De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)



E. Boeve

I. I. Y. Castel &
E. A. Koster

Stuifzanden, een probleem voor het natuurbeheer

Het natuurbeheer van de stuifzanden op de Noord-Veluwe, in bezit van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, is gericht op het behoud en de verdere ontwikkeling van de levensgemeenschappen van aktief en gefixeerd stuifzand en de overgangen hiervan naar heide en bos. Hiertoe is, op basis van een geomorfologische en globale vegetatiekundige inventarisatie van het Hulshorsterzand, het in de komende decennia te verwachten zandtransport met behulp van een simulatieprogramma berekend. Op grond van het verkregen inzicht in de dynamiek van het verstuivingsproces zijn een aantal beheersmaatregelen voor dit type natuurgebieden aangeduid.

Omvangrijke aktieve stuifzanden kwamen halverwege de vorige eeuw nog voor in het gehele Noordeuropese laagland, van België, Nederland, West- en Oost-Duitsland tot in Denemarken en Polen. Hoewel deze stuifzanden al vele eeuwen lang het bestaan van de landbouwgronden en nederzettingen hadden bedreigd, begon men pas in de tweede helft van de vorige eeuw op grote schaal deze zanden te bebossen. De oppervlakte aan aktief stuifzand nam hierdoor aanzienlijk af. Vooral in de ons omringende landen werden de beplantingen zo ver doorgevoerd dat vrijwel al het stuifzand werd vastgelegd. Van al het aktieve stuifzand in Noordwest-Europa ligt momenteel dan ook het grootste gedeelte binnen de Nederlandse grenzen. Tüxen merkte hierover op dat Nederland hiermee een te beschermen natuurgebied van de eerste orde heeft, waarvan in geheel Europa geen equivalent te vinden is (Tüxen in Schimmel, 1975).

De grootste, nog resterende, aktieve stuifzandgebieden in Nederland zijn het Harskamperzand, het Kootwijkerzand, de Loonse en Drunense Duinen en het Hulshorsterzand. Uit de topografische kaarten van deze gebieden uit de jaren '70 blijkt dat deze nog een omvang van respektievelijk circa 310, 275, 220 en circa 110 ha hebben. Bij deze laatste is het oppervlak aktief stuifzand inmiddels echter al teruggelopen tot minder dan 50 ha. Voor een deel is het aktief blijven van deze gebieden mede te danken aan het gebruik ervan als militair oefenterrein.

Stuifzanden zijn ontstaan doordat de wind het aan de oppervlakte liggende fijne, losse zand verplaatste, waarbij vooral de invloed van planten, dieren en de mens van grote betekenis was. Ook nu is in de aktieve terreinen de wisselwerking tussen deze verschillende faktoren nog goed waar te nemen. De stuifzanden worden gekenmerkt door een fijnkorrelig, zandig substraat met een grillig en vaak steil reliëf. Zij kennen een microklimaat met extreme schommelingen in temperatuur en vochtigheid. Op vele plaatsen is de vegetatiesuccessie van een pioniervegetatie tot bos goed te volgen. Verscheidene vrij zeldzame soorten korstmossen komen in de vegetatie voor. Bovendien leven er, door het op korte afstand naast elkaar voorkomen van verschillende stadia in de vegetatiesuccessie, een aantal bijzondere insekten, zoals Zandloopkevers, Graafwespen, Rupsendoders, de Harkwesp *(Bembex rostrata)* en de Bijenwolf *(Philanthus triangulus)* (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979). Dankzij dit alles zijn de stuifzanden vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt gezien van grote betekenis. De Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten tracht dan ook haar stuifzandterreinen tegen dichtgroeien te beschermen en overweegt zelfs het huidige areaal aan aktief stuifzand in het Hulshorsterzand (fig. 1) te vergroten. Voordat hiertoe echter definitief wordt besloten heeft de Vereniging een onderzoek

De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)



E. Boeve

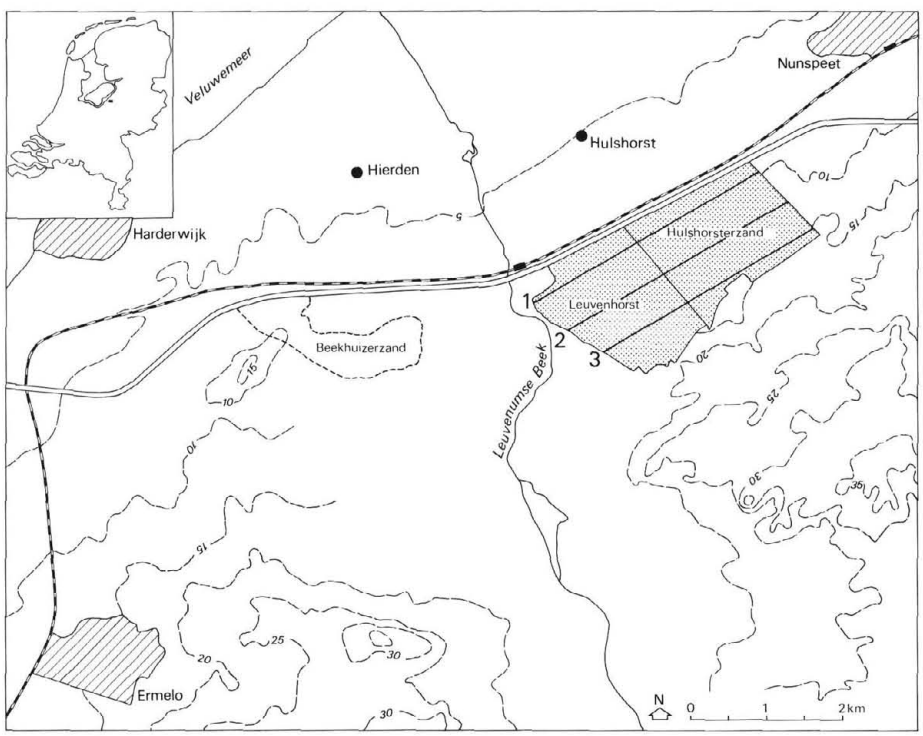
laten verrichten naar de voorwaarden waaronder een aktief stuifzandgebied van voldoende omvang in stand blijft en naar de consequenties van een groot aktief stuifzandgebied voor het beheer van het Hulshorsterzand. Onder de huidige klimatologische omstandigheden en bij het ontbreken van een gericht beheer is het dichtgroeien van de stuifzanden echter een algemeen verschijnsel, waarbij direkt opvalt dat de snelheid van stabilisatie voor de verschillende gebieden steeds anders is.

