

Herstel van duinmobiliteit

Naar een nieuw duurzaam beheer?

In verschillende Nederlandse duingebieden worden experimenten uitgevoerd met het reactiveren van duinen. Het doel is herstel van eolische processen om daarmee nieuwe mogelijkheden voor de ontwikkeling van (bedreigde) pioniervegetatie te creëren. Hoe succesrijk zijn deze experimenten? In dit artikel vergelijken we de resultaten van drie verschillende projecten. Het op grote schaal destabiliseren van duinen leidt tot een enorme toename van dynamische, eolische processen. Om echter duurzame duinmobiliteit te verkrijgen moet het zand in beweging blijven.

De Nederlandse kustduinen vormen een belangrijk landschap. De ecologische waarde ervan wordt algemeen erkend, maar de geomorfologische betekenis nogal eens onderschat. Plaatselijk zijn de aardkundige waarden van internationale betekenis. Bovendien wordt de verspreiding van levensgemeenschappen over het landschap in belangrijke mate bepaald door de ontstaansgeschiedenis en geomorfologische basis van de kustduinen (Doing, 1995). De oriëntatie van hellingen bepaalt de vestiging van specifieke planten en dieren. Natte duinvalleivegetaties zijn afhankelijk van de nabijheid van grondwater, en dus in veel gevallen van de mate van uitstuiving van valleien. De aanwezigheid van diverse typen waardevolle vegetatie wordt beïnvloed door de mate van voorkomen van dynamische, eolische processen. Wij menen dat de geomorfologische waarde van het duinlandschap van cruciaal belang is en dat het beheer gericht op het herstellen van duurzame eolische activiteit een belangrijke bijdrage kan leveren aan zowel de ecologische, als de aardkundige waarden.

De Nederlandse kustduinen worden op verschillende manieren bedreigd. Als gevolg van vroegere stabilisatiepraktijken, verminderde roofofbouw, verhoogde stikstofdepositie, epidemieën onder het konijn en mogelijk ook klimaatverandering – afname wind, toename neerslag en temperatuur – zijn de duinen in het verleden vrijwel volle-

dig vastgelegd. Duinafslag door kusterosie is dankzij massaal suppleren vrijwel uitgebannen, waardoor ook de drijvende kracht voor grote verstuingen vanuit de zee-reep tot stilstand is gekomen. Het gevolg van deze stabilisering is dat de soortenrijke levensgemeenschappen die karakteristiek zijn voor dynamische duinlandschappen sterk achteruit zijn gegaan ten gunste van grasruigtes en struwelen (Van Til et al, 1999).

Dynamiëk bevorderen

Op verschillende manieren proberen beheerders de vegetatiesuccessie plaatselijk terug te draaien (Grootjans et al., 2002), teneinde het verlies van specifieke pioniergemeenschappen in de toekomst te voorkomen.

In het verleden werden pionierstadia in duinvalleien veelal hersteld door vegetatie weg te halen en de bodem af te plaggen. Daarbij is geen sprake van duurzaam herstel van de eolische activiteit. Vanwege de nabijheid van grondwater en de meestal vochtige condities aan het oppervlak was het zand meestal te vochtig om door de wind te worden verplaatst. Na verloop van tijd moest de maatregel worden herhaald omdat de successie weer voortschreed. Door herhaaldelijk verwijderen van de bodem wordt het oppervlak structureel verlaagd – waardoor het uiteindelijk onder de gemiddelde grondwaterstand komt te liggen – en worden de hellingen van de vallei steeds steiler. Uit-

**BAS ARENS, LUC
GEELLEN, RIENK
SLINGS & HANS
WONDERGEM**

Dr. S.M. Arens Bureau voor
Strand- en Duinonderzoek,
Iwan Kantemanplein 30, 1060
RM Amsterdam
arens@duinonderzoek.nl
Ir. L.H.W.T. Geelen Waternet
Drs. Q.L. Slings nv PWN
Waterleidingbedrijf Noord-
Holland
Ing. H.E. Wöndergem Staats-
bosbeheer Regio West

Foto Bas Arens



eindelijk zijn er geen verdere mogelijkheden voor toekomstig herstel. Voorbeelden hiervan zijn te vinden op Terschelling, in de valleien direct achter de zeereep in de Koegelwieck, en op het Rhedersplak (van den Boom *et al.*, 2004)

Tegenwoordig worden meer duurzame methoden ontwikkeld waarbij het uitgangspunt is dat een zekere dynamiek in het duinlandschap thuis hoort. In het optimale geval bestaat het landschap uit een mozaïek van meer en minder stabiele patronen, met een scala aan successiestadia in een specifiek ruimtelijk verband. De ingrepen van de beheerder moeten plaatsvinden op een hoog schaalniveau binnen het landschap, waardoor landschapsvormende processen weer actief worden. Het herstel van duindynamiek – door het verwijderen van bodem en vegetatie op de juiste locaties en in voldoende mate – resulteert in een verjonging van het landschap. Op de ene plaats wordt vegetatie geheel of gedeeltelijk begraven onder stuifzand en op de andere plaats verdwijnt vegetatie door erosie en de vorming van (vochtige) uitblazingsoppervlakken. Idealiter resulteert deze reactivatie in een duurzame eolische activiteit, waarmee voortdurende verjonging en mogelijkheden voor pionierlevensgemeenschappen verzekerd zijn. Als deze opzet slaagt, is verder ingrijpen onnodig.

Drie grootschalige experimenten

Duinreactivatie is inmiddels op verschillende plaatsen toegepast. De meeste ervaring is opgedaan met kleinschalige experimenten – stuifkuilen van enkele tientallen tot honderden vierkante meters, – zie bijvoorbeeld Van Boxel *et al.*, 1997; Ketner-Oostra & Sykora, 2000. Tussen 1995 en 2004 zijn verschillende grootschalige experimenten (5 tot 40 hectare) gestart, zowel in de kustduinen als in de binnenlandse stuifzandgebieden. Belangrijke vragen bij dit soort experimenten zijn: 1) kunnen duinen überhaupt op grote

schaal en beheersbaar worden geremobiliseerd; 2) welke schaal is minimaal nodig om tot een duurzaam resultaat te komen; 3) wat is de invloed van meteorologische omstandigheden en eventuele klimaatsveranderingen; 4) in hoeverre is ontwerp en uitgangssituatie van belang voor het uiteindelijke resultaat?

