

# **Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in natte duinvalleien in het Waddendistrict (Texel en Terschelling)**

A.P. Grootjans  
E.B. Adema  
F.H. Everts



landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit

© 2004 Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Rapport EC-LNV nr. 2004/279-O  
Ede, 2004

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Expertisecentrum LNV onder vermelding van code 2004/279-O en het aantal exemplaren.

Oplage 100 exemplaren

Samenstelling A.P. Grootjans, E.B. Adema, F.H. Everts

Druk Ministerie van LNV, directie IFA/Bedrijfsuitgeverij

Productie Expertisecentrum LNV

Bedrijfsvoering/Vormgeving en Presentatie

Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41

Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede

Telefoon : 0318 822500

Fax : 0318 822550

E-mail : Balie@minlnv.agro.nl

# Voorwoord

Dit voorliggende rapport geeft de resultaten van onderzoek dat in de periode 1991-2002 heeft plaats gevonden naar het herstel van duinvalleien in een aantal belangrijke reservaten in Nederland: de Moksloot op Texel en de Koegelwieck op Terschelling. Het onderzoek werd aangestuurd door het OBN-deskundigenteam "Natte Schraallanden" en ondersteund door het Expertisecentrum LNV en werd gefinancierd in het kader van Overlevingsplan Bos en Natuur.

Het onderzoek is er op gericht geweest de verdroging, en verzuring van de duinvalleien te herstellen door middel van lokale hydrologische herstelmaatregelen en het nemen van plagmaatregelen. De doelbiotopen waren basenrijke duinvalleivegetaties en basenhoudend tot basenrijk kleine zeggenmoeras. In de Moksloot is op grote schaal geplagd en zijn de waterstanden opgezet. Bovendien is in de onderzoeksperiode een drinkwaterwinning gestopt waardoor toestroom van basenrijk grondwater is vergroot. In de Koegelwieck zijn plagmaatregelen genomen in 1956, 1983, 1990 en 1995.

Het onderzoek kwam tot stand dankzij de medewerking van Alterra, Staatsbosbeheer, en de veldmedewerkers Gertrud Berg, Wout Bijkerk, Nico de Vries, Johan de Jong, Marlies Tolman, Mark Jongman, Dirk Pranger, Renée Bekker, Latzi Fresco, Evert Jan Lammerts, Marcel Sagel, Fransisca Sival, Adriaan van der Veen, Manon Wilmerink, Mariska Salomons, Johan Grijpstra, Nelly Eck, Bert Venema, en Willem van Hal.

Dit eindrapport bevat naast de resultaten van het onderzoek ook de consequenties voor de praktijk van het terreinbeheer.

Ir. H. de Wilde  
Waarnemend Directeur Expertisecentrum LNV



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1	Algemeen	9
1.2	Onderzoeksopzet	9
1.3	Vegetatie	11
1.3.1	Mokslootvalleien (Texel)	11
1.3.2	Koegelwieck (Terschelling)	11
1.4	Bodembemonstering	11
1.4.1	Mokslootvalleien (Texel)	11
1.4.2	Koegelwieck (Terschelling)	11
<b>2</b>	<b>Systeembeschrijving</b>	<b>13</b>
2.1	De Valleien langs de Moksloot	13
2.1.1	Algemeen	13
2.1.2	Maatregelen	14
2.2	De Koegelwieck	16
2.2.1	Algemeen	16
2.2.2	Maatregelen	17
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>19</b>
3.1	De Valleien langs de Moksloot	19
3.1.1	Bodem	19
3.1.2	Vegetatie	21
3.2	De Koegelwieck (Terschelling)	35
3.2.1	Bodem	35
3.2.2	Vegetatie	39
<b>4</b>	<b>Evaluatie van de maatregelen</b>	<b>47</b>
4.1	De valleien langs de Moksloot	47
4.2	De Koegelwieck	48
4.3	Perspectieven voor plaggen van natte duinvalleien	50



# Samenvatting

In opdracht van het Expertisecentrum van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (ECLNV) zijn diverse monitoronderzoeken opgezet in Noord-Nederland in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN). Het onderhavige onderzoek werd uitgevoerd in de periode 1991-2002, waarvan drie eerdere tussentijdse rapportages zijn verschenen in 1994, 1997, 1999. Het voorliggende rapport doet verslag van de laatste periode 2000-2002 voor de duinvalleireservaten de *Moksloot* op Texel en de *Koegelwieck* op Terschelling.

De herstelmaatregelen in de valleien rond de *Moksloot* zijn over het algemeen zeer succesvol geweest. In totaal vestigden zich in de geplagde delen 27 Rode Lijstsoorten. Het op grote schaal verwijderen van de toplaag zoals toegepast in de *Moksloot* heeft in 1994 de zaadbank grotendeels verwijderd. Ondanks dat vestigden zich direct na het plaggen grote aantallen soorten. De soortenrijkdom in de geplagde kwadraten was aanvankelijk hoger dan in de niet geplagde delen. De omstandigheden na plaggen waren dus geschikt geworden voor vestiging van zeer veel soorten van uiteenlopende milieuomstandigheden. Deze soorten waren in de onmiddellijke omgeving aanwezig en werden blijkbaar goed verspreid. Het meest soortenrijke kwadraat wordt regelmatig overstroomd, en ligt dicht bij een zeer soortenrijke moerasvegetatie. Van bronpopulaties geïsoleerde kwadraten starten in 1994 met een lagere soortenrijkdom, maar in de jaren daarna stijgt het aantal soorten bijna lineair. De soortenrijkdom neemt in vrijwel alle valleien na 1998/1999 weer af. In geïsoleerde valleien, soms zelfs sterk. Vooral de soorten verdwijnen die niet aan het duinvalleimilieu zijn aangepast. In de met oppervlaktewater overstroomde niet geïsoleerde valleien blijft de soortenrijkdom vrij hoog.

Uit regelmatige metingen van de bodem-pH komt naar voren dat deze in verschillende valleien toeneemt. Dit wordt wellicht veroorzaakt door een toenemende voeding met basenrijk grondwater vanuit het Loodsmansduin, nadat de grondwaterwinning aldaar gestopt is.

Uit het onderzoek komt ook naar voren dat zowel begrazing door konijnen als door vee belangrijk is. In niet door vee begraasde delen werd in het begin van de successie ongeveer 50% van de bovengrondse biomassa door konijnen weggevreten. In begraasde delen werd aan het eind van de onderzoeksperiode ca. 70% van de biomassa weggevreten door vee.

Het plaggen van de *Koegelwieck* is in het begin van de onderzoeksperiode in sommige plagproeven vrij succesvol geweest voor de ontwikkeling van Knopbies- en andere basenminnende (pionier)vegetaties. Aan het eind van de onderzoeksperiode, bleken de doelsoorten van kalkminnende duinvegetaties echter nagenoeg overal te zijn verdwenen, als gevolg van de uitzonderlijk langdurige inundaties in de jaren 2001 en 2002.

In de plagproef van 1990 hebben de basenminnende soorten sterk te lijden gehad van de langdurige inundaties van 1995, 2001 en 2002. Slechts Rode Lijstsoorten van zwak gebufferde pioniermilieus hebben zich daarvan hersteld of hebben ervan geprofiteerd. Vooral Oeverkruid heeft zich de laatste jaren heel sterk ontwikkeld. De vegetatie die zich in 1991 in deze plagproef ontwikkelde, is grotendeels een afspiegeling van de zaadbank in de niet geplagde delen. De meeste basenminnende Rode Lijstsoorten hebben een kortlevende zaadbank en moesten zich vanuit

moederplanten uit de onmiddellijke omgeving van de plagproef vestigen. Deze soorten verschijnen later, en in geringe aantallen, en zijn later door de langdurige inundaties ook weer allemaal verdwenen.

Er wordt beargumenteerd dat de huidige hydrologie van de Koegelwieck niet meer optimaal is, bijv. door kustafslag drainage in de omgeving, en een duurzame ontwikkeling van basenrijke duinvalleivegetaties van het Knopbiesverbond in de vallei uitsluit. Alleen diep plaggen kan onder de huidige omstandigheden wel een optie zijn, ondiep plaggen niet .

De overlevingsmogelijkheden van soorten van kalkrijke duinvalleien zijn meer gebaat bij grootschalig dan bij kleinschalig plaggen. Kleinschalig plaggen, mits op plekken waar tot voor kort de soorten nog voorkwamen, kan een relatief kortstondig positief effect opleveren. In de toekomst mag men echter verwachten dat de frequentie van extreem natte of extreem droge jaren zal toenemen. Deze kunnen de ontwikkeling van stabiele populaties in ernstige mate frustreren. Om de effecten daarvan ruimtelijk te kunnen opvangen, zal men veel grootschaliger moeten plaggen, waarbij ook de hogere duinvalleigedeelten zo veel mogelijk zouden moeten worden meegenomen. In tijden van hoge grondwaterstanden bieden zij tijdelijk refugie voor Rode lijstsoorten. Ook de mogelijkheden om verzuring tegen te gaan wordt in veel valleien steeds moeilijker. Door ouderdom en dus ontkalking, neemt de verzuring jaar na jaar toe. Zelfs al zou de depositie van verzurende stoffen snel minder worden, dan houdt die de verzuring niet tegen. Het opnieuw laten verstuiven van duingebieden rond nieuwe natuurontwikkelingsgebieden, is wel een mogelijk effectief middel om de verzuring in oude valleien tegen te gaan.

Grootschalig plaggen zou geïntegreerd moeten worden met een nieuwe landschapsontwikkeling op basis van natuurlijke processen, zoals duinvorming en een natuurlijke afwatering in het duingebied. Het stimuleren van dergelijke processen biedt, met name in gebieden waar een flexibele kunstdefensie wordt toegestaan, veel kansen voor de spontane ontwikkeling van bedreigde pioniervegetaties.

werkte document van je publicatie in begin hier met het typen van je publicatie.



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In opdracht van het Expertisecentrum van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (ECLNV) hebben het Laboratorium voor Plantenecologie (tegenwoordig Community and Conservation Ecology Group) te Haren en het Ecologisch Advies- en Onderzoeksbureau EGG consult Everts & De Vries te Groningen diverse monitoronderzoeken opgezet in Noord-Nederland in het kader van de effectgerichte maatregelen tegen verzuring (EGM), later voortgezet als Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN). Het onderzoek werd uitgevoerd in de periode 1991-2002 (Grootjans e.a. 1994, 1997, 2000). Het voorliggende rapport doet verslag over een vervolgonderzoek in de jaren 2000, 2001 en 2002/2003. Het betreft de volgende 2 gebieden:

De valleien langs de Moksloot op Texel (1994-2002)  
De Koegelwieck op Terschelling bij Hoorn (1991-2003)

De effecten van de maatregelen zijn ingeschat door middel van een vergelijkend onderzoek naar de effecten van hydrologische maatregelen in geplagde en ongeplagde terreingedeelten aangevuld met tijdreeksen en onderzoeken in goed ontwikkelde referentiegebieden. Onderzochte aspecten zijn: ontwikkeling van de vegetatie, bodemchemie, het hydrologisch functioneren, in de Koegelwieck ook: ontwikkeling van de zaadbank in de bodem.

## 1.2 Onderzoekopzet

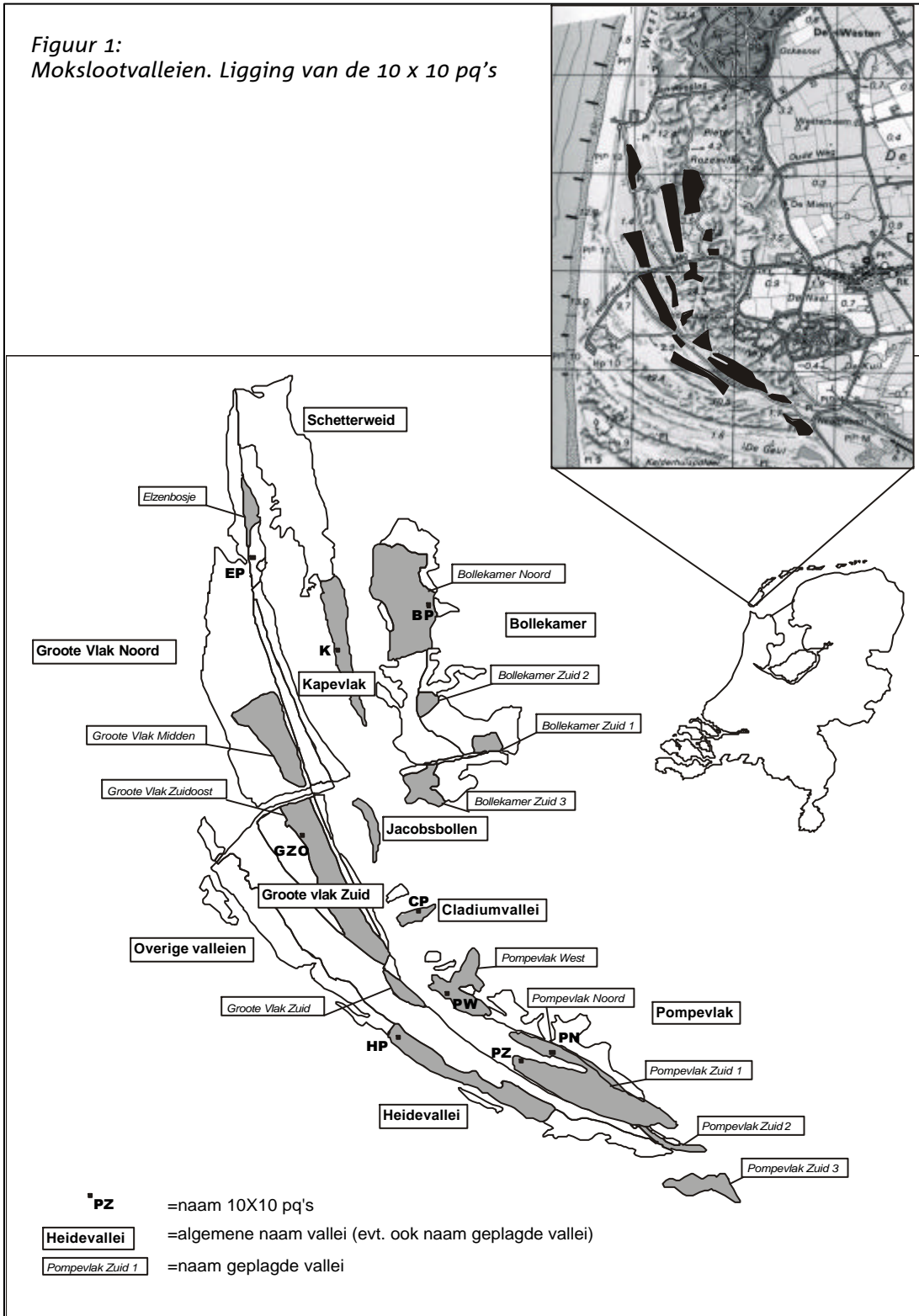
De opzet van de monitoronderzoeken is conform de aanbevelingen van het deskundigenteam (Jansen, 1990). De volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

- De uitgangssituatie is vastgelegd.
- Er is een systeem van permanente kwadraten (PQ's) uitgezet waarin jaarlijks de vegetatiesamenstelling werd beschreven.
- In de meeste gebieden werden om de 3 jaar herhalingskarteringen van vegetatiepatronen uitgevoerd.
- Jaarlijks werden ook karteringen van indicatorsoorten uitgevoerd.
- Er werden peilbuizen bij de PQ's geïnstalleerd. De standen werden in de Koegelwieck tot 1999 twee keer per maand gemeten rond het begin en midden van de maand (dit werd uitgevoerd door SBB).
- Tussen 1991-1994 werd de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater bepaald.
- In alle gebieden werd 3 keer bodemfactoren geanalyseerd (1991, 1997 en 2003).

Op dit algemene stramien zijn al na gelang de plaatselijke omstandigheden en in overleg met leden van het deskundigenteam, soms enkele wijzigingen aangebracht.

Het huidige rapport doet verslag van een meer extensieve monitoring van 2000-2002, waarin slechts de permanente kwadranten zijn beschreven en pH en organische stof gehaltes van de bodem zijn bepaald.

**Figuur 1:**  
Mokslootvalleien. Ligging van de 10 x 10 pq's



## 1.3 Vegetatie

In de periode 1991-1999 zijn voor het monitoren van de vegetatie in de plagproeven naast het opnemen van permanente kwadraten ook karteringen van de vegetatie en van indicatieve plantensoorten uitgevoerd. In periode 2000-2002 zijn slechts de permanente kwadraten opgenomen, waarover hierbij verslag wordt gedaan.

### 1.3.1 Mokslootvalleien (Texel)

In de Moksloot valleien (Fig. 1) zijn in 1994 een 15-tal permanente proefvlakken van grotere afmetingen ingericht. Deze PQ's hebben afmetingen van 10x10 m. Het gaat om 5 proefvlakken in ongeplagde gedeelten en 9 in geplagde valleien. Sinds 1996 zijn 7 PQ's in geplagde valleien geselecteerd voor verdere monitoring. In deze proefvlakken worden zowel de vegetatie als ook de ontwikkeling van de zuurgraad en de stapeling van organische stof onderzocht.

### 1.3.2 Koegelwieck (Terschelling)

In de Koegelwieck (Fig. 3) zijn in alle plagstadia kleine permanente kwadraten (2 x 2 m) uitgezet door Evert Jan Lammerts in 1990, in het kader van zijn promotieonderzoek (zie Lammerts 1999). In 1995 zijn nieuwe permanente kwadraten uitgezet in een in dat jaar uitgevoerde nieuwe plagproef.

## 1.4 Bodembemonstering

### 1.4.1 Mokslootvalleien (Texel)

De bemonstering 7 proefvlakken in geplagde delen van de Mokslootvalleien werd in Mei 1994, Mei 1997 en Mei 2002 uitgevoerd. Hierbij werden in alle proefvlakken van 10x10m 25 bodemmonsters genomen (zie Berg & Sagel, 1995). De monsters werden door het Laboratorium voor Plantenecologie geanalyseerd op organische stofgehalte, bulk density en pH.

### 1.4.2 Koegelwieck (Terschelling)

Voor de Koegelwieck werden de metingen van 1996 vergeleken met gegevens van Berendse e.a. (1998), die in 1991 eveneens in alle plagstadia metingen aan organische stof en bulk density heeft verricht. Onze eigen gegevens van 1991 vertoonden een veel te grote spreiding in bulk density om een betrouwbare schatting te maken van de hoeveelheid organische stof. De bodembemonstering vond verder plaats in Augustus 1994, 1997, en in Mei 2003.



## 2 Systeembeschrijving

### 2.1 De Valleien langs de Moksloot

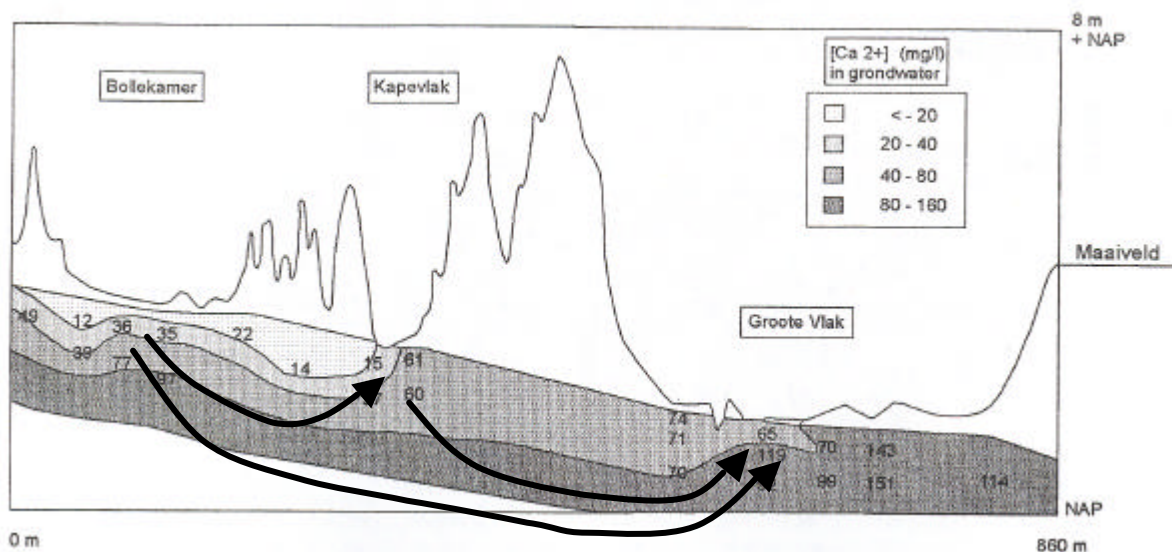
#### 2.1.1 Algemeen

De valleien langs de Moksloot liggen in het zuidwestelijk duingebied van Texel, nabij Den Hoorn. In feite is het een complex van enkele grote en kleinere primaire valleien (figuur 1). Deze valleien zijn veelal in de 18<sup>e</sup> eeuw gevormd, toen Texel zich hier zeewaarts uitbreidde (Westhoff & van Oosten, 1991; Hartog e.a. 1991). Er ontstond een zeer rijke vegetatie die in feite een combinatie was van duinvalleivegetatie en laagveen (Westhoff & van Oosten 1991). Ook kwamen er drijftillen voor (door de Texelaars Bollen genoemd), waarop moerasplanten groeiden (Holkema 1870). Deze voor Nederland unieke vegetatie verdween echter grotendeels toen in 1880 de Moksloot gegraven werd teneinde de vallei te ontwateren voor landbouwdoeleinden. De Moksloot werd op een gegeven moment afgedamd toen de verdroging te ver doorzette. Andere factoren die de verdroging sindsdien hebben versterkt zijn (i) de kustafslag in het Noordwesten (sinds 1950 met ca. 10 m per jaar), (ii) verlaging van het polderpeil en (iii) de grondwaterwinning die vanaf 1956 de groeiende toeristenstroom van drinkwater voorzag. Later werd een waterleiding vanaf het vasteland aangelegd en in 1991 werd de grondwaterwinning in het Groote Vlak gestopt.