Landschappelijke situaties die enigszins te vergelijken zijn met die van de stuifzanden in het binnenland zijn alleen te vinden in de kustduinen. Ook hier hebben we te maken met zand dat door verstuiving zijn huidige reliëf gekregen heeft en ook in dit milieu is er sprake van een microklimaat met extreme schommelingen. Enkele jaren geleden werden in ditzelfde tijdschrift de resultaten gepubliceerd van een proef om een deel van de kustduinen van Meijendel zodanig te beheren dat verder verstuiven mogelijk werd (Van der Meulen & Wanders, 1984). Proeven met het stimuleren van de verstuiving in het Hulshorsterzand hebben nog niet plaats gevonden, maar de theoretische benadering die in dit artikel gepresenteerd wordt kan gezien worden als een equivalent hiervan.

Het Hulshorsterzand

Geschiedenis. De grote stuifzandgebieden in ons land zijn grotendeels ontstaan in de 10-de en in het begin van de 11-de eeuw na Chr., toen een extreme droogte in combinatie met een omvangrijk braakliggend akkerareaal en zeer krachtige winden de eerste verstuivingen mogelijk maakten (Heidinga, 1984). De grote uitbreiding van de stuifzanden heeft echter plaats gevonden na circa 1150 na Chr. toen er door de mens grote arealen bos gekapt werden en de wind vat kon krijgen op de over grote oppervlakten bloot gekomen fijnkorrelige dekzanden (Koster, 1978). Op de eerste kaarten van de Noord-Veluwe, uit de 16-de eeuw maakt het Hulshorsterzand deel uit van een grote aaneengesloten, Zuidwest-Noordoost georiënteerde stuifzandstrook die zich uitstrekt van Harderwijk tot Wezep. Voor de bewoners van deze streken was dit aktieve zand een grote bedreiging. Het effektief vast leggen van het zand was evenwel door geldgebrek niet mogelijk. Ook het beheerssysteem, waarbij vrijwel alle gronden gemeenschappelijk bezit waren bevorderde de beteugeling van de zanden niet. Eerst aan het einde van de 19-de eeuw werd er

Fig. 1. Ligging van het onderzoeksgebied.
Location of the area of investigation.



De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)

