

# **SLUFTERS EN RODE LIJSTSOORTEN OP SCHIERMONNIKOOG**

**Een analyse van de vegetatieontwikkelingen in de Strandvlakte  
en het gebied rond de Oosterduinen tussen 1958 en 1994**

**A.P. Grootjans, J.W.de Jong & J.A.M.Janssen**

**Februari 1999**

in opdracht van:

**Vereniging tot Behoud van  
Natuurmonumenten**

uitgevoerd door:

**Laboratorium voor Plantenoecologie  
Rijksuniversiteit Groningen**

## Kolofon

samenstelling:

A.P.Grootjans<sup>1</sup>  
J.W. de Jong<sup>2</sup>  
J.A.M. Janssen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium voor Plantenoecologie  
Kerklaan 30  
Postbus 14  
9750 AA Haren  
telnr. 050 - 3632229  
telefax 050 - 3632273

<sup>2</sup> Bureau Everts & De Vries e.a.,  
Kleine Rozenstraat 11  
Postbus 1537  
9701 BM Groningen  
telnr. 050 - 3181137  
telefax 050 - 3181304

<sup>3</sup> Meetkundige Dienst  
Rijkswaterstaat  
Postbus 5023  
2600 GA Delft  
telnr. 015 - 2691111  
telefax 015 - 2618962

© RUGroningen

De tekst en de figuren van dit rapport  
mogen niet worden gereproduceerd, in het  
geheel of delen, door fotokopie of druk  
of andere middelen, zonder toestemming  
van de auteurs en opdrachtgever.

## SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de vegetatieontwikkeling tussen 1958 en 1994 in de Strandvlakte van Schiermonnikoog alsmede in het voormalige slufteergebied rond de Oosterduinen. Dit laatste gebied bestond uit een lage zeereep waarvan de jonge duintjes doorsneden werden door een reeks van slufteergeulen, zodat zeewater vrije toegang had tot de achterduinse slufteervlakte, ook wel 'groen strand' genoemd. Dit groene strand was destijds rijk aan zoet/zout gradiënten. Een vegetatiekaart van 1958 laat zien dat zich hier een heel scala aan vegetatie typen had ontwikkeld; jonge pioniervegetaties met zeer veel Rode Lijstsoorten, maar ook kweldervegetaties die omzoomd waren door zoete duinvalleivegetaties.

De huidige Strandvlakte ligt ten noorden van dit voormalige slufteergebied en is ontstaan als gevolg van een gedeeltelijke afsnoering van het oude Oosterstrand door de Stuifdijk die in de periode 1957-1959 werd aangelegd. Deze Stuifdijk reduceerde het zandtransport naar het voormalige slufteergebied en voorkwam tevens een regelmatige doorstroming van de slufteergeulen met Noordzeewater. Hierdoor werd een remming van de vegetatiesuccessie opgeheven en werden pionierstadia met veel Rode Lijstsoorten vervangen door oudere successiestadia met veel grassen en struiken.

Het aantal Rode Lijstsoorten was ook in de Strandvlakte gedurende de eerste 20 jaar na aanleg van de Strandvlakte zeer hoog. Vanaf de 80er jaren werden deze basenminnende pioniersoorten hier verdrongen door grasrijke kweldervegetaties en Duindoornstruwelen. Slechts in het meest westelijke deel van de Strandvlakte handhaafden Rode Lijstsoorten zich tot op de dag van vandaag. In laag gelegen delen van de Strandvlakte wordt de successie periodiek teruggezet als gevolg van langdurige inundaties met zout water en/of zoutstress. In sommige jaren sterft de vegetatie massaal af. Indien daarbij ook de organische laag door sterke waterstroming wordt afgevoerd ontstaan wederom mogelijkheden voor pioniersoorten. Voor een hernieuwde ontwikkeling van Rode Lijstsoorten is dit gebied echter te zout en te dynamisch.

Een vergelijking met slufteersystemen elders op de Waddeneilanden leert dat de ontwikkeling van zoet/zout gradiënten, en de bijbehorende Rode Lijstsoorten, samenhangt met de aanvoer van zoet grondwater uit een groot duinmassief of met de aanwezigheid van een 'groen strand' achter een hoge kwelder waar gedurende natte perioden veel zoet neerslagwater stagneert. De ontwikkeling van een groen strand met veel Rode Lijstsoorten wordt op de Waddeneilanden vermoedelijk bepaald door het ontstaan van een achterduinse slufteervlakte met een slechte afwatering naar de Waddenzee en met veel verstuingen aan de Noordzeekant. Het stuivende zand houdt de pionierstadia in stand, terwijl de aangroei van de kwelder de zoet/zout gradiënten stimuleert.

De aangroei van de kwelder in het meest oostelijke deel van Schiermonnikoog is voor de ontwikkeling van veel Rode Lijstsoorten aldaar nog veel te gering. Het gebied tussen paal 9 en paal 12 lijkt, daarentegen op korte termijn goede mogelijkheden te bieden voor de ontwikkeling van een slufteervlakte met veel zoet-zout gradiënten en bijbehorende Rode Lijstsoorten. Daartoe zou de bestaande stuifdijk vanaf paal 9 'omgebogen' moeten worden naar het zuiden. Deze aanpassing sluit beter aan bij een natuurlijke afsnoering van de Strandvlakte door een zich sluitende duinenrij bij een aangroeiende kust. De natuurlijke ontwikkeling van de Oosterduinen wordt dan weer gedeeltelijk hersteld en de bestaande Strandvlakte kan zich verder ontwikkelen naar een echte primaire duinvallei. Ten oosten hiervan kan zich dan een uitgestrekte slufteervlakte ontwikkelen, zodra het zandtransport vanuit het Noordzeestrand naar de hoge kwelders op gang is gekomen.



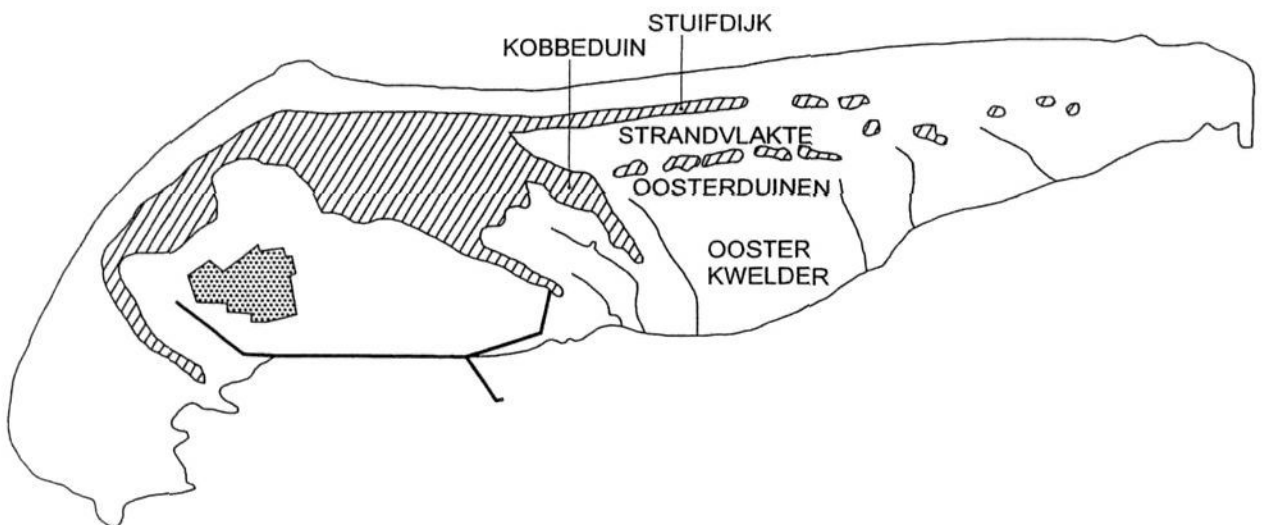
*Vegetatiezonering van Parnassia en Duinrus in de Strandvlakte van Schiermonnikoog. De foto is gemaakt in het begin van de jaren 60. De Stuifdijk op de achtergrond is nog maar spaarzaam begroeid (foto's archief Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren).*

# INHOUD

INLEIDING .....	1
GEBIEDSBESCHRIJVING .....	2
MATERIAAL EN METHODEN	
<i>Vegetatiekaarten</i> .....	3
<i>Herclassificatie legenda's</i> .....	3
<i>Vergelijken vegetatiekaarten</i> .....	4
OOSTERDUINEN	
<i>Vegetatiepatronen 1958</i> .....	5
<i>Vegetatieontwikkeling 1958-1994</i> .....	5
STRANDVLAKTE	
<i>Vegetatieontwikkeling 1959-1994</i> .....	6
INVLOED STUIFDIJK OP VEGETATIEONTWIKKELINGEN .....	11
ECOLOGISCHE BETEKENIS SLUFTERGEBIED OOSTERDUINEN .....	13
SLUFTERGEBIEDEN ELDERS OP WADDENEILANDEN .....	13
POTENTIES VOOR NATUURONTWIKKELING OP OOST-SCHIERMONNIKOOG .....	17
MOGELIJKE MAATREGELEN .....	17
AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK .....	20
GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN VAN DE VEGETATIEKAARTEN .....	20
LITERATUUR .....	22

## BIJLAGEN

1. Vegetatiekaarten
2. Beschrijving vegetatietypen
3. Herclassificatie van vegetatietypen
4. Vegetatieopnamen vegetatiekartering 1978



*Figuur 1 Schiermonnikoog met de ligging van de Strandvlakte, de Oosterduinen en de Stuifdijk.*

## INLEIDING

Stuifdijken zijn in het verleden op veel Waddeneilanden aangelegd om de kustlijn te verlengen. Op Schiermonnikoog, bijvoorbeeld achtte men aanleg van de Stuifdijk noodzakelijk om te voorkomen dat het eiland bij stormvloed zou doorbreken. Aanvankelijk bestond er bij ecologen een zeker enthousiasme over de effecten van die stuifdijken. Achter de stuifdijken trad een snelle verzoeting op er ontstonden schitterende zout/zoet-gradiënten waar veel pioniersoorten zich massaal vestigden (Westhoff & van Oosten 1991). Na verloop van tijd ontstonden relatief soortenrijke duinvalleivegetaties. In een tijd dat door een beheer van duinfixatie langs vrijwel de hele Nederlandse kust, waarbij met name dergelijke pioniervegetatie op grote schaal verdwenen (Bakker e.a. 1979, van Zadelhof 1981, van Dorp e.a 1985), werd deze nieuwe aanwas van bedreigde Rode Lijstsoorten met vreugde begroet en de vegetatieontwikkeling hier werd met groot enthousiasme bestudeerd (de Vries 1961, zie ook Grootjans e.a 1995). Naast erkenning van de positieve effecten van de aanleg van stuifdijken kwam er aan het eind van de 80-er jaren ook kritiek op het verstoren van natuurlijke processen door de aanleg van stuifdijken (Wanders 1990). Klein (1990) bepleit het weer toelaten van verstuingen om de duingebieden weer "ecologisch op te frissen" en Arens & van der Meulen (1990) schetsen mogelijkheden voor sluftervorming. Slufteren zijn lokale doorbraken in de voorste duinenrij waarvan de maximale invloed beperkt is tot de achterduinse strandvlakte. Washovers zijn doorbraakgeulen die vanaf de Noordzezijde doorlopen tot in de Waddenzee (Oost 1995). Door deze verbinding met de zee wordt door getijverschillen veel zand afgezet, waarop een nieuwe vegetatieontwikkeling kan beginnen. Wander (1990) wil zelfs de bulldozers weer inzetten om deze oude stroomgeulen weer open te maken.

Recentelijk is het beleid van flexibele kustverdediging van kracht (Min. LNV 1990, Min. V&W 1990; de Ruig 1998); daar waar het kan mag de natuur zijn gang gaan. Hoe dit beleid van flexibele kustverdediging vorm moet worden gegeven is nog erg onduidelijk. Met deze vorm van natuurontwikkeling is weinig ervaring opgedaan. Er lijkt een breed draagvlak aanwezig voor het stimuleren van natuurlijke processen, dat een verhoging van de biodiversiteit tot gevolg moet hebben en men hoopt dat vooral de bedreigde Rode Lijstsoorten weer nieuwe kansen krijgen (zie ook Janssen 1992, 1995; Janssen & Salman 1995). Het is echter nog maar de vraag of het staken van het onderhoud van een stuifdijk niet een geheel andere situatie oplevert vergeleken met de ontwikkeling van een natuurlijk kustlijn; de aanwezigheid van stuifdijken heeft decennia lang een vegetatieontwikkeling in gang gezet die zijn sporen zal nalaten. Het lijkt waarschijnlijk dat de bestaande vegetatie massaal zal afsterven na het opnieuw toelaten van overstromingen met zeewater. Het is ook nog maar de vraag of de gevormde organische laag ook weer snel zal verdwijnen en of veel Rode Lijstsoorten zich nog wel kunnen vestigen, nadat ze lokaal zijn uitgestorven. En ook een gedeeltelijk doorbroken stuifdijk kan nog steeds een belangrijk obstakel zijn die natuurlijke processen een andere wending geeft.