De hydrologie van de drie valleien in de hoofdtraai (Bollekamer, Kapevlak en Groote Vlak) verschilt sterk. Het Groote Vlak is de meest voedselrijke vallei, met een pH (6-7). De Bollekamer is de meest zure vallei (pH 5-6). Het Kapevlak neemt een intermediaire positie in.

Deze verschillen in zuurgraad van de toplaag worden door de hydrologie bepaald; de bodem is overal tot een diepte van meer dan 120 cm ontkalkt. Alleen de duinenrij in de zeereep is weinig ontkalkt.

De mineralenrijkdom van het grondwater was in 1994 het hoogst in het Groote Vlak. De belangrijkste ionen hier zijn calcium, natrium en chloride. Uit de wateranalyses blijkt dat de Bollekamer grotendeels een infiltratiegebied is, met calcium- en chloriderijk water in de ondergrond (Fig. 2). Het Kapevlak ontvangt calciumrijk grondwater uit de Bollekamer en uit de duinenrij tussen beide valleien. Dit kalkrijke water infiltreert weer en treedt uit in het noordoostelijke deel van het Groote Vlak. Deze laatste vallei wordt voornamelijk gevoed door basenrijk en chloriderijk grondwater, vermoedelijk afkomstig uit een brakwaterzone vlak langs de kust. Het zuidwestelijk deel van het Groote vlak is weer een infiltratiegebied, zoals blijkt uit het grondwaterstandverloop (Berg & Sagel 1995).



Figuur 2 Hydrologisch systeem van de Moksloot. Het stromingspatroon van het grondwater is afgeleid uit calcium concentraties in het bodemprofiel.

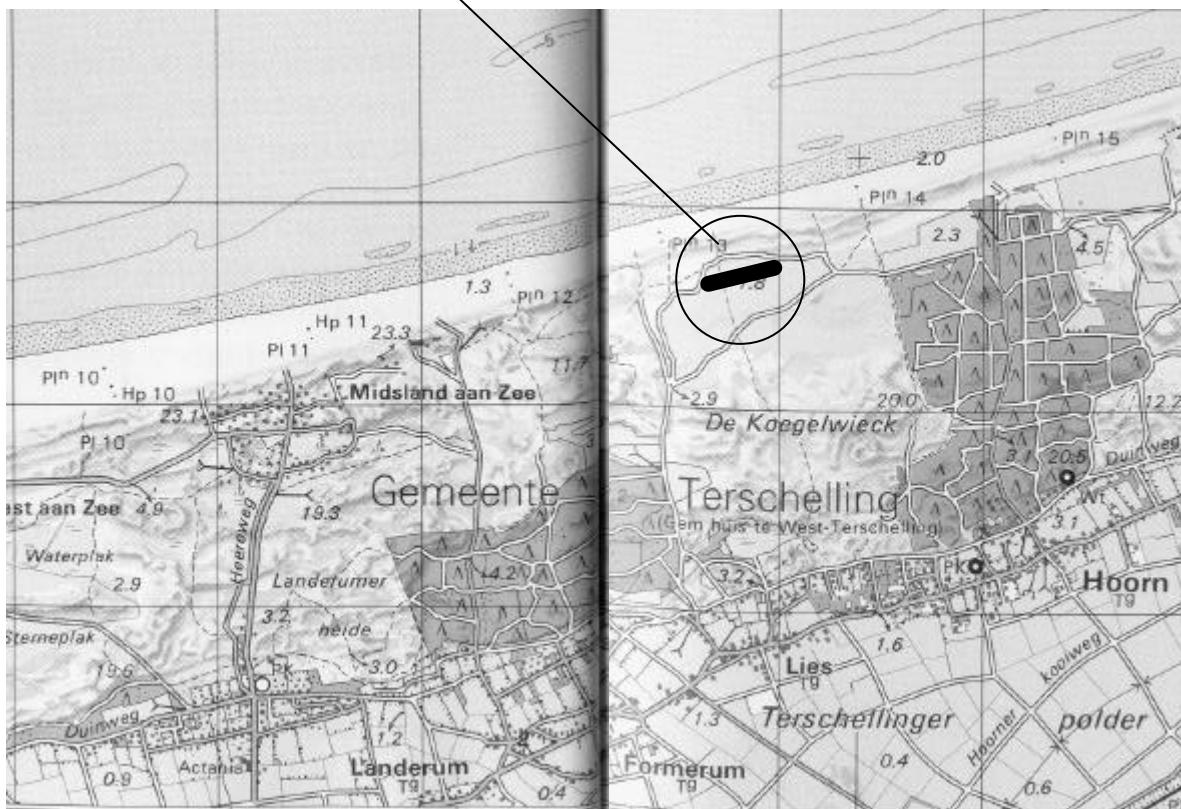
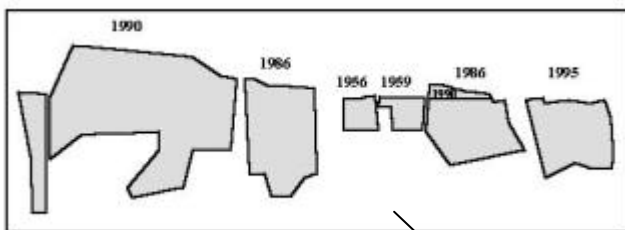
Dit beeld geeft dus aan dat de Bollekamer maar ook de Heidevallei als infiltratiezone fungeren. Ze zijn nat en zuur, waarbij de Heidevallei een nog zuurder karakter heeft dan de Bollekamer. Het Kapevlak fungeert in dit systeem als doorstroomvallei waar aan de oostzijde grondwater uittreedt en aan de westkant weer infiltreert. Ook de Cladiumvallei is een doorstroomvallei. Beide valleien zijn door de bijzonder hydrologie basenrijk en voedselarm. Het Groote vlak en Pompevlak vormen zijn de laatste vallei waarin het grondwater uiteindelijk opkwelt en vervolgens afstroomt richting zee. Deze valleien hebben een basenrijk en in het algemeen voedselrijk karakter.

### 2.1.2 Maatregelen

Na het stopzetten van de waterwinning werd het gebied 'heringericht'. De maatregelen bestonden uit: aanpassingen in de afvoer van de Moksloot, het gedeeltelijk afplaggen van valleien, en het introduceren van (extensieve) begrazing met vee (Van der Spek 1995). Met het plaggen werd in het najaar van 1993 begonnen. Ruim 35 ha. werd van de toplaag ontdaan om een voedselarm uitgangspunt voor de regeneratie te creëren. Het betreft hier delen van het Groote Vlak, het zuidelijke deel van het Kapevlak, de Bollekamer, vrijwel het gehele Pompevlak en delen van enkele kleine nevenvalleities (Berg & Sagel 1995). In het Groote Vlak en Pompevlak is een groot deel van het veen of organisch materiaal niet afgegraven.

Omdat de ontwikkeling van voedselarme moerassen en schraallanden niet gebaat is met al te grote schommelingen in de waterstand worden hoge afvoerpieken momenteel gereguleerd door een stuw. Tevens is een nieuwe afvoer naar de Mokbaai gerealiseerd. In 1995 werd gestart met extensieve begrazing door Schotse hooglanders en Exmar ponies. Enkele kleine valleien met hoge botanische natuurwaarden werden omrasterd om schade door betreding te voorkomen.

**Figuur 3**  
 Ligging plagproeven De Koegelwieck  
 met plagjaren



## 2.2 De Koegelwieck

### 2.2.1 Algemeen

De Koegelwieck, gelegen ten noorden van Lies, is de grootste secundaire vallei van Terschelling. De vallei ligt in een soort delta tussen twee duinmassieven; het ene ten noorden van Formerum, het andere ten noorden van Hoorn. In het begin van deze eeuw was de vallei vermoedelijk veel natter dan nu. Westhoff & Van Oosten (1991) verhalen, op basis van het werk van Van Dieren (1934), dat men rond 1910 van Lies naar Oosterend kon schaatsen. De waterstanden in en rond de Koegelwieck zijn echter al in de jaren twintig verlaagd door het graven van sloten ten behoeve van de landbouw. Ten oosten en ten zuiden (o.a. Liesingerplak) van de Koegelwieck werden soortenrijke duinvalleien omgezet in grasland. In het noordelijke deel van de Koegelwieck ligt nog steeds een slootje, dat nu echter geen water meer afvoert (Fig 4). Tussen 1928 en nu is de verdrogende invloed van de kustafslag belangrijker geworden. Volgens Bakker e.a.(1979) is de duinvoet de laatste 60 jaar ter hoogte van de Koegelwieck ongeveer 150 meter teruggeweken, hetgeen een verlaging van de grondwaterstand heeft opgeleverd van naar schatting 50 à 60 cm. De opbolling van de waterspiegel in dit deel van het eiland is momenteel gering; 50-100 cm (Bakker e.a. 1979). De aanvoer van grondwater naar de Koegelwieck functioneert tegenwoordig vermoedelijk alléén in zeer natte perioden. Het lage deel van de Koegelwieck (ter hoogte van de plagproef 1990) gedraagt zich dan als een kwelvallei, waarbij basenrijk grondwater in een deel van de vallei opwelt, om vervolgens in het meest noordelijke deel weer te infiltreren (Fig. 4).

De bodem van het noordelijkste deel van de Koegelwieck is tot een diepte van ca. 150 cm beneden het maaiveld geheel ontkalkt. Slechts in het oostelijke deel wordt tot hoog in het profiel vrije kalk aangetroffen (rond de 0,3% CaCO<sub>3</sub>). Toch worden in de toplaag van de recente plagproeven (1990 en 1986) relatief hoge pH's gemeten. De oudere stadia zijn sterk verzuurd.

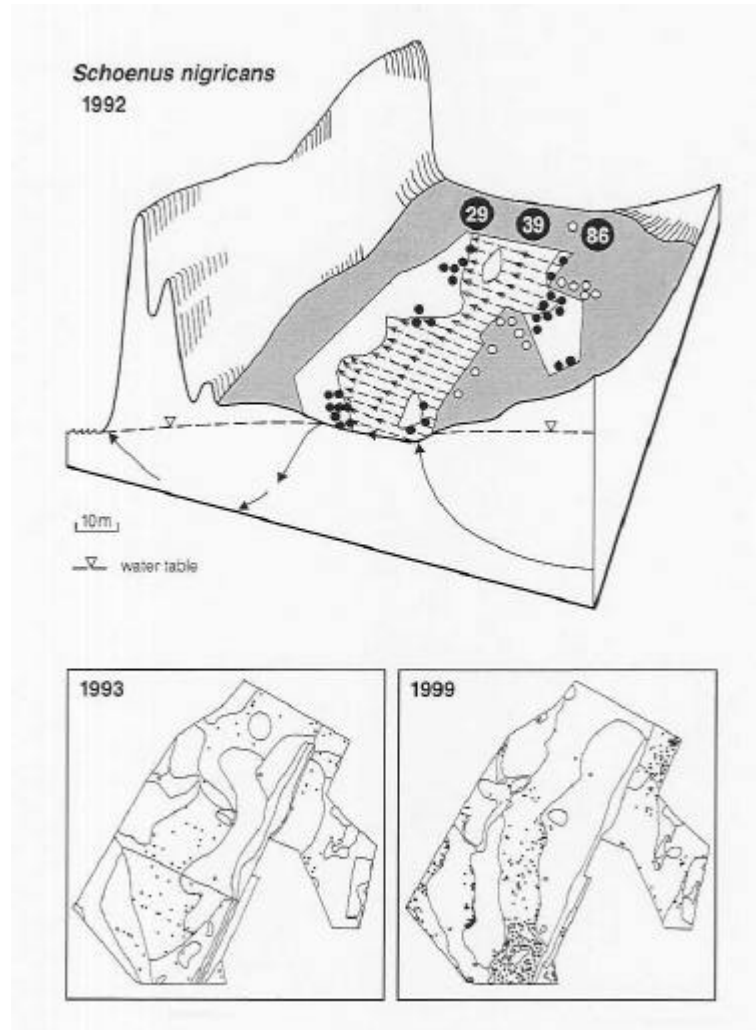
Volgens van Dieren (1934) is de Koegelwieck uitgestoven tussen de jaren 1825 en 1885. Westhoff & Van Oosten melden dat uit overlevering bekend is dat Strandduizendguldenkruid, lokaal bekend als 'Centaurik' (*Centaurium littorale*), hier in de jaren twintig massaal voorkwam. Westhoff (1947) gaat ervan uit dat de vallei tussen 1910 en 1916 begroeid moet zijn geraakt. Het niet geplagde stadium is dus in 2003 ca. 90 jaar oud. In 1937, toen Westhoff zijn onderzoek op Terschelling begon, was van deze pioniergemeenschap niets meer over, maar in het noordelijke deel van de Koegelwieck was een uitgestrekte en fraai ontwikkelde Knopbiesgemeenschap aanwezig, die rijk was aan thalleuze levermossen. De vallei was hier toen dus ca. 20 jaar begroeid en het stadium van de Knopbies gemeenschap met levermossen was waarschijnlijk ongeveer 10 jaar oud. In het zuiden was de begroeiing verder ontwikkeld tot een Wintergroen-Kruipwilheide. In 1948 bestond de Knopbiesvegetatie aan de noordkant nog steeds, zij het zonder levermossen en vrijwel zonder orchideeën (Morzer Bruijns 1951; zie ook Aggenbach & Jalink 2001.)

Opgemerkt werd dat 'de Moeraswespenorchis-planten die er stonden klein en onaanzienlijk waren en in vele gevallen ook niet bloeiden'. Wilg en Duinriet bepaalden vrijwel overal het aspect. De Knopbiesvegetatie was hier duidelijk op haar retour en zou eigenlijk tot de gemeenschap van Duinriet en Addertong gerekend moeten worden. Het door Westhoff gesignaleerde Schoenetum met thalleuze levermossen was dus niet veel ouder geworden dan ca 20 jaar. Deze leeftijd van basenminnende soorten kan nog verlengd zijn geweest door het regelmatig optreden van overstuivingen in de vallei. Er werden in 1948 namelijk enige centimeters dikke zandlaagjes op een organische ondergrond aangetroffen. Knopbies kan zich dus verjongd hebben tussen 1937 en 1948, maar aanwijzingen daarvoor hebben we niet.



### 2.2.2 Maatregelen

Rond 1955 was er van het Knopbiesveld niets meer over. Daarom werd in 1956 een plagproef uitgevoerd om het Schoenetum te regenereren. De resultaten waren zo goed, dat in 1959 nog een stuk werd geplagd. In 1986 werden wat grotere stukken geplagd. Binnen vijf jaren had zich weer een Knopbiesvegetatie ontwikkeld, met hier en daar weer orchideeën, maar zonder levermossen. De plagproef van 1990 heeft de grootste oppervlakte, en het maaiveld werd er meerdere decimeters omlaag gebracht om geen organische resten achter te laten. Tenslotte is in 1994 aan de oostkant van de plagproef van 1986 nog geplagd.



*Figuur 4: Hydrologisch systeem van de Koegelwieck en het voorkomen van Knopbies, twee jaar na plagen in de 1990 plagproef. De getallen in de Zwarte cirkels geven het calcium-gehalte van het oppervlaktewater weer. Hieruit blijkt dat kalkrijkgrondwater aan de zuidzijde opkwelt, om daarna verdunt te worden met neerslagwater. Aan de Noordzijde infiltreert het water weer. Het lijkt erop dat de verspreiding van jonge Knopbiesplanten vooral geschiedt door stomend oppervlaktewater vanuit de overgebleven volwassen planten aan de zuidzijde, waar de vegetatie niet is geplagd. Het voorkomen van Knopbies in 1993 en 1999 is eveneens aangegeven (uit: Grootjans e.a. 2004). In 2003 waren als gevolg van de langdurige inundaties van 2001 en 2002 alle Knopbiespollen weer verdwenen.*



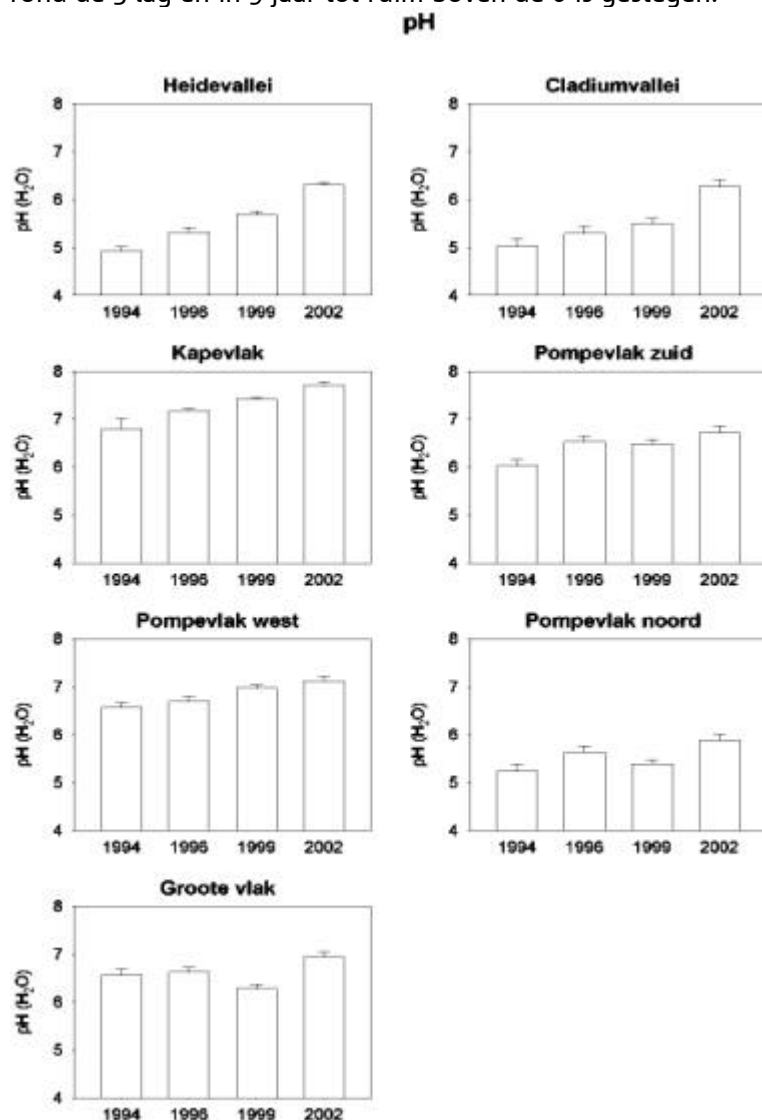
## 3 Resultaten

### 3.1 De Valleien langs de Moksloot

#### 3.1.1 Bodem

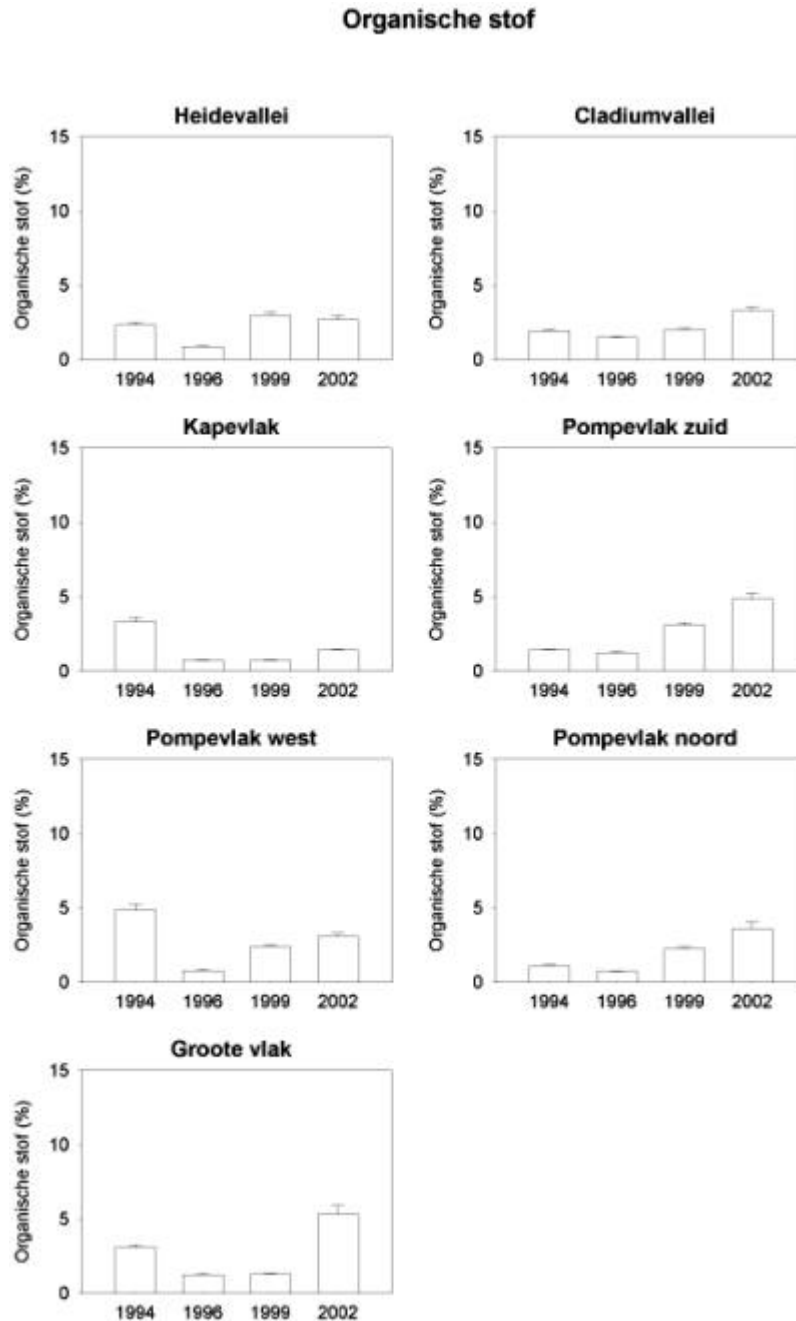
##### pH

De pH is tussen 1994 en 2002 in alle valleien gestegen (Fig. 5). De stijging was het sterkst in de zure valleien (Heidevallei en Cladium-vallei) waar de pH aanvankelijk rond de 5 lag en in 9 jaar tot ruim boven de 6 is gestegen.



