

Duurzame verstuiving in de Hollandse duinen

Kans, droom of nachtmerrie

Eindrapport Fase 1

Bas Arens, Luc Geelen, Harrie van der Hagen en Rienk Slings



Duinwaterbedrijf Zuid-Holland

waternet



A R E N S

BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK

PWN. Puur water en natuur.



Duurzame verstuiving in de Hollandse duinen

Kans, droom of nachtmerrie

Eindrapport Fase 1

Bas Arens, Luc Geelen, Harrie van der Hagen en Rienk Slings

ARENS BSDO

RAPPORTNUMMER RAP2007.02

- Waternet - nv PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland -
Duinwaterbedrijf Zuid-Holland -
Juni 2007

VOORWOORD

Dit rapport is het resultaat van onderzoek dat geïnitieerd is door 3 duinbeherende waterleidingbedrijven. Bij dit “DPW” onderzoek werken DZH, PWN en Waternet samen aan gemeenschappelijke vraagstellingen en knelpunten.

Het knelpunt waar we het hier over hebben is het stilvallen van de (geomorfologische) motor van het gehele duinlandschap, waardoor het de vraag is of instandhoudingdoelen van habitats en het behouden van kenmerkende biodiversiteit duurzaam te realiseren is.

Hoe kunnen we als duinbeheerders omgaan met stabiliteit of mobiliteit in het duinlandschap en hoe zit het met de zin of onzin met betrekking tot reactivaties?

We willen kennis vergaren om het Nederlandse duingebied iets verder te sturen richting het “optimale” duinlandschap. Omdat geomorfologische systeemkennis aan de basis ligt van deze zoektocht is de opdracht om de bestaande kennis op overzichtelijke wijze te bundelen verstrekt aan Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek.

We hopen dat dit rapport veel zand doet opwaaien voor discussie, en danken iedereen die daar in eerdere instantie bij de enquête en workshop al aan bijgedragen heeft.

Bas Arens

Luc Geelen

Harrie van der Hagen

Rienk Slings

Amsterdam, 15 juni 2007.

INHOUD

VOORWOORD	iii
-----------	-----

INHOUD	v
--------	---

1	INLEIDING	1
1.1	Doelstelling project	1
1.2	Vraagstelling	1
2	VERSTUIVING EN DUINVORMING	5
2.1	Beschrijving van de processen	5
2.1.1	Verstuiving	5
2.1.2	Duinvorming	8
2.1.3	Duinmobiliteit	11
2.1.4	Stuifkuilen	14
2.2	Historische situatie	16
2.3	Veranderingen in tijd en ruimte	18
2.4	Lessen uit de internationale literatuur m.b.t. duinmobiliteit en invloed klimaat	20
2.4.1	Regionale publicaties over duinmobiliteit	20
2.4.2	Universele papers over klimaatseffecten en mobiliteit	24
2.4.3	Discussie	27
3	STATE OF THE ART - FASE 1	31
3.1	Enquête	31
3.2	Inventarisatie van verstuivingen in Nederland; mogelijke case-studies	33
3.2.1	Spontane verstuivingen en / of interessante situaties	33
3.2.2	Herstelde verstuivingen	39
3.2.3	Enkele mogelijke referentiegebieden in West-Europa	46
3.2.4	Voorstel voor selectie voor case-studies voor fase 2	48
3.3	Workshop	49
3.3.1	Wat is de oorzaak van de stabilisatie die we in de duinen zien?	50
3.3.2	Doelstelling van verstuiving?	53
4	DISCUSSIE	55
4.1	Verstuivingen langs de Hollandse kust in nationaal perspectief	55
4.2	Verstuivingen langs de Hollandse kust in internationaal perspectief	56
4.3	Naar een kookboek	56
5	CONCLUSIES	59
6	AANBEVELINGEN	61
6.1	Beheersaanbevelingen	61
6.2	Onderzoeksaanbevelingen	61
6.3	Beleidsaanbevelingen	61

7	REFERENTIES	63
	LIJST MET FIGUREN	71
	Bijlage 1. Selectie resultaten enquête	1.1
	Bijlage 2. VERSLAG studiereis “Dynamiek”, België - Noordwest-Frankrijk	2.1
	Bijlage 3. Overzicht gebieden met spontane verstuivingen	3.1
	Bijlage 4. Overzicht gebieden met herstelde verstuivingen	4.1
	Bijlage 5. Deelnemerslijst workshop 21 september 2006	5.1
	Bijlage 6. Stellingen t.b.v. discussie workshop	6.1

1 INLEIDING

In onze visie van een optimaal duingebied horen verstuivingen. Het duingebied wordt gekenmerkt door oude en jonge systemen, duinen die nog verbonden zijn met de kust, aangroei of afslag ondergaan, en duinen die op grote afstand van de kust liggen, en langzaamaan verouderen en verstarren. Het ideale duingebied wordt gekenmerkt door ruimte, variatie en gradiënten. Verstuivingen zorgen voor verjonging in verschillende gradaties: in een aangroeisituatie door de ontwikkeling van nieuwe duinen, in een afslagsituatie doordat vastgelegd zand opnieuw in beweging komt, en in veel verschillende situaties doordat verstuiving in mindere of meerdere mate voor erosie of depositie zorgt.

De toestand van het Nederlandse duingebied is niet optimaal. Er zijn vele factoren aanwijsbaar, waardoor de duinen niet die variatie bieden die onder optimale omstandigheden mogelijk zou zijn. Één van de belangrijkste problemen binnen de Nederlandse duinen is de oprukkende verstarren. Duinbeheerders zijn nu vrijwel overal volop bezig om die verstarren een halt toe te roepen, en zelfs de duinen door grote ingrepen nieuw leven in te blazen. Het idee hier achter is dat, door verstuivingen weer een kans te geven, de natuur vanzelf voor verjonging zorgt, en daarmee de dreigende achteruitgang van biodiversiteit een halt toegeroepen kan worden. Het lijkt heel simpel verstuivingen weer op te wekken. De vegetatie wordt eenvoudigweg verwijderd, de wind doet de rest van het werk. Niets blijkt minder waar. Verstuivingen opwekken kost moeite en inzicht. Voordat we zeker kunnen zijn van de grote ingrepen voor het reanimeren van verstuivingen zal er nog heel wat onderzoek moeten worden. Redenen genoeg dus voor een grondig onderzoek naar verstuivingen.

