%$.

Een andere methode van berekening is om de kiemingspercentages zelf te vergelijken. Zoals onderstaande tabel (Tabel 2.4) laat zien verschillen de waarden in de literatuur sterk, met 1% als ondergrens en 15% als bovengrens, gemiddeld 8% (zie ook paragraaf 2.2.3). Als je de verliezen ten gevolge van de methode zelf beschouwt (50% verlies), en rekent dat ongeveer de helft van de potentiële 100 zaden in de geoogste periode (bijna) rijp is, kom je op 2%.

Beide berekeningsmethodes houden rekening met ruim ingeschatte verliezen en komen dan ongeveer op een slagingspercentage van 2% uit. Een hoger slagingspercentage zou waarschijnlijk te optimistisch zijn voor een eerste proef met deze methode in een relatief marginaal en dynamisch milieu als de intergetijden-platen in de Waddenzee.

2.4.4 Benodigde hoeveelheid materiaal indien 'wrack' wordt gebruikt

Het gebruik van aangespoeld materiaal ('wrack') in plaats van het oogsten van zaadscheuten wordt in deze studie ook overwogen omdat het verse donormateriaal mogelijk schaars is en uit wettelijk beschermde gebieden zal moeten worden gehaald. Echter, in de VS zijn hiermee zeer lage zaadopbrengsten behaald, en een proef met aanspoelsel uit Sylt (zie paragraaf 2.2.2), leek ook een aanzienlijk lagere opbrengst op te leveren (4000 zaden uit anderhalve vuilniszak). Vers geplukte zaadstengels leveren naar verwachting ongeveer 5 - 20x meer op per volume, nl. 20,000 - 80,000 zaden per vuilniszak). Het is daarom belangrijk om in het geval van 'wrack' alleen zo recent mogelijk aangespoeld materiaal te gebruiken, en indien mogelijk ook zoveel mogelijk vers geplukt materiaal mee te nemen (afhankelijk van de toestand en omvang van de donorvelden en vergunningverlening). Het is dan zowiezo

7. Hiermee wordt beantwoord aan uitgangspunten 1 en 4 van de projectfilosofie (zie paragraaf 2.1)

8. Een dergelijk bedekkingspercentage voorkomt bovendien pollenlimitatie voor de bestuiving van de zeegrasplanten, wat voor Groot Zeegras in de Waddenzee waarschijnlijk optreedt bij bedekkingen van minder dan 5% (Reusch, 2003).

noodzakelijk om een veelvoud (bijv. 5x zoveel) aan volume van het aanspoelsel te verzamelen dan wanneer vers geplukt materiaal gebruikt zou worden.

Tabel 2.5 Ontkiemingspercentages van zaden van *Zostera marina* uit literatuur (zie ook Tabel 2.2)

Bron	ontkiemings %-age	Opmerkingen
Granger et al. 2002	5-15%	In het veld
Hemminga & Duarte 2000	1-10%	Van echte velden, dus verlies door schade, bedekking, weinig kiemkracht, predatie en wegspoelen
Inglis 2000	50-90 %	Maxima uit 25 bronnen
Pickerell et al. 2005	>6.9%	Van BuDS
Fishman & Orth 1996		To 65% verlies door predatie
Orth et al. 1994	10-40%	Enige bedekking lijkt gunstig
Orth et al. 2003	0.6-15.4% small plots 1999, 3.3-9% small plots 2000, 4.3-13.9% large plots	Uitzaaien, microtopography is belangrijk
Orth et al. 2004	5-10% of broadcasted seeds and floating bags	Geschat. Zowel gezaaid als uit zakken. Waterkwaliteit goed; zaad aanvoer was beperkend.
Orth et al. 2009	1-7%	Met gel en zaad plant-machine werkt iets beter
Marion & Orth 2010	1% with BuDS, 5% hand	
van Lent & Verschuure 1994	1-2%	Natuurlijke situatie in Zeeuws Delta, nauwelijks getij

Zaadstengels oogsten

Voor de beschikbaarheid van zaden wordt in deze studie uitgegaan van 100 zaden per plant wanneer het geoogst wordt uit een bestaand veld. Dit is een voorzichtige schatting gebaseerd op eigen bevindingen (van Katwijk, ongepubliceerd; Erftemeijer, 2004) op Hond/Paap, Terschelling, Balgzand en in de Grevelingen, tellingen van Van Lent & Verschuure (1994) in het Veerse Meer en de Zandkreek en van Keddy (1987) in Nova Scotia (VS), allen aan eenjarig groot zeegras (zie ook paragraaf 2.2.4). Deze 100 zaden per plant corresponderen (grofweg) met iets meer dan drie zaadscheuten per plant, welke elk 35 zaden bevatten. Bij een bedekking van 7%, wat overeenkomt met 2,5 plant per m², levert dit 250-300 zaden per vierkante meter op.

Karteringen op Sylt geven vier donorlocaties, waarvan degene met het meeste Groot Zeegras (Tonnenlegerbucht) een bedekking heeft van 45% (75% *Z. marina* bij een totale bedekking van 60-80%; Bron: Tobias Dolch, AWI), ofwel 16 planten per m². Dit levert per m² circa 48 zaadscheuten met 1770 zaden op. Met 3.750.000 benodigde zaden (107.000 scheuten) dient 2200 m² geoogst te worden; 5,8% van het 3,8 hectare grote veld. Aangezien de hoeveelheid

zaad behoorlijk kan variëren en het wel erg belangrijk is dat er voldoende zaadscheuten worden verzameld, verdient het aanbeveling de ingezamelde hoeveelheid zaad direct ter plaatse te schatten door enkele proefmonsters uit te zoeken.

2.4.5 Verzamelen en transport van het materiaal

Verdeeld over drie bezoeken dient per keer voor ca. 200 BuDS aan materiaal meegenomen worden. Hierbij is uitgegaan van ca. 1000 zaadscheuten per persoon per uur en 4 werkbare uren per dag (dit houdt in dat er minimaal 9 oogsters per keer nodig zijn). Dit materiaal past in circa 16 vuilniszakken van 50L, wat makkelijk in een busje te vervoeren is. Elke vuilniszak bevat genoeg materiaal voor 12,5 BuDS. Het geoogste materiaal wordt niet opgeslagen maar direct naar Nederland vervoerd om de volgende dag gebruikt te worden. In vuilniszakken blijft dit voldoende vochtig en niet te warm. Bij extreem warm weer moet evt. ijs gehaald worden. Vervoer van personen wordt zoveel mogelijk beperkt door met enkele AWI medewerkers en lokale vrijwilligers te werken. Sub-samples van het materiaal (zowel vers geplukt als aanspoelsel) zullen per keer worden meegenomen naar het NIOO (Yerseke) voor nadere analyse (totaal ca. 72 samples), waar ze in emmers met beluchting zullen worden bewaard en in februari uitgezocht, waarbij de zaden zullen worden geteld en gebruikt voor een kiemingstests. Indien (afhankelijk van vergunningverlening) alleen aanspoelsel mag worden gebruikt, zal dit leiden tot een aangepaste planning en logistiek (zie draaiboek - Hoofdstuk 3).

2.4.6 BuDS: ontwerp, vervaardiging, plaatsing en verwijdering

Ontwerp

Er wordt zoveel mogelijk vast gehouden aan het ontwerp van Pickerell et al. (2005), wat in over het algemeen rustige omstandigheden in de VS getest is. Om er zeker van te zijn dat het ontwerp ook voor dit project in Nederland voldoet is een Programma van Eisen (PvE) opgesteld met hydrodynamische, functionele en operationele criteria, zie Bijlage (Appendix 2).

Het ontwerp (Figuur 2.21) dat hieruit volgt bestaat uit een net van 33x48 cm waarin 200 scheuten en een drijver worden geplaatst (ca. 7000 zaden; 2 l bij gebruik van alleen zaadscheuten, 4 l bij slecht gesorteerd aanspoelsel; Marion & Orth 2010). De mazen van het net zijn groot genoeg om zaden door te laten, maar scheuten vast te houden. Met een touw van enkele meters lengte (afhankelijk van de lokale waterdiepte bij hoogwater) wordt deze drijvende zak aan een verankering bevestigd in het litoraal. Deze verankering kan een bouwbetonblok van ca. 7 kilo zijn bij plaatsing in zandig sediment vanaf een boot, of van te voren geslagen houten palen met touwen ertussen in slikkige kwelders, aan te leggen door kwelderwerkers. Bij het gebruik van ankerblokken is een stuk tuinslang nodig om te voorkomen dat het touw doorschuurt.



Figuur 2.21 Ontwerp en constructie van een 'zaadzak' (BuDS) (Photo Credits: Chris Pickerell).

Op basis van de berekeningen in de voorgaande paragraaf zijn in totaal circa 540 BuDS nodig. Tabel 2.5 geeft aan wat hiervoor aan materiaal nodig is, en een indicatie van de kosten. Kosten voor het eventueel plaatsen van ankerpalen in kweldervakken (als alternatief voor de stenen) zijn hierin niet meegenomen.

