

# Geomorfologische en ecologische effecten van zandsuppleties op duinen

**Zandsuppleties op de kust leiden tot het tegengaan van erosie en tot stabilisatie van de kustlijn. Wat heeft deze wijze van kustbeheer voor gevolgen voor de op Europees niveau beschermde duinnatuur? Omdat deze vraag zowel de kustveiligheid als natuurontwikkeling raakt, hebben het programma O+BN en Rijkswaterstaat gezamenlijk onderzoek in gang gezet naar effecten van de uitgevoerde suppleties op de ecologie, geomorfologie en bodemchemie van kustduinen.**

Zandsuppleties langs de kust zijn niet meer weg te denken. De belangrijkste veiligheidsnorm – het handhaven van de basiskustlijn – kan met het huidige suppletiebeleid en onder de huidige klimaatomstandigheden gehaald worden (Baptist & Wiersinga, 2012). Daarbij speelt wel de vraag of dit beleid aangepast moet worden om te kunnen anticiperen op de maximaal voorspelde zeespiegelrijzing. Eerder in De Levende Natuur bespraken Baptist & Wiersinga (2012) de mogelijke

effecten op de zeenatuur van enkele toekomstscenario's met zelfs een vertienvoudiging van de huidige suppletiehoeveelheden per jaar. Effecten op de zeenatuur zijn grotendeels direct, aangezien alle suppleties tegenwoordig op de vooroever, dus in zee, worden uitgevoerd. Ook op het strand en de achterliggende duinen worden effecten verwacht. In het kader van het programma Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (O+BN) is dit in samenwerking met Rijkswaterstaat in meerdere fasen onderzocht.

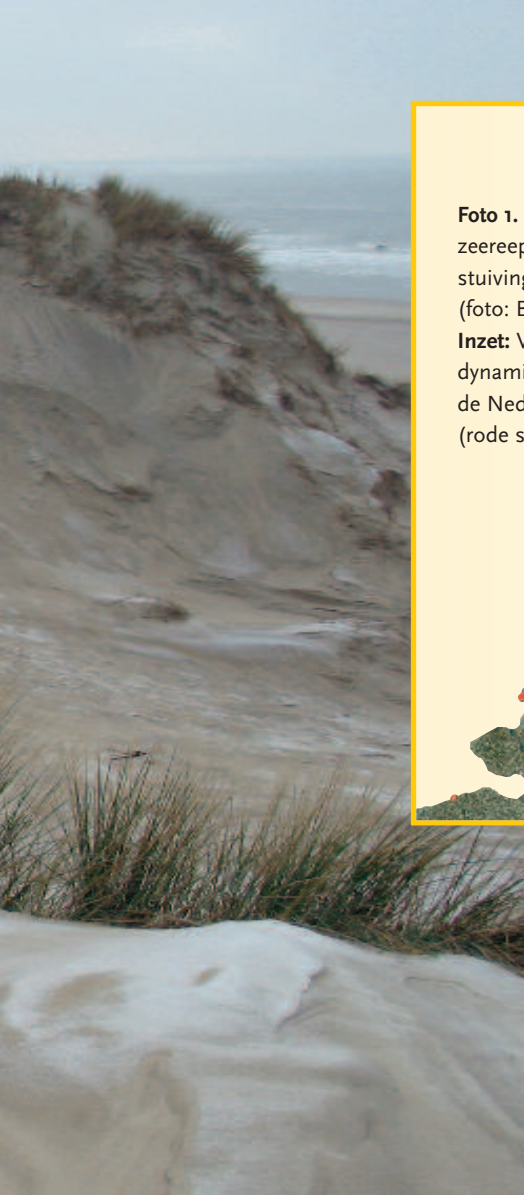
De eerste fase omvatte geomorfologisch onderzoek met als vraagstelling: hoe beïnvloeden zandsuppleties op de kust de zandaanvoer richting duinen en wat zijn de effecten daarvan op de dynamiek van de zeereep (Arens et al., 2010). De logische vervolgvraag is of een verandering in dynamiek ook een verdere doorstuiving van zand achter de zeereep tot gevolg heeft en wat de ecologische effecten op de achterliggende Grijze duinen zijn. Bij dit vervolgonderzoek (Arens et al., 2012) lag de nadruk op drie relevante Natura 2000 habitats, te weten Embryonale duinen, Witte duinen en Grijze duinen (kader 1). Parallel hieraan vond onderzoek plaats naar geochemische kenmerken van

**S.M. Arens, F.H. Everts,  
A.M. Kooijman, E.J. Lammerts,  
S.T. Leek, M.E. Nijssen  
B. van der Valk & N.P.J. de Vries**

suppletiezand. In dit onderzoek is bepaald hoe suppletiezand van het oorspronkelijke duinzand verschilt en of hiervan sporen terug zijn te vinden in de duinen (Stuijffzand et al., 2010, 2012). Dit laatste onderdeel valt buiten de scope van dit artikel.