Waternet, PWN en DZH hebben een gezamenlijk project opgestart met als thema “Duurzame verstuivingen”. Doel van dit project is om langs velerlei weg meer te weten te komen over de randvoorwaarden voor verstuiving, het hoe en waarom van stabiliteit of mobiliteit en de mitsen en maren met betrekking tot reactivaties. Uiteindelijk zal de vergaarde kennis gebruikt kunnen worden om het Nederlandse duingebied iets verder te sturen richting het optimale duinlandschap, en om met meer zekerheid tot de juiste beslissingen en ingrepen met betrekking tot verstuivingen te kunnen komen.

1.1 Doelstelling project

Het uiteindelijke doel van het project is om duinbeheerders handvaten aan te reiken om duurzame verstuivingen binnen hun terrein te stimuleren, activeren of initiëren om daarmee een proces van verjonging op gang te brengen dat duurzaam, en zonder verder ingrijpen, gedurende tientallen jaren actief zal blijven. Wanneer dit proces goed op gang is gekomen zullen voortdurend op nieuwe plaatsen nieuwe pioniersituaties ontstaan. Handvaten worden opgesteld op basis van bestaande kennis, inventarisatie, documentatie en zo mogelijk analyse van bestaande situaties, ondervraging van beheerders en andere experts. Kennishiaten zullen worden geïdentificeerd en aanbevelingen voor aanvullend onderzoek zullen worden geformuleerd. Een mogelijke uitkomst van het onderzoek kan zijn dat duurzame verstuivingen zonder blijvend ingrijpen onder de huidige condities onmogelijk zijn. Ook deze uitkomst is voor beheerders van grote waarde.

1.2 Vraagstelling

Vooralsnog is het onderzoek in twee fasen opgezet. De eerste fase is meer algemeen en inventariserend van aard. In de tweede fase worden enkele case-studies tot in detail geanalyseerd. Dit rapport behandelt de eerste fase, en zal richtinggevend zijn voor de selectie van case-studies voor de tweede fase.

Van fundamenteel belang voor het onderzoek is inzicht te krijgen in het waarom van duurzame verstuivingen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen kleinschalige verstuivingen (vooral stuifkuilen) en grootschalige verstuivingen (mobiele duinen), omdat er naar het huidige inzicht fundamentele verschillen tussen beide bestaan. Kleinschalige verstuivingen zijn chaotisch van aard, ontstaan op (vooralsnog?) onvoorspelbare locaties, hebben een beperkte invloed op hun omgeving, en hebben meestal een beperkte levensduur van enkele tot een tiental jaren. Grootschalige verstuivingen kunnen zich zelf door de grote massa zand die in beweging is in stand houden, hebben een veel grotere invloed op hun omgeving, waarbij o.a. ook het remobiliseren van eerder gestabiliseerd duin meespeelt, en worden geacht een veel langere levensduur te hebben. Dit soort systemen is op dit moment niet in actieve vorm in het Nederlandse duingebied aanwezig, wat het onderzoek er naar lastig maakt. Essentiële vraag is bijvoorbeeld wat de rol van de mens is geweest in de activiteit van dit soort systemen, of het feit dat ze niet meer actief zijn ook het gevolg van menselijk ingrijpen is, en in hoeverre kennis uit het verleden toepasbaar is in de huidige situatie, en in hoeverre kennis van vergelijkbare systemen in het buitenland toepasbaar is op de Nederlandse situatie.

Het eerste deel van het onderzoek heeft betrekking op de randvoorwaarden voor verstuiving. Dit deel is vooral geomorfologisch van aard, hoewel er ook enkele ecologische vragen aan de orde zullen komen. Onder welke condities kunnen verstuivingen in stand blijven? Wat zijn de verklaringen voor mobiliteit en stabiliteit? Wat is het effect van klimaat, wat de interactie tussen vegetatie en geomorfologie? Wat zijn de groeikarakteristieken van de belangrijkste zandbinders Helm, Duindoorn en Zandzegge? Wat zijn de ervaringen van beheerders, nu en in het verleden? En hoe verspreid zijn verstuivingen in het huidige duingebied, hoe functioneren ze, en hoe was dit in het verleden?

Antwoorden op deze vragen zullen worden gezocht in de literatuur, en bij ervaringsdeskundigen zoals beheerders en onderzoekers. Veel lokale gebiedskennis is beperkt gedocumenteerd in grijze literatuur. Een deel van het onderzoek is erop gericht deze kennis boven water te halen. Nog meer lokale gebiedskennis is alleen bekend bij beheerders, en in het geheel niet gedocumenteerd. Middels een enquête is gepoogd deze kennis zoveel mogelijk op papier te zetten. Aan deskundigen is gevraagd zoveel mogelijk informatie te geven over relevante situaties, en over hun inzichten met betrekking tot randvoorwaarden voor verstuiving. Aan de hand van deze informatie en eigen deskundigheid is een overzicht gemaakt van huidige en historische locaties met verstuivingen. Per locatie zal zoveel mogelijk informatie worden verzameld. Een aantal van de meeste relevante situaties zal in dit rapport worden besproken.

Eisen voor duurzaamheid (en dus voor beheer) kunnen pas geformuleerd worden als de mechanismen van mobiliteit en stabiliteit bekend zijn. De eerste fase van het onderzoek zal hierin vooral inventariserend zijn. Aan de hand van de resultaten zullen gerichte vragen opgesteld kunnen worden, die in de tweede fase onderzocht kunnen worden.

In de tweede fase zullen verschillende case-studies in detail worden bekeken. Hierbij spelen niet alleen geomorfologische maar ook ecologische vragen een rol. Het is tenslotte ook van groot belang om te onderzoeken wat verstuivingen ecologisch opleveren, of dit misschien per locatie verschilt, en of er ook situaties zijn die ecologisch gezien geen meerwaarde hebben. Voor een aantal gebieden die al jarenlang gemonitord worden, zullen de mechanismen van stabilisatie nader worden onderzocht. Hoe snel verloopt de stabilisatie, wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de gebieden, zijn er wetmatigheden te ontdekken? Duurzame verstuiving lijkt vaak te beginnen aan de kust. Sinds het toepassen van dynamisch kustbeheer is er in verschillende kustdelen een

verkerving van de zeereep op gang gekomen die mogelijk perspectieven biedt voor een meer duurzame ontwikkeling, ook landwaarts van de zeereep. Voor enkele gebieden zullen de mechanismen van kerfvorming en de gevolgen voor verstuiving nader worden onderzocht.

