



**Foto 1.** Plaggen van een duinvallei op Texel met op de voorgrond uittredend ijzerrijk grondwater (foto: Ab Grootjans).

Ab Grootjans, Erwin Adema, Camiel Aggenbach, Henk Everts & André Jansen

## Restauratie van duinvalleien

In de zeventiger en tachtiger jaren van de vorige eeuw werd duidelijk dat zeer veel duinvalleien sterk aan het veruigen waren door ontwatering in het duingebied, door waterwinning en door een sterk toegenomen atmosferische depositie. Hierdoor ging het aantal typische en zeldzame duinvalleisoorten sterk achteruit. Om de karakteristieke duinvalleivegetaties te behouden en te herstellen werd met verschillende maatregelen geëxperimenteerd. In dit artikel wordt een overzicht van de resultaten gegeven.

Natte duinvalleien zijn veelal ontstaan uit voormalige stranden die door duinvorming zijn afgesnoerd van de invloed van de zee (primaire valleien) en daarna permanent onder de invloed van zoet grondwater kwamen. Duinvalleien kunnen ook ontstaan door uitstuiwing van duinmassieven (secundaire valleien) en zo onder invloed van het grondwater komen. Beide typen duinvalleien staan een groot deel van het jaar onder water. Vaak zijn ze in hun beginfase basenrijk door aanwezigheid van kalk in de bodem en/of toestroming van basenrijk grondwater. In sterk uitgelopen duincomplexen, zoals op Vlieland, komen jonge duinvalleien voor met kalkarm grondwater, waarin zich zwakgebufferde begroeiingen of zelf natte heide kunnen ontwikkelen.

Typische duinvalleibegroeiingen zijn niet zo zeer soortenrijk, maar vooral rijk aan Rode Lijstsoorten, zoals Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*), Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), Parnassia (*Parnassia palustris*), Knopbies (*Schoenus nigricans*) en Duingentiaan (*Gentianella amarella*). Veel van deze soorten zijn tegenwoordig in hun voorkomen beperkt tot de kust, omdat ze daarbuiten door ontwatering, bemesting en

verzuring van kalkmoerassen zijn uitgestorven (Grootjans et al., 1995). Aanvoer van kalkrijk grondwater in duinvalleien is belangrijk, omdat het buffert tegen verzuring en de opbouw van organische stof vertraagt. Hierdoor zijn langdurig soortenrijke pionierstadia aanwezig. Hoe minder organische stof in een duinvallei, hoe minder mineralisatie in de zomer en hoe lager de beschikbaarheid van voedingsstoffen. In sommige gevallen hield de pionierfase met Rode Lijstsoorten wel 30-60 jaar stand (Zonneveld, 1993; Grootjans et al., 1995; Adema et al., 2002).

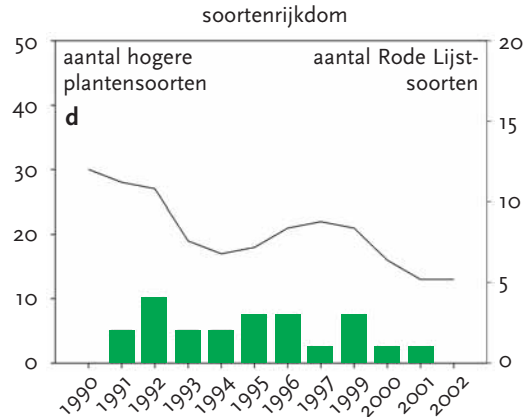
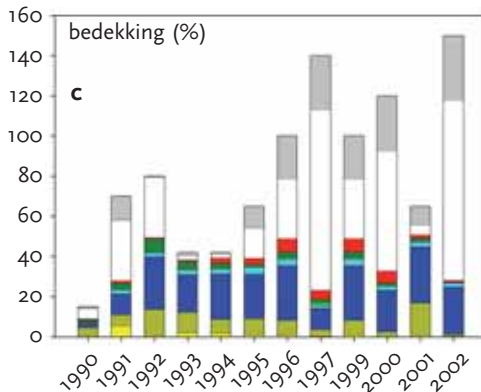
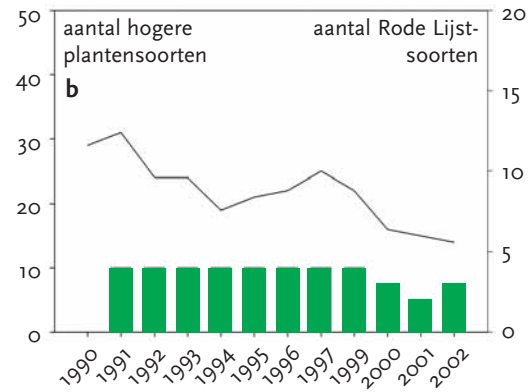
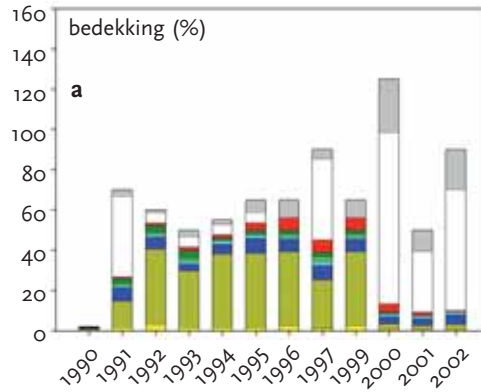
In zure valleien die vooral door neerslag gevoed worden verloopt de afbraak van organisch materiaal minder goed, zodat al snel een laagje organische stof op de bodem ontstaat. Wanneer zo'n vallei droogvalt en er zuurstof in de bodem dringt, zijn er meer voedingsstoffen beschikbaar en verliezen de laagproductieve pioniersoorten de competitie van soorten van latere successiestadia. Deze eutrofiëring wordt nog eens versterkt door depositie van stikstof uit de lucht, welke tussen 1930 en 1980 is toegenomen. Alhoewel de depositie de laatste vijf jaren is afgenomen, is het niveau voor jonge pionierbegroei-