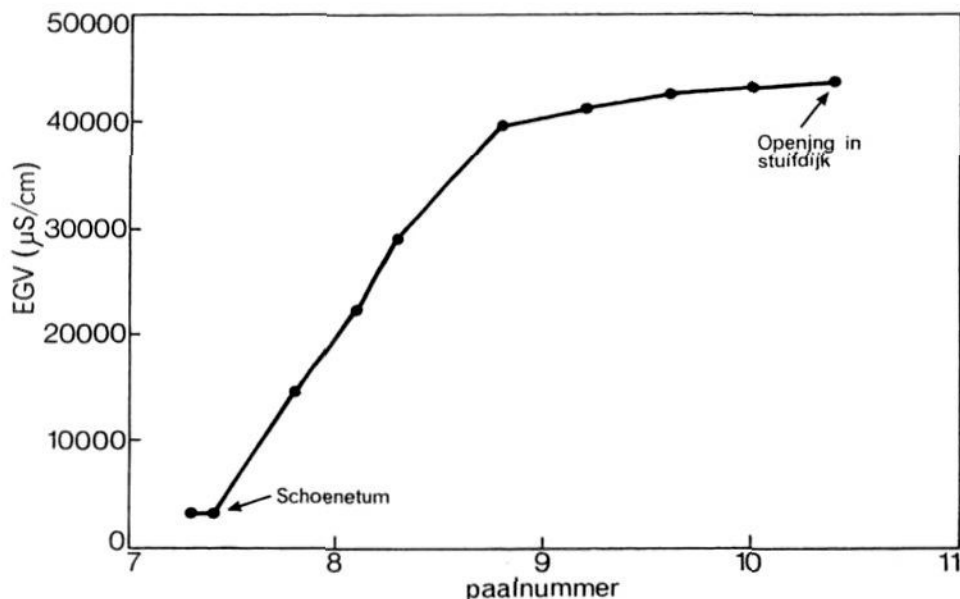
Het voor u liggende rapport tracht meer helderheid te verschaffen in discussies over de rol van natuurlijke processen bij toekomstige natuurontwikkeling op de Waddeneilanden en de rol van stuifdijken daarin. Wij zullen daartoe op basis van oude vegetatiekaarten de vegetatieontwikkeling van de Strandvlakte van Schiermonnikoog analyseren zoals deze heeft plaats gevonden onder invloed van een stuifdijk (1959). Deze vegetatiedynamiek zal worden vergeleken met natuurlijke vegetatiepatronen zoals deze in 1958 ten zuiden van de Oosterduinen werden waargenomen (vlak voordat de stuifdijk werd aangelegd) en met vergelijkbare gebieden elders op de Waddeneilanden. Deze vergelijking moet een beeld opleveren omtrent de invloed van de Stuifdijk op de natuurlijke duinvormende processen op Oost-Schiermonnikoog. We zullen ons met name richten op de positie van Rode Lijstsoorten in zoet/zout-gradiënten en analyseren welke natuurlijke processen ervoor zorgen dat deze bedreigde plantensoorten zich opnieuw kunnen vestigen.

## GEBIEDSBESCHRIJVING

Tot 1959 lag de zeereep van de Oosterduinen halverwege het Kobbeduin. Deze zeereep bestond uit een serie lage duintjes doorsneden door een geulenstelsel dat echter geen contact maakte met de Waddenzee. Dit gebied kan dus volgens Hoekstra & Pedrolì (1992) als een sluffergebied worden aangemerkt. De stuifdijk, die aanvankelijk werd aangelegd tussen paal 7 en paal 14, snoerde de huidige Strandvlakte af van de directe invloed van de Noordzee. Volgens Van Tooren e.a. 1993 vonden er tijdens droge zomers nog omvangrijke verstuivingen plaats in het afgesnoerde Oosterstrand. Een deel van dit gebied ligt hedentendage daardoor lager dan de omgeving (Rozema 1976). Het zand uit dit gebied werd zowel door de Stuifdijk als door de Oosterduinen ingevangen, zodat de dynamiek door zandtransport nog enige tijd bleef doorgaan. Helemaal afgesloten van de zeeïnvloed is de Strandvlakte nooit geweest. Bij stormvloed drong zeewater uit de Waddenzee het gebied binnen. Ook brak de Stuifdijk regelmatig door. Een groot gat nabij paal 10 werd sinds 1972 niet meer gedicht, zodat van die kant het Noordzeewater vrijwel elke winter de Strandvlakte kan binnendringen (Figuur 2). De westelijke punt van de Strandvlakte herbergt één van de fraaist ontwikkelde Knopbiesvegetaties van de Waddeneilanden. Het gebied staat ook wel bekend als Nieuwenhuisglop, een naam die door Westhoff & van Oosten (1991) aan dit gebied werd gegeven als blijk van waardering voor het werk van de heer Nieuwenhuis, eertijds beheerder van de Dienst der Domeinen.

Het onderzoeksgebied van ca. 155 ha. staat gedurende het winterhalfjaar vrijwel permanent onder water, zij het niet met zeewater. Neerslagwater wordt in het gebied vastgehouden en mengt zich met zeewater uit de Noordzee dat bij paal 10 kan binnenstromen. Ook vanuit de Waddenzee kan water toestromen via krekens en oude geulen die nog aanwezig zijn tussen de oude zeereep van de Oosterduinen. Nabij het Kobbeduin is het oppervlaktewater licht brak (Figuur 2; Huisman 1990, Grootjans e.a. 1995), vermoedelijk als gevolg van het uittreden van grondwater vanuit het hoofdduinmassief van Schiermonnikoog (Bakker 1981, Rus 1987). Zoet grondwater komt zelfs tot ca. 10 meter onder maaiveld voor (Beukeboom 1978).

De bodem van de Strandvlakte is nog vrijwel niet ontkalkt en bevat rond de 1% kalk (Leertouwer 1967, Olf e.a. 1993, Grootjans e.a. 1995, Sival 1997). Hoger gelegen duinkopjes kunnen minder kalk bevatten (Olf e.a. 1993).



Figuur 2 Het verloop van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in het oppervlaktewater van de Strandvlakte (uit: Huisman 1990). De metingen zijn gedaan twee weken na een overstroming met zeewater langs een raai van het Knopbiesveld (in het westen) naar het oosten (doorbraak in de stuifdijk bij paal 10)

## MATERIAAL EN METHODEN

Om de vegetatieontwikkeling in de Strandvlakte en in het gebied van de Oosterduinen te kunnen schetsen moesten kaarten worden vergeleken die in geheel verschillende perioden en op verschillende wijze tot stand waren gekomen. Sommige kaarten werden vanaf de grond gekarteerd (kaarten Oosterduinen 1958, Strandvlakte 1978 en 1994), anderen werden afgeleid van grijstinten op luchtfoto's (kaarten Strandvlakte 1959, 1970 en 1976). In het volgende worden eerst de eigenschappen van de verschillende kaarten besproken, daarna de wijze waarop legenda's op elkaar zijn afgestemd en hoe uiteindelijk een vergelijking van de kaarten tot stand is gekomen.

### *Vegetatiekaarten*

De eerste vegetatiekaart van het Oosterstrand van Schiermonnikoog werd in de nazomer van 1958 gemaakt door medewerkers en studenten van de "Biologische afdeling" van de Vrije Universiteit van Amsterdam (Van der Toorn 1959). De kaart van het gebied ten zuiden van de Oosterduinen werd gemaakt met een van te voren opgesteld typologie, grotendeels volgens Westhoff 1947. De bijbehorende kaart is met de hand ingekleurd en bevindt zich in het archief van het Laboratorium voor Plantenoecologie. De kaart is voorzien van een zeer gedetailleerde lokale vegetatie legenda die in dit rapport ongewijzigd is opgenomen.

De vegetatiekaarten van de Strandvlakte van 1959, 1970, 1976 en 1978 (schaal 1:5000) zijn vervaardigd door doctoraalstudenten van de Vrije Universiteit (van der Laan 1980, Wapenaar 1980) in het kader van een onderzoek van dr. J. Rozema naar stress factoren van pioniersoorten (Rozema 1976, 1978; Schat 1982). Slechts de kaart van 1978 is ook werkelijk in het veld verkend en onderbouwd met vegetatieopnamen uit 1979. Deze opnamen zijn geclusterd, waarna soortsgroepen zijn onderscheiden. Een vegetatietype kan dus uit meerdere soortsgroepen bestaan, waarbij de bedekkingen van afzonderlijke soorten geen grote rol speelden. De kaarten van 1959, 1970 en 1976 zijn afgeleid uit grijstinten op luchtfoto's, waarna achteraf een vegetatietype (van 1979) is toegekend. Daarbij is tevens gebruik gemaakt van vegetatiebeschrijvingen en -opnamen uit oude documenten en de fotobeelden. Hierdoor weken de legenda's van de kaarten van 1959 en 1970 uiteindelijk weer wat af van de kaarten van 1976 en 1978. Alleen de legenda's van de beide laatste kaarten waren zonder meer vergelijkbaar. In het verslag van de studenten is ook nog een vegetatiekaart afgeleid uit luchtfoto's van 1952. Omdat geheel geen vegetatiegegevens uit deze periode voorhanden waren hebben we deze kaart buiten beschouwing gelaten.

In 1994 heeft een student van de RUG de Strandvlakte opnieuw gekarteerd (Walsweer 1995; schaal 1:2000). Deze kartering is later opgenomen in een kaart van heel Oost-Schiermonnikoog (Kers e.a. 1998) gemaakt in het kader van een promotieonderzoek van D. Bos. In het voorliggende rapport is gebruik gemaakt van de oorspronkelijke kaart van Walsweer (1995).

Bij het bespreken van slufersystemen is tevens gebruik gemaakt van vegetatiekaarten die werden vervaardigd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat, zowel voor Schiermonnikoog (Zonneveld e.a. 1991, von Asmuth & Tolman 1996) als voor sluftergebieden elders (Launspach & Schils 1973, de Meulmeester & Janssen 1996, Janssen e.a. 1998).

### *Herklassificatie legenda's*

Om een reconstructie van de vegetatieontwikkeling te maken zijn de legenda's van de verschillende jaren op elkaar afgestemd. Hiervoor heeft de typologie van 1978 als uitgangspunt gediend, omdat deze met vegetatieopnamen is onderbouwd (Bijlage 2). Om de vegetatietypen uit de andere jaren zoveel mogelijk te kunnen toewijzen aan de typen uit 1978, is de legenda van 1978 vereenvoudigd door vegetatietypen samen te voegen tot hogere eenheden, welke staan weergegeven in bijlage 3. Door de herklassificatie van de legenda van 1978, is het aantal

vegetatietypen teruggebracht van 41 naar 16. Bijlage 4 geeft aan welke typen uit 1976 en 1978 zijn samengevoegd en welke eenheden van de kaarten van 1959 en 1970 tot de nieuwe vegetatietypologie behoren. Deze laatste toewijzing heeft plaats gevonden op basis van de soortsgroepen en oude vegetatieopnamen en -beschrijvingen waar in het verslag van Van der Laan (van der Laan 1980) naar verwezen wordt. Door het gebruik van soortsgroepen bij het herklassificeren was het soms niet duidelijk of een soort voorkwam en in welke bedekking. Met name bij vegetatietype 6 speelt dit probleem; binnen dit type kan de bedekking van Kruiwilg (*Salix repens*) variëren van 0 tot 50 procent. Over de volgende vegetatietypen bestaat onzekerheid over de juistheid van de herklassificatie:

#### 1959

2d De aanwezigheid van *Armeria maritima* (groep K) is niet geheel zeker.

4<sup>4</sup> Van der Laan (1980) noemt Vlier (*Sambucus nigra*) voor dit type. Groep R, waarin Vlier aanwezig is, ontbreekt echter volgens de legenda.

#### 1970

7<sup>3</sup> Groep K wordt in de legenda niet vermeld. Engels gras (*Armeria maritima*) is volgens van der Laan (1980) echter karakteristiek voor dit type.

8<sup>4,5</sup> Deze typen hebben mogelijk een bedekking die lager is dan 25%.

Het herklassificeren van de vegetatiekaarten is uitgevoerd met behulp van het geografisch informatiesysteem ILWIS. De gedigitaliseerde kaarten van de Strandvlakte bestaan uit 62063 pixels. Iedere pixel beslaat een oppervlak van 5m x 5m in het veld (van der Veen e.a. 1997).

#### *Vergelijken vegetatiekaarten*

Een directe vergelijking van de vegetatiekaart van Walsweer met die van de VU was niet mogelijk zonder groot verlies aan detailinformatie. Daarom is overgegaan op een vergelijking vegetatietypen die in alle kaarten een hoge bedekking hadden. Het gaat hier om vegetatietypen gedomineerd door vrij algemene soorten. Daartoe is het oppervlak waarin zo'n soort in een bepaald jaar voorkwam volgens de typologie berekend. Indien een soort in meerdere vegetatietypen voorkwam zijn de oppervlakten van deze typen bij elkaar opgeteld. De gekozen vegetatietypen vertegenwoordigen zowel natte als droge omstandigheden en ook jonge en oudere successiestadia zijn geselecteerd. De vergelijking van kaarten is uitgevoerd met behulp van het Geo Informatie Systeem ILWIS.

## OOSTERDUINEN

### *Vegetatiepatronen 1958 (Kaart 1)*

Voor de aanleg van de stuifdijk in de periode 1957-1959 vormden de Oosterduinen een zeereep die doorsneden werd door slufferachtige structuren. Deze stroomgeulen waren vermoedelijk door wash-overs ontstaan en de bodem was bedekt met een dunne laag klei (max 5 cm). Van der Toorn (1959) vermoedt ook dat sommige sleuven door uitstuiven zijn ontstaan of uitgediept. Hij vindt achter de duintjes profielen met organische laagjes, hetgeen wijst op overstuiving. In regenrijke zomermaanden stonden deze voormalige stroomgeulen onder water omdat de doorlaatbaarheid van de bodem vrij slecht was en het water ook niet snel kon afwateren via meer zuidelijk gelegen kreken van de Oosterkwelder. Van der Toorn (1959) heeft met medestudenten uit Amsterdam dit schitterende sluffergebied in de nazomer van 1958 in kaart gebracht, net voor de aanleg van de stuifdijk (Fig 4). Er waren toen uitzonderlijk fraaie pioniervegetaties aanwezig met Fraai duizendguldenkruid (*Centaureum pulchellum*), Strandduizendguldenkruid (*Centaureum littorale*), Krielparnassia (*Sagina nodosa*), Parnassia (*Parnassia palustris*) en in bepaalde zones ook veel Knopbies (*Schoenus nigricans*). Met uitzondering van een enkele Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) kwamen orchideeën niet voor. De Knopbiesvegetaties lagen achter de lage duintjes, waar ze enigszins afgeschermd waren tegen overstromingen met zout water. Deze Knopbiesvegetaties kwamen voor langs sluffers die verزند waren geraakt. Brede gordels Knopbiezen waren hier aanwezig rond lage duintjes, ingeklemd tussen grotere duinpartijen. De planten stonden niet, zoals nu in de Strandvlakte op het kale zand, maar op een dun kleilaagje van ca. 10 cm dik, afgezet op een oudere strandvlakte. Nader onderzoek door Neuteboom (1963) liet zien dat dit kleilaagje feitelijk bestond uit een mengsel van zand en humeuze klei (in een verhouding van 1:2). De Knopbiesvegetaties waren relatief soortenrijk (ca 20 soorten per opname: Neuteboom 1963). Parnassia, Krielparnassia, Geelhartje (*Linum catharticum*), Gewone ogentroost (*Euphrasia stricta*) en Zilte zegge (*Carex distans*) kwamen veel in deze vegetaties voor, evenals kweidersoorten zoals Zilte rus (*Juncus gerardi*) en Engels gras (*Armeria maritima*). Fraai duizendguldenkruid kwam vooral voor in de wat lager gelegen kweldervegetaties voor rondom de oorsprong van kreken naar de Waddenzee en wel in samenhang met vegetaties van het Armerion maritimae. De associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia (*Centaureo-Saginetum*) was het meest verspreid vlak achter de duintjes van de eerste zeereep en kwam ook zeer veel voor achter de "strandhaak", een duinrichel die het gebied omsloot in het oosten van het studiegebied. Parnassia kwam in het gebied zeer veel voor en vormde samen met de Duinrus (*Juncus alpino-articulatus*) goed herkenbare zonaties rondom lage duintjes (associatie *Parnassio-Juncetum atricapilli*).