Figuur 5 Ontwikkeling van de pH sinds 1994 in 7 geplagde duinvalleien rondom de Moksloot Texel (1994-2003).

De met oppervlaktewater uit de Moksloot beïnvloede valleien (Pompevlak-Zuid, Pompevlak-Noord en Grote Vlak) hadden in 1994 al een vrij hoge pH (> 6), maar ook daar vond nog een geringe stijging van de pH plaats. Pompevlak-Noord neemt een tussenpositie in tussen de zure en de beter gebufferde valleien. De veranderingen zijn hier relatief gering.



*Figuur 6. Ontwikkeling van het percentage organische stof in 7 geplagde duinvalleien rondom de Moksloot Texel (1994-2002).*

De grondwater gevoede vallei Kapevlak was in 1994 de meest basenrijke vallei, maar ook hier vond nog een significante stijging plaats. Het lijkt weinig twijfel dat in vrijwel alle valleien een toenemende invloed van basenrijk grondwater is waar te nemen, na het stopzetten van de grondwaterwinning. Opmerkelijk is dat de zure Heidevallei in de loop van de tijd ook meer door grondwater wordt beïnvloed.

### **Organische stof**

In 1994 is in alle valleien 2-5% organische stof achtergebleven na het plaggen (Fig. 6). In het Pompevlak-West bleef de meeste organische stof achter (ca.5%). In het Pompevlak-Noord bleef het minst achter (ca. 2%). In 1996 nam in vrijwel alle onderzochte valleien het organische stof gehalte af. Kennelijk was de organische stof die als een dunne gesuspendeerde laag in het water werd afgezet, vrij goed afbreekbaar. Met name in het Pompevlak-West, het Kapevlak en de Heidevallei nam het organische stofgehalte in de bodem sterk af in 1996. Tussen 1996 en 2003 neemt in de valleien het organische stofgehalte weer toe. De toename is het sterkst in de met oppervlaktewater overstromde valleien (met name Groote Vlak en Pompevlak-Zuid. De toename is het minst in het Kapevlak. Dit hangt zeer waarschijnlijk nauw samen met het feit dat de pH hier erg hoog is geworden, hetgeen gunstig is voor de microbiële afbraak van de organische stof.

### **3.1.2 Vegetatie**

#### **Groote Vlak-Oost**

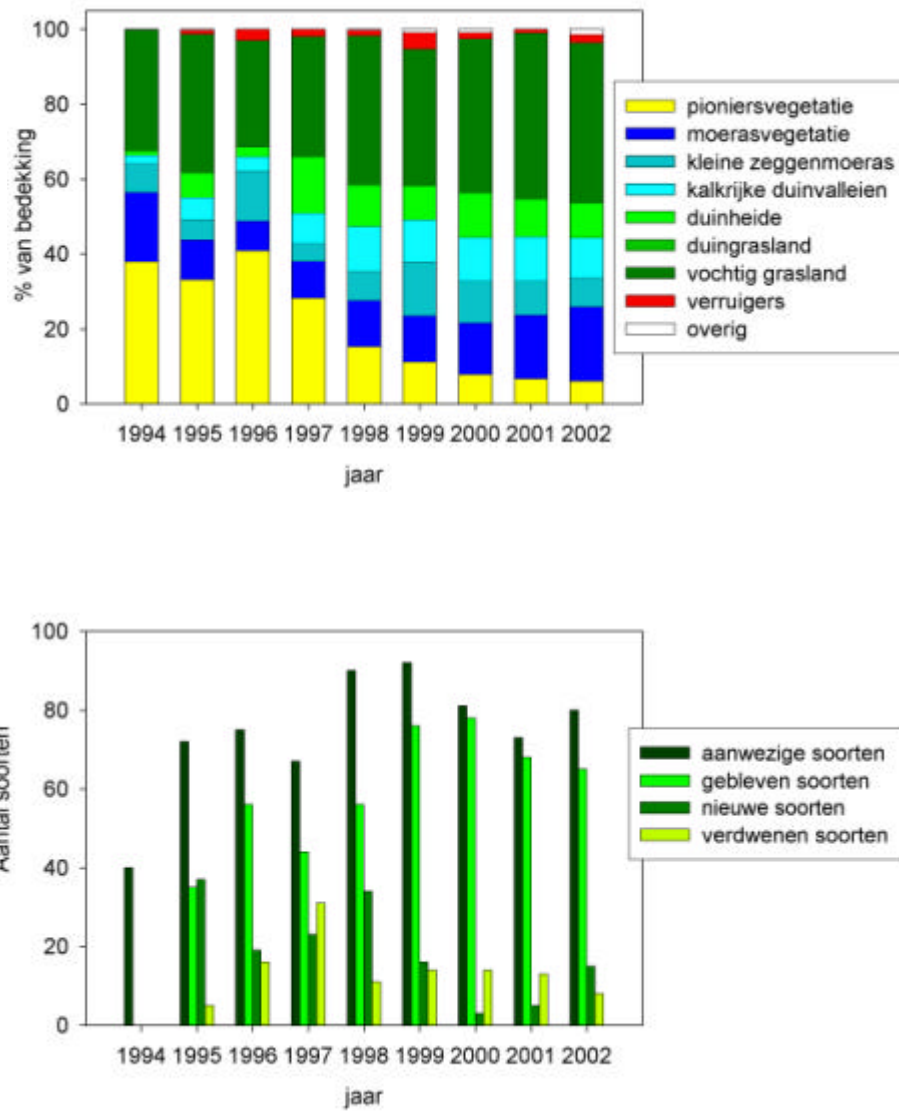
##### *Ecologische groepen*

De ontwikkeling in de soortensamenstelling in de plot tussen 1994 en 2002 (Fig. 7a) laat duidelijk zien dat de pionierssoorten afnemen, met name na 1997. De soorten van kalkrijke duinvalleien, de feitelijke doelsoorten, zijn erg zeldzaam in het begin, maar nemen langzaam toe, vooral na 1998.

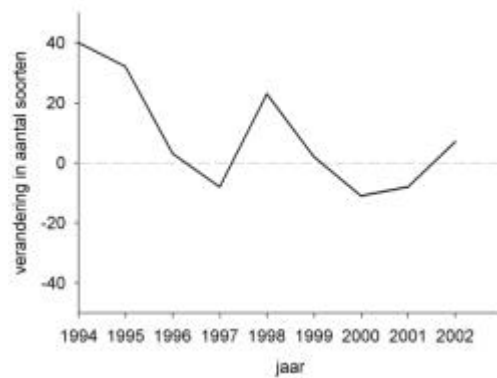
De Natte heidesoorten gaven een zelfde beeld te zien. Soorten van vochtige grasland hadden een groot aandeel in de soortensamenstelling en bedekking vanaf het begin. Na 8 jaar nam het aandeel van deze ecologische groep nog steeds geleidelijk toe. Het aandeel van Moerassoorten, was heel klein in het begin, maar neemt vooral na 1997 toe. Na ca. 6 jaar blijft de verhouding in ecologische groepen vrijwel constant.

##### *Soortenrijkdom, immigratie en emigratie.*

De totale soortenrijkdom verdubbelt in 5 jaar tijd en stabiliseert daarna op een niveau van ca. 60 soorten/ 100m<sup>2</sup>. In het droge jaar 1997 nam de soortenrijkdom af, maar herstelde zich in 1998. De sterke droogte van 1997 heeft ook een heel sterk effect op het verschijnen en verdwijnen van soorten. Na een aanvankelijke sterke afname van nieuwe soorten, neemt in 1997 het aantal nieuwe soorten (immigranten) weer toe, evenals het aantal soorten die weer verdwijnen. Door de combinatie van lage waterstanden en lage temperaturen (bevriezing) wordt als het ware de successie voor een deel opnieuw opgestart. Vanaf 1998 treedt een stabilisatie op (Fig. 7b). Het aantal soorten blijft vrij constant en het aantal nieuwe en verdwijnende soorten blijft laag. Dus na ca 6 jaar is er een min of meer stabiele vegetatie ontstaan, zoals ook al blijkt uit de verandering in ecologische groepen (Fig. 8).



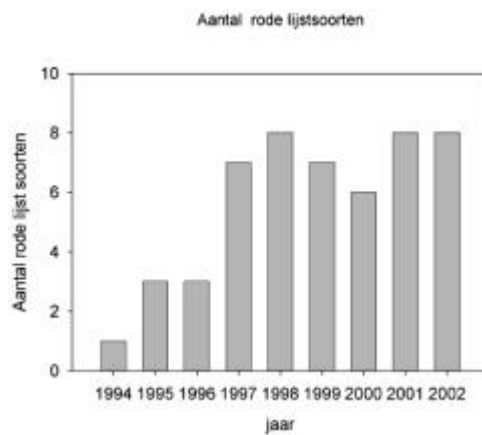
Figuur 7 Verandering in het aandeel van verschillende ecologische groepen (Fig. 7 a), alsmede verandering in aantal soorten, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in het Grootte Vlak (Fig. 7b).



*Figuur 8. Winst en verlies aan soorten in een permanent kwadraat in Grote Vlak Zuid-Oost gedurende de periode 1994-2002.*

#### *Aantal Rode Lijstsoorten*

Het aantal Rode Lijstsoorten neemt tussen 1994 en 1998 snel toe en stabiliseert daarna (Fig. 9). In vergelijking met veel andere valleien is het aantal Rode Lijstsoorten in het Grote Vlak hoog.

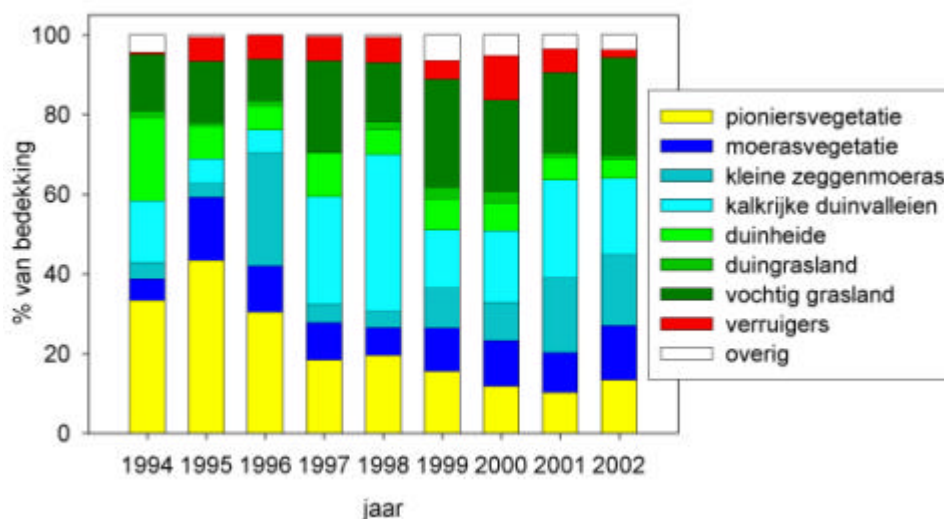


*Figuur 9 Ontwikkeling van het aantal Rode Lijstsoorten in een permanent kwadraat in Grote Vlak-ZuidOost gedurende de periode 1994-2002.*

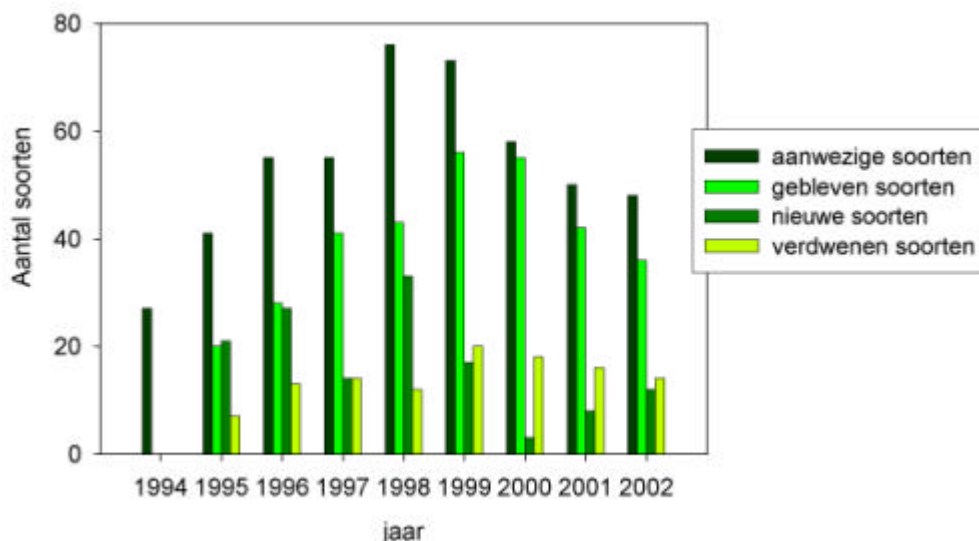
## Pompevlak-West

### Ecologische groepen

In het Pompevlak-West zien we een vergelijkbaar beeld als in het Grootte vlak. De soorten van pioniersmilieu nemen langzamerhand af, terwijl de soorten van kalkrijke duinvaleien en Kleine zeggenmoerassen toenemen (Fig 10). Opvallend is de sterke uitbreiding van Kleine zeggen in 1996, gevolg door een vrijwel totale vervanging in 1997 en 1998 door soorten van kalkrijke duinvaleien. Het droge jaar 1997 geeft ook hier aanleiding tot een drastische verandering in soortengroepen. Ook de groep van vochtige graslanden breidt zich na 1997 sterk uit en behoudt een hoog aandeel in de vegetatie.



Figuur 10 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanent kwadraat in Pompevlak-West (1994-2002)



Figuur 11. Verandering in aantal soorten, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-West (1994-2002).



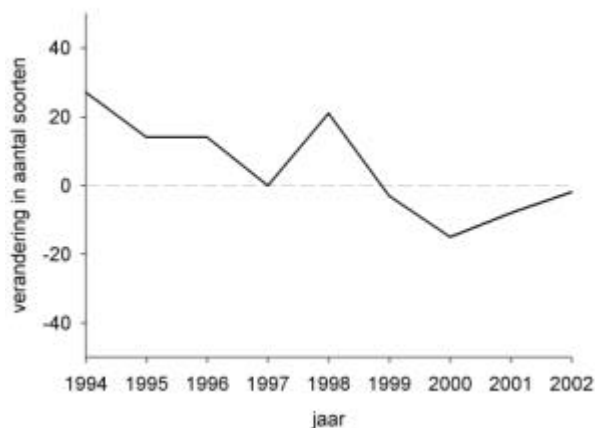
### Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie

Evenals het Grootte Vlak begint de soortenrijkdom op een hoog niveau en neemt daarna nog verder toe (Fig.11). De reden van deze hoge soortenrijkdom onmiddellijk na plaggen ligt waarschijnlijk in de goed dispersiemogelijkheden van zaden en wortelstokken hier.

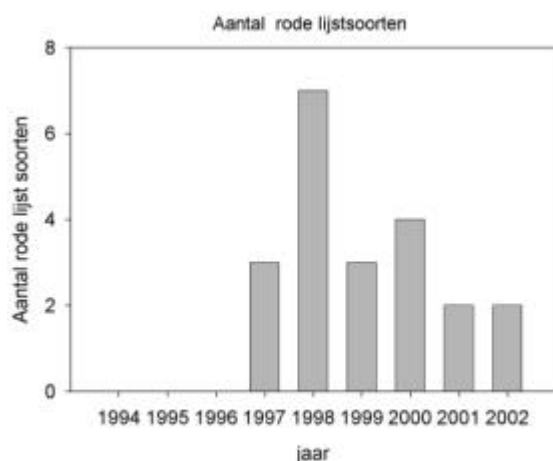
Beide duinvalleien worden door oppervlaktewater beïnvloed en er verblijven bovendien grote aantallen vogels, die de afgeplagde valleien als rustgebied of als foerageergebied gebruiken. Na 1999 neemt de soortenrijkdom weer af.

### Winst en Verlies van soorten

Tot 1997 komen er meer soorten bij dan er verdwijnen (Fig. 12). 1997 kenmerkt zich ook hier als een extreem jaar waarbij meer soorten verdwijnen dan erbij komen. In 1998 komen er weer veel soorten. Daarna is het verlies aan soorten hoog. De natte periode 2000-2002 wordt gekenmerkt door een netto verlies aan soorten, veelal pioniersoorten en soorten van vochtige graslanden.



Figuur 12. Winst en verlies aan soorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-West (1994-2002).



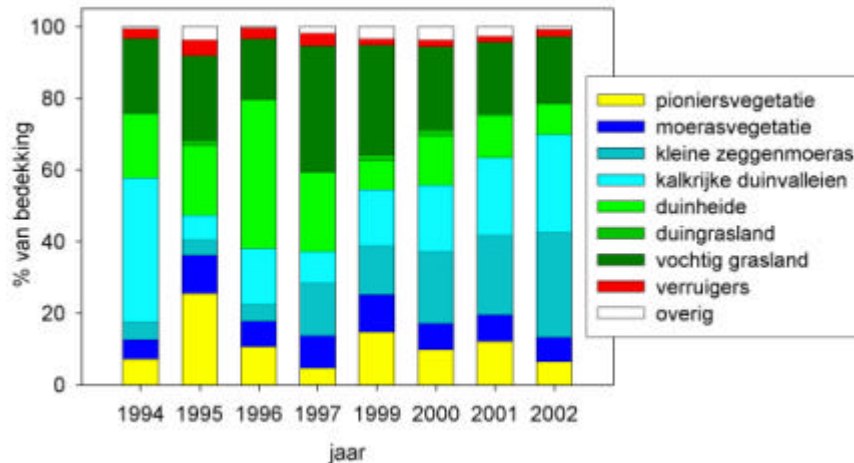
Figuur 13 Ontwikkeling van het aantal Rode Lijstsoorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-West (1994-2002).

Het aantal Rode Lijstsoorten neemt in 1998 sterk toe, maar neemt daarna weer sterk af, als gevolg van de natte jaren (Fig.13).

## Pompevlak-Zuid

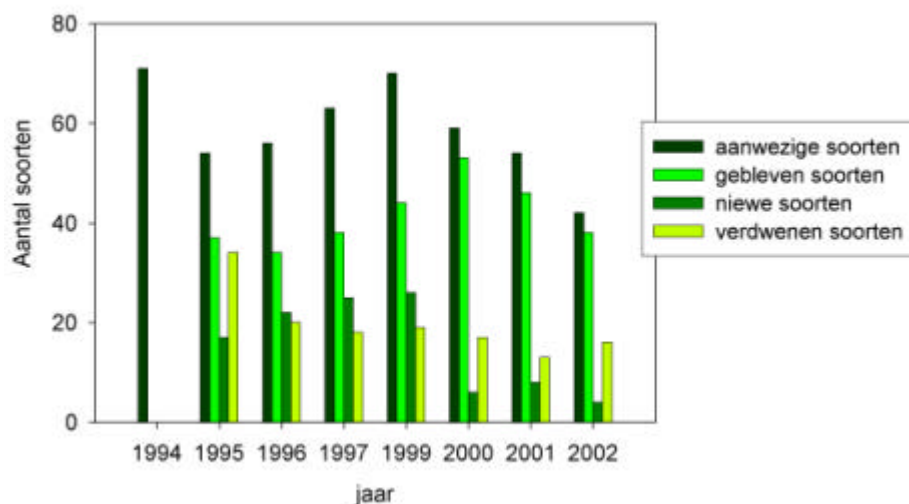
### Ecologische groepen

In het Pompevlak-Zuid zien we in 1995 een sterke toename van pioniersoorten (Fig 14). Soorten van Brakke milieus verschijnen ineens (Zilte rus, Zilt torkruid), maar verdwijnen het jaar daarop weer. Soorten van zure Kleine zeggenmoerassen nemen, sterk af, die van Duinheides nemen sterk toe.