ingen nog steeds hoog. Regelmatige toestroming van basenrijk grondwater voorkomt ook dat de toplaag in de zomer sterk uitdroogt. Dit is gunstig voor een goede ontwikkeling van de zogenaamde matten van algen en micro-organismen (van Gemerden, 1993) die het binnendringen van snelgroeiende soorten tegengaan (Grootjans et al., 1997).

### Herstelprojecten in drie verschillende duingebieden

Omdat in veel gebieden natuurwaarden van duinvalleien verloren zijn gegaan door veranderingen in de waterhuishouding worden tegenwoordig herstelmaatregelen zoals het verwijderen van de verzuurde en verrijkte toplaag, gecombineerd met hydrologisch herstel en soms ook instelling van beweiding. Waterwinningen werden beëindigd en aangepast in combinatie met lokale herstelmaatregelen (Geelen et al., 1995). Deze herstelprojecten werden mogelijk door de ontwikkeling van nieuwe waterwintechneken, zoals diepinfiltratie en open infiltratie nieuwe stijl. We willen hier drie voorbeelden van herstelprojecten bespreken; 1) De Meinderswaalvallei in de Middelduinen van Goeree, 2) De Mokslootvalleien op Texel, en 3) De Koegelwieck op Terschelling (zie kaart p.74). De Meinderswaalvallei ligt in de kalkrijke vastelandsduinen waar vroeger fosfaatrijk oppervlaktewater is geïnfiltrerd bij de bereiding van drinkwater. De Mokslootvalleien en de Koegelwieck liggen in de kalkarme duinen van Waddeneilanden. In de Mokslootvallei werd de grondwaterwinning in 1993 gestopt,

**Fig. 1.** Vegetatieontwikkeling (ecologische soortsgroepen), verloop van de soortenrijkdom en het aantal Rode Lijstsoorten gemeten in permanente kwadraten in de Meinderswaalvallei tussen 1990 en 2002. Fig. 1a en 1b geven de situatie weer hoog op de gradiënt. Fig. 1c en 1d geven de situatie weer midden op de gradiënt.



waardoor de natuurlijke hydrologie hersteld werd. Sommige valleien in de Moksloot worden tevens door (relatief schoon) oppervlaktewater beïnvloed. De Koegelwieck is een sterk verzuurde vallei, waar vóór de Tweede Wereldoorlog kalkrijke duinvalleivegetaties stonden. In de jaren 1950, 1980 en 1990 werd al geëxperimenteerd met plaggen om de soortenrijke Knobbiesvegetaties terug te krijgen. Door deze oude plagstroken te vergelijken met recente maatregelen kunnen we ook de lange termijn effecten van plaggen evalueren.

### Meinderswaalvallei op Goeree

De Meinderswaalvallei ligt in de Middelduinen van Goeree, een gebied met veel kleine valleitjes en lage duintjes (Aggenbach & Annema, 2005). Oorspronkelijk kwamen hier kalkminnende Knobbiesvegetaties voor, maar die waren in de jaren 1980 door eutrofiëring sterk verruigd met Riet (*Phragmites australis*) en ruigtekruiden door ophoping van strooisel en vuilstort. Hydrologisch is de vallei een zg. doorstroomvallei (Stuyfzand & Moberts, 1987), waarbij kalkrijk grondwater toestroomt aan de ene kant van de vallei en weer infiltreert aan de andere kant (Aggenbach & Jansen, 2003). Daardoor is het ook niet uit te sluiten dat de vallei in het verleden geëutrofiëerd is geraakt door fosfaatrijk infiltratiewater uit de aangrenzende Oostduinen. Het toestromende grondwater bestaat ook nu nog voor een belangrijk deel uit oppervlaktewater dat in de aangrenzende Oostduinen wordt geïnfiltrerd. Vroeger was dit infiltrerende water fosfaatrijk, maar nu vindt voorzuivering plaats. Gecombineerd met een kalkrijke bodem, leken de milieuomstandigheden van de Meinderswaalvallei in 1989 zeer geschikt voor herstel van basenminnende duinvalleibegroeiingen.

Na plaggen in 1989 en 1991 keerden soorten van kalkrijke duinvalleien vrijwel meteen terug. Aanvankelijk vestigden deze soorten zich in het midden en hoogste deel van de gradiënt (fig. 1).

Vooral bovenaan de gradiënt domineerden de kalkminnende duinvalleivegetaties. Na plaggen van de bovenrand in 2001 verscheen hier ook veel Vleeskleurige orchis. Het kalkrijke milieu wordt nog eens versterkt door afzetting van kalk op het maaiveld als gevolg van sterke capillaire opstijging van grondwater in de zomer. Door deze goede buffering is de pH hoog (6-8). De soortenrijkdom liep langzaam terug.