## **Suppletie en dynamiek**

Suppletie leidt tot een enorme toename van zandtransport van strand naar zeereep. Op meerdere locaties uit zich dat in een trendbreuk in de zandmassa van de zeereep: waar de trend vóór suppleren negatief was (erosie), blijkt deze nu op veel plaatsen positief (aangroei). Een direct gevolg hiervan is dat het oppervlak aan Embryonale duinen sterk is toegenomen (fig. 1). Overigens zien we ook een toename van Embryonale duinen op locaties waar niet gesuppleerd is; waarschijnlijk zijn deze locaties beïnvloed door 'stroomopwaartse' suppleties, maar dit is tot nu toe niet onderzocht.



**Foto 1.** Voorbeeld van een zeereep met forse doorstuiving; dynamiektype 3 (foto: Bas Arens).

**Inzet:** Verspreiding van dynamiektype 3 langs de Nederlandse kust (rode stippen).



de kwaliteit van Embryonale duinen en Witte duinen.

Een belangrijk resultaat uit het onderzoek van Arens et al. (2010) was een onderverdeling van de zeereep naar de mate van dynamiek, een ecologisch zeer relevante factor. Waar Embryonale duinen voor de zeereep zijn ontstaan, is de doorvoer van zand naar achterliggende duinen vaak beperkt. Waar secundaire verstuiving van de zeereep op gang is gekomen, is doorvoer van zand naar achterliggende duinen echter vaak toegenomen.

Er zijn twee belangrijke factoren die het effect bepalen. Ten eerste geeft de variatie in zandaanvoer naar de zeereep een forse variatie in de omvang van de doorstuiving. Ten tweede blijkt de vegetatiestructuur op de voorzijde van de zeereep cruciaal voor de mate van doorstuiving. Een dicht begroeide helling vangt vrijwel al het van het strand afkomstige zand in; een matig of niet begroeide helling fungeert echter als doorvoerzone.

Doordat suppleties de basiskustlijn handhaven, kan op veel plaatsen dynamisch kustbeheer, ofwel het staken van zeereeponderhoud, worden toegelaten. Hierbij is regelmatig secundaire verstuiving op gang gekomen, waarbij stuifkuilen of kerven zijn ontstaan. Gemiddeld is de overstuiving van de zeereep en daarmee de natuurlijkheid van de morfologie toegenomen. Dit heeft bijvoorbeeld geleid tot toename van zowel de omvang als

### Kader 1. Beknopte definitie habitattypen

#### Embryonale duinen (H2110)

Het habitatype betreft soortenarme pionierduintjes met begroeiingen van vooral Bies-tarwegras. Embryonale duinen komen met name voor op het strand aan de voet van de zeereep, maar ook wel langs de randen van sluffers, 'wash-overs' (laagten waar incidenteel zeewater overheen spoelt) en op achterduinse strandvlakten.

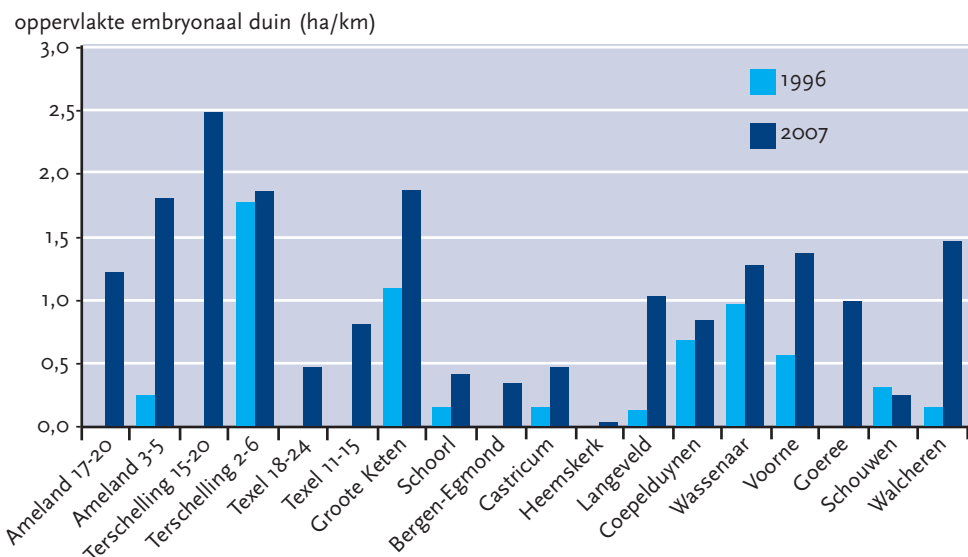
#### Witte duinen (H2120)

