

Deltares

Enabling Delta Life



Plan van Aanpak op hoofdlijnen: effecten van suppleren op het kustduingebied onder EGS II



Plan van Aanpak op hoofdlijnen: effecten van suppleren op het kust- duingebied onder EGS II

Albert Oost
Bert van der Valk
Alma de Groot
Stephanie IJff
Bas Arens
Evert-Jan Lammerts
Peter Herman
Petra Damsma

11200538-005

Titel

Plan van Aanpak op hoofdlijnen: effecten van suppleren op het kust-duingebied

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS	11200538-005	11200538-005-ZKS-0001	27

Trefwoorden

KPP B+O Kust, Ecologisch Gericht Suppleren II, effecten van suppleren, zeereep, kustduinlandschap, sturende factoren, duinmorfologie, duinecologie, overstuiving, Plan van Aanpak.

Samenvatting




Ecologisch Gericht Suppleren (EGS) II (2016-2021) is een vervolg op EGS I (2009-2015). Centraal in dit onderdeel van EGS II staat of en hoe het mogelijk is om door middel van variatie in de uitvoering van strandsuppleties en van zeereepbeheer de diversiteit van kustduinlandschappen te vergroten. De aanname daarbij is dat een divers landschap op termijn zal leiden tot een optimale biodiversiteit op nationale schaal. Voortbouwend op de kennis van EGS I, verder wetenschappelijk onderzoek in combinatie met 'expert judgement' is gebleken dat vooral strandsuppleties maar meer nog zeereepbeheer de meeste potentie hebben.

In dit rapport, tevens Plan van Aanpak, is weergegeven hoe te komen tot mogelijke uitvoering van bovengenoemde aanpassing van het kustlijnbeheer en zeereepbeheer. Er worden onder EGS II vier stappen voorzien: 1. Analyse en evaluatie van het uitgevoerde zeereepbeheer; 2. Achterhalen correlatie tussen zeereep dynamiek en diversiteit van het kustduinlandschap; 3. Bepalen sturende parameters in de processen op het strand, in de zeereep en de zone er onmiddellijk achter en het causale verband tussen oorzaak (suppleren) en gevolg (landschappelijke respons) en 4: Welke stuurknoppen kan men aanwenden die landschappelijke respons de richting op te krijgen van grotere diversiteit?

In de toekomst (niet binnen de context van EGS II) kan een uitgebreid onderzoek ten aanzien van strandsuppleties uitgevoerd worden naar de relatie tussen stranddimensies en het te verwachten responstype van de zeereep. Een onderzoek naar standplaatsfactoren van plantensoorten door middel van een inventarisatie van pq's en de beoordeling van geschiktheid ervan voor de bepaling van de oorzaak van vegetatieveranderingen is nodig op langere termijn.

Referenties

KPP Ecologisch Gericht Suppleren II (2016-2021)

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2017	Albert Oost Bert van der Valk Alma de Groot Stephanie IJff Bas Arens Evert-Jan Lammerts Peter Herman Petra Damsma		Ad van der Spek		Frank Hoozemans	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Doel en aanleiding	1
1.2 Leeswijzer	1
1.3 EGS I in het kort	1
1.4 Responstypen	2
2 EGS II	5
2.1 Stuurknop 'Kustzonebeheer'	6
2.2 Vooroeversuppleties	6
2.3 Strandsuppleties	7
2.3.1 Windklimaat	7
2.3.2 Vochtgehalte en grondwater van het strand	7
2.3.3 Schelpen en stenenvloertjes	8
2.3.4 Vegetatie en duinvorming	8
2.3.5 Striijklengte	8
2.3.6 Geometrie strand	9
2.3.7 Frequentie en volume suppleties	9
2.4 Stuurknop 'Zeereepbeheer'	10
2.4.1 Hydrodynamica	10
2.4.2 Windklimaat	10
2.4.3 Korrelgrootte	11
2.4.4 Vegetatie en beheer	11
2.4.5 Kerven	11
2.5 Stuurknop 'Reactivatie achterduin'	13
3 Voorgesteld onderzoek	15
3.1.1 Stap 1 Voortgezette inventarisatie responstypen	16
3.1.2 Stap 2 Correlatie responstypen en (randvoorwaarden voor) diversiteit van de kustduinlandschappen.	17
3.1.3 Stap 3 Sturende parameters/processen per responstype	17
3.1.4 Stap 4 Nagaan of stuurknoppen (ofwel aangepast beheer) om een stuk kust in bepaald responstype te krijgen, daadwerkelijk kunnen functioneren.	17
3.1.5 Latere optie onder EGS II	18
4 Onderwerpen voor optioneel onderzoek na afloop van EGS II ten behoeve van aanpassing/wijziging beleid (dus niet in EGS II):	21
4.1 Aanbeveling voor aanvullend onderzoek op standplaatsniveau	21
4.2 Maatschappelijke doelen voor kustlocaties	21
4.3 Ontwikkelen aangepast of nieuw beleid	21
5 Besluit	23
6 Literatuur	25

1 Inleiding

1.1 Doel en aanleiding

Suppleren van zand op de kust wordt uitgevoerd binnen het kader van Dynamisch Kustbeheer (DK). Ecologisch Gericht Suppleren (EGS) II (2016-2021) volgt op EGS I (2009-2015). In EGS I is duidelijk geworden dat suppleties bijdragen tot een hoger zandaanbod voor de duinen. Het doel van dit onderdeel van EGS II “effecten van suppleren op het kustduingebied” is te onderzoeken hoe de uitvoering van de suppletiepraktijk en van de verschillende manieren van zeereepbeheer kunnen bijdragen aan een optimaal gevarieerd kustduinlandschap. Dit Plan van Aanpak op hoofdlijnen is vormgegeven op grond van ‘expert judgement’ in combinatie met een literatuurstudie (IJff et al., 2016).

Centraal in dit onderdeel van EGS II staat of, en zo ja, hoe het mogelijk is om door middel van variatie in de uitvoering van suppleties en het zeereepbeheer de diversiteit van kustduinlandschappen te vergroten. De aanname daarbij is dat een divers landschap zal leiden tot een optimale biodiversiteit op nationale schaal (Oost et al., 2012; Lammerts & van Haperen, 2014). Daarbij wordt het effect van suppleren, via morfologische en ecologische processen, op de ontwikkeling van het kustduingebied onderzocht en nagegaan in hoeverre deze ontwikkeling actief te beïnvloeden is. Tevens wordt nagegaan welk type zeereepbeheer bijdraagt aan het doorstuiven naar het achterduingebied¹ en op welke wijze. In de diverse discussies tussen natuurbeheerders, ecologen en morfologen wordt daarbij onderkend dat het niet het doel is om maximale, maar de gewenste hoeveelheden zand van het strand naar het achterduin te geleiden. Het doel van dit onderzoek is om na te gaan aan of en hoe het beheer zo kan worden ingericht dat een optimale landschappelijke diversiteit kan worden bereikt. De uitkomsten zijn bestemd voor de beheerders van de kust, de zeereep en het achterduin.

1.2 Leeswijzer

Na de inleiding volgt een korte samenvatting van de resultaten van EGS I, waarbij ook de responstypen van de zeereep worden besproken. Daarna wordt de opzet van het onderdeel duinen onder EGS II besproken, met uitleg over de gebruikte methode (met stuurknoppen). Vervolgens komt het voorgesteld onderzoek aan bod. Tot slot worden enkele aanbevelingen gegeven die o.a. de stappen aangegeven die logischerwijze moeten volgen wanneer de beleidscyclus te zijner tijd ingezet gaat worden met de resultaten van dit EGS II duinen verkennend onderzoek.

1.3 EGS I in het kort

Uit het EGS I onderzoek kwam duidelijk naar voren dat er door de uitvoering van het suppletieprogramma meer zand de duinen in wordt getransporteerd, dan vóór die tijd het geval was. Daarbij bleek tevens dat de morfodynamiek van de zeereep de belangrijkste bepalende factor is voor geomorfologie, bodemchemie, vegetatieontwikkeling en bodemfauna van het achterduingebied. Voor morfologische diversiteit van landschap spelen zowel kustlijnbeheer als zeereepbeheer beide een belangrijke rol; voor de ecologische diversiteit

¹ Hiermee worden bedoeld alle duinen achter de zeereep.

lijkt dit ook het geval te zijn op habitat niveau. Daarmee is de vraag geboren òf, en zo ja hoe, één en ander op elkaar kan worden afgestemd.

Over de ruimtelijke verspreiding van suppletiezand vanuit suppletie locaties is nog weinig bekend (Arens, 1994; Van der Wal, 1999; Arens et al., 2010). Dat geldt in nog sterkere mate voor onderwatersuppleties. Van het, over een langere periode op de kust aangebrachte suppletiezand komt gemiddeld grofweg 25% ten goede aan een volumetoename van de duinen (Arens et al., 2010²). De fluctuatie van de duinvoet lijkt minder te worden wanneer er gesuppleerd wordt (Arens et al., 2010). Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt doordat het kustlijnbeheer ervoor zorgt dat afslag van de duinvoet wordt onderdrukt en daarmee de amplitude van de fluctuaties in de kustlijnligging afneemt.

Ook is in vrijwel alle onderzochte gebieden van de studie van Arens et al. (2010) het totaal aan dynamische duinvormen in oppervlak toegenomen sinds de start van het dynamisch kustbeheer. De Nederlandse zeereep reageert op dynamisch kustbeheer in de vorm van vijf 'responstypen' (Arens et al., 2010; fig. 1). Waar deze verschillen door veroorzaakt worden, is niet duidelijk (Arens et al., 2012b).