2 VERSTUIVING EN DUINVORMING

Verstuiving is een uitermate gecompliceerd proces, deels goed begrepen, deels onbegrepen. Vooral de interactie tussen meteorologie, bodem en biologie maakt het proces zo gecompliceerd. Het puur fysische aspect van het losmaken van zandkorrels uit het oppervlak en vervolgens het transport onder invloed van de wind is het best begrepen, maar ook hier zijn nog vele vragen die onderwerp zijn van huidig fundamenteel onderzoek. In dit rapport zal niet in detail worden ingegaan op het zandtransport, maar wel zullen zoveel mogelijk de verschillende factoren worden aangestipt die van belang zijn. Hier en daar zal voor details verwezen worden naar verhelderende publicaties. Er zijn echter zoveel publicaties over zandtransport door de wind en duinontwikkeling, dat het ondoenlijk is deze allemaal in het bestek van dit onderzoek te behandelen. Een redelijk, maar alweer enigszins gedateerd overzicht geeft de Nederlandse versie van het proefschrift van Arens (Arens, 1994).

De aspecten van verstuiving en duinontwikkeling zullen in meer detail worden behandeld, voor zover ze van belang zijn voor de doelstelling van ons onderzoek. Verschillende aspecten raken bijvoorbeeld de thema's van mobiliteit en stabiliteit en zijn dus van belang voor ons begrip van duurzaamheid. Verder is er vooral in de internationale literatuur aandacht aan de relatie tussen duinmobiliteit en klimaatverandering, en aan de rol van de mens in het mobiliseren of stabiliseren van duinen. Hoewel sommige van de beschreven situaties niet of nauwelijks vergelijkbaar zullen zijn met de Hollandse duinen, kunnen ze wel inzicht verschaffen in mechanismen of deelaspecten die van belang zijn voor mobiliteit die wel toepasbaar zijn op onze situatie.

2.1 Beschrijving van de processen

Het proces van verstuiving is een complex samenspel van meteorologische, fysische, hydrologische en biologische variabelen. De interactie tussen en onderlinge afhankelijkheid van al deze variabelen is bepalend voor de duinvorming.

Meer kennis van het samenspel van deze variabelen is ook belangrijk om inzicht te krijgen in de effecten van klimaatverandering! En dit is weer essentieel voor het formuleren van een duurzame toekomst.

Er zijn verschillen tussen de processen bij grootschalige of kleinschalige verstuivingen, maar de basis is dezelfde: het opnemen van een zandkorrel door de wind, en het elders weer afzetten. Om met de basis te beginnen zal dit proces eerst in detail worden besproken.

2.1.1 Verstuiving

Er is een directe relatie tussen zandtransport en windsnelheid, meestal voorgesteld door een formule met de volgende vorm:

$$q = C * (U - U_t)^3$$

Hierin is q het transport per strekkende meter in kg/sec, C een verzameling van empirische en andere constanten, U de windsnelheid en U_t de kritische windsnelheid of drempelwaarde, dat wil zeggen, die snelheid waarbij het zand begint te bewegen.

Er zijn veel variabelen die deze relatie beïnvloeden:

- **Windkarakteristieken:** windsnelheid en richting bepalen in eerste instantie de hoeveelheid zand die landwaarts verplaatst kan worden.

- **Windrichting:** de windrichting bepaalt de 'fetch', ofwel de strijklengte. Bij schuinaanlandige wind is de strijklengte vele malen groter dan bij loodrecht aanlandige wind, en zijn de condities voor zandtransport optimaler.
- **Luchtstroming:** door allerlei oorzaken wordt de wind op het strand en in de duinen beïnvloed, door ruwheidsovergangen (water naar zand), topografie (hellend strand, achterliggende zeereep), kleine obstakels (vloedmerken).
- **Korrelgrootte:** grotere korrels worden moeilijker opgenomen dan kleinere. Er is een optimum bij 0.1 mm, daarboven en daaronder neemt de drempelwaarde voor opname toe. Er is een zeer complexe interactie tussen verschillende korrelgrootten bij mengsels.
- **Dichtheid van de zandkorrels:** vergelijkbaar met korrelgrootte. Korrels met een grotere dichtheid worden moeilijker opgenomen dan korrels met een kleinere dichtheid.
- **Hellingshoek:** Op een hellend oppervlak wordt het transport beïnvloed door de werking van de zwaartekracht.
- **Vochtgehalte van het oppervlak:** vochtig zand plakt en is daardoor moeilijker opneembaar dan droog zand. Een vochtig oppervlak daarentegen is coherenter en kan beter als transportoppervlak fungeren dan een droog oppervlak. Op een droog oppervlak dragen stuitende korrels een deel van hun energie over aan losliggende korrels, op een vochtig oppervlak is de botsing geheel of gedeeltelijk elastisch.
- **Neerslag:** neerslag maakt het zand vochtig en dus moeilijker opneembaar. Bij veel neerslag wordt het zand zo vochtig dat het geheel niet meer wordt opgenomen. Stormen met veel wind en veel regen zijn daardoor vaak weinig effectief voor zandtransport. Beginnende neerslag kan verstuiwing enorm doen toenemen, door een bepaalde vorm van impulsoverdracht. De regendruppels fungeren dan als 'saltators'. Bij neerslag in de vorm van hagel is dit nog veel belangrijker.
- **Vochtgehalte van de lucht:** niet duidelijk is of vochtige lucht zelf moeilijker zand opneemt, of dat door vochtige lucht de zandkorrels ook vochtig worden, en daardoor moeilijker worden opgenomen. Er is in ieder geval een duidelijk verband aangetoond tussen de relatieve vochtigheid en de intensiteit van verstuiwing. Een gevolg is bijvoorbeeld dat het transport bij oostenwind (droge lucht) efficiënter gaat dan bij westenwind (vochtige lucht).
- **Verdamping:** door verdamping droogt een vochtig oppervlak en kunnen korrels weer makkelijker worden opgenomen. Bij zeer sterke verdamping op een strand kan een zoutkorst ontstaan waardoor zandkorrels aan elkaar gebonden worden. Dit speelt in de duinen in ons klimaat geen rol, op het strand soms wel.
- **Algen:** door algen kitten zandkorrels aan elkaar vast.
- **Vegetatie:** door de ruwheid van vegetatie wordt de windsnelheid aan het oppervlak geremd, waardoor minder energie beschikbaar is voor zandtransport. Doordat een ruwheidsovergang de aanstromende lucht veel turbulenter maakt kan het zand wel in een wolk over de vegetatie worden geblazen, in een soort suspensiewolk. Bij heel geringe dichtheden van vegetatie kan winderosie toenemen, doordat de wind rondom de vegetatie-elementen wordt gestuwd, en daardoor lokaal versneld wordt.
- **Schelpen en andere grove elementen:** de functie met betrekking tot zandtransport is hetzelfde als van vegetatie. Als zand tussen schelpen wordt uitgeblazen, wordt de dichtheid van de schelpen aan het oppervlak steeds groter, en ontstaat een woestijnvloertje. Wanneer het strand nog onder bereik van golven ligt, dan wordt dit weer afgebroken.
- **Reliëf van de omgeving:** de directe omgeving heeft invloed op het voorkomen van versnellingen of vertragingen in de wind. Bijvoorbeeld: tegen een helling op versneld de wind; aan de achterzijde van een duin kan de wind tegengesteld zijn