### *Vegetatieontwikkeling 1958-1994*

Neuteboom (1963) heeft 5 jaar na de aanleg van de stuifdijk delen van het gebied van de Oosterduinen opnieuw bestudeerd. Hij heeft 16 vegetatieopnamen van Van der Toorn uit 1958 opnieuw opgezocht en beschreven. Tevens heeft hij van deelgebieden nieuwe globale vegetatiepatronen ingetekend. De veranderingen tussen 1958 en 1963 kunnen globaal als volgt worden omschreven:

- (i) Op de hogere duintjes in het noordelijk deel van het studiegebied had Duindoorn (*Hippophaë rhamnoides*) zich sterk uitgebreid, dit vooral ten koste van de pioniervegetatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia (*Centaureo-Saginetum*);
- (ii) In de zuidelijker gelegen vegetatie van Engels gras (*Armeria maritima*) en Fraai duizendguldenkruid (*Centaureum pulchellum*) vond een toename van grassen plaats;
- (iii) In de laagten tussen de duintjes wist Parnassia zich goed te handhaven en nam Strandduizendguldenkruid en lokaal ook Knopbies toe. In bestaande Knopbies-vegetaties nam Knopbies af, nam de vergrassing toe, waarbij Roodzwenkgras (*Festuca rubra*) het aandeel van Fioringras (*Agrostis stolonifera*) terugdrong. Parnassia weet zich ook hier goed te handhaven.

Een interpretatie van deze vegetatieveranderingen tussen 1958 en 1963 zou als volgt kunnen zijn: Het zandtransport uit de noordelijk gelegen Strandvlakte neemt door de aanleg van de Stuijdijk sterk af en Duindoorn rukt op naar de kale duinkopjes, waar tevens de pioniersvegetatie onder aan de duinvoet na verloop van tijd wordt verdrongen. De achterliggende laagtes verzoeten, waarbij lokaal weer nieuwe pioniervegetaties van duinvalleien ontstaan uit de natte kweldervegetaties. In bestaande Knopbies zonerings ten zuiden van deze vlaktes, neemt de *vergrassing toe en neemt het aandeel van Knopbies af. Dit wijst op een vrij snelle successie* naar oudere duinvalleistadia. De invloed van kweldersoorten die zoute omstandigheden indiceren neemt toe, hetgeen er op wijst dat de invloed van verstuiving is afgenomen en inundaties vanuit de Waddenzee mogelijk zijn toegenomen.

Wanneer we de vegetatiekaart van 1994 van het voormalige sluftegebied bekijken dan valt op dat één vegetatietype overheerst; dat van Strandkweek (*Elymus athericus*). Deze soort wordt op de kaart van 1958 wel vermeld, onder de naam *Agropyron litorale*, maar bedekt slechts uiterst kleine oppervlakten direct achter de Oosterduinen.

## STRANDVLAKTE

### *Vegetatieontwikkeling 1959-1994 (Kaarten 2-5)*

In 1959 is een groot deel van de Strandvlakte vrijwel onbegroeid. De hogere delen zijn bedekt met een vegetatietype gedomineerd door *Ammophila arenaria* (Helm; type 13, zie ook bijlage 2 en 3). De Oosterduinen in het zuidelijk deel van de Strandvlakte zijn reeds begroeid met *Hippophaë rhamnoides* (Duindoorn; type 14). Ook bevindt zich in het zuiden al een vegetatie van de hoge kwelder (Gemeenschap van Zilte rus en Engels gras; type 8).

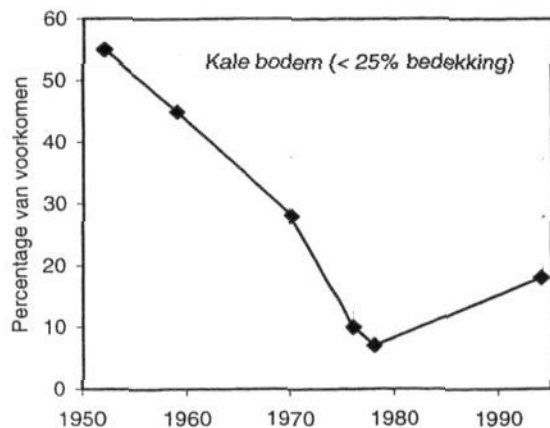
In 1970, op het moment dat de pioniervegetaties in het voormalige Oosterstrand vrijwel waren verdwenen, ontstonden in de half afgesnoerde Strandvlakte nieuwe mogelijkheden voor pioniervegetaties. Met name de Parnassia-Duinrus-associatie (*Parnassia-Juncetum atricapilli*) was uitzonderlijk goed ontwikkeld en bedekte verscheidene hectaren (Westhoff & Van Oosten 1991). De lage delen van de nieuwe Strandvlakte waren praktisch kaal of spaarzaam begroeid met Zeekraal (*Salicornia europaea*) en Schorrekruid (*Suaeda maritima*) (van der Laan 1980), later ook met Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Zilte rus (*Juncus gerardi*) en Rode ogentroost (*Odontites verna*) (Blaauw 1971). De *Ammophila arenaria* vegetatie (type 13) op de droge duinkopjes in het zuiden was in 1970 bijna helemaal verdwenen en vervangen door een vegetatie van *Sambucus nigra* met *Hippophaë rhamnoides* (type 16), een type met *Festuca rubra* en *Chamenerion angustifolium* (type 15) en door een vegetatie van *Festuca rubra*-*Carex distans* (type 9). Dit laatste type komt in 1970 verspreid over de hele Strandvlakte voor, behalve in het uiterste oosten, daar waar zich nu een gat in de stuifdijk bevindt. Hier is de Strandvlakte begroeid met een vegetatie van *Puccinellia distans* welke gedomineerd wordt door *Agrostis stolonifera* (type 3). Het *Juncus gerardi*-*Armeria maritima* type (type 8) heeft zich verder uitgebreid en is in 1970 ook te vinden in het westen van de Strandvlakte. Een vegetatie met *Salix repens* (type 12) heeft zich in het uiterste westen van de Strandvlakte kunnen vestigen.

In 1976 zijn de vrijwel onbegroeide plekken op de kaart van 1970 (type 2) ingenomen door een type van *Puccinellia distans* (type 3). In het oosten, nabij paal 10, is een vrijwel kaal stuk ontstaan, vermoedelijk als gevolg van zanddepositie vanuit de doorbraak in de stuifdijk. Op de droge duinen heeft het Duindoornstruweel van *Sambucus nigra* (type 14 en 16) zich verder uitgebreid, ondermeer langs de stuifdijk. Type 6, van *Carex distans*, *Juncus gerardi* en *Parnassia palustris* heeft zich in het westen sterk uitgebreid en heeft het aspect van *Salix repens* overgenomen (type 12). De vegetatie van *Armeria maritima* en *Festuca rubra* (type 8) is sterk afgenomen. Dit geldt ook voor type 9 met *Festuca rubra*, *Carex distans* en *Centaureum littorale*. Dit laatste type weet zich nabij de doorbraak bij paal 10 goed te handhaven en breidt zich zelf uit tussen de zuidelijke duintjes van het vroegere Oosterstrand.

Tussen 1976 en 1978 is de vegetatie, gelet op de korte tijdsinterval, weinig veranderd, behalve dat de zandplaat nabij paal 10 die in 1976 nog kaal was, in 1978 al weer gedeeltelijk begroeid is geraakt met een type van *Agrostis stolonifera* en *Salicornia europaea* (type 3). Langs de stuifdijk is een vegetatietype van *Scirpus maritimus* en *Juncus gerardi* (type 4) sterk in opkomst.

In 1994 is een geheel nieuw beeld ontstaan. In de zomer van dat jaar is in het kader van een tweede jaars cursus een zeer globale kartering uitgevoerd van dominante soorten. Nieuwe vegetatietypen zijn: door Riet gedomineerde vegetaties, met name langs de Stuifdijk, een Knobbiesvegetatie in het Westen en een Duinrietruigte (*Calamagrostis epigejos*) in de noordwesthoek bij het Kobbeduin. Er zijn tevens nieuwe open onbegroeide plekken in het centrum van Strandvlakte ontstaan, terwijl bestaande open plekken in het westelijk deel weer zijn dichtgegroeid. In 1994 hebben die open plekken in het centrum zich sterk uitgebreid (Walsweer 1995). Een deel van de open plekken bestaat uit dood organisch materiaal, waarop zich enkele zoutplanten zoals Zeekraal (*Salicornia europaea*) en Schorrekruid (*Suaeda maritima*) hebben gevestigd. Verder bestaan grote stukken van de Strandvlakte uit kaal zand. Hier is geen zand afgezet, maar de vroegere organische laag is afgevoerd, vermoedelijk door snelstromend water. Hoogstwaarschijnlijk is dit bij stormvloed gebeurd. In het veld was te zien dat de organische laag met kracht was afgescheurd. De grens tussen kale stukken met organische stof en die met kaal zand ging gepaard met een duidelijk hoogteverschil (Walsweer 1995). Wanneer dit massaal afsterven van het vegetatietype van Zilte rus (*Juncus gerardi*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera*) precies plaats vond, kunnen we op dit moment niet achterhalen. De zomer van 1993 was niet extreem droog. De winter van 1994 was wel zeer nat en het water bleef tot in Juni in delen van de Strandvlakte op het maaiveld staan. Dit zou een oorzaak van vegetatiesterfte kunnen zijn, maar het verklaart niet waarom veel van het afgestorven organische materiaal in het voorjaar reeds was weggeslagen. In feite is dit plotselinge afsterven van de vegetatie niet iets nieuws (vgl Westhoff & van Oosten 1991). Ook in 1977 waren veel kale plekken aanwezig in de Strandvlakte, waarschijnlijk als gevolg van de zeer droge zomer van 1976. Op de kaart van 1990 zijn ook enige grote kale plekken te zien in het middengedeelte van de Strandvlakte. Van Tooren e.a (1993) hebben voor dit plotseling afsterven van de grasachtige vegetatie van Zilte Rus en Fioringras een aannemelijke verklaring; zout stress. Indien namelijk bij hoog water veel zout water de Strandvlakte is binnengestroomd en er daarna een zeer droge periode op volgt, dan kan dit resulteren in een zeer hoge zout concentratie in de toplaag. Iets dergelijks lijkt in 1989 op kleine schaal te zijn gebeurd. Van Tooren e.a. (1993) illustreren dit verdwijnen van een goed ontwikkelde grasmat binnen twee jaar met foto's. Iets dergelijks trad klaarblijkelijk in 1993/1994 op grote schaal op, maar wat er precies gebeurd is weten we niet. Figuur 8 laat zien dat het weer open worden van de vegetatie ongeveer 1/5 deel van de Strandvlakte betreft (Walsweer 1995).

Op de hogere stukken breidden Duindoorn en Vlier zich gestaag uit. Op de kaart is te zien dat de Duindoornuitbreiding vooral de duintjes in de Strandvlakte betreffen en niet op de Ooster-

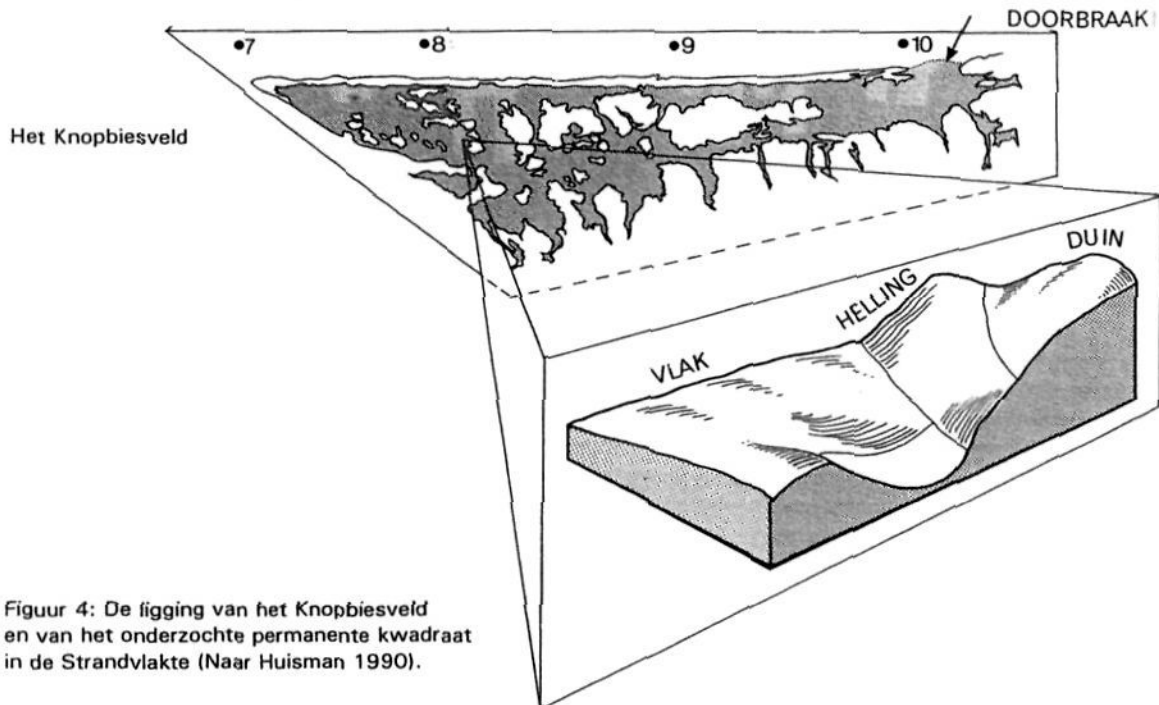


Figuur 3: Het aandeel "onbegroeid" in de Strandvlakte tussen 1958 en 1994.