Een aantal van deze vragen kan pas op lange termijn – over meer dan tien jaar – beantwoord worden. Toch presenteren we in dit artikel alvast enkele resultaten van grootschalige projecten in verschillende duingebieden langs de Hollandse kust. We kijken naar de respons van het duingebied op de grootschalige ingreep in de eerste jaren van ontwikkeling en vergelijken de drie, duidelijk verschillende, gebieden. De hier besproken projecten hebben een vergelijkbare doelstelling, maar verschillen in beheer en achtergrond. De ligging van de gebieden is weergegeven in figuur 1. De Kerf ligt in de Schoorlse dui-

Figuur 1 Ligging van de onderzoeksgebieden

Figure 1 The location of the study areas





nen, in het kalkarme Waddendistrict. Het Verlaten Veld ligt in het Nationaal Park Zuid-Kennemerland, in het kalkrijke Renodunaal district. Ook de Van Limburg Stirum duinen liggen in het kalkrijke district, op de grens van Noord en Zuid-Holland.

Kerf

De Schoorlse duinen worden beheerd door Staatsbosbeheer. Het gebied wordt gekenmerkt door grote, voorheen mobiele duinen (loopduinen) afgewisseld met enorme uitblazingsvalleien. Veel van de duinen zijn gepokt door stuifkuilen van verschillende groottes. Het grootste deel van het gebied is in het verleden door de mens gestabiliseerd. In 1997 is in het zuidwesten een kerf door de zee-reep heen gegraven en zijn vegetatie en bodem van de achterliggende vallei verwijderd (Staatsbosbeheer, 1997). Tijdens noordwester storm kan de zee de vallei binnendringen en overstromen. Strandzand wordt door de kerf naar binnen geblazen en bedekt de gestabiliseerde hellingen van de aangrenzende duinen. Het totale oppervlak van de ingreep is 6,2 hectare. De ontwikkeling van het gebied is



tussen 1997 en 2002 intensief gevolgd met behulp van jaarlijkse luchtfoto-opnamen en veldwerk. Behalve de geomorfologische ontwikkeling werden ook ecologische veranderingen (vegetatie, insecten, paddenstoelen) onderzocht. Voor meer details wordt verwezen naar Vertegaal et al., 2003.

Van Limburg Stirum

Het Van Limburg Stirum gebied (VLS) ligt in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Het gebied bestaat uit een complex patroon van duinen en valleien. De meeste duinen zijn gestabiliseerd, maar hier en daar zijn nog actieve stuifkuilen. Ten zuiden van Zandvoort bevond zich een waterwinningskanaal. In 1995 is het gedempt – met het oorspronkelijke zand dat na graven van het kanaal rondom in depots was opgeslagen – en is de oorspronkelijke topografie zoveel mogelijk hersteld (Geelen et al., 1995). Na herstel bleef het oppervlak, in totaal 30,3 hectare, kaal achter en konden duinen zich vrijelijk ontwikkelen. De ontwikkeling is gevolgd met behulp van luchtfoto's die om het jaar werden gemaakt. Voor meer details over de re-



Figuur 2 Kerf met overstroming (rechts) en actieve duinontwikkeling (links)

Figure 2 Study area 'Kerf' with flooding (right) and active dune development (left)

Figuur 3 Van Limburg Stirum gebied met vallei ontwikkeling; blik naar het zuidwesten (links) en noorden (rechts)

Figure 3 Study area 'Van Limburg Stirum' with valley development, view to the southwest (left) and to the north (right)

Figuur 4 Verlaten Veld: lijfhelling van het paraboolduin in verschillende fases van activiteit



Figure 4 Study Area 'Verlaten Veld': lee slope of a parabolic dune in different phases of activity Arens & Geelen (2001; 2005)

sultaten van dit project wordt verwezen naar Arens & Geelen (2001; 2005).

Verlaten Veld

Het Verlaten Veld (VV) ligt in het Kraansvlak tussen Overveen en Zandvoort en wordt beheerd door het waterleidingbedrijf PWN. Het gebied wordt gekenmerkt door grote parabool- en loopduinen, van elkaar gescheiden door brede uitblazingsvalleien. Het formaat van de parabolen neemt over het algemeen toe met de afstand tot de zee. Het gehele gebied is gestabiliseerd op enkele, nog actieve, stuifkuilen na. In december 1998 is een paraboolduin in zijn geheel gereactiveerd door het weghalen van de begroeiing (een dennenbos) en bodem (Terlouw & Van der Bijl, 1999; Arens et al., 2003). Ook in de aangrenzende uitblazingsvallei zijn bodem en vegetatie verwijderd. Het totale oppervlak bedraagt 12,7 hectare. Monitoring gebeurt ook hier met behulp van luchtfoto's die, in dit geval, iedere twee jaar genomen worden. Bovendien worden er

regelmatig hoogteverschillen gemeten, aanvankelijk aan de hand van erosiepinnen, inmiddels tweemaal per jaar door in het veld topografie in te meten. Voor details wordt verwezen naar Arens et al., 2003.