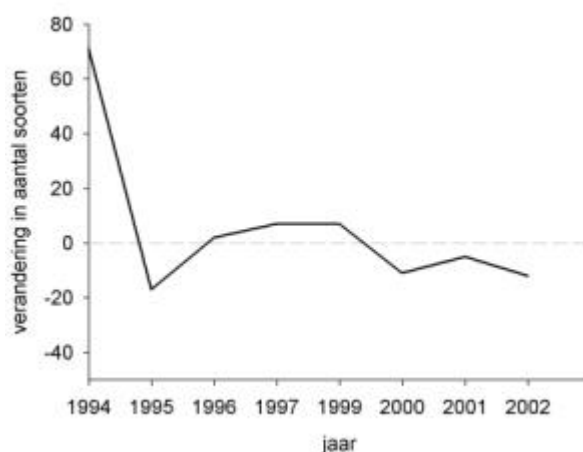


Figuur 14 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanent kwadraat in Pompevlak-Zuid (1994-2002)

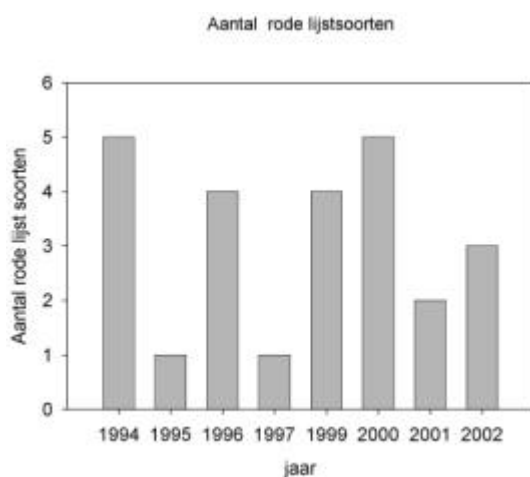
Het droge jaar 1997 geeft ook hier aanleiding tot een drastische verandering in soortengroepen; de groep van vochtige graslanden breidt zich een paar jaar sterk uit, maar maakt langzaam maar zeker plaats voor soorten van Kalkrijke duinvaleien en Kleine zeggenmoerassen. Kruipwilg en Waternavel maken in 2002 een groot deel van de bedekking uit (>60%).



Figuur 15 Ontwikkeling van de soortenrijkdom en de ontwikkeling van nieuwe soorten (immigratie) en verdwenen soorten (extinctie) in een permanent kwadraat in Pompevlak-Zuid (1994-2002).



Figuur 16 Ontwikkeling van het aantal Rode Lijstsoorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-Zuid gedurende de periode 1994-2002.



Figuur 17 Ontwikkeling van het aantal Rode Lijstsoorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-Zuid gedurende de periode 1994-2002.

#### Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie

Pompevlak-Zuid wordt gekenmerkt door enerzijds een hoge soortenrijkdom in het begin, maar ook (tot 1999) grote aantallen soorten die verdwijnen en verschijnen (Fig. 15). Tot 2000 is de ontwikkeling van de vegetatie dus zeer instabiel. Na 2000 wordt de vegetatie veel stabiel, maar het aantal soorten is intussen sterk afgenomen en de vegetatie wordt gedomineerd door een paar soorten. De grote fluctuatie in soorten sterke dominantie van een paar soorten hangt hier waarschijnlijk samen met de uitgangssituatie van deze vallei; in 1994 is hier veel organisch materiaal achtergebleven, zodat een voedselrijke uitgangssituatie was ontstaan.

#### Winst en Verlies van soorten

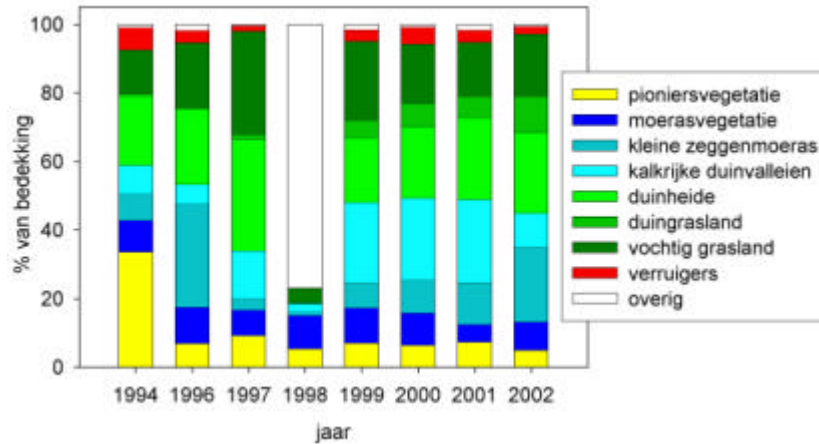
De sterke terugval van soorten in 1995 hangt waarschijnlijk samen met het natte voorjaar, waarbij deze laaggelegen vallei een langdurige inundatie te verwerken kreeg (Fig. 16). In 2001-2002 gebeurde dit opnieuw. Het aantal Rode lijst soorten neemt ook dan weer af (Fig. 17).

In droge jaren neemt het aantal Rode Lijstsoorten doorgaans toe, behalve in 1997, toen er een strenge vorstperiode in het voorjaar viel, en dat bij lage waterstanden. In 1996, ook een droog jaar, verschijnen soorten als Fraai duizendguldenkruid, Geelhartje, Teer guichelheil, maar in geringe aantallen en ze verdwijnen een jaar later.

## Pompevlak-Noord

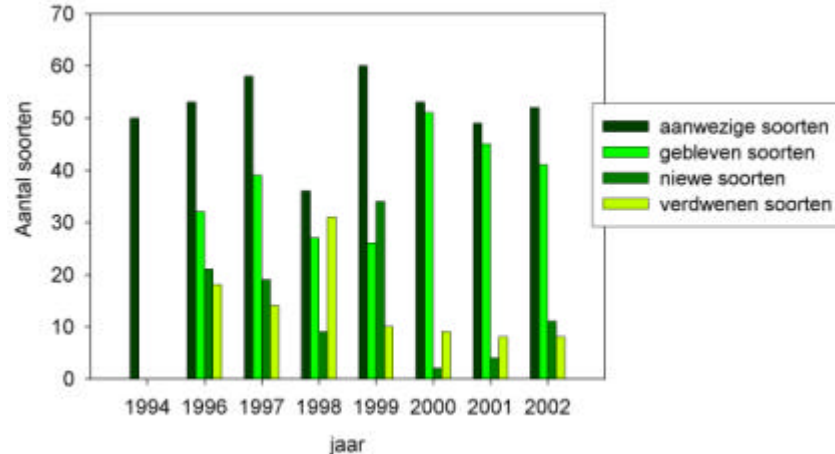
### Ecologische groepen.

In het kwadraat Pompevlak-Noord, neemt het aandeel pioniersoorten snel af na het plaggen (Fig. 18). Daarna blijft de vegetatie vrij stabiel. Een uitzondering is 1998, toen de zomer zeer nat was en waterplanten (kranswieren) een hoog aandeel in de vegetatie hadden.



Figuur 18 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanent kwadraat in Pompevlak-Noord (1994-2002).

### Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie



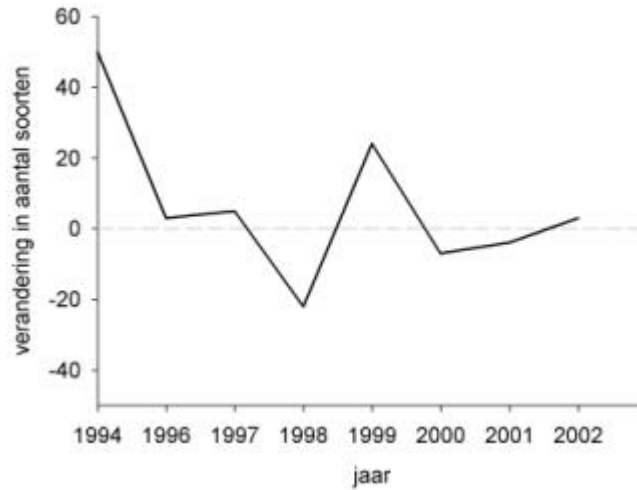
Figuur 19 Ontwikkeling van de soortenrijkdom en de ontwikkeling van nieuwe soorten (immigratie) en verdwenen soorten (extinctie) in een permanent kwadraat in Pompevlak-Noord (1994-2002)

In Pompevlak-Noord zien we dat niet 1997 (droog voorjaar met vorst), maar 1998 een extreem jaar voor de vegetatie is geweest. De soortenrijkdom neemt drastisch af in 1998 (Fig. 19) en herstelt zich weer in 1999, waarna het soortenaantal op een hoog niveau stabiel blijft.

### Winst en verlies van soorten

In 1998 verdwijnen er veel meer soorten dan er nieuw bijkomen (Fig. 20). Deze laaggelegen plot stond in 1998 gedurende een groot deel van de zomer onder water. In 1997 was daarentegen verdwenen er weinig soorten. De plot had in 1997 kennelijk geen last van vorstschade. Vermoedelijk stond hij in het voorjaar onder water. In 1999

herstelt de vegetatie zich weer en verschijnen een heleboel soorten opnieuw die in 1998 waren verdwenen. Een deel van de soorten was overigens niet echt verdwenen, maar is niet waargenomen, vanwege de inundaties.



*Figuur 20 Winst en verlies van soorten in een permanent kwadraat in Pompevlak-Noord gedurende de periode 1994-2002.*

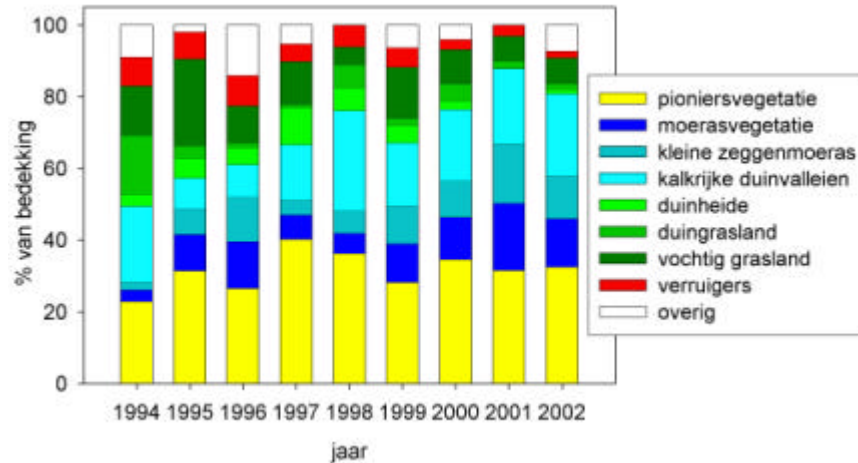
## **Kapevlak**

### *Ecologische groepen*

In tegenstelling tot alle andere valleien neemt in het Kapevlak het aandeel van de pioniersoorten niet af. Het zijn met name Waterpunge, Dwergrus en Borstelbies die zich na 1998 handhaven of uitbreiden. Greppelrus en Zomprus nemen, net als in de andere valleien wel af. Het aandeel van de Kleine zeggenvegetaties en van de Kalkrijke duinvalleien neemt langzaam toe, met name sinds 1998. Soorten van Duinheides verdwijnen vrijwel geheel, evenals die van Duingraslanden.

### *Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie*

De soortenrijkdom in het Kapevlak neemt tot 2001 vrijwel lijnrecht af. Het aantal soorten dat verdwijnt is vrijwel steeds hoger dan dat van nieuwe soorten. In 1995 en 1996 komen er overigens nog wel veel nieuwe soorten bij. Daarna wordt de vegetatie veel stabiel

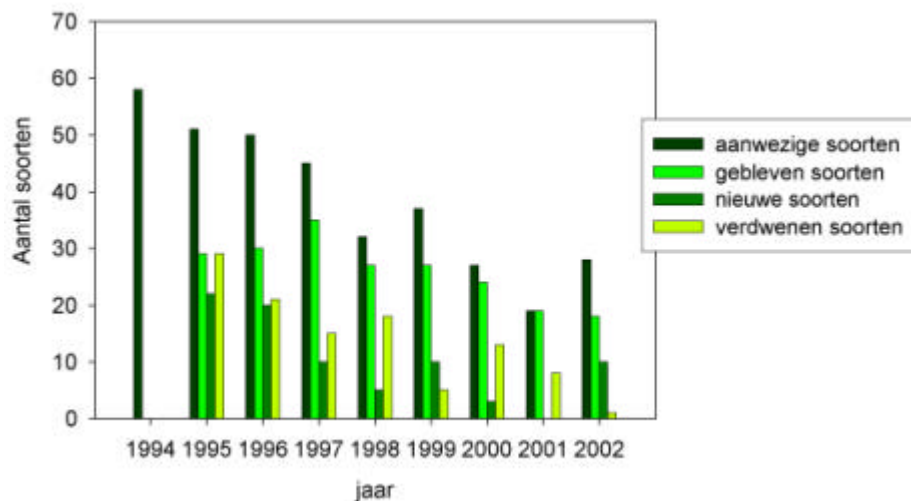


Figuur 21 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanente kwadraat in het Kapevlak (1994-2002).

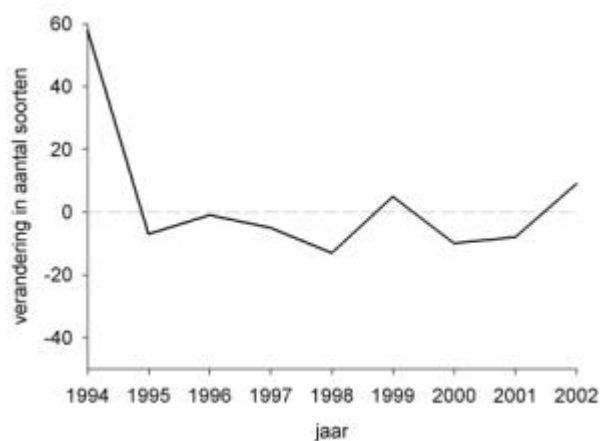
In 2002 komen er nog wat nieuwe soorten bij (waar onder de Rode Lijstsoorten Knopbies en Veelstengelige waterbies), maar er verdwijnen vrijwel geen soorten meer.

#### Winst en verlies van soorten

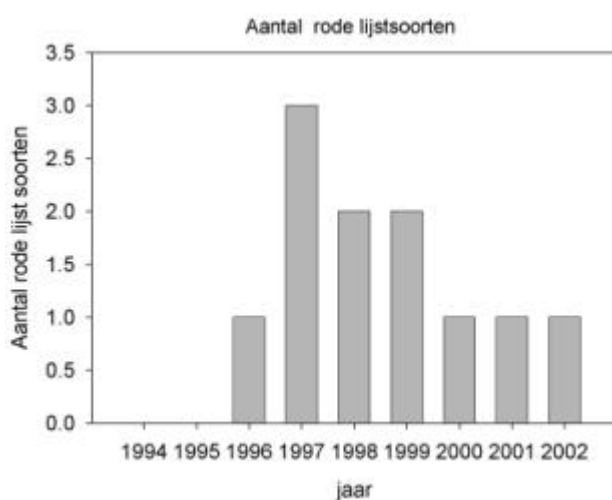
Het Kapevlak verliest vanaf 1995 soorten, maar er komen er ook veel bij. Het grote verlies aan soorten hangt samen met de enorme diversiteit aan soorten die zich onmiddellijk na plaggen vestigden, waarvan een groot deel voor die tijd niet in de vallei werden aangetroffen. Een voorbeeld is de Bleekgele droogbloem, die zich hier in 1994 massaal vestigde en daarvoor nooit op het eiland was gezien. Na een paar jaar verdween de soort ook weer.



Figuur 22 Ontwikkeling van de soortenrijkdom en de ontwikkeling van nieuwe soorten (immigratie) en verdwenen soorten (extinctie) in een permanent kwadraat in het Kapevlak (1994-2002).



*Figuur 23 Winst en verlies van soorten in een permanent kwadraat in het Kapevlak (1994-2002)*



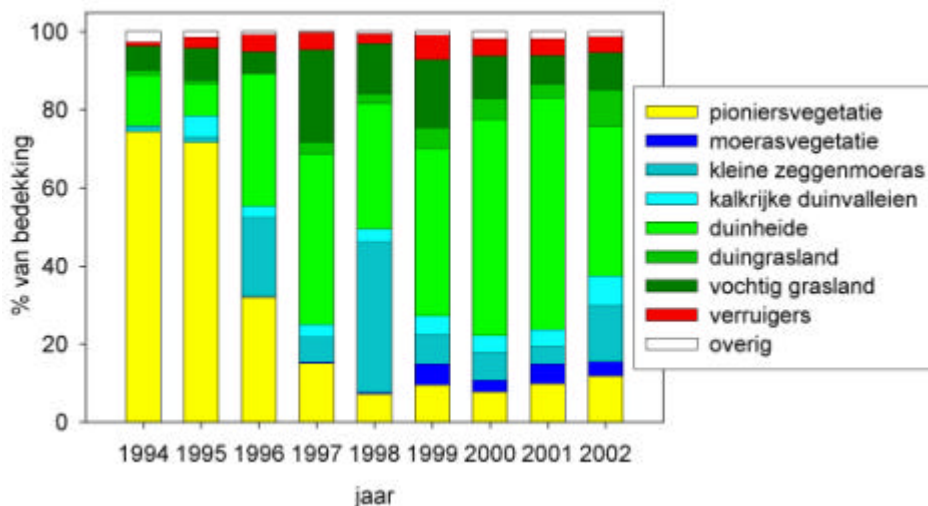
*Figuur 24 Ontwikkeling van het aantal Rode Lijstsoorten in een Permanent kwadraat in Kapevlak (1994-2002).*

Het aantal Rode Lijstsoorten bereikt in 1997 een hoogtepunt (Fig. 24). Deze grondwatergevoede vallei heeft geen last gehad van vorstschade in 1997, en de gevolgen van het natte voorjaar in 1998 waren ook beperkt. In 2002 verschijnt Knopbies weer opnieuw, na tijdelijk verdwenen te zijn geweest. Deze soort kan zich hier dus verschillende malen opnieuw uit zaad vestigen, maar blijft erg zeldzaam in de vallei.

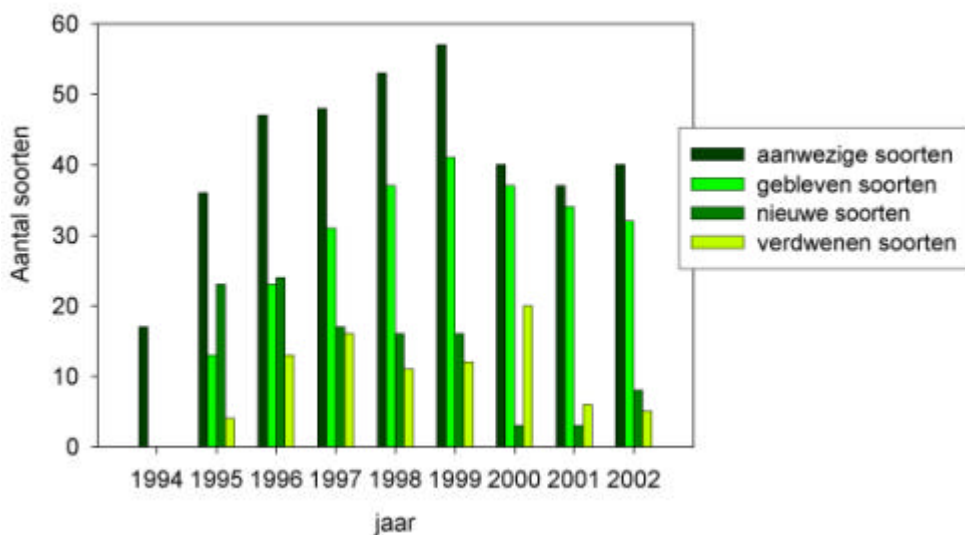
## Cladiumvallei

### Ecologische groepen

De plot in de Cladium-vallei ligt vrij hoog op de helling, waardoor het aandeel Heidesoorten vrij groot is aan het eind van de waarnemingsperiode (Fig. 25). De vegetatieontwikkeling in de Cladium-vallei verloopt traag. De vallei blijft vrij lang in een pioniersituatie. Typisch duinvalleisoorten en ook typische heidesoorten verschijnen pas na 3-4 jaar in redelijke aantallen. *Cladium* is in de vallei blijven staan na het plaggen, omdat de soort weer uitliep via wortelstokken.



Figuur 25 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanent kwadraat in de Cladiumvallei (1994-2002)



Figuur 26 Ontwikkeling van de soortenrijkdom en de ontwikkeling van nieuwe soorten en verdwenen soorten in een permanent kwadraat in de Cladium-vallei (1994-2002).

Na 4 jaar vestigt de soort zich weer in de plot. Aan het eind van de waarnemingsperiode is het aandeel Duinheide en Duingrasland het grootst. Soorten van kalkrijke duinvalleien blijven nog beperkt aanwezig. Elders in de vallei hebben zich wel soorten als Knopbies gevestigd.

