

Geomorfologie en regeneratie van duinvalleien

Het Van Limburg Stirumproject als voorbeeld

Bas Arens & Luc Geelen

De Nederlandse duinen zijn verdroogd en verstarde. Het streefbeeld ziet er anders uit: dynamische, stuivende duinen en vochtige valleien met een scala aan successiestadia. De werking van zand, wind en water moet weer een actieve rol gaan spelen in de landschapsontwikkeling. Maar wat zijn de mogelijkheden om deze processen op gang te brengen?

Duinvalleien ontstaan ofwel door afsnoering van delen van strandvlaktes (primaire vorming) ofwel door uitstuiving (secundaire vorming). Ondermeer door de nabijheid van grondwater en het ontstaan van vocht- en bodemgradiënten hebben duinvalleien meestal een grote ecologische en landschappelijke waarde. Vaak komt dit tot uitdrukking in de aanwezigheid van rode-lijstsoorten zoals Teer guichelheil (*Anagallis tenella*), Fraai duizendguldenkruid (*Centaurea pulchellum*) en Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) (Grootjans *et al.*, dit nummer). Naarmate duinvalleien ouder worden, en de vegetatiesuccessie verder voortschrijdt met verruiging, verstruweling en verbossing,

neemt de ecologische waarde af. Verstuiwing vertraagt het proces van veroudering. In een duinlandschap dat geleidelijk stabiliseert, bijvoorbeeld omdat door kustaan-groei de binnenduinen steeds verder van zee komen te liggen, kan veroudering een natuurlijke situatie zijn. Door natuurlijke processen ontstaan elders nieuwe valleien waar de successie opnieuw kan beginnen. In de Nederlandse duinen is dit niet overal het geval. Stabilisatie in de binnenduinen is voor een belangrijk deel het gevolg van menselijk ingrijpen. Door kusterosie en door verregaande stabiliserende maatregelen is ook elders het ontstaan van nieuwe valleien beperkt. Gunstige uitzonderingen zijn bijvoorbeeld de Waddeneilanden, waar door afsnoering (overigens ook onder invloed van menselijk ingrijpen) uitgestrekte primaire duinvalleien zijn ontstaan. Ook door uitstuiving ontstaan nieuwe valleien, zij het op een beperkte schaal. In dit artikel worden aan de hand van een voorbeeld uit de Amsterdamse Waterleidingduinen aandachtspunten aangegeven voor het scheppen van mogelijkheden voor verjonging en regeneratie.

Duinen
Geomorfologische
dynamiek
Verstuiving
Reactivatie
Monitoring

Dr. S.M. Arens is verbonden aan Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek. Iwan Kantemanplein 30, 1060 RM Amsterdam, e-mail: arens@duinonderzoek.nl, en tevens werkzaam bij de Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica. Ir. L.H.W.T. Geelen werkt bij Gemeentewaterleidingen Amsterdam, vestiging Leidschendam, Vogelenzangseweg 21, 2114 BA Amsterdam, e-mail: l.geelen@gwa.nl.

Abiotische kenmerken van duinvalleien

We nemen het rangorde-model van Bakker *et al.* (1981) als uitgangspunt voor het functioneren van een duinlandschap. Flora en fauna bezetten hierin de laagste treden. De basis van het landschap vormt de geomorfologie. Binnen de Nederlandse kustduinen wordt een floristisch onderscheid gemaakt tussen het Rhenodunaal district en het Waddendistrict (Weeda, 1990). Hierin spelen moedermateriaal en klimaat een rol. Binnen deze districten worden de randvoorwaarden voor de flora en faunaontwikkeling grotendeels opgelegd door de geomorfologie. We kunnen stellen dat de geomorfologie bepalend is voor de hoofd- en detailstructuur en de verdere ontwikkeling van het landschap. Immers: de vormen in het landschap bepalen de gradiënten, de ligging ten opzichte van de zon, de hoogte ten opzichte van het grondwater etc. In de duinen zijn verschillende landschapszones te onderscheiden die een weerspiegeling vormen van de ontstaansgeschiedenis (Doing, 1988).

Voor een optimaal beheer van valleien is begrip van het ontstaan ervan belangrijk. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire valleien (Klijn,

1981). Hoewel de basiseigenschappen van primaire en secundaire valleien overeenkomen, zijn er belangrijke verschillen die consequenties hebben voor de ecologische ontwikkeling. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillen.

Primaire valleien (figuur 1) ontstaan hetzij natuurlijk, hetzij door de mens gestuurd, aan de zeewaartse zijde van het duinlandschap. Door een nieuwe zeereep (of stuifdijk) of door het aan elkaar groeien van embryodünen wordt een stuk strand of strandvlakte afgesnoerd. De vallei bodem wordt dus gevormd door voormalig strand, waardoor het sediment slib, schelpen of restanten van vloedmerken kan bevatten (Klijn, 1981). Soms is de afsnoering onvolledig en blijft de vallei onder invloed van zeewater. De oriëntatie van de vallei is parallel aan de kustlijn. Deze situaties komen uitsluitend voor langs een aangroeiende kust. Door uitbreiding van het duinareaal en vervolgens opbolling van het grondwater zal het grondwater in de vallei gaan stijgen, en kan de vallei uiteindelijk zelfs helemaal onder water komen te staan (zoals de Horemeertjes op Texel). De Waddeneilanden en de Deltakust herbergen het grootste scala aan primaire duinvalleien. Onvolle-

Tabel 1 •
Versillen in
eigenschappen tussen
primaire en secundaire
valleien
(naar Klijn, 1981; Londo,
1997).

Table 1 •
Differences in
characteristics of primary
and secondary dune
swales (after Klijn, 1981;
Londo, 1997).

primaire valleien	secundaire valleien
afsnoring	uitblazing
natuurlijk: afsnoring door aaneengroeien van embryodünen	natuurlijk: uitstuiving door destabilisatie a.g.v. graafactiviteit konijnen, kustafslag, parabolisering vanuit de zeereep
antropogeen: afsnoring door stuifdijkaanleg	antropogeen: uitstuiving door destabilisatie a.g.v. roofofbouw, afplaggen etc.
valleibodem bestaat al	valleibodem ontstaat door uitstuiving
ontstaan is gevolg van accumulatie	ontstaan is gevolg van erosie
meestal grootschalig	verscheidenheid aan schalen (van stuifkuil tot loopduinvlakte)
zoute of brakke start van de successie	gradiënten in successie (van heel jong tot oud)
kolonisatie iets moeilijker dan bij secundair	kolonisatie iets gemakkelijker dan bij primair
grondwater komt omhoog bij uitbreidende kust; ontstaan van natuurlijke duinmeren	oppervlak gaat omlaag, tot op grondwater
schelpen, vloedmerkresten, soms ook slib	goed gesorteerd (verstoven) zand
oriëntatie kustgebonden, dus vaak parallel aan de kustlijn	oriëntatie op meest actieve windrichting, op waddeneilanden vaak noordwest, langs vastelandskust vaak westzuidwest
kwel	kwel?