Lager op de gradiënt namen soorten van voedselrijke moerassen, zoals Riet en Padderus (*Juncus subnodulosus*) vanaf het eerste begin sterk toe en kwamen soorten van ruigten, zoals Kruiwilg (*Salix repens*) weer terug. Dit lijkt een gevolg van vernatting te zijn, waardoor de inundatieduur toenam: kalkminnende duinvalleivegetaties kunnen daar slecht tegen en soorten van voedselrijke graslanden krijgen de overhand.

Ook hier nam de soortenrijkdom binnen tien jaar weer drastisch af en de kalkminnende soorten verdwenen weer. In het hoge en middele deel bleef het organisch stofgehalte laag. In het lage deel was ze aanvankelijk laag maar trad wel een stijging op; hier stapelde zich snel organische stof op en ontstond een voedselrijke vegetatie van Padderus en Riet met een vrij open structuur. De seizoensbeweiding die sinds eind jaren tachtig was hervat, houdt deze moerasvorming niet

tegen, omdat na inscharing rond mei/juni Riet niet meer aantrekkelijk is voor de Charolais-runderen. Om verruiging tegen te gaan heeft de beheerder in 2000 en 2003 delen van de vallei gehooit.

### Valleien langs de Moksloot op Texel

De valleien langs de Moksloot liggen in het zuidwestelijke duingebied van Texel, nabij Den Hoorn. Deze in hoofdzaak primaire valleien ontstonden in de 18e eeuw (Westhoff & van Oosten, 1991). Veel van de natuurwaarden zijn verdwenen toen in 1880 de Moksloot gegraven werd om de valleien te ontwateren voor landbouwdoeleinden. Naderhand trad extra verdroging op door kustafslag, verlaging van het polderpeil en grondwaterwinning. In 1993 werd de waterwinning in de Mokslootvallei gestopt en werd het gebied 'heringericht'. De maatregelen bestonden uit aanpassingen in de afvoer van de Moksloot, het gedeeltelijk afplaggen van 35 ha valleibodem in 1993 en het introduceren van (extensieve) begrazing met vee in 1995. Omdat de ontwikkeling van voedselarme moerassen en schraallanden niet gebaat is bij al te grote schommelingen in de waterstand worden sindsdien hoge afvoerpieken vanuit de Moksloot gereguleerd door een stuw. Enkele kleine valleien met hoge botanische natuurwaarden werden omrasterd om schade door betreding te voorkomen.

We verwachtten dat de valleien aan de voet van het Loodsmansduin zouden profiteren van een grotere instroom van grondwater als gevolg van het stopzetten van de waterwin-





**Foto 2.** Najaaraspect van een natuurlijke kalkrijke duinvallei met Parnassia (*Parnassia palustris*) op het Duitse eiland Borkum (foto: Ab Grootjans).

ning. Een sterke grondwatervoeding kan de opbouw van organische stof vertragen en daarmee de vegetatiesuccessie. We verwachten dan ook dat de grondwatergevoede valleien het 'beter zouden doen' wat betreft de ontwikkeling van Rode Lijstsoorten dan valleien die door oppervlaktewater werden gevoed.

We bespreken hier de vegetatie en bodemontwikkeling in twee valleien: een hoofdzakelijk door oppervlaktewater gevoede vallei (Grote Vlak) en een vooral door grondwater gevoede vallei (Kapevlak).

In beide valleien nam de soortenrijkdom het eerste jaar na plaggen toe (Grootjans et al., 2001). In de daarop volgende jaren nam de soortenrijkdom in het Grote Vlak enorm toe en die van het Kapevlak nam langzaam af (fig. 2). Vijf jaar na plaggen had het Grote Vlak niet alleen drie maal zoveel soorten, maar ook veel meer Rode Lijstsoorten. Dat waren echter niet de typische soorten van duinvalleien, maar waren zeldzame soorten uit allerlei milieus, zoals droge duinen, kwelders en ruigten. Verspreiding door wind, water en dieren is in de Mokslootvalleien kennelijk zeer effectief. Het Grote Vlak