Tabel 2.6 BuDS-materiaal: aantallen en kosten

Wat	Aantal/lengte BuDS	eenheidsprijs	Kosten per BuDS	Aantal/lengte totaal
Touw	7	0.15	1.05	4200
Zak	1	0.14	0.14	600
Anker	1	0.80	0.80	600
Boei	1	0.80	0.80	600
Tuinslang	0.5	0.58	0.29	300
Aantal BuDS			3.10	600

Gedurende de voorbereidingsperiode zal de stevigheid van het ontwerp getest worden, alsmede verschillende manieren om deze handig en snel in elkaar te zetten. Momenteel wordt nog gezocht naar de juiste onderdelen en leveranciers. De precieze afmetingen en ankermethode worden bepaald als de locaties en leveranciers definitief bekend zijn.

Vervaardiging

Het in elkaar zetten van de BuDS is simpel en kan ter plekke van de uitzaailocatie door vrijwilligers gedaan worden. Er zal gezocht worden naar opslagmogelijkheden voor materiaal in de buurt van deze locaties, zodat e.e.a. van te voren en eenmalig aangevoerd kan worden. De BuDS eerder fabriceren is ook mogelijk, maar dan is het transport volumineuzer. Voor de

fabricage is simpel gereedschap nodig: meetlint, een tang/schaar/mes om touw en tuinslang op maat te maken, evt. tie-wraps om netten dicht te maken en touw te bevestigen en bijv. plastic bloempotten van 2 l om de hoeveelheid zaadscheuten af te passen.

Plaatsing

Plaatsing van de BuDS kan alleen tijdens laag water, tenzij gebruik gemaakt wordt van ankerblokken. Vanwege hun gewicht is plaatsing vanaf een boot (bijv. platbodem of zodiac) wellicht eenvoudiger, en dan dient bij hoogwater te worden gewerkt. De BuDS worden geplaatst volgens een vast stramien (zie Figuur 2.20), vast te stellen met behulp van GPS en/of meetlinten, waarbij de positie van elke BUD wordt ingemeten.

Verwijdering

Het verwijderen van de BuDS dient met zo min mogelijk verstoring gepaard te gaan. Waar deze met stenen (ankers) zijn aangebracht kunnen ze bij hoog water vanuit een boot opgevist worden. Bij een verankering met touw en palen kunnen de touwen tijdens laag water losgemaakt/doorgesneden worden; de houten palen⁹ kunnen blijven staan. In beide gevallen zijn de zakken waarschijnlijk zwaarder dan tijdens het plaatsen als gevolg van rottend materiaal en aangroei. Ze kunnen ter plaatse opengemaakt en gelegeerd worden zodat bruikbare resten ook nog een kans hebben te ontkiemen, maar wel op enige afstand (tientallen meters) van de restauratielocatie om bepaling van het succes van de BuDS zuiver te houden. Gezien het mogelijk meerjarig karakter van dit herstelproject is het zinvol de gebruikte materialen na gebruik ergens in Noord Nederland op te slaan.

2.4.7 Planning

Planning

Wanneer

Mei/juni/juli

April-augustus

Half september – half oktober (drie keer)

Eind oktober

Voorjaar/zomer (jaar na uitvoering)

Wat

bezoeken potentiële locaties

testen en optimaliseren constructie BuDS

voorbereiden locaties & aanvoer materiaal
(hoe gaan we de BuDS verankeren?)

contact onderhouden over situatie
donorlocaties

verzamelen, transporteren en uitzetten
restoratiemateriaal

verwijderen BuDS

monitoren ontkieming zeegras

De timing van de drie tijdstippen wordt bij voorkeur zo flexibel mogelijk bepaald door de beschikbaarheid van zaad. Echter, dit is lastig te combineren met de beschikbaarheid van vrijwilligers, accommodatie en huur van materieel. De reisafstand tussen donorlocatie Sylt en de uitzetlocaties in de Nederlandse Waddenzee bedraagt 560 km (ca. 6,5 uur rijden). Het is daardoor niet mogelijk om oogsten en zaaien op dezelfde dag te doen. Tijdstippen voor oogsten en uitzaaien zullen mede op basis van het getij vooraf worden bepaald. Een eerste inschatting geeft aan dat ca. 9 mensen gedurende 4 uur nodig zijn voor het oogsten, en 3 groepen van 3 mensen gedurende 1 tij voor het uitzetten. Naast de inzet van vrijwilligers, zal het verzamelen en uitzetten van de zaadstengels praktisch en wetenschappelijk worden

9. Het betreft hier paaltjes die niet hoog boven het wad uitsteken en dus in de winter weinig last zullen hebben van ijsgang

begeleid (3 personen). Een busje is nodig voor transport van materiaal van Duitsland naar de verschillende uitzaailocaties in Nederland.

2.4.8 Kritieke punten voor uitvoering

- Rustig weer tijdens uitzetten van BuDS nodig bij gebruik van boten
- Geen extreem ruig weer tijdens verblijf in veld van BuDS
- Voldoende laag water tijdens oogsten en hoogwater tijdens het uitzetten
- Beschikbaarheid vrijwilligers en boottransport (kan worden geregeld)
- Verkrijgen benodigde vergunningen
- Beschikbaarheid van voldoende donormateriaal
- Aanspoelsel van beide soorten zeegras (groot & klein) door elkaar (gemengd)
- Handhaven kwaliteit zaad gedurende transport
- Vermijden van verstoringen (incl. sabotage) op uitzaailocaties

2.5 Logistiek en vergunningen

2.5.1 Benodigde vergunningen: verzamelen donormateriaal Duitse Waddenzee

Wet en regelgeving in de Duitse Waddenzee

Voor het uitvoeren van de thans voorgestelde zeegrasproef is het noodzakelijk om een vergunning in Duitsland aan te vragen bij het daar geldende Bevoegde Gezag (Bonds-, lands- of National Parkniveau) voor het verzamelen van zeegrasmateriaal uit bestaande velden. Dit wordt volgens Karsten Reise (AWI) naar verwachting een lastig traject om twee redenen, (1) in Duitsland heerst het uitgangspunt om de natuur zijn gang te laten gaan en het menselijk ingrijpen te minimaliseren. Verder (2) zal men het oogsten van een Rode Lijstsoort in het Nationaal Park mogelijk niet toestaan omdat er schade aan het donorbed zal worden aangebracht. Reise verwacht niet dat er in andere Europese landen autoriteiten zullen zijn die het oogsten van een rode lijstsoort zullen toestaan. Zelf heeft Reise niet het idee dat het donorveld zal lijden onder het oogsten, maar wel benadrukt hij dat de 'oogst' moet worden afgesteld op de hoeveelheid groot zeegras die er tijdens het jaar van uitvoering zal staan.

Alternatief

Het AWI heeft een vergunning voor ecologisch onderzoek, en op basis van deze vergunning en de jarenlange samenwerking tussen AWI en RU Nijmegen is het AWI mogelijk bereid om de oogst voor de Nederlandse zaiproef te beschouwen als ecologisch onderzoek onder hun vlag. Dit betekent dan wel dat er minder dan gewenst (of zelfs in geheel niet) kan worden geoogst wanneer er weinig zeegras staat. Optioneel kan eventueel worden overwogen om, ter rechtvaardiging van het gebruik van de onderzoekvergunning van AWI, een reciproke transplantatie uit te voeren bij Sylt. Hierbij zou een deel van de geoogste zaadstengels gebruikt worden om op een potentieel geschikte plek op Sylt een overeenkomstig experiment uit te voeren. In overleg met het AWI zou hiervoor een experimentele opzet kunnen worden uitgewerkt.

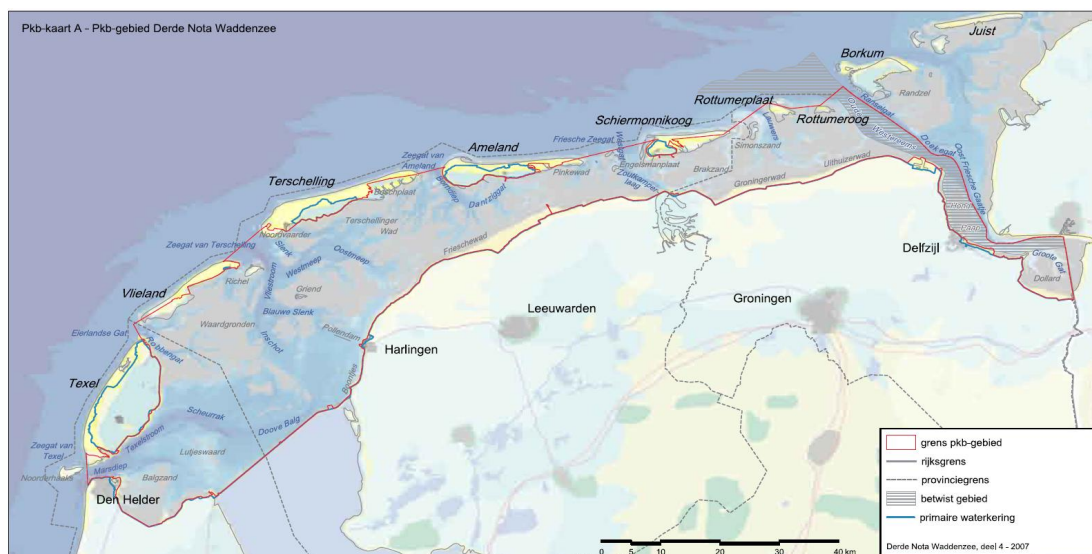
Rijkswaterstaat heeft in het overleg van 16 maart 2010 aangegeven een transparant vergunning-proces te willen doorlopen door zelf contact op te nemen met Duitsland om de haalbaarheid van de plannen te toetsen en (indien kansrijk) een vergunning aan te vragen.