Het habitatype betreft door Helm, Noordse helm of Duinzwenkgras gedomineerde delen van de buitenduinen. De naam 'witte duinen' slaat op de kleur van het zand: omdat er nog geen bodemontwikkeling heeft plaatsgevonden, is de kleur nog wit in plaats van grijs (als in H2130). Witte duinen met helm-begroeiingen ontstaan van nature daar waar embryonale duinen (H2110) zo ver aanstuiwen dat de plantengroei buiten het bereik van zout grondwater en overstromend zee-water komt. Witte duinen kunnen echter ook ontstaan door uitstuiving of overstuiving van eerder vastgelegde grijze duinen of door opstuiving van door mensen aangelegde windbarrières (rijshout en helmaanplanten). De Witte duinen komen dan ook niet alleen voor in de zeereep.

#### Grijze duinen (H2130)

Het habitatype betreft de min of meer droge graslanden van het duingebied. Het gaat hierbij om soortenrijke begroeiingen met een dominantie van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en/of korstmossen, soms vermengd met begroeiingen met een dominantie van de dwergstruik Duinroos. Grijze duinen ontstaan achter de zeereep op plekken waar de door de wind veroorzaakte dynamiek voldoende laag is voor het ontstaan van gesloten begroeiingen met kruiden en mossen. Door de bodemvorming ontstaat een zogenoemde 'C-horizont' met een grijze kleur, vandaar de naam van het habitatype. Dynamiek in de vorm van lichte overstuiving, hellingprocessen (dynamiek door neerslag) en begrazing door konijnen zorgt van nature voor de instandhouding van het type. Binnen het habitatype kunnen een drietal vormen worden onderscheiden (respectievelijk het subtype 'kalkrijk', 'kalk-arm' en 'heischraal').

**Fig. 1.** Voorkomen van embryonale duinen in 1996 en 2007 langs de Nederlandse kust.



**Aanpak**

Er zijn drie dynamiekklassen onderscheiden in de doorstuiving naar de achterkant van de zeereep (fig. 2 en voorbeeld dynamiekklasse 3 in foto 1). Deze dynamiekklassen zijn gebruikt als uitgangspunt voor het selecteren van 14 studiegebieden voor onderzoek naar de ecologische effecten van suppletie langs de Nederlandse kust. Bij de keuze waren zowel suppletie geschiedenis (wel of niet gesuppleerd), moeder-materiaal (Renodunaal versus Wadden-



**Foto 2.** Een zandvanger (foto: Bas Arens).

waarop de (lichtgekleurde) overstuiving overgaat in de (donkerdere) bodem goed is vast te stellen. Door de dikte van de laag te vergelijken met hoogteprofielen van de zeereep die RWS sinds 1964 opmeet, is de laag te dateren. In sommige gevallen lag de oorsprong voor 1976 (Leek, 2012), ver vóór de start van dynamisch kustbeheer. De dynamiek in de zeereep was in een aantal gevallen vóór de start van dynamisch kustbeheer (gecombineerd met grootschalig suppleren) groter dan nu. De verklaring is dat vroeger de kust op veel plaatsen erodeerde, en secundaire verstui-ving vanuit het afslagklif in de zeereep een hoge dynamiek tot gevolg kon hebben. Voor enkele proefgebieden is vastgesteld dat door een afname in de afslag als gevolg van suppletie de dynamiek in de zeereep aanmerkelijk is afgenomen. De verandering in dynamiek en doorstuiven als gevolg van suppleren blijkt dus complex te zijn. Dynamisch zeereepbeheer wordt wel meer mogelijk gemaakt door suppletie, maar leidt niet zonder meer tot een toename van de dynamiek. De 'zandvangers' (foto 2) hebben aangetoond dat het transport in de meer dynamische gebieden niet alleen groter is, maar ook verder reikt dan verwacht (fig. 3). Tot in de verste zandvangers, op meer dan 600 meter landinwaarts van de duinvoet, is zand ingevangen. Grofweg wordt iedere 100 meter de hoeveelheid ingevangen zand tienmaal kleiner. Maar ook in de minst dynamische gebieden blijkt nog zand in de landwaarts gelegen duinen terecht te komen. Uiteraard leiden deze kleine hoeveelheden op grote afstand van de zeereep niet tot ophoging van het duin, maar er zijn wel andere gevol-