1.4 Responstypen

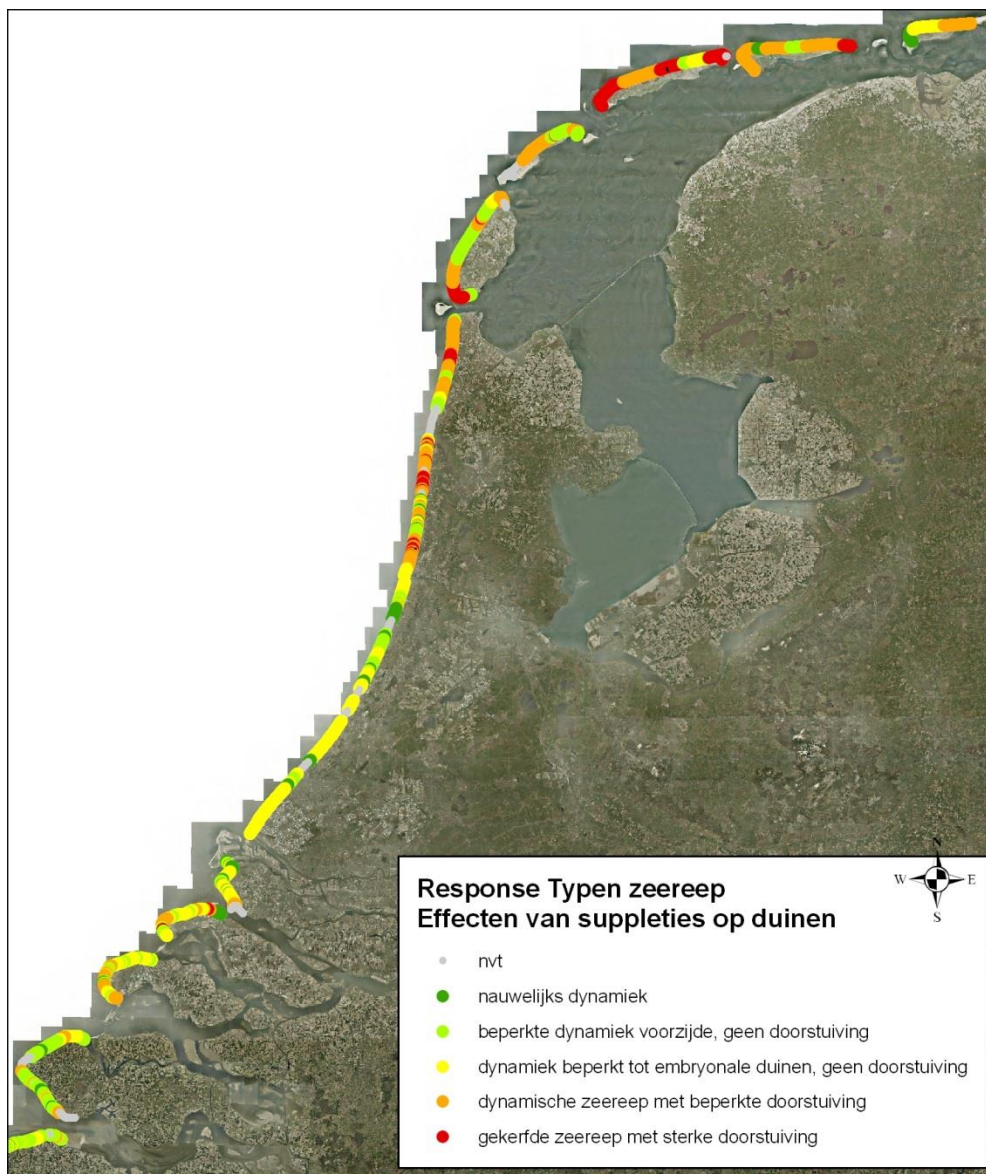
Binnen deze responstypen wordt de overstuivingsgradiënt van Type 1 naar Type 5 steeds uitgestrekter in de kustdwarse richting:

Type 1: Er is nauwelijks of geen dynamiek in de zeereep. Er is geen sprake van doorstuiving of ontwikkeling van embryonale duinen. Een lichte mate van aanstuiving bij de duinvoet is mogelijk. Potentie voor ontwikkeling van alle N2000 habitattypen is negatief.

Type 2: Er is vooral sprake van toegenomen dynamiek vóór de zeereep, door de ontwikkeling van embryonale duinen (H2110)³ (Arens et al., 2010). Het bredere strand dat ontstaat door strandsuppleties, leidt ertoe dat de frequentie van duinvoeterosie door golven afneemt (Van der Wal, 1999; 2004) wat duinaangroei (tijdelijk) stimuleert. Doordat de embryonale duinen het grootste deel van de dynamiek wegvangen is er weinig of geen dynamiek meer in de oorspronkelijke zeereep zelf (Arens et al., 2012a). Doorstuiving door de zeereep heen is verwaarloosbaar; opstuiving op de zeereep is wel aanwezig. Bij doorgroeien van de embryonale duinen ontstaat habitatype H2120, witte duinen. Potentie voor onderhoud van grijze duinen achter de zeereep door 'overpoedering' met zand is laag tot zeer laag. Witte duinen op de zeereep zouden zich door een afname van de dynamiek op den duur kunnen ontwikkelen tot grijze duinen.

² Daarbij zal het bij vooroever suppleties niet zo zijn dat dit specifiek het zand is dat uiteindelijk op het strand en vandaar in de duinen eindigt: dat is immers niet traceerbaar maar gezien de menging die tijdens dat transport optreedt ook niet erg waarschijnlijk.

³ In het Waddengebied is er voldoende ruimte en beschikbaarheid van zand om het strand breder te laten worden, zodat er embryonale duinen en/of groene stranden ontstaan. Op Ameland en Schiermonnikoog hebben zich vanaf 2000 groene stranden en nieuwe duingebieden ontwikkeld. Deze gebieden kunnen als voorbeeld dienen voor wat er kan gebeuren bij natuurlijke suppleties, waarbij nieuwe duinvorming mogelijk is.



Figuur 1.1 Verbreiding van de vijf onderscheiden responstypen van de zeereep langs de Nederlandse kust (naar Arens et al., 2010)

Type 3: Er is sprake van een matige tot forse dynamiek die tot aanstuiving leidt aan de voorzijde en tot ophoging van de top van de zeereep. De zeereep breidt daardoor zeewaarts en in de hoogte uit. Embryonale duinen kunnen al dan niet voorkomen. De doorstuiving van de voorzijde over de top naar de achterzijde van de zeereep is verwaarloosbaar. Habitattype 2120 is goed ontwikkeld in de zeereep, 2110 is wel of niet aanwezig. De potentie voor onderhoud van grijze duinen door 'overpoedering' is wel aanwezig, maar zeer beperkt.

Type 4: Net als bij type 3 is er sprake van een matige tot forse dynamiek, maar nu strekt deze zich ook uit tot achter de zeereep. De potentie voor onderhoud van grijze duinen is dan matig tot goed. Habitatype 2120 is in de zeereep en in een relatief smalle zone erachter goed ontwikkeld, H2110 is wel of niet aanwezig. Bij een dynamische zeereep is de vegetatie onregelmatig over het oppervlak verdeeld. Een dynamische zeereep ontwikkelt zich logischerwijs alleen als er geen stabilisatie van de zeereep plaatsvindt. Vaak moet de zeereep een handje geholpen worden (De Groot et al., 2012), hoewel ook spontane dynamisering optreedt, bijvoorbeeld in Noord-Holland.