Voor het verzamelen van aanspoelsel ('wrack') zijn waarschijnlijk minder problemen te verwachten wat betreft vergunningverlening, het levert echter veel minder zaden op (naar schatting zo'n 10 tot 20 keer minder dan vers geplukt materiaal); dit heeft logistieke (transportcapaciteit) en mogelijk financiële consequenties, en geeft een alternatieve planning (zie hoofdstuk 3).

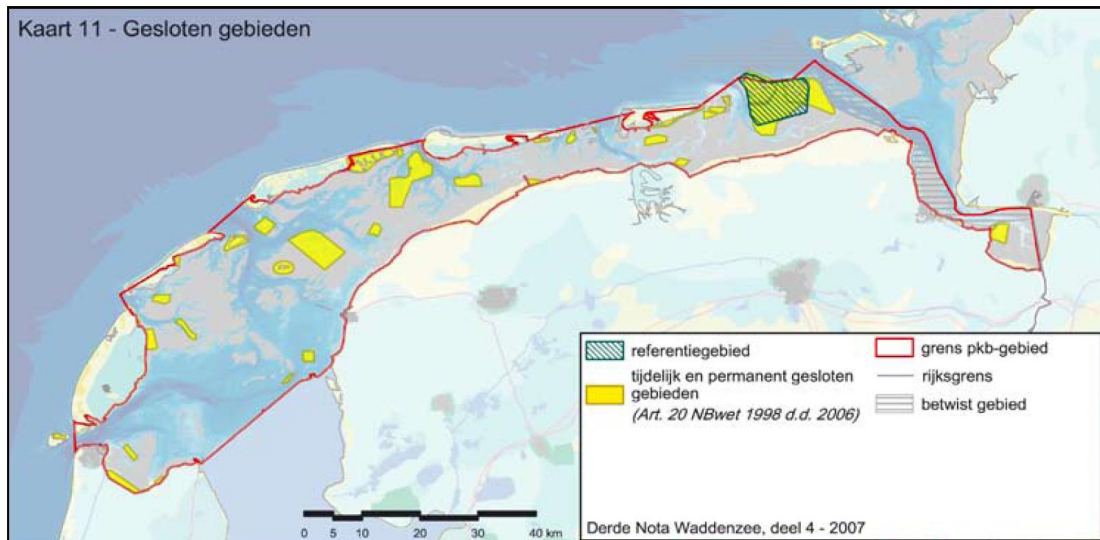
2.5.2 Benodigde vergunningen: uitzaailocaties in Nederlandse Waddenzee

Wet en regelgeving in de Nederlandse Waddenzee

Het Nederlandse beleid ten aanzien van het waddengebied is vastgelegd in de Derde Nota Waddenzee. Voor Nederland heeft de Derde Nota Waddenzee betrekking op alle grond die bij vloed vanuit de Waddenzee onderloopt. Dit is inclusief de kwelders (zoals de Boschplaat op Terschelling en Nieuwlandsreid op Ameland), strandvlakten (zoals de Hors op Texel en het Rif bij Schiermonnikoog) en onbewoonde eilanden, zoals Rottumeroog en Griend. Het Noordzeestrand op de eilanden en buitengaats zandplaten zoals Noorderhaaks vallen buiten het door de Planologische Kernbeslissing (PKB) beschermde gebied (Figuur 2.22).



Figuur 2.22 PKB-gebied (Bron Derde Nota Waddenzee)



Figuur 2.23 Gesloten gebieden Waddenzee (bron Derde Nota Waddenzee)

Plannen, projecten en handelingen in het Waddengebied zijn mogelijk mits zij passen binnen de gestelde beleidskaders en doelstellingen voor de Waddenzee, zoals vastgesteld in de PKB. Voor zover wettelijke regelingen zich er niet tegen verzetten moet met alle onderstaande genoemde waarden en kenmerken in de afweging van plannen, en projecten en handelingen door het bevoegd gezag rekening gehouden worden:

- waterbewegingen en de daarmee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen;
- natuurlijk bodemreliëf;
- kwaliteit van water, bodem en lucht;
- biologische processen, waaronder de migratiemogelijkheden van dieren;
- gebiedsspecifieke planten- en diersoorten;
- fourageer-, broed- en rustgebieden van vogels, de werp-, rust- en zooggebieden van zeezoogdieren en de kinderkamerfunctie van vis;
- Landschappelijke kwaliteiten, met name rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid inclusief duisternis;
- in de bodem aanwezige archeologische waarden en in het gebied aanwezige cultuurhistorische waarden.

Dit afwegingskader laat onverlet dat ook aan eventueel andere wettelijke eisen moet worden voldaan.

Natuurbeschermingswet 1998

De natuurbeschermingswet 1998 richt zich uitsluitend op de instandhoudings-doelstellingen die voor gebieden zijn geformuleerd. De soortenbescherming is opgenomen in de flora en faunawet. De gebieden zijn samengebracht in een Europees netwerk: Natura2000. Wanneer een gebied wordt aangewezen als Natura2000 gebied wordt het via de Natuurbeschermingswet 1998 beschermd op basis van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

Waddenzee als N2000 gebied

Minister Verburg van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft de definitieve aanwijzingsbesluiten getekend voor de zeven Natura-2000 gebieden in het Waddengebied.

Deze aanwijzing maakt duidelijk welke kwetsbare natuur in de Waddenzee beschermd wordt en waar de grenzen van de natuurgebieden lopen. Het gaat om de Waddenzee, Duinen en Lage land Texel, Duinen Vlieland, Duinen Terschelling, Duinen Ameland, Duinen Schiermonnikoog en Noordzee-kustzone.

Verkrijgen vergunning NBW 1998

Om vast te stellen of, en zo ja, onder welke voorwaarden menselijke activiteiten in en rondom een Natura-2000 gebied toegestaan kunnen worden, wordt er gebruik gemaakt van een zogenaamde 'Habitattoets' (Figuur 2.24). De Habitattoets houdt in dat voor plannen, projecten of handelingen een passende beoordeling moet worden uitgevoerd, indien op grond van objectieve gegevens niet kan worden uitgesloten dat deze afzonderlijk of in combinatie met andere activiteiten significante negatieve gevolgen hebben voor de instandhoudingsdoelstellingen van de Waddenzee. Als op grond van een Passende Beoordeling significante effecten niet op voorhand kunnen worden uitgesloten kan er alleen een vergunning worden verleend indien daarin ook een "ADC-toets" met succes is doorlopen: 1) zijn er geen alternatieven, 2) is er sprake van dwingende redenen van maatschappelijk belang en 3) is er dan een mogelijkheid tot compensatie?

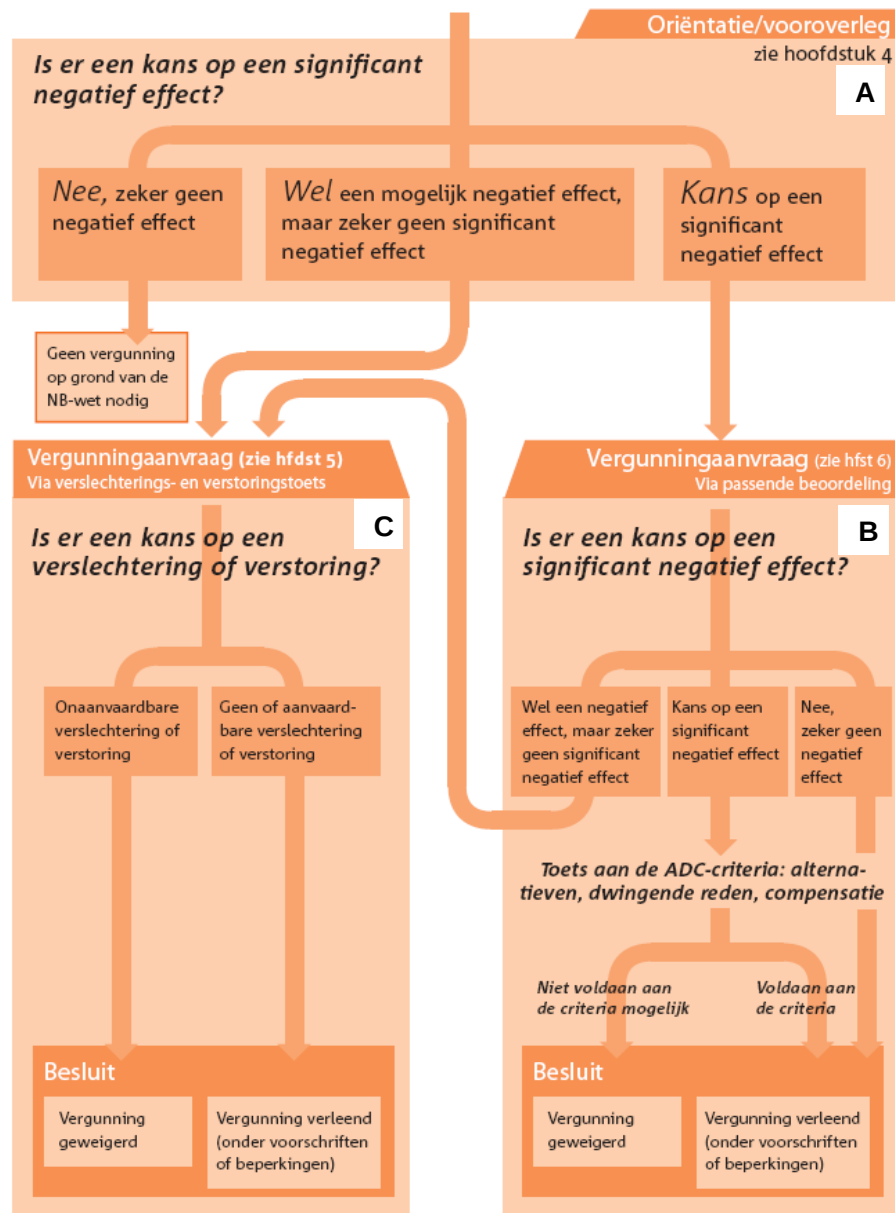
Als er geen significant negatieve effecten te verwachten zijn, wordt de Habitattoets een "Verstorings- en Verslechteringstoets" genoemd. Als eventuele negatieve effecten mitigeerbaar zijn kan onder die voorwaarden een vergunning verleend worden. Is er geen enkel effect te verwachten dan volstaat het Bevoegd Gezag met de officiële mededeling dat er geen vergunningsplicht is.