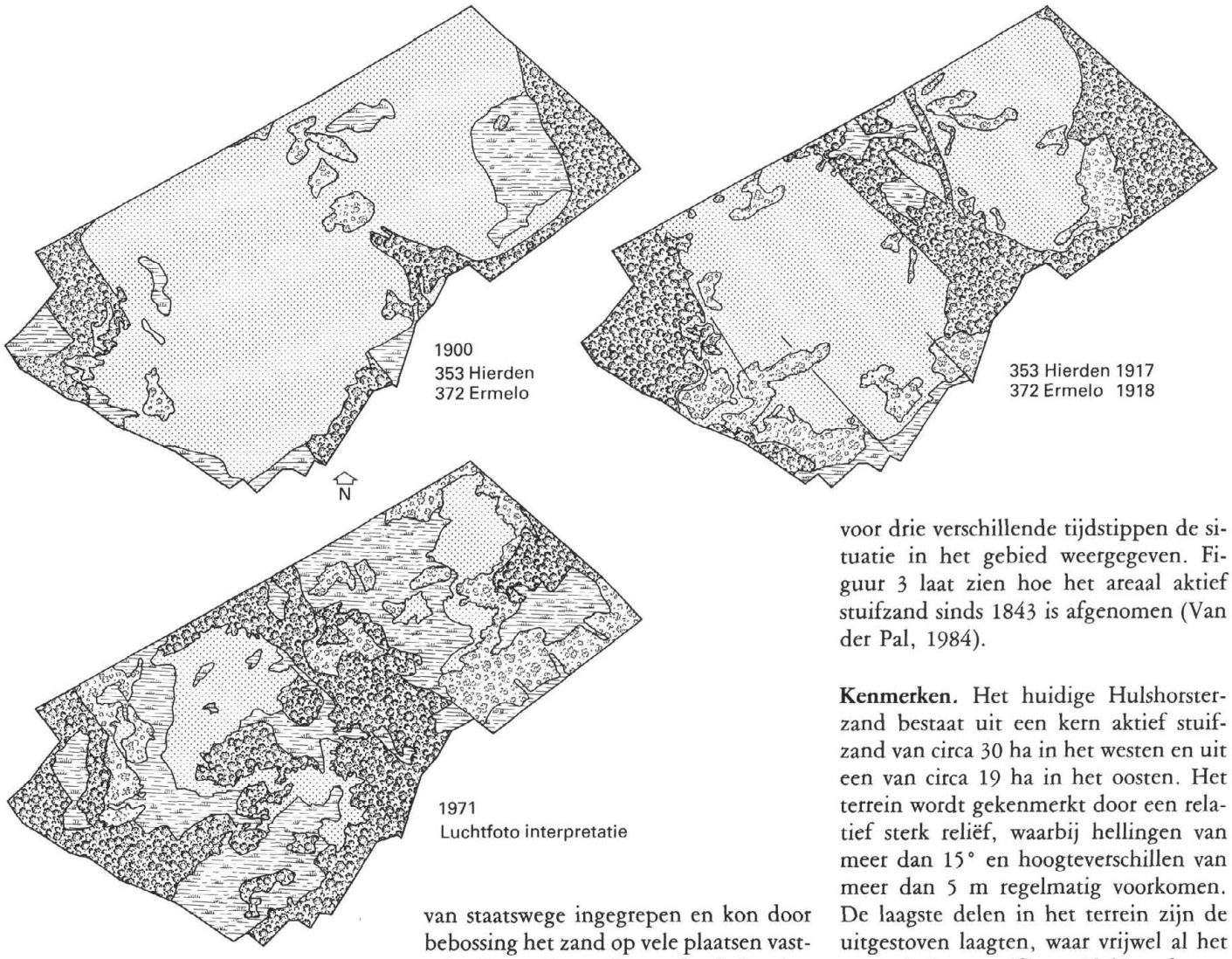


Fig. 2. Vegetatieontwikkeling van het Hulshorsterzand sinds 1900.
Vegetation development of the Hulshorsterzand since 1900. Legend: ☐- Stuifzand = bare sand, ☐- Heide = heather, ☐- Half open bos = forest, half open ☐- Gesloten bos = forest, dense.

van staatswege ingegrepen en kon door bebossing het zand op vele plaatsen vastgelegd worden. Naast de bebossing langs de randen van het huidige Hulshorsterzand werd in het begin van deze eeuw een strook bos dwars over het zand aangelegd, zodat er twee aktieve kernen, gescheiden door bos over bleven. Later werd het zand vanaf deze strook bos verder vastgelegd, zowel door verder gaande beplanting als door een spontane opslag.

De geschiedenis van het vastleggen van het zand is goed te volgen op de topografische kaarten sinds 1850 en op de luchtfoto's sinds het begin van deze eeuw. In figuur 2 is aan de hand hiervan voor drie verschillende tijdstippen de situatie in het gebied weergegeven. Figuur 3 laat zien hoe het areaal aktief stuifzand sinds 1843 is afgenomen (Van der Pal, 1984).

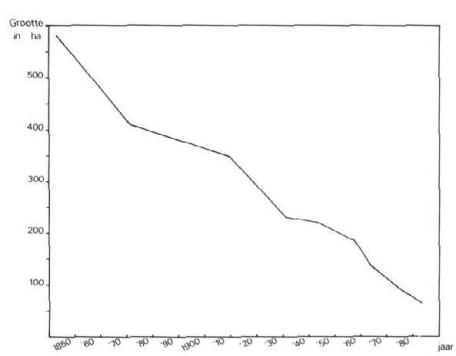


Fig. 3. Afname van het areaal aktief stuifzand in het Hulshorsterzand sinds 1843.
Decrease of the areal extent of mobile drift sands in the Hulshorsterzand area since 1843.

Kenmerken. Het huidige Hulshorsterzand bestaat uit een kern aktief stuifzand van circa 30 ha in het westen en uit een van circa 19 ha in het oosten. Het terrein wordt gekenmerkt door een relatief sterk reliëf, waarbij hellingen van meer dan 15° en hoogteverschillen van meer dan 5 m regelmatig voorkomen. De laagste delen in het terrein zijn de uitgestoven laagten, waar vrijwel al het potentieel verstuifbare (dek)zand verdwenen is en waar over grote oppervlakten het in het gehele gebied in de ondergrond voorkomende grindhoudende zand aan de oppervlakte ligt. Bij de reliëfrijke vormen kan een onderscheid gemaakt worden in twee typen heuvels. In de eerste plaats zijn dit de stuifzandheuvels, waarbij het stuifzand direkt op de onderliggende grindhoudende laag ligt. Meestal is hier sprake van stuifzand dat geaccumuleerd is op in een eerder stadium uitgestoven terrein. In de tweede plaats zijn het de zogenaamde plateaurestduinen of forten (Schelling, 1955). Deze worden gekenmerkt door een bodemprofiel in het onderliggende dekzand, dat door het stuifzand is overstoven. Ze worden vrijwel steeds begrensd door korte, steile hellingen en hebben een min of meer vlakke top. De grindhoudende laag bevindt zich bij deze vormen onder het dekzand. Door het voorkomen van het bodemprofiel zijn de omstandigheden hier relatief gunstig voor de plantengroei. Het profiel levert de mineralen en houdt bovendien het