• **Figuur 1**

De Kreefepolder op Texel; voorbeeld van een primaire duinvalei waarbij de afsnoering door de mens is bevorderd.

• **Figure 1**

The Kreefepolder, Texel. An example of a primary dune slack which development is induced by human action.

dig afgesnoerde valleien zijn vooral te vinden aan de noordkant van de Boschplaat op Terschelling, aan de oostkant van Schiermonnikoog en op de Kwade Hoek op Goeree. De combinatie van verstuiwingsdynamiek, zoutwaterinvloed door oversstroming en zoete kwel vanuit een achterliggend duinmassief of hoge kwelder leveren hier de ingrediënten voor een unieke vegetatieontwikkeling (Grootjans *et al.*, 1999).

Secundaire valleien ontstaan door uitstuiving, en kunnen overal in de binnenduinen voorkomen. Hun lengteas is meestal georiënteerd in de richting van de actiefste wind. Langs de vastelandkust zijn ze meestal zuidwest tot westzuidwest gericht, op de Waddeneilanden noordwest. Lokaal kan de oriëntatie echter afwijken als gevolg van het aanwezige reliëf. In de zeereep kan uitstuiving het gevolg zijn van kustafslag, waardoor een kaal klif achterblijft waar de wind makkelijk vat op krijgt. Stuifkuilen in de zeereep kunnen uitgroeien tot kleine parabolen. Bij verdere landinwaartse verplaatsing

neemt de omvang van de parabool steeds verder toe. Waar dit proces grootschalig optreedt zullen uitgestrekte valleien ontstaan, die worden geflankeerd door dynamische vormen als loopduinen, paraboolduinen of kamduinen. Binnen de vallei bestaan verschillende successiestadia naast elkaar, van oud in de langst gestabiliseerde delen, tot pionier in de recentelijk uitgestoven delen. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in de Kennemerduinen, de Schoorlse duinen en op Terschelling. De Parnassiavallei achter de kerf bij Schoorl is een uitblazingsvallei. Vanwege de schaal wordt hier gesproken van een 'uitblazingsvlakte' of preciezer een 'loopduin-vlakte'. Uitstuiving kan op kleinere schaal optreden als gevolg van lokale destabilisatie, bijvoorbeeld door graafactiviteit van konijnen of als gevolg van watererosie bij hydrofoob zand (Jungerius & Van der Meulen, 1988). In de binnenduinen ontstaan door uitstuiving nieuwe vormen die in feite gesuperponeerd zijn op een fossiel landschap. Een mooi voorbeeld hiervan is te vinden in de Schoorlse duinen:

Figuur 2 •
Secundaire duinvallei in
het Kapenglop op Schier-
monnikoog.

Figure 2 •
Secondary dune slack in
the Kapenglop, Wadden
Island of Schier-
monnikoog.



uitgestrekte loopduinen die al lang geleden gestabiliseerd zijn, zijn gepikt door tientallen kleinere en grotere stuifkuilen, waarvan het grootste deel inmiddels ook gestabiliseerd is (Arens *et al.*, 2000). Gebieden met actieve (natuurlijke) secundaire valleivorming op grote schaal zijn o.a. het Kapenglop (figuur 2), de Hertebosvallei op Schiermonnikoog en de Meeuwenduinen op Schouwen.

Primaire valleien hebben vaak een grote omvang, in de orde van enkele hectaren of meer, omdat bij kustaan groei de strandbreedte toeneemt en vervolgens grote delen van het strand kunnen worden afgesnoerd. Secundaire valleien beginnen klein, maar kunnen in de loop van tientallen tot honderden jaren een gigantische omvang bereiken. In de Nederlandse duinen zijn voorbeelden van valleien te vinden met een omvang van enkele vierkante meters, tot vele hectaren. In actieve vorm zijn deze verschijnselen juist zo imposant door de grootsheid van de valleien in combinatie met de grote schaal van de aangrenzende duinvormen. In de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) uit zich dit in grote valleien als het Groot Zwarteveld, Het Rozenwaterveld en het Vogelenveld. Uit het buitenland zijn verschillende voorbeelden bekend van actieve duinlandschappen, zoals de Devils Hole (Engeland, enorme stuifkuil), Råbjerg Mile (Denemarken, actieve parabool en uitblazingsvlakte) en Merlimont (Frankrijk, paraboolisering van de zeereep). Deze systemen

laten zien hoe de Nederlandse duinen er enige honderden jaren geleden vermoedelijk uit hebben gezien. Andere grootschalige actieve systemen met mobiele duinen, waarbij sprake is van uitgestrekte valleivorming, zijn o.a. de Panne (België), Slowinski nationaal park (Polen) en de Cota Doñana (Spanje).

Regeneratie van duinvalleien

Er zijn verschillende oorzaken voor de achteruitgang van de Nederlandse duinvalleien. De belangrijkste zijn verdroging als gevolg van waterwinning en bosaanplant, en de afname van natuurlijke dynamiek en geleidelijke vergrassing door eeuwenlange stabilisatie en stikstofdepositie. Sinds een tiental jaren worden maatregelen getroffen om de negatieve effecten die hier het gevolg van zijn tegen te gaan (Vertegaal *et al.*, 1991). Door waterwinning te verminderen is op veel plaatsen de verdroging een halt toe geroepen. De laatste jaren is er zelfs sprake van een ongekend hoge waterstand, ook als gevolg van overvloedige regenval (zie ook hierna).