district) als de aanwezigheid van relevante oppervlakten met Grijs duin onderscheidende factoren. De studiegebieden liggen verdeeld over het Noordhollands Duinreservaat, de zuidwestkust van Texel en Vlieland (fig. 2). Binnen de proefgebieden is met zandvangers onderzocht tot hoever het zand achter de zeereep stuift. Van de proefgebieden is een vegetatie- en soortskartering gemaakt. Er is in de gebieden een meetnet van permanente kwadraten (pq's) van 4 m<sup>2</sup> vastgelegd. Binnen een deel van de pq's zijn monsters genomen van bodem en biomassa voor de bepaling van nutriëntenbeschikbaarheid en basenstatus. Ook is in een deel van de pq's met plaggen de bodemfauna bemonsterd en de vegetatiebewonende fauna met een zuigapparaat.

**Gedrag van het zand**

Met een gutsboor is de overstuivingslaag achter de zeereep in kaart gebracht. Deze methode is bruikbaar wanneer een humeuze bodem overstoven raakt en de diepte



**Fig. 2.** Ligging van de proefgebieden; pijlen geven de heersende windrichting voor doorstuiving aan. Codes: s= gesuppleerd; ns= niet gesuppleerd; 1= dynamiek beperkt tot de duinvoet en voorzijde van de zeereep; 2= dynamiek tot de top van de zeereep; 3= dynamiek tot voorbij de achterkant van de zeereep; 2&3= gradiënt van dynamiektipe 2 en 3 aanwezig. (ondergrond = Google earth)

**Fig. 3.** Transportgradiënten van zand voor 3 dynamiektypen, waarbij de totale hoeveelheid ingevangen gewicht in zandvanger afneemt vanaf de zeereep landinwaarts.  
 ■ = Dyn 1: dynamiek beperkt tot de duinvoet en voorzijde van de zeereep;  
 ▲ = dyn 2: dynamiek tot de top van de zeereep;  
 ● = dyn 3: dynamiek tot voorbij de achterkant van de zeereep.

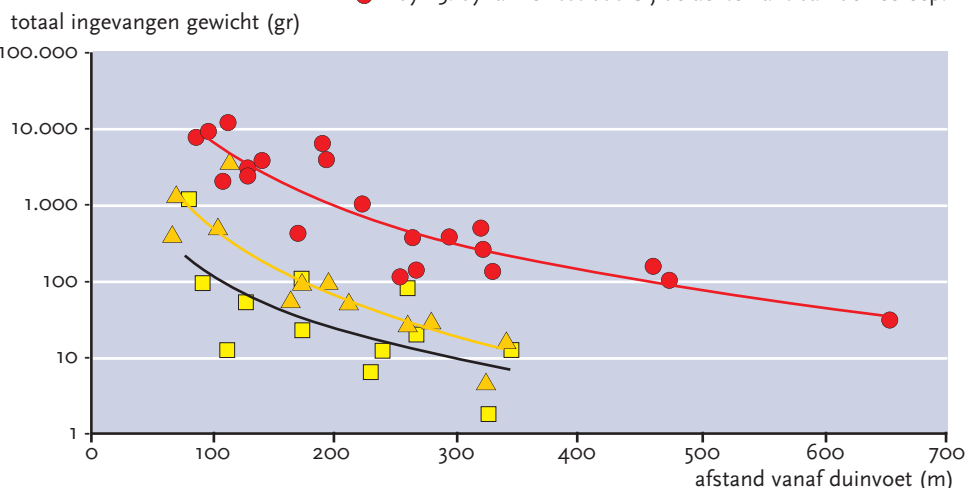




Foto 3. Een sterke ophoping van zand in het Witte en Embryonale duin op de zuidwestpunt van Texel (foto: Bas Arens).

gen denkbaar, zoals aanvoer van vers, kalkhoudend zand wat bodemverzuring kan tegen gaan. De vraag is wat het concrete effect hiervan is op de Grijszandduinen.