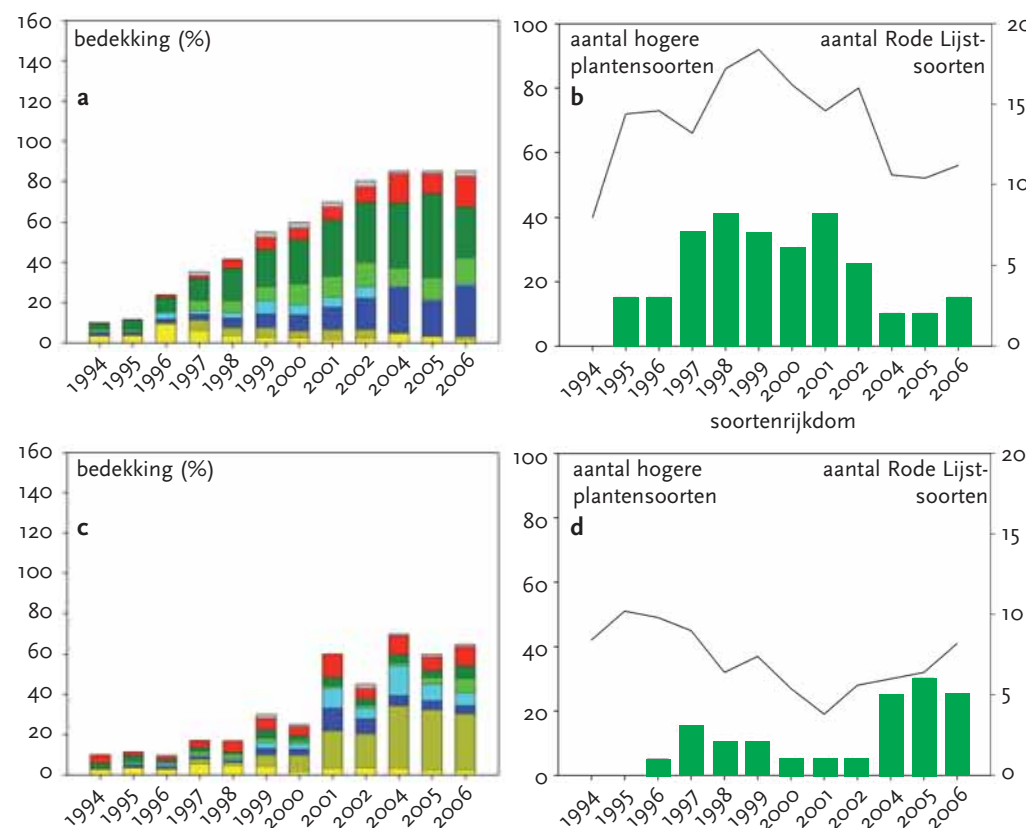
wordt jaarlijks door water uit de Moksloot overstroomd en dit komt ook in de vegetatieontwikkeling tot uitdrukking. Er zijn hier veel meer moerassoorten en soorten van voedselrijke graslanden dan bijvoorbeeld in het grondwatergevoede Kapevlak. De productie is ook veel hoger. Na een jaar of tien blijkt dan ook dat het plaggen in het Kapevlak duurzamer is geweest dan in het Grote Vlak. Er zijn meer typische duinvalleisoorten, meer Rode Lijstsoorten (Knobbies, Teer guichelheil (*Anagallis tenella*)) en de vegetatie is veel meer open.

De metingen van de pH en organische stof bevestigen dit beeld. De pH is in het Kapevlak in de loop der tijd flink gestegen en het gehalte aan organische stof is laag gebleven (fig. 3a). Die pH stijging wordt vrijwel zeker veroorzaakt door een toenemende voeding met baserijk grondwater vanuit het naastgelegen Loodsmansduin, nadat de grondwaterwinning daar is gestopt. In de door Mokslootwater beïnvloede valleien en ook in de door neerslagwater gevoede valleien neemt het percentage organische stof geleidelijk toe (fig. 3b) en als er niet zou worden begrast zouden veel valleien alweer sterk verruigd zijn geweest.

Het effect van begrazing door vee (seizoensbegrazing) is tussen 1998 en 2001 in twee valleien gemeten. Het bleek dat het vee ca 70 % van de biomassa had weggegrast. In de zure infiltratievallei had begrazing ook een duidelijk effect op de ontwikkeling van Riet. Er zijn echter ook negatieve effecten te melden van begrazing. In het Grote Vlak die niet in haar geheel is geplagd en waar veenresten zijn blijven liggen, leidt begrazing tot ernstige eutrofiëring van de geplagde delen en tot vestiging van ruigtesoorten.

Al met al is plaggen van de valleien rond de Moksloot heel succesvol geweest. In totaal vestigden zich in de geplagde delen 27 Rode Lijstsoorten, waarvan de helft in meer dan vijf valleien werd gevonden (Bruin, 2001). In tegenstelling tot veel herstelprojecten door middel van plaggen op het vasteland lijken zich bij het Mokslootproject nauwelijks verspreidingsproblemen te hebben voorgedaan.

**Fig. 2.** Vegetatieontwikkeling (ecologische soortsgroepen), verloop van de soortenrijkdom en het aantal Rode Lijstsoorten gemeten in permanente kwadraten (10 x 10 m) in twee valleien in het Mokslootgebied op Texel tussen 1995 en 2006. Fig. 2a en 2b geven de situatie weer in een vallei die vooral door overstromingswater uit de Moksloot wordt beïnvloed (Grote Vlak), terwijl fig. 2c en 2d de situatie weergeven in een vallei gevoed door kalkrijk grondwater (Kapevlak). Zie voor de legenda van de ecologische soortsgroepen fig. 1.



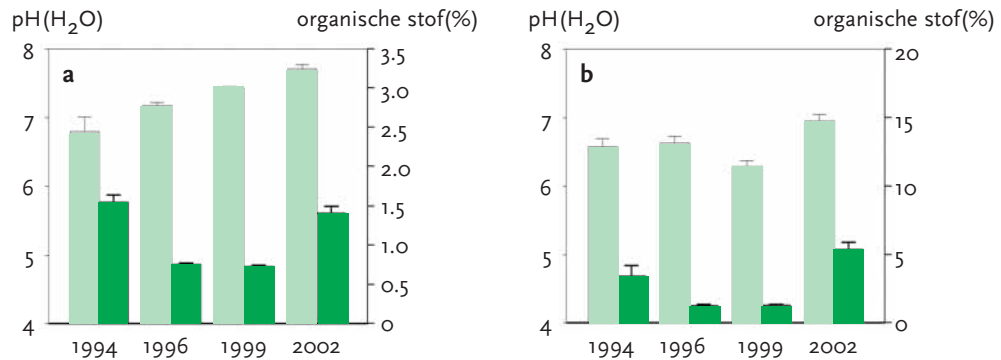
**De Koegelwiek op Terschelling**

De Koegelwiek is een grote secundaire vallei van bijna 100 jaar oud die onder zeer natte omstandigheden baserijk water uit de omgeving ontvangt. Door voornamelijk kustafslag en het planten van dennebossen op de infiltratiegebieden is de toevoer van grondwater veel minder geworden. De prachtige Knobbiesvegetaties die door Westhoff in 1937 nog waren beschreven (Westhoff & van Oos-