Regeneratie van valleien heeft over het algemeen een verjonging tot doel. Dit kan een verjonging van de vegetatie zijn, bijvoorbeeld door maaien of afplaggen. Waardevolle soorten kunnen daardoor terugkeren, waardoor de natuurwaarden in een landschap vergroot worden of behouden blijven. De effecten op de onderliggende geomorfologie zijn minimaal. Regeneratie kan ook een verjonging van het landschap



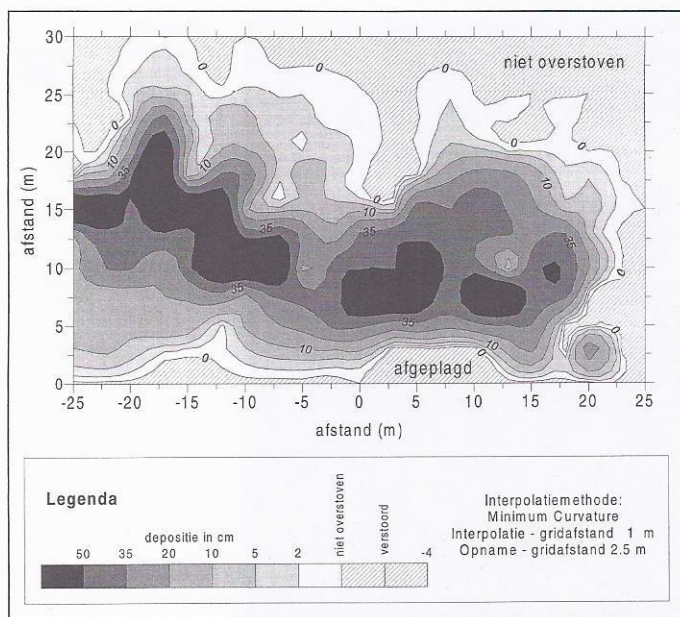
• **Figuur 3.**
Overzicht over het voormalige kanaal (C. Buys, 1998).

• **Figure 3**
Overview of the former canal. (C. Buys, 1998).

betekenen, bijvoorbeeld doordat een dynamische situatie wordt 'hersteld', of doordat in een gestabiliseerd landschap de dynamiek terugkeert. In dat geval zal ook de geomorfologische diversiteit toenemen, omdat een afwisseling ontstaat van stabiele en fossiele vormen naast actieve, dynamische vormen. Bij verjonging van het landschap wordt een nieuwe uitgangssituatie gecreëerd, waarop flora en fauna pas in een latere fase zullen reageren.

Regeneratie kan plaatsvinden door in te grijpen op verschillende niveaus (vgl. rangordemodel). Op het allerhoogste niveau kan bijvoorbeeld aangroei van een kust gestimuleerd worden door extra suppleren van zand op de onderwateroever. Door de beschikbaarheid van zand kan een strandvlakte ontstaan, waarna uiteindelijk bij verdere aangroei door duinvorming en afsnoering, primaire valleien kunnen ontstaan (zie bijvoorbeeld Löffler en Veer, 1999). Zo worden randvoorwaarden geschept voor een volledig natuurlijke duinontwikkeling.

Ingrijpen in de geomorfologie is een mogelijkheid die hierboven al genoemd is. Door herstel of introductie van geomorfologische dynamiek worden randvoorwaarden gecreëerd voor de levende natuur. Door in te grijpen in het landschap wordt de natuur zo gemanipuleerd dat verdere ontwikkeling door middel van natuurlijke processen kan plaatsvinden. Een (beleidsmatig) probleem van ingrijpen op de hoogste niveaus kan zijn dat de uitkomst niet altijd zeker is en dat er meestal veel tijd nodig is voor het uiteindelijke resultaat. Een oplossing is de geomorfologie kunstmatig aan te passen. Bijvoorbeeld door valleien uit te graven. Een gewenste uitgangssituatie wordt dan direct gecreëerd. Deze oplossing is echter een gevaarlijke: het is uiterst moeilijk en misschien zelfs onmogelijk vormen zo aan te brengen dat een natuurlijke geomorfologie benaderd wordt. Afgraven biedt daarbij betere perspectieven dan aanbrengen. Bij aanbrengen is het onmogelijk het sediment op een natuurlijke manier te rangschikken. De



Figuur 4 •
Overstuiving in struweel.

Figure 4 •
Deposits of blown sand in shrubs.

interne structuur is kunstmatig, wat gevolgen heeft voor hydrologie, doorluchting, mineralisatie, ontkalking enz. Bij afgraven moet goed opgelet worden dat de juiste dimensies en hellingshoeken aangebracht worden. Vanzelfsprekend ontbreken de opgestoven randen rondom de vallei. De vraag is overigens wat de tijdswinst uiteindelijk aan natuurwinst geeft. Op korte termijn is weliswaar een interessante vegetatieontwikkeling mogelijk, maar zonder geomorfologische activiteit verloopt de successie gelijkmatig en is de diversiteit in verschillende stadia gering. Herstel van dynamiek gebeurt door verwijderen van vegetatie en afplaggen van de bodem. Hierbij wordt ook altijd de bestaande vorm aangetast; een afgeplagde vallei wordt bijvoorbeeld dieper, kan daardoor dichterbij het grondwater komen en zelfs langere tijd onder water komen te staan. Bovendien ontstaan scherpe grenzen die pas na een langere periode van verstuiving vervagen. Bijkomend probleem is dat bij het afplaggen een grote hoeveelheid (nutriëntrijk) materiaal vrijkomt. Als dit niet afgevoerd kan worden moet op de plek van de ingreep een oplossing worden gevonden voor het land-

schappelijk verantwoord aanleggen van depots. Er zijn inmiddels vele voorbeelden van herstel van dynamiek op grotere of kleinere schaal. In Meyendel is in 1983 het vastleggingsbeheer beëindigd en de ontwikkeling van stuifkuilen gemonitord (Jungerius & Van der Meulen, 1985).

In 1991 zijn 11 dichtgegroeide stuifkuilen bij Eldorado (Terschelling) van vegetatie en organische lagen ontdaan in het kader van het toenmalige Effect Gerichte Maatregelen-project (Van der Meulen *et al.*, 1996). In Duin en Kruidberg, in de Kennemerduinen, zijn in 1991 stuifkuilen gereactiveerd (Van Boxel *et al.*, 1997). In het Kraansvlak, in Zuid-Kennemerland, is in 1998 zelfs een heel paraboolduin gereactiveerd, o.a. om te bestuderen of een dergelijke grootschalige ingreep mogelijkheden biedt voor de nieuwvorming van uitblazingsvalleien (pers. med. Q. Slings; Arens en Jungerius, 1999; Arens, 2000).