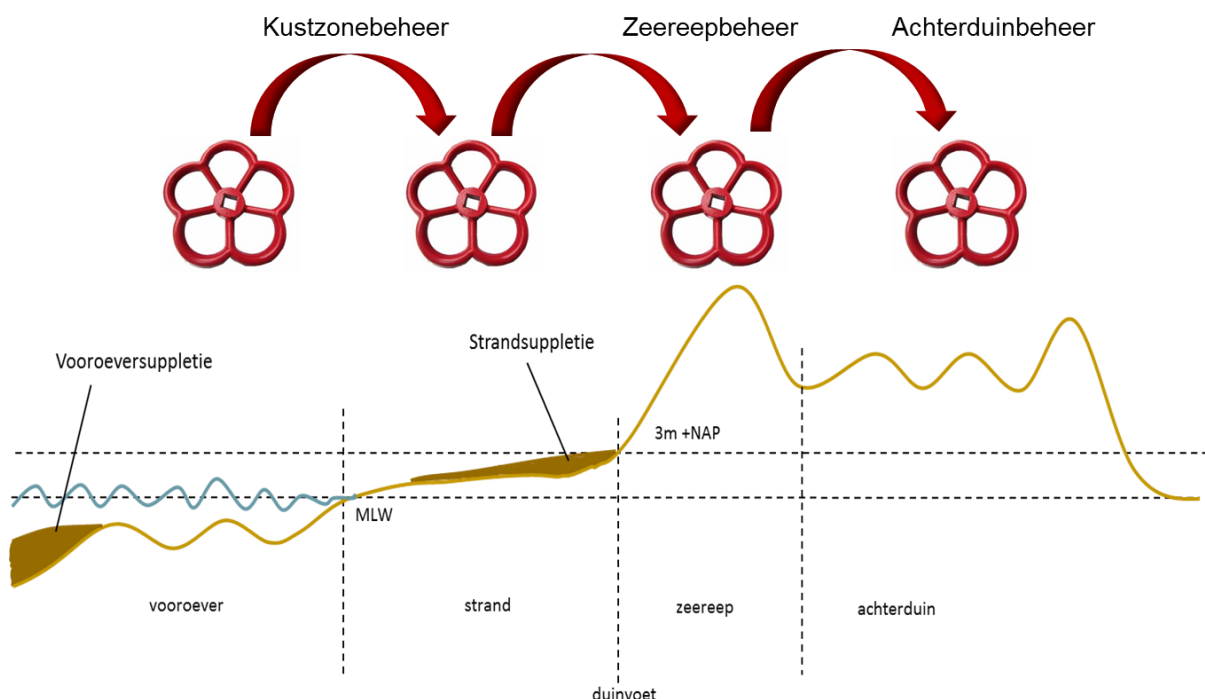
Type 5: Het laatste type kent de grootste dynamiek door extreme aanstuiving, secundaire verstuiving, of een combinatie van beide. Afhankelijk van de mate van aanstuiving, of de rol die afslag speelt bij de mobilisatie van zand, zijn embryonale duinen wel of niet aanwezig. Door de ontwikkeling van kerven met de daarbij behorende parabolisering en stuifkuilen is de doorstuiving naar achteren toe veel groter dan in de andere typen. Depositie van zeer veel zand kan leiden tot algehele overstuiving van duinvegetatie (Van der Wal, 2004), waardoor de dynamiek zelfversterkend kan worden. Er is een grote lange-termijn potentie voor onderhoud van grijze duinen. De ontwikkelingsprocessen kunnen meerdere decennia duren, waarna de daarop volgende successie ook nog decennia in beslag kan nemen.

Het is vooralsnog onduidelijk welke factoren het type respons bepalen. De achterliggende mechanismen zijn onvoldoende bekend. De vragen zijn daarom: 1) of door beheer het type van respons beïnvloed kan worden, en zo ja, hoe dan? en 2) kunnen we, wetende de respons, aanbevelingen doen voor zeereepbeheer of de wijze van suppleren ten behoeve van grotere landschappelijk diversiteit? Voor de afstemming tussen suppleren en de effecten daarvan op zeereep en achterduin lijken responstypes 4 en 5 daarbij het meest interessant, omdat daar een duidelijke waarneembare koppeling optreedt tussen strand, zeereep en het achterliggende duingebied.

2 EGS II

Centraal in EGS II staat of, en zo ja, hoe, rekening houdend met andere kustfuncties, door middel van suppleties gestuurd kan worden op optimalisering van diversiteit van duinlandschappen op nationale schaal. Gegeven de context van EGS II is de focus op landschapsniveau en niet op standplaatsniveau. Sturen met suppleties is in theorie mogelijk door variatie in plaats, vormgeving, schaal en frequentie. EGS II wil in de komende 4 jaar verder onderzoeken hoe uitvoering van het suppleren afgestemd kan worden met zeereepbeheer, en andersom. Bij gebleken haalbaarheid kan desgewenst een bijstelling van het suppletiebeleid volgen; dit is echter geen onderdeel van het huidige programma.

In principe is er keuze tussen de volgende potentiële stuurknoppen om een gewenste hoeveelheid zand vanuit zee en strand naar het achterduin te verplaatsen: de stuurknop Kustzonebeheer (met keuze tussen vooroever-, geul- en/of strandsuppleties), de stuurknop zeereepbeheer en de stuurknop achterduinbeheer (Fig. 2). Merk op dat de diverse zones waarin activiteiten plaats kunnen vinden verschillende beheerders hebben: suppleties vinden vooral plaats in het gebied waar Waterstaat de beheerder is, de zeereep wordt vooral beheerd door de waterschappen en lokaal, zoals op Vlieland en Terschelling door Rijkswaterstaat, terwijl het duingebied veelal beheerd wordt door natuurorganisaties of drinkwatermaatschappijen.



Figuur 2.1 De verschillende potentiële stuurknoppen om de doorvoer van zand van suppletie naar achterduin te beïnvloeden.

2.1 Stuurknop 'Kustzonebeheer'

Kustbeheer wordt vooral gedaan via suppleties, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen vooroever- en strandsuppleties.

2.2 Vooroeversuppleties

Vooroeversuppleties worden veelal aangelegd met hun top onder of rond de – 5 m NAP. Daarbij is waargenomen dat de zeewaartse migratie van de van nature voorkomende zandbanken afneemt of tot stilstand komt (bijvoorbeeld suppletie Callantssoog). Ook wordt vaak een positief effect op het strand boven GLW waargenomen. Dit wordt vermoedelijk niet zozeer veroorzaakt door direct transport van het suppletiezand naar het strand, maar door de volgende twee oorzaken. 1. Door de aanwezigheid van het suppletielichaam verkrijgt het kustprofiel in principe een extra bank. Dit relatief ondiepere kustprofiel remt de invallende golven sterker af dan in de naastliggende vakken, waardoor er als het ware een luwe schaduwzone gevormd wordt waar zand wordt ingevangen uit de kustparallele transporten. 2. Bovendien zorgt dit ervoor dat de golfaanval op strand en eventueel duinvoet minder is.

Veel geciteerd is de waarneming dat langs de Hollandse kust vrijwel alle combinaties van negatieve en positieve jaarlijkse zandbudgetten voor duinen, strand en de vooroever worden waargenomen (Arens, 2009). Alleen wanneer de zandbudgetten zeer positief zijn, zoals ten zuiden van de haven van IJmuiden, zijn alle veranderingen positief. Als in meer detail gekeken wordt komt echter een ander beeld naar voren. Analyse van zandvolumes m.b.v. de Jarkus dataset voor de Hollandse kust (De Groot et al., 2012), gaf aan dat er onderwater een sterke correlatie bestaat tussen jaarlijkse volumeveranderingen in het diepere deel (van -8 m tot ca. -4 m NAP) en het ondiepe deel van de brandingszone. Ook boven water was er een sterke correlatie tussen de volumeveranderingen van het strand (GLW tot + 3m NAP) en de duinen (boven + 3 m NAP). Tussen het onderwater deel en het bovenwaterdeel was de correlatie echter zeer zwak. Dit gebrek aan correlatie over de laagwaterlijn heen was in eerdere analyses gemaskeerd, omdat daar meestal het gehele MKL-volume werd beschouwd en de grote veranderingen in de vooroever t.o.v. het strand de statistiek overheersten. Omdat de directe connectie met de kust en de stuurbaarheid te onduidelijk zijn, stellen wij voor deze stuurknop vooralsnog niet nader te onderzoeken binnen EGS II. Overigens werken de effecten van vooroeversuppleties wel diffuus door in de stuurknop Kustzonebeheer; hier moet dus indirect rekening mee worden gehouden.

Indirect worden de effecten van vooroeversuppleties wel meegenomen via analyse van de Jarkus-dataset landwaarts van de MLW-lijn. Omdat ook vooroeversuppleties bijdragen aan de handhaving van het kustlijnbeheer mag verwacht worden dat het strandvolume op enige termijn beïnvloed zal worden door de vooroeversuppleties. Het strandvolume (al dan niet voorzien van vooroever- en strandsuppletiezand) is waar het onderzoek zich vooral op zal richten (zie onder).

Op basis van bovenstaande overweging blijven de stuurknoppen 'Kustzonebeheer' en 'Zeereepbeheer' over voor nadere studie. Deze stuurknoppen zijn moeilijk los van elkaar te beoordelen, omdat ze elkaar niet alleen via de fysische processen beïnvloeden, maar ook via de uitvoering van beleid en beheer. Door de per jaar en per strekkende meter grotere toevoer van zand naar de zeereep is er sinds 1991 meer ruimte gekomen om dynamische experimenten met zand toe te staan: door o.a. in zeerepen te kerven.

2.3 Strandsuppleties

Strandsuppleties hebben vooral in de eerste 1,5 jaar een groot effect op de beschikbaarheid van zand voor verwaaiing; die beschikbaarheid wordt snel lager na die relatief korte periode (Van der Wal, 1999). Een beperking van de stuurknop Kustzonebeheer (fig. 3; Tabel 1) is dat het zand door de wind ook sterk kustparallel, dus zeer breed, verspreid kan worden, waardoor de zandaanvoer niet noodzakelijkerwijs hoeft op te treden in de direct achter de suppletie liggende duinen. De enige gedetailleerde studie op dit vlak (Van der Wal, 1999) laat echter zien dat in het algemeen wel degelijk in het eerste jaar na de suppletie een effect optreedt op de duinen achter de strandsuppletie: *“One year after nourishment, the erosion of the beach between the 1 and 3 m +DOD level is more than in the control situation. [...] One year after nourishment, the rate of aeolian sand transport to the dunes significantly increased to about 14 m³m⁻¹y⁻¹, as compared to about 9 m³m⁻¹y⁻¹ in the control situation, despite the large variation in aeolian sand transport. In the second and third year following nourishment, the rates of aeolian sand transport did not differ from the control situation.”* De uiteindelijke vraag is hoeveel van het toegevoegde volume ook daadwerkelijk richting de zee reep van het gesuppleerde vak gaat en of dat is te sturen.