ten, 1991) waren in de jaren vijftig helemaal verdwenen. In 1956 werd een stukje van de Koegelwieck geplagd. De resultaten waren goed, zoals blijkt uit een foto in Westhoff & van Oosten (1991), maar het is onbekend hoelang dit stadium van Knopbies heeft standgehouden. In 1986 werden weer diverse stukken geplagd en ook hier verschenen binnen vijf jaar de Knopbiezen, samen met een gering aantal orchideeën. In 1990 werd opnieuw een groot stuk geplagd, of liever gezegd afgegraven tot een diepte van 15-20 cm. Dit werd gedaan om werkelijk alle organische stof te verwijderen. De dikte van de organische laag was na bijna een eeuw opgelopen tot meer dan 10 cm. Tenslotte werd in 1995 nog een stuk afgegraven. Plagstroken van verschillende leeftijd liggen nu naast elkaar, waarvan de vegetatie- en bodemontwikkeling zijn gevolgd tussen 1991 en 2006.

De plagstroken van 1986 ontwikkelden zich tot 1995 heel voorspoedig; daarna zette de teruggang in. Duinriet (*Calamagrostis epigejos*), Veenbes (*Oxycoccus macrocarpa*) en Kruiwilg (*Salix repens*) gingen domineren. De plagstrook van 1990 ontwikkelde zich aanvankelijk ook heel goed (fig. 4). Overal kiemden Knopbiezen en Noordse rus (*Juncus arcticus* subsp. *balticus*) de eerste Moeraswespensorchissen werden na een jaar of vijf gevonden. Rond het jaar 2000 zette ook hier een ontwikkeling naar veel nattere kleinezeggen- en Oeverkruidvegetaties in, met plaatselijk Riet.

In de plagproef van 1995 vestigden zich nauwelijks doelsoorten van kalkminnende duinvalleien en ook geen pioniers als Oeverkruid (*Littorella uniflora*). Aan het eind van de onderzoeksperiode, bleken de doelsoorten van kalkminnende duinvegetatie vrijwel overal te zijn verdwenen, als gevolg van de uitzonderlijk lange inundaties in de jaren 1995, 2001 en 2002. Er bleef welgeteld één Knopbiespol over in de plagstrook van 1990 (fig. 5), waar gelukkig wel veel Rode Lijstsoorten



**Fig. 3.** Ontwikkeling van de pH en het percentage organische stof in proefvlakken in twee valleien in het Mokslootgebied op Texel tussen 1995 en 2002. Fig. 3a geeft de situatie weer in een vallei gevoed door kalkrijk grondwater (Kapevlak), terwijl fig. 3b de situatie weergeeft in een vallei die vooral door overstromingswater uit de Moksloot wordt beïnvloed (Grote Vlak). Let op: verschillende schaal organische stof.

van zwak gebufferde pioniermilieus zich wisten te handhaven. Vooral Oeverkruid heeft zich daar sterk ontwikkeld. Na dertien jaar is de stapeling van organische stof nog steeds uiterst gering, terwijl de pH op een voldoende hoog niveau is gebleven (ongeveer 6,0 - 6,5).

In de plagstrook van 1986 neemt de stapeling van organische stof vrijwel rechtlijnig toe en daalt de pH sterk na een jaar of 10. Deze plagstrook was erg ondiep geplagd en er is toen een deel van de organische laag blijven liggen. Dat had wel een snel herstel van de Knopbiesbegroeiing tot gevolg, maar de vegetatieontwikkeling naar oudere en zuurdere stadia ging ook heel snel. Het is daarom gunstig dat de plagstrook van 1990 dieper is uitgegraven, omdat dit de successie vertraagt.

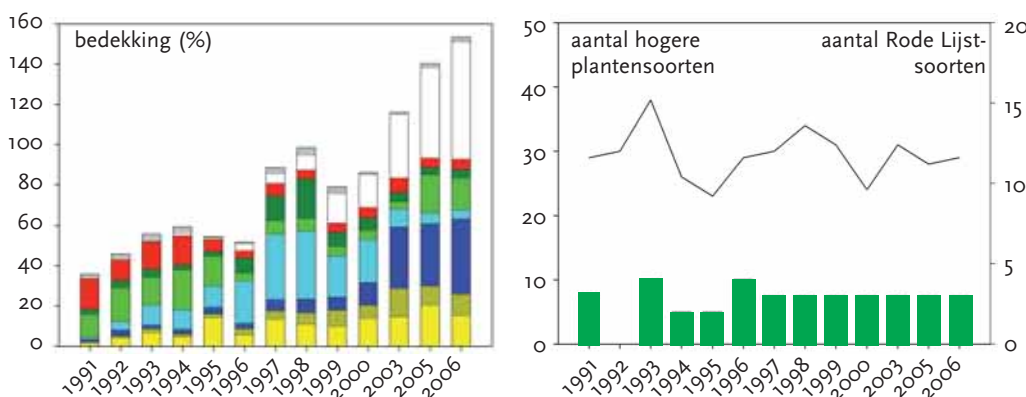
#### Waar wel en waar geen succes

Het succes van de door ons bestudeerde plagexperimenten is wisselend. In de Meinderswaalvallei ontwikkelde zich heel snel een Knopbiesvegetatie met veel orchideeën, maar alleen in het bovenste deel van de gradiënt. Lager ontwikkelde zich een eutroof moeras, wat we wel vaker zien bij herstelprojecten in andere waterleidingduinen. Het lijkt waar-

schijnlijk dat een te hoge fosfaatverzadiging van het duinzand waardoor het grondwater stroomt de vegetatieontwikkeling in de natste delen van de valleien nadelig beïnvloedt; een gevolg van de vroegere infiltratie van fosfaatrijk oppervlaktewater (Stuyfzand & Koerselman, 1995). Daarnaast kunnen kleiige strandafzettingen in het lagere deel van de vallei voor een vrij hoge nalevering van nutriënten zorgen.