#### Vegetatieontwikkeling in een permanent proefvlak (1972-1990)

De vegetatieontwikkeling in het westelijk deel van de Strandvlakte is vanaf 1972 nauwkeurig bekend omdat in een klein deelgebied de vegetatie jaarlijks is beschreven (Fig. ). Het proefvlak bestond uit 240 hokjes van 0.4 m<sup>2</sup>, waarbij per hokje alle aanwezige soorten in de nazomer werden genoteerd (Van Tooren e.a. 1983, 1993) De gegevens zijn per deelgebied ("Vlak", "Helling" en "Duin") uitgewerkt (Huisman 1990, van Tooren e.a. 1993; Olff e.a. 1993).



Figuur 4: De figging van het Knopbiesveld en van het onderzochte permanente kwadraat in de Strandvlakte (Naar Huisman 1990).

Het Vlak werd aanvankelijk gekenmerkt door een open vegetatie met veel Melkkruid en Fioringras. Ook soorten als Zeekraal, Zeewegbree, Rode ogentroost en Fraai duizendguldenkruid werden frequent waargenomen. Gaandeweg werd de vegetatie steeds dichter en traden met name Zilte rus en Zilverschoon op de voorgrond. Zeebies en later ook Riet begonnen aan hun opmars. In 1989 waren pioniersoorten zoals Fraai duizendguldenkruid en Rode ogentroost reeds van het toneel verdwenen.

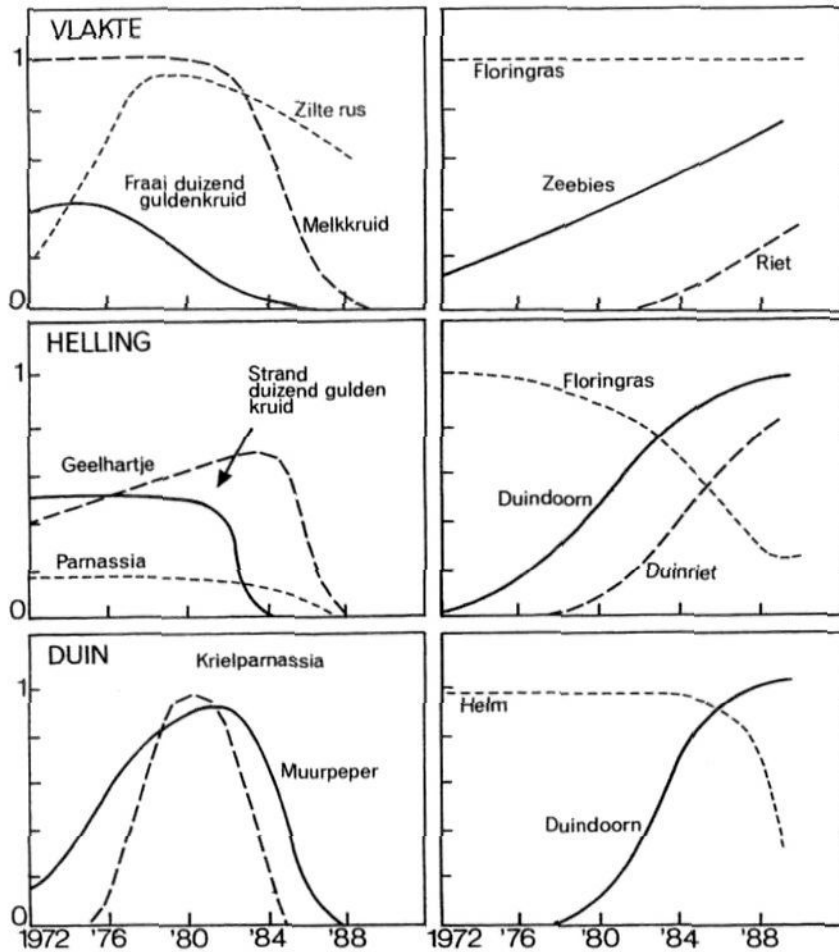
Op de Helling waren lange tijd soorten als Fioringras, Rood zwenkgras, Strandduizendguldenkruid, Rode ogentroost en Parnassia aanwezig. Vrij spoedig kwamen daar ook nog Geelhartje en Duinrus bij. Zelfs Honingorchis werd een keer waargenomen. Geleidelijk begon echter de vegetatie steeds dichter te worden en groeiden Duindoorns steeds verder uit.

Op het drogere Duin was aanvankelijk een vrij open vegetatie met Helm, Zeemelkdistel en wat Rood zwenkgras aanwezig. Later vestigden zich op de open plekken kleinere soorten als Muurpeper, Zandhoornbloem en Sierlijke vetmuur. Maar geleidelijk groeiden de Duindoorns vanuit de helling omhoog en ontstond ook hier een dicht struikgewas met daartussen Wilgeroosjes en Duinriet.

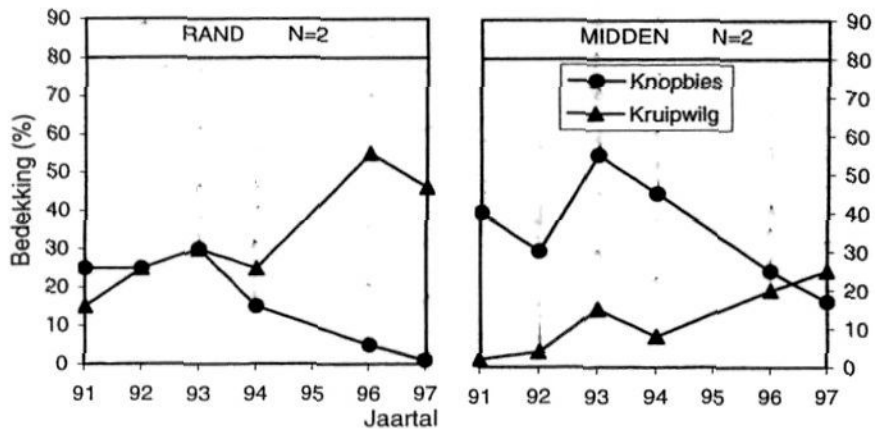
#### Vegetatieontwikkeling in het Knopbiesveld

In het begin van de jaren zeventig werd er al een Knopbiesvegetatie waargenomen aan de voet van het Kobbeduin en in een klein stukje van de meest westelijke punt van de Strandvlakte (De Graaf 1978). Knopbies zelf had zich al eerder gevestigd (Ernst & Van der Ham 1988). Tussen de Knopbiespollen stonden veel orchideeën, waaronder Groenknolorchis, Honingorchis, Moeraswespenorchis en Vleeskleurige orchis. De aanwezigheid van Knopbies was kennelijk dermate onopvallend dat Knopbies, in tegenstelling tot Parnassia en Zeerus, niet genoemd werd in de vegetatietypologie van Wapenaar (1980). Het grootste deel van het huidige Knopbiesveld was in 1977 nog vrijwel kaal of spaarzaam begroeid. In de slenken stond al veel Zeebies en rond de zandduintjes veel Parnassia en Duinrus. In de vlakke delen had zich een laagproductieve vegetatie van Zeerus en Zilte rus gevestigd met daarin kleine Knopbies pollen. Pas tegen het eind van de jaren zeventig breidde het Knopbiesveld zich explosief uit tot het ongeveer 6 ha. besloeg. Westhoff & Van Oosten (1991) schrijven hierover: "Op geen der andere eilanden treft men tegenwoordig een dergelijk uitgestrekt *Schoenetum* meer aan". De Knopbies is zeer abundant. De hoogte van de pollen bedraagt wel 60 cm. Tussen de pollen staat nog veel Groenknolorchis, Zeegroene zegge en ook Vleeskleurige orchis. Langs de paden kan men ook Honingorchis, Slanke duingentiaan en Rode Bies aantreffen. Parnassia komt nog maar weinig voor.

In de periode 1991-1997 is de ontwikkeling in het Knopbiesveld door E.J. Lammerts met behulp van een zestal permanente kwadraten (2m x 2m) gevolgd (Fig. 6). Langs het Kobbeduin verloopt de ontwikkeling naar een wilgenstruweel met veel Riet en Duinriet relatief snel. Deze soorten rukken van jaar tot jaar zichtbaar verder op. Meer naar het centrum van het Knopbiesveld veranderde er zeer weinig in de soortensamenstelling van de vegetatie. Wel nam het aandeel dood materiaal (voornamelijk van Knopbies) in de vegetatie sterk toe, waardoor pioniersoorten en orchideeën vrijwel geheel overschaduwde werden. Om deze verruiging tegen te gaan werd in 1998 het noordelijk deel van het Knopbiesveld gemaaid.



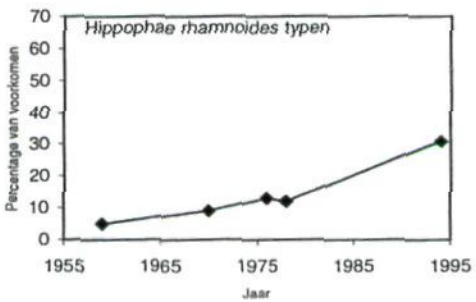
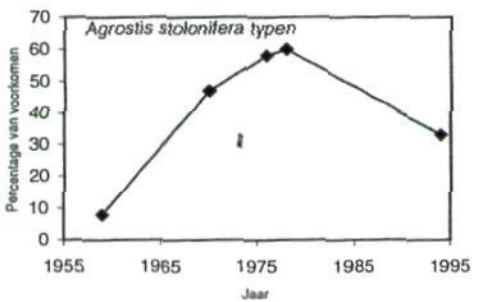
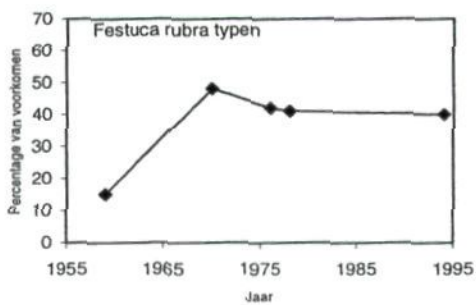
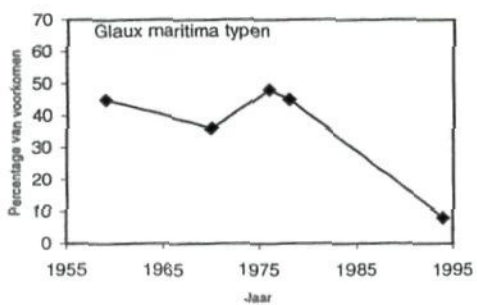
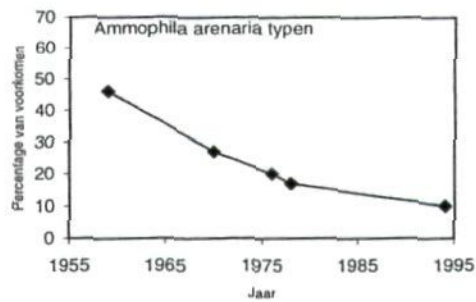
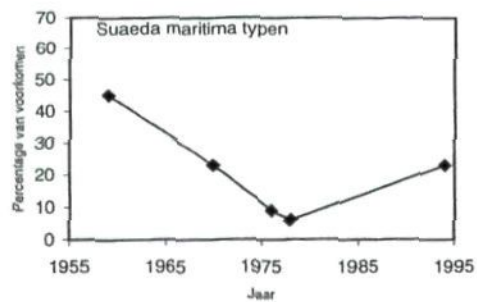
Figuur 5: Successietrends van een aantal soorten in het permanente proefvlak in de Strandvlakte over de periode van 12 tot 29 jaar na aanleg van de stuifdijk. Een relatieve frequentie van 0,5 op het Duin betekent dat de betreffende soort in de helft van de hokjes op het Duin voorkomt (uit: Huisman 1990).



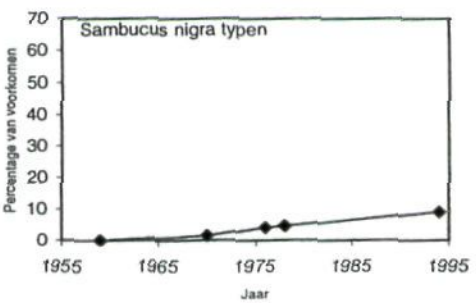
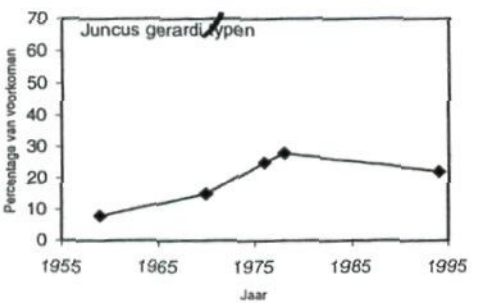
Figuur 6: Ontwikkeling van Knopbies en Kruipwilg in het Knopbiesveld gedurende de periode 1991-1997. Duidelijk is te zien dat de bedekking van Kruipwilg sterk toe neemt terwijl Knopbies afneemt. Deze ontwikkeling is langs de rand van het Kobbeduin sterker voortgeschreden dan in het midden van het Knopbiesveld.



Jong



Oud



Laag

Hoog

Figuur 7: Het percentage voorkomen in de Strandvlakte van vegetatietypen met goed herkenbare soorten gedurende de periode 1959-1994 (uit: Walsweer 1995)

duinen in het zuiden. Hier is veel van de Duindoornbegroeiing sinds 1978 afgestorven. Tegenover paal 10 neemt Duindoorn sterk toe. Deze verschillen hangen waarschijnlijk samen met het feit dat Duindoorn vaak na verloop van tijd massaal afsterft indien de aanvoer van zand in een duingebied stagneert. De soort is dan, net als Helm, vatbaar voor aantasting door de bodemfauna (nematoden, schimmels etc; zie Oremus 1982, Zoon 1986, van der Putten 1989). Daarnaast zou overstroming met zeewater vanuit de Waddenzee een rol kunnen spelen bij de Duindoornsterfte (zie ook Slim 1997). Vooral op de lagere delen aan de kwelderkant zijn de Duindoorns vervangen door grasvegetaties.

Het voorkomen van bepaalde vegetatietypen in de periode 1959-1994 in de Strandvlakte wordt geïllustreerd in figuur 7. In deze figuur is het percentage voorkomen van enkele vegetatietypen met goed herkenbare dominerende soorten met elkaar vergeleken. De vegetatietypen zijn geordend van "jong" naar "oud" (gelet op hun plaats in een progressieve successiereeks). Jonge successiestadia zoals die van Schorrekruid (*Suaeda maritima*) en Helm (*Ammophila arenaria*), nemen snel af na aanleg van de stuifdijk, Helm vooral in de eerste 20 jaar. Het zoute pionier type met *Suaeda maritima* herstelt zich in 1994 vooral door het afsterven van oudere stadia in het lage midden van de Strandvlakte. Vegetatietypen met Melkkruid (*Glaux maritima*) handhaven zich ruim 20 jaar, maar gaan daarna zeer sterk achteruit. Vegetatietypen gedomineerd door Fioringras (*Agrostis stolonifera*) en Zilte rus (*Juncus gerardi*) nemen gedurende de eerste 20-30 jaar sterk toe, maar gaan rond 1994 weer in oppervlak achteruit, vermoedelijk door massale sterfte in 1993/1994. Drogere vegetatietypen met Rood Zwenkgras (*Festuca rubra*) nemen de eerste 10 jaar na aanleg van de Stuifdijk sterk toe en handhaven zich sindsdien. De stadia met struwelen van Duindoorn (*Hippophaë rhamnoides*) en Vlier (*Sambucus nigra*), nemen eerst gestaag toe, daarna gaat het sneller.