De levering van zand van het strand naar het duin is aanbod-gelimiteerd (Aagaard et al., 2004; De Vries et al., 2012). Factoren die daarbij een rol spelen zijn (gerangschikt van autonoom naar mogelijk beïnvloedbaar):

2.3.1 Windklimaat

Windsterkte en windrichting (windklimaat) zijn bepalend voor het in gang zetten van de verreweg belangrijkste vorm van eolisch zandtransport: saltatie. Volgens Aagaard et al. (2004) zorgen sterke winden en een breed strand voor gunstige omstandigheden voor eolisch zandtransport van het strand naar het duin. Hoewel windsnelheid in de meeste sedimenttransportformules wordt benoemd als de belangrijkste parameter voor eolisch zandtransport, laten andere studies zien dat sedimenteigenschappen, vochtgehalte en geometrie van het strand dominant kunnen zijn over windsnelheid (De Vries et al., 2012). Uit modelonderzoek komt naar voren dat variaties in windsterkte en windrichting binnen de normale bandbreedte geen effect hebben op duinvolumes en ondergeschikt lijken te zijn aan andere transport-limiterende factoren en strandmorfologie (Bauer et al., 2012). Deze uitkomsten geven aan dat sedimenttransport van strand tot in de duinen tot op zekere hoogte stuurbaar is.

2.3.2 Vochtgehalte en grondwater van het strand

Een hoger vochtgehalte aan het oppervlak van het strand (afhankelijk van neerslag, getij en grondwaterstand) vermindert de hoeveelheid salterende sedimentdeeltjes (Aagaard et al., 2004; De Vries et al., 2012). In Skallingen (Deense Waddenzee) zijn sterke winden en een vochtgehalte van <10% de voorwaarden voor eolisch sedimenttransport (Davidson-Arnott & Dawson, 2001)⁴. Hoewel dit grotendeels afhankelijk is van natuurlijke processen van neerslag

⁴ Op plekken waar zoet grondwater uit de duinen uitstroomt op het strand als gevolg van een grote zoetwaterbel in de duinen, is de kans op de vestiging van microbiële matten en vegetatie groter. Als er een breed strand is en er een paar jaren zonder stormen zijn, kunnen zich groene stranden ontwikkelen (Grootjans et al., 2001; Idem, z.j., Van

en verdamping is via de hoogte van het strand mogelijk wel bij te dragen aan een beïnvloeding van de droogte en daarmee de opnamezandkorrels door de wind.

2.3.3 Schelpen en stenenvloertjes

Aanrijking aan het sedimentoppervlak door afvoer van de fijnere zandfracties kan leiden tot de vorming van schelpen- en stenenvloertjes. Deze onderdrukken verder eolisch transport. Meestal worden door betreding en strandreiniging op de drukkere stranden en door omwerking door oplopende goven vanuit zee schelpen- en stenenvloertjes weer (deels) teniet gedaan. Lokaal kan het echter wel een rol spelen. Een bekend voorbeeld is de Zandmotor, waar een langzame aanrijking met schelpen en schelpgruis aan het oppervlak optreedt (Taal et al., 2016). Dit effect is ook bekend van andere suppleties als Spanjaards Duin (van der Meulen et al., 2014). Via de samenstelling van suppletiezand kan enigszins gestuurd worden op het vermijden van vorming van schelpen- en stenenvloertjes. Dat gebeurt al door selectie van wingebieden op het criterium "schelp-/grindhoudendheid": gebieden met lage volumepercentages worden bij voorkeur uitgekozen voor winning.

2.3.4 Vegetatie en duinvorming

Wanneer er vegetatie vestigt op het strand, kunnen embryonale duinvelden ontstaan of groene stranden en wordt doorvoer van zand onderdrukt. Vegetatievestiging vindt vooral plaats waar het strand zo hoog en breed is dat er nauwelijks overspoeling door zeewater optreedt (bijv. het noorden en oosten van Schiermonnikoog) of bij stranden achter een supragetijden-strandbank (bijvoorbeeld op Ameland, de Kwade Hoek, west Schiermonnikoog; De Groot et al., 2012). Omdat strandsuppleties de strandbreedte en –hoogte vergroten, zullen ze zorgen voor een grotere kans op het vestigen van vegetatie vóór de zeereep en daarmee op de vorming van embryonale duinen (Arens et al, 2010, Van Puijenbroek et al., in review). Hierdoor zal de zandaanvoer naar achterliggende duinen vanaf het strand waarschijnlijk verminderen.

2.3.5 Striijklengte

De sedimentflux neemt toe met de striijklengte; de breedte van het droge strand evenwijdig aan de windrichting (Van der Wal, 1999). Door de overheersende windrichting vanuit het ZW treedt er veel kustlangtransport in NO richting, en wel over aanzienlijke afstanden. De overheersende windrichting ten opzichte van de oriëntatie van de zeereep is een belangrijke factor die bepaalt hoeveel zand er richting de duinen waait, of parallel langs de zeereep wordt geblazen. Wanneer de wind niet recht op de duinen staat maar met een hoek van 15-60°, wordt de wind langs het duin afgebogen. Dit afbuigefect is het grootst bij een hoek van 30-60°. Minder 'schuin' op de kust waaiende winden zorgen voor lokale ophoping van zand aan de voorzijde en de top van de zeereep en ook voor stuifkuilen hoog in de zeereep, waardoor de topografische variabiliteit wordt verhoogd (Hesp, 2002). De striijklengte voor een deel van

Puijenbroek et al., in review). Hieruit kunnen zich nieuwe duinen ontwikkelen waardoor de grondwaterstand weer hoger kan worden.

de winden zou verlengd/verkort kunnen worden via het verbreden/verkorten van het strand door middel van het plaatsen van stuifschermen.

2.3.6 Geometrie strand

Strandbreedte geeft, zij het beperkt, informatie over de potentie voor duingroei. De relatie tussen strandbreedte en duinvolume is alleen van toepassing op stranden tussen 50 en 150 m breed (van der Wal, 1999; Keijsers et al., 2014; De Vries et al., 2014). Bij smallere stranden overheerst veelal erosie van de duinvoet. Bij een strandbreedte van 150 m of meer treedt duinontwikkeling op, een toevalsproces dat een keer per 1 tot 2 decennia optreedt (De Groot et al., 2015). Afhankelijk van de gewenste duinontwikkeling lijkt hier dus een mogelijkheid tot sturing te bestaan.

Strandhoogte is ook van belang: hogere stranden leiden tot meer duinvorming en verwacht mag worden dat er vaak meer droog zand beschikbaar is voor transport (Aagaard et al., 2004; De Vries et al., 2012). Daarbij kunnen variaties in hoogte ook leiden tot de vorming van duinmeertjes of lagunes die vrijwel al het landwaarts verstuivende zand invangen (voorbeelden van dit type zandval zijn te vinden op NW Ameland, NW Schiermonnikoog; en op de Zandmotor (Oost et al., 2016; Taal et al., 2016)). Pas als de opvullingsfase van de meertjes voorbij is, kan een sterke duinontwikkeling optreden (van Tooren en Krol, 2005).

2.3.7 Frequentie en volume suppleties

Tot nog toe worden het volume en de frequentie van de suppleties met name afgestemd op de handhaving van de kustlijn. "Oversuppleren" (in dit geval dus het aanbrengen van grotere volumina zand dan strikt noodzakelijk om een bepaald minimumvolume gedurende een vastgestelde termijn te handhaven) kan vermeden worden. In theorie zou zelfs minder kunnen worden neergelegd dan nodig om dat in een later stadium weer ongedaan te maken (vergelijk Schouwen). Mogelijk kan op deze wijze gevarieerd worden, zodat de gewenste zandaanvoer naar de duinen en het vermijden of terugdraaien van te sterke embryonale duinvorming worden bewerkstelligd. Strandsuppleties worden overigens alleen nog uitgevoerd als er acuut zand op het strand nodig is voor veiligheid of gebruiksfuncties, of als er geen andere mogelijkheid is het zand op de vooroever aan te brengen, mede vanwege de kosten. Daardoor is inzet van strandsuppleties met als nevensdoel natuurbeheer maar beperkt mogelijk.

Resumerend: al met al zitten er een aantal belangrijke onzekerheden in de stuurknop Kustzonebeheer, waardoor verwachtingen over de mate van stuurbaarheid niet te hoog moeten worden gesteld. Het meest interessant qua mogelijke stuurbaarheid lijken (Tabel 2.1): de hoeveelheid zand in een suppletie; de kwaliteit van het zand (schelpgehalte etc.); frequentie van suppleren; en de vormgeving van de suppletie (vooral de aanleghoogte en breedte dwars op de kust).

Tabel 2.1 De mogelijke stuurbare factoren van de stuurknop 'Kustzonebeheer'.