aan de algemene wind; voor de zeereep blokkeert de wind, waardoor zand al vóór de duinvoet tot stilstand kan komen, bij een kerf wordt dit doorbroken.

- **Zandaanbod:** zonder zand geen verstuiving. Vrijwel altijd is het zandtransport in de Nederlandse duinen 'supply-limited' ofwel beperkt door beschikbaarheid, door wat voor reden dan ook. Er is een overmaat aan energie (dat wil zeggen, niet alle beschikbare windenergie wordt daadwerkelijk voor zandtransport gebruikt).
- **Beschadigingen:** abiotiek, dieren of mensen die het vegetatiedek of de algenlaag doorbreken, en zo het zand aan de wind blootstellen.

Bij het kwantificeren van dit soort effecten wordt een onderscheid gemaakt tussen factoren die de wind beïnvloeden, en factoren die het opnemen van zand, dus de kritische windsnelheid beïnvloeden. Enkele voorbeelden. Door een vochtiger oppervlak plakken de zandkorrels aan elkaar, en worden ze dus moeilijker los gemaakt; de kritische windsnelheid neemt toe. Wanneer de wind door een kerf gestuwd wordt neemt de windsnelheid toe; dat geeft dus een rechtstreekse toename van de transportcapaciteit. Met betrekking tot vegetatie kan er op twee manieren geredeneerd worden. 1. Door de aanwezigheid van ruwheidselementen wordt de windsnelheid aan het oppervlak geremd; de windsnelheid neemt af. 2. Door de bedekking van een deel van het oppervlak is er een sterkere wind nodig om het zand in beweging te brengen; de kritische windsnelheid neemt toe.

Bovenstaande maakt duidelijk dat het kwantificeren van zandtransport een uitermate complexe bewerking is, door de interactie van een groot aantal factoren (die elkaar ook nog eens wederzijds kunnen beïnvloeden).

Veel van het kwantitatieve werk met betrekking tot de transportvergelijkingen is in windtunnels uitgevoerd. Het is de vraag in hoeverre al de resultaten uit deze onderzoeken ook extrapoleerbaar zijn naar de praktijk. In de praktijk wordt het ideale transport (dus zoals voorspeld door een simpele transportformule) soms wel benaderd, over een tijdsperiode van minuten tot uren. Wat echter duidelijk is, is dat bij hogere windsnelheden (vanaf 6 Bft) het transport minder snel toeneemt dan de transportformules voorspellen. Vaak is dit het gevolg van zandgebrek, maar er zijn ook aanwijzingen dat bij hele hoge windsnelheden de lucht zo verzadigd raakt met zand dat onderlinge botsingen tussen de korrels het transportproces veel minder efficiënt maken. Het lijkt erop dat er dan een maximum bereikt wordt.

Door de complexiteit van deze randvoorwaarden is het extra lastig een uitspraak te doen over het effect van een klimaatsverandering op zandtransport. Algemeen kunnen we wel stellen dat meer wind tot meer verstuiving zal leiden. Maar als we bijvoorbeeld naar de Nederlandse situatie kijken, dan blijkt dat het meeste transport van zand door de wind gebeurt tijdens omstandigheden die niet extreem zijn, maar wel vaak voor komen (in tegenstelling tot het watergedreven transport, dat juist bij extreme omstandigheden tot zeer grote veranderingen kan leiden), zie Jungerius et al., 1991. Dit zijn omstandigheden met windkracht 6-8 Bft. De echte stormen lijken er niet zoveel toe te doen, ook vanwege het feit dat storm vaak gepaard gaat met (veel) regen. Er zijn natuurlijk uitzonderingen (zie bijvoorbeeld verslag van de storm van 30 september 1911 door Traanberg, in Bijlage 1), maar deze zijn zeldzaam. In de Algarve, in Portugal, bleek juist dat de extreme omstandigheden wel belangrijk zijn voor de duinvorming, en zelfs het grootste deel van de duinvorming bepaalden. De minder extreme omstandigheden waren ook minder effectief, doordat de drempelwaarde voor transport hoger lag, onder andere vanwege een veel grovere korrelgrootte, en een beperkte strandbreedte (zie o.a. Arens et al., 2001a en b).

vegetatie

Een beperkte erosie van een kaal oppervlak zorgt ervoor dat vestiging van pioniers uit zaad wordt voorkomen. Slechts enkele cm's per jaar lijkt te voldoen. Het is niet duidelijk of dit proces door het jaar heen continu moet zijn, of dat schoksgewijze erosie ook volstaat.

Vestiging van vegetatie vanuit reeds aanwezige wortels blijkt nauwelijks tegen te gaan. Wanneer wortels bij een reactivatie achterblijven zullen deze hoe dan ook problemen geven. Wanneer ze dood zijn bedekken ze na blootstuiving een deel van het oppervlak, waardoor verdere verstuiving bemoeilijkt kan worden. Wanneer ze nog levend zijn en leiden tot een herstel van de vegetatie, zullen ze een oppervlak relatief snel weer kunnen stabiliseren. Blijven afvoeren van wortels lijkt de enige remedie, net zo lang tot alle wortels verdwenen zijn. Dat zal naar schatting 3-5 jaar kosten. Blootstuivende wortels van Helm blijken moeilijk te overleven. Helm kan overstuiving goed verdragen, maar uitstuiven niet.