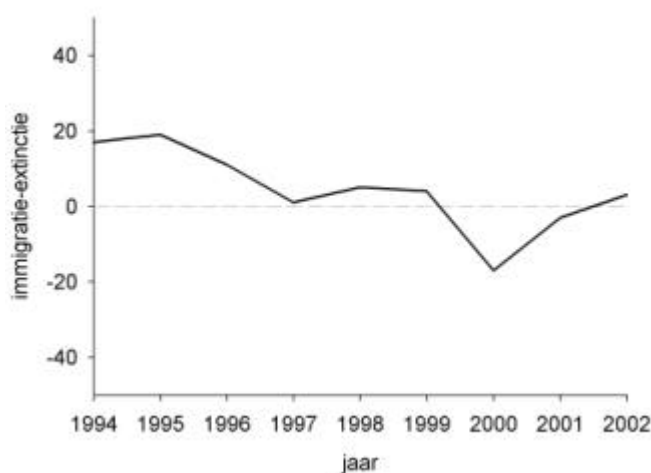


### *Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie*

In de Cladiumvallei is de soortenrijkdom aanvankelijk vrij laag (Fig. 26). Kennelijk is de verspreiding van zaden in deze geïsoleerde vallei vrij slecht. Tussen 1994 en 1999 neemt de soortenrijkdom sterk toe, waarna het op een wat lager niveau van ca 40 soorten /100m<sup>2</sup> komt

### *Winst en Verlies van soorten*

Aanvankelijk vestigen zich meer soorten dan er verdwijnen (Fig. 27). Tussen 1997 en 1998 stabiliseert de vegetatie zich, waarna in 2000/2001 de plot meer soorten verliest dan wint. Het jaar 2000 was niet extreem wat neerslag of vorst betreft. Soorten die verdwenen, waren vooral soorten van matig voedselrijk grasland en verruigers, dus soorten die bij een toenemende bedekking van aangepaste soorten (hier vooral Biezeknoppen en heidesoorten) de concurrentie verliezen.



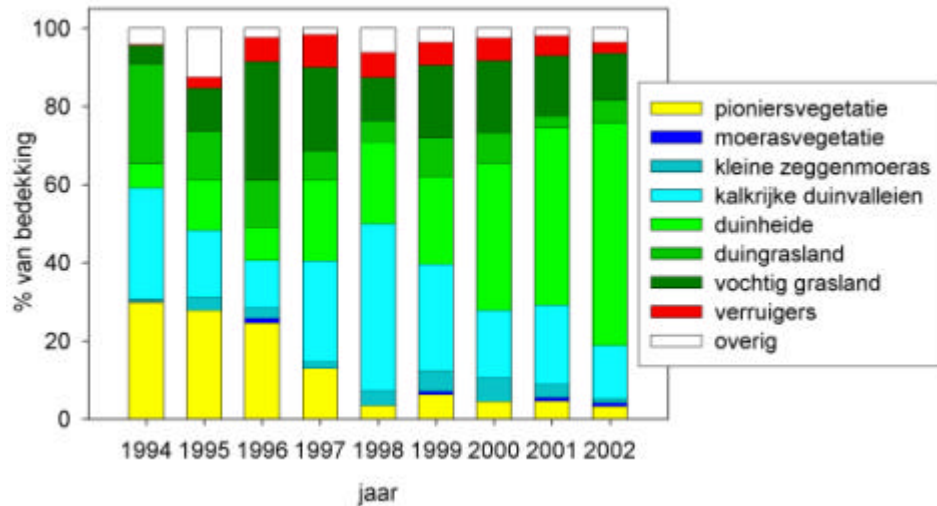
*Figuur 27 Winst en verlies van soorten in een permanent kwadraat in het Cladium-vallei gedurende de periode 1994-2002*

Het aantal Rode Lijstsoorten in de Cladium-vallei blijft nog gering in de waarnemingsplot. De meeste Rode Lijstsoorten zitten elders in de vallei.

### **Heidevallei**

#### *Ecologische groepen*

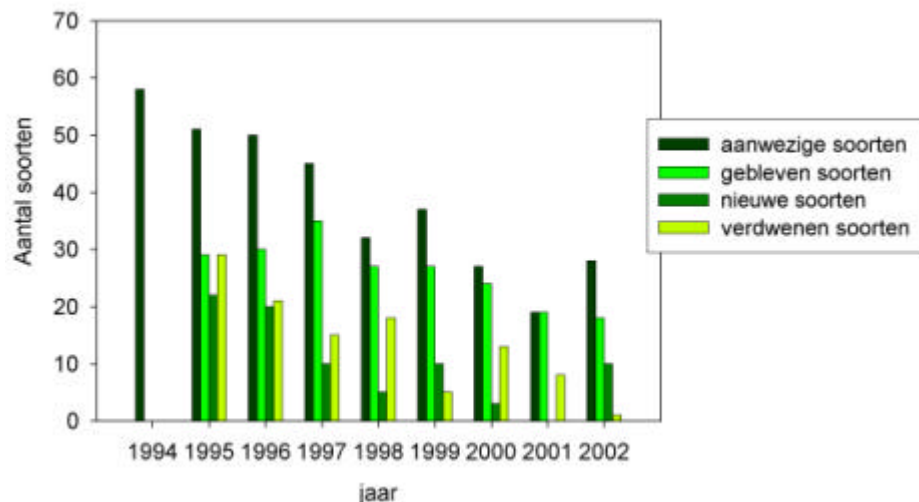
Ook in de Heidevallei neemt het aandeel van de Duinheidevegetatie sinds 1996 sterk toe, ten koste van de pioniervegetaties. Het aandeel van de kalkrijke duinvegetaties neemt in het natte jaar 1998 kortstondig toe maar neemt dan snel weer af tot hooguit 10%. Soorten van Vochtig grasland handhaven zich ook goed, maar ook op een laag niveau.



Figuur 28. Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in een permanent kwadraat in de Heidevallei (1994-2002).

#### Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie

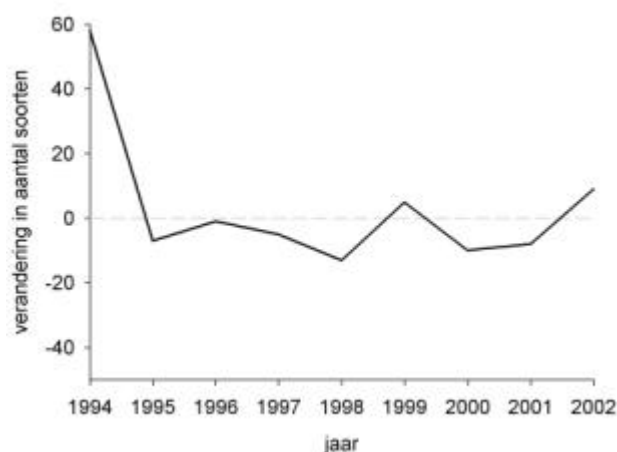
De soortenrijkdom neemt in de Heidevallei tot 1998 vrijwel rechtlijnig toe en neemt daarna ook weer rechtlijnig af, tot het zich in 2002 stabiliseert (Fig. 29). Het jaar 2001 (een nat jaar) is voor deze vegetatie een extreem nat jaar; er verdwijnen een groot aantal soorten. De eerste 5 jaar verschijnen er ieder jaar veel nieuwe soorten. De vallei wordt niet langdurig overstroomd en de jaren 1997 en 1998 hebben geen grote invloed op de vegetatie.



Figuur 29 Ontwikkeling van de soortenrijkdom en de ontwikkeling van nieuwe soorten en verdwenen soorten in een permanent kwadraat in de Heidevallei (1994-2002).

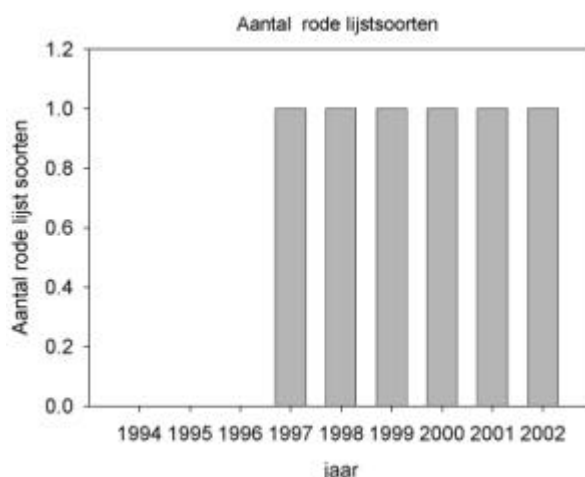
#### Winst en verlies van soorten

Onderstaande figuur illustreert hoe in de Heidevallei het aantal immigranten (nieuwe soorten) de emigranten overheerst tot 1998, daarna verdwijnen er meer soorten dan er komen. In het natte jaar 2001 verdwijnen de soorten van droge duinen en andere soorten die niet aangepast zijn aan het duinvalleimilieu. Op dat moment beginnen Dopheide en Kraaiheide zich echt te ontplooiën.



Figuur 30 Winst en verlies van soorten in een permanent kwadraat in de Heidevallei (1994-2002).

Het aantal Rode lijstsoorten in de waarnemingsplot is gering (Fig. 31). Een Rode Lijstsoort die zich sinds 1998 goed weet te handhaven is Rond wintergroen. Deze soort geeft goed aan dat de oorspronkelijke zure vallei, na het sluiten van de grondwaterwinning, een vrij hoge pH weet te handhaven op de lage plekken.



Figuur 31 Winst en verlies van soorten in een permanent kwadraat in de Heidevallei (1994-2002).

## 3.2 De Koegelwieck (Terschelling)

### 3.2.1 Bodem

#### pH

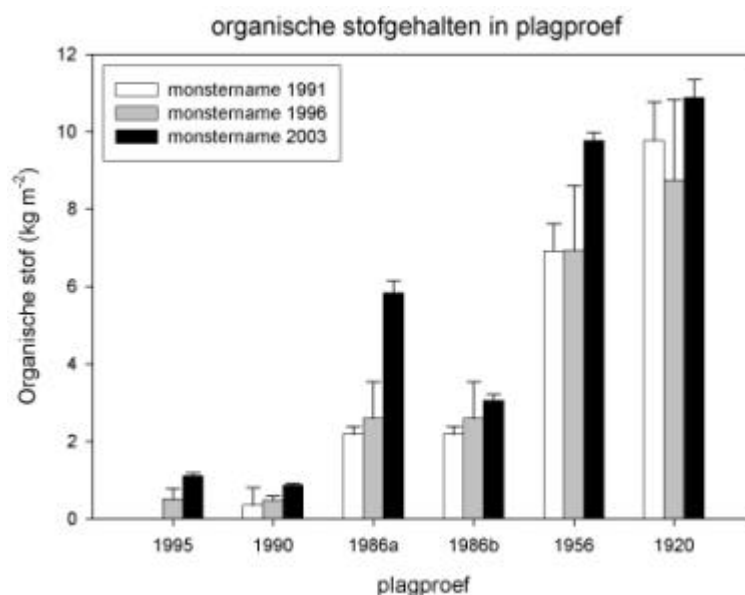
In het plagstadium van 1990 is de pH tussen 1991 en 2003 slechts zeer weinig gedaald. Deze daling trad vooral op 1991 en 1996. Daarna zijn geen veranderingen van betekenis opgetreden. 13 jaar na plaggen is de pH(KCl) is nog steeds boven de 6, de pH (H<sub>2</sub>O) is zelfs boven de 7. De plagproef van 1995 heeft momenteel een vergelijkbare pH dan de plagproef van 1990. De pH (KCl) is zelfs iets lager, ondanks dat dit deel van de vallei 5 jaar later geplagd is.

De plagproef van 1986 is in de onderzoeksperiode duidelijk verzuurd, vooral tussen 1991 en 1996. In 1991 was de pH nog boven de 6, maar in 2003 was de pH gedaald tot net boven de 5. De pH van de plagproef van 1956 is ten opzichte van 1991 duidelijk gestegen en zit op hetzelfde niveau als het 1986 en het niet geplagde stadium. Deze stijging is echter niet structureel. Ook in 1996 was de pH hier iets hoger. Waarschijnlijk wordt deze schommeling in pH door de weersinvloeden bepaald. In droge perioden lijkt de pH iets hoger, waarschijnlijk omdat capillair grondwater kan opstijgen. Deze mogelijke invloed is echter gering. Van een buffering van de pH door grondwater is in deze oude plagstadia nauwelijks sprake (Sival 1997).

#### Organische stof

Het plagstadium van 1990 stapelt sinds 1991 vrijwel geen organische stof (Fig. 32). 13 jaar na het plaggen is de dikte van de organische stoflaag nog steeds minder dan 0,5 cm en de hoeveelheid is ca 0,9 kg/m<sup>2</sup>. De hoeveelheid organische stof in de toplaag van de plagproef van 1995 is zelfs hoger (1,1 kg/m<sup>2</sup>) dan die van 1990, hoewel de plagproef 5 jaar jonger is.

De hoeveelheid organische stof in nog wat open plekken in de plagproef van 1986 neemt in de onderzoeksperiode langzaam toe. In de sterker begroeide delen met wilgen en Duinriet neemt de organische stof veel sneller toe. Beide situaties zijn apart bemonsterd en zijn ook significant verschillend. Kennelijk bevindt deze plagproef zich in een twee verschillende successiestadia. De plekken tussen de (vroegere) Knopbies pollen stapelen (nog) weinig organische stof, de plekken direct rondom de pollen of de Kruipwilg struikjes stapelen veel organische stof. De hoeveelheid gestapelde organische stof in het plagstadium van 1986 ligt gemiddeld op ca. 4,6 kg/m<sup>2</sup>, een toename van ca. 2,5 kg/m<sup>2</sup> in 13 jaar. De snel stapelende plekken hebben in 2003 al een waarde van 5,8 kg/m<sup>2</sup>, een toename van 3,7 kg/m<sup>2</sup> in 13 jaar. De langzaam stapelende delen halen niet meer dan 3,1 kg/m<sup>2</sup>, een toename van 1 kg in 13 jaar. Dit geeft al aan dat de aanvangswaarde van 2,1 kg/m<sup>2</sup> in 1990 veel hoger was dan men zou mogen veronderstellen in een plagplek die 5 jaar oud is. In de plagproef van 1990 stapelde in 13 jaar slechts 0.9 kg/m<sup>2</sup>, terwijl de 1995 plagproef na 8 jaar iets meer dan 1 kg/m<sup>2</sup>. De conclusie moet dan ook zijn dat de 1986 plagproef niet alle organische stof is weggehaald, maar dat bijna 1-2 kg/m<sup>2</sup> is blijven liggen. Wanneer we de lijn van de organische stofstapeling van 1986 doortrekken naar de y-as dan wordt de nulsituatie aangesneden op 1,3 kg/m<sup>2</sup> (Fig 33). We schatten dat deze hoeveelheid is blijven liggen na het plaggen.

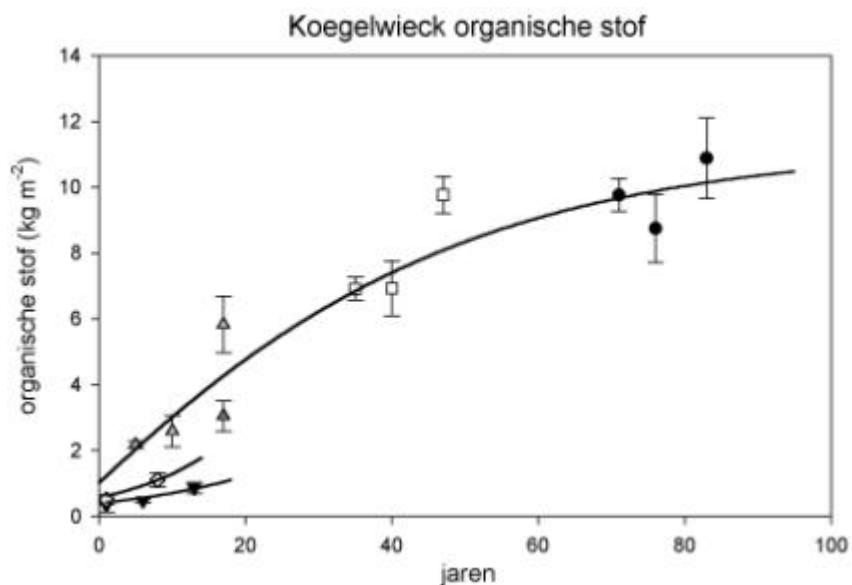


Figuur 32 Organische stofopbouw gemeten in Mei 2003 in de verschillende plagstadia van de Koegelwieck in vergelijking met het ongeplagde stadium dat in 1920 voor het eerst met vegetatie begroeid raakte. In het plagstadium van 1986 zijn twee situaties bemonsterd; een langzaam stapelend (a) en een snel stapelt stadium (b).

In de plagproef van 1956 zijn tot 1996 geen significante verschillen in organische stof gemeten. Tussen 1996 en 2003 neemt de hoeveelheid organische stof wel significant toe. De hoeveelheid organische stof bereikt een niveau van ca. 9,8 kg/m<sup>2</sup>.

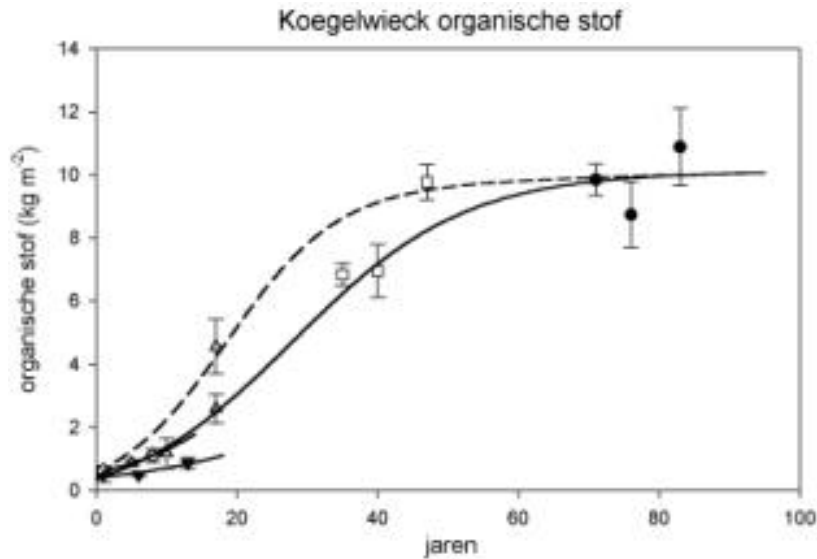
Het nooit geplagde deel van de Koegelwieck, neemt in vergelijking met vorige jaren niet significant toe, maar de spreiding is vrij groot. De absolute gehalten liggen nog wel hoger dan het stadium 1956 (10-11 kg/m<sup>2</sup>), vooral veroorzaakt door een dikkere laag, maar de verschillen worden snel kleiner.

Het geheel overziend zien we dat de plagproef van 1990 is eveneens stabiel en stapelt (nog) geen organische stof. De plagproef van 1986 begon met een vrij hoog niveau van organische stof van ca. 2 kg/m<sup>2</sup>. Wanneer we hier voor corrigeren (Fig. 34), dan is de toename in het begin heel gering, (<0,1kg/m<sup>2</sup> per jaar). In sommige delen (tussen de vroegere Knopbies pollen) blijft de toename heel gering (0,13 kg/m<sup>2</sup> per jaar), maar in andere delen (in de huidige Kruiwilg, Duinriet vegetaties) gaat het heel snel. Sinds 1990 is daar 3,6 kg/m<sup>2</sup> bijgekomen ofwel 0,3 kg/jaar.



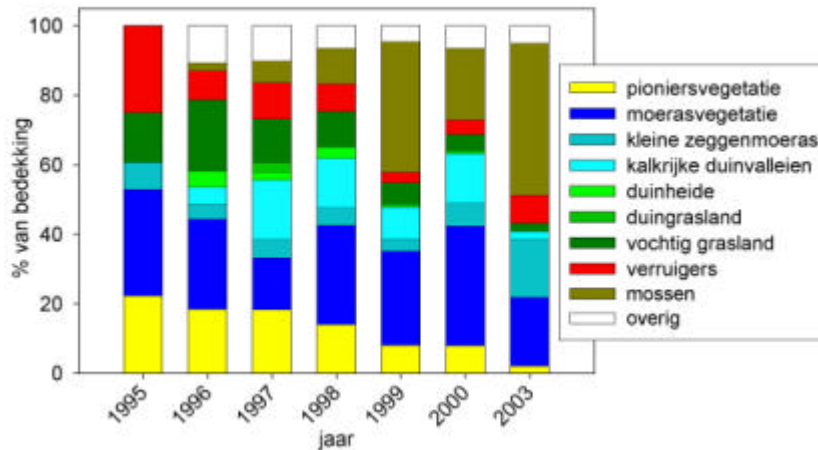
Figuur 33 Organische stofopbouw in de Koegelwieck in relatie tot de tijd. De waarden zijn in 5 verschillende plagstadia gemeten die bovendien 8-13 jaar in de tijd gevolgd werden.

Dit is kennelijk de exponentiele toename in organische stofopname die we in de toekomst mogen verwachten om tot de ca. 10 kg/m<sup>2</sup> te komen in het 1920 stadium te komen. Dat niveau zal een deel van de plagproef van 1986 al in binnen 13 jaar bereiken, als de toename van de organische stof in dit tempo doorgaat. Dat is ongeveer 2 maal zo snel als de geschatte toename in het 1956 stadium in het verleden en meer dan 10 maal zo snel als de toename in het 1990 stadium, maar vergelijkbaar met de snelheid waarmee het 1956 stadium sinds 1996 stapelt.