Stuurknop 'Kustzonebeheer'	Werking
Frequentie	Zandaanbod/jaar
Volume	Zandaanbod/jaar
Strandbreedte	Zandaanbod/jaar
Hoogte	Golferosie/windactiviteit
Korrelgrootte	Grove korrels en schelpenvloertjes beperken zandaanbod

2.4 Stuurknop 'Zeereepbeheer'

Zeereepbeheer is moeilijk los te zien van suppleties, omdat ze elkaar niet alleen via de fysische processen beïnvloeden, maar ook via de uitvoering van beleid en beheer. Door de per jaar en per strekkende meter grotere toevoer van zand naar de zeereep is er sinds 1991 meer ruimte gekomen om dynamische experimenten met zand toe te staan: o.a. in zeerepen te kerven. Waar het gaat om het herstellen van de door de wind gedreven processen en om lange termijn ontwikkeling van een gevarieerd kustduinlandschap (>10 jaar) te bevorderen kan het dynamiseren van de zeereep wel eens de grootste potentie hebben (Arens et al., 2012b). Ook kan ze veel beter stuurbaar blijken te zijn dan strandsuppleties doordat het aantal kerven en de dimensies ervan door de mens gemakkelijk kunnen worden (bij)gestuurd om daarmee behoorlijk gecontroleerd de sedimentdoorvoer naar het achterduin te bepalen (zie Tabel 2). Echter, ook daar zijn een aantal die de mens niet in de hand heeft (gerangschikt van autonoom naar mogelijk beïnvloedbaar):

2.4.1 Hydrodynamica

Golferosie is een secundaire factor in het bepalen van de morfologie van de zeereep (Hesp, 2002). Stormvloeden hebben vaak een negatieve invloed op de vestiging van vegetatie op het strand, en daarmee ook op duinvorming ter plekke (De Groot et al., 2012). Na een stormvloed waardoor erosie ontstaat, is de daaropvolgende ontwikkeling van de zeereep een herstel van het profiel door aanstuiving tegen de duinvoet. Dit kan later geholpen worden door vegetatievestiging (Hesp, 2002), maar is in eerste instantie een kwestie van aerodynamica en zandaanbod. Een smal strand (zie bij stuurknop Kustzonebeheer) zal leiden tot kusterosie, welke meestal een combinatie is van ondiepe vooroevererosie en duinvoeterosie. Voor zandtransport door een zeereep heen lijkt het noodzakelijk dat duinvorming zeewaarts van de kerf af en toe teniet wordt gedaan door stormvloeden.

2.4.2 Windklimaat

Wind speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van de zeereep. De snelheden zijn het hoogst bovenop de zeereep en kunnen leiden tot kerfvorming (Hesp, 2002). Wanneer variabiliteit in vegetatie en morfologie toeneemt, neemt echter ook de variabiliteit in windeffecten toe (lokale vertraging van de windsnelheid). Kerven hebben bij sterke kustlangse wind een aanzuigend effect op de windbaan, waardoor veel zand, wat anders via het hoge strand verder in de windrichting door getransporteerd zou worden, de kerven invliegt. Dat is netto verlies voor het strand, maar het kustfundament raakt geen zand kwijt, omdat de zone achter de zeereep wordt versterkt.

2.4.3 Korrelgrootte

De mate waarin sediment gevoelig is voor erosie, is een belangrijke factor voor duingroei (de Groot et al., 2012). Grover sediment, inclusief schelpen en schelpdelen, blijft langer liggen en doet op den duur zandopname door de wind afnemen onder vorming van een schelpenpantser ('desert pavement') waarvan de oppervlaktebedekking met de tijd toeneemt. Gezien de korrelgroottesamenstelling van het suppletiezand (ongesorteerd) is dat een gebruikelijk proces. Van der Wal (1999) meldt dat de grootste effecten van een suppletie in termen van eolisch zandtransport na 1,5 jaar wel gedaan zijn. Beheermaatregelen in de vorm van omwoelen of oppervlakkig afgraven worden bij uitzondering toegepast, alleen in die gevallen waar de natuurlijke ontwikkeling werd verhinderd (bijvoorbeeld de versterkte zeereep van Voorne).

2.4.4 Vegetatie en beheer

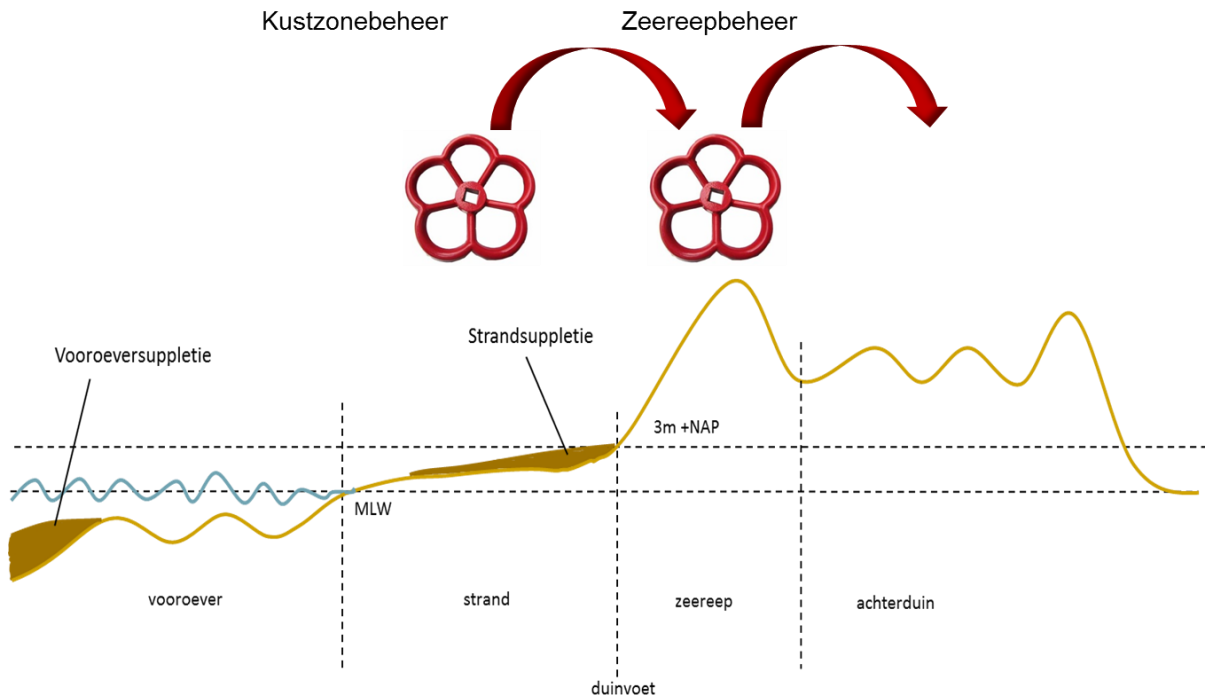
Waar vegetatie ontbreekt (tijdelijk, bijvoorbeeld door stormvloed) kunnen stuifkuilen en kerven ontstaan en wordt de zeereep dynamisch en/of instabiel (Hesp, 2002). Dit kan gestimuleerd worden door actieve verwijdering van de vegetatie. Beheer in de zeereep zoals het planten van helm en het neerzetten van omheiningen en stuifschermen hebben een grote invloed op de vorm en dynamiek van de zeereep (Arens & Wiersma, 1994; Bochev-van der Burgh, 2012). De wens om verruiging van het achterduingebied tegen te gaan door middel van verstuiving wordt mogelijk omdat vanaf 1990 de kustlijn grotendeels op haar plek wordt gehouden. Winderosie wordt dan ook niet overal meer actief tegengegaan door beheerders. Met de start van Dynamisch Kustbeheer (1991) behoorde het op grote schaal aanplanten van helm tot het verleden, tenminste zo hebben de waterschappen het zeereepbeheer aangepast. Zeereepdynamiek kan daarom niet worden voorspeld op basis van alleen fysische en biologische processen. De combinatie van grotere zandtoevoer zorgt in een groot deel van de onderzochte studielocaties van Arens et al. (2010) voor een toename van dynamiek. Hierdoor ontstaan er kerven en windkuilen (Arens et al. 2013), wat leidt tot doorstuiven van zand verder landwaarts.

2.4.5 Kerven

De beheerhoogte van de drempel van de kerf wordt meestal in de hand gehouden door de beheerder, die daarvoor vaak om de veiligheid van de primaire kering te garanderen een minimumhoogte vaststelt; deze ligt veelal onder de aanleghoogte. De breedte ontwikkelt zich door vooral eolische erosie en sedimentatie. De oriëntatie van de kerf ten opzichte van de overheersende windrichting is ook van belang. Dit geldt tevens voor de lengte in landwaartse richting (welke zorgt voor geleiding van doorstuivend zand naar het achterduin). De kerf verlengt hierdoor. Aan de zeezijde krijgen nieuwe duinen nauwelijks een kans door de eroderende werking van de wind die de kerf in wordt getrokken (zie boven). Als vuistregel geldt: hoe meer kerven hoe meer sedimentdoorvoer plaats kan vinden. Het is echter voorstelbaar dat kerven elkaar onderling kunnen gaan beïnvloeden, door hun windaanzuigende werking. Ze kunnen elkaar onderling gaan beconcurreren voor wat betreft de sedimentaanvoer vanaf het strand.

Resumerende: al met al zijn er ook beperkingen aan de stuurbaarheid van de stuurknop 'Zeereepbeheer', maar deze lijken door de hoge stuurbaarheid van de gegraven kerven zelf beter te controleren dan de stuurbaarheid van de suppleties, die van veel meer toevalsprocessen afhankelijk is en nauwelijks bijgestuurd kan worden als ze eenmaal is aangelegd. Het meest interessant qua mogelijke stuurbaarheid lijken factoren gerelateerd

aan het ontwerp van kerven (Tabel 2.2). Daarbij kan mogelijk gestuurd worden op: aantal kerven, hun onderlinge ligging (als er meer kerven dicht bijeen in een en hetzelfde kustvak liggen), aanleghoogte, breedte, lengte door het duin heen, hoogte drempel en vegetatiebedekking. Onderzoek naar deze aspecten is gewenst om mogelijk uitspraken te doen over de effectiviteit van de 'optimale' zanddoorvoer. Het beheer moet tussen de verschillende beheerders onderling afgestemd worden om een en ander mogelijk te maken en optimaal in te richten.