Overigens betekent afplaggen lang niet altijd herstel van dynamiek. Als de afgeplagde vallei grondwater dicht onder of aan het oppervlak heeft, is de kans op verstuiving gering. De ingreep heeft dan alleen effect op de successie en de aanwezigheid van nutriënten. Een vergelijkbare, maar minder vergaande ingreep is het verwijderen van vegetatie door maaien. Hierbij blijft de geomorfologie onaangeast en wordt de vegetatiesuccessie een aantal stappen teruggezet.

Ook bij natuur- en landschapsherstel waarbij een oude situatie wordt hersteld is sprake van een direct ingrijpen in de geomorfologie. Dit gebeurt vooral in waterleidinggebieden waar infiltratie- en extractiekanalen worden verwijderd en het oude reliëf wordt hersteld. Hieronder zal een voorbeeld hiervan uit de Amsterdamse Waterleidingduinen worden besproken.

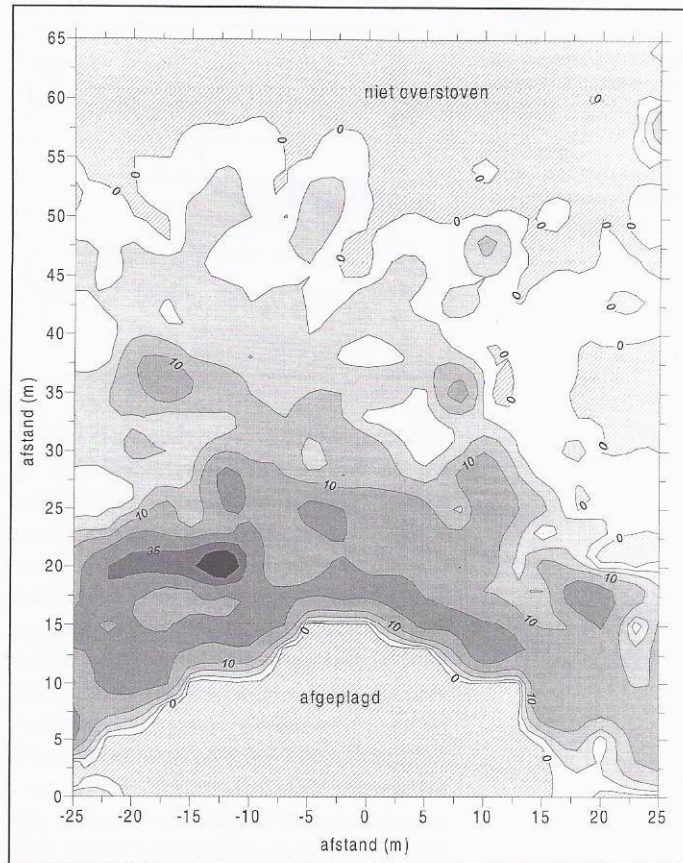
Het voormalige Van Limburg Stirum kanaal – een casestudy

Het Van Limburg Stirumgebied, in het zuidelijk deel van de Amsterdamse waterleidingduinen (ten noorden van de Lange-

velderslag), is een voorbeeld van een herstelproject waarbij randvoorwaarden voor een abiotische ontwikkeling worden gecreëerd met als doel via natuurlijke processen optimale randvoorwaarden voor flora en fauna te laten ontstaan. Het ecohydrologische onderzoek van Gemeentewaterleidingen resulteerde in 1994 tot de beleidsbeslissing de waterwinning in het Van Limburg Stirumkanaal te beëindigen. Ondanks het feit dat een waterstandstijging van anderhalve meter in de directe omgeving van het kanaal werd voorspeld, zouden direct ten westen van het kanaal geen vochtige valleien ontstaan. Bij het graven van het kanaal was het vrijkomende zand namelijk gestort in de valleien. Er lag daardoor over een oppervlak van 19 ha gemiddeld 1,5 m zand. Daarom is besloten ook het kanaal te dempen en de oude topografie te herstellen. Het herstelde oppervlak is vervolgens aan zijn lot overgelaten: er zijn geen verdere ingrepen als beplanting of stabilisatie uitgevoerd, met uitzondering van Helmaanplant langs drie paden. Figuur 3 biedt een overzicht over de situatie in 1998, 2,5 jaar na dempen.

Het doel van het herinrichtingsproject wordt in drie hoofddoelstellingen beschreven (Geelen *et al.*, 1995):

1. Het zo natuurlijk mogelijk functioneren van het duinecosysteem. Hierbij wordt met name gedacht aan een zo ongestoord mogelijk functioneren van de waterhuishouding en het toelaten van grootschalige verstuivingen.
2. Meer kansen bieden aan kenmerkende bedreigde plant- en diersoorten, met name soorten van vochtige voedselarme duinvalleien.
3. Landschappelijk herstel van het duingebied, waarbij isolatie van de oost- en westzijde van het kanaal wordt opgeheven. Aanvullende vraag bij de monitoring is wat de effecten van een grootschalige destabilisatie zijn: ontstaat een situatie die uit de hand loopt, of stabiliseert de situatie vanzelf?



monitoring van de landschapsontwikkeling

Om uiteindelijk te kunnen evalueren of de hierboven genoemde doelstellingen worden bereikt, wordt de ontwikkeling in het gebied sinds 1995 gevolgd met behulp van luchtfoto's, incidentele veldmetingen en fotografie vanaf vaste punten. Met behulp van luchtfoto's zijn karteringen gemaakt van dynamiek waaruit de veranderingen in dynamiek tussen 1995 en 1999 goed zijn vast te stellen. De hydrologische ontwikkeling in het gebied wordt gevolgd met peilbuizen die verspreid in de AWD aanwezig zijn (Kamps & Olsthoorn, dit nummer).

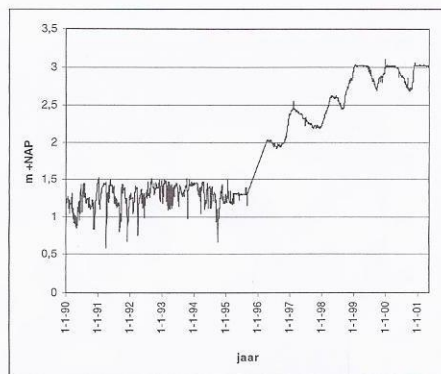
De vegetatieontwikkeling wordt onderzocht met luchtfoto's en permanente kwadraten. Broedvogels worden gemonitord in een kavel met het Broedvogel Monitoring Project. De kolonisatie van de duinplasjes wordt met macrofauna-inventarisaties onderzocht.