#### Gevolgen voor bodem en vegetatie

Directe effecten van suppletie op de bodem blijken in de onderzochte duinen beperkt: er zijn geen verschillen gevonden tussen wel en niet gesuppleerde vergelijkbare gebieden (s en ns in fig. 5), met uitzondering van een iets hoger Calcium gehalte van het gesuppleerde zand ten opzichte van het lokale duinzand in het Renodunale district. Ook voor de vegetatie en fauna van de duinen konden geen directe effecten van zandsuppletie worden vastgesteld. Indirecte effecten op bodem, vegetatie en fauna zijn echter duidelijk aanwezig.

Allereerst is in het Renodunaal district bij hoge dynamiek sprake van een verhoogde input van Na en Mg, mogelijk via verhoogde 'saltspray'. Dit leidt tot hogere Na- en Mg-gehalten in de vegetatie en hogere Na:Ca ratio's, vooral in de zones dicht bij de kust. Ook is in deze zones sprake van een lichte verhoging van de pH. Dit kan van betekenis zijn voor de verder van de kust gelegen Grijszandduinen: inwaaiend zand kan de pH van de bodem verhogen en daarmee van invloed zijn op de vegetatiesamenstelling. De effecten op de pH van Grijszandduinen zijn echter niet significant (fig. 4). Hogere dynamiek leidt tot verschuiving van vegetatietypen (fig. 5), waarschijnlijk als gevolg van zowel de vergroting van zandtransport als een hogere zoutinput door de wind. Duidelijk is dat (zoals mag worden

verwacht) Embryonale en Witte duinen profiteren van een hogere dynamiek, wat tot uiting komt in een groter oppervlak in de hoogdynamische gebieden. Het aandeel van de Grijszandduinen neemt daardoor echter af en wordt vervangen door een significante toename van pioniervegetatie wat wijst op een verjonging van het duin. Dit vindt vooral plaats aan de voorkant van deze duinzone, dicht bij de zeereep. Voor de oudere duingraslanden levert een hogere dynamiek op korte termijn echter weinig op. De standplaatscondities verbeteren nauwelijks, en door de beperkte invloed van inwaaiend zand in de duingraslandzone zelf is het zeer onwaarschijnlijk dat er verder landinwaarts in het duingebied nieuw duingrasland zal ontstaan. Het areaal van Grijszandduinen neemt dus per saldo af, in ieder geval op korte termijn. Aangezien deze studie slechts een momentopname betreft, is enige voorzichtigheid bij deze conclusie geboden.

Wanneer er in de loop van de tijd een verdere dynamisering van de kust kan plaatsvinden vormt de huidige verjonging van het landschap voor de Grijszandduinen een zeer gunstige uitgangspositie om zich goed te ontwikkelen. Vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen of door toename van dynamiek de uitbreiding van Witte en Embryonale duinen ook op de (middel)lange termijn ten koste gaat van de Grijszandduinen.

#### Diversiteit en kwaliteit van planten en dieren

Op basis van vegetatiekarteringen zijn de kwaliteitsaspecten van de drie habitattypen nader onderzocht. Op het niveau van soortensamenstelling zijn geen aanwijzingen gevonden voor een specifieke invloed van suppletie en zijn er geen veranderingen in de kwaliteit (uitgedrukt in soortenaantal op grond van het pq-gemiddelde of dichtheid van indicatorsoorten), aangetroffen in Embryonale duinen en Witte duinen. In de

Fig. 4. Gemeten pH waarden. GD = Grijs duin. R = Renodunaal district, W= Waddendistrict. Voor de stabiele situatie zijn de dynamiekklassen 1 (geen dynamiek) en 2 (matige dynamiek, alleen in zeereep) samengenomen.

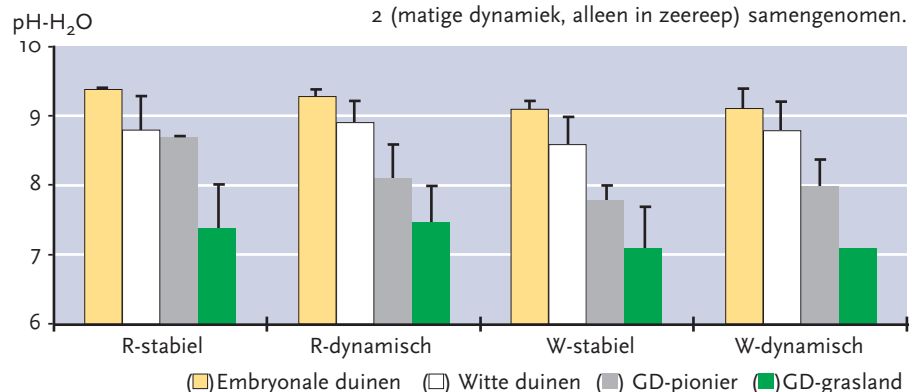




Foto 4. De achterkant van de gesuppleerde dynamische zeereep in de zone van het Grijze duin op Vlieland (foto: Bas Arens).