De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)

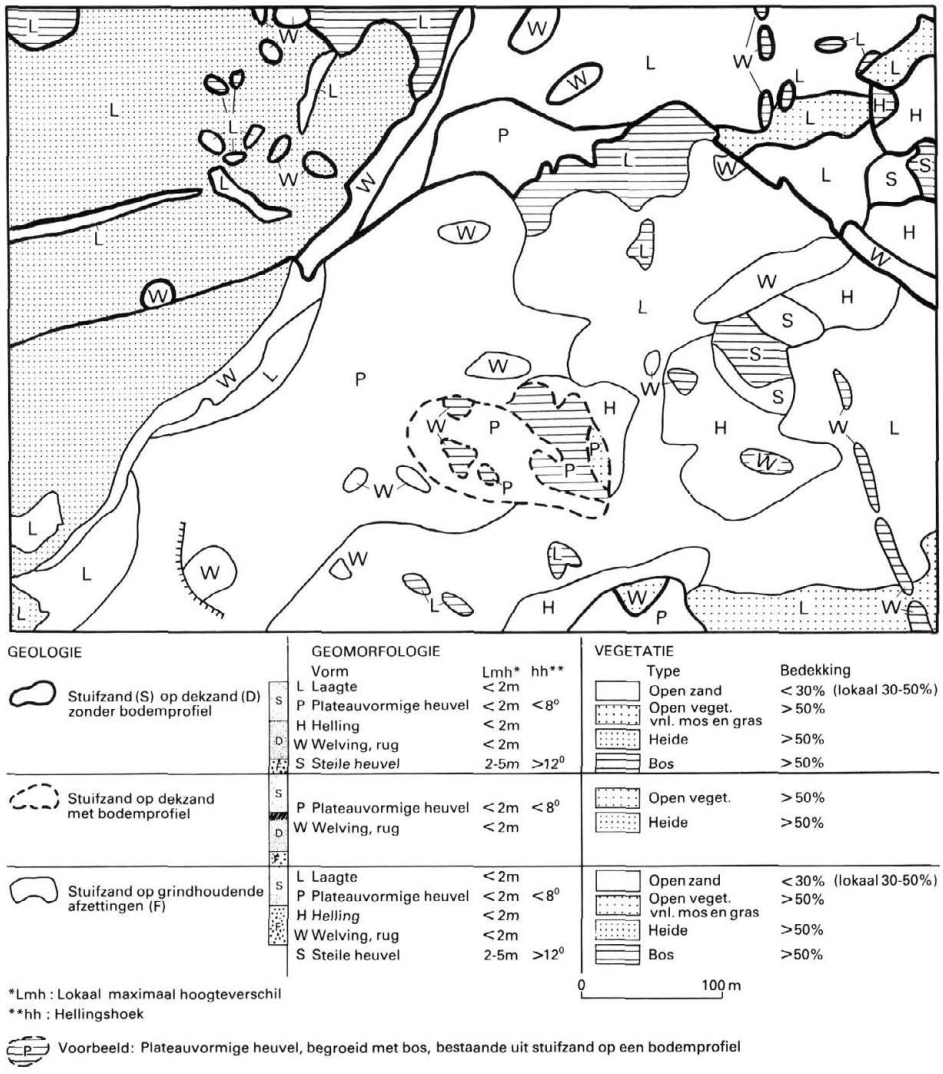
infiltrerende regenwater vast. In een aantal gevallen komen er zelfs overstoven vennen voor met een dunne *Sphagnum* en *Eriophorum* veenopvulling (Koster, 1970). Hoewel plateaurestduinen op de Noord-Veluwe en in Drente lokaal vrij veel voorkomen zijn het in het algemeen zeldzame vormen. Vooral de plateaurestduinen met een overstoven veenlaag bezitten een grote natuurwetenschappelijke waarde.

In figuur 4 wordt het landschap van een deel van de westelijke aktieve kern van het gebied weergegeven. De vegetatie is erin met rasters weergegeven, zodat een vergelijking met de luchtfoto van hetzelfde gebied op eenvoudige wijze mogelijk is.

De aktieve kernen van het Hulshorsterzand worden aan alle zijden omgrensd door dennenbossen. Alleen aan de noordwestelijke zijde van de beide kernen komen open terreinen voor die voor een deel met heide begroeid zijn. Vanaf de randen wordt het zand voornamelijk gekoloniseerd door Grove den *(Pinus sylvestris)* en Buntgras *(Corynephorus canescens)*. Deze planten vormen het eerste stadium in de vegetatiesuccessie in de uitgestoven laagten (Castel et al., 1983). Op de zandaccumulaties wordt het zand vooral door Helm vastgelegd. Algen komen lokaal zowel in de uitgestoven laagten als op de accumulaties voor (Koster, 1978). Zij kunnen een belangrijke rol spelen bij de vastlegging van het zand, evenals in de kustduinen (van den Ancker et al., 1985). Op het open zand zijn alleen op voor vegetatie gunstige plaatsen, zoals op de hierboven beschreven plateaurestduinen, enige grotere en kleinere bosjes aanwezig.