• **Figuur 5**
Overstuiving over gras en mos (voor legenda zie figuur 4).

• **Figure 5**
Deposits of blown sand on grasses and mosses; for legend see Figure 4.

Figuur 6 •
Grondwaterpeil nabij het
Van Limburg Stirumkanaal,
gemeten aan het noorde-
lijk pand.

Figure 6 •
Groundwater table in the
remainder part of the Van
Limburg Stirum canal.



landschappelijke ontwikkeling sinds 1995

Na de 'herstelwerkzaamheden' was er sprake van een langgerekte, rechtlijnige structuur, met scherpe overgangen naar een oud en stabiel duinlandschap (Figuur 3). De herstelwerkzaamheden hebben tot een aantal opvallende ontwikkelingen geleid. In het gebied is langs twee paden voor de herkenbaarheid en vastlegging Helm (*Ammophila arenaria*) geplant. Deze paden zijn overstoven en uitgegroeid tot meters hoge duinruggen. De hoogste (gerestaureerde) toppen in de vallei zijn kaal en daardoor sterk erosief. Sinds 1995 is hun hoogte enige meters afgenomen. De effecten van oevers zijn na 5 jaar nog steeds terug te vinden, vooral door het opkomen van Riet (*Phragmites australis*) op de voormalige oevers. Door aanwezigheid van gebiedsvreemd materiaal, zoals betonresten, baksteen enz. zijn op verschillende plaatsen in de vallei keienvloertjes ontstaan, die verdere uitstuiving belemmeren. Een deel van de ontstane meertjes ligt duidelijk in de lijn van het oude kanaal. De ligging van de natste delen in de vallei is dus voor een deel bepaald door menselijk handelen. Ook de ligging van nieuwgevormde duinen is in eerste instantie antropogeen bepaald. In de eerste jaren na de ingreep ontstonden langgerekte ruggen in struweel, vooral Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) en Liguster (*Ligustrum vulgare*), op de begrenzing van het afgeplagde gebied.

Enige maanden na de ingreep, in novem-

ber 1995, zijn diktes van zanddepositie gemeten in verschillende vegetatiestructuurtypes. In figuur 4 is een voorbeeld te zien van depositie die is gemeten in struweel. Door de abrupte overgang in ruwheid, als gevolg van de aanwezigheid van het struweel, is er een steile afname in zandtransport. Depositie vindt dus plaats over een beperkte zone en er ontstaat een smal, steil duin. De plaats van duinvorming wordt hier volledig bepaald door de begrenzing van het afgeplagde gebied. Wanneer de verstuuving kort hierna stabiliseert blijft een kunstmatig aandoende, rechtlijnige en strakke depositievorm achter, in feite een antropogeen bepaald duin. Bij blijvende activiteit vervormt en verplaatst dit duin geleidelijk, waardoor na verloop van een aantal jaren sprake de begrenzing veel natuurlijker wordt.

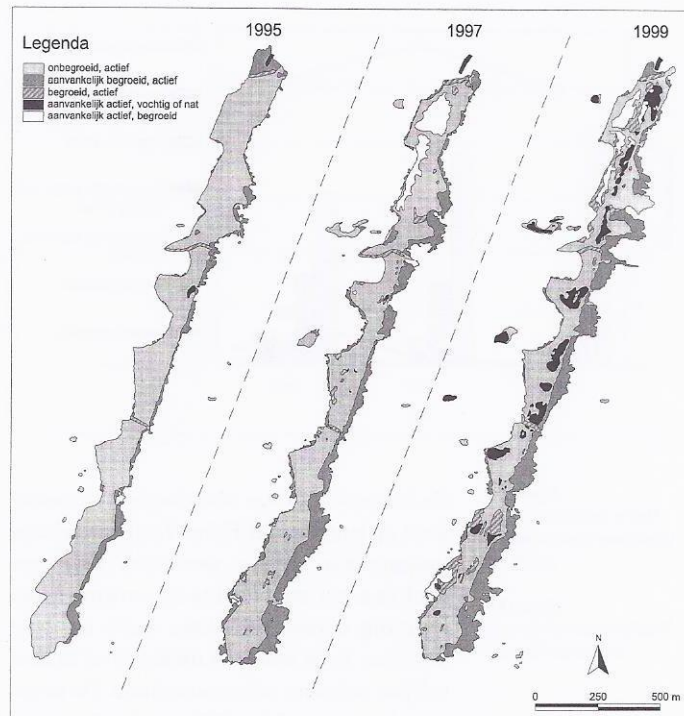
Heel anders is de situatie bij een gladdere vegetatie zoals gras of mos. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in figuur 5. Door de geringere ruwheid van het oppervlak wordt het zandtransport veel minder afgeremd en komt het stuifzand pas na een tiental meters in de vegetatie tot stilstand. Het zand wordt afgezet in een brede zone, maar de dikte van de afzetting is veel geringer dan in struweel. De aanwezige vegetatiestructuur is voor een deel bepalend voor de depositievormen die ontstaan.

Als gevolg van het dempen van het kanaal is de grondwaterstand ter plaatse gestegen met ca. 1,75 m. De grondwaterstand is niet meer afhankelijk van een beheerst kanaalpeil, maar van meteorologische omstandigheden. In de huidige situatie met de extreme neerslag stijgt het peil boven de stuwhoogte van 3 m en wordt daardoor afgetopt. Het nieuwe evenwicht van de grondwaterstand heeft zich inmiddels ingesteld (figuur 6).