Algemene opzet en resultaten

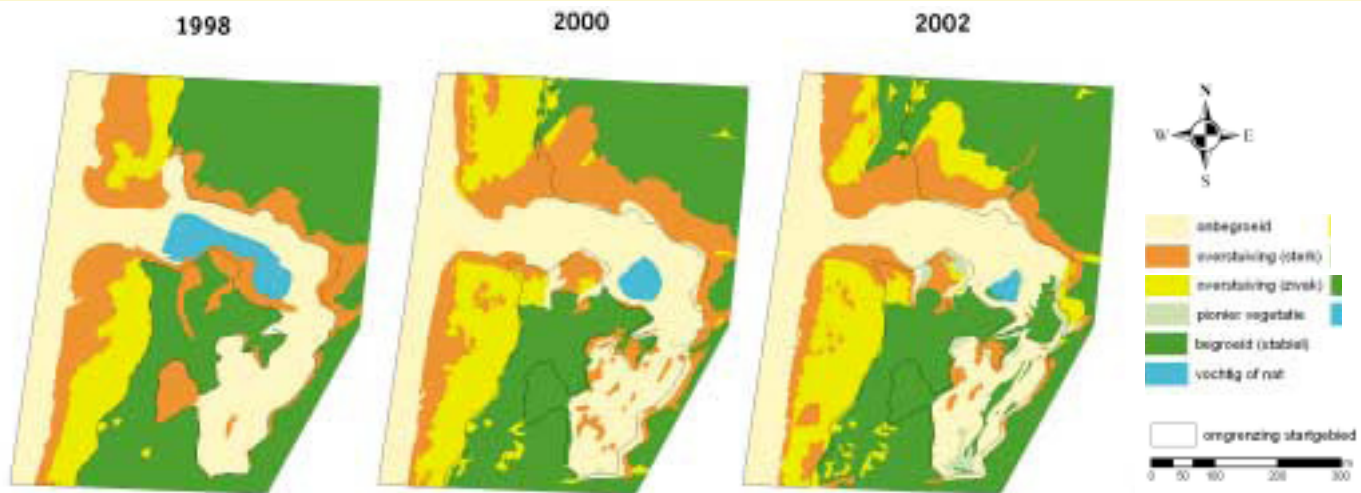
Voor alle projecten zijn luchtfoto's gebruikt om dynamiek te karteren. In het kader van deze studie zijn alle kaarten op dezelfde manier gegeneraliseerd tot zes klassen (zie tabel 1).

De reactivatiewerkzaamheden hebben geleid tot een enorme toename van de eolische activiteit in de gebieden. In de eerste jaren was er sprake van een invasie van zand in grote gebieden, gevolgd door veranderingen in de vegetatieontwikkeling. Als gevolg van deflatie is lokaal het oppervlak flink verlaagd. Na vijf jaar begint stabilisatie in sommige terreindelen een belangrijker rol te spelen.

Tabel 1 Legenda dynamiek-kaarten

Table 1 Keys to showing landscape dynamics

Eenheid	Omschrijving
1	Kaal oppervlak dat qua begroeiing en activiteit nog min of meer vergelijkbaar is met het oppervlak van direct na de reactivatie. Overwegend eolische erosie van tenminste enkele centimeters per jaar, waardoor de vestiging van pioniersoorten onmogelijk wordt gemaakt. Lokaal bedekt met blootgestoven wortels.
2	Aanzienlijke bedekking van (voorheen stabiele) begroeiing met stuifzand. Accumulatie kan extreem zijn en op veel plaatsen worden planten geheel begraven. Plaatselijk met storthellingen. Door de soms extreme mate van begraving kunnen aanwezige planten afsterven, waarvan nieuwe soorten kunnen profiteren.
3	Geringe bedekking met stuifzand. Afhankelijk van het type vegetatie verandert deze wel/niet door de overstuiving.
4	Begroeiing met pioniersoorten. De bedekking is zodanig dat (nog) geen sprake is van stabilisatie. Soms fungeren de pioniersoorten als zandvang, waardoor kleinschalige schaduwduintjes ontstaan.
5	Geen eolische activiteit. Stabilisatie van gereactiveerd oppervlak hetzij door kolonisatie van planten, hetzij door opnieuw uitgroeien van achtergebleven wortels.
6	Geen eolische activiteit. Stabilisatie door vocht als gevolg van uitstuiving of grondwaterstandveranderingen.



Morfologische en ecologische veranderingen

Kerf

Circa 0,6 hectare van de vallei is na vijf jaar gestabiliseerd door vegetatie (figuur 5). Recente ontwikkelingen laten echter zien dat delen hiervan ook weer bedekt kunnen raken met vers stuifzand, afkomstig van het strand. De kerf is nog steeds open, mede dankzij een flinke recreatiedruk. De drempel in de opening is verhoogd door aanstuiving en vestiging van *Elytrigia juncea* subsp. *boreoatlantica*, Bies-tarwegras. Dit proces wordt tegengegaan door massale betreding door recreanten. In maart 2005 is de hoogte van de drempel 3,2 meter + NAP (bij aanleg 1,5 meter). De opening van de kerf is door vorming van duinen aan de noordkant verkleind van 60 meter in 1999 tot 36 meter in 2002 en 32 meter in 2005. Het vernauwen is duidelijk zichtbaar in figuur 5. De vallei wordt regelmatig overstroomd met zeewater, meestal in de winter en bij noordwesterstorm (zie figuur 2). De drempel wordt dan over een deel van de opening verlaagd. Geulen die ontstaan (bij uit-