De bovengenoemde analyses van veranderingen in successiestadia laat duidelijk zien dat er in de Strandvlakte niet uitsluitend een rechtlijnige (progressieve) successie optreedt, maar dat in sommige delen ook regressie optreedt (regressieve successie), met name in het middendeel. In het meest oostelijk deel blijft de vegetatie in een jonge stadia steken, als gevolg van dynamische processen nabij de doorbraak in de stuifdijk, waar steeds opnieuw zand wordt afgezet en waarschijnlijk ook bodemvormende processen zoals accumulatie van organische materiaal sterk wordt tegengegaan.

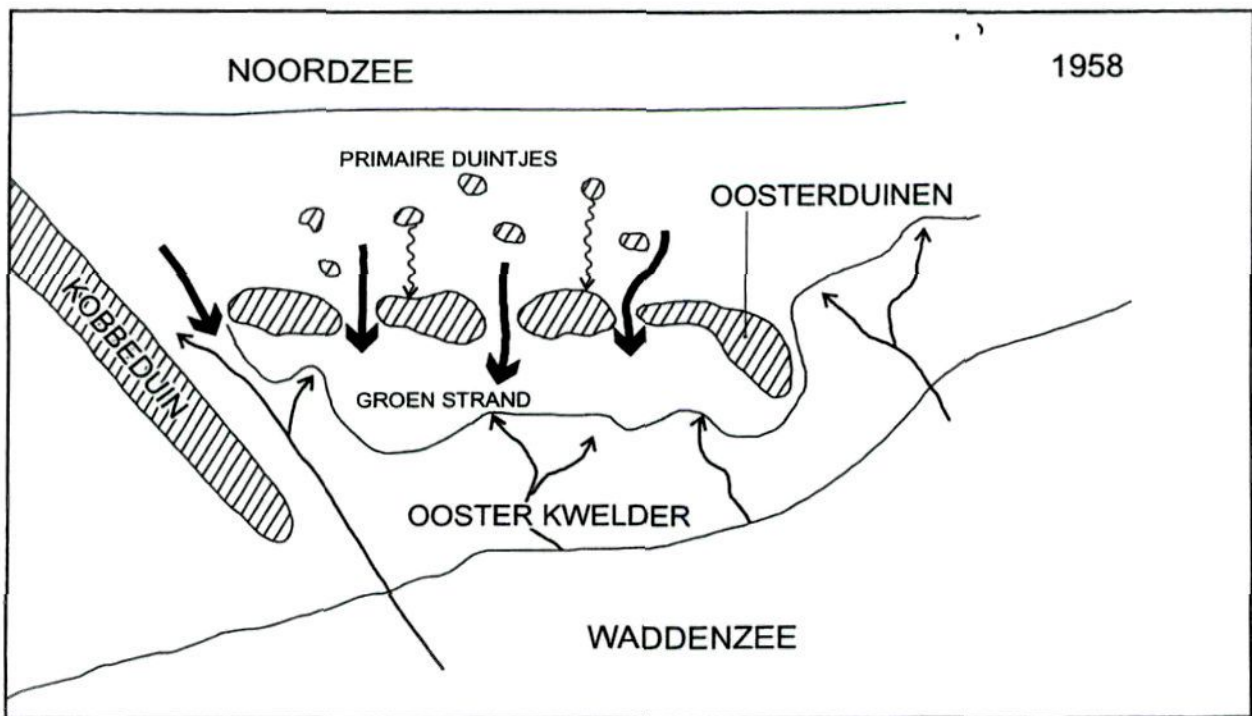
## INVLOED STUIFDIJK OP VEGETATIEONTWIKKELINGEN

Wanneer we nu de aanleg van de stuifdijk botanisch evalueren dan zien we dat een schitterend slufteergebied achter de Oosterduinen binnen 5-10 jaar een groot deel van zijn Rode Lijst-soorten verloor. Deze kwamen echter massaal terug in de nieuwe afgesnoerde Strandvlakte, in de jaren zeventig zelfs in veel grotere aantallen dan voorheen in het gebied achter de Oosterduinen. De echte pioniervegetaties, zoals de associatie van Duizendguldenkruid en Krielparnassia (*Centauro-Saginetum*) en die van Parnassia en Duinrus (*Parnassio-Juncetum atricapilli*) houden het minder dan 20 jaar vol. Langs het Kobbeduin ontwikkelde zich in een periode van ruim 30 jaar een Knopbiesvegetatie met ongekend veel Rode Lijstsoorten. Met name orchideeën zoals Sturmia, Moeraswespenorchis en Vleeskleurige orchis komen er in grote aantallen voor, terwijl deze soorten voor de aanleg van de stuifdijk in het gebied achter de Oosterduinen niet of nauwelijks voorkwamen. De uitbreiding van het Knopbiesveld lijkt nauw samen te hangen met de invloedssfeer van zoet grondwater dat vanuit het hoofdmassief van het eiland het westelijk deel van de Strandvlakte bereikt. De laatste 10 jaar neemt het aantal orchideeën in de Strandvlakte weer af, deels vanwege het oprukken van grassen en struiken. Met name langs het Kobbeduin, maar ook door de sterke strooiselontwikkeling door Knopbies zelf, waardoor de Rode Lijstsoorten overschaduw worden.

We weten niet wanneer de lintvormige Knopbiesvegetaties achter de Oosterduinen precies verdwenen zijn, maar het moet snel gegaan zijn. Neuteboom (1963) registreerde reeds een forse achteruitgang in bedekking van Knopbies t.o.v de beschrijvingen van Van der Toorn in 1958. Sindsdien zijn er geen meldingen van Knopbies in dit gebied meer geweest. De successie naar grasachtige vegetaties heeft zich vermoedelijk snel voltrokken. Dit hangt misschien samen met de omstandigheid dat de Knopbies vegetaties in het gebied achter de Oosterduinen zich op een dunne zandige kleilaag bevonden en ook na de aanleg van de Stuifdijk nog regelmatig met zeewater vanuit de Waddenzee werden overstromd. De relatief hoge sulfaat waarden en goed gebufferde bodemomstandigheden hebben waarschijnlijk aanleiding gegeven tot een snelle mineralisatie van het opgehoopte organische materiaal aldaar.

Het lijkt erop, dat met de aanleg van de stuifdijk gedurende relatief korte tijd een grootschalige ontwikkeling van Rode Lijstsoorten van zoet/zout-gradiënten heeft mogelijk gemaakt in de huidige Strandvlakte. Deze weelde ging echter binnen 15 jaar weer verloren, met uitzondering van het meest westelijke deel dat onder invloed van zoet grondwater staat. Deze ontwikkeling is vergelijkbaar met die van de Boschplaat op Terschelling, waar goed ontwikkelde pioniervegetaties van zoet/zout-gradiënten binnen 25 jaar verruigden (Westhoff & van Oosten 1991, Visser 1994). Door de aanleg van stuifdijken worden veel botanische natuurwaarden dus in korte tijd geactiveerd terwijl ze achter een natuurlijke zeereep, waar de zee vrije toegang heeft en waar sterke verstuvingen plaatsvinden, waarschijnlijk in minder grote aantallen optreden in zoet/zout gradiënten maar wel gespreid over een lange tijd. Wanneer een stuifdijk de natuurlijke dynamiek 'wegvangt' uit een dergelijk slufferachtig gebied, dan zullen de Rode Lijstsoorten als gevolg van natuurlijke successie zeer snel verdwijnen.

In het volgende willen we nader ingaan op die eigenschappen van een natuurlijk sluffergebied die gunstig zijn voor de ontwikkeling van zoet/zout gradiënten en bijbehorende botanische natuurwaarden.



Figuur 8 Schematische weergave van water en wind processen die mogelijk verantwoordelijk zijn geweest voor het optreden van zoet/zout-gradiënten in het voormalige sluffergebied van de Oosterduinen.

## ECOLOGISCHE BETEKENIS VAN HET SLUFTERGEBIED OOSTERDUINEN

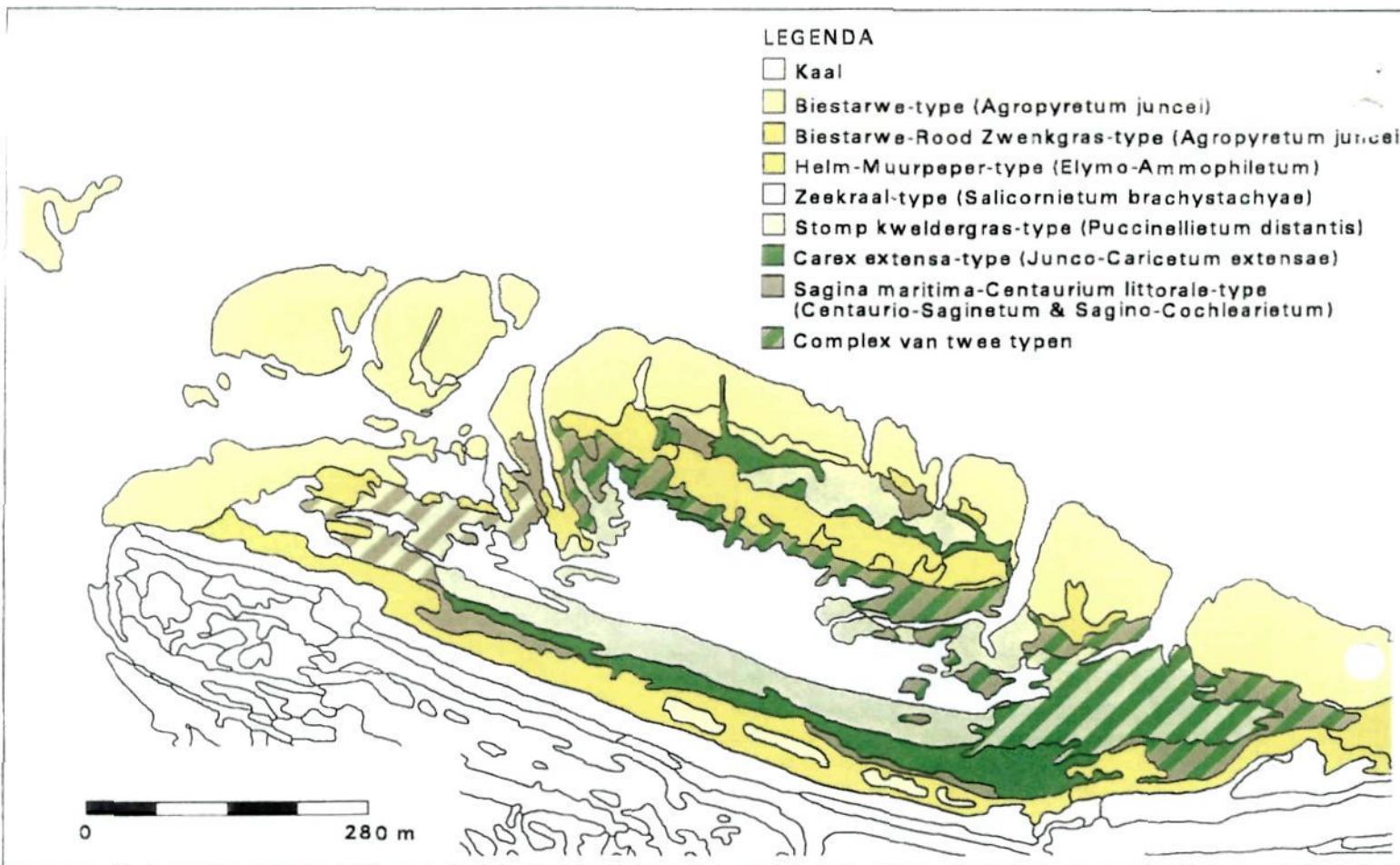
Hoekstra & Pedroli (1992) hebben geprobeerd de ecologische betekenis van sluffers meer vorm te geven. Zij verbonden aan het bestaande geomorfologische begrip sluffer meer abiotische kenmerken die voor een sluffer-ecosysteem van belang zijn: de sluffergeul moet dagelijks zeewater aan en afvoeren, het geulenstelsel loopt daarbij nooit volledig leeg door een drempel in de zeereep, en de achterduinse sluffervlakte is zandig en wordt minstens één maal per jaar met zeewater overstroomd. Bovendien zijn volgens Hoekstra & Pedroli (1992) in echte sluffergebieden zoet-zout gradiënten aanwezig, als gevolg van zoet kwelwater uit duinmassieven of stagnatie van regenwater waardoor periodiek verzoeting optreedt.

Met deze nieuwe definitie van een sluffergebied in het achterhoofd willen we proberen meer inzicht te verkrijgen in de natuurlijke processen die aanleiding gaven tot de vegetatiepatronen zoals deze in 1958 werden waargenomen in het sluffergebied achter de Oosterduinen op Schiermonnikoog.