Door de wisselwerking tussen wind, plantengroei en grondwater begint het landschap zich na vijf jaar op te splitsen in deelgebieden met een grote variatie in gradiënten en dynamiek. De veranderingen

gen worden geïllustreerd in figuur 7. Vooral in de periode 1997-2000 is de heterogeniteit sterk toegenomen. In sommige deelgebieden, met name aan de noordkant, is de dynamiek sterk afgenomen, in eerste instantie door het uitlopen van wortels van Duindoorn, later door de vestiging van Helm (figuur 7). Door het stijgen van het grondwater is de helmbegroeiing in de vallei inmiddels op een aantal plaatsen weer aan het afnemen, maar er handhaaft zich ook een helmruijgte. In een aantal deelgebieden heeft de verstuiving zich, onder invloed van wind met een westelijke component, tientallen meters naar het oosten verplaatst. In deze delen is de voormalige begrenzing van de ingreep niet meer terug te vinden; de verstuiving is opgenomen in het landschap. De aanwezigheid van mobiele duinen lijkt natuurlijk omdat aan niets nog te zien is dat ze het resultaat zijn van menselijk handelen. In 1996 was ook sprake van verstuiving aan de westrand als gevolg van oostelijke winden. Daarna is de westrand grotendeels tot rust gekomen en is deze geleidelijk aan steeds verder begroeid geraakt. Hierdoor vervaagt de begrenzing van de ingreep aan de westkant. De uitstuiving van valleien is beperkt, vooral omdat het grondwater vrij snel na de ingreep is gestegen.

De totale oppervlakten van de kaartenheden worden weergegeven in figuur 8. Het oppervlak aan actieve overstuiving is toegenomen tot 10,3 hectare in 1997 en 11,3 hectare in 1999. Door gelijktijdige stabilisatie in de vallei is het totale actieve areaal ongeveer gelijk gebleven (40 ha in 1997 en 35 ha in 1995 en 1999). Ruim 4 ha bevindt zich in 1999 onder invloed van grondwater (vochtig of nat). Overigens moet bij de luchtfotoanalyse een kanttekening worden geplaatst. De tijdstippen van opname zijn niet gelijk. De opnames van 1995 en 1997 dateren van de zomer (resp. 29 juni en 7 augustus), die van 1999 van de lente (28 april). Dit heeft gevolgen voor het oppervlak dat onder invloed staat



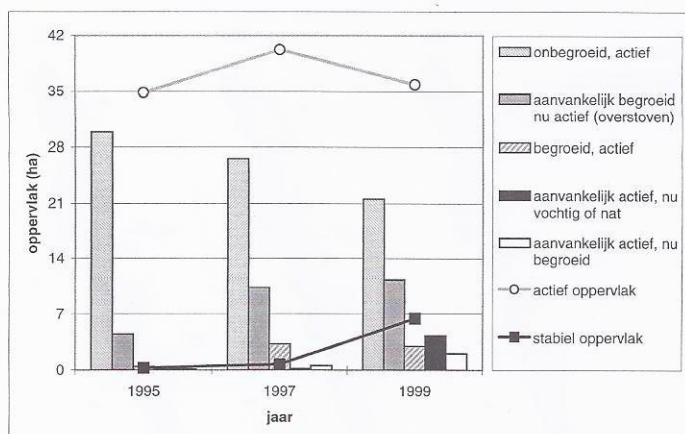
van grondwater of zichtbare overstuiving. Beide zullen in 1999 door seizoenseffecten naar verhouding groter zijn dan in 1995 en 1997.

Figuur 9 illustreert de verstuivingsdynamiek en vegetatiebedekking aan het eind van het groeiseizoen (augustus / september) en het eind van het stuifseizoen (maart / april). De foto's tonen hoe groot de verschillen in dynamiek in een gebied kunnen zijn als gevolg van seizoensvariatie. Aan het eind van de zomer bedekt duindoorn een groot deel van het oppervlak, terwijl in de winter het grootste deel van de bladloze duindoorn met stuifzand wordt bedekt. Hiermee dient bij luchtfotokarteringen en veldopnames rekening gehouden te worden. De inschatting van mate van dynamiek levert 's zomers andere resultaten dan aan het einde van de winter. Overigens laten de foto's in figuur 9 ook zien hoe de Helmbegroeiing in het kale gedeelte geleidelijk toeneemt.

In het gehele gebied vindt actieve duinvorming plaats op verschillende schalen.

• **Figuur 7**
Uitbreiding van verstuiving, vegetatie en vochtig of nat valleiooppervlak tussen 1995 en 1999.

• **Figure 7**
Development of active blown sand, vegetation and wet dune slacks between 1995 and 1999.



Figuur 8 •
Oppervlakten van kaartenheden zoals weergegeven in.

Figure 8 •
Total surfaces of the map units from Figure 7.

De hoogste duinen ontstaan aan de oostkant op ruggen met Helm. In struweel zijn langgerekte ruggen gevormd. Voor een deel van het struweel is de enorme overstuiving teveel gebleken. Juist op deze plaatsen is de sterkste uitbreiding in oostelijke richting waarneembaar. De overstuiving vormt hier dikke pakketten van soms wel 3 m dik, die over het algemeen met een steile storthelling in de dichte begroeiing aan de oostkant eindigen. In het centrale deel van de vallei zijn kleinere duintjes te vinden die gevormd worden in verschillende plantensoorten. De meest opvallende vormen zijn de kleine 'kopjesduinen' die ontstaan in Loogkruid (*Salso-la kali kali*) en de langgerekte, inmiddels redelijk hoge (1-2 m boven het oppervlak), duinen in Riet dat op de plaats van de voormalige oevers is opgekomen. Het is verrassend dat Riet zo bestand blijkt tegen overstuiving.

Door het zandschuiven en uitstuiven van de oude valleien werd ook het bodemarchief blootgelegd met o.a. Oude Duin- en strandafzettingen. Er zijn botten gevonden van paard, rund, varken, schaap, geit en edelhert. Grote viswervels bleken van kabeljauw te zijn. Voorts is er aardewerk aangetroffen uit de Late IJzertijd (2^e eeuw na Chr.), de Karolingische tijd (8^e-10^e eeuw na Chr.) en uit de Late Middeleeuwen (14^e eeuw na Chr.) (pers. med. H. Vander en A. Numan).