Aspekten van het onderzoek

Teneinde een goed beheersplan te kunnen opstellen voor een aktief stuifzandgebied is inzicht in de te verwachten ontwikkelingen in zo'n gebied een vereiste. Exacte beschrijvingen van de veranderingen in een zo dynamisch milieu als het Hulshorsterzand zijn er niet. Om toch enig inzicht te verkrijgen in de mogelijke ontwikkeling van het gebied werd een theoretisch model gemaakt, waarbij de verstuiving werd nagebootst, uitgaande van de huidige verdeling van aktief en vastgelegd zand, van het huidige reliëf en van de huidige klimatologische omstandigheden. De gesteldheid van het terrein werd zowel in het veld als op basis van speciaal voor dit doel opge-



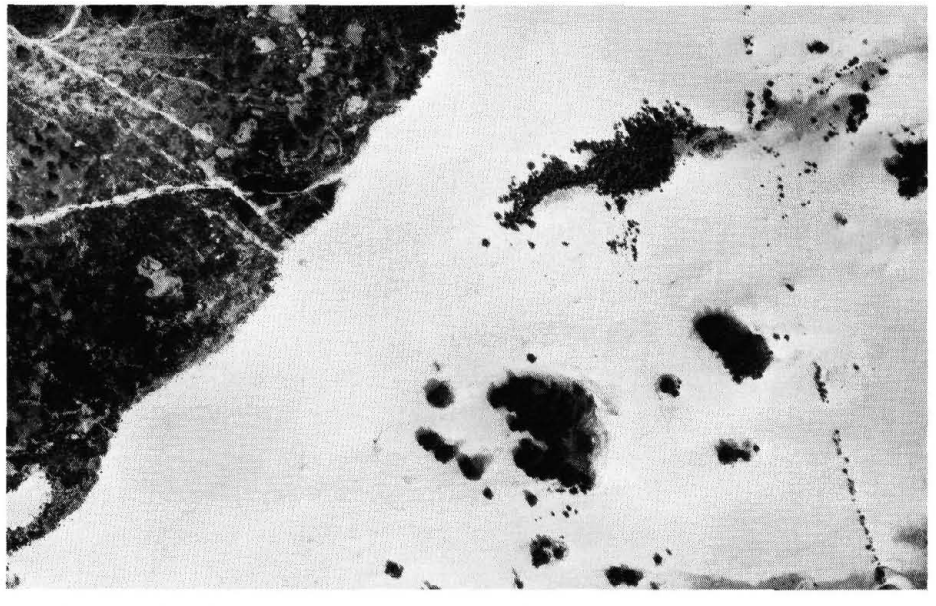


Fig. 4. Landschapskaartje en luchtfoto van een deel van het Hulshorsterzand.
Combined geological, geomorphological and vegetation map and air photo of a part of the Hulshorsterzand. Legend: Geology: thick lines: drift sand on coversand without soil profile, dashed lines: drift sand on coversand with soil profile, thin lines: drift sands on older gravelly sands. Geomorphology: L - lowlying area, P - plateau dune, H - slope, W - smooth ridge, S - steep ridge. Vegetation: □- Open zand = bare sand; □-Open vegetatie = open vegetation, mainly mosses and grasses; □- Heide = heather; □- Bos = forest.

De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)

nomen luchtfoto's geïnventariseerd. Er werden geomorfologische kaarten en een globale vegetatiekaart vervaardigd, alle op schaal 1:5.000.

De verstuiving van zand wordt door vele faktoren beïnvloed. Globaal zijn deze faktoren in een drietal groepen in te delen, namelijk:

— 1. de eigenschappen van het zand,
— 2. het klimaat en
— 3. de invloed van flora, fauna en mens.

De belangrijkste faktoren die de aard en mate van verplaatsing van het zand bepalen zijn:

ad 1.
— de materiaaleigenschappen van het zand (korrelgrootteverdeling, soortelijk gewicht, vorm, cohesie).
— de morfologie van het oppervlak.

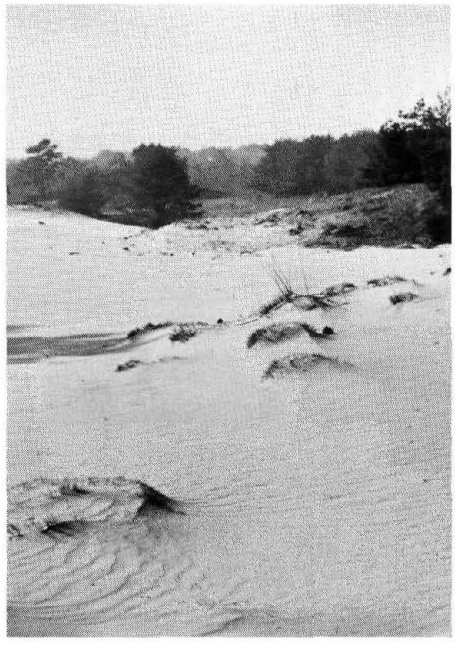
ad 2.
— de vochtigheid (neerslag en bodemvocht) en
— de verdeling van de windrichting en -snelheid.

ad 3.
— vermindering van de windsnelheid door de vegetatie, zowel dicht bij het oppervlak als aan de lijzijde van de vegetatie.
— lokaal kan door de fauna de vegetatie verwijderd worden waardoor het kale zand aan de oppervlakte komt.
— door betreding van terreinen kan de vegetatie eveneens verwijderd worden, terwijl door een gericht beheer zowel verwijdering van de vegetatie als beplanting van terreinen mogelijk is.