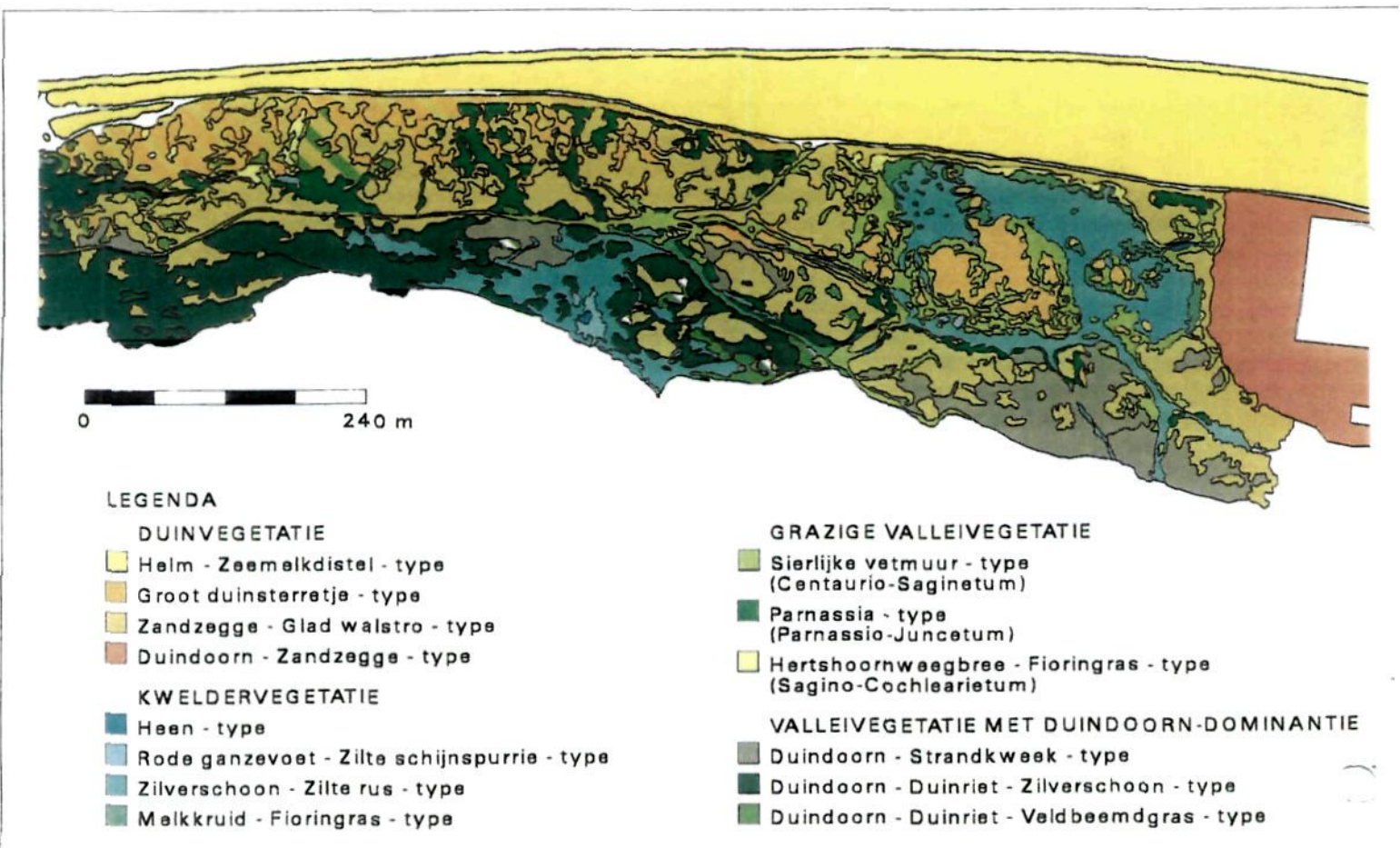
Wanneer we de ontwikkelingen rond de Oosterduinen schematiseren dan heeft zich de volgende ontwikkeling voltrokken (Fig. 8). Rond 1958 was er in het gebied van de Oosterduinen een sluffergebied aanwezig die aan vrijwel alle karakteristieken voldeed die Hoekstra & Pedroli (1992) aan een echt sluffergebied stellen. Op een kweldergebied met een dunne kleilaag hadden zich middelgrote duintjes ontwikkeld onder invloed van zandtransport vanaf het voormalige Oosterstrand. Hiervoor lag een groot aantal 'primaire duintjes' (van Dieren 1934) met Bies-tarwegras. Tussen de middelgrote duinen lagen diverse sluffergeulen die toegang hadden tot een achterduinse sluffervlakte, die veel karakteristieken hadden van een 'groen strand'. In dit groene strand waren zeer gevarieerde zoet-zout gradiënten aanwezig, niet vanwege de aanwezigheid van zoetwaterlichamen in die duintjes, daarvoor waren de duintjes vermoedelijk te klein, maar vanwege stagnatie van neerslagwater in natte perioden. Het gebied achter de duintjes had een slechte afwatering vanwege de aanwezigheid van een vrij grote hoge kwelder. De kweldergeulen bereikte het groene strand niet (van der Toorn 1959). Slechts bij zeer hoog water kon dit gebied zowel door de Noordzee als de Waddenzee overstroomd. Achter de duintjes werd door waterbeweging zand afgezet, waardoor de sluffergeulen gedeeltelijk verzandden (van der Toorn 1959). Maar ook door stuivend zand vanuit het Oosterstrand werd waarschijnlijk veel zand afgezet in het Groene Strand. De meer beschutte plaatsen achter de duintjes waren begroeid met pioniervegetaties die stonden op een zeer zandige kleibodem (Neuteboom 1963). Ook na de aanleg van de Stuifdijk hielden deze verstuingen in de Strandvlakte nog geruime tijd aan (Rozema 1976, van Tooren e.a. 1993). Deze combinatie van sterke stagnatie van neerslagwater in de achterduinse sluffervlakte, zandtransport via de sluffergeulen en via de wind vanuit het Oosterstrand hebben vermoedelijk langere tijd een complex patroon van pioniervegetaties van zoute tot zoete milieus in stand gehouden. Deze vegetaties herbergden zeer veel Rode Lijstsoorten. Hoe stabiel deze situatie was weten we echter niet. Geheel natuurlijk was dit vegetatiepatroon vermoedelijk niet. In 1958 werd namelijk ook een einde gemaakt aan een vrij intensieve begrazing door jongvee vanwege problemen met leverbotziekte (Westhoff & van Oosten 1991).

## SLUFTERGEBIEDEN ELDERS OP DE WADDENEILANDEN

In een aantal andere gebieden op de Nederlands Waddeneilanden lijkt de vegetatiesuccessie in meer of mindere mate op de hierboven beschreven vegetatiepatronen achter de Oosterduinen. Op Rottumerplaat heeft zich achter een rij duintjes, die doorbroken worden door sluffergeulen, een zoute strandvlakte gevormd (Figuur 9). Direct achter de jonge duintjes heeft



Figuur 9 Strandvlakte Rottumerplaat in 1994



Figuur 10 Strandvlakte Ameland ten noorden van het Oerd in 1994

zich pioniervegetaties met veel Rode Lijstsoorten gevestigd. De strandvlakte ten noorden van het Oerd op Ameland maakt momenteel een ontwikkeling door die veel gelijkenis vertoont met vroegere ontwikkelingsstadia in de Strandvlakte van Schiermonnikoog (Figuur 10). Binnen 'De Slufter' op Texel is aan de Zuid-West zijde een complex van Knopbiesvegetaties aanwezig die veel gelijkenis vertoont met de patronen op de kaart van 1958 van de Oosterduinen op Schiermonnikoog. Smalle zonaties van Knopbies (*Schoenus nigricans*) omzomen hogere duintjes in een gebied dat door een hoge kwelder wordt afgeschermd door een al te intensieve invloed van Noordzeewater. In de 'Lange Duinen Noord' op Ameland vormen twee kleine doorbraken een soort sluffers waar onder andere veel *Parnassia* voor komt (Janssen e.a. 1998). Ten slotte noemen we de Cupido-polder op Terschelling, waar een complex van jonge duinen en zoute duinvalleien is ontstaan ten noorden van de Stuifdijk langs de Boschplaat. Vooralsnog staat dit gebied sterk onder invloed van de zee, waardoor zoet/zout gradiënten vrijwel ontbreken (van Dort e.a. 1998). Een situatie uit het verleden die sterke gelijkenissen vertoonde met de hierboven beschreven veranderingen is die bij Nieuwlandsrijd op Oost-Ameland waar reeds in het eind van de vorige eeuw een stuifdijk werd aangelegd (Kooioerd stuifdijk: Westhoff & van Oosten 1991) ten noorden van een zich ontwikkelend sluffersysteem.

De situaties in de strandvlaktes van Rottumerplaat en op Oost-Ameland worden hier nader toegelicht en vergeleken met de ontwikkelingen op Schiermonnikoog.

#### *Strandvlakte Rottumerplaat*

De huidige strandvlakte ten noorden van het westelijk deel van de stuifdijk op Rottumerplaat betreft een zeer dynamisch gebied met veel zee-impact (Figuur 9). De strandvlakte ligt in de beschutting van een aantal natuurlijk gevormde duinen. In 1982 was het hele gebied achter de duinen nog vlak en onbegroeid. De eerste duintjes ontstonden rond 1986. Toen vestigde zich ook *Salicornia* in de laagte achter de duintjes. Sindsdien is de ontwikkeling snel gegaan (De Meulmeester & Janssen 1996, Horsthuis e.a. 1996) en vindt een vegetatiesuccessie plaats volgens 'het boekje'. De successieschema's uit Westhoff & Van Oosten (1991), die voornamelijk gebaseerd zijn op de ontwikkelingen op de Boschplaat (Terschelling), zijn hier volledig van toepassing. Op de laagste delen ontwikkelt een associatie van Zeekraal (*Salicornietum brachystachyae*) zich naar een gemeenschap van Stomp Kweldergras (*Puccinellietum distantis*) en op iets hogere delen naar een associatie van Kwelderzegge (*Junco-Caricetum extensae*). Op de hogere overgangen naar de duinen bevinden zich vegetaties die gerekend kunnen worden tot *Centaurio-Saginetum* en *Sagino-Cochlearietum*. Voor de laatste twee associaties is de strandvlakte momenteel waarschijnlijk de mooist ontwikkelde situatie op de Nederlandse Waddeneilanden. De Rode Lijstsoorten Krielparnassia (*Sagina nodosa*) en Fraai Duizendguldenkruid (*Centaurea pulchellum*) zijn hier in grote aantallen aanwezig, evenals o.a. Dunstaart (*Parapholis strigosa*), Kwelderzegge (*Carex extensa*), Rode Ogentroost (*Odontites vernus*) en Strandduizendguldenkruid (*Centaurea littorale*). Op een enkele plek heeft zich Knopbies (*Schoenus nigricans*) gevestigd. Ook van de Vleeskleurige Orchis (*Dactylorhiza incarnata*) is een exemplaar waargenomen (Kasemir & Lutterop 1997). Aan de zuidkant van de stuifdijk hebben Knopbies en Duinrus (*Juncus anceps*) zich vanaf 1994 gevestigd in de gemeenschap van Kwelderzegge (*Junco-Caricetum extensae*). *Parnassia* heeft zich nog niet op de strandvlakte gevestigd, maar mag in de toekomst verwacht worden.

De huidige strandvlakte lijkt sterk op de situatie op Schiermonnikoog in 1958. Daar de ontwikkeling op Rottumerplaat niet of nauwelijks door mensen beïnvloed wordt, kan het gebied gebruikt worden als referentie voor een strandvlakte die zich ontwikkelt onder natuurlijke situatie.

#### *Strandvlakte ten Noorden van het Oerd op Ameland*

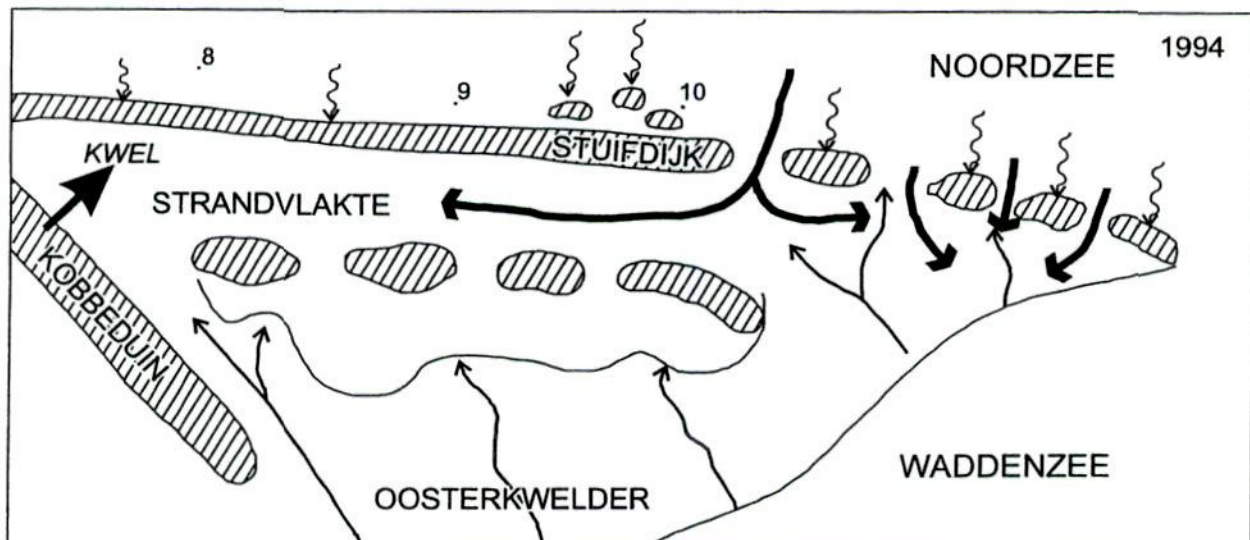
Aan de noordkant van de Oerderduinen, direct achter de zeereep, tussen ca. paal 20,5 en paal 23, bevindt zich een strandvlakte met een grote verscheidenheid aan vegetatietypen. Rond 1950 bestond het gebied nog uit een zandvlakte met pionierduinen (begroeid met Helm en Biestarwegras) die vanaf de noordkant regelmatig overstromd werd door zeewater (Launspach &

Schils 1973). In de periode 1961-1964 werd een stuifdijk aangelegd van paal 21 tot paal 23, waardoor achter deze aaneengesloten zeereep de huidige afgesloten strandvlakte ontstond. Later is bij paal 23 een plateau van de NAM aangelegd, achter een opgehoogd duin. Het oostelijke deel van de strandvlakte (ca paal 21.5 tot 23) is weergegeven op kaart 8 (uit: Janssen e.a. 1996).

De huidige strandvlakte bestaat uit hogere delen met duinvegetatie, lagere delen met kwelder- en valleivegetatie en de overgangen hiertussen. De lagere delen worden soms overspoeld door zeewater, afkomstig vanaf de kwelder de Hon, en staan andere keren blank als gevolg van overvloedige regenval. In het gebied zijn verschillende milieugradiënten aanwezig: een zout-zoet en kalkrijk-kalkarm gradiënt van oost naar west en een nat-droog gradiënt van lagere naar hogere delen. In deze gradiëntsituaties worden waardevolle vegetatietypen en plantensoorten aangetroffen, zoals Strandduizendguldenkruid, Fraai duizendguldenkruid, Krielparnassia en Parnassia. Op enkele plekken komt Knopbies voor. Vanaf de zeereep vindt overstuiving plaats, waardoor de duinvegetatie in het oostelijk deel een vrij open, dynamisch karakter heeft. In de lage delen sterft een deel van de vegetatie regelmatig af als gevolg van langdurige inundaties met zeewater, en kan de successie opnieuw beginnen.