Figuur 2.2 De twee overgebleven en mogelijk bruikbare (deel)stuurknoppen voor het programma EGS II.

Tabel 2.2 De mogelijk stuurbare factoren van de stuurknop 'Zeereepbeheer'

Stuurknop 'Zeereepbeheer'	Werking
Wijze van uitvoering zeereepbeheer	Zandaanbod/jaar
Korrelgrootte	Grove korrels belemmeren op den duur zanddoorvoer
Vegetatiebedekking	Verhindert zanddoorvoer
Kerven: aantal	Zandaanbod/jaar
Idem: breedte	Zandaanbod/jaar
Idem: lengte door het duin heen	Geleiding zand
Idem: aanleghoogte & beheerhoogte	Zandaanbod/jaar
Idem: oriëntatie	Erosie-effect van de (overheersende) windrichting

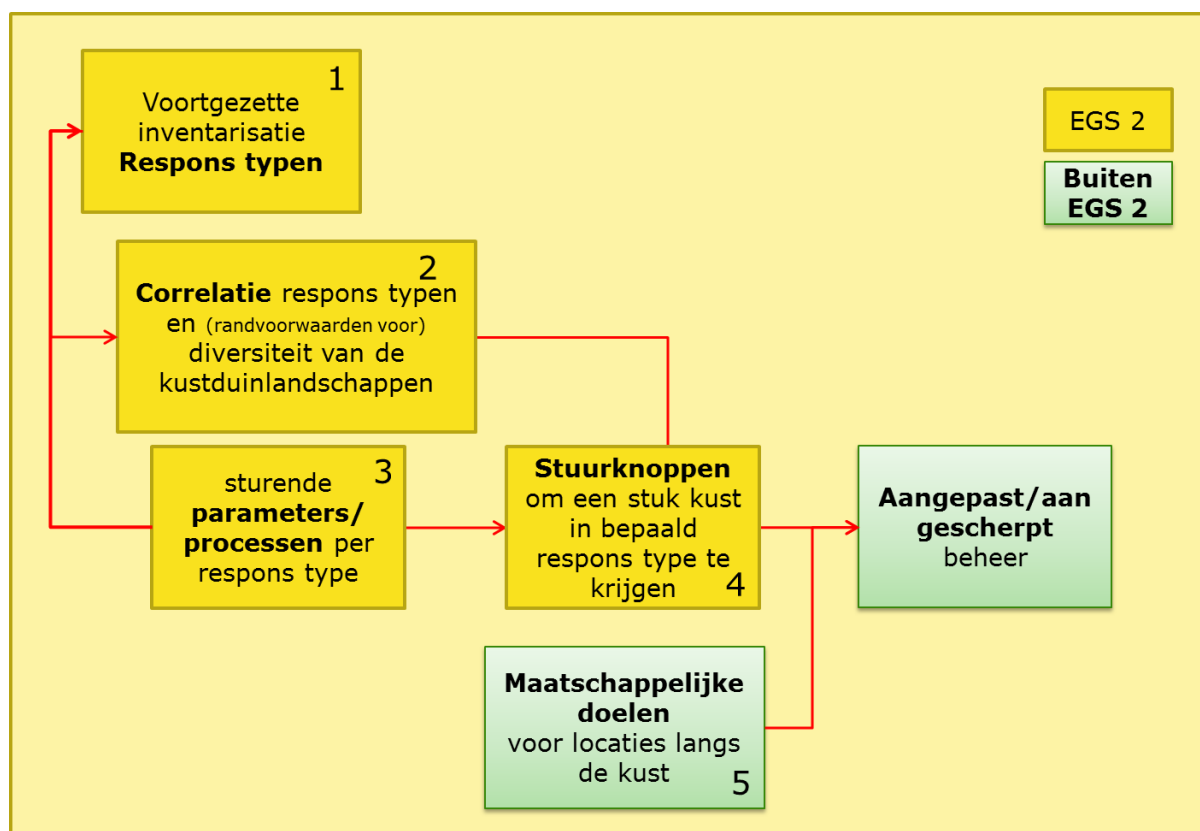
2.5 Stuurknop 'Reactivatie achterduin'

Ook de stuurknop reactivatie van het achterduin valt af voor dit plan van aanpak, omdat deze stuurknop reactief is op het aanbod van zand vanaf de zeereep en uitsluitend door de natuurbeheerder bediend wordt. De terreinbeheerder reactiveert achterduinen in toenemende mate in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS)-regeling. Indien de hoeveelheid aangevoerd zand kan worden gestuurd zou er voor gezorgd kunnen worden dat er de "juiste" hoeveelheid zand wordt aangevoerd vanaf het strand: niet teveel, maar ook niet te weinig.

3 Voorgesteld onderzoek

Het onderzoek onder EGS II richt zich op het nagaan in hoeverre er daadwerkelijk stuurmogelijkheden zijn voor : “Kustzonebeheer” en “Zeereepbeheer”. Daarbij gaat het vooral om de grotere en langetermijneffecten van suppleren en de resulterende doorstuiving naar het achterduin. Doel van het kunnen bedienen van de stuurknoppen is om een “juiste/gewenste” hoeveelheid zand te kunnen aanbieden richting achterduin met inachtneming van andere gebruiksfuncties van de kust, middels vergroting van de kennis over de werking van de stuurknoppen. De vraag die nog open staat is hoe de “juiste/gewenste” hoeveelheid zand kan worden bepaald en benaderd. Bekeken kan/zal worden in hoeverre duinbeheerders hier (via o.a. OBN-onderzoek en gebiedskennis van de beheerder, dus buiten EGS II om) nadere invulling aan kunnen geven. Ook wordt dit veelal lokaal bepaald afhankelijk van de inzichten van de beheerder. Hier wordt een overzicht gegeven van de stappen waarvan op dit moment duidelijk is dat zij in ieder geval genomen kunnen worden. Ook worden na deze stappen 1-4 aangegeven wat er nog aan opties opgepakt kan worden, wellicht nog onder EGS II, maar dan in een later stadium.

We willen de volgende stappen in het onderzoek uitvoeren (Figuur 3.1)



Figuur 3.1 Schematische opzet van het EGS II onderzoek in stappen 1 t/m 4 (zie in de tekst hieronder). Groen ingekleurde vakjes behoren niet tot EGS II.

3.1.1 Stap 1 Voortgezette inventarisatie responstypen

In dit onderdeel wordt nagegaan in hoeverre de vorm (hoogteligging, breedte en reliëf elementen) van het strand bijdraagt aan het eolisch zandtransport naar de zeereepduinen, voortbouwend op Van der Wal (1999), en of, en zo ja, hoe de zeereepduinen dit zand weer doorvoeren. Een belangrijke uitbreiding die wordt voorgesteld is om niet alleen de effecten van strandsuppleties te analyseren en hoe de zeereepduinen zich in de opeenvolgende jaren daarna ontwikkelen, maar ook te kijken naar alle strandprofielen en de correlatie met de zeereepduinen (cf. Bochev-van der Borgh, 2012; De Vries, 2012). De periode waarover gekeken kan worden is 1965-heden.

Dit deel stelt zich ten doel om de kwalitatieve ontwikkeling van het natte en droge strand in relatie tot de kwalitatieve ontwikkeling van de zeereepduinen in kaart te brengen. Daarbij wordt de sedimentinhoud van compartimenten bepaald langs de kust om zo de “sources and sinks” voor zand in ruimte en tijd aan te geven. Basismateriaal: Jarkus gegevens, luchtfoto's, ecologische karteringen etc. Op grond van deze analyses wordt nagegaan:

- wat ruwweg de invloedssfeer is van het strand op de doorstuiving richting zeereep;
- welke responstypen de zeereep laat zien;
- de dynamiserings- c.q. stabiliseringsoorzaak (helmaanplant, spontaan in verstuing door onderbreken van onderhoud na 1990, forse afslag of aangroei, al of niet achter gesuppleerde kusttrajecten, etc.); en
- welke condities in de zeereep de drempelwaarden voor doorstuiving bepalen (bijv. plantendek, embryoduintjes, laagten, groene stranden).

In een later stadium kan op grond van bestaande gevallen worden nagegaan of middels gerichte veldproeven een verdieping van de kennis verkregen kan worden waarbij tevens van de ervaringen van de kerven bij Bloemendaal en de Hondsbossche-Petteimer Duinen gebruik gemaakt wordt.

Uitgaande van de update van de inventarisatie zijn er speciale aandachtspunten voor de dynamiek van de zeereep:

- Welke trends zijn aanwezig in de dynamisering (veranderen typen, en veranderen de verhoudingen tussen de verschillende typen)?
- Welke natuurlijke typen dynamisering zetten door sinds 2008 (eindjaar van de analyse tot nu toe: Arens et al., 2010) en welke niet?
- Maakt het uit of er natuurlijke ontwikkeling bestaat of dat er een ingreep achter de ontwikkeling zit?
- Wat zijn de landschapontwikkelingen?
- Speciale aandacht voor suppleties en kustuitbouw/terugtrekking;
- Kan er iets geconcludeerd worden over sedimentstromen/jaar?