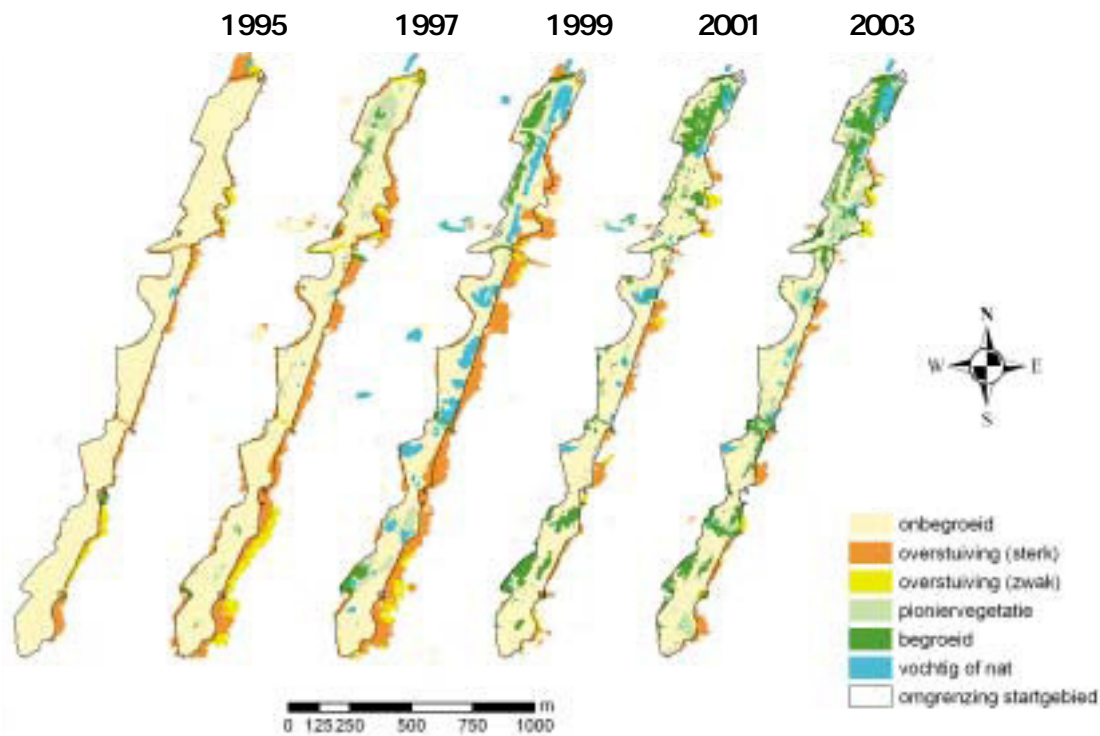
stromen) hebben een levensduur van slechts enkele dagen. Bij een overstrooming neemt de breedte van de opening vaak toe door afslag aan de randen. Na een overstrooming blijft de vallei gedeeltelijk onder water staan. Zand wordt naar binnen geblazen met (zuid)westen wind. Een brede zone aan de noordkant overstuift en lokaal ontstaan jonge duinen (eenheid 2 in figuur 5). Voor het gebied betekent de toevoer van vers zand vanaf het strand en de incidentele overstrooming, gecombineerd met een hoge recreatiedruk, een continue stressfactor die stabilisatie tegengaat. De toevoer van kalkhoudend zand richting ontkalkte duinhelling zorgt tevens voor een belangrijke ecologische gradiënt en voor verjonging van de oude, verzuurde, bodems. Als gevolg van de toename van de dynamiek in eolische en mariene activiteit is de diversiteit in soorten en levensgemeenschappen toegenomen. Aansprekend zijn de ontwikkeling van Vloedmerkgemeenschappen met soorten als *Atriplex laciniata*, *Crambe maritima* en *Beta vulgaris* subsp. *maritima*, Brakwatervegetaties met *Ruppia maritima* en, zij het minder goed ontwikkeld, kweldervegetaties met o.a. *Juncus gerardi*, *Spergularia marina* en *Triglochin maritima*. Binnen de duingras-

Figuur 5 Veranderingen in dynamiek bij de Kerf tussen 1998 en 2002

Figure 5 Changes in the dynamic in the Kerf study area between 1998 and 2002

Figuur 6 Veranderingen in dynamiek in het Van Limburg Stirumgebied, tussen 1995 en 2003

Figure 6 Changes in dynamics in the Van Limburg Stirum study area between 1995 and 2003



landen heeft als gevolg van overstuiving herstel plaatsgevonden van de kalkrijkere gemeenschappen behorend tot de Duinsterretjes-associatie (*Phleo-Tortuletum ruraliformis*). Binnen de vallei hebben zich plaatselijk soorten gevestigd uit het Knopbies-verbond (*Caricion davallianae*) en het Verbond van Zeevetmuur (*Saginion-Maritimae*), zie Wondergem, 2005. In de Kerf is het aantal 'rode lijst soorten' toegenomen van acht naar vijftien en er zijn geen 'rode lijst soorten' verdwenen die in 1997 reeds aanwezig waren.

Van Limburg Stirum

In het Van Limburg Stirum gebied zijn grote delen van het voormalige kale landschap gestabiliseerd en is het landschap veranderd in een mozaïek van kale plekken, pionierbegroeiing, overstoven zones en gestabiliseerde op-

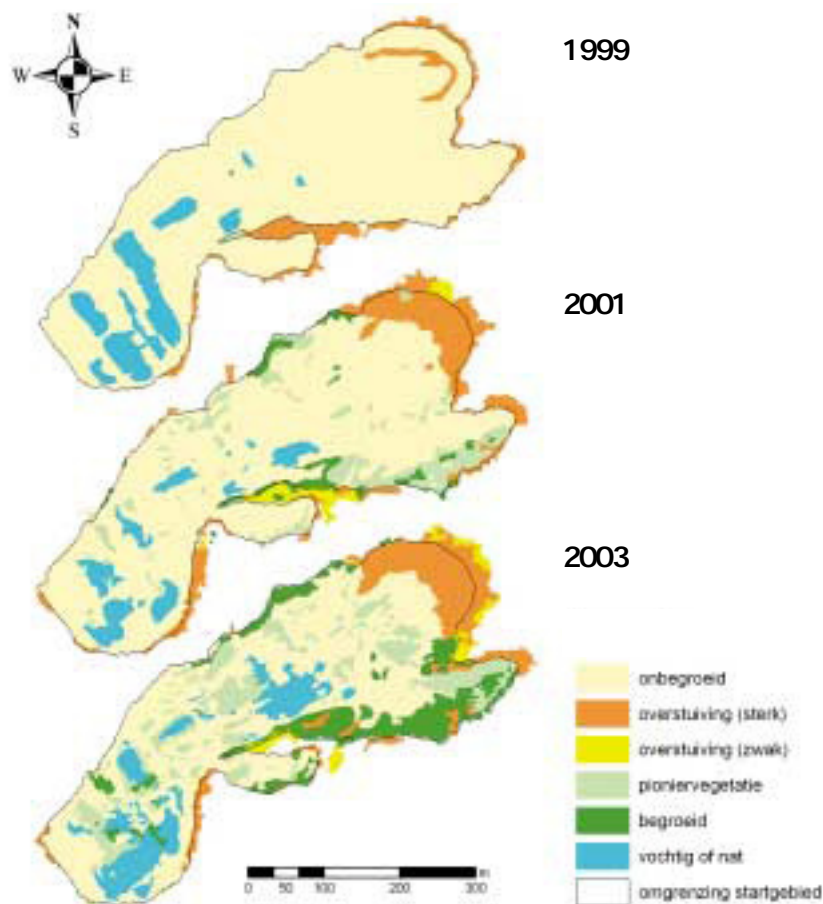
pervlakken (zie figuren 3 en 6). Slechts lokaal zijn nieuwe duinen ontstaan (eenheid 2), voornamelijk op kleine schaal. Het landschap is veranderd van een grootschalig stuifgebied in een landschap met kleinschaliger duinactiviteit en stuifkuilontwikkeling. Stabilisatie wordt tegengegaan door eolische processen, en incidenteel en kleinschalig, door watererosie. Stabilisatie wordt bevorderd door vegetatieontwikkeling, hetzij door het weer uitgroeien van achtergebleven wortels (*Hippophae rhamnoides* en *Phragmites australis*), of door de vestiging van pioniers (vooral *Ammophila arenaria* en *Salsola kali*). Lagere terreineenheden zijn gestabiliseerd onder invloed van de grondwaterstand. Hier zijn pioniervegetaties (eenheid 4) van vochtige valleien (eenheid 6) ontstaan met duinvalleisoorten als *Juncus alpino-articulatus* subsp. *atricapillus*, *Cen-*