De vergunningaanvraag bestaat dus uit:

- a. Oriëntatiefase, vooroverleg, indienen van de vergunningaanvraag en de habitattoets
- b. Vergunningverlening via een passende beoordeling en toetsing aan de ADC-voorwaarden of
- c. Vergunningverlening via een Verstorings- en verslechteringstoets
- d. Mededeling van niet-vergunningplicht (een "bestuurlijk rechtsoordeel")

Tijdens de oriëntatiefase zal bepaald moeten worden of er een vergunning nodig is en zo ja of deze via traject b of c verkregen dient te worden. Voor het doorlopen van de Oriëntatiefase van de habitattoets is een Checklist Vergunningverlening voor activiteiten door de Regiegroep Steunpunt N2000 opgesteld. Hierin worden een viertal stappen aangegeven op basis waarvan een goede oriëntatie gemaakt kan worden:

- Verkenning (beschrijving van de activiteit)
- Bureauonderzoek (verkenning verwachte effecten van de activiteit)
- Veldonderzoek (Aanvullend veldonderzoek wanneer het bureauonderzoek niet toereikend is gebleken)
- Effecten-analyse (afronding Oriëntatiefase)



Figuur 2.24 Overzicht stappen Habitattoets (Bron: Algemene handreiking NBwet)

De verschillende stappen in de Oriëntatiefase moeten worden besproken met het bevoegd gezag. In het geval van het waddengebied ligt het bevoegd gezag bij de provincies Friesland, Groningen en Noord-Holland. De provincie Friesland heeft een coördinerende taak voor het gehele Waddengebied bij interprovinciale projecten. Voor zover de activiteit in het betwist gebied plaatsvindt ligt het bevoegd gezag bij het ministerie van LNV. Wanneer er studiegebieden in meerdere provincies liggen kan de gehele vergunningaanvraag voor de NB-wet gecoördineerd worden door de Provincie Friesland. Als de vergunningaanvraag betrekking heeft op zowel vergunningplichtige activiteiten in het Duitse deel van een Habitat- of Vogelrichtlijngebied als in het Nederlandse deel, dan is het college van Gedeputeerde Staten bevoegd van de provincie waarin het N2000-gebied geheel of grotendeels is gelegen.

Contactpersonen zijn:

Provincie Friesland	Provincie Groningen	Provincie Noord-Holland
Richard Deen	Hans Vos	Marjolein Doevendans

Gezien de omvang van het project zal er in ieder geval een habitattoets moeten worden doorlopen. Er zal rekening gehouden moeten worden met een doorlooptijd van 13 weken nadat de (eventuele) vergunningaanvraag is ingediend.

De habitattoets zal betrekking moeten hebben op een nauwkeurig omschreven activiteit in het ontvangstgebied (Nederlandse wad), waarbij ook de gekozen zaailocaties worden beoordeeld. Als op die plaatsen al Zeegras groeit, wordt een bestaande kleine populatie van deze Bijlage IV-soort mogelijk "bedreigd".

Mogelijk vergunningplichtige activiteiten:

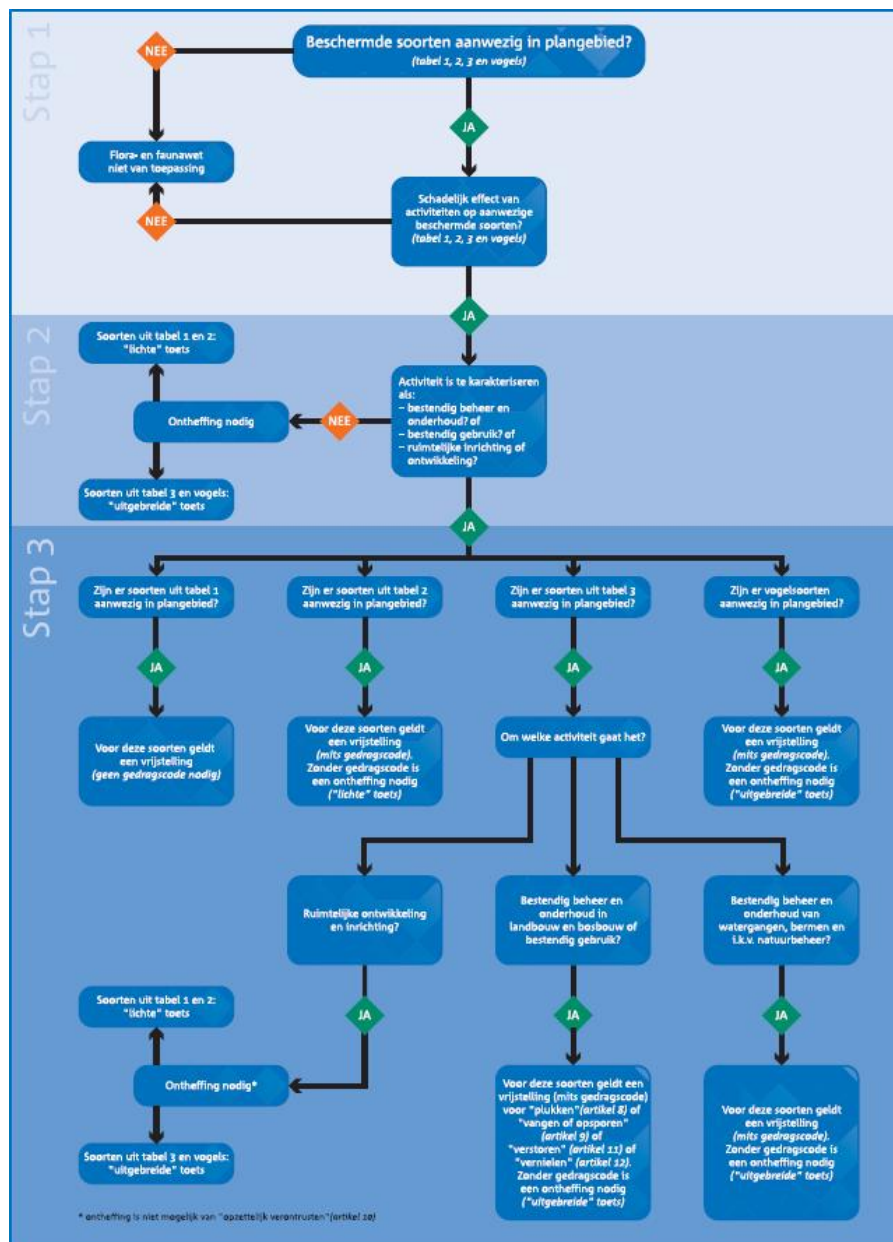
- 1) Het betreden van de gebieden (te voet of per boot).
- 2) Het verankeren van de zaadzakken.

Flora- en faunawet

Voor de bescherming van de soorten is de Flora- en faunawet van toepassing. In deze wet is het soortenbeschermingsdeel van de Vogel- en Habitatrichtlijn geïmplementeerd. De wet beschermt via de in de artikelen 8 tot en met 18 opgenomen verbodsbepalingen onder meer de aangewezen beschermde planten- en diersoorten, de groeiplaats van beschermde planten, de nesten en andere voortplantingsplaatsen en vaste rust- en verblijfplaatsen van beschermde dieren. Op plannen of projecten is, voor zover deze bedreigde planten- of diersoorten raken, in het bijzonder artikel 75 van de Flora- en faunawet van belang. Onder omstandigheden kan van de algemene verbodsbepalingen van de wet *vrijstelling* of *onthefing* worden verleend, indien de gunstige staat van instandhouding van de betreffende soorten niet in het geding is (Figuur 2.25).

In het geval van de zeegrasproef vallen de werkzaamheden niet onder de voorwaarden van de vrijstellingsregeling. Wanneer er op de uitzaailocaties zeegras of een andere beschermde soort voorkomt zal er nagegaan moeten worden of er mogelijk sprake is van een negatief effect. Wanneer dit het geval is zal er een ontheffing moeten worden aangevraagd. Wanneer er zeegras of een andere beschermde soort uit tabel 3 aanwezig is zal hiervoor een uitgebreide toets moeten worden toegepast. Wanneer dit niet het geval is of alleen soorten aanwezig zijn uit tabel 1 of 2 is een lichte toets voldoende.