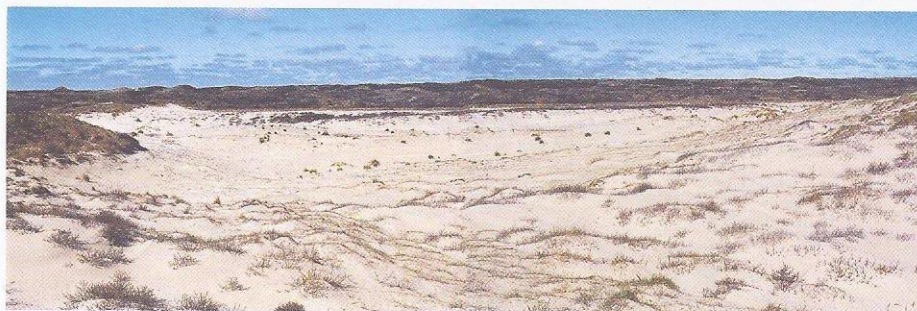
ontwikkeling van flora en fauna

Het nieuwe dynamische milieu heeft al snel resultaten opgeleverd voor flora en fauna. Stekend loogkruid (*Salso-la kali kali*) breidde zich uit over het gehele terrein. Er zijn broedgevallen geconstateerd van Bontbekplevier en Kleine plevier (*Chradrius hiaticula* en *C. dubius*). Van de Bontbekplevier, een Rode-lijstsoort wiens biotoop meer op het strand ligt, was dit het eerste broedgeval in de AWD. De Kleine plevier is voor het eerst sinds 20 jaar weer in de AWD tot broeden gekomen.

Door de stijging van het grondwater zijn op tientallen plekken plasjes ontstaan (figuur 7). Op de vochtige stukken is een groene waas van algen zichtbaar. Het vocht en de algen houden het zand vast. Het waterpeil fluctueert met de hoeveelheid neerslag. De nu ontstane plasjes vallen in de loop van de zomer droog. Rugstreeppadden planten zich voort in de poeltjes. In het diepste meertje zijn bijzondere waterkeversoorten aangetroffen zoals *Agabus nebulosus* en *Potamonectis caniculatus*. Het vochtige zand biedt volop gelegenheid voor duinvalleiplanten om te kiemen. Vochtafhankelijke pioniers als Waterpunge (*Samolus valerandi*), Echt - en Strandduizendguldenkruid (*Centaureum erythraea* en *C. littorale*), Zompruis en Duinrus (*Juncus articulatus* en *J. alpinoarticulatus subsp. atricapillus*), Drienervige - en Zeegroene zegge (*Carex trinervis* en *C. flacca*) zijn reeds aangetroffen. De vraag is of ook het zaad van andere zeldzaamheden de nieuwe plekjes weet te vinden.

Conclusies en discussie

De ingreep in het van Limburg Stirumgebied heeft tot een dynamische ontwikkeling geleid, waardoor als gevolg van omvangrijke verstuivingen nieuwe kansen voor pioniervegetaties zijn ontstaan. Na 5 jaar lijkt de ontwikkeling duurzaam. Het oppervlak is lokaal gestabiliseerd terwijl de verstuiving zich op veel plaatsen heeft uitgebreid of verplaatst, ondanks de grote



• **Figuur 9**

Seizoensvariatie in verstui-
vingsdynamiek en begroe-
ing. Boven september
1999, midden april 2000,
onder augustus 2000. De
foto's van augustus en
september tonen de maxi-
male begroeiing, de foto
van april de maximale ver-
stuiving bij minimale be-
groeiing.

• **Figure 9**

Seasonal variation in ac-
tivity of blown sand and ve-
getation cover. Above:
September 1999; middle:
April 2000; below: August
2000. The photographs of
August and September
show maximal vegetation
cover, the photograph of
April shows maximal ex-
tent of active blown sand
with minimum vegeta-
tion cover.

hoeveelheden neerslag in de afgelopen ja-
ren. Het reliëf verraaft nog diverse ken-
merken van antropogene invloed, zoals de
rechtlijnige ligging van meertjes. Door
duinontwikkeling is de natuurlijkheid van
de geomorfologie sterk toegenomen. De re-
sultaten leren dat een ingreep als deze
succesvol kan zijn en kan bijdragen aan
het herstel van dynamiek en diversiteit in
het landschap. Wellicht is de schaal waar-
op de ingreep is uitgevoerd bepalend voor
de duurzaamheid. Hoe grootschaliger de
verstuiving, hoe extremer de begraving
van bestaande vegetatie. Een deel van de
vegetatie zal daardoor verdwijnen, waar-
door de verstuiving zich zelf in stand kan
houden.

Tot nu toe is er weinig bekend over de ef-

fecten van een extreme gebeurtenis op
grote verstuiwingen. Sinds de uitvoering
van grote ingrepen (voornamelijk na
1990) zijn echte zware stormen uitgeble-
ven. Het is van belang te bestuderen hoe
deze gebeurtenissen op grootschalige
verstuivingen ingrijpen.

Op grond van de hierboven beschreven
ontwikkelingen in het Van Limburg Sti-
rumgebied zijn conclusies te trekken
met betrekking tot ingrepen ten behoeve
van regeneratie. Bij ingrepen waar al-
leen vegetatie en bodem worden verwij-
derd, is het probleem dat de uitgangssi-
tuatie nooit echt kaal zand is. Vrijwel al-
tijd zullen wortels achterblijven die, af-
hankelijk van de plantensoort, zullen
uitlopen en bijdragen aan de vestiging



van meestal niet gewenste soorten zoals Duindoorn en Helm (Ketner-Oostra & Sykora, 2000). Restanten van wortels zullen jarenlang de bodem bedekken en verstui-ving beperken. Door het afplaggen van de bodem ontstaan altijd kunstmatige grenzen in het landschap. Langs deze grenzen kunnen duinen ontstaan die door hun ligging antropogeen bepaald zijn. Afhanke-lijk van de mate van dynamiek zullen der-gelijke vormen op termijn meer natuurlij-ke eigenschappen krijgen. Voorwaarde is echter dat de verstuing duurzaam is. Bij een herstelproject als het Van Limburg Stirumproject spelen meer problemen vanwege het sediment wat verplaatst wordt. Hierdoor wordt de interne struc-tuur aangetast, wat gevolgen zal hebben voor hydrologie, zuurstofhuishouding, mi-neralisatie etc. Bovendien heeft het terug-plaatsen van de zanddepots allerlei gevol-gen voor de nutriënt- en zaadinhoud van de bodem, de aanwezigheid van wortels en

gebiedsvreemd materiaal. Deze factoren beïnvloeden de ontwikkeling. De verstui-vingsdynamiek wordt er door beperkt en de vegetatieontwikkeling gaat lokaal niet volgens een normale pionierssuccessie maar is verstoord. Door de snelle opslag van Riet en Duindoorn uit wortelmateri-aal zijn deze op een aantal locaties domi-nant aanwezig. Ook de Helmontwikkeling in de periode voor de vernatting werkt ruigtevorming in de hand.