3.1.2 Stap 2 Correlatie responstypen en (randvoorwaarden voor) diversiteit van de kustduinlandschappen.

Doel is het toetsen van de basishypothese dat zeereepdynamiek sturend is voor het landschap van de achterliggende duinen. De directe relatie is landelijk nooit onderzocht. Nagegaan zal worden of voor locaties zonder zeereepdynamiek de (potentiele) diversiteit in achterliggende duinlandschappen significant lager is dan voor locaties mét zeereepdynamiek. Is er een tijdsvertraging, dat wil zeggen is het mogelijk dat gebieden met een hoge/lage biodiversiteit in het verleden (hoe ver terug?) te maken hadden met hoge/lage zeereepdynamiek? Daarbij wordt een conceptueel model worden opgesteld voor de relaties tussen zandaanvoer en responstype van de zeereep.

Parameters waar naar gekeken wordt zijn o.a.: de hoeveelheden zand; de kalkgehalten ervan; de effecten op de grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit; de maaiveldhoogte; etc. Mogelijk kunnen luchtfoto's, hoogtekaarten en de betere vegetatiekaarten in combinatie daar een goede indruk van geven. Een beperkt aantal kenmerkende gebieden wordt bestudeerd.

3.1.3 Stap 3 Sturende parameters/processen per responstype

Er bestaan ruimtelijke en temporele relaties tussen het volume zand van het strand (al dan niet met zand van vooroever en/of strandsuppleties) en duinvolume (zeereep, achterduin; zie Arens et al., 2012b), maar deze zijn nog niet goed begrepen. Dit wordt aan de hand van bestaande data (Jarkus, laseraltimetrie) verder uitgezocht. Onderscheid dient te worden gemaakt tussen de perioden 1965-1991-2001-2016 (de jaartallen markeren: startjaar Jarkus bestand = 1965, start suppletie programma = 1991, overgang strandsuppletie naar vooroeversuppletie = 2001, einde data = 2016). Doel is om beter te begrijpen hoe het strandvolume ruimtelijk en temporeel bijdraagt aan de ontwikkeling van het duinvolume (via een jaar of meer vertraging) en welke factoren dat bepalen (Tabel 1 en 2). Belangrijke aandachtspunten zijn de trends in $m^3/m/jr$ ('zandfluxen') per kustvak en de kritische waarden voor de zandfluxen die bepalend kunnen zijn voor meer diverse landschapontwikkeling. Geholpen door de kwalitatieve analyse van de responstypen (stap 1) wordt in dit deel zowel aandacht geschonken aan (correlatie in) de ontwikkeling loodrecht op de kust (vergelijk Van der Wal, 1999) als van de zeereep op wat grotere afstand van het betreffende strandprofiel. Basismateriaal: Jarkusgegevens, stormvloedgegevens, windklimaat over de jaren en lokale metingen aan op dit moment open zeerepen. Op grond van deze analyses wordt getracht te bepalen hoeveel zand voor en in de zeereep vast komt te liggen en (voor zover kwantificeerbaar), hoeveel er doorstuift t.o.v. de hoeveelheid die uit het strand verdwijnt en welke factoren (zie Tabel 1 en 2) het sedimenttransport in welke mate bepalen. Indien mogelijk wordt een conceptueel model opgesteld voor de relaties tussen zandaanvoer en responstype zeereep.

3.1.4 Stap 4 Nagaan of stuurknoppen (ofwel aangepast beheer) om een stuk kust in bepaald responstype te krijgen, daadwerkelijk kunnen functioneren.

Stap 4 betreft een discussie van de eerdere stappen 1 tot en met 3 mede in het licht van grijze en wetenschappelijke literatuur, om te bepalen of, en zo ja, hoe de stuurknoppen

'Kustzonebeheer' en 'Zeereepbeheer' gemanipuleerd en -indien mogelijk- onderling afgestemd kunnen worden om zo het achterduin van de gewenste hoeveelheden zand te voorzien.

3.1.5 Latere optie onder EGS II

In een latere fase van EGS II kan de optie 'praktijkonderzoek nieuwe gebieden' desgewenst opgepakt worden:

Nieuwe praktijk-proefgebieden kunnen via een pragmatische keuze geselecteerd worden. Hieronder geven wij enkele selectiecriteria. De eerste stap is na te gaan welke gebieden zich op 'gewenste' wijze kunnen ontwikkelen in de komende 5 jaar via een inschatting van het ontwikkelingspotentieel, gebaseerd op:

- Geplande suppletie-inzet in de komende jaren (locatie, hoeveelheid, wijze van aanbrengen, etc.);
- Landschapsdoelen, (verwachte) ontwikkeling, instandhouding, als gevolg van morfologische ontwikkelingen;
- Haalbaarheid activatie zeereep (bestaand of nog uit te voeren);
- Geschiktheid achterduingebied voorzien van een alternatief veiligheidsduin. Door Lammerts en van Haperen (2014) is een inventarisatie gemaakt van dergelijke gebieden (Figuur 3.2);
- Landschapsecologische uitgangspunten. Dit zou kunnen door van tevoren te analyseren welke ecologische ontwikkelingen (successie/regressie, ontwikkeling van groen strand, duinvalleien, duinheiden, stuifkuilen maar misschien ook duinbos) langs de te bestuderen kusttrajecten voorhanden zijn, of mogelijk zijn.



Figuur 3.2 Overzicht van potentiële nieuwe proefgebieden waarin potentieel een diepe gradiënt kan worden ontwikkeld (groene gebieden) (Lammerts & van Haperen, 2014).

4 Onderwerpen voor optioneel onderzoek na afloop van EGS II ten behoeve van aanpassing/wijziging beleid (dus niet in EGS II):

4.1 Aanbeveling voor aanvullend onderzoek op standplaatsniveau

Een probleem in het ecologisch effectonderzoek is dat er onvoldoende bekend is over de nul-situatie, dus de dynamiek en landschapsvormen vóór de start van suppleren. Er zijn waarschijnlijk wel gebieden waar aan de hand van bestaande permanente quadraten (pq's) gegevens beschikbaar zijn over de situatie vóór het suppleren begon. Heropname van die pq's zou inzicht kunnen geven in ecologische veranderingen sinds suppleren. In hoeverre dat ook daadwerkelijk effecten zijn van suppleties of van veranderd beheer of van andere veranderingen is lastig, maar zo ongeveer de enige mogelijkheid om de oorzakelijkheid te achterhalen. Overige randvoorwaarden moeten dan ook meegenomen worden (mate van dynamiek, verruiging door stikstofdepositie, uitgevoerde beheermaatregelen, etc.). Een inventarisatie van pq's en de beoordeling van geschiktheid ervan voor de bepaling van de oorzaak van vegetatieveranderingen is dan nodig. Het is zeer wenselijk dat dit via OBN of via natuurbeheerders opgepakt wordt, want dit past niet binnen de mogelijkheden van EGS II.

4.2 Maatschappelijke doelen voor kustlocaties

Deze maatschappelijke doelen zijn breder dan de natuurdoelen. Op basis van deze doelen in combinatie met de inzichten uit stap 4 kan besloten tot ander beheer. Het uitwerken van deze doelen is geen onderdeel van EGS II duinen, maar de informatie die we in EGS II genereren kan wel bijdragen aan deze discussie.

4.3 Ontwikkelen aangepast of nieuw beleid

Nadat ook deze twee post-EGS II onderwerpen onderzocht zijn, kan desgewenst aangepast of nieuw beleid worden ontwikkeld.

5 Besluit

Ecologisch Gericht Suppleren (EGS) II (2016-2021) is een vervolg op EGS I (2009-2015). Centraal in dit onderdeel van EGS II staat of en hoe het mogelijk is om door middel van variatie in de uitvoering van strandsuppleties en van zeereepbeheer de diversiteit van kustduinlandschappen te vergroten. De aanname daarbij is dat een divers landschap op termijn zal leiden tot een optimale biodiversiteit op nationale schaal. Voortbouwend op de kennis van EGS I, divers onderzoek in het kader van OBN en verder wetenschappelijk onderzoek in combinatie met expert judgement is gebleken dat vooral strandsuppleties maar meer nog zeereepbeheer de meeste potentie hebben. Om te weten te komen of dit werkt worden volgende acties ingezet.

Ten aanzien van zeereepbeheer een evaluatie (Stappen 1 en 2) uit te voeren over de ontwikkeling van de zeereep onder te verdelen in:

- Verzamelen van data (suppletiebestanden, Jarkus-data, luchtfoto's, vegetatiekarteringen, zeereep beheer, suppleties, type strandbeheer, etc.);
- Uitvoering van een voortgezette inventarisatie van responstypen tot 2017;
- Ontwikkeling van verschuivingen en verschillen in de tijd en per kustvak tussen responstypen nagaan;
- Uitwerken correlatie tussen zeereepdynamiek en diversiteit van het kustduinlandschap. Het doel is de basishypothese te toetsen dat zeereepdynamiek sturend is voor landschappelijke diversiteit van de achterliggende duinen.

Deze uitwerking verschaft overzicht over effecten en relaties tussen de kustprocessen en de ontwikkeling van de verschillende kustduintypen.