Grijze duinen zijn er wel aanwijzingen voor een beïnvloeding.

In het Renodunaal district komen bij suppletie een aantal kwaliteitsindicatoren als Zachte haver (*Helictotrichon pubescens*), Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*), Glad walstro (*Galium mollugo*), Echt bitterkruid (*Picris hieracioides*) en Grote tijm (*Thymus pulegioides*) minder vaak voor. Ook heeft suppletie hier in combinatie met overstuiving een negatief effect op de verspreiding van korstmosrijke typen van het Grijze duin. Er is overigens geen verschil in het gemiddeld aantal plantensoorten (ca 20) van de permanente kwadranten in gesloten duingrasland tussen wel en niet gesuppleerde gebieden. Nog nader onderzocht moet worden of de verschillen veroorzaakt worden door

geringe verschillen in moeder materiaal of kalkrijkdom tussen de proefgebieden. In het Waddendistrict lijkt de diversiteit van hogere planten van het kalkarme Grijze duin door suppletie enigszins toe te nemen. Bij de gesloten kalkarme Grijze duinen ligt het gemiddeld aantal soorten in de proefgebieden met suppletie (ca 21,3) licht hoger dan in de proefgebieden zonder suppletie (ca 18,7). Het verschil is echter niet significant. De Grijze duinen van het Waddendistrict bestaan uit gesloten graslanden met Schapegras (*Festuca ovina*) en pioniervegetaties met Buntgras (*Corynephorus canescens*). Korstmosrijke vormen van het kalkarme Grijze duin tonen daarbij een optimum tussen de zones met sterke overstuiving en geen overstuiving. Dat wijst erop dat de korstmosrijke

vormen in het Waddendistrict afhankelijk zijn van enige overstuiving, maar het lijkt niet uit te maken of dit lokaal of gesuppleerd zand betreft.

Net als voor de duinvegetatie geldt ook voor de bodemfauna en vegetatiebewonende fauna dat er geen directe effecten van suppleties zijn gevonden, maar wel van veranderingen in de dynamische processen als gevolg van suppleties. De soortensamenstelling van de fauna verschilt sterk tussen dynamische en stabiele habitats. Gradiënten in dynamiek, zowel van lokaal zand als van suppletiemateriaal, leiden tot een grotere variatie in diergemeenschappen, in overeenstemming met de bevindingen van Wouters & Remke (2012). Binnen vergelijkbare habitats werden er geen effecten van suppletie op de kwaliteit en biomassa van de vegetatie gevonden - de basis van het voedselweb. Door het ontbreken van deze effecten is het logisch dat er ook geen verschillen werden aangetroffen in verhoudingen tussen diergroepen uit verschillende voedselgilden (planteneters, detritivoren, predatoren, etc.) en verschilt ook de gemiddelde lichaamsgrootte van ongewervelde dieren niet tussen gesuppleerde en niet gesuppleerde gebieden.

### Conclusie

De directe ecologische effecten van suppleties zijn in de onderzochte gebieden beperkt. Dynamiek blijkt de belangrijkste verklarende variabele te zijn met effect op geomorfologie, bodem, vegetatie ontwikkeling en bodemfauna. Het meest directe effect van suppleties is een toename van het zandtransport naar de zeereep en een hoger kalkgehalte