De ontheffing FFW dient aangevraagd te worden bij de Dienst Regelingen van het Ministerie van LNV. Aanvragen van een ontheffing loopt via Dienst Regelingen, team uitvoering Flora en Fauna wet, postbus 19530, 2500 CM Den Haag Voor het verkrijgen van een ontheffing wordt DLG gevraagd voor advies. Contactpersoon bij DLG-noord: Ilka Kerssies.



Figuur 2.25 Overzicht stappen FFwet (Bron: Brochure Buiten aan het werk)

Privaatrechtelijke vergunning

Voor het uitvoeren van zeegrasherstelmaatregelen op wadplaten bij Schiermonnikoog en het Balgzand is tevens een privaatrechtelijke vergunning nodig van de gebiedsbeheerder (SBB/Natuurmonumenten, Noord-Hollands Landschap).

2.5.3 Vrijwilligers

Voor de inzet van vrijwilligers bij het verzamelen van donormateriaal en bij het uitzetten van de BuDs op de uitzaailocaties wordt gedacht aan leden van de Waddenvereniging of studenten (Nijmegen of Groningen). Dit dient ruim op tijd te worden afgestemd. Er zijn naar

schatting per keer 4 vrijwilligers nodig bij het verzamelen van zeegrasmateriaal uit Duitsland en 6 vrijwilligers bij het uitzetten van de BuDs op de uitzaailocaties.

2.5.4 Publiciteit & communicatie

Het wordt aangeraden voldoende publiciteit aan dit project te geven en zorg te dragen voor een goede informatievoorziening over het project, zodra het vergunningverleningproces met succes is afgerond. Communicatie zal worden verzorgd door Rijkswaterstaat samen met de Wadenvereniging. Er zal hier door Rijkswaterstaat en Waddenvereniging een gezamenlijk communicatieplan worden opgesteld. Naar aanleiding van het communicatieplan zal de precieze aanpak worden vastgesteld.

2.6 Monitoring & evaluatie

Geadviseerd wordt om het succes van deze proef op een drietal verschillende niveaus te monitoren en te evalueren:

- Monitoring van de opkomst van zaailingen/planten op de uitzaailocaties (het jaar na uitzaaien)
- Monitoring van meerjarige handhaving van deze nieuwe zeegrasplots (minimaal 3 jaar, vanaf tweede jaar na uitzaaien)
- Monitoring van uitbreiding van het nieuwe zeegrasareaal naar andere potentieel geschikte gebieden (vanaf tweede jaar na uitzaaien en verder)

Nulmeting

Om vast te stellen of er al zeegras staat (en zo ja, hoeveel) op de gekozen locaties voorafgaand aan het uitzaai-experiment, dient op deze locaties een nulmeting te worden uitgevoerd. Dit kan het beste in de zomerperiode (juni-aug) worden uitgevoerd in hetzelfde jaar als waarin de zaadzakken (rond sept/okt) op die plekken zullen worden aangebracht.

Succescriteria (KRW maatregel)

Aangezien dit project wordt uitgevoerd in het kader van KRW maatregelen ter verbetering van de ecologische toestand van de Waddenzee, zal er bij de monitoring door middel van een aantal specifieke succescriteria (Short et al., 2000; Fonseca, 2006) hiermee specifiek rekening moeten worden gehouden. De KRW richt zich op het verbeteren van de kwantiteit (areaal) en kwaliteit van zeegrasgroei in de Waddenzee en de andere onder de KRW vallende waterlichamen (RIKZ 2007). Voor het bepalen van het succes van de zeegrasproef als KRW maatregel dient dan ook in het bijzonder aan deze twee aspecten aandacht te worden besteed bij de monitoring:

- **Zeegrasareaal**

Omdat het areaal zeegras van jaar tot jaar aanzienlijk kan verschillen als gevolg van natuurlijke en klimatologische variaties is het noodzakelijk om een periode van meerdere jaren te beschouwen voor het monitoren van het zeegrasareaal. Binnen de KRW maatlat wordt voorgesteld om het gemiddelde van 6 achtereenvolgende meetjaren te gebruiken. Dit is vooralsnog buiten de scope van de huidige studie, maar dient zoveel mogelijk te worden meegenomen in het bestaande MWTL meetprogramma van Rijkswaterstaat.

Voorgesteld wordt om de monitoring alleen in het eerste jaar na uitzaaiing onderdeel te laten zijn van deze studie. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van standaardmethodieken, zoals gebruikt door RWS-DID (voorheen AGI) bij jaarlijkse monitoring en kartering van de Nederlandse zeegrasvelden (Koppejan et al., 2001).

- **Zeegraskwaliteit**

Voor de bepaling van de kwaliteit van de zeegrasbegroeiing worden de volgende metriecken voorgesteld: 1) aanwezigheid van Groot Zeegras, 2) de gemiddelde bedekking binnen de velden, 3) de verdeling in bedekkingsklassen. Daarnaast zouden ook 4) bloei, 5) verhouding een-/meerjarig, en 6) mate van begroeiing met epifyten kunnen worden meegenomen in de bepaling.

Evaluatie van de BuDs methodiek

Naast het monitoren van het areaal en de kwaliteit van het nieuwe zeegrasareaal zal ook een evaluatie plaatsvinden van de toepasbaarheid van de BuDs methodiek (en de kosten daarvan) voor zeegrasrestauratie in de Waddenzee. Dit voor wat betreft de gebruikte methoden voor het verzamelen en uitzaaien, alsmede het gebruikte materiaal, ontwerp & logistiek (o.a. hoe verliep de verankering, wat was het effect van stormen, was er sprake van scour rondom de BuDs, voldeed de gekozen ruimtelijke verdeling, etc.).

Optioneel (eventueel in samenwerking met gerelateerde projecten, zie 2.7):

- In overleg met de opdrachtgever kunnen binnen de jaarlijkse monitoring van het zeegras een aantal onbegroeide gebieden als control-sites (zonder BuDs) worden aangewezen die dan in het eerste jaar na uitzaaiing zullen worden bezocht om te kijken of hier spontaan planten zijn opgekomen. Hiermee kan worden vastgesteld of de opkomende planten in de uitzaailocaties echt aan de donatie te danken zijn.
- Om vast te stellen of er sprake is van eventuele schade aan het donorveld ten gevolge van het verzamelen van de zaadstengels kan in het eerste jaar na uitzaaiing, door middel van visuele inspectie van de donorplek en het omringende veld, worden vastgesteld of er sprake is van een verminderde dichtheid op de donorplek in vergelijking tot de omgeving.
- Onder 2.4 en 2.5 is als optie opgenomen om op de donorlocaties of op andere geselecteerde locaties een experiment uit te voeren met reciproke aanplant ter compensatie van de mogelijke schade die wordt aangebracht op de donorlocaties. Aan dit reciproke aanplant experiment dient in dat geval ook een monitoring verbonden te zijn.

Verder wordt aanbevolen om een analyse uit te voeren van de relatie tussen het succes (of mislukken) van de zeegrasproef en enkele belangrijke milieufactoren, zoals sediment- en waterdynamiek (zie Van Katwijk & Hermus 2000, Reise & Kohlus 2008), waaruit lering kan worden getrokken voor mogelijke toekomstige aanplanten. Hiertoe kunnen de volgende aanvullende metingen worden overwogen:

- het ingraven van een aantal zakjes met zaden (methode Harwell & Orth 1999, van Katwijk & Wijgergangs 2004) om de opkomst van zaailingen hieruit te vergelijken met die bij gebruik van de BuDs methode;
- Bepaling van de sedimentsamenstelling (korrelgrootte en org. stofgehalte) op de uitzaailocaties als integratieve maat voor de water- en sedimentdynamiek;

- Bepaling van de sedimentdynamiek of -stabiliteit met behulp van luminiforen-staafjes (een nauwkeuriger maat voor sedimentdynamiek) en het vaststellen van wadpiedichtheden en -relief (bioturbatie), omdat deze dynamiek een serieuze oorzaak van verlies van zaailingen kan zijn (Giesen & van Katwijk 2008, Valdemarsen pers. comm.).

2.7 Aansluiting op gerelateerde projecten

In dit onderzoek zal daar waar mogelijk contact worden onderhouden met een aantal voor deze studie relevante projecten. Het betreft hier de volgende studies:

Project Waddensleutels: “Herstel van sleutelprocessen in het intergetijdegebied van de Waddenzee”. Uitvoering: Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Rijksuniversiteit Groningen, NIOZ en NIOO-CEME. Financiering Waddenfonds. Looptijd: 2010 – 2015.

Verschillende methoden tot herstel van mosselbanken worden uitgetoetst op kansrijke locaties voor stabiele mosselbankontwikkeling onder de kust van Schiermonnikoog, Ameland, Griend en Terschelling. Dit zijn gebieden die voor visserij zijn gesloten. Tegelijkertijd met het herstel van de mosselbanken wordt verwacht dat geassocieerde processen en soorten ook zullen terugkeren, en dit zal worden onderzocht. Er wordt gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur maar ook van praktijkkennis. Mosselbanken worden pas aangelegd in 2011. Wel zal een locatieselectie worden gedaan in het voorjaar van 2010 door Tjisse van der Heide (postdoc in dit project).