taurium littorale, *Samolus valerandi* en *Parnassia palustris*. Veertien karakteristieke soorten waaronder drie ‘rode lijst soorten’ hebben zich gevestigd.

Verlaten Veld

De reactivering van het paraboolduin heeft geleid tot enorme erosie op de loefzijde en de kam. Lokaal is de hoogte van de kam afgenomen met meer dan 4 meter. Aan de lijzijde is massale begraving opgetreden (figuur 4 en eenheid 2 in figuur 7). Een deel van de paraboolvorm is getransformeerd naar een koepelvormig duin. De paraboolarmen stabiliseren geleidelijk, omdat de verstuiwingsactiviteit afneemt (eenheid 5 in figuur 7 neemt aan de noord- en zuidgrens toe). De ontwikkeling van een brede nieuwe deflatiezone na migratie van het duin is voor het eerst in 2004 waargenomen. Het duin is op zijn minst gedeeltelijk geremobiliseerd en wandelt circa 1-5 meter per jaar oostwaarts (figuur 8). In het westelijk deel van het gebied is het oppervlak uitgeblazen tot op het grondwater met een hoogteafname van 0,6 meter (eenheid 6 in figuur 7 neemt toe). Een groot deel van de vallei lag al dicht bij het grondwatervniveau en stabiliseert relatief snel. Op het paraboolduin wordt stabilisatie tot nog toe voorkomen door de extreme dynamiek. Depositie en erosie (zie figuur 8) zijn zo groot dat de vestiging van vegetatie vooralsnog beperkt is.

De ontwikkeling van pionierlevensgemeenschappen is goed op gang gekomen. In de nieuw gevormde natte vallei aan de loefzijde van het paraboolduin zijn fraaie vegetaties aan het ontstaan (Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia) en broedt de Kleine plevier. In de strooizone achter het mobiele duin fleurt de verzuurde begroeiing merkbaar op. Vooral *Rosa pimpinellifolia* en *Viola curtisii* profiteren. Kleine julikevers en Rozekevers sluipen massaal uit en worden gegeten door Zandhagedissen en allerlei vogels.



Figuur 7 Veranderingen in dynamiek in het Verlaten Veld tussen 1999 en 2003

Figure 7 Changes in dynamics in the Verlaten Veld study area between 1999 and 2003

De projecten vergeleken

Om de resultaten van de drie experimenten te kunnen vergelijken zijn oppervlakten uitgedrukt in percentages van de oorspronkelijk gereactiveerde oppervlakte. Het initieel kaal gemaakte oppervlak bedroeg in de Kerf 6,2 hectare (1988), in het Van Limburg Stirum gebied: 30,3 hectare (1995) en in Verlaten Veld: 12,7 hectare (1999).

In alle gebieden is de ecologische activiteit na de ingreep toe-



genomen tot een maximum in het derde jaar (figuur 9a). De oppervlakte waar vegetatie wordt begraven door stuifzand blijft de eerste drie tot vijf jaar na reactivatie toenemen (figuur 9c) en zorgt voor de groei van de totale actieve oppervlakte. De kale erosieve oppervlakte neemt direct vanaf het begin in omvang af (figuur 9b). Het komt er dus op neer dat een deel van de activiteit zich in de eerste jaren verplaatst van de oorspronkelijk kaal gemaakte oppervlakte naar de aangrenzende (windwaarts gelegen) begroeide oppervlakte. De oppervlakte met pioniersoorten neemt geleidelijk toe, maar is in het Van Limburg Stirum gebied variabel (figuur 9d). Vestiging van een pionier betekent nog geen afname van dynamiek, omdat de oppervlakte slechts in beperkte mate bedekt is. Vanaf het derde jaar is er een afname van de totale oppervlakte met dynamiek vanwege sterkere vegetatieontwikkeling en vochtinvloeden (figuur 9e en f). De oppervlakte die door vocht is gestabiliseerd vertoont een grote grilligheid (figuur 9e) en hangt af van schommelingen in grondwater die weer gro-

tendeels bepaald worden door de jaarlijkse variatie in neerslag. De verwachte trend van toenemende vochtinvloed door uitstuiving blijkt niet uit de figuur. Het is opvallend dat de meeste lijnen in figuur 9 min of meer dezelfde trend volgen, hetgeen erop wijst dat de meteorologische omstandigheden niet de dominante factor zijn in de respons van het landschap op een grootschalige verstoring. Het meest opvallend is dit zichtbaar in figuur 9f. Dit zou kunnen betekenen dat de afname van dynamiek niet zozeer door verstuwingsontwikkeling wordt bepaald, maar door de snelheid waarmee vegetatie zich op kale oppervlakken kan vestigen.