Teneinde de invloed te bepalen van de verschillende faktoren op het zandtransport door de wind wordt al vele tientallen jaren onderzoek verricht (onder andere Bagnold, 1954; Chepil, 1965; Hsu, 1971). In vrijwel alle gevallen gaat men uit van een horizontaal oppervlak met droog, los zand, zonder invloed van planten, dieren of mensen. De theoretische waarden voor het zandtransport die men vindt naar aanleiding van deze onderzoeken zijn echter niet altijd in overeenstemming met metingen van zandtransport in de natuur (Svasek & Terwindt, 1974). Van al de pogingen om het zandtransport door de wind te berekenen is het klassieke werk van Bagnold (1954) het best gedocumenteerd. Bovendien blijkt de door hem beschreven methode vooral bij homogeen bodemmateriaal (zoals bijvoorbeeld stuifzand) vrij goede overeenkomsten met de in de natuur gemeten waarden voor het zandtransport op te leveren. Voor de nabootsing van het zandtransport werd dan ook gebruik gemaakt van de door hem gegeven formules, waaraan een faktor voor het bedekkingspercentage en één voor de hoogte van de vegetatie werd toegevoegd. Een exacte beschrijving van de toegepaste methode is te vinden in het verslag van het onderzoek (Castel, 1986). Hieronder zal slechts kort ingegaan worden op de belangrijkste resultaten.

Resultaten van de simulatie

Teneinde zo nauwkeurig mogelijke voorspellingen te kunnen doen over de ontwikkeling van het gehele onderzoeksgebied, werden er verspreid over het gebied drie transecten opgenomen (fig. 1). Langs deze transecten werden gegevens verzameld over de geomorfologie (hoogteligging), de diepteligging van de voor verstuiving nauwelijks gevoelige lagen (oftewel de dikte van het potentieel nog verstuifbare zandpakket) en over de vegetatie. Voor de faktor wind werd bij de simulatie gebruik gemaakt van de frequentieverdelingen van de uurwaarden van de windrichting voor windsnelheden van meer dan 5 m/sec van het station Soesterberg (periode 1978-1984). Op basis van deze gegevens werd langs de transecten de verstuiving, dat wil zeggen het proces van deflatie en zandaccumulatie door de wind, gesimuleerd voor tijdsperiodes van 1, 10 en 25 jaar; zowel voor de huidige verdeling van de vegetatie langs het transect als voor een situatie waarbij het gehele centrale gedeelte van het gebied uit kaal zand zou bestaan. Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de vegetatie een allesoverheersende rol speelt bij het transport en het vastleggen van het zand: zodra ergens vegetatie aanwezig is zal het zand tegengehouden worden en is de deflatie op die plek ten einde. Alleen lage vegetaties van algen en (korst)mossen kunnen overstoven raken, bij andere vegetaties zal het zand vastgehouden worden en zal de vegetatie met de accumulatie mee groeien. Alleen indien de verstuiving zeer snel gaat zal de groei van de vegetatie de accumulatie van het zand niet kunnen bijhouden. Een dergelijke situatie is momenteel echter niet te verwachten. Ten gevolge van de overheersende zuidwesten winden zal er voornamelijk accumulatie plaats vinden aan de oostranden van de aktieve kernen, waar het zand door het bos wordt vastgelegd (fig. 5). Onder invloed van vooral droge noordoostelijke winden in het voorjaar kan ook aan de westzijde een geringe accumulatie plaats vinden. Het beschermende bos ontbreekt hier echter, zodat het hier geaccumuleerde zand in een volgende verstuivingsfase grotendeels weer wordt opgenomen en oostwaarts verplaatst wordt.



E. Boeve

De maximale verplaatsing van zand zal plaats vinden in een open zwakgolvend terrein zonder vegetatie. Theoretische berekeningen leren dat er in een dergelijk terrein over het gehele oppervlak in een jaar tijd een pakket zand met een dikte van 22 cm over een afstand van 3 m naar het noordoosten verplaatst kan worden. Dit houdt bijvoorbeeld in dat een laag duintje van circa 1 m zich in 5 jaar 3 m kan verplaatsen. Bij de simulaties langs de transecten werd echter slechts een maximale waarde van 70% van dit theoretisch maximum bereikt. Dit is onder andere het gevolg van in de windweg aanwezige vegetatie, van lokaal onvoldoende aanwezig verstuifbaar zand of van de geomorfologie van het terrein. Indien de terreinhelling aan de lijzijde van een obstakel namelijk meer dan 9° bedraagt zal het zand nog slechts afgezet worden, maar niet weer opgenomen (Jungerius, 1984). Hoewel er dan ook gedurende de afgelopen eeuwen netto een noordoostwaartse verplaatsing van het zand heeft plaats gevonden over een afstand van enkele honderden meters, lijkt deze verplaatsing (in de toekomst) niet met een grote snelheid te geschieden.