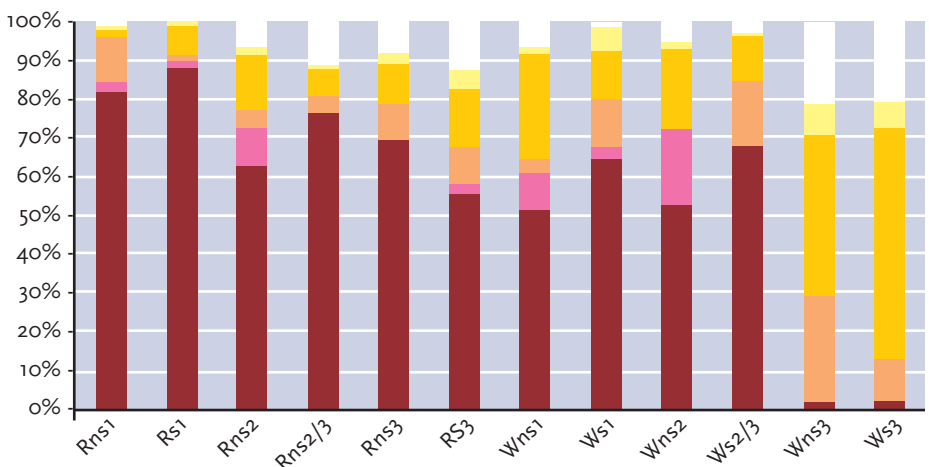


Fig. 5. Relatief oppervlakte-aandeel habitattypen. R = Renodunaal, W = Wadden, s = gesuppleerd, ns = niet gesuppleerd. Voor verklaring dynamiekklassen 1, 2 en 3 zie bijschrift figuur 2.

- overig kaal zand
- H2110 Embryonale duinen
- H2120 Witte duinen
- H2130 Grijze duinen, pionier
- H2130 Grijze duinen, korstmos
- H2130 Grijze duinen, overig

van het zand dat over de zeereep stuift. Dit leidt binnen de onderzochte gebieden echter vrijwel niet tot verschillen in pH of veranderingen in chemische samenstelling van de vegetatie in gesuppleerde en niet gesuppleerde gebieden. Ook op soortensamenstelling van de vegetatie en de fauna zijn directe effecten van suppletie beperkt. Veel belangrijker is de interactie tussen suppletie en dynamiek, met name de vraag hoe suppleties de dynamiek in de zeereep beïnvloeden. Op sommige locaties remmen suppleties de dynamiek in het achterliggende duin, maar op andere locaties treedt juist meer doorstuiving van zand op. Hoewel bekend is waar suppleties zorgen voor meer en waar voor minder dynamiek, zijn de mechanismen hierachter nog onduidelijk. Variabelen die hierbij een rol spelen zijn

- 1) het netto sedimentbudget op strand en vooroever, bepalend voor erosie (in eerste instantie golfrosie, gevolgd door winderosie), en voor een overschot aan zand;
- 2) de expositie van de kustlijn, bepalend voor de hoeveelheid aanlandige wind;
- 3) de beworteling in de zeereep, sturend in het wel of niet optreden van winderosie;
- 4) de beheerhistorie, sturend voor de totstandkoming van de huidige zeereep (en mogelijk bepalend voor punt 3) en
- 5) onbekende variabelen.

#### Advies

Aangezien suppleren in de toekomst de meest gebruikte wijze van kustbeheer zal vormen, adviseren we om in het meerjaren-suppletieprogramma experimenten uit te werken, met als doel de wijze van suppleren zo aan te passen dat dynamiek vanuit ecologisch perspectief gezien optimaal tot ontwikkeling kan komen. Hierbij is het van groot belang na te gaan hoe deze optimalisatie vorm kan krijgen binnen de veiligheidskaders van het huidige en toekomstige kustbeleid.

Uit de onderzoeken tot nu toe blijkt dat bij hoge dynamiek in de zeereep Witte duinen zich sterk kunnen uitbreiden naar de binnenduinen waarbij het areaal Grijs duinen aan de buitenzijde (zeezijde) navenant afneemt. Daarnaast komt naar voren dat verstuiving verder landinwaarts doorwerkt dan verwacht, ook daar waar verstuiving geen effect heeft op de morfologische ontwikkeling in de zin van hoogteveranderingen. Het gaat dan met name om de ecologische ontwikkeling onder invloed van input van kalk en nutriënten. In het onderzoek is de landinwaartse begrenzing van deze beïnvloeding op de Grijs duinen echter nog niet goed in beeld gebracht. Aanvullend ruimtelijk vergelijkend onderzoek tussen wel

en niet gesuppleerde deelgebieden gekoppeld aan tijdreeksonderzoek in enkele representatieve gebieden, zal meer inzicht geven in de uiteindelijke doorwerking van verstuivings-effecten in achterliggende duingebieden.

#### Literatuur

**Arens, S.M., S.P van Puijvelde & C. Brière, 2010.** Effecten van suppleties op duinontwikkeling; geomorfologie. Bosschap Rapport OBN142 DK in opdracht van Ministerie van LNV.