Naar het westen toe is het gebied ouder en kalkarmer. Hier wordt o.a. een vegetatie met Rondbladig wintergroen (*Pyrola rotundifolia*) en Parnassia aangetroffen. Grote delen van het gebied (met name meer naar het zuiden en westen) zijn verruigd met Duindoorn, Kruiplwilg en Duinriet. In een vallei die wordt gemaaid, wordt verruiging voorkomen, waardoor soorten als Vleeskleurige orchis en Addertong (*Ophioglossum vulgatum*) zich weten te handhaven. Een prachtig ontwikkeld *Schoenetum* (met o.a. Knopbies en Parnassia en Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) bevond zich dicht tegen de Oerderduinen aan (waarschijnlijk onder invloed van kalkrijke kwel). Dit is verloren gegaan door sterke overstrooming, waarbij organisch materiaal in de vallei achterbleef.

De oost-west gradiënt in het gebied is een weerspiegeling van de vegetatiesuccessie bij afnemende zee-invloed en overstuiving. De bodem is ondiep ontkalkt en de vegetatie bestaat uit oudere successiestadia met ruige vegetaties en struwelen.



Figuur 11: Schematische weergave van de invloed van de huidige Stuifdijk op de geomorfologische processen op Oost-Schiermonnikoog.

## POTENTIES VOOR NATUURONTWIKKELING OP OOST-SCHIERMONNIKOOG

Door de aanleg van de Stuifdijk werden de tot dan werkzame geomorfologische processen drastisch verstoord (Fig. 11). Zandtransport door water en wind naar het slufferachtige gebied achter de Oosterduinen werd sterk verminderd en stopte vrijwel geheel toen de afgesnoerde Strandvlakte begroeid raakte. Nabij de doorbraak in de Stuifdijk bij paal 10 wordt nog wel zand door het water afgezet, en wordt de successie vertraagd, maar de invloedssfeer van deze waterdynamiek is beperkt. Ten oosten van paal 10 is de stuifdijk op meerdere plaatsen doorbroken. Hier is eigenlijk geen sprake meer van een stuifdijk, maar liggen stuivende duintjes naast elkaar. Het zeewater kan hier aan alle kanten passeren. Pioniersoorten van zoute milieus zijn overvloedig aanwezig, die van brakke milieus zijn veel zeldzamer. Soorten van zoete duinvalleien ontbreken nog, omdat het gebied nog te klein is om neerslagwater langdurig vast te houden of op te slaan in duinmassieven. Bij een stijgende zeespiegel zal in dit gebied niet snel een sluffergebied met zoet/zout-gradiënten ontstaan.

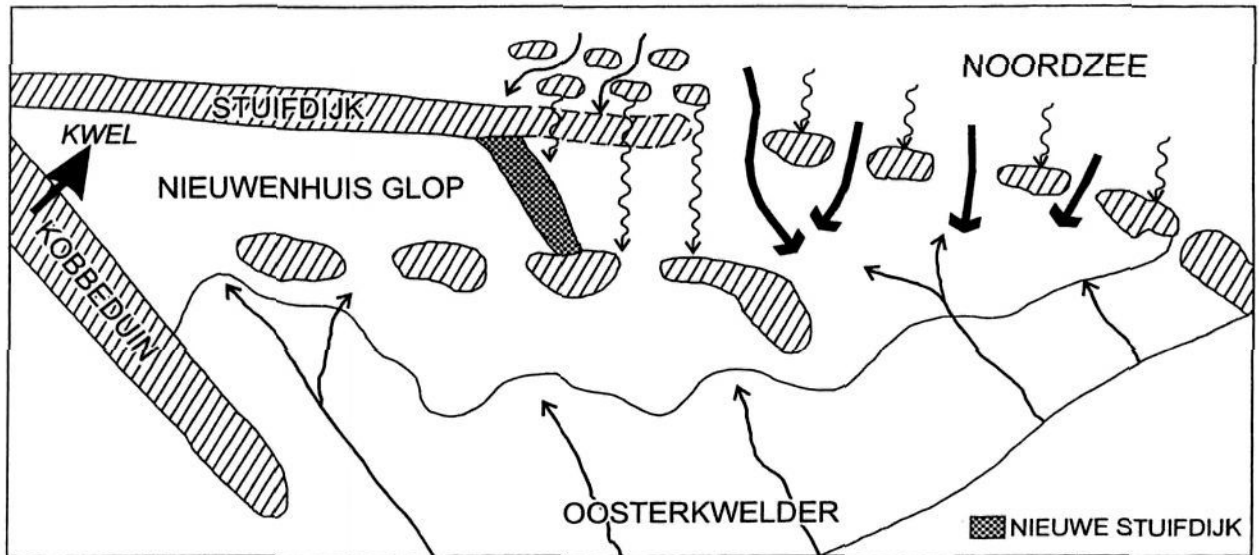
Een ander belangrijk effect van de Stuifdijk was het verhinderen van zandafzetting door de wind, zowel in de Strandvlakte zelf als in het gebied van de Oosterduinen. Hierdoor raakten beide gebieden in de loop van de tijd begroeid. De gedeeltelijke afsluiting van de Strandvlakte van de invloed van de Noordzee pakte in de westpunt van de Strandvlakte voor bedreigde Rode Lijstsoorten van zoute duinvalleien in eerste instantie heel gunstig uit. De grondwaterinvloed vanuit het Kobbeduin kon zich sterker doen gelden toen het zoute water zich terugtrok. Voor de Rode Lijstsoorten in het groene strand achter de Oosterduinen was deze ontwikkeling echter desastreus. Oudere successie stadia konden zich vrijwel ongestoord verder ontwikkelen en de fijngeschakeerde vegetatiegradiënten verdwenen in vrij korte tijd. Na verloop van ca. 35 jaar raakte in de Strandvlakte het middendeel en ook het westen sterk begroeid. Er ontwikkelde zich een grofkorrelige gradiënt van zout naar zoet, maar het brakke deel daarvan is erg instabiel. Tussen paal 8 en 9, waar zich vooral de brakke vegetatietypen bevinden, vindt zo nu en dan een 'catastrofale' sterfte plaats als het milieu ineens weer zeer zout wordt. Deze terugzetting in de successie gaat voorlopig niet gepaard met het optreden van Rode Lijstsoorten. Indien de dode organische laag blijft liggen, nemen snel groeiende soorten zoals Riet en Zeebies weer de plaats van de vroegere vegetatie in. Wordt alle organische stof afgevoerd dan ontstaat een pioniervegetatie van een zout milieu.

## MOGELIJKE MAATREGELEN

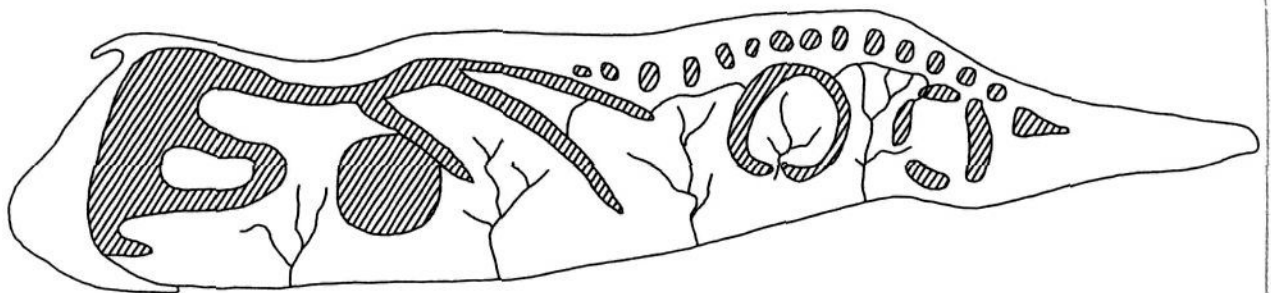
De Stuifdijk heeft momenteel tot gevolg dat er te veel dynamiek middendeel van de Strandvlakte plaats vindt, waardoor periodiek te bestaande brakke vegetatie compleet afsterft. Deze omstandigheden zijn niet gunstig voor de ontwikkeling van zoet/zout-gradiënten met Rode Lijstsoorten. Het door (laten) breken van de stuifdijk tussen paal 7 en paal 8 zou de invloed van zout water alleen maar versterken en zou ook de aanwezige zoete duinvalleivegetaties vermoedelijk vernietigen.

In het oude sluffergebied achter de Oosterduinen is de successie als gevolg van het weghalen van de dynamiek door wind en water reeds ver voortgeschreden. Daar waar het onderhoud van de Stuifdijk is gestaakt (voorbij paal 10.4) is de wind en waterdynamiek er wel, maar lijkt de aangroei van de kwelder te gering om zoet/zout-gradiënten te ontwikkelen.

Eventuele maatregelen om natuurlijke zoet/zout gradiënten te ontwikkelen zouden zich dus op het middengebied tussen paal 9 en paal 11 moeten richten. Indien de Stuifdijk tussen paal 9 en paal 10 blijft bestaan, dan zal bij een aangroeiende kust het complex van kleine duintjes op het



Figuur 12 Mogelijke "ombuiging" van de Stufdijk naar het zuiden tussen paal 8 en paal 9 om de huidige Strandvlakte af te snoeren van de invloed van de Noordzee en om ruimte te verschaffen voor de ontwikkeling van een groot sluftegebied ten oosten van de nieuwe duinenrij.



Figuur 13 Schets van de dynamische landschapsontwikkeling van een gemiddeld Fries Waddeneiland volgens Doing (1980).

strand kunnen uitbreiden, analoog aan de ontwikkeling op Oost-Terschelling, waar de Cupido-"polder" is ontstaan. Deze duinpartijen worden aan alle kanten doorsneden door stormvloedgeulen. Deze ontwikkeling is wel natuurlijk, maar in onze ogen ecologisch minder gewenst. Mogelijkheden voor het vasthouden van zoet neerslagwater zijn er vrijwel niet omdat de beschermende invloed van een hoge kwelder ontbreekt. De invloed van het Noordzee water is veel te dominant voor de ontwikkeling van zoet/zout gradiënten en bijbehorende Rode Lijstsoorten. Het streven zou erop gericht moeten zijn om aan te sluiten bij natuurlijke duinvormende processen, waarbij de duintjes niet op het strand voor de stuifdijk ontstaan, maar tegen de hoge kwelder aan. De bestaande stuifdijk tussen paal 9 en paal 10.4 zou dus moeten "afbuigen" naar het zuiden en aan moeten sluiten bij de Oosterduinen (Fig. 12). Dan zou ten oosten van dit gebied een nieuw sluftegebied ontstaan, dat groot genoeg is om zoet/zout gradiënten te ontwikkelen. Op een schets van de onlangs overleden duindeskundige Henk Doing over de landschapsdynamiek van een "gemiddeld" Waddeneiland (Doing 1980; Fig. 13) is fraai te zien dat bij een natuurlijke ontwikkeling de duinennijen afbuigen naar het zuid-oosten. Deze nieuwe duinen rij zou in het westen een verzoetende primaire vallei afsnoeren die met recht de naam "Nieuwenhuisglop" (Westhoff & van Oosten 1991) zou dragen, waardoor de oude nu misleidende naam "Strandvlakte" voor een meer oostelijk gelegen gebied vrij zou komen. *Deze nieuwe primaire vallei zou dan wel beheerd moeten worden, anders worden alle bestaande Rode Lijstsoorten verdrongen door Riet en Wilgenstruwelen.*

## AANBEVELING VOOR NADER ONDERZOEK

Tijdens het opstellen van dit rapport zijn we gestuit op verschillende onvolkomenheden in de ons ter beschikking staande gegevens. Om te komen tot een betere onderbouwing en verdere uitwerking van de gepresenteerde ideeën is het aan te bevelen de volgende punten nader uit te zoeken:

- \* Macro-ontwikkelingen bij de vorming van nieuwe duinenrijen en kweldersystemen zijn wellicht onvoldoende bij de gedachtenvorming betrokken; een nader geomorfologische onderbouwing is gewenst.
- \* Het analyseren van de vegetatieontwikkelingen na sluftervorming elders op de Waddeneilanden en in Zeeland heeft slechts zeer beperkt plaatsgevonden. Raadpleging van historisch materiaal zou onze analyse ten goede komen;
- \* Vergelijking met sluftersystemen op de Duitse en Deense Waddeneilanden kan wellicht meer licht werpen op het ontstaan van sluftersystemen met veel Rode Lijstsoorten;
- \* Gegevens over de snelheid van organische stofopbouw in sluftersystemen zou de idee-vorming over sturende factoren voor het optreden van Rode Lijstsoorten in de vegetatiesuccessie sterk bevorderen.
- \* Bij een monitoringsplan voor de ontwikkelingen op Oost-Schiermonnikoog zou meer aandacht moeten komen voor het monitoring van de snelheid van organische stofopbouw in de bodem omdat deze in hoge mate de snelheid van de vegetatiesuccessie bepaald. Ook de effecten van maaien in delen van het Nieuwenhuisglop zouden moeten worden vastgelegd. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van bestaande permanente kwadraten.

## GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN VAN DE VEGETATIEKAARTEN

De bijgeleverde kaarten zijn ook als digitale bestanden beschikbaar. Met deze kaarten kunnen op eenvoudige wijze nadere bewerkingen worden uitgevoerd waar wij wegens de beperkte tijd die ons ter beschikbaar stond niet aan toe zijn gekomen.

- \* Zo is het mogelijk om op grond van deze kaarten een gedetailleerd successie-schema op te stellen voor de Strandvlakte door te analyseren hoe vegetatietypen in elkaar over zijn gegaan.
- \* Daarbij zou vastgesteld kunnen worden in welke successiereeksen Rode Lijstsoorten gewoonlijk optreden en in welke niet.
- \* Met een gedigitaliseerde hoogtekaart zouden veronderstellingen omtrent inundatiefrequenties getoetst kunnen worden.
- \* De aanwezigheid van zoet/zout gradiënten zouden beter vastgesteld kunnen worden door aan bepaalde vegetatietypen indicaties voor zoet of zout toe te kennen.
- \* De kaarten zijn ook heel geschikt om een monitoringsplan op te baseren. Het is relatief eenvoudig vast te stellen waar snelle vegetatieveranderingen zijn opgetreden en waar vertragende invloeden werkzaam zijn.