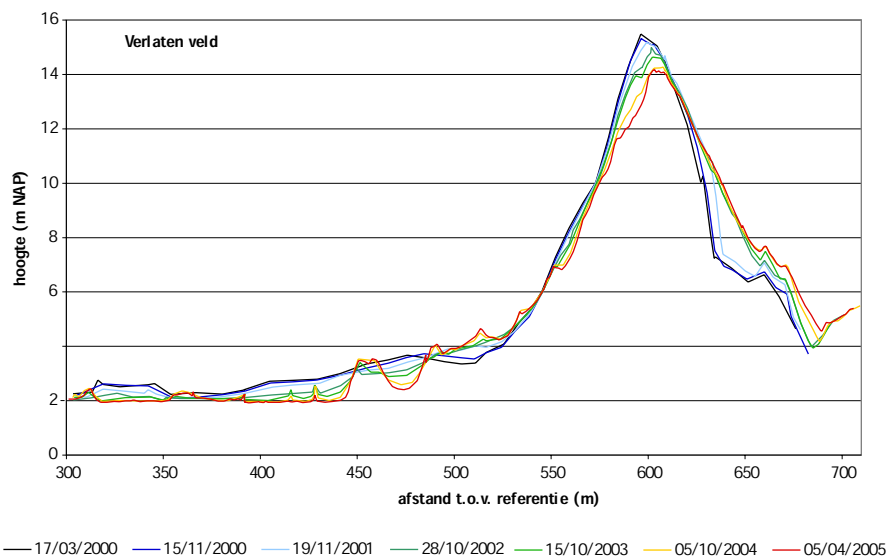
Relatief gezien is de uitbreiding van de dynamisch oppervlakte het kleinst in het Verlaten Veld (figuur 9a) en neemt de kale oppervlakte hier het snelst af. Bij dit project was een sterkere afname van de activiteit in de eerste jaren te verwachten, omdat grote delen van het kaal gemaakte terrein al dicht op het grondwater lagen. In feite zou de ontwikkeling van de dynamiek hier vooral beoordeeld moeten worden aan de hand van dat deel van het terrein dat tot de paraboorkop behoort. In het Verlaten Veld is slechts 50% van de oorspronkelijke kale oppervlakte na 5 jaar nog kaal, in het Van Limburg Stirumgebied is dit pas na 9 jaar het geval.

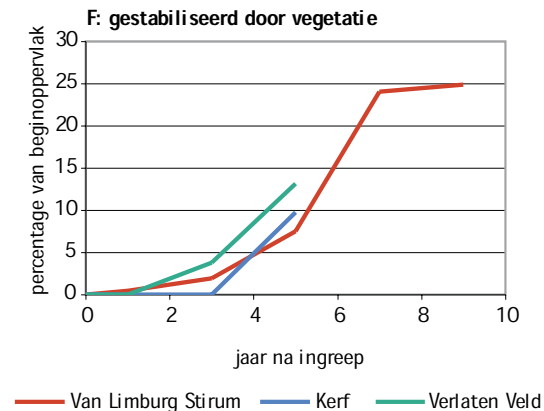
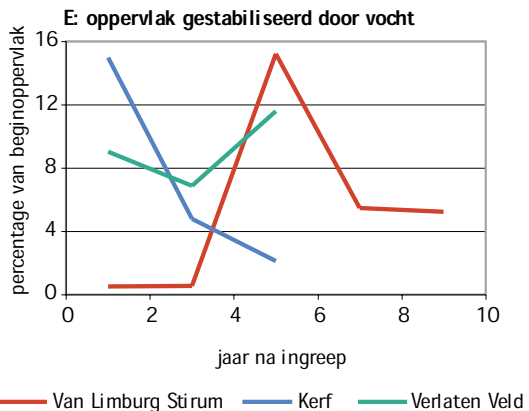
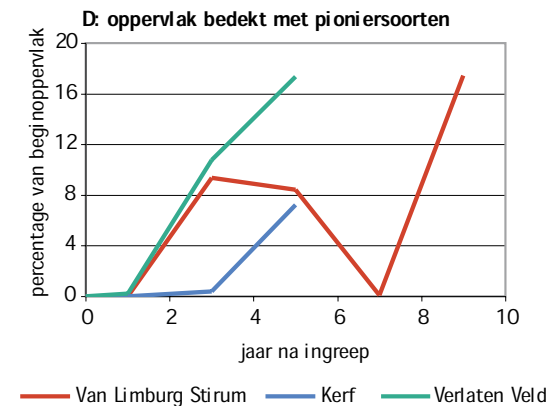
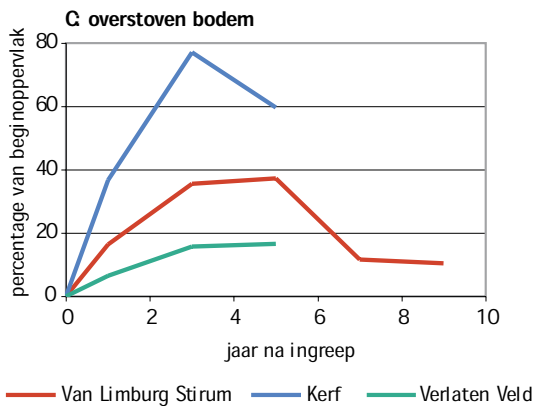
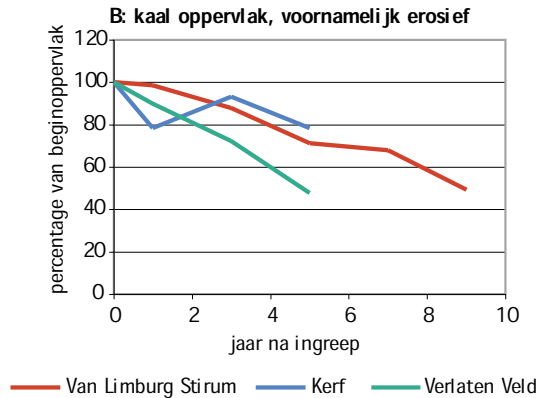
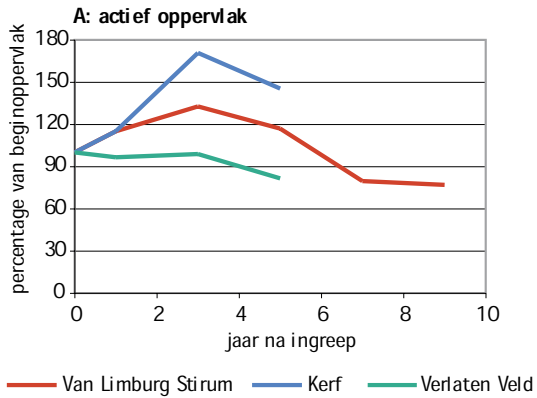
De grootste uitbreiding van activiteit is waargenomen bij de Kerf (figuur 9a en c). Een grote oppervlakte van vooreen gestabiliseerde duinen wordt hier beïnvloed door bedekking met vers stuifzand. In dit geval verzekert een 'oneindige' zandbron (het strand) een continue toevoer van zand naar de vallei, met als gevolg een continue voortgang van depositie in het gebied.