Project NWO/ZKO “A human-driven regime shift through the loss of ecosystem engineers: consequences for the trophic structure and recovery potential of the Wadden Sea ecosystem”. Uitvoering: Rijksuniversiteit Groningen, NIOO/CEME, NIOZ (trekkers: Eriksson & Olff). Looptijd 2009-2013.

Dit onderzoek focust op de interactie tussen lokale ecosysteem ingenieurs zoals kokkels en wadpieren in de aanwezigheid en afwezigheid van grote ecosysteemingenieurs zoals mossel- en oesterbanken of zeegrasvelden. Er zijn raakvlakken met betrekking tot kennisontwikkeling, maar niet in de praktijk.

Project mitigatie zeegras Oosterschelde. Uitvoering: RU Nijmegen, NIOO/CEME, Rijkswaterstaat, in opdracht van Projectbureau Zeeweringen. Looptijd 2007-2014.

Sinds 2007 worden in de Oosterschelde dijkvakken hersteld, waarbij zeegras wordt beschadigd. EU-regelgeving vereist mitigatie. Het project betreft klein zeegras en de interactie met wadpieren. Er zijn raakvlakken met betrekking tot kennisontwikkeling. Tevens worden in dit project bodembehandelingstechnieken getest die mogelijk ook van nut zijn bij de zeegrasproef Waddenzee (b.v. bodemstabilisatie dmv schelpen: werkt ook positief op Groot zeegras, zie van Katwijk & Hermus 2000). De twee aio's die actief zijn in dit project (2009-2014) kunnen wetenschappelijk interessante aspecten van de zeegrasproef in de Waddenzee in principe nader onderzoeken binnen de doelstelling van hun aanstelling.

Project MOSSELWAD. Uitvoering: Kustvereniging (EUCC – The Coastal Union), Wageningen IMARES, Universiteit Utrecht, SOVON, NIOZ en NIOO-CEME. Financiering: Waddenfonds. Looptijd: 2009-2014.

Voor het ontwikkelen van herstelplannen voor mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee is behoefte aan meer kennis over de factoren die overleving van banken bepalen. Het project MOSSELWAD is opgezet om in eerste instantie juist die factoren te bestuderen en het relatieve belang ervan te bepalen door middel van multidisciplinair onderzoek. Voor deze

haalbaarheidsstudie ten aanzien van herstel mogelijkheden en duurzaam beheer van mosselbanken, zal er ook actief worden gemonitord door middel van camera's. Experimenteel aangelegde mosselbanken zullen vergeleken worden met natuurlijke mosselbanken, o.a. met behulp van *in situ* geplaatste video camera's (op meetpalen op een viertal locaties). De locatiekeuze voor de aan te leggen en te monitoren mosselbanken is nog niet definitief, maar het projectplan noemt Westelijke Waddenzee als voornaamste interessegebied. De mogelijkheid is aanwezig om de locatiekeuze voor de zeegrasproef af te stemmen op dit project, zodat de camera's voor beide doeleinden kunnen worden ingezet en door een locatie in de luwte van een aangelegde mosselbank goede lokale omstandigheden kunnen worden gecreëerd voor het slagen van de proef.

2.8 Begeleiding, rapportage en overleg

2.8.1 Begeleiding

Voor de begeleiding van deze studie wordt voorgesteld om een klankbordgroep samen te stellen. Het verdient aanbeveling om deze groep klein te houden om zo effectief mogelijk te kunnen overleggen. Voorgesteld wordt om in deze groep tenminste vertegenwoordiging van de volgende organisaties op te nemen:

- Opdrachtgever
- Waddenvereniging
- Vergunningverlener(s)
- Lokale gebiedsbeheerder (indien van toepassing)
- AWI (bijvoorbeeld via Skype)

2.8.2 Rapportages en overlegmomenten

Uitgaande van tijdige vergunningverlening en dus uitvoering van de zeegrasproef in het najaar van het jaar van uitvoering, gaan we voorlopig uit van:

- Half november (van het jaar van uitvoering): overleg en evaluatie van de zeegrasproef met klankbordgroep: Vorm: powerpoint en pdf van de powerpoint. Inhoud: beschrijving donorlocatie en transplantatielocatie, gehanteerde methode, eventuele wijzigingen en aanpassingen van de methode, hoeveelheid verplaatst materiaal, eerste indruk van de hoeveelheid zaad (indien meer info gewenst, dan deze bijeenkomst in maart van het jaar na uitvoering houden).
- November (in het jaar na uitvoering): conceptrapportage en bijeenkomst met klankbordgroep. Bespreking van de resultaten: opkomst van zaailingen (areaal en bedekking), resultaten labstudie (zaaddichtheden en kiemsucces), evaluatie van de gebruikte methode en de geschiktheid van de locaties en verklaring voor eventuele verschillen. Aanbevelingen voor toekomstige monitorings en eventuele vervolgaanplanten.
- December (in het jaar na uitvoering): eindrapportage (vorm: worddocument, pdf): de inhoud volgt de presentatie van half november (in het jaar na uitvoering) met aanvullingen uit de expertgroepbijeenkomst van half november.

2.9 Kostenschatting

Een voorlopige schatting van de kosten voor het uitvoeren van de werkzaamheden (excl. vergunningaanvraag) varieert tussen de 86,000 en 142,000 Euro (ex BTW), afhankelijk van een aantal keuzes die nog gemaakt moeten worden: aantal donorlocaties, aantal uitzaailocaties, aantal tijdstippen; wel-of-niet vergelijken tussen aanspoelsel en vers geplukt materiaal; wel-of-niet reciproke aanplant in Duitsland; wel-of-niet monitoren sedimentverstoring; etcetera. Deze kostenschatting is exclusief bootkosten; er is hierbij van uitgegaan dat boottransport op de uitzaailocaties kan worden verzorgd via bemiddeling van Rijkswaterstaat, LNV, Waddenvereniging en/of Natuurmonumenten.

De kosten kunnen ruw-weg als volgt worden opgedeeld (bedragen in Euro):

• voorbereidingen	5,000 – 8,000
• werkzaamheden donorlocaties	23,000 – 41,000
• zaadtelling, kiemingsproeven en lab-analyses	4,000 – 10,000
• inventarisatie uitzaailocaties (nulmeting)	4,500 – 7,500
• werkzaamheden uitzaailocaties	13,000 – 21,000
• monitoring	12,500 – 23,000
• data-analyse, rapportage & overleg	12,500 – 15,500
• materieel	2,000 – 2,500
• project management, QA & onvoorziene kosten	8,500 – 13,500

Indien gekozen wordt voor een 2 x 2 x 2 opzet (2 donorlocaties, 2 tijdstippen van verzamelen/uitzaaien, 2 uitzaailocaties), zullen de kosten variëren tussen de 86,000 en 106,000 Euro (ex BTW), afhankelijk van verdere keuzes. Indien gekozen wordt voor een 3 x 3 x 3 opzet (beste keuze), zullen de kosten variëren tussen de 110,000 en 142,000 Euro (ex BTW), afhankelijk van verdere keuzes.

De kosten voor de optie 'wrack only' (alléén aangespoeld materiaal) zullen niet substantieel afwijken van de kostenraming zoals hierboven geschetst. Weliswaar zal het aantal keren dat materiaal wordt geoogst en uitgezet dan minder zijn dan bij vers materiaal, maar door de veel grotere hoeveelheid materiaal die dan nodig is zijn er aanzienlijke logistieke consequenties in de vorm van het benodigd aantal vrijwilligers en aantal dagen voor het verzamelen, vervoeren en uitzetten van dit materiaal, alsmede een veel grotere transportcapaciteit. Het is dan ook onze inschatting dat de kosten voor 'wrack only' vergelijkbaar zullen zijn als die voor vers materiaal.

Een definitieve kostenraming voor de uitvoering van de beoogde werkzaamheden zal na overleg met de opdrachtgever als aparte offerte worden uitgewerkt.

3 Draaiboek

Een voorlopig draaiboek van benodigde activiteiten en tijdspad voor het uitvoeren van de zeegrasproef is samengevat in onderstaande tabel (Tabel 3.1). Verdere details voor het draaiboek zijn afhankelijk van een aantal strategische keuzes en overwegingen die nog gemaakt moeten worden: o.a. aantal donorlocaties, aantal uitzaailocaties, aantal tijdstippen, wel-of-niet vergelijken tussen aanspoelsel en vers geplukt materiaal, wel-of-niet reciproke aanplant in Duitsland, wel-of-niet monitoren sedimentverstoring, etc.