Het verdringen van vegetatie door overstuiving kan alleen bij enorme hoeveelheden (depositie van 1m per jaar of meer), die langere tijd aanhouden. Vrijwel altijd blijkt bij ingrepen dat in eerste instantie vegetatie langs de randen flink overstuift, maar na verloop van een aantal jaren weer door het zanddek heen groeit. Er zijn wel enkele voorbeelden bekend waarbij de vegetatie door de overstuiving is veranderd, maar er zijn weinig voorbeelden waarbij door enorme overstuiving vegetatie geheel is verdwenen. Alleen direct langs de kust (zeereep) speelt dit nog wel eens.

Enkele resultaten uit de praktijk

In het veld blijkt het erg lastig een correlatie tussen wind en verstuiving aan te tonen. Onderzoek op het strand (Arens, 1994) heeft aangetoond dat zelfs op een tijdschaal van dagen de relaties niet constant zijn en de verschillen groot zijn. Door het meten van de transportintensiteit bleek dat voor sommige dagen er een zeer duidelijke correlatie is tussen windsnelheid en transportintensiteit, en dat voor sommige dagen de correlatie geheel ontbreekt. Over langere perioden worden al deze resultaten op één hoop gegooid, en zijn daarom verbanden niet of nauwelijks meer te ontrafelen. Voor het echte begrip van de processen en de relatie tussen verstuiving en meteorologie zijn de korte termijnmetingen dus onontbeerlijk. Maar voor het begrip van duinvorming (dus een accumulatie van een grote hoeveelheid procesomstandigheden) zijn de lange termijn metingen noodzakelijk. Probleem is hoe deze twee tijdschalen aan elkaar te knopen.

Correlatie tussen wind en verstuiving op de lange termijn (monitoring van jaren) is dus nauwelijks aan te tonen. Een voorbeeld uit het Huttenvlak (Duin&Kruidberg, Zuid-Kennemerland, zie Arens & Luntz, 2007)) laat zien dat er in de zomer toch sprake is van een redelijke correlatie, maar dat in de winter het verband geheel zoek is. Eerder lange termijn onderzoek (Schoorl, Texel, zie Arens, 2003 en Arens et al., 2004b) maakte duidelijk dat het uiterst moeizaam is om voor lange termijn monitoring (met een meetinterval van meer dan 1 maand) correlatieve verbanden aan te tonen. Het proces is te complex en de verbanden zijn zo variabel, dat over een langere periode geen sprake is van een constant verband en dus ook niet van een duidelijke correlatie.

2.1.2 Duinvorming

Zodra het zand ergens afgezet wordt is er sprake van duinvorming. In kustduinen (niet woestijn) wordt depositie vrijwel altijd voor het grootste deel bepaald door begroeiing (organogene Dünenbildung, van Dieren, 1934). Op het strand kunnen weliswaar barchanen (sikkelduinen) voorkomen die geheel fysisch ontstaan, d.w.z. zonder interactie met begroeiing, maar deze duintjes zijn nooit permanent, ze worden bij stormvloed weer

opgeruimd. Ook bovenop grotere duinvormen kunnen barchanen of kleine transversaalduintjes voorkomen. Direct na reactivatie van het Verlaten Veld werden een aantal maanden lang kleine transversaalduinen op de hellingen waargenomen.

Over de ontstaanscondities van de grootschalige duinen ten tijde van de Jonge Duinvorming is veel onduidelijk. Mogelijk waren afzettingshoeveelheden toen zo groot dat geen enkele vegetatie hier tegen bestand was, en de duinvorming toen dus ook voor een deel fysisch was. Er zijn inderdaad aanwijzingen voor enorme transporthoeveelheden. Pool & van der Valk (1988) hebben het duinzand voor een deel van de Hollandse kust, tussen twee gedateerde lagen, gekubeerd. De hoeveelheid afgezet zand was daarmee duidelijk, en ook de tijdsperiode waarbinnen dat heeft plaatsgevonden. Op grond van hun resultaten kwamen ze tot transporten orde $50\text{m}^3/\text{m.jaar}$, over een periode van enkele honderden jaren, en een kustvak van enkele kilometers. Dit zijn fenomenale hoeveelheden die we vandaag niet meer tegenkomen, in ieder geval niet over zo een lange periode en zo een groot gebied. Morfologische analyse van duinvorming in Kennemerland geeft ook aan dat een deel van de duinen waarschijnlijk zonder interactie met vegetatie tot stand is gekomen. Mogelijk speelt rooibouw hierbij een rol. In Hoofdstuk 2.3 gaan we hier verder op in.

Er zijn veel variabelen die de duinvorming beïnvloeden:

- **Windkarakteristieken:** ook hier: bepalend voor het zand dat uiteindelijk in de duinen terecht komt.
- **Windrichting:** de windrichting is uiteindelijk bepalend voor het landwaarts transport. In regio's met overheersend afromerische wind is de duinvorming veel beperkter dan in regio's met aanlandige wind.
- **Vegetatiedichtheid:** vegetatie remt de wind af. Wanneer de wind van een kaal oppervlak over een begroeid oppervlak stroomt neemt de windsnelheid af en daarmee de transportcapaciteit. Is de aankomende wind verzadigd met zand, dan moet een nieuw evenwicht worden ingesteld, en zal het zand deels of geheel worden afgezet.
- **Groei-karakteristieken plant:** het is van fundamenteel belang voor de duinvorming hoe een plant met begraving om gaat, en welke strategieën een plant heeft om zand vast te leggen. Omdat deze karakteristieken per plant verschillen is het niet overdreven te stellen dat iedere plant zijn eigen typische duinvorm heeft. De hoge steile duinen die in Helmerland ontstaan zijn bijvoorbeeld overduidelijk verschillend van de lage, flauwhellende bolletjes die in Buntgras ontstaan.
- **Lokaal reliëf:** duinen gaan op den duur hun eigen ontwikkeling beïnvloeden (morfodynamiek), doordat de luchtstroming beïnvloed wordt. Tegen hellingen op versnelt de wind, waardoor erosie kan gaan optreden, aan de achterzijde of aan de voet van een duin vertraagt de wind waardoor hier depositie optreedt. Gaten tussen duinen zijn preferente stroombanen voor de wind, waardoor ook hier erosie versterkt. Hogere duinen vangen meer wind, en hebben op de top en de bovenkant van de helling hogere windsnelheden dan lagere duinen. De transportcapaciteit zal hier, bij gelijke windsnelheid, groter zijn. Binnen hetzelfde klimaat kan een hoog duin dus dynamischer zijn dan een laag duin.
- **Grondwaterstand:** meestal bepaalt de grondwaterstand de erosiebasis, dus de hoogteligging van secundaire valleien.
- **Nutriënten / moedermateriaal:** vooral van belang voor de vegetatie, en daarmee indirect voor de duinvorming.
- **Beschikbaarheid kalk:** kalk gaat de vorming van humuslagen tegen.
- **Recreatie:** deze factor hoort hier in feite niet thuis, maar er is veel te doen over het effect van recreatie op dynamiek, en er zijn de nodige misvattingen. Recreatie