Vanuit de aardkundige waarde van een gebied gezien kan regeneratie een nega-tief resultaat hebben. Met name in duin-landschappen met een bijzondere geomor-fologie, die gevormd zijn door processen die vandaag geen rol meer spelen, zal re-generatie tot een verarming van de aard-kundige waarden leiden omdat fossiele, waardevolle vormen zullen verdwijnen. Een probleem hierbij is dat in dit soort landschappen de ontstaanswijze nog niet goed begrepen is. In dit kader zijn groot-

schalige experimenten als in het van Limburg Stirumgebied, het Kraansvlak en de kerf bij Schoorl, van groot belang. Bij dergelijke experimenten dient monitoring uitgevoerd te worden om achteraf de effecten van de ingreep te kunnen beoordelen. Te vaak gebeurt het dat geld wordt uitgegeven aan een ingreep maar niet aan monitoring. Eigenlijk zou hier bij subsidieaanvragen al rekening mee gehouden moeten worden. Ook dient, zoals gebleken is, rekening gehouden te worden met mogelijke archeologische vondsten.

Regeneratie speelt inmiddels een belangrijke rol in het duinbeheer. In veel gebieden zijn experimenten in gang gezet waarbij de bodem is afgeplagd, en waarbij verstuiving op gang is gebracht. De dynamiek is teruggebracht op een schaal die tien jaar terug nog niet voor mogelijk werd gehouden.

Dankwoord

De volgende mensen bedanken we voor hun bijdragen: Anne-Frédérique Deiller, Michael Osborn, Ronald Haak en Daphne van der Wal voor hun hulp bij het veldwerk, Jan-Philip Witte en Jan Klijn voor het kritisch doorlezen van het manuscript en Gijs Mesman Schultz voor het GIS-werk.

Summary

Geomorphological perspectives in dune slack restoration; an example from the Amsterdam Watersupply dunes
Bas Arens & Luc Geelen
Landschap 18(3)
dunes; geomorphologic activity; sand drift; nature restoration; landscape monitoring

Large-scale human interference in the Van Limburg Stirum area has resulted in the restoration of active sand drift with opportunities for the establishment of pioneer vegetation. In small parts of the area, the surface is stabilised as a result of vegetation growth, but in many other parts drifting sand has spread and covered previously stable surfaces. Many wet or moist dune slacks developed. The geo-

morphological activity seems sustainable. Despite the current development, some characteristics of the landscape still reveal human interference.

Landscape restoration can have a negative impact on fossil geomorphology in landscapes where processes that are not active nowadays, formed the surface.

One problem of human interference is that after removal of soil and vegetation the surface is not just bare sand. Remnants of roots will cover the surface for years, affecting its erodibility and leading to stabilisation. Sod removal creates artificial borders in the landscape, which dictates the location of newly formed dunes. In time these dunes may evolve to dynamic, natural features. With the restoration of former topographies, sediment must be replaced. This affects the internal structure, with consequences for hydrology, mineralisation of organic matter, nutrient and seed content, etc. These factors will influence the geomorphologic and vegetation development.

The results prove that human interference can contribute to the restoration of landscape dynamics. The scale of the measure is important: large-scale interference enlarges the chances for durable development.

Literatuur

Arens, S.M. en Jungerius, P.D., 1999. Monitoring van een gereactiveerd paraboolduin, Kraansvlak, Zuid-Kennemerland. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP99.02 in opdracht van de nv PWN.

Arens, S.M., 2000. Monitoring van een gereactiveerd paraboolduin, Kraansvlak, Zuid-Kennemerland; situatie 2000. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2000.02 in opdracht van de nv PWN.

Arens, S.M., Jorritsma, J. en Nieuwenhuizen, F., 2000. Schoorl: 100 jaar omgaan met dynamiek. Aarde en Mens 3: 28-32.

Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. en Zadelhoff, F.J. van, 1981. Nederlandse kustduinen; landschapsecologie. Pudoc, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 144 pp.

Boxel, J.H. van, Jungerius, P.D., Kieffer, N. en Hampele, N., 1997. Ecological effects of reactivation of artificially stabilized blowouts in coastal dunes.

.....

Doing, H., 1988. Landschapsoecologie van de Nederlandse kust. Een landschapskartering op vegetatiekundige grondslag. Stichting Duinbehoud, Leiden. 228 pp.

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

Grootjans, A.P., Jong, J.W. de en Janssen, J.A.M., 1999. Sluifers en rode lijstsoorten op Schiermonnikoog. Een analyse van de vegetatieontwikkelingen in de Strandvlakte en het gebied rond de Oosterduinen tussen 1958 en 1994. Laboratorium voor Plantenecologie, Rijksuniversiteit Groningen, in opdracht van Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, 25 pp+bijlagen.

Grootjans A., Geelen L., Jansen A. en Lammerts E.J., 2001. Duinvallei-restauratie: successen en mislukkingen. Landschap, dit nummer.

Jungerius, P.D. en Meulen, F. van der, 1985. De ontwikkeling van stuifkuilen in het duinterrein Meijndel. Landschap 2: 143-151.

Jungerius, P.D. en Meulen, F. van der, 1988. Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. Catena 15: 217-228.

Ketner-Oostra, R. en Sykora, K.V., 2000. Vegetation succession and lichen diversity on dry coastal calciumpoor dunes and the impact of management experiments. Journal of Coastal Conservation 6: 191-206.

Klijn, J.A., 1981. Nederlandse kustduinen; geomorfologie en bodems. Pudoc, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 188 pp.

Löffler, M.A.M en Veer, M.A.C., 1999. Mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuwe duinen bij een Maasvlakte 2. Rapport Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland, 42 pp.

Londo, G., 1997. Natuurontwikkeling. Bos- en Natuurbeheer in Nederland; deel 6. Backhuys publishers Leiden, 658 pp.

Meulen, F. van der, Kooijman, A.M., Veer, M.A.C. en van Boxel, J.H. 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 1. FGBL Universiteit van Amsterdam, 232 pp + bijlagen

Weeda, E.J. 1990. Over de plantengeografie van Nederland. In: R. Van der Meijden (Ed.), Heukels Flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, 16-24.

Vertegaal, C.T.M., Louman, E.G.M., Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. en Meulen, F. van der, 1991. Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Prae-advies. Deskundigenteam effectgerichte maatregelen verzuring droge duinen in opdracht van de directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 151 pp + bijlagen.