## DANKWOORD

De auteurs willen de volgende personen bedanken voor hun opbouwende commentaar op een eerder concept van dit manuscript: Titia Zonneveld, Henk Dommerholt en Marijke van der Heiden (Natuurmonumenten), Aante Nicolai (Rijkswaterstaat-Noord Nederland), Henk Everts (*bureau everts en de vries e.a.*), en Evert Jan Lammerts (LNV-Noord).

Tenslotte gaat onze dank uit naar de studenten en stafleden van de Vrije Universiteit Amsterdam en van de Rijksuniversiteit Groningen, die alle gedetailleerde kaarten vervaardigden, veelal belangeloos en in ieder geval onbetaald. De kaart van 1958 werd bijvoorbeeld gemaakt tijdens een zomerkamp door vrijwilligers die het kennelijk de moeite waard vonden om de schitterende vegetatiepatronen achter de Oosterduinen vast te leggen voor het nageslacht, zonder dat ze weet hadden van flexibele kustverdediging, verhoging van diversiteit en begeleid natuurlijke processen, maar vermoedelijk omdat ze het mooi vonden.

## LITERATUUR

- Arens, B. & F. van der Meulen (1990): Slufter op de Waddeneilanden. In: Duinen in beweging: 81-86, Uitgave Vereniging tot Behoud van de Wadden-zee/ Stichting Duinbehoud.
- Asmuth von, J.R. & Tolman, M. (1996): Vegetatiekartering Schiermonnikoog 1992. Rapport Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat.
- Bakker, T.W.M. (1981): Nederlandse Kustduinen: Geohydrologie. Pudoc, Wageningen.
- Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & F.J van Zadelhoff (1979): Duinen en duinvalleien. Een landschapsoecologische studie van het Nederlandse duingebied, Pudoc, Wageningen.
- Beukeboom (1978): The hydrology of the Wadden Sea islands. Thesis Free University of Amsterdam
- Blaauw, F.J. (1971): Een oecologische verkenning van Schiermonnikoog. Intern rapport Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren.
- Dieren, J.W. van (1934): Organogene Dünenbildung, eine geomorphologische Analyse der ostfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Proefschrift Amsterdam, Nijhoff, den Haag.
- Doing, H. (1980): Holistische Betrachtung einer Watteninsel. In: Wilmanns, O. & R. Tüxen (eds.) Epharmony, Berichte der internationalen Symposien der IVFV (1979): 21-36.
- Dorp van, D., R. Boot, & E. van der Maarel (1985): Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands, since 1934, interpreted from air photographs and vegetation maps. Vegetatio 58, 123-136.
- Dort, K.W. van, J. W. de Jong & G.J. Horlings (1998): Toelichting bij de vegetatiekaart Boschplaat 1995 op basis van false colour-luchtfoto's, schaal 1:5000. Rapport MD-GAE-9833, Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- Ernst, W.H.O. & N.F. van der Ham (1988): Population structure and rejuvenation potential of *Schoenus nigricans* in coastal wet dune slacks. Acta Bot. Neerl. 37: 451-465.
- Grootjans, A.P. (1990): Hydrologische randvoorwaarden voor natuurherstel op de Waddeneilanden. In: Duinen in beweging: 33-44, Uitgave Vereniging tot Behoud van de Waddenzee/ Stichting Duinbehoud.
- Grootjans, A.P., Lammerts, E.J. & F. van Beusekom (eds) (1995): Kalkrijke Duinvalleien op de Waddeneilanden, KNNV Utrecht
- Hoekstra, A.I.J. en G.B.M. Pedroli (1992): Sluftervorming en natuurontwikkeling, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.
- Horsthuis, M.A.P., J.A.M. Janssen & A.M. de Meulmeester (1996): De vegetatie van Rottumeroog en Rottumerplaat. Een beschrijving op landschapsecologische grondslag. Stratiotes 13: 7-29.
- Huisman, J. (1990): Primary succession on a beach plain. Species dynamics in relation to biomass and nutrient accumulation. Doctoraalverslag Lab. voor Plantenoecologie, Haren.
- Janssen, J.A.M., E.R. Stenfert & B. Van Gennip (1998): Vegetatie kartering 1:5000 Lange Duinen Noord (Ameland) met een analyse van vegetatieveranderingen in de periode 1988-1997. Rapport MD-GAR/GAE-9823, Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.
- Janssen, J.A.M., E.H. Kloosterman, J. van den Bergs & L.M.L. Zonneveld (1996). Het Ameland Schalenproject. De mogelijkheden van remote sensing technieken voor vegetatiemonitoring ten behoeve van het natuurbeheer. Rapport Beleidscommissie Remote Sensing BCRS-rapport 95-16.
- Janssen, M.P.J.M. (1992): Dynamisch kustbeheer. Duin 15: 10-12.
- Janssen, M.P.J.M.(1995): Coastal Management: Restoration of Natural Processes in Foredunes. In: Healy & Doody (eds.), Directions in European Coastal management, pp. 195-198.
- Janssen, M.P.J.M. & Salman, A.H.P.M. (1995): A national strategy for dune conservation in the Netherlands. In: Salman, Berends & Bonazountas (eds), Coastal Management and Habitat Conservation, pp.215-230.
- Kers, A.S., S.R. van der Brug, L. Schoen, D. Bos & J.P. Bakker (1998). Vegetatiekartering Oost-Schiermonnikoog (1993-1996. Rapport Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren.
- Klein, (1980):
- Laan, F. van der (1980): Synthese van het vegetatiekundig onderzoek in de Strandvlakte op Schiermonnikoog van 1952 t/m 1979. Doctoraalverslag, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Lammerts, E.J., A.P. Grootjans, P.J. Stuyfzand & F.P. Sival (1995): Endangered dune slack plants;

- gastronomers in need of mineral water. In: Salman, Berends & Bonazountas (eds), Coastal Management and Habitat Conservation, pp. 355-369.
- Launspach, W. & C. Schiis (1973): Vegetatiekartering en -beschrijving van de oostpunt van Ameland. Doktoraalverslag K.U. Nijmegen
- Leertouwer, J. (1967): Macro- en microgradiënten in pH en kalkgehalten in relatie tot de vegetatie van Schiermonnikoog. Intern rapport Lab. voor Plantenoecologie, Haren.
- Meulmeester, A.M. de & J.A.M. Janssen, 1996. Ontwikkelingen in flora en vegetatie van Rottumeroog en Rottumerplaat sinds 1916. De Levende Natuur 97: 55-61.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (1990): Natuurbeleidsplan.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990): Kustverdediging na 1990.
- Neuteboom, J.H. (1963): Vegetatieveranderingen in het gebied "Paal Q" op Schiermonnikoog sinds 1958. Intern rapport Lab. voor Plantenoecologie, Haren.
- Olf, H., J. Huisman & B.F. van Tooren (1993): Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. J. Ecol. 81: 693-706.
- Oost, A.P. (1995): Dynamics and sedimentary development of the Dutch Wadden Sea with emphasis on the Frysian inlet. Proefschrift Utrecht.
- Oremus, P.A.I. (1982): Factors affecting growth and nodulation of *Hippophaë rhamnoides* in coastal sand dunes of the Netherlands. Proefschrift Utrecht.
- Putten, van der W.H. (1989): Establishment, growth and degeneration of *Ammophila arenaria* in coastal sand dunes. Proefschrift, Wageningen.
- Rozema, J. (1976): Vegetatiezonering op de Strandvlakte van Schiermonnikoog. Waddenbulletin 3: 144-148.
- Rozema, J. (1978): On the ecology of some halophytes from a Beach Plain in the Netherlands. Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Ruig de, J.H.M. (1998): Seaward coastal defence: limitations and possibilities. Journal of Coastal Conservation 4: 71-78.
- Rus, J.S. (1987): Onderzoek waterwinning Terschelling en Schiermonnikoog. Rapport IWACO, Groningen.
- Schat, H. (1982): On the ecology of some Dutch dune slack plants. Proefschrift, VU-Amsterdam.
- Slim, P. (1997): Vooronderzoek Duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland. Rapport 295, IBN-DLO Wageningen.
- Sival, F.P. (1997): Dune acidification threatening rare plant species. Proefschrift Groningen
- Tooren, B.F. van, P.J. Keizer, T. Zonneveld & J. Huisman (1993): Ontwikkeling en beheer van de vegetatie op de Strandvlakte van Schiermonnikoog. De Levende Natuur 94: 112-117.
- Toorn van der, J. (1959): Vegetatie van het gebied "Paal Q" op Schiermonnikoog. Intern rapport Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Veen, van der, A., A.P. Grootjans, J. de Jong, & J. Rozema (1997): Reconstruction of an interrupted primary beach plain succession using a GIS. Journal of Coastal Conservation 3: 71-78.
- Visser, G. (1994): De Bosplaat, Terschellingers scheppen Europees natuurreservaat. Van Gorcum, Assen.
- Walsweer, A.F. (1995): Vegetatieveranderingen in de Strandvlakte in de periode tussen 1959 en 1994. Doktoraalverslag Lab. voor Plantenoecologie, Haren.
- Wanders, E. (1990): Stuifdijken: landschapsstructuren van los zand. In: Duinen in beweging: 77-80, Uitgave Vereniging tot Behoud van de Waddenzee/ Stichting Duinbehoud.
- Wapenaar, P. (1980): Vegetatiebeschrijving en -kartering van de Strandvlakte van Schiermonnikoog in 1979; een vegetatiekundig onderzoek uitgevoerd aan de hand van luchtfoto's, Biologisch Laboratorium, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Westhoff, V. (1954): Landschap en plantengroei van Schiermonnikoog. Natuur en Techniek 22: 188-192 & 240-245.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten (1991): De Plantengroei van de Waddeneilanden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr 53.
- Zadelhoff van, F. J. (1981): Nederlandse kustduinen. Geobotanie. PUDOC, Wageningen.
- Zonneveld, L.M.L., J.H.B.W. Elgershuizen & E.H. Kloosterman (1991): Handleiding bij de Vegetatiekaart van Schiermonnikoog. Uitgave Rijkswaterstaat dir. Friesland & Meetkundige Dienst.
- Zoon, F.C. (1986): On the relative involvement of nematodes and other soil factors in the decline of

*Hippophaë rhamnoides* L. in the Netherlands. Revue Nematol. 9: 314.

## BIJLAGEN

Bijlage 1 Vegetatiekaarten (Kaarten 1-6)

Bijlage 2 Vegetatieopnamen vegetatiekartering 1978

Bijlage 3 Beschrijving vegetatietypen 1959-1978.

Bijlage 4 Herclassificatie vegetatietypen

### Bijlage 3 Beschrijving vegetatietypen 1959-1978.

- 1 Helm-aanplant (niet apart op de kaart aangegeven)
- 2 Vegetatie met een bedekking lager dan 25%, met *Salicornia europaea*, *Glaux maritima* en *Suaeda maritima*.
- 3 Vegetatie van *Puccinellia distans*, *Agrostis stolonifera*, *Glaux maritima* en *Salicornia europaea*.
- 4 Vegetatie met *Scirpus maritimus*, *Juncus gerardi* en *Agrostis stolonifera*.
- 5 Vegetatie gedomineerd door *Agrostis stolonifera* en *Juncus gerardi* met *Glaux maritima*, *Potentilla anserina* en *Odontites verna*.
- 6 Vegetatie met *Glaux maritima*, *Juncus gerardi*, *Agrostis stolonifera*, *Carex distans*, *Juncus articulatus*, *Juncus alpinoarticulatus* en *Parnassia palustris*. *Salix repens* kan in hoge bedekking voorkomen.
- 7 Vegetatie gedomineerd door *Agrostis stolonifera* en *Juncus gerardi* met *Glaux maritima*, *Juncus alpinoarticulatus* en *Juncus maritimus*.
- 8 Vegetatie gedomineerd door *Juncus gerardi* en *Festuca rubra*, met *Agrostis stolonifera*, *Odontites verna* en *Armeria maritima*. Vaak met *Schoenus nigricans*.
- 9 Vegetatie gedomineerd door *Festuca rubra* met *Agrostis stolonifera*, *Odontites verna*, *Carex distans*, *Juncus alpinoarticulatus*, *Trifolium repens*, *Centaureum littorale* en *Linum catharticum*.
- 12 Vegetatie gedomineerd door *Salix repens* met *Agrostis stolonifera* en *Hippophaë rhamnoides*. (in '70 zonder *Hippophaë rhamnoides*)
- 13 Vegetatie gedomineerd door *Ammophila arenaria*, met *Sonchus arvensis*.
- 14 Vegetatie gedomineerd door *Hippophaë rhamnoides* met *Ammophila arenaria*, *Sonchus arvensis* en *Festuca rubra*.
- 15 Vegetatie met *Festuca rubra*, *Ammophila arenaria*, *Senecio jacobaea* en *Chamerion angustifolium*.
- 16 Vegetatie van *Sambucus nigra* en *Hippophaë rhamnoides*.

## Bijlage 4

### Herclassificatie vegetatietypen

Type	1978 & 1976	1970	1959
Geherclassificeerd			
1 Helmaanplant	helmaanplant		
2 Thero-Salicornietea	25,26a,31,32	8 <sup>1</sup> ,8	1,2 <sup>a</sup> ,2 <sup>b</sup>
3 Puccinellietum distantis	27-29,29a,30,30a	4 <sup>1</sup> ,8 <sup>3</sup> ,8 <sup>4</sup> ,8 <sup>5</sup>	
4 RG-Scirpus maritimus	23a,26	9	
5 Juncetum gerardi	23,24		
6 Parnassio-Juncetum atricapillus	21,21a,22	2a	
7 Oenantho-Juncetum maritimi	20,20a		
8 <i>Armerio-Festucetum littoralis</i>	18,19	6,7 <sup>2</sup> ,7 <sup>3</sup> ,8 <sup>2</sup>	2 <sup>d</sup>
9 Centaurio-Saginetum	10a,11-13a,14-17	4,7 <sup>1</sup>	2 <sup>c</sup> ,4 <sup>5</sup>
12 Salix repens struweel	10	2	
13 Elymo-Ammophiletum	8,8a,9	1,1d,5,5 <sup>1</sup> ,5 <sup>3</sup>	3,4
14 Hippophaë struweel	6,7	D	4 <sup>4</sup> ,4 <sup>7</sup>
15 RG Festuca rubra	2,3,4,5	5 <sup>2</sup>	
16 Hippophaë/Sambucus struweel	1	D/V	

Omzetting van de oorspronkelijke vegetatietypen van de kaarten van 1959-1978 naar één typologie.