In het Verlaten veld voorkomt enorme depositie aan de lijzijde van het paraboolduin dat vegetatie zich hier vestigt (zie figuur 4). In de andere gebieden is de depositie niet zo sterk. Deze raken snel weer begroeid wanneer de aanvoer van vers zand uitblijft. Continue aanvoer van zand is no-

Figuur 8 Verplaatsings-snelheid en profielverandering van de paraboorkop

Figure 8 Mobility and change in profile of the parabolic dune.





Figuur 9 Verandering in dynamische en stabiele oppervlakten van de drie gebieden

Figure 9 Changes in dynamic and stabilized surfaces of the three study areas

Foto **Edo van Uchelen**,
www.saxifraga.nl
Zandhagedis, *Lacerta agilis*



dig willen ze dynamisch blijven. Op de kale oppervlakken voorkomt een matige erosie, van circa 5-10 cm per jaar, de vestiging van zaailingen. Een dergelijke mate van erosie is makkelijker te bereiken dan een zo grote depositie dat vegetatie afsterft. Dit betekent dat erosie een veel efficiënter proces is voor het tegengaan van vegetatiegroei dan depositie.

Conclusies en discussie

Een grootschalige destabilisatie van duinen door verwijdering van vegetatie en bodem leidt tot een massale toename van dynamische, eolische processen in een gebied. De oppervlakte die beïnvloed wordt door eolische processen neemt toe, door uitbreiding van overstuiving, tot een maximum drie jaar na de ingreep. Daarna volgt een geleidelijke afname als gevolg van stabilisatie van de laagste, door het grondwater beïnvloede, terreindelen en door vestiging van vegetatie. Een deel hiervan is het gevolg van het uitlopen van wortels; een ander deel van vestiging van nieuwkomers. De oppervlakte die beïnvloed wordt door depositie neemt nog twee jaar toe, maar de groei is dan kleiner dan de afname van kaal oppervlak als gevolg van stabilisatie. In alle gebieden is duidelijk dat na vijf tot acht jaar geen stabiele situatie is bereikt. De gesignaleerde trends duiden op een verdere stabilisatie en afname van dynamiek in de komende jaren. Het blijft de vraag of er na verloop van tijd in (één van) de gebieden een stationaire toestand gaat ontstaan. Eén vraag kan al beantwoord worden: het is duidelijk dat dit soort ingrepen niet tot een oncontroleerbare uitbraak van verstuivingen leidt.

Om zeker te zijn van duurzame activiteit moet het zand in beweging blijven, hetzij door voortdurende verstoringen (Kerf), hetzij door de aanwezigheid van hoge, erodeerbare duinen. Continue erosie voorkomt dat planten een oppervlak kunnen stabiliseren; continue depositie kan dat alleen als de mate van depositie de groeicapaciteit van



planten te boven gaat. De schaal van de ingreep in het Van Limburg Stirum gebied blijkt voldoende om de dynamiek in stand te houden, althans gedurende de onderzoeksperiode van negen jaar. Een flink aantal droge (boven het grondwater liggende) oppervlakken van tenminste 100 meter breed, open voor de heersende (westelijke) wind en parallel aan die windrichting gelegen, lijkt voldoende te zijn. Desondanks zullen een aantal van die oppervlakten stabiliseren. Welke dat zijn valt nog steeds niet te voorspellen. De Kerf en het Verlaten Veld zijn na respectievelijk zeven en acht jaar nog volop actief.

De grote vraag bij het herstellen van duurzame verstuiving betreft de schaal. Wat moet de schaal van het te reactiveren gebied zijn, wil de verstuiving zich door zijn eigen omvang in stand kunnen houden? De resultaten in het Van Limburg Stirumgebied laten zien dat ook kleinschalige verstuivingen duurzaam kunnen zijn, maar dat het succes daarvan onvoorspelbaar is. Met andere woorden: om een bepaalde, voldoende grote, oppervlakte met dynamiek te garanderen, moet een veel grotere oppervlakte gereactiveerd worden. Eerdere reactivaties van stuifkuilen (minder dan een hectare groot) zoals bijvoorbeeld op Terschelling (Zwart, 2005) en in de Schoorlse duinen (Arens *et al.*, 2004) tonen aan dat deze slechts beperkt succesvol zijn. Stuifkuilen groeien meestal niet uit tot grote omvang en stabiliseren spontaan (Jungerius & van der Meulen, 1989). Het reactiveren van individuele, grotere, duinen is waarschijnlijk efficiënter. Of het formaat van het paraboolduin in het Verlaten Veld voldoende groot is, zal de tijd leren. Inmiddels is in Zuid-Kennemerland een tweede experiment met een groter paraboolduin, de Bruid van Haarlem, van start gegaan. De resultaten van de Kerf tonen aan dat een permanente verstoring van buiten een belangrijke bijdrage kan leveren aan de duurzaamheid van de ingreep. Ontwikkelingen bij de zeereep zijn in het verleden waarschijnlijk de motor geweest achter de massale

mobilititeit van paraboolduinen ten tijde van de jonge duinvorming. Het is goed mogelijk dat een deel van de stabilisatie van het duin te wijten is aan fixatie van de zeereep. Duinafslag op grote schaal komt inmiddels dankzij suppleren nog nauwelijks voor. Achterwege laten van supplementen op plaatsen waar dat uit veiligheidsoverwegingen niet noodzakelijk is, of vermindering van de frequentie, zou tot structurele afslag kunnen leiden, en daarmee een garantie kunnen zijn voor een veel grotere dynamiek in de zeereep en de zone daarachter. Wellicht is een combinatie van het reactiveren van grotere duinen, in aansluiting op een dergelijke (dynamische) zeereepontwikkeling de sleutel voor succes (Terlouw & Slings, 2005).