**Arens, S.M., F.H. Everts, A.M. Kooijman, S.T. Leek, M. Nijssen & N.P.J. de Vries, 2012.** Ecologische effecten van zandsuppletie op de duinen langs de Nederlandse kust. Bosschap Rapport OBN166 in opdracht van Ministerie van EL&I.

**Baptist, M.J. & W.A. Wiersinga, 2012.** Zand erover; vier scenario's voor zachte kustverdediging. *De Levende Natuur* 113 (2): 56-60.

**Leek, S.T., 2012.** The patterns of sand deposition behind the foredunes in Dutch managed coastal systems. Master Thesis, Universiteit van Amsterdam.

**Stuijzand, P.J., S.M. Arens & A.P. Oost, 2010.** Geochemische effecten van zandsuppleties langs Hollands kust. Bosschap rapport OBN141 in opdracht van Ministerie van LNV. Rapport nr. 2010-OBN141-DK. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van EL&I, Den Haag.

**Stuijzand, P.J., S.M. Arens, A.P. Oost & P.K. Baggelaar, 2012.** Geochemische effecten van zandsuppleties in Nederland; langs de kust van Ameland tot Walcheren. Bosschap rapport OBN167 in opdracht van Ministerie van EL&I.

**Wouters, B. & E. Remke, 2012.** Onderzoeksprogramma Levende Duinen. Project uitgevoerd in opdracht van Dunea, Provinciaal waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) en Waternet Onder begeleiding van Bosgroep Midden Nederland.

#### Summary

##### Effects of nourishments on dunes

Coastal defense and nature management are interconnected. Natural processes can contribute to the improvement of coastal defense for example by developing new dunes. Large scale sand suppletion at the beach and nearshore alters the coastal system but effects on geochemistry, ecology and status of special habitat types in Natura 2000 areas in Dutch coastal dunes are not clear. Habitat types include H2110 Embryonic shifting dunes, H2120 White dunes, H2130 Grey dunes and H2190 Humid dune slacks.

Effects of sand suppletion on geomorphology, soil, vegetation and soil fauna of coastal dunes were analyzed. As a direct effect of sand suppletion, sand with higher calcium content is transported over the primary (coastal) dunes. Especially interaction between sand suppletion and dynamics is important. In highly dynamic

areas, the zone of White dunes is broader than in low dynamic areas as Grey dunes in the primary (coastal) dune system seem to be replaced by White dunes. No effects on the quality of the vegetation of the Embryonic and White dunes were observed. The Grey dunes do display changes in the quality of vegetation and soil fauna but most are not significant. However, in the Wadden area a positive relation was found between the presence of lichen-rich vegetation and the amount of sand drift.

#### Dankwoord

De auteurs bedanken het O+BN Deskundigenteam Duin en Kust voor de kritische inbreng tijdens het onderzoek. Daarnaast bedanken we de terreinbeheerders van PWN en Staatsbosbeheer voor hun medewerking en Aad Beelo, Ton Mol en Bert Bakker van DEMO van de TU Delft voor hun hulp bij het ontwerp en constructie van de zandvangers. Jurre de Vries hielp bij de Engelse vertaling van de samenvatting. En last but not least: de vrijwilligers die in het kader van het geomorfologisch onderzoek het onderdeel 'veldwerk zandvangers' voor hun rekening hebben genomen: Adriaan en Sytske Dijkse (Texel), Huug Tempelmans Plat (NHD) en Gerrit Wierda, Marijke Hesseling en Carl Zuhorn (Vlieland).

Dr. S.M. Arens & S.T. Leek MSc  
Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek  
Iwan Kantemanplein 30, 1060 RM Amsterdam  
info@duinonderzoek.nl

Dr. F.H. Everts & dr. N.P.J. de Vries  
EGG consult Everts & de Vries  
Postbus 1537, 9701 BM Groningen  
everts&devries@eggconsult.nl

Dr. E.J. Lammerts  
Staatsbosbeheer Regio Noord  
Postbus 333, 9700 AH Groningen  
E.Lammerts@staatsbosbeheer.nl

Dr. A.M. Kooijman  
Universiteit van Amsterdam / IBED  
Kruislaan 318, 1098 SM Amsterdam  
A.M.Kooijman@uva.nl

Drs. M.E. Nijssen  
Stichting Bargerveen  
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen  
M.Nijssen@science.ru.nl

Dr. B. van der Valk  
Deltares  
Postbus 177, 2600 MH Delft  
Bert.vanderValk@deltares.nl

Alle OBN-rapporten zijn te downloaden via [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)