De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)

Implicaties voor het beheer

De doelstelling van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten met betrekking tot het Hulshorsterzand en de Leuvenhorst is het behoud van een aktief stuifzandgebied, zodanig van omvang en vorm dat het in staat mag worden geacht zichzelf in stand te houden. Meer concreet betekent dit een beheer dat gericht is op behoud en waar mogelijk een verdere ontwikkeling van de levensgemeenschappen van aktief en gefixeerd stuifzand (Lensink & Schotman, 1984). Onder de huidige klimaatsomstandigheden kan echter in een aktief stuifzandgebied het zandtransport de snelheid waarmee het zand dichtgroeit niet bijhouden. Er zal dan ook altijd enige vorm van beheer uitgeoefend moeten worden, zoals het verwijderen van de opslag van vliegdennen, berk en vogelkers. Zelfs de lagere vegetaties hebben een zodanige invloed op de accumulatie van het zand dat verwijderen de enige garantie is dat het stuifzand aktief blijft. Het begrazen van dit soort terreinen, zodat het gras en de jonge boompjes verdwijnen, is een andere mogelijkheid, aangezien de zeer lage vegetaties van algen, mossen en korstmossen die dan waarschijnlijk als enige over zullen blijven, overstoven kunnen worden. Bovendien zal door de betreding van het terrein de verstuiving bevorderd worden. Uit het bovenstaande blijkt dat het niet mogelijk is een aktief stuifzandgebied te beheren op een wijze zoals de Vereniging het zich voorstelt. Aan de ene kant wil men de soms zeer kwetsbare levensgemeenschappen van het (deels) door vegetatie vastgelegde stuifzand in stand houden en aan de andere kant wil men het stuifzand aktief houden, waarvoor de vegetatie juist verwijderd dient te worden.

Een van de punten die een rol spelen bij het al dan niet stimuleren van verstuiving is de vraag of het zand niet te snel uit het gebied zou kunnen verdwijnen. Dat wil zeggen de vrees dat men het zand niet aan de randen van de aktieve kernen zou kunnen tegenhouden. Onder de huidige klimaatomstandigheden lijkt dit echter geen probleem te zijn. Het zand zal zich in noordoostelijke richting verplaatsen. De snelheid waarmee dit gebeurt is echter zo gering dat, zelfs al is het gehele centrale terrein vegetatieloos, het zand aan de randen door het in stand houden van een gesloten (bos)vegetatie eenvoudig vastgelegd kan worden. Een besluit tot het vergroten van het areaal aktief stuifzand zal dan ook vooral afhangen van het feit of men de extra moeite en kosten van het verwijderen van de vegetatie wil nemen.

Overige stuifzandgebieden

Hoewel het simulatiemodel ontwikkeld is voor en toegepast op de situatie in het Hulshorsterzand is het uiteraard ook mogelijk hiermee de verstuiving in andere stuifzandgebieden na te bootsen. Steeds zal echter eerst een nauwgezette inventarisatie van de geomorfologie en de vegetatie in een gebied noodzakelijk zijn. Ook moeten de klimaatgegevens van het dichtst bij het terrein gelegen weerstation gebruikt worden. In andere aktieve stuifzandgebieden als het Kootwijkerzand, het Harskamperzand en de Loonse en Drunense Duinen zal een simulatie, aannemende dat het windregime niet sterk afwijkt van dat op de Noordwest-Veluwe, soortgelijke resultaten opleveren.

Met een geheel andere situatie hebben we echter te maken bij de kustduinen. De eigenschappen van de kustduinzanden zijn weinig anders dan die van de stuifzanden, het reliëf is echter veelal groter en de (deels aangeplante) vegetatie wijkt eveneens af van die op de stuifzanden. Het belangrijkste verschil ten aanzien van de mogelijkheden tot verstuiving ligt echter in het windregime. Indien men de windsnelheidgegevens van een nabij de kust gelegen weerstation met die van een in het bin-



Fig. 5. Begroeide lijzijde van een randwalduin.
Vegetation covered lee side of a bordering dune ridge.

De Levende Natuur 88 (4):146-152 (1987)

De Levende Natuur 88ste jaargang, nr. 4

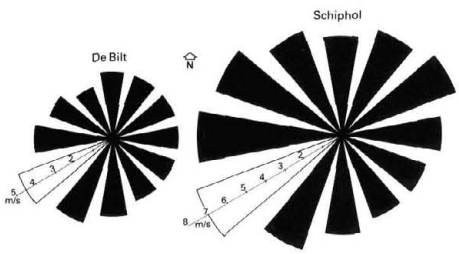


Fig. 6. Gemiddelde windsnelheid per richting van de stations De Bilt en Schiphol over de periode 1950-1980.
Mean wind velocity in relation to wind direction for De Bilt and for Schiphol meteorological stations, during the period 1950-1980.

nenland vergelijkt (fig. 6) valt op dat de gemiddelde windsnelheden aan de kust veel hoger zijn. Bovendien zal het grotere reliëf in de kustduinen ook een sterkere invloed hebben op het lokale windregime. Waarschijnlijk is dit de reden dat er langs de kust wel spontane verstuivingen op kunnen treden, terwijl de laatste restanten aktief stuifzand in het binnenland zonder beheer alleen maar verder dichtgroeien.

Conclusies

Hoewel aktieve stuifzanden in het verleden in Noordwest-Europa veel voorkwamen zijn ze momenteel een zeldzaam verschijnsel dat vrijwel alleen binnen de Nederlandse grenzen nog enige verbreiding kent. Ze zijn vanuit geomorfologisch, ecologisch en cultuurhistorisch oogpunt van groot belang. Het natuurbeheer in Nederland tracht dan ook deze gebieden zo veel mogelijk in stand te houden. Pogingen aktieve stuifzandterreinen zo groot te maken dat ze zichzelf in stand kunnen houden zijn bij de huidige vormen van landgebruik onrealistisch en zijn onder de huidige klimaatsomstandigheden bij voorbaat gedoemd te mislukken. Er zullen altijd beheersmaatregelen noodzakelijk zijn.