Tabel 3.1 Draaiboek voor de uitvoering van de zeegrasproef

Tijdslijn	Activiteit	Opmerkingen
2010		
Februari	Voorstudie	Literatuur, locatieselectie, methodiekbeschrijving, modelstudie, kostenraming
Maart	Overleg met klankbordgroep	Bespreking voorstudie & plan van aanpak, opstellen begroting
2 ^e helft 2010	Vergunningtraject	
Jaar van uitvoering		
Juni	Inventarisatie uitzaailocaties	Organisatie activiteiten en afstemming met lokale beheerders
Juli - Augustus	Coördinatie activiteiten	Organisatie materiaal & bemensing, contact met AWI
September - Oktober	Verzamelen zeegras in Duitsland	Organisatie reis en verblijf
September - Oktober	Plaatsing BuD's	Organisatie reis en verblijf
Oktober - November	Ophalen BuD's	
November	Overleg & evaluatie met klankbordgroep	
1^e jaar na uitvoering		
Juli - Augustus	Monitoring uitzaailocaties	Organisatie en planning uitvoering
September - November	Rapportage studie	
November	Overleg & evaluatie met klankbordgroep	Evaluatie proef en rapportage, planning t.a.v. opschaling en voortzetting monitoring
December	Eindrapportage	
2^e jaar na uitvoering	Voortzetting monitoring/ eventuele opschaling experiment	

Een 3x3x3 opzet (incl. Schiermonnikoog en/of Balgzand locaties) heeft verreweg de voorkeur, met name vanwege de noodzaak tot spreiding in de ruimte om de kans van slagen te maximaliseren (zie paragraaf 2.1: uitgangspunt 4 van projectfilosofie). Indien er, in verband met kostenbeperkingen, gekozen wordt voor een 2x2x2 opzet, dan dient er – mede afhankelijk van het verloop van het vergunningverleningstraject – worden overwogen of de

twee locaties langs de Groninger kust de voorkeur genieten, of dat in ieder geval ook een locatie bij Schiermonnikoog of het Balgzand zal worden meegenomen.

Wrack 'only'

In het geval er (afhankelijk van het verloop van de vergunningaanvraag in Duitsland) alleen aanspoelsel ('wrack') mag worden gebruikt, is het draaiboek in principe hetzelfde, alleen is mogelijk het tijdstip van materiaal verzamelen in Duitsland (en dus de daarop volgende tijdstippen van het uitzetten van de BuDs) wat later in het seizoen (AWI informeert ons wanneer). In dit laatste geval kan er waarschijnlijk niet meer op drie verschillende tijdstippen (maar slechts 1 of 2 keer) materiaal worden verzameld (en dus uitgezet). Er moet daarmee rekening worden gehouden bij het berekenen van de hoeveelheid te verzamelen materiaal. Het aannemelijk dat, wanneer alleen aangespoeld materiaal zal worden gebruikt, grotere transportcapaciteit dient te worden geregeld voor het vervoeren van het verzamelde materiaal van Duitsland naar Nederland.

Succesanalyse

Een analyse van de successen en verliezen is nuttig om de resultaten beter te kunnen interpreteren, en om lering voor de toekomst uit te kunnen trekken.

Meerdere jaren

Tenslotte willen we hier nogmaals benadrukken dat het het beste zou zijn indien deze zeegrasproef niet tot een eenmalige actie in één jaar wordt beperkt, maar dat dit enkele jaren achter elkaar zal worden herhaald of opgeschaald. Dit is nodig om een succes op grotere schaal te realiseren en om het effect van onvoorziene omstandigheden of toevallige incidenten (denk aan extreme weersomstandigheden, opzettelijke schade aan plots e.d.) die het succes in 1 jaar zouden kunnen overschaduwen, te minimaliseren (Van Katwijk et al. 2009; Shafer & Bergstrom 2010).

4 Literatuur

- Balestri E, Vallerini F, Lardicci C (2006) A qualitative and quantitative assessment of the reproductive litter from *Posidonia oceanica* accumulated on a sand beach following a storm. *Est.Coast.Shelf Sci.* 66:30-34
- Bell SS, Tewfik A, Hall MO, Fonseca MS (2008) Evaluation of seagrass planting and monitoring techniques: Implications for assessing restoration success and habitat equivalency. *Restor.Ecol.* 16:407-416
- Belzunce M, Navarro RM, Rapoport HF (2008) *Posidonia oceanica* seeds from drift origin: viability, germination and early plantlet development. *Bot.Mar.* 51:1-9
- Boese BL, Alayan KE, Gooch EF, Robbins BD (2003) Desiccation index: a measure of damage caused by adverse aerial exposure on intertidal eelgrass (*Zostera marina*) in an Oregon (USA) estuary. *Aquat.Bot.* 76:329-337
- Boese BL, Robbins BD, Thursby G (2005) Desiccation is a limiting factor for eelgrass (*Zostera marina* L.) distribution in the intertidal zone of a northeastern Pacific (USA) estuary. *Bot.Mar.* 48:274-283
- Bohnsack JA, Sutherland DL (1985) Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science* 37(1): 11-39.
- Bos AR, van Katwijk MM (2005) Herintroductie van Groot Zeegras (*Zostera marina*) in de westelijke Waddenzee (2002-2005). Eindrapport, Radboud Universiteit Nijmegen, december 2005, 67 pp.
- Bos AR, van Katwijk MM (2007) Planting density, hydrodynamic exposure and mussel beds affect survival of transplanted intertidal eelgrass. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 336:121-129.
- Bos AR, Bouma TJ, de Kort GLJ, van Katwijk MM (2007) Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Est.Coast.Shelf Sci.* 74:344-348.
- de Graaff R (2009) SBW Wadden Sea, water level modelling - Calibration hydrodynamic model. Deltares, Technical Report 1200114-005, SBW Waddenzee project Task 5, phase 2, Final Report, September 2009, 110 pp.
- de Jong DJ, Brinkman AG, van Katwijk MM (2005) Kansenskaart zeegras Waddenzee. Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee. Report RIKZ/2005.013, Rijkswaterstaat, Middelburg, Augustus 2005, 51 pp.
- De Jong, DJ (2007) KaderRichtlijn Water, bepaling referentiesituatie en Goede Ecologische Toestand (REF en GET) en beschrijving van de maatlat voor Angiospermen en macrowieren in het waterlichaam Waddenzee (versie 10 Januari 2008). Werkdocument RIKZ/ZDO/2007.801.x, 27 pp.

- Erftemeijer PLA (2004) Monitoring van vogelstand, zeegrassen en mosselbanken op de Hond-Paap tijdens baggerwerkzaamheden voor het dieper leggen van de Eemszinker (gasleiding) in 2003. Report Z3540, WL | Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- Erftemeijer PLA (2005) Trend-analyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003. Technisch rapport voor RWS-Directie Noord-Holland. WL | Delft Hydraulics, rapport Z3880, maart 2005, 104 pp.
- Erftemeijer, PLA, Lewis RR III (2006) Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1553-1572.
- Erftemeijer PLA, Van Beek JKL (2004) Herstel van zeegrasvelden in de Nederlandse Waddenzee: de rol van zaadtransport. Report Z3756, WL | Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- Erftemeijer PLA, de Graaff RF, Mead ST, Boot G (2004) Site-selection for artificial reefs in Bahrain (Arabian Gulf) based on GIS-technology and hydrodynamic modelling. *Journal of Marine Science and Environment* No. C2: 29-38.
- Erftemeijer PLA, van Beek JKL, Ochieng CA, Jager Z, Los HJ (2008) Eelgrass seed dispersal via floating generative shoots in the Dutch Wadden Sea: a model approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 358:115-124.
- Fishman JR, Orth RJ (1996) Effects of predation on *Zostera marina* L. seed abundance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 198: 11-26.
- Fonseca M (2006) Wrap-up of seagrass restoration: success, failure and lessons about the costs of both. In: SF Treat & RR Lewis III (Eds), pp. 169-175.
- Fonseca MS, Kenworthy WJ, Thayer GW (1998) Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring MD.
- Giesen WBJT, van Katwijk MM (2008) Zeegrasmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerkzaamheden. Tussenrapportage voor fase 4. ZLD-6606, Radboud Universiteit, Nijmegen, The Netherlands.
- Giesen WBJT, Van Katwijk MM, Den Hartog C (1990) Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany* 37: 71-85.
- Giesen WBJT, Giesen PT, van der Heide T, Suykerbuyk W, van Katwijk MM (2008) Zeegrasmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerkzaamheden. Tussenrapportage fase 3: monitoring van zeegrasplots aangelegd in 2007. ZLD-6606, Radboud Universiteit, Nijmegen, The Netherlands.

- Granger S, Traber M, Nixon SW, Keyes R (2002) A practical guide for the use of seeds in eelgrass (*Zostera marina* L.) restoration. Part I. Collection, processing, and storage. Schwartz M (ed.), Rhode Island Sea Grant, Narragansett, R.I. 20 pp.
- Greening H (2006) Implementation, regulatory and research priorities for seagrass restoration: results from the seagrass restoration workshop, March 11-12, 2003. In: SF Treat & RR Lewis III (Eds), pp. 165-168.
- Greve TM, Krause-Jensen D, Rasmussen MB, Christensen PB (2005) Means of rapid eelgrass (*Zostera marina* L.) recolonisation in former dieback areas. *Aquat.Bot.* 82:143-156.
- Harmsen GW (1936) Systematische Beobachtungen der Nordwest-Europäischen Seegrasformen. *Ned.Kruidk.Arch.* 46: 852-877
- Harrison PG (1993) Variations in demography of *Zostera marina* and *Zostera noltii* on an intertidal gradient. *Aquat.Bot.* 45: 63-77.
- Harwell MC (2000) Ecological dispersal mechanisms, reproductive ecology and the importance of scale in *Zostera marina* in Chesapeake Bay. PhD thesis, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Virginia (USA), 281 pp.
- Harwell MC, Orth RJ (1999) Eelgrass (*Zostera marina* L.) seed protection for field experiments and implications for large-scale restoration. *Aquat.Bot.* 64: 51-61.
- Harwell MC, Orth RJ (2002) Long-distance dispersal potential in a marine macrophyte. *Ecology* 83: 3319-3330.
- Hemminga MA, Duarte CM (2000) *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Inglis GJ (2000) Variation in the recruitment behaviour of seagrass seeds: implications for population dynamics and resource management. *Pacific Conservation Biology* 5: 251–259.
- Källström B, Nyqvist A, Aberg P, Bodin M, André C (2008) Seed rafting as a dispersal strategy for eelgrass (*Zostera marina*). *Aquatic Botany* 88: 148–153.
- Keddy CJ, Patriquin DG (1978) An annual form of eelgrass in Nova Scotia. *Aquat.Bot.* 5: 163-170.
- Keddy CJ (1987) Reproduction of annual eelgrass: variation among habitats and comparison with perennial eelgrass (*Zostera marina* L.). *Aquat.Bot.* 27: 243-256.
- Kennedy H, Bjork M (2009) Seagrass Meadows. Chapter in D Laffoley & G Grimsditch (Eds) *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN, Gland, Switzerland. 53 pp.
- Koppejan H, Groeneweg AH, Jansen BJM (2001) Standaardvoorschrift macrophyto-benthoskartering in de Waddenzee en Oosterschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat – Meetkundige Dienst, rapport MD-GAE-2001.24, Juni 2001, 38 pp.