zorgt (net als betreding door grazers) voor verstoring van bodem en vegetatie, en kan in die zin de dynamiek bevorderen. Hoe extreem de recreatiedruk ook is, dit zal over het algemeen tot kleinschalige dynamiek leiden, in de vorm van padvorming. Soms kan hieruit wel een stuifkuil ontstaan. Over het algemeen leidt het echter tot een dramatische aantasting van het landschap, want door padvorming wordt de oorspronkelijke morfologie verstoord, en bij extreme padvorming ontstaat een enorm netwerk van paden en blijft van de oorspronkelijke morfologie weinig over (Figuur 2.1). In die zin draagt recreatie dus eigenlijk alleen bij aan duinafbraak. Bij een extreme recreatiedruk zouden we kunnen spreken van een grootschalige verzameling van kleinschalige dynamiek, maar omdat de dynamiek niet volgens natuurlijke processen ontstaat, maar door menselijke activiteit, zijn de bijbehorende patronen niet natuurlijk. Helaas kunnen bepaalde soorten wel positief op dit soort dynamiek reageren, zodat soms geconcludeerd wordt dat recreatie een positieve bijdrage aan het landschap levert.



Figuur 2.1. Landschapsdegradatie door recreatie, Letland. Foto Rienk Slings, PWN.

In een dynamisch landschap voegt recreatie weinig toe. Wanneer de dynamiek groot genoeg is, zullen sporen door recreatie voortdurend worden uitgewist, en kan recreatie dan ook weinig kwaad (Figuur 2.2). Er zullen situaties bestaan, waarbij recreatie net dat beetje extra verstoring teweeg brengt wat nodig is voor een duurzame verstuiving. Maar de conclusie is dat in een echt dynamisch landschap geen recreatie nodig is voor extra verstoring, maar ook geen problemen oplevert, terwijl in een weinig, of kleinschalig dynamisch landschap te grote recreatiedruk ongewenst is omdat het de natuurlijke patronen verstoort.

Deze factoren bepalen de inherente karakteristieken van een duingebied, dus de grootschalige morfologie, de hellingshoeken, de dimensies van duinen en valleien enz. Daarnaast is er een interactie met meer als extern te beschouwen processen, zoals

- Watererosie (kan ook een inherente eigenschap zijn), hydrofobie
- Graas en tredactiviteiten grazers
- Beheer
- Recreatief gebruik



Figuur 2.2. Loopduin bij Leba (Polen). Foto Menno van den Bos, PWN.

Duinvorming en zandtransport spelen op verschillende schaalniveaus. Het is (nog?) niet mogelijk deze schaalniveaus aan elkaar te knopen. In ons klimaat is alleen al het microniveau van zandtransport zo complex, omdat de procesomstandigheden zo variabel zijn, en zeer gedetailleerde metingen nodig zijn om het transport op kleine tijdschaal (seconden tot minuten) goed te begrijpen. Volgens sommigen is het zandtransport door de wind zo complex, dat het daarom nooit echt goed te voorspellen zal zijn (bijvoorbeeld Bauer et al., 1996; Smith & Stutz, 1997).

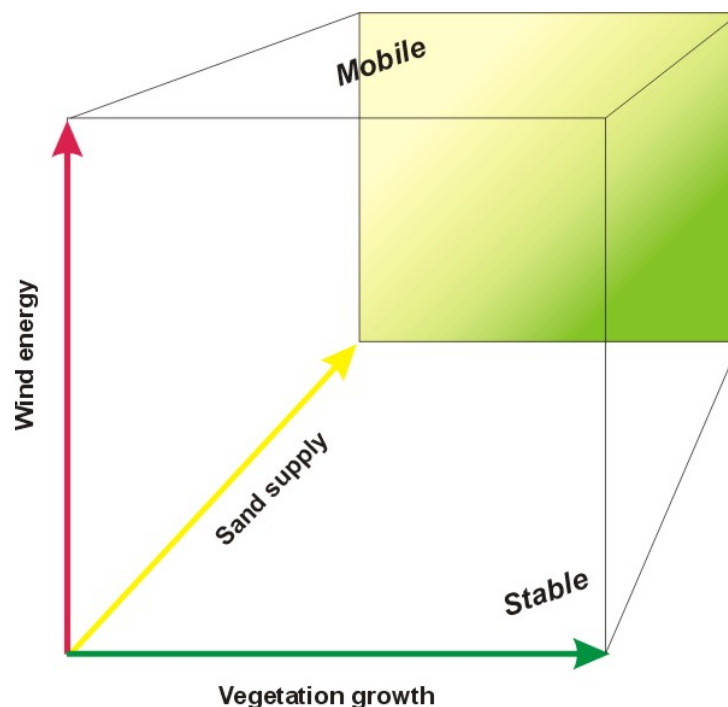
2.1.3 Duinmobiliteit

Met betrekking tot het vraagstuk van duinmobiliteit of stabiliteit in ons klimaat kunnen we de bovengenoemde factoren onderverdelen in drie groepen, gerelateerd aan de beschikbaarheid van zand, de hoeveelheid windenergie en de vegetatie. Deze drie groepen noemen we in het vervolg de drie drijvende krachten. In Figuur 2.3 staan de krachten weergegeven. Ieder dungebied bevindt zich ergens in dit krachtenveld, en afhankelijk van de richting van de krachten is er een tendens naar mobiliteit of naar stabiliteit. Wanneer de krachten in evenwicht zijn kunnen we spreken van duurzame mobiliteit en van een dynamisch evenwicht. Het is duidelijk dat ook als één van de krachten verandert, er nog steeds sprake van een dynamisch evenwicht kan zijn, namelijk als één van de andere

krachten mee verandert. De vraag is natuurlijk of een systeem in evenwicht kan blijven als (één van) de drijvende krachten in beperkte mate veranderen, of dat iedere verandering een blijvende verschuiving naar mobiliteit of stabiliteit tot gevolg heeft.