Het is nog te vroeg om te kunnen stellen dat grootschalige ingrepen leiden tot een duurzame (tientallen jaren of meer) mobiliteit van duinen. Daartoe zullen de lopende experimenten over een langere tijd gevolgd en de hierboven geformuleerde vragen beantwoord moeten worden. Maar nu al hebben deze experimenten ons veel geleerd over het proces van duinontwikkeling. Ook is duidelijk dat grootschalig reactiveren niet overal rücksichtslos zal kunnen worden toegepast. Een zorgvuldige afweging moet worden gemaakt. Is reactivatie niet in strijd met huidige belangen; is er genoeg ruimte; worden aardkundige waarden niet aangetast (Arens & Haring, 2005) en archeologische waarden bedreigd?

Dank

We bedanken Gijs Mesman Schultz voor zijn hulp bij de GIS activiteiten. Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde en het Rijks Instituut voor Kust en Zee financierden de geomorfologische monitoring van het Kerf-project.

Summary

Restoring dune mobility

Bas Arens, Luc Geelen, Rienk Slings & Hans

Wondersgem

Dune mobility, coastal dunes, nature restoration, geomorphology

Pioneer stages in Dutch coastal dunes are under threat. In several areas experiments are executed to reactivate dunes. The aim is to restore aeolian processes in order to

create new possibilities for the development of pioneer vegetation. How successful are these experiments? This paper compares the results of three different projects from three different areas. The results indicate that large-scale destabilisation of dunes by removal of vegetation leads to a massive increase of dynamic, aeolian processes in an area. However, in order to achieve durable dune mobility, the sand must stay in movement, either by regular disturbances or by the availability of high, erodable dunes.

Literatuur

Arens, S.M & L.H.W.T. Geelen, 2001. Geomorfologie en regeneratie van duinvalleien; het Van Limburg Stirumproject als voorbeeld. *Landschap* 18/3: 133-146.

Arens, S.M, Q.L. Slings & C.N. de Vries, 2003. Mobility of a remobilised parabolic dune in Kennemerland, The Netherlands. *Geomorphology* 59 (1-4): 175-188.

Arens, S.M, M Witteveldt, J. Kloppenburg & F. Eriknveld, 2004. Duur-zame verstuiving in de Schoorlse duinen. Resultaten monitoring 1999-2004. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek.

Arens, S.M & R.M.K. Haring, 2005. Dynamisch duinbeheer en aardkundige waarden. In: Stichting Aardkundige Waarden (red.). *Eigenaardig Nederland; Aardkundig erfgoed van Nederland*. KNNV Uitgeverij en Stichting Aardkundige Waarden: 112-117.

Arens, S. M & L.H.W.T. Geelen, 2006. Dune landscape rejuvenation by intended destabilisation in the Amsterdam Water Supply Dunes. *Journal of Coastal Research* 22, in press.

Boom, B. van den, J. Holtland & E.J. Lammerts, 2004. De duinen van Staatsbosbeheer; evaluatie herstelbeheer in de kuststrook. Driebergen. Staatsbosbeheer.

Boxel J.H. van, P.D. Jungerius, N. Kieffer & N. Hampel , 1997. Ecological effects of reactivation of artificially stabilized blowouts in coastal dunes. *Journal of Coastal Conservation* 3: 57-62.

Doing, H., 1995. Landscape ecology of the Dutch coast. *Journal of Coastal Conservation* 1 (2): 145-172.

Geelen, L.H.W.T., E.F.H.M. Cousin & C.F. Schoon, 1995. Regeneration of Dune Slacks in the Amsterdam Waterwork Dunes. In: M.G. Healy & J.P. Doody (eds.). *Directions in European Coastal Management*. Cardigan, Samara Publishing Limited: 525-532.

Grootjans, A.P., L.H.W.T. Geelen, A.J.M.Jansen & E.J. Lammerts, 2002. Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 181-203.

Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1989. The development of dune blowouts, as measured with erosion pins and sequential air photos. *Catena* 16 (4/5): 369-376.

Ketner-Costra, R. & K.V. Sykora, 2000. Vegetation succession and lichen diversity on drycoastal calcium poor dunes and the impact of management experiments. *Journal of Coastal Conservation* 6: 191-206.

Staatsbosbeheer, 1997. De Kerf. Monitoring van dynamische processen in en rond de Kerf in de zeereep en in de drie aangrenzende valleien. Intern rapport.

Terlouw, L. & K. van der Bijl, 1999. Eindverslag Herstelproject 'Het Verlaten Veld'. Intern rapport PWN.

Terlouw, L. & Q.L. Slings, 2005. Dynamic dune management in practice; Remobilization of Coastal Dunes in the National Park Zuid-Kennemerland in the Netherlands. In: J.L. Herrier, J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse & I. Dobbelaere (eds.). *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005', International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005. *VUZ Special Publication* 19: 211-217.

Til, M van, P. Ketner, S.F. Boersma & L.H.W.T. Geelen, 1999. De duinen in dynamisch perspectief. *Landschap* 16/4: 237 - 249

Vertegaal, C.T.M., S.M Arens, B. Brugge, M.M Groenendaal, C. ten Haaf & H.E. Wondersgem, 2003. Evaluatie 'De Kerf' 1997-2002. Leiden. Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek.

Wondersgem, H.E., 2005. Monitoring dune dynamics in de 'De Kerf' (NL) 1997-2003. In: J.L. Herrier, J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse & I. Dobbelaere (eds.). *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005. *VUZ Special Publication* 19: 683-685.

Zwart, F., 2005. Persoonlijke communicatie.