Het meest succesvolle herstel van kalkminnende duinvalleivegetaties vond plaats in het Kapevlak in de Mokslootvallei. Door het stoppen van de winning werd hier de grondwater toevoer hersteld. De bodem was ook niet vervuild en de stapeling van organisch materiaal was zeer gering. Het duurde zeer lang voor er resultaten waren, maar na een jaar of tien, toen de meeste andere herstelprojecten al weer op hun retour waren, begon het Kapevlak zich goed te ontwikkelen. Dit geeft aan dat een adequaat herstel van de hydrologie van belang is en de beheerder uiteindelijk veel werk uit handen neemt.

Vestiging van doelsoorten is in de meeste van de besproken herstelprojecten zeer royaal opgetreden. Vrij kort na het plaggen verschenen in vrijwel alle besproken valleien soorten vanuit de omliggende vegetatie of de

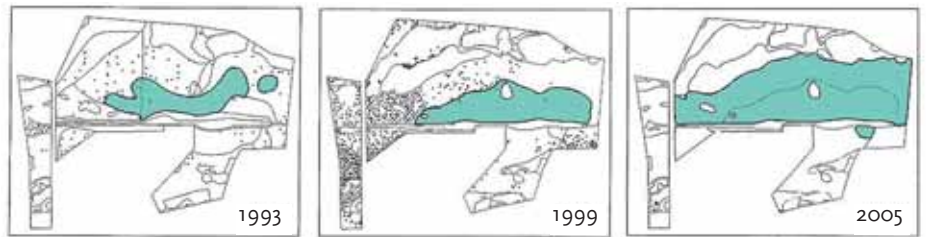


**Fig. 4.** Vegetatieontwikkeling (ecologische soortsgroepen), verloop van de soortenrijkdom en het aantal Rode Lijstsoorten gemeten in permanente kwadraten in een in 1990 geplagd deel van de Koegelwieckvallei op Terschelling tussen 1991 en 2006. Zie voor de legenda van de ecologische soortsgroepen fig. 1, p.78.

resterende zaadbank. Er verschenen op Texel zelfs soorten die vroeger nooit op het eiland werden gevonden. In de Koegelwieck van Terschelling was de vegetatie na het plaggen grotendeels een afspiegeling van de zaadbank van de niet-geplagde delen (Bekker et al., 1999). Vestiging van karakteristieke soorten van kalkrijke duinvalleien kwam langzaam of helemaal niet op gang. Knopbies, bijvoorbeeld lijkt zich vooral vanuit 'moederplanten' uit de onmiddellijke omgeving in de plagstroken te vestigen (Grootjans et al., 2004). Uit de ontwikkeling in de Mokslootvalleien blijkt tevens dat zaadtransport via het oppervlaktewater tijdens inundatieperiodes de vestiging van doelsoorten sterk bevordert. Echt mislukte projecten, zonder vestiging van doelsoorten traden in het verleden op door o.a. uitvoering van natuurontwikkelingsprojecten op plaatsen waar nooit doelvegetatietypen hebben gestaan (Grootjans et al., 2002).

**Conclusies en aanbevelingen**

Het langjarig volgen van de ontwikkelingen van (grote) herstelprojecten in het duingebied is een voorwaarde voor een adequate evaluatie van deze projecten. Een evaluatie na 3-5 jaar is bijna altijd positief wat betreft het verschijnen van bedreigde pioniersoorten, die er vroeger ook gestaan hebben, maar voor het beoordelen of het milieu ook voor latere waardevolle successiestadia geschikt is, is minimaal 10 jaar waarnemingen nodig. Wil men de overlevingsmogelijkheden van soorten van kalkrijke duinvalleien met behulp van plaggen in bestaande oude valleien vergroten, dan biedt plaggen op grotere schaal betere mogelijkheden dan kleinschalig plaggen. In de toekomst mag men bovendien verwachten dat de frequentie van extreem natte of extreem droge jaren zal toenemen. Om de effecten daarvan te kunnen opvangen, zal men de volledige gradiënt moeten plaggen, waarbij ook de hogere duinvalleideelten zo veel mogelijk moeten worden meegenomen. Knopbiesbegroeiingen hebben in de toekomst grotere uitwijkmogelijkheden nodig om extreem natte of droge jaren te overleven. Belangrijk is ook dat bestaande groeiocaties van doelsoorten bij het plaggen worden gespaard, omdat de meeste van deze soorten geen langlevende zaadbank hebben maar zich vanuit een bestaande vegetatie vestigen. Bij uitvoering van grootschalige projecten moet daarom niet alles in één keer geplagd worden, maar is het beter om het plaggen te spreiden over meerdere jaren, zodat oudere successiestadia blijven bestaan voor overle-



**Fig. 5.** Het voorkomen van Knopbies in het plagexperiment van 1990. Jonge Knopbiesplanten (zwarte stippen) komen in 1993 al veelvuldig voor. In 1999 kwam de soort op de hogere delen massaal voor, maar na langdurige inundaties in de natte zomers was er in 2005 nog maar 1 exemplaar in de plagproef in leven. Oeverkruid breidt zich gedurende de waarnemingsperiode sterk uit (■).

ving van relictpopulaties, zowel van planten als van dieren.