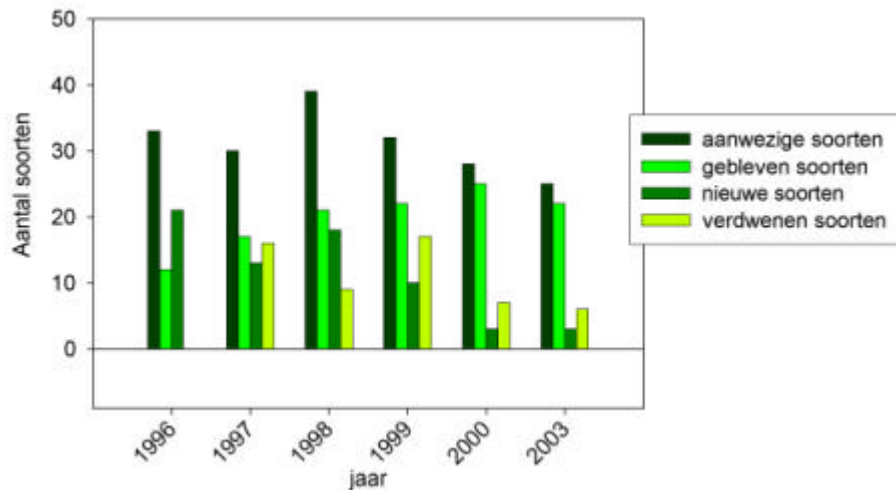


*Figuur 34 Organische stofopbouw in de Koegelwiek in relatie tot de tijd. De waarden voor plagstadium 1986 zijn nu gecorrigeerd voor zijn de hoeveelheid organische stof die toen is blijven liggen na het plaggen. De hoeveelheid is geschat op 1,3 kg/m<sup>2</sup>.*

Het beeld dat ontstaat na correctie voor organische stof dat in de 1986 zeer waarschijnlijk is blijven liggen, na het plaggen, is dat alleen de diep geplagde 1990 plagproef in een stadium verkeerd waarbij zeer langzaam organische stof wordt gestapeld en waardoor de successie in een (semi-) stabiel stadium blijft. Hier ontwikkelen zich vooral pioniersoorten van zeer natte omstandigheden en van periodiek droogvallende milieus. Dit stadium zou het naar schatting nog wel 25 jaar kunnen volhouden, voordat de verruiging weer inzet. Het stadium met typische basenminnende soorten van Knobbiesvegetaties heeft het eigenlijk maar 10 jaar volgehouden, alvorens in een stadium van zeer snelle successie te geraken. Dit geeft aan dat de omstandigheden voor regeneratie van echte Knobbiesvegetaties hier niet optimaal zijn. Voor Oeverkruidvegetaties zijn de omstandigheden in het 1990 stadium wel geschikt, maar alleen als er diep geplagd wordt (meer dan 20 cm). Het 1995 stadium lijkt een richting van snelle stapeling in te zetten, en volgt de lijn van het 1986 experiment (maar dan zonder de kalkminnende duinvalleisoorten).



Figuur 35 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in het plagstadium van 1995 in de Koegelwieck (1995-2003).



Figuur 36 Verandering in het aantal soorten, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in het plagstadium van 1995 in de Koegelwieck (1995-2003).

### 3.2.2 Vegetatie

#### Plagproef 1995

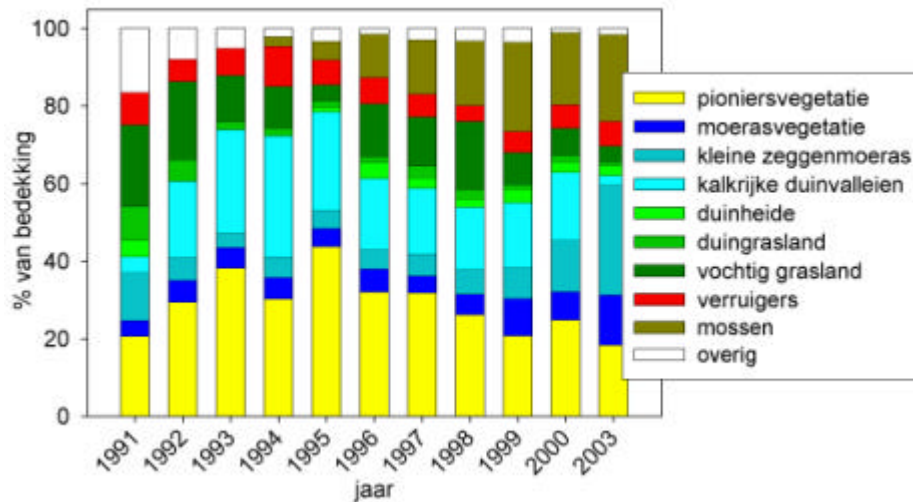
##### Ecologische groepen

De plagproef van 1995 is de meest recente plagproef en is slechts gedurende 9 jaar gevolgd. Soorten van pioniervegetaties en voedselrijke moerassen (Grote kattestaart, Watermunt) zijn vanaf het begin veel aanwezig (Fig. 35). Sinds 1999 nemen slaapmossen, zoals Puntmos en Goudmos, een groot aandeel in de vegetatie. Soorten van Kleine zeggen moerassen (vooral Waternavel) breiden zich na 2000 ook sterk uit. Het aandeel van kalkminnende pioniervegetaties en kalkrijke duinvalleien verdwijnen vrijwel geheel na de natte jaren 2001 en 2002. In een deel van de plagproef ruikt ook Riet sterk op vanuit de oude greppel, die aan de noordkant door het gebied loopt.

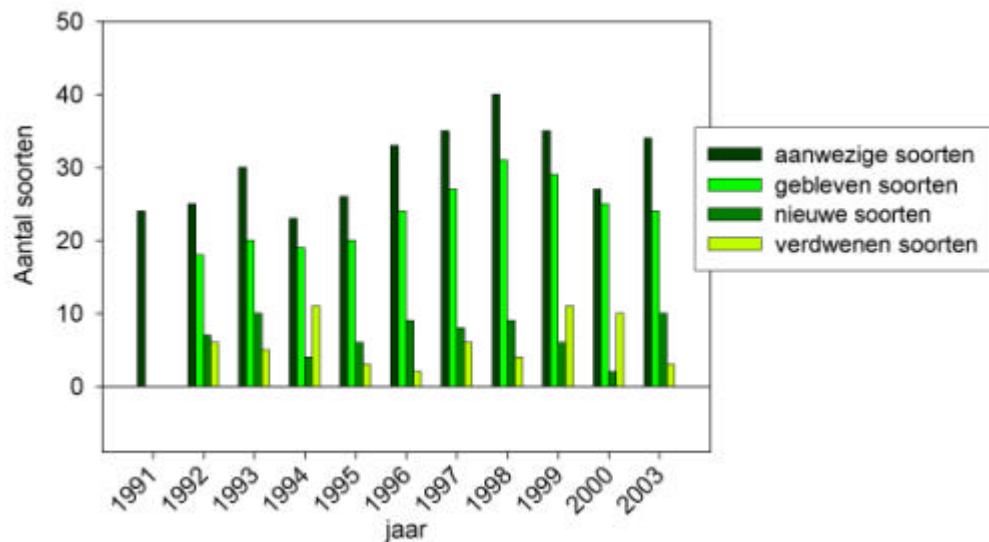
##### Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie

In 1995 is de soortenrijkdom nog heel laag (Fig. 36). De soorten die verschijnen zijn net als het geval was in de plagproef van 1990 uit de zaadbank gekomen. Kruidwilg

en Duinriet zijn ook direct aanwezig, hoewel deze soorten geen langlevende zaadbank maken. Deze windverspreiders hebben vanuit de naastliggende vegetaties geen moeite om het gebied meteen te koloniseren. In 1996 is de soortenrijkdom zeer sterk toegenomen. Ook Riet verschijnt dan in de kwadraten, maar dit betreft een uitbreiding vanuit een gebied waar Riet was blijven bestaan. De soortenrijkdom bereikt in 1998 een hoogtepunt, en neemt dan weer af. Het najaar van 1998 en het voorjaar van 1999 waren erg nat. Dit betekende dat in 1999 de plagproef lang onder water bleef staan, hetgeen een sterke stimulans betekende voor de ontwikkeling van bladmossen. Ondanks de zeer lange inundaties is de vegetatie wat betreft soortensamenstelling vrij stabiel gebleven.



Figuur 37 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in het plagstadium van 1990 in de Koegelwiek (1991-2003).



Figuur 38 Verandering in het aantal soorten,, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in het plagstadium van 1990 in de Koegelwiek gedurende de periode 1991-2003



## Plagproef 1990

### *Ecologische groepen*

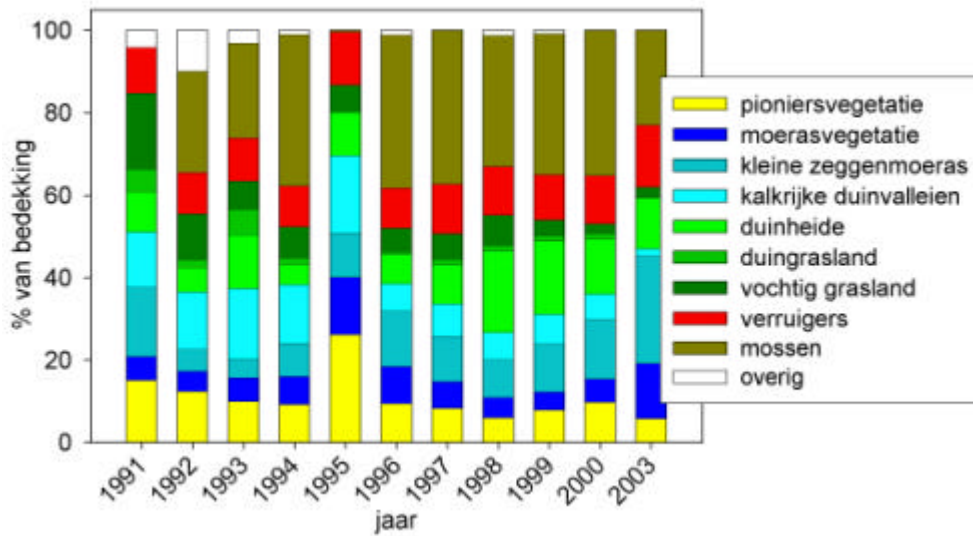
Het aandeel van kalkminnende pioniersoorten en soorten van kalkrijke duinvalleien neemt gestaag toe tot 1998, maar zakt dan weer in als gevolg van de zeer natte jaren 2001 en 2002. Het aandeel van de badmossen neemt in die periode wel toe, maar lang niet zo sterk als in de plagproef van 1995. Van de pioniersoorten blijven Duinrus, Oeverkruid en Waterpunge met vrij grote bedekking aanwezig. Oeverkruid vervangt aan het eind van de waarnemingsperiode Duinrus en Waterpunge. Soorten van zure Kleine zeggenmoerassen breiden zich sinds 1999 sterk uit. Vooral Waternavel bereikt in 2003 bedekkingen van meer dan 30%. In sommige kwadraten neemt ook de bedekking van Riet toe, door vegetatieve uitbreiding vanuit omliggende populaties.



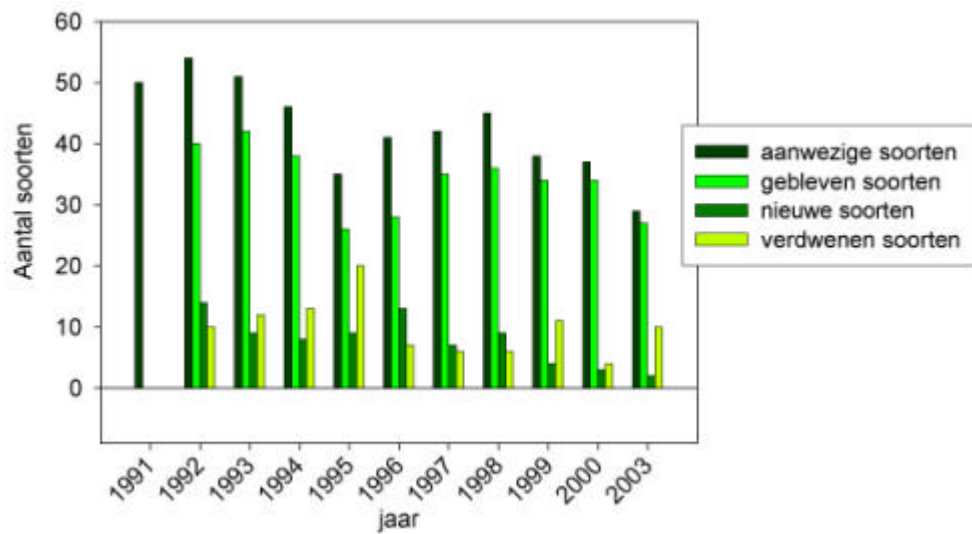
*Figuur 39* Overzicht van een deel van de plagproef 1990.(foto1) met een goed ontwikkelde Oeverkruidvegetatie, welke zich momenteel (2003) via cirkelvormige klonen of populaties ontwikkelt

### *Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie*

De soortenrijkdom neemt vanaf 1991 geleidelijk toe, met een korte teruggang in 1994, maar herstelt zich hiervan. Onduidelijk is nog waar deze teruggang aan lag. 1993 en 1994 waren vrij droge jaren. Na 1998 zet een daling in de soortenrijkdom in, waarbij vooral soorten van het vochtige grasland, die aan het voedselarme en zeer natte milieu niet goed zijn aangepast, verdwijnen. In 2003 komen er veel nieuwe soorten bij, maar dan wel van hele natte standplaatsen.



Figuur 40 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in het plagstadium van 1986 in de Koegelwiek ( 1991-2003).



Figuur 41 Verandering in het aantal soorten, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in het plagstadium van 1986 in de Koegelwiek 1991-2003

## Plagproef 1986

### *Ecologische groepen*

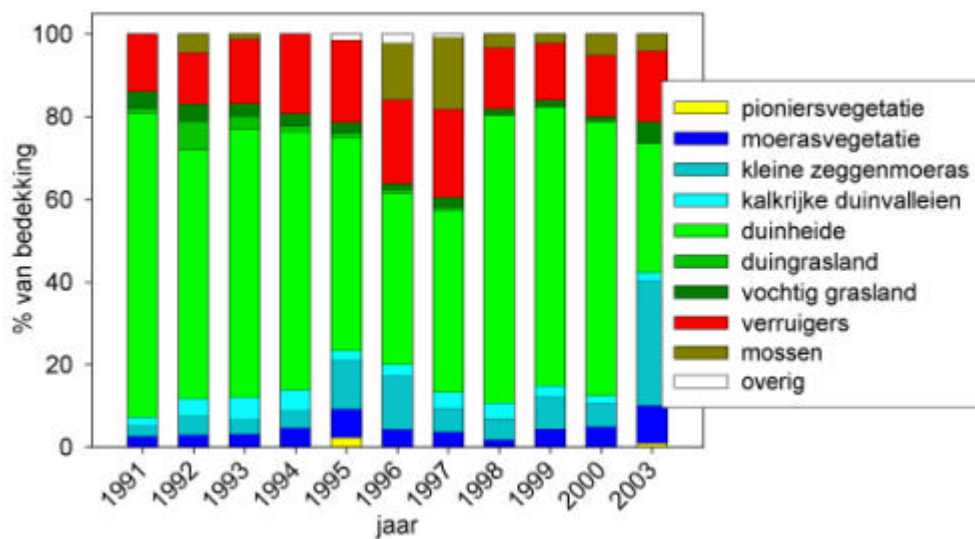
Soorten van kalkminnende duinvalleien (Knopbiesverbond) nemen tot 1994 sterk toe. Het gaat vooral om Knopbies, die in 1993 zijn hoogtepunt bereikte. Maar ook Vleeskleurige orchis, Moeraswespenorchis en Parnassia waren in het begin jaren aanwezig. Na het zeer natte jaar 1995 neemt Knopbies sterk af en verdwijnen soorten als Parnassia, Strandduizendguldenkruid en tijdelijk ook Dwergvlas en Dwergbloem. Oeverkruid neemt dan in een aantal kwadraten toe. Bladmossen namen al vanaf het begin een vrij groot aandeel van de vegetatie in (eerst Goudmos, daarna Puntmos). In 1995 is de bedekking van de moslaag niet goed ingeschat, vanwege de inundaties. Soorten van Duinheiden (Grote veenbes), verruigers (Duinriet en Kruiwilg) en Kleine zeggenmoerassen (Zwarte zegge, Waternavel) nemen daarna gestaag toe. Na de langdurige inundaties in 2001 en 2002 verdwijnen vrijwel alle soorten van kalkrijke duinvalleien en ook de pioniersoorten, behalve Oeverkruid. De soorten van zure Kleine zeggenmoerassen nemen nog verder toe.



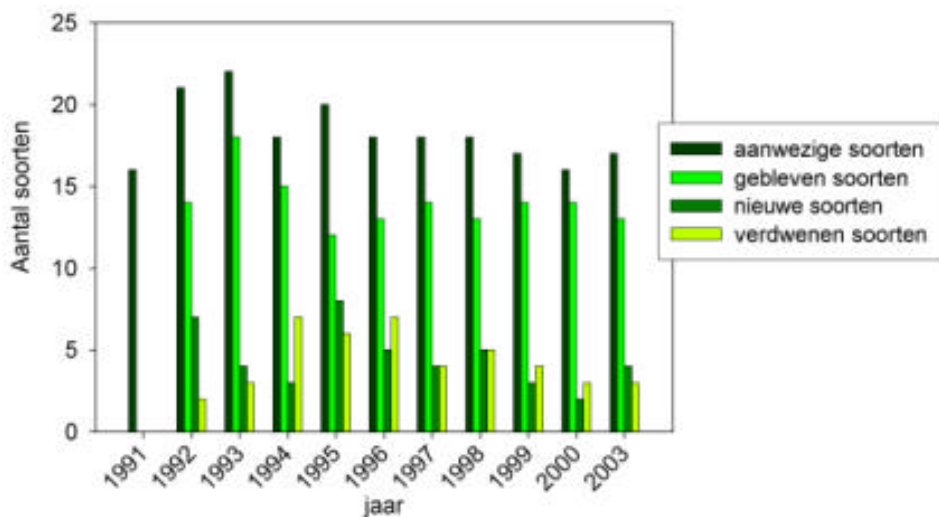
*Figuur 42* Overzicht van de 1986 plagproef in 2003. De door Knopbies gedomineerde vegetatie en begeleidende doelsoorten zijn geheel verdwenen en vervangen door een vegetatie van Duinriet, Kruiwilg, en Grote veenbes

### *Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie*

De soortenrijkdom is in 1991 zeer hoog en bereikt in 1992 zijn hoogtepunt. Daarna gaat het twee golfbewegingen naar beneden. In 1995 duikt de soortenrijkdom door de langdurige inundaties omlaag. Er verdwijnen ook veel meer soorten dan dat erbij komen. De vegetatie herstelt zich daarvan en bereikt in 1998 een nieuw hoogtepunt, die toch lager ligt dan dat van 1992. In 2003 is de soortenrijkdom op een dieptepunt beland, als gevolg van de langdurige inundaties in 2001 en 2002. In tegenstelling tot de plagproef van 1990 komen er niet veel soorten bij. De vegetatie lijkt vrij stabiel.



Figuur 43 Ontwikkeling van de verschillende ecologische soortengroepen in het plagstadium van 1956 in de Koegelwiek(1991-2003).



Figuur 44 Verandering in het aantal soorten, gebleven soorten, nieuwe soorten en verdwenen soorten in het plagstadium van 1956 in de Koegelwiek (1991-2003).

## Plagproef 1956

### *Ecologische groepen*

De vegetatie in de plagproef van 1956 werd de gehele onderzoeksperiode gedomineerd door soorten van zure duinheiden en wel met name Grote veenbes (Fig. 43). Tot 1994 haalde ook Dopheide nog een redelijk hoge bedekking (5-20%).. Soorten van kalkminnende duinvaleien, zoals Knopbies, Moeraswespenorchis komen tot 1994 nog in geringe aantallen voor, maar na het natte jaar 1995 verdwijnen ze definitief. Verder is de vegetatie qua soorten opvallend stabiel. In 1996/1997 ontwikkelen zich nog wat mossoorten, maar dit is ook van korte duur.



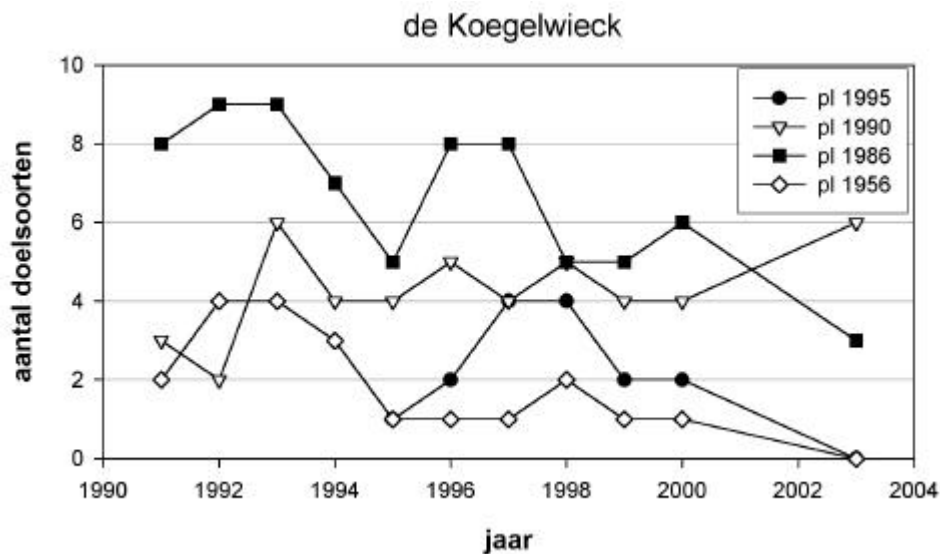
*Figuur 45* Overzicht van de 1956 plagproef (rechts), met in het midden de oude afvoersloot, en links een nooit geplagde vegetatie. De vegetatie wordt daar gedomineerd door Grote veenbes en Kruiwilg.