- Lewis RR III (2006) Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering* 24: 403–418.
- LNv et al., 2010. Programma 'Naar Een Rijke Waddenzee'. Programmaplan voor natuurherstel in de Waddenzee. Programmteam NHP, versie 2.1, 14 Januari 2010.
- Marion SR, Orth RJ (2010) Innovative techniques for large-scale seagrass restoration using *Zostera marina* (eelgrass) seeds. *Restoration Ecology* 18(4): 514-526.
- Morita T, Okumura H, Abe M, Kurashima A, Maegawa M (2007) Density and distribution of seeds in bottom sediments in *Zostera marina* beds in Ago Bay, central Japan. *Aquatic Botany* 87: 38-42.
- Nehring S., Klingenstein F (2005) Alien species in the Wadden Sea – A challenge to act. *Wadden Sea Newsletter* 2005-1: 13-16.
- Nehring S, Reise K, Dankers N, Kristensen PS (2009) Alien species. WADDEN SEA ECOSYSTEM No. 25 - Quality Status Report 2009 - Thematic Report No. 7, 28 pp.
- Oetjen K, Reusch TBH (2007) Genome scans detect consistent divergent selection among subtidal vs. intertidal populations of the marine angiosperm *Zostera marina*. *Molecular Ecology* 16:5156-5167.
- Olesen B (1999) Reproduction in Danish eelgrass (*Zostera marina* L.) stands: size-dependence and biomass partitioning. *Aquat.Bot.* 65:209-219.
- Olsen JL, Stam WT, Coyer JA, Reusch TBH, Billingham M, Bostrom C, Calvert E, Christie H, Granger S, La Lumiere R, Milchakova N, Oudot-Le-Secq MP, Procaccini G, Sanjabi B, Serrao E, Veldsink J, Widdicombe S, Wyllie ES (2004) North Atlantic phylogeography and large-scale population differentiation of the seagrass *Zostera marina* L. *Molecular Ecology* 13:1923-1941.
- Orth RJ, Luckenbach M, Moore KA (1994) Seed dispersal in a marine macrophyte: implications for colonization and restoration. *Ecology* 75: 1927-1939.
- Orth RJ, Luckenbach ML, Marion SR, Moore KA, Wilcox DJ (2006a) Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. *Aquatic Botany* 84(1): 26-36.
- Orth RJ, Harwell MC, Inglis GJ (2006b) Ecology of seagrass seeds and seagrass dispersal processes. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (eds) *Seagrasses: Biology, Ecology and Evolution*. Springer, Dordrecht, pp. 111-133.
- Oudemans CAJA, Conrad JFW, Maats P, Bouricius LJ (1870) Verslag der Staatscommissie inzake de wiermaayerij. Verslag aan den Koning over de Openbare Werken in het Jaar 1869. Van Weelden en Mingelen, Den Haag, p 199-231.
- Paling EI, Fonseca M, Van Katwijk MM, Van Keulen M (2009) Seagrass restoration. In: Perillo G, Wolanski E, Cahoon D, Brinson M (Eds), *Coastal Wetlands: an integrated ecosystem approach*. Elsevier, Amsterdam.

- Patterson MR, Harwell MC, Orth LM, Orth RJ (2001) Biomechanical properties of the reproductive shoots of eelgrass. *Aquat.Bot.* 69:27-40
- Pickerell C, Scott S, Wyllie-Echeverria S (2005) Buoy-deployed seeding: demonstration of a new eelgrass (*Zostera marina* L.) planting method. *Ecological Engineering* 25: 127-136.
- Pickerell C, Scott S, Wyllie-Echeverria S (2006) Buoy-deployed seeding: a new low-cost technique for restoration of submerged aquatic vegetation from seed. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research & Development Center, Technical Note ERDC/TN SAV-06-2, April 2006, 10 pp.
- Precht WF (ed.) (2006) Coral Reef Restoration Handbook. CRC Press, Boca Raton. 363 pp.
- Reise K, Kohlus J (2008) Seagrass recovery in the Northern Wadden Sea? *Helgol Mar Res* 62: 77-84.
- Reusch TBH (2002) Microsatellites reveal high population connectivity in eelgrass (*Zostera marina*) in two contrasting coastal areas. *Limnol.Oceanogr.* 47:78-85.
- Reusch TBH (2003) Floral neighbourhoods in the sea: how floral density, opportunity for outcrossing and population fragmentation affect seed set in *Zostera marina*. *Journal of Ecology* 91: 610–615.
- RIKZ (2007) KaderRichtlijn Water, bepaling referentiesituatie en P-REF/P-GET en opstellen maatlat voor angiospermen en macrowieren in de zoute en brakke watertypen K1, K2, K3, O2 en M32 in Nederland. Versie 6-2007. Referentie RIKZ/ZDO/2007.803.w
- Shafer D, Bergstrom P (2010) An introduction to a special issue on large-scale submerged aquatic vegetation restoration research in the Chesapeake Bay: 2003-2008. *Restoration Ecology* 18(4): 481-489.
- Short FT, Burdick DM, Short CA, Davis RC, Morgan PA (2000) Developing success criteria for restored eelgrass, salt marsh and mud flat habitats. *Ecological Engineering* 15: 239-252.
- Short FT, Davis RC, Kopp BS, Gaeckle JL, Burdick DM (2006) Using TERFs and site selection for improved eelgrass restoration success. In: SF Treat & RR Lewis III (Eds), pp. 59-67.
- Treat SF, Lewis III RR (eds.) (2006) Seagrass Restoration: Success, Failure and the Costs of Both. Selected papers, presented at a workshop, Mote Marine Laboratory, Sarasota, FL, March 11-12, 2003. Lewis Environmental Services, Inc., Valrico, Florida (USA), June 2006, 175 pp.
- van der Heide T, van Nes EH, Geerling GW, Smolders AJP, Bouma TJ, van Katwijk MM (2007) Positive feedbacks in seagrass ecosystems: implications for success in conservation and restoration. *Ecosystems* 10:1311-1322.

- van der Heide T, Smolders A, Rijkens B, van Nes EH, van Katwijk MM, Roelofs J (2008) Toxicity of reduced nitrogen in eelgrass (*Zostera marina*) is highly dependent on shoot density and pH. *Oecologia* 158:411-419.
- van Katwijk MM, Hermus DCR, de Jong DJ, Asmus RM, de Jonge VN (2000) Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. *Helgol.Mar.Res.* 54:117-128.
- van Katwijk MM, Hermus DCR (2000) Effects of water dynamics on *Zostera marina*: transplantation experiments in the intertidal Dutch Wadden Sea. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 208:107-118.
- van Katwijk MM, Wijgergangs LJM (2004) Effects of locally varying exposure, sediment type and low-tide water cover on *Zostera marina* recruitment from seed. *Aquat.Bot.* 80:1-12.
- van Katwijk MM, Geerling GW, Rašín R, van 't Veer R, Bos AR, Hermus DCR, van Wieringen M, Jager Z, Groeneweg AH, Erftemeijer PLA, van der Heide T, de Jong DJ (2006) Macrophytes in the western Wadden Sea: monitoring, invasion, transplantations, dynamics and European policy. In: Laursen K, Marencic H, et al. (eds) *Proceedings of the 11th International Scientific Wadden Sea Symposium*. Esbjerg, Denmark, p 89-98.
- van Katwijk MM, Bos AR, de Jonge VN, Hanssen LSAM, Hermus DCR, de Jong DJ (2009) Guidelines for seagrass restoration: importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects. *Marine Pollution Bulletin* 58:179-188.
- van Katwijk MM, Bos AR, Kennis P, de Vries R (2010) Vulnerability to eutrophication of a semi-annual life history: A lessons learnt from an extinct eelgrass (*Zostera marina*) population. *Biological Conservation* 143:248-254.
- van Lent F, Verschuure JM (1994) Intraspecific variability of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the estuaries and lagoons of the southwestern Netherlands. *Aquatic Botany* 48: 31-58.
- Wilcox DJ, Harwell MC, Orth RJ (2000) Modeling dynamic polychron objects in space and time: a new graph-based technique. *Cartography and Geographic Information Science* 27(2): 153-164.

A Figuren A1 t/m A10 (modelresultaten)