Laten we het concept illustreren aan de hand van twee voorbeelden. In Israël is sprake van dynamische duinen. De windenergie is beperkt, maar de vegetatiegroei ook, zodat we te maken hebben met een systeem waar beperkte zandbeweging voldoende is om stabilisatie door vegetatie tegen te gaan. De drijvende krachten zijn klein. Na het beëindigen van begrazing door geiten van bedoeïenen is het systeem veranderd van een volledig mobiel systeem, met barchanen, naar een minder mobiel systeem met paraboolduinen (Tsoar & Blumberg, 2002; Yizhaq et al., 2007). Het enige dat veranderd is, is een toename van de groeikracht van vegetatie.

In Nederland was sprake van mobiele duinen. De beschikbare windenergie is fors, de groeikracht van vegetatie ook. We hadden te maken met een systeem waar de groeikracht overtroffen werd door windenergie en zandaanbod, dus de mobiliteit. Het doet er in dit concept niet toe of de groeicapaciteit in eerste instantie werd beperkt door mensen of klimaat. De drijvende krachten zijn aanzienlijk veranderd. Door allerlei veranderingen is zowel de groeikracht gestegen, als de windenergie gedaald. Het systeem is overgegaan van mobiel naar stabiel. Terug van stabiel naar mobiel is alleen nog mogelijk als eerst een drempel wordt overschreden, bijvoorbeeld door (een serie van) extreme gebeurtenissen, of klimaatsverandering.



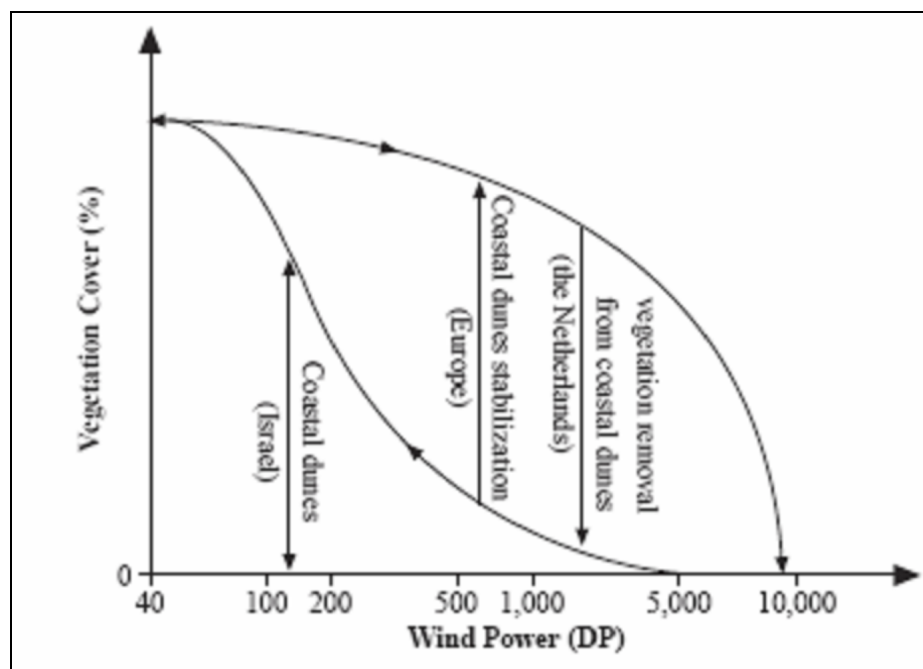
Figuur 2.3. Staat van het duingebied in relatie tot activiteit van de drijvende krachten.

We kunnen ons afvragen of een duingebied in evenwicht überhaupt bestaat, of dat ieder duingebied permanent in verandering is, en onder invloed van de drijvende krachten voortdurend heen en weer geslingerd wordt tussen mobiliteit en stabiliteit (of met kleine stapjes door het diagram schuift). Ook binnen één systeem zijn zowel mobiele als stabiele delen te vinden. Als we in ogenschouw nemen dat bijna ieder willekeurig profiel in bijna ieder willekeurig duingebied in Nederland wel een aantal bodems bevat, zouden we kunnen concluderen dat er in de Nederlandse situatie inderdaad sprake is van een continue

variatie tussen stabiliteit en mobiliteit. Lopen deze fases dan voor alle duingebieden parallel, of varieert dit? Zou het bijvoorbeeld zo kunnen zijn dat we nu in een fase van stabiliteit zitten en dat we alleen maar moeten wachten op een volgende fase van mobiliteit. En als dat zo is, hoelang moeten we daar dan op wachten?

De drijvende krachten fluctueren natuurlijk ook, van jaar t ot jaar, maar onder invloed van de seizoenen ook binnen het jaar. Aan het eind van het stormseizoen (en het begin van het groeiseizoen) zijn de duinen op hun witst, aan het eind van het groeiseizoen op hun groenst. Aan de kust varieert het zandaanbod afhankelijk van de hoeveelheid stormen en hoogwater. De effectiviteit van de wind neemt af naarmate er meer neerslag valt . De groeicapaciteit van de vegetatie varieert met neerslag en temperatuur.