### *Soortenrijkdom, Immigratie, Emigratie*

De soortenrijkdom is ook hier in 1992 op een hoogtepunt, en neemt dan langzaam af (Fig. 44). Er verdwijnen meer soorten in de periode 1993-1995 dan ervoor en ernaar. Deze periode omvat zowel droge als natte jaren, dus een duidelijke relatie met de weersomstandigheden is er niet. Waarschijnlijk heeft de verzuring van de bodem een zodanig niveau bereikt dat de typische duinvaleisoorten afhaken. De laatste 5-6 jaar is het soortenaantal vrij stabiel en ook wat betreft het verschijnen en verdwijnen van soorten gebeurt er niet veel. De vegetatie lijkt zeer stabiel.

### *Ontwikkeling Doelsoorten*

De ontwikkeling van doelsoorten in de verschillende plagexperimenten is aangegeven in figuur 46. Doelsoorten zijn veelal Rode Lijstsoorten, maar de hier gebruikte lijst wijkt enigszins af van de officiële Rode Lijst. Soorten als Duinrus, Wateraardbei kunnen op de Waddeneilanden niet als doelsoort worden beschouwd, ondanks dat ze landelijk bedreigd of zeldzaam zijn. Voor de hier gehanteerde lijst verwijzen we naar Grootjans e.a. (2002).



Figuur 46 Ontwikkeling van doelsoorten in de 4 verschillende plagexperimenten in de Koegelwieck, gemeten in permanente kwadraten.

De plagproef van 1986 heeft in 1992 en 1993, dus 7-8 jaar na plaggen een heel goed resultaat. Vrijwel alle doelsoorten van kalkrijke duinvalleien, die voor de oorlog in de Koegelwieck gevonden werden, keren na plaggen terug. Daarna gaat het vrij snel bergafwaarts. Vooral de natte jaren 1995, 2001 en 2002 hebben desastreus effect op de soorten van het Knopbiesverbond.

De oudere plagproef van 1956 had in 1991 nog maar heel weinig doelsoorten. Knopbies, Moeraswespenorchis en Noordse rus, kwamen nog in geringe aantallen voor, maar ook deze verdwenen al vrij snel. In 2003 waren alle doelsoorten verdwenen.

De jongste plagproef van 1995 had 4 jaar na plaggen nog maar een beperkt aantal doelsoorten. Dwergzegge, Dwergvlas Moeraswespenorchis wisten het gebied wel te bereiken, maar bleven niet lang. In 2003 waren alle doelsoorten uit de permanente kwadraten verdwenen. Daarbuiten werd alleen nog Noordse rus en Ondergedoken moeras scherm aangetroffen.

Allen in de plagproef van 1990 bleven in 2003 nog een redelijk aantal doelsoorten over. Het waren vooral soorten van het Oeverkruid en het Dwergbiezenverbond die het goed deden. Soorten van het Knopbiesverbond namen aanvankelijk langzaam toe, maar waren in 2003 op een enkel exemplaar van Knopbies na, allemaal verdwenen. Oeverkruid breidt zich nu snel uit.

Het geheel overziend blijken de doelsoorten in de ondiep geplagde 1986 plagproef, met een restant organische stof en vermoedelijk ook een goed gevulde zaadbank, zich snel te ontwikkelen, mede dankzij een aantal droge jaren. De ontwikkeling in de dieper geplagde plagproef van 1990 gaat langzamer en het aantal doelsoorten bereikt nooit het maximum van de 1986 plagproef. Het aantal doelsoorten in de (ondiepe) plagproef van 1995 blijft sterk bij de verwachtingen achter. Oeverkruid weet de plagproef niet te bereiken en de natte jaren 2001 en 2002 verhinderen de vestiging van soorten van het Knopbiesverbond. De laatste jaren duurt het dus langer voordat doelsoorten zich in plagproeven vestigen en het aantal gevestigde soorten wordt steeds geringer.

## 4 Evaluatie van de maatregelen

### 4.1 De valleien langs de Moksloot

#### *Soortenrijkdom sterk toegenomen*

De herstelmaatregelen in de valleien rond de Moksloot zijn over het algemeen zeer succesvol geweest. In totaal vestigden zich in de geplagde delen 27 Rode Lijstsoorten, waarvan de helft in meer dan 5 valleien werd gevonden (Bruin & van der Spek, 2000). Het op grote schaal verwijderen van de top laag zoals toegepast in de Moksloot heeft in 1994 de zaadbank grotendeels verwijderd. Ondanks dat vestigden zich direct na het plaggen grote aantallen soorten. Soorten die abundant waren in de zaadbank, met name *Juncacea*, kwamen echter in 1994 ook zeer frequent op in de geplagde stukken. De soortenrijkdom in de geplagde kwadraten was in 1994 meestal hoger dan in de niet geplagde delen. De omstandigheden na plaggen waren duidelijk geschikt geworden voor kolonisatie van zeer veel soorten van uiteenlopende milieuomstandigheden. Deze soorten waren in de onmiddellijke omgeving aanwezig en werden blijkbaar goed verspreid. Het meest soortenrijke kwadraat wordt regelmatig overstroomd, en ligt dicht bij een zeer soortenrijke moerasvegetatie, die bovendien sterk wordt begraasd door vee en door ganzen. De geïsoleerde kwadraten (Heidevallei en Cladiumvallei) starten in 1994 met een lagere soortenrijkdom, maar in de jaren daarna stijgt het aantal soorten bijna lineair. Zelfs in de geïsoleerde Cladiumvallei die niet wordt begraasd door vee (wel door konijnen), neemt de soortenrijkdom zeer snel toe. Waarschijnlijk zijn andere verspreidingsfactoren, zoals verspreiding door wind, vogels of beesten eveneens actief. De soortenrijkdom neemt in vrijwel alle valleien na 1998/1999 weer af. In sommige geïsoleerde valleien, zoals het Kapevlak en de Cladiumvallei zelfs heel sterk. In die valleien verdwijnen vooral de soorten van droge duinen of voedselrijke graslanden, dus vooral soorten die niet aan het duinvalleimilieu zijn aangepast. In de met oppervlaktewater overstroomde valleien blijft de soortenrijkdom toch nog vrij hoog.

#### **Grondwater voeding neemt weer toe**

Individuele verschillen tussen de valleien worden duidelijker aan het eind van de monitorperiode. De met oppervlaktewater overstroomde grote valleien hebben dan de hoogste soortdiversiteit en het hoogste aantal Rode lijstsoorten. Verschillen tussen de valleien worden ook duidelijk in de gemiddelde bedekking van afzonderlijke soorten en in de gemiddelde totale bedekking van de vegetatie. Sommige soorten van late successiestadia als Duinriet en Kruiwilg laten een gestage groei zien in valleien die zijn geëutrofeerd door vogels of vee, maar worden duidelijk in hun groei beperkt door grondwatergevoede valleien, zoals het Kapevlak, of in valleien die sterk worden begraasd. Deze verschillen beginnen ook door te werken in de bovengrondse biomassa en de hoeveelheid organische stof in de bodem. In 2003 had het Kapevlak, die sterk door grondwater wordt beïnvloed, de laagste hoeveelheid organische stof in de bodem. Uit regelmatige metingen van de bodem-pH komt naar voren dat deze in verschillende valleien toeneemt. Dit wordt wellicht veroorzaakt door een toenemende voeding met basenrijk grondwater vanuit het Loodsmansduin, nadat de grondwaterwinning aldaar gestopt is.

### **Begrazing houdt de verzuivering tegen**

Begrazing door konijnen is in een aantal geïsoleerde valleien van groot belang, althans in de eerste drie jaren na het plaggen; ongeveer 50% van de bovengrondse biomassa werd in de onderzoeksperiode door konijnen weggevreten. Het effect van begrazing door vee is in het Kapevlak en de Bollekamer gemeten tussen 1998 en 2001. Het bleek dat het vee 68% van de biomassa in de Bollekamer had weggevreten en 70% in het Kapevlak. In de Bollekamer had begrazing ook een significant effect op de biomassaontwikkeling van Riet. Beide valleien worden niet eens zeer intensief begraasd. Het lijkt erop dat in het Groote vlak en het Pompevlak de begrazing lokaal veel intensiever is, maar we hebben daar geen metingen van. Wat wel duidelijk is in het Groote vlak dat door begrazing daar een mesotroof Grote zeggenmoeras met Tweerijige zegge, Grote boterbloem en Waterdrieblad vrijwel geheel vervangen is door een monocultuur van Gele lis. Hoewel dit een erg fraai gezicht kan zijn als de lissen bloeien, betekent dit een verlies van Rode Lijstsoorten. Desondanks heeft de begrazing er zeer waarschijnlijk voor gezorgd dat minstens 70% van de biomassa door het vee wordt verwijderd over een periode van 3 jaar gezien. Was dit blijven staan dan had dit waarschijnlijk een sterk negatief effect op het voorkomen van doelsoorten gehad. Nu blijft de vegetatie redelijk open in de meeste valleien en is het aantal doelsoorten nog steeds hoog. Aggenbach & Jansen (2003) wijzen in hun rapport over OBN-Monitoring in de Middelduinen op negatieve effecten van begrazing. Begrazing lijkt in hun onderzoeksgebieden de verzuivering niet tegen te gaan. Zij bevelen dan ook een maai-beheer aan. In de valleien rond de Moksloot wordt, echter niet met gewoon vee begraasd, maar met Schotse Hooglanders. Deze dieren lijken natte delen niet te mijden en houden de vegetatie zelfs in de meest geïnundeerde delen van het Groote Vlak en het Pompevlak redelijk kort.

## **4.2 De Koegelwieck**

### *Aanvankelijk succesvolle ontwikkeling, later snelle neergang van Knopbiesvegetaties*

Het plaggen van de Koegelwieck is in het begin van de onderzoeksperiode in sommige plagproeven vrij succesvol geweest voor de ontwikkeling van Knopbies- en andere basenminnende (pionier)vegetaties. Aan het eind van de onderzoeksperiode, bleken de doelsoorten van kalkminnende duinvegetaties vrijwel overal te zijn verdwenen, als gevolg van de uitzonderlijk lange inundaties in de jaren 2001 en 2002. In de plagproef van 1990 hebben de basenminnende soorten sterk te lijden gehad van de langdurige inundaties van 1995, 2001 en 2002. Slechts Rode Lijstsoorten van zwak gebufferde pioniermilieus hebben zich daarvan hersteld of hebben ervan geprofiteerd. Vooral Oeverkruid heeft zich heel sterk ontwikkeld. De vegetatie die zich in 1991 in deze plagproef ontwikkelde, is grotendeels een afspiegeling van de zaadbank in de niet geplagde delen. De meeste basenminnende Rode Lijstsoorten hebben een kortlevende zaadbank en moesten zich vanuit moederplanten uit de onmiddellijke omgeving van de plagproef vestigen. Deze soorten verschijnen later, en in geringe aantallen, en zijn later door de langdurige inundaties ook weer allemaal verdwenen.

### *Doch stapeling van organische stof in 1990 plagproef blijft heel gering*

Na dertien resp. negen jaar is de stapeling van organische stof in de in 1990 en 1995 geplagde delen nog uiterst gering, terwijl de pH op een voldoende hoog niveau blijft (ongeveer 6-6,5). In de plagproef van 1986 daarentegen was het organische stofgehalte bij de eerste meting in 1991 al veel hoger. De pH blijkt hier bij de laatste meting (2003) zelfs naar 5 te zijn gedaald. De stapeling van organische stof is hier lokaal veel minder snel dan eerder werd afgeleid uit een ruimtelijke vergelijking van plagproeven. Er is in 1986 naar schatting ruim 1 kg/m<sup>2</sup> organische stof blijven liggen na het plaggen. Waarschijnlijk stapelt op de plekken waar vroeger Knopbiespollen stonden veel sneller dan plekken daartussen in. De metingen van de organische stof in 2003 vielen namelijk in twee duidelijk verschillende groepen uiteen. Een groep had rond de 10% organische stof, terwijl de andere bijna twee maal zoveel had. Het is daarom gunstig dat de plagproeven van 1990 en 1995 dieper zijn uitgegraven dan de



plagproeven van 1986. Hoewel ondiep plaggen een snelle regeneratie van Knopbiesvegetaties heeft gestimuleerd, vermoedelijk omdat een groot deel van de zaadbank is blijven liggen en veel doelsoorten het ook beter doen bij de beschikbaarheid van weinig organische stof. Na tien jaar was de Knopbiesvegetatie in deze plagproef alweer sterk op zijn retour. Soorten van oudere en zuurdere successiestadia nemen nog steeds sterk in bedekking toe, terwijl de karakteristieke basenminnende duinvallei-soorten verdwijnen. De natte jaren 1995, 2001 en 2002, hadden vervolgens een buitengewoon negatief effect op soorten van het Knopbiesverbond; er bleef welgeteld 1 Knopbiespol over in de plagproef van 1990. In deze 13 jaar oude plagproef ontwikkelde zich wel massaal een vegetatie van Oeverkruid. In de 1995 plagproef vestigden zich nauwelijks doelsoorten van kalkminnende duinvalleien en ook de zwakzure pioniers, zoals Oeverkruid kwamen niet.

*Hydrologisch systeem Koegelwieck is structureel veranderd*

Het hydrologisch systeem van de Koegelwieck is een sturende factor gebleken bij de goede regeneratie na het plaggen. De Koegelwieck is een kwelvallei, die onder zeer natte omstandigheden basenrijk water uit de omgeving ontvangt. Slechts bij een geringe opbouw van organische stof is ook de productie van verzurende stoffen gering en blijft de pH in de toplaag op een hoog niveau gebufferd (Sival 1996). Het bufferend vermogen van de bodem zelf is uitermate gering omdat hij reeds lang geleden ontkalkt en ontijzerd is. De hydrologie functioneert tegenwoordig om verschillende redenen minder optimaal dan in het verleden. Structurele veranderingen in de hydrologie t.o.v de situatie van pak weg 1920-1948, toen er in de Koegelwieck een goed ontwikkelde Knopbiesvegetatie aanwezig was, zijn:

- (i) Kustafslag.
- (ii) Bosaanplant.
- (iii) Drainage van graslanden en bossen in het achterland.
- (iv) Meer natte jaren met veel neerslag.
- (v) Verdwijnen van een afvoer van oppervlaktewater.

- Ad (i) De kustlijn is ca. 200 meter opgeschoven naar het binnenland als gevolg van kusterosie (Bakker e.a. 1979). Dit heeft geleid tot een minder sterke opbolling van de grondwaterstand in het binnenland en dus tot een verminderde toevoer van grondwater naar de Koegelwieck.
- Ad (ii) Bosaanplant en de algemene toename van begroeiing in het duingebied hebben de verdamping sterk doen toenemen. Dit betekende een afname van de grondwatervoeding naar de Koegelwieck.
- Ad (iii) Ontwatering van de graslanden in het infiltratiegebied van de Koegelwieck hebben de toevoer van grondwater verminderd .
- Ad (iv) De extreem natte jaren 1995, 2001 en 2002 hebben weliswaar de toevoer van grondwater naar de Koegelwieck vergroot, maar de direct gevallen neerslag heeft tevens gezorgd voor langdurige inundaties, waarbij de meeste doelsoorten niet konden uitwijken naar hoger gelegen gebieden, omdat die met struiken en dichte vegetatie begroeid waren.
- Ad (v) Vroeger was er een sloot aanwezig in de Koegelwieck (Fig. 39) die een deel van het neerslagwater oppervlakkig afvoerde. Nu die er niet meer is komt de volle invloed van de natte jaren tot uitdrukking. Voor de doelvegetatie (Knopbiesvegetatie) zijn deze inundaties veel te langdurend (Grootjans e.a. 1995).

Deze combinatie van ontwikkelingen betekenen feitelijk dat het in de Koegelwieck niet meer mogelijk is om basenminnende pioniervegetaties te ontwikkelen, die decennia-lang in een pioniersfase blijven steken. Het hydrologische systeem van de Koegelwieck is daarvoor niet meer geschikt. Met de toename van het aantal zeer natte jaren, neemt de inundatiefrequentie toe. Hierdoor ontstaan wel betere omstandigheden voor pioniervegetaties van zwakzure wateren. De 1990 plagproef laat dit heel mooi zien. Na 13 jaar heeft zich daar een zeer mooi voorbeeld van het Oeverkruidverbond ontwikkeld. Dit is de enige plek nu waar zich nog Rode

Lijstsoorten bevinden, allemaal van zwak gebufferde wateren en van het Dwergbiezen verbond. De stapeling is hier over een groot oppervlak zeer gering. Alleen in de voormalige sloot ontwikkelt zich een dichte Rietvegetatie, die ook snel organische stof stapelt.

Het is dus duidelijk dat diep plaggen onder de huidige omstandigheden wel een optie is, maar ondiep plaggen niet (meer). Het is natuurlijk wel mogelijk, en ook zeer waarschijnlijk, dat als gevolg van de zeer droge zomer van 2003, volgend jaar of de jaren daarna ineens weer soorten van het Knobbiesverbond opduiken. Toch is het ook even waarschijnlijk dat die onder invloed van weer een zeer natte zomer of voorjaar weer snel het loodje leggen door sterke inundaties.

#### **Langjarige Monitoring noodzaak**

Het langjarig volgen van de ontwikkelingen van relatief grootschalige natuurontwikkelingsprojecten in het duingebied is eigenlijk een voorwaarde voor een adequate evaluatie van deze projecten. Een evaluatie na 3-5 jaar is eigenlijk altijd positief als we kijken naar het verschijnen van bedreigde pioniersoorten na het plaggen. Indien de doelsoorten, na 5 jaar nog niet verschenen zijn, kan men gerust concluderen dat men een minder geschikte locatie heeft uitgezocht voor het herstellen van een typische duinvalleivegetatie.. Vrij kort na het plaggen verschijnen er behalve soorten uit de resterende zaadbank, ook grote aantallen soorten uit de omliggende vegetatie en zelfs veel soorten die vroeger in de vallei of zelf het hele eiland nooit werden waargenomen. Veel van deze soorten zijn niet goed aangepast aan het duinvalleimilieu, althans zullen de competitie met beter aangepaste soorten verliezen. Dat zien we duidelijk in de Moksloot valleien, waar de soortenrijkdom in het begin na plaggen vrijwel lineair toeneemt, maar na 4-6 jaren even snel weer daalt, tot een niveau die past bij een nieuwe stabiele vegetatie. Een kort durende waarnemingsreeks kan dus wel laten zien dat bijvoorbeeld de zaadbanken van een vroegere vegetatie goed 'gevolgd' zijn, of dat verspreidingsmechanismen goed functioneren, maar niet of de maatregelen succesvol zullen zijn.

Veel doelsoorten van kalkrijke duinvalleien maken echter geen langlevende zaadbank (Bekker et al. 1999). Het kan dus verscheidene jaren duren voordat het natuurontwikkelingsgebied bereikt wordt en het duurt veelal dan nog langer voordat een populatie een zekere omvang heeft bereikt. Een evaluatie of een project succesvol dan wel een mislukking is geweest, moet dus feitelijk gebaseerd worden op de vraag of er voor langere tijd populaties van doelsoorten in de nieuwe situatie kunnen overleven. Bij een plagexperiment wordt normaliteit een evenwicht na 5-7 jaar nog niet bereikt. Dit wordt veroorzaakt door het optreden van natte en droge jaren. Door extreme weersomstandigheden kan de successie sterk onderbroken worden en als het ware worden teruggezet in een eerder stadium. Deze 'resetting' trad in de Moksloot met name op in 1997, wat een vrij droog voorjaar was, maar waarin in het vroege voorjaar extreme vorstperioden voorkwamen, die veel soorten fataal werd. Daarna duurde het nog ca. 3 jaren voordat zich een nieuw evenwicht had ingesteld wat betreft het verschijnen en verdwijnen van soorten. Zeker in het geval van de Koegelwieck had een kortere waarnemingsperiode tot een veel te optimistische evaluatie geleid.

### **4.3 Perspectieven voor plaggen van natte duinvalleien**

Grootjans et al. geven een overzicht van successen en mislukkingen van duinvalleiherstel in Nederland, gebaseerd op waarnemingsreeksen van meer dan 8 jaar. De meest bekende voorbeelden van mislukkingen zijn natuurontwikkelingsprojecten op plaatsen waar nooit doelvegetaties hebben bestaan. Niet zelden moest er, bijvoorbeeld ten behoeve van de kustverdediging ergens zand gewonnen worden, of men probeerde ter compensatie van schade aan bestaande natuur, ergens anders de bedreigde vegetatietypen opnieuw te laten ontstaan.