Daarmee is de volgende stap (Stap 3) te nemen:

- De sturende parameters/processen uitzoeken die het responstype van de zeereep in een kustvak bepalen;
- Correlatie en mogelijke causaliteit tussen sturende parameters en responstypen bepalen;
- Ontwerpen van een conceptueel model voor relatie tussen zeereepdynamiek en diversiteit kustduinlandschappen;

Hierna wordt Stap 4 gezet: het uitwerken met welke stuurknoppen (ofwel met welk aangepast beheer) welke wijzigingen op landschapsschaal gerealiseerd kunnen worden. Via de wijzigingen op landschapsschaal hebben deze stuurknoppen uiteindelijk effect op de diversiteit van de kustduinlandschappen.

In de toekomst (niet binnen de context van EGS II) kan een uitgebreid onderzoek ten aanzien van strandsuppleties uitgevoerd worden naar de relatie tussen stranddimensies en het te verwachten responstype van de zeereep in de navolgende jaren, zowel kwantitatief als kwalitatief. Daarnaast worden ook andere variabelen (windrichting, korrelgrootte etc.) beschouwd.

Een uitgebreid onderzoek naar standplaatsfactoren van plantensoorten door middel van een inventarisatie van pq's en de beoordeling van geschiktheid ervan voor de bepaling van de oorzaak van vegetatieveranderingen is op termijn ook nodig.

6 Literatuur

- Aagaard, T., Davidson-Arnott, R.; Greenwood, B.; en Nielsen, J., 2004. *Sediment supply from shoreface to dunes: Linking sediment transport measurements and long-term morphological evolution*. *Geomorphology*, 60(1–2), p. 205–224.
- Arens, S.M., 1994. *Aeolian processes in the Dutch foredunes*. PhD-thesis, University of Amsterdam, TAW/RIKZ/FGBL, 150 p.
- Arens, S.M., 2009. *Effecten van suppleties op duinontwikkeling; geomorfologie*. Rapportage fase 1. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2009.02 in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.
- Arens, S.M., F.H. Everts, A.M. Kooijman, S.T. Leek, M. Nijssen, en N.P.J. de Vries, 2012a. *Ecologische effecten van zandsuppleties op de duinen langs de Nederlandse kust*. OBN rapport DK166 in opdracht van BN en Kustlijnzorg Ecologie, RWS-Deltares.
- Arens, S.M., J.P.M. Mulder, Q.L. Slings, L.H.W.T. Geelen en P. Damsma, 2013. *Dynamic dune management, integrating objectives of nature development and coastal safety: Examples from the Netherlands*. *Geomorphology*, vol. 199, p. 205–213.
- Arens, S.M., L.H.W.T. Geelen, H.G.J.M. van der Hagen en Q.L. Slings, 2012b. *Is zandaanvoer door de zeereep de sleutel tot succes? Landschap 2012*, 3, p. 131-139.
- Arens, S.M., en Wiersma, J., 1994. *The Dutch foredunes - inventory and classification*. *Journal of Coastal Research*, 10(1), p. 189-202.
- Arens, S.M., van Puijvelde, S.P. en Brière, C., 2010. *Effecten van suppleties op duinontwikkeling Rapportage geomorfologie*. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP 2010.03 in opdracht van LNV Directie Kennis (OBN) en Rijkswaterstaat Waterdienst.
- Bauer, B.O., R.G.D. Davidson-Arnott, R.G.D. Walker, I.J. Hesp, P.A., en Ollerhead, J., 2012. *Wind direction and complex sediment transport response across a beach-dune system*. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 37(15), p. 1661–1677.
- Bochev-Van der Burgh, L. M., 2012. *Decadal-scale morphologic variability of foredunes subject to human interventions*. Thesis Technical Univ. Twente.
- Davidson-Arnott, R.G.D. en Dawson, J.C., 2001. *Moisture and fetch effects on rates of aeolian sediment transport, Skallingen, Denmark*. *Proceedings Canadian Coastal Conference*, p.309–321.
- Groot, A.V. de, S. de Vries, J.G.S. Keijsers, M.J.P.M. Riksen, Q. Ye, A. Poortinga, S. M. Arens, L.M. Bochev-Van der Burgh, K.M. Wijnberg, J.L. Schretlen en J.S.M. van Thiel de Vries, 2012: *Measuring and modeling coastal dune development in the Netherlands*. Jubilee Conference proceedings, NCK-Days 2012, p. 105-110. DOI: 10.3990/2.178.

Groot, A.V. de; Oost, A.P.; Veeneklaas, R.M.; Lammerts, E.J.; Duin, W.E. van; Wesenbeeck, B.K. van; Dijkman, E.M.; Koppenaar, E.C., 2015. *Ontwikkeling van eilandstaarten : geomorfologie, waterhuishouding en vegetatie. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (Deltares rapport 1208549.01)*, p. 1-109.

Grootjans, A., L. Geelen, A. Jansen en E.J. Lammers, 2001. *Duinvalleirestauratie. Successen en mislukkingen. Landschap 18 (3): p. 185-198.*

Grootjans, A., R. Slings, H. Everts en A. van Haperen, z.j. *Herstelstrategieën. Deel III Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën.*

Hesp, P.A., 2002. *Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. Geomorphology, Vol. 48(1-3): p.245-268.*

IJff, S., A. P. Oost, A.V. de Groot, S. Arens, en L. van der Valk, 2016. *Meer dynamiek en grotere biodiversiteit: naar nieuw elan voor de Nederlandse kust onder condities van suppleren. Onderzoeksnotitie, 45 pp.*

Keijsers, J.G.S , Poortinga, A, Riksen, M.J.P.M en Maroulis, J. 2014. *Spatio-Temporal Variability in Accretion and Erosion of Coastal Foredunes in the Netherlands: Regional Climate and Local Topography. Plos One, Vol. 9 (3), p.1-11.*

Lammerts, E.J., & Van Haperen, A.M.M., 2014. *De natuur van de kust; tussen aangroei en afslag. NatuurMedia, Amsterdam.*

Meulen, F. van der, Van der Valk, B., Baars, L., Schoor, E., en Van Woerden, H. ,2014. *Development of new dunes in the Dutch Delta: nature compensation and 'building with nature' J Coast Conservation, Vol.18 (5), p. 505-513.*

Oost, A. P., Cado van der Lelij, A., de Bel M., Oude Essink G. en Löffler M., 2016. *The usability of the sand motor concept, Deltares rep. 1221025-000, 49 pp.*

Oost, A.P., Hoekstra, P., Wiersma, A., Flemming, B., Lammerts, E.J., Pejrup, M., Hofstede, J., van der Valk, B., Kiden, P., Bartholdy, J., van der Berg, M.W., Vos, P.C., de Vries, S., en Wang, Z.B., 2012. *Barrier island management: Lessons from the past and directions for the future. Ocean & Coastal Management, Vol. 68: p. 18-38..*

Taal, M.D., Löffler, M.A.M., Vertegaal, C.T.M., Wijsman, J.W.M., Van der Valk, L. en Tonnon, P.K., 2016. *Ontwikkeling van de Zandmotor. Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP). Rijkswaterstaat/Deltares, p. 1-62.*

Van der Wal, D., 1999. *Aeolian transport of nourishment sand in beach-dune environments. Thesis, Univ. Amsterdam, 157 pp.*

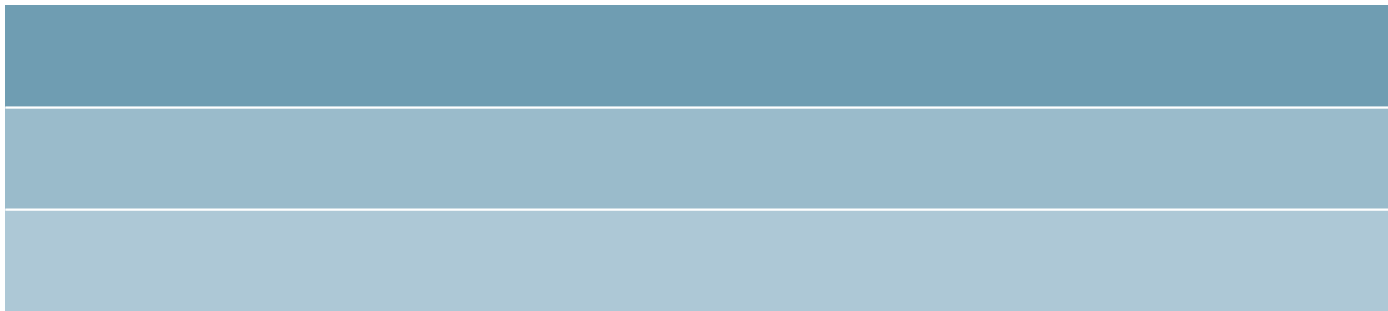
Van der Wal, D., 2004. *Beach-Dune Interactions in Nourishment Areas along the Dutch Coast. Journal of Coastal Research, Vol. 20(1), p.317–325.*

Van Puijenbroek, M., De Groot A.V., en Berendse F, in prep.. Conditions determining the development of embryonic dune fields.

Van Tooren, B. en J. Krol, 2005: Een Groen Strand op Ameland. De Levende Natuur – Vol. 106 (4), 156-158.

Vries, S. de, H.N. Southgate, W. Kanninga en R. Ranasinghea, 2012. Dune behavior and aeolian transport on decadal timescales. Coastal Engineering, Vol. 67, pp.41–53.

Vries, S. de, Vries, J.S.M.T. de, Rijn, L.C.van, Arens, S.M., en Ranasinghe, R., 2014. Aeolian sediment transport in supply limited situations. Aeolian Research Vol. 12, p. 75-85.



Deltares