Maaien van verruigde vegetaties kan ook leiden tot herstel van duinvalleibegroeiingen, met name in de kalkrijke duinen (Grootjans et al., 2002) en kan ook als begeleidende beheermaatregel toegepast worden om een snelle verruiging te voorkomen (Meinderswaalvallei).

Begrazing heeft wisselend succes om verruiging in natte valleien tegen te gaan. De bedekking van bijvoorbeeld Riet wordt beperkt wanneer begrazing in het voorjaar plaatsvindt (Mokslootvalleien). In valleien met venige bodem leidt begrazing soms tot verruiging als gevolg van bodemvertrapping (Mokslootvalleien).

De mogelijkheden om verzuring tegen te gaan worden in veel oude valleien steeds minder. Door voortdurende inzijging en dus uitloging zet in veel oude valleien de verzuring door. Zelfs al zou de depositie van verzurende stoffen nog minder worden, dan houdt dat de verzuring niet tegen.

Ook worden de mogelijkheden om hydrologische systemen in de vastgelegde duinen te herstellen steeds moeilijker. In veel duingebieden is interne en externe ontwatering nog steeds een knelpunt (Aggenbach, 2006) en is het opheffen van deze verdroging noodzakelijk voor een verder herstel van valleien. Op de Waddeneilanden zorgen vooral de sterk beboste infiltratiegebieden ervoor dat de grondwatervoeding naar valleien sterk is verminderd. In de Hollandse duinen worden verschillende herstelprojecten gefrustreerd door nog steeds aanwezige hoge fosfaatbeschikbaarheid als gevolg van vroegere oppervlaktewaterinfiltratie. Een juiste faseering van herstelbeheer en aanpassingen van de waterwinning en waterhuishouding is hier belangrijk voor herstel van mesotrofe duinvalleivegetaties (Stuyfzand & Koerselman, 1995). Waarschijnlijk moet nog langdurig een verschralend beheer toegepast worden of moet men het plaggen van met name de lage valleibodems met enige regelmaat herhalen.

Het opnieuw laten verstuiwen van duingebieden is een effectief middel om de verzuring in oude valleien tegen te gaan. Zo werd de door grondwaterwinning veroorzaakte verzuring in de Hertenbosvallei op Schiermonnikoog effectief gestopt door inwaaien van kalkrijk zand uit een naastliggende zandverstuiving (Everts et al., 2000). Verder zou er veel meer geïnvesteerd moeten worden in nieuwvorming van duinvalleien door kustaan groei en uitstuiving van duinmassieven. Met name op de Waddeneilanden bestaan nog veel mogelijkheden om jonge basenminnende valleibegroeiingen te ontwikkelen door verstuiwingen op grote schaal weer een kans te geven. Zo kunnen kleinschalige valleicomplexen ontstaan aan de voet van grote zich ontwikkelende duinmassieven. Dit kan bijvoorbeeld in gang gezet worden door stuifdijken die nu alleen natuurgebieden beschermen tegen overstromingen van de zee, weer gedeeltelijk op te ruimen of in verstuiwing te brengen.

Plaggen en andere vormen van herstelbeheer zouden dus geïntegreerd moeten worden met een integrale landschapsontwikkeling op basis van natuurlijke processen, zoals duinvorming en een natuurlijke afwatering. Het stimuleren van dergelijke processen biedt veel kansen, vooral in gebieden waar een flexibele kustverdediging mogelijk is.

**Literatuur**

**Adema E.B., A.P. Grootjans, J. Petersen & J. Grijpstra, 2002.** Alternative stable states in a wet calcareous dune slack in The Netherlands. *Journal of Vegetation Science* 13: 107 – 114.  
**Aggenbach, C.J.S. (red.), 2006.** Knelpunten- en kansanalyse Natura 2000 gebieden. Versie juli 2006. Kiwa Water Research/ EGG-consult/ Unie van Bosgroepen, Nieuwegein.  
**Aggenbach, C.J.S. & A. Annema, 2005.** Einddoelen voor natuur in de Oost- en Middelduinen. KWR 04.082, Kiwa Water Research.  
**Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen, 2003.** OBN-Monitoring Middelduinen, Stroothuizen, Puntthuizen en Lemselermaten. Eindrapport monito-



ringperiode 1989-2003. KWR 02.103, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

**Bekker, R.M., E.J. Lammerts, A. Schutter & A.P.**

**Grootjans, 1999.** Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. *Journal of Vegetation Science* 10: 745 - 754.

**Bruin, C.J.W., 2001.** Natuurherstel in het Mok-slootgebied op Texel. *De Levende Natuur* 102 (3): 134 - 139.

**Everts, F.H. & A.P. Grootjans, 2000.** Monitoring anti-verdrogingsmaatregelen Schiermonnikoog 1993-1999. Eindrapportage. Rapport RUG, Groningen, Everts & de Vries e.a. ecologische advies & onderzoek, Groningen.