Bij het maken van de beheersplannen voor deze terreinen stuit men direkt op tegenstrijdigheden die het beheer van stuifzanden met zich mee brengt. Aan de ene kant wil men het zand aktief houden waarvoor de vegetatie verwijderd dient te worden en mogelijke betreding aangemoedigd moet worden, terwijl men aan de andere kant de kwetsbare levensgemeenschappen van het stuifzand met hun mos- en korstmosrijke vegetaties wil behouden. De verstuiving zal goed in de hand gehouden moeten worden, aangezien deze natuurlijk niet overal wenselijk is. Onder de huidige klimaatsomstandigheden zijn ongewenste ontwikkelingen echter snel bij te sturen door op plaatsen waar verstuiving ongewenst is vegetatie aan te planten. Het in stand houden van aktieve stuifzanden impliceert echter dat men altijd een geringe migratie aan de randen zal moeten (kunnen) toestaan.

Literatuur

Ancker, J. A. M. van den, P. D. Jungerius & L. R. Mur, 1985. The role of algae in the stabilization of coastal dune blowouts. Earth Surface Processes and Landforms 10, 189-192.

Bagnold, R. A., 1954. The physics of blown sands and desert dunes. Chapman & Hall, London, 265 pp.

Castel, I. I. Y., 1986. Het Hulshorsterzand nu, en in de toekomst? Rapporten van het Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium 23, Universiteit van Amsterdam, 56 pp.

Castel, I. I. Y., J. Fanta & E. A. Koster, 1983. De Vallei van de Leuvenumse Beek (Noordwestelijke Veluwe). Een fysisch geografische streekbeschrijving. Wetenschappelijke Mededeling van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, nr 159, 55 pp.

Chepil, W. S., 1965. Transport of soil and snow by wind. Meteorological Monographs 6, 28, 123-132. U.S. Department of agriculture and Kansas agricultural experimental stations.

Heidinga, H. A., 1984. De Veluwe in de vroege Middeleeuwen; Aspecten van de nederzettingsarcheologie van Kootwijk en zijn buren. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 288 pp.

Hsu, S. A., 1971. Wind stress criteria in eolian sand transport. Journal of Geophysical Research 76, 8684-8686.

Jungerius, P. D., 1984. A simulation model of blowout development. Earth Surface Processes and Landforms 9, 509-512.

Koster, E. A., 1970. The formation of table-shaped drift sand mounds ('forts') in the northern Veluwe, The Netherlands. From field to laboratory, Publikaties van het Fysisch Geografisch Laboratorium 16, Universiteit van Amsterdam, 45-52.

Koster, E. A., 1978. De stuifzanden van de Veluwe; een fysisch-geografische studie. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 195 pp.

Lensink, R. & A. Schotman, 1984. De Haspel, Hulshorsterzand, Leuvenhof, Leuvenhorst, Leuvenumse Bos. Beheersrichtlijnen. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 57 pp.

Meulen, F. van der & E. A. J. Wanders, 1984. Stuifduinen: overwegingen betreffende natuur- en duinbeheer in Meijendel. De Levende Natuur 85, 18-23.

Pal, H. van der, 1984. Landschapsecologisch onderzoek in een stuifzandgebied. Doktoraalscriptie Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, 145 pp.

Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979. Levensgemeenschappen. Pudoc, Wageningen.

Schelling, J., 1955. Stuifzandgronden. Uitvoerige Verslagen van het Bosbouwproefstation TNO, 2, 1, Wageningen, 57 pp.

Schimmel, H., 1975. 'Atlantische woestijnen'. De Veluwse zandverstuivingen. Natuur en Landschap 29, 11-44.

Svasek, J. N. & J. H. J. Terwindt, 1974. Measurements of sand transport by wind on a natural beach. Sedimentology 21, 311-322.

Het aan dit artikel ten grondslag liggende onderzoek ten behoeve van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland werd mogelijk gemaakt door een subsidie van het Prins Bernard Fonds.

Drs. I. I. Y. Castel en Prof. Dr. E. A. Koster,
Geografisch Instituut van de Rijksuniversiteit Utrecht,
Heidelberglaan 2,
3584 CS Utrecht.

Summary

Drift sands, a problem in nature management.

Nature conservation and management in (eolian) drift sand regions in The Netherlands is directed towards the preservation of the dynamic nature of the dune environment ranging from actively drifting bare sand to completely stabilized dune surfaces covered by a variety of lichens, mosses, grasses, heather or pine forests. The direction and amount of future sand transport in the drift sand area of Hulshorsterzand (NW-Veluwe) has been quantified using a simulation programme based on geomorpholigical and vegetation inventorial and meteorological data. The results from the simulation clearly indicate that vegetation is a dominant factor in controlling the eolian processes. Under present day climatological conditions migration rates of sand bodies of these inland dunes are small and the mobility of the dunes can only be guaranteed by special management measures like locally removing all vegetation or sheepgrazing. However, this seems to be in conflict with traditional nature management of inland dunes which aim at the preservation of specific plant communities.