Het omvangrijke natuurontwikkelingsproject in de Mokslootvallei (ca. 35 ha.) is in veel opzichten heel succesvol te noemen. Na het stopzetten van de winning is de toevoer van grondwater naar de valleien toegenomen. Dit valt af te leiden uit de steeds stijgende pH's in de valleien sinds 1994, vooral in de vroegere zure valleien, maar ook in de valleien die in 1994 al een grondwater voeding hadden. De dispersiemechanismen waren in de meeste valleien zeer effectief, vooral in de overstromde en laaggelegen valleien. In de geïsoleerde valleien duurde de kolonisatiefase veel langer. Uit de door SBB uitgevoerde inventarisaties op het niveau van hele valleien (Bruin 2001), blijkt dat het aantal Rode Lijstsoorten na ca. 6-7 jaren niet meer toeneemt op het niveau van een gehele vallei. Er heeft zich dus een zeker evenwicht ingesteld.

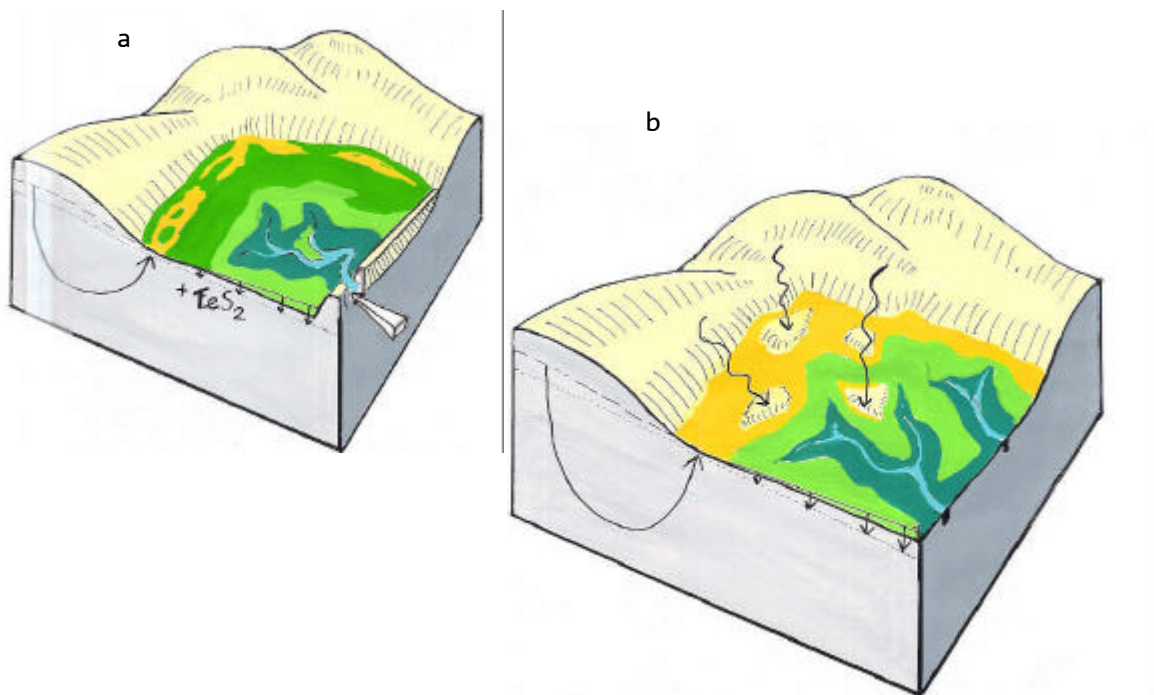
Uit onze eigen waarnemingen komt in de meeste valleien het beeld naar voren dat zich, met name de laatste jaren, een evenwicht heeft ingesteld. De soortenrijkdom is nu op een veel lager niveau dan in het begin, maar wel hoger dan de uitgangssituatie in 1993. In veel valleien zijn ook veel Rode Lijstsoorten nieuw verschenen en toegenomen. Het is te verwachten dat in de toekomst de snelheid van successie sterk gaat verschillen, gelet op de snelheid van organische stofstapeling. In de grondwatergevoede vallei Kapevlak is de stapeling van organische stof nog heel gering, maar in het Grootte Vlak en het Pompevlak is de stapeling vrij snel. Of de begrazing in staat zal zijn om de biomassaontwikkeling in de valleien overal op een laag niveau te houden, is onduidelijk, maar zonder begrazing waren grote delen van de Moksloten nu sterk verruigd.

Wat de Koegelwieck betreft, kan gesteld worden dat het ontwikkelen van mesotrofe pioniervegetaties van zwakzure wateren goed gelukt is, maar dat de ontwikkeling van soortenrijke kalkrijke duinvalleivegetaties maar heel kortstondig succesvol is geweest. De extreem natte jaren 1995, 2001 en 2002 hebben de ontwikkeling daarvan eerst kortstondig onderbroken (1995), en vervolgens geheel gestopt. Het ondiep plaggen in 1986 heeft weliswaar tot een snelle regeneratie van basenminnende doelsoorten geleid onder klimatologische gunstige omstandigheden (niet te nat, en niet te droog), maar in na een serie natte jaren bleek dat deze vegetatie zich toch niet langjarig kon handhaven in de Koegelwieck.

Wil men de overlevingsmogelijkheden van soorten van kalkrijke duinvalleien met behulp van plaggen vergroten, dan biedt grootschalig plaggen, betere mogelijkheden dan kleinschalig plaggen. Dit laatste kan, mits op een plekken waar tot voor kort de soorten nog voorkwamen, een relatief kortstondig positief effect opleveren. In de toekomst mag men echter verwachten dat de frequentie van extreem natte of extreem droge jaren zal toenemen. Om de effecten daarvan ruimtelijk te kunnen opvangen, zal men veel grootschaliger moeten plaggen, waarbij ook de hogere duinvalleigedeelten zo veel mogelijk zouden moeten worden meegenomen. Typische Knopbies vegetaties hebben in de toekomst een veel grotere uitwijkmogelijkheid nodig om extreem natte of droge jaren te overleven. Het is ook zeer de vraag of de dispersiemechanismen in veel gebieden wel optimaal functioneren. In de Koegelwieck was hiervan, ondanks het optreden van inundaties, niet echt sprake. Ook de mogelijkheden om verzuring tegen te gaan wordt in veel valleien steeds moeilijker. Door ouderdom en dus ontkalking, neemt de verzuring jaar na jaar toe. Zelfs al zou de depositie van verzurende stoffen snel minder worden, dan houdt die de verzuring niet tegen. Het opnieuw laten verstuiwen van duingebieden rond nieuwe natuurontwikkelingsgebieden, is wel een mogelijk effectief middel om de verzuring in oude valleien tegen te gaan. De verzuring in een gedegradeerde vallei op Schiermonnikoog (Hertenbos) werd in de 90-er jaren effectief gestopt door inwaaierend kalkrijk zand uit een naastliggende zandverstuiving (Everts, e.a. 1998). Soorten als Parnassia, en Moeraswespenorchis breiden zich daar bij een maaibeheer weer sterk uit.

Grootschalig plaggen zou dus geïntegreerd moeten worden met een nieuwe landschapsontwikkeling op basis van natuurlijke processen, zoals duinvorming en een natuurlijke afwatering in het duingebied. Het stimuleren van dergelijke processen heeft met name in gebieden waar een flexibele kunstdefensie wordt voorgenomen veel kansen. In de Koegelwieck, bijvoorbeeld, zal het laten verstuiwen van de eerste

duinenrij uiteindelijk tot gevolg hebben dat het Noordzeewater de Koegelwieck weer kan bereiken. In dit sterk verouderde en verzuurde gebied met een sterke ophoping van organische stof in bodem en vegetatie, zal dit waarschijnlijk een verwoestend effect hebben op flora, fauna en vegetatie. De effecten van hernieuwde instroming van zeewater, zouden daarentegen positief kunnen zijn in een voedselarm gebied met een sterke invloed van stuivend zand. Figuur 47 geeft de situatie weer van een doorbraak in een stuifdijk, waarbij naast zoute en brakke vegetaties (blauw en lichtgroen, ook een sterke eutrofiering optreedt naar dichte Riet vegetaties (groen), met daarin wellicht relicten van basenminnende duinvalleivegetaties (geel). De eutrofiering wordt veroorzaakt door afsterven van de bestaande vegetatie in combinatie met het overstromen met sulfaatrijk, basisch oppervlaktewater. Dit leidt tot een hoge beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en bovendien tot de vorming van pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) op plaatsen waar nog veel ijzer in de bodem aanwezig is. In de zomer kan dit bij lage waterstanden aanleiding geven tot sterke verzuring als gevolg van oxidatie van pyriet. Stuivend kalkrijk zand kan ook deze verzuring bufferen. Bovendien kan een sterke verstuiving kalkrijke duinvalleivegetaties waarschijnlijk vrij lang in stand houden doordat het steeds weer pionierstandplaatsen creëert.



*Figuur 47 Mogelijke vegetatieontwikkeling in een door stuifdijken omgeven duinvallei na een doorbraak van de zee, waarna er onder invloed van inundaties met sulfaatrijk oppervlakte water pyriet gevormd kan worden. Pyriet kan bij lage waterstanden een sterke verzuring veroorzaken in ontkalkte infiltratiegebieden (Fig. 47a). In kwelgebieden kunnen nog wel basenminnende duinvalleivegetaties blijven bestaan, mits ze regelmatig gemaaid worden. In figuur 47b is de situatie weergegeven van een duinvallei met binnentredend zeewater zonder een stuifdijk, maar met een sterke invloed van stuivend kalkrijk zand. In deze situatie zijn de ontwikkelingsmogelijkheden voor kalkrijke duinvalleivegetaties veel gunstiger.*

# Literatuur

- Aggenbach, C.S.J. en M.H. Jalink (2001): Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Waddendistrict. Deel 6 uit de serie Indicatorsoorten. SBB Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen (2003): OBN-Monitoring Middelduinen, Stroothuizen, Punthuizen en Lemselermaten. Eindrapportage monitotingsperiode 1990-2003. Rapport KIWA, KWR 03.016.
- Adema, E.B. (2002): Alternative stable states in dune slack succession. Proefschrift RU-Groningen.
- Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & F.J Van Zadelhoff (1979): Duinen en duinvalleien. Een landschaps-oecologische studie van het Nederlandse duingebied, Pudoc Wageningen.
- Bekker, R.M., Lammerts, E.J., Schutter, A., & Grootjans, A.P. (1999): Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. *Journal of Vegetation Science* 10: 745-754.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen, M.J.R. Cals en J.G.M. Roelofs (1993): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma, 1e fase. Universiteit Nijmegen.
- Berg, G. & M. Sagel (1995): Natuurontwikkeling door middel van plaggen in de valleien langs de Moksloot op Texel. Dokeraalverslag Laboratorium voor Plantenoecologie, RU-Groningen.
- Beukeboom, T.H.J.(1976): The Hydrology of the Frisian Islands. Proefschrift VU-Amsterdam.
- Brouwer, E., R. Bobbink, J.G.M. Roelofs en G.M. Verheggen (1996): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitorings-programma tweede fase. Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Nijmegen.
- Bruin, C.J.W. (2001): Natuurherstel in het Mokslootgebied op Texel. *De Levende Natuur* 102: 134-139.
- Bruin, C..J.W. & E. van der Spek (2000): Botanische Evaluatie Mokslootproject. Uitgave SBB Texel.
- Cappers, R.T.J. (1994): Seed dispersal by water: a contribution to the interpretation of seed assemblages. In: An ecological characterization op plant macro-remains of Heveskesklooster (The Netherlands): a methodological approach. Proefschrift Groningen pp 53-74.
- De Graaf, M.C.C., P.J.M. Verbeek, M.J.R. Cals en J.G.M. Roelofs (1994): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heide en schraallanden. Eindrapport monitoringsprogramma 1e fase. Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Nijmegen.
- Dieren, J.W. van (1934): Organogene Dünenbildung, eine geomorphologische Analyse der ostfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Proefschrift Amsterdam, Nijhoff, den Haag.
- Ernst, W.H.O. and N.F. Van der Ham (1988): Population structure and rejuvenation potential of *Schoenus nigricans* in coastal wet dune slacks. *Acta Botanica Neerl.* 37(4): 451-465.
- Everts, F.H. & A.P. Grootjans ( 2000). Monitoringsonderzoek verdrogingsproject Schiermonnikoog 1993-1999. Laboratorium voor Plantenoecologie / Bureau Everts & De Vries e.a., Groningen
- Grootjans, A.P., Bijkerk, W., Everts, F.H., Hartog, P.S. & J. de Jong (1994): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 1ste fase 1991 -

1993. Laboratorium voor Plantenoecologie / Bureau Everts & De Vries e.a., Groningen. 42 pp.
- Grootjans, A.P., Lammerts, E.J. & F. van Beusekom (1995): Kalkrijke Duinvalleien op de Waddeneilanden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr 62. Utrecht, 175 pp.
- Grootjans, A.P., W. Bijkerk, F.H. Everts, M.E. Tolman, M. Jongman, R. Strijkstra, G. ter Heerdt, I. van Duren en J. de Jong (1997): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 2e fase 1994-1996. Laboratorium voor Plantenoecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.
- Grootjans, A.P., L.Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts (2001). Duinvalleirestauratie; successen en mislukkingen. Landschap !8: 185-198.
- Grootjans, A.P., Jongman, F.H. Everts, E.B. Adema, S. Verbeek & R. Loeb (2002): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 3e fase 1994-1996. Laboratorium voor Plantenoecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.
- Grootjans, A.P., L.Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts (2002). Restoration of wet dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 181-203. Ook in: Nienhuis, P.H. & R. Gulati (eds.), *Ecological restoration of aquatic ecosystems in the Netherlands*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hartog, P.S., Everts, F.H. & Grootjans, A.P. (1991): Vegetatiekartering van de Mokslootvallei (Texel). Everts & de Vries e.a., Groningen.
- Jansen, A.J.M. (1990): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring van natte schraallanden. Rapport KIWA SWO 90.244, Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., A.Th.W. Eijsink, A.P.Grootjans, E.J. Lammerts & F.P.Sival (1993): Zijn hydrologische ingrepen noodzakelijk voor het beheer van natte schraallanden? EGM symposium 1992 Nijmegen.
- Lammerts, E.J. (1999). Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. Proefschrift Universiteit Groningen.
- Lammerts E.J., Grootjans, A.P. 1998. Key environmental variables determining the occurrence and life span of basiphilous dune slack vegetation. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 369-392.
- Lammerts E.J., Pegtel, D.M., Grootjans, A.P. en Van der Veen, A. 1999. Nutrient limitation and vegetation change in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10: 11-122.
- Loeb, R. (2000). Verandering in fosforvormen in de bodem tijdens successie in natte duinvalleien op Terschelling. Intern verslag Departement Omgevingswetenschappen, Universiteit Wageningen.
- Sival, F.P. (1996): Mesotrophic basiphilous communities affected by soil properties in two dune slack chronosequences. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 95-106.
- Spek, E. van der (1995): Het Moksloot-project. Duin 18: 34-35.
- Stuyfzand, P.J., F. Lüers en A.P.Grootjans (1992): Hydrochemie en hydrologie van het Kapenglop, een natte duinvallei op Schiermonnikoog. KIWA, Nieuwegein, SWE 92.038.
- Ter Heerdt, G.N.J., Verweij, G.L., Bekker, R.M. & Bakker, J.P., (1996): An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology* 10-1.
- Van Delft, S.P.J, Jamsem, P.C. & R.H. Kemmers (2003): Effecten van hydrologische maatregelen tegen verzuring en vermessing op water, bodem en vegetatie in Groot Zandbrink. Alterra-Rapport 706, ISSN 1566-7197.
- Van der Hoek, D. (2003): Lange termijn effecten van plaggen en begreppelen op water, bodem en vegetatie van Schraalgraslanden in het Korenburgerveen. Rapport Universiteit Wageningen, Leerstoelgroep Natuurbeheer en Plantenoecologie.
- Van der Meulen, F., A.M. Kooijman, M.A.C. Veer en J.H. van Boxel (1996): Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 1. Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam.
- Westhoff, V. (1947): The vegetation of the Frisian islands of Texel, Vlieland and Terschelling, Proefschrift, Utrecht. Westhoff en den Held (1969): *Plantengemeenschappen van Nederland*. Thieme Zutphen.

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

### **Publicaties over de in dit rapport genoemde OBN-gebieden**

#### *Mokslootvallei*

- Berg, G. & M. Sagel (1995): Natuurontwikkeling door middel van plaggen in de valleien langs de Moksloot op Texel. Doktraalverslag Laboratorium voor Plantenoecologie, RU-Groningen.
- Bruin, C.J.W. (2001): Natuurherstel in het Mokslootgebied op Texel. De Levende Natuur 102: 134-139.
- Bruin, C.J.W. & E. van der Spek (2000). Botanische Evaluatie Mokslootproject. Uitgave SBB Texel.
- Grootjans, A.P., Lammerts, E.J. & F. van Beusekom (1995): Kalkrijke Duinvalleien op de Wadden-eilanden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr 62. Utrecht, 175 pp
- Grootjans, A.P., Bijkerk, W., Everts, F.H., Hartog, P.S. & J. de Jong (1994): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 1ste fase 1991 - 1993. Laboratorium voor Plantenoecologie / Bureau Everts & De Vries e.a., Groningen. 42 pp.
- Grootjans, A.P., W. Bijkerk, F.H. Everts, M.E. Tolman, M. Jongman, R. Strijkstra, G. ter Heerdt, I. van Duren en J. de Jong (1997): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 2e fase 1994-1996. Laboratorium voor Plantenoecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.
- Grootjans, A.P., Jongman, F.H. Everts, E.B. Adema, S. Verbeek & R. Loeb (2002): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 3e fase 1994-1996. Laboratorium voor Plantenoecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.
- Grootjans, A.P., L.Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts (2002). Restoration of wet dune slacks. In: Nienhuis, P.H. & R. Gulati (eds.), Ecological restoration of aquatic ecosystems in the Netherlands. Hydrobiologia 478: 181-203.
- Hartog, P.S., Everts, F.H. & Grootjans, A.P. (1991): Vegetatiekartering van de Mokslootvallei (Texel). Everts & de Vries e.a., Groningen.
- Jansen, A.J.M., A.Th.W. Eijssink, A.P.Grootjans, E.J. Lammerts & F.P.Sival (1993): Zijn hydrologische ingrepen noodzakelijk voor het bebeer van natte schraallanden? EGM symposium 1992 Nijmegen.
- Spek, E. van der (1995): Het Moksloot-project. Duin 18: 34-35.

#### *Koegelwieck*

- Adema, E.B. (2002): Alternative stable states in dune slack succession. Proefschrift RU-Groningen
- Bekker, R.M., Lammerts, E.J., Schutter, A., & Grootjans, A.P. (1999). Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. Journal of Vegetation Science 10: 745-754.
- Berendse, F., E.J. Lammerts & H. Olff (1998). Soil organic matter accumulation and its implications for nitrogen mineralization and plant species composition during succession in coastal dune slacks. Plant Ecology 137: 71-78.
- Grootjans, A.P., Lammerts, E.J. & F. van Beusekom (1995): Kalkrijke Duinvalleien op de Wadden-eilanden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr 62. Utrecht, 175 pp.
- Grootjans, A.P., Bijkerk, W., Everts, F.H., Hartog, P.S. & J. de Jong (1994): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 1ste fase 1991 - 1993. Laboratorium voor Plantenoecologie / Bureau Everts & De Vries e.a., Groningen. 42 pp.
- Grootjans, A.P., W. Bijkerk, F.H. Everts, M.E. Tolman, M. Jongman, R. Strijkstra, G. ter Heerdt, I. van Duren en J. de Jong (1997): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 2e fase 1994-1996. Lab. voor Plantenoecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.

- Grootjans, A.P., L.Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts (2001). Duinvalleirestauratie; successen en mislukkingen. *Landschap !8*: 185-198.
- Grootjans, A.P., Jongman, F.H. Everts, E.B. Adema, S. Verbeek & R. Loeb (2002): Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring. Eindrapport 3e fase 1994-1996. Laboratorium voor Plantenecologie/Bureau Everts & de Vries, Groningen.
- Grootjans, A.P., L.Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts (2002). Restoration of wet dune slacks. In: Nienhuis, P.H. & R. Gulati (eds.), *Ecological restoration of aquatic ecosystems in the Netherlands*. *Hydrobiologia* 478: 181-203.
- Grootjans, A.P., Adema, E.B., Bekker, R.M. & Lammerts, E.J. (2004): Why young coastal dune slacks sustain a high biodiversity. In: Martinez et al. (eds.) *Coastal sand dunes and restoration*. Springer Verlag Berlin (in press).
- Lammerts, E.J. (1999). Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. Proefschrift Universiteit Groningen.
- Lammerts, E.J., D.M. Pegtel, A.P.Grootjans, & A. van der Veen (1999). Nutrient limitation and vegetation changes in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10: 111-122.
- Loeb, R. (2000). Verandering in fosforvormen in de bodem tijdens successie in natte duinvalleien op Terschelling. Intern verslag Departement Omgevingswetenschappen, Wageningen Universiteit.
- Sival, F.P. (1996): Mesotrophic basiphilous communities affected by soil properties in two dune slack chronosequences. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 95-106.
- Sival, F.P. & M. Strijkstra-Kalk (1999). Atmospheric deposition of acidifying and eutrophicated substances and its effects on dune slack vegetation. *Water and Air Pollution*
- Van Delft, S.P.J. (1995): Humus en bodemprofielen in natte schraalgraslanden. Resultaten van een bodemkundig onderzoek in 13 (EGM) referentiegebieden. Rapport Staring Centrum, SC-DLO, rapport 309.