**Geelen, L.H.W.T., E.F.H. Cousin & C.F. Schoon, 1995.** Regeneration of dune slacks in the Amsterdam waterwork dunes. In: Healy, M.G. & J.P. Doody (eds.). *Directions in European coastal management*: 525 - 532, Samara Publishing Limited, Cardigan.

**Gemerden, H. van, 1993.** Microbial mats: a joint venture, *Mar. Geol.* 113: 3 - 25.

**Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom, 1995.** Kalkrijke duinvaleien op de Waddeneilanden. KNNV-uitgeverij, Utrecht.

**Grootjans, A.P., F.P. van den Ende & A.F. Walsweer, 1997.** The role of microbial mats during primary succession in calcareous dune slacks: an experimental approach. *Journal of Coastal Conservation* 3: 95 - 102.

**Grootjans, A.P., F.H. Everts, K. Bruin & L.F.M. Fresco, 2001.** Restoration of wet dune slacks on the Dutch Wadden Sea Islands: recolonization after large-scale sod cutting. *Restoration Ecology* 9: 137 - 146.

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

**Grootjans, A.P., E.B. Adema, R.M. Bekker & E.J. Lammerts, 2004.** Why coastal dune slacks sustain a high biodiversity. In: Martinez, M.L. & N.P. Psuty. *Coastal Dunes; Ecology and Conservation*. Ecological Studies 117: 85 - 101, Springer Verlag.

**Stuyfzand, P.J. & F.M.L. Moberts, 1987.** Hydrochemie en hydrologie van drie soorten (ver)nat duinterrein langs de Hollandse kust. Rapport SWE 86.006, Kiwa, Nieuwegein.

**Stuyfzand, P. & W. Koerselman, 1995.** Natuurherstel in infiltratiegebieden. Naar een strategie voor geëutrofeerde duinen. *Landschap* 12(5): 13 - 28.

**Westhoff, V. & M.F. van Oosten, 1991.** De Plantengroei van de Waddeneilanden. *Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV* nr 53.

**Zonneveld, L.M.L., 1993.** Duinvalei Gritjeplak per ongeluk verzuurd? *De Levende Natuur* 94 (5): 170-175.



**Foto 3.** Het resultaat van plaggen van een verzuurde duinvalei (Koegelwiek, Terschelling) na 13 jaar; een laagproductieve vegetatie van Oeverkruid (*Littorella uniflora*). Op de voorgrond een ijle begroeiing van Riet (*Phragmites australis*) die oprukt vanuit een oud slootje (foto: Ab Grootjans).

## Summary

### Restoration of dune slacks

During the last decades, dune wetlands (dune slacks) along the Dutch coast have shown a decrease in biodiversity, due to eutrophication, desiccation and in general a lack of natural dynamics of wind and water. We report on the results of three restoration projects where sod cutting has been applied in combination with hydrological measures aimed at restoring groundwater discharge in the wetlands. Two restoration projects were situated in the Dutch Wadden Sea islands (Texel and Terschelling) and one was situated in the mainland dunes of Goeree in the south of The Netherlands. The restoration process has been monitored for 10-16 years.

The most successful project was sod cutting of 35 ha of dune slack vegetation in the Moksloot area of Texel after stopping of the groundwater abstraction in 1993. Hydrological conditions in the slacks ranged from rainwater fed, groundwater fed and surface water fed. In the (isolated) groundwater fed slacks the accumulation of organic matter was very low, the pH was high and the pioneer stage with many rare species was maintained for at least 13 years. The accumulation of organic matter and the vegetation was more eutrophic in the slacks fed by surface water. The pioneer stage was very short, but the species richness was very high. After about ten years the biodiversity declined again and also the rare species disappeared. The rainwater fed slacks showed the same tendency.

In the Goeree project restoration started after the infiltration of polluted surface water, used for the production of drinking water, had stopped. At present the surface water used for the production of drinking water is purified. The soils of this part of the coast are very calcareous and the sod cutting almost immediately led to the restoration of typical dune slack vegetation, especially at the upper parts of the height gradient. Further down eutrophic marsh species, such as *Juncus subnodulosus* and *Phragmites australis* expanded again. Apparently much

phosphate is still present in the soil and the restoration process is influenced by too high concentrations of nutrients. After 10 years the species richness and typical dune slack species declined and mowing or renewed sod cutting is necessary.

Sod cutting on the island of Terschelling was less successful in a dune slack where hydrological conditions had changed due to planting pine trees in the infiltration areas and also due to retreat of the coast line. During the first 5-8 years removal of the top soil appeared quite successful, but after some 10 years all established target species disappeared again due to intensified summer precipitation. This example showed that restoration measures that were successful in the past may not be successful anymore when climate conditions change, in this case increased summer rains that flooded the slack almost every year.

Dr. A.P. Grootjans  
Community and Ecology Conservation Group  
Rijksuniversiteit Groningen  
Postbus 14, 9750 AA Haren  
e-mail: a.p.grootjans@rug.nl

Dr. F.H. Everts  
EGG consult everts & de vries  
Postbus 1537  
9701 BM Groningen  
e-mail: everts&devries@eggconsult.nl

Drs. C.J.S. Aggenbach  
Kiwa Water Research  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein  
e-mail: camielaggenbach@kiwa.nl

Dr. E.B. Adema  
Department of Innovation and Environmental Sciences  
Universiteit Utrecht  
Postbus 80115  
3508 TC Utrecht  
e-mail: e.adema@geo.uu.nl