Een belangrijk probleem met betrekking tot mobiliteit, en tot reactiveren is dat van hysteresis (Figuur 2.4). De reactie op een kracht is afhankelijk van de staat van het systeem. Vooral door dichtgroeien verandert het systeem zodanig dat een grotere kracht dan voorheen nodig is om het systeem weer terug te zetten richting mobiliteit. Ook met betrekking tot mobiliteit zou zo iets kunnen spelen. Bij beperkte mobiliteit is de vegetatie steeds in staat om te reageren, bij een enorme vergroting kan ook een drempel overschreden worden, waarna bij blijvende mobiliteit van dezelfde omvang vegetatie niet meer in staat zal zijn een oppervlak te bedekken. Door dit soort veranderingen zou een systeem door kunnen schieten naar een andere staat. Het bijzondere aan paraboolsystemen is dat vaak binnen een landschap beide 'staten' vertegenwoordigd zijn, dus een zone zonder mobiliteit, een zone met mobiliteit, en een grensgebied. Blijkbaar bevindt zo een systeem zich in een dynamisch evenwicht. Is er teveel dynamiek, dan gaat het systeem naar volledige mobiliteit (transgressieve duinen), is er te weinig dynamiek dan loopt het vast.



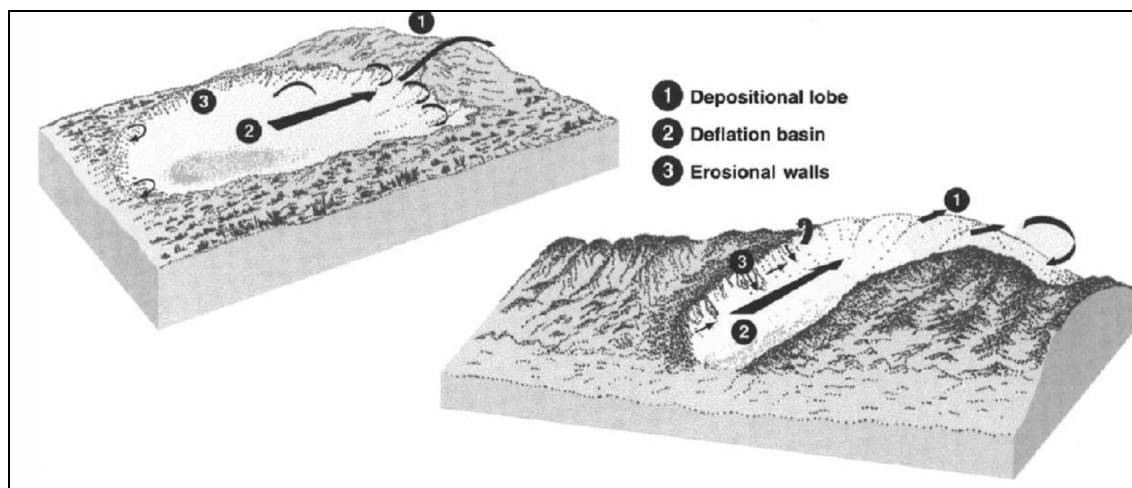
Figuur 2.4. Hysteresis curve relateert mobiliteit aan veranderingen in vegetatiebedekking en windenergie. Uit Tsoar, 2005.

In de figuur vertegenwoordigt de onderste lijn de relatie tussen vegetatiebedekking en windenergie voor mobiele duinen. In systemen met beperkte windenergie hebben de

duinen gemiddeld een hogere vegetatiebedekking dan in systemen met grote windenergie. De bovenste lijn vertegenwoordigt de relatie voor begroeide, gestabiliseerde duinen. Alleen bij een zeer extreme windenergie zal het systeem overgaan van stabiel naar mobiel. De twee pijlen in het midden tonen de voorbeelden uit Israël (links, begroeiing neemt toe door veranderd landgebruik, mobiliteit gaat over in stabiliteit) en Nederland (rechts, begroeiing neemt af door ingrepen, stabiliteit gaat over in mobiliteit).

2.1.4 Stuifkuilen

Dynamiek van stuifkuilen in Nederland is uitgebreid onderzocht door Jungerius en andere onderzoekers van het FGBL. Daarbij zijn inventarisaties gemaakt en is de dynamiek in verschillende gebieden onderzocht. Hesp (2002) geeft een goed overzicht van stuifkuilen, met betrekking tot vormen en processen. In essentie worden er twee types onderscheiden, de schotelstuifkuil en de trogstuifkuil, met geheel verschillende dynamiek, maar in de natuur komen tal van tussenvormen voor. De schotelstuifkuil heeft vaak een geringere dynamiek, ligt in minder geaccidenteerd terrein. Stroming is complex, met een turbulente vortex in de kuil die zorgt voor het omhoog transporteren van zand, waardoor tot op grote afstand vanaf de kuil nog enige (zij het soms minimale) beïnvloeding door overstuivend zand waarneembaar is. De trogstuifkuil is meer een beginvorm van een parabool, voordat verstuiving tot op een grondvlak heeft plaatsgevonden. De kuil is open aan de kant van de wind, de wind stroomt via een trechter de kuil in, neemt hier zand op en transporteert dit door de kuil heen, om het aan de windwaartse zijde weer af te zetten.



Figuur 2.5. Schotel- (links) en trogstuifkuil (rechts). Uit Hesp (2002).

Een belangrijk mechanisme bij het ontstaan van stuifkuilen in het binnenduin is het opengraven van stukjes bodem door konijnen, gevolgd door het afspoelen van een deel van de grijze (hydrofobe) bodem door watererosie, waarna de wind vat krijgt op het onderliggende blonde zand en stuifkuilvorming begint (Jungerius & van der Meulen, 1988). Hydrofobie blijkt een belangrijke bodemeigenschap met grote invloed op watererosie in de duinen (Jungerius & Dekker, 1999). Hulshoff & Jungerius (1988) en Jungerius & van der Meulen (1988) stellen dat grijs zand (bodenvorming) vooral vatbaar is voor watererosie omdat het hydrofoob is, terwijl blond zand (moedermateriaal) overwegend vatbaar is voor winderosie. Watererosie speelt vooral in de zomer (Rutin, 1983), wanneer de bodem uitgedroogd is, en het zand soms extreem hydrofoob. Rutin vond ook dat zuid-geëxponeerde hellingen veel vatbaarder bleken voor watererosie dan noord-geëxponeerde hellingen. Binnen stuifkuilen kan watererosie voor een herverdeling van zand zorgen, maar ook voor gunstigere condities voor kieming van bijvoorbeeld Buntgras, en op die manier stabilisatie bespoedigen (Arens et al., 2006).

Hulshoff et al. (1986) en Jungerius (1987) maakten een inventarisatie van erosieverschijnselen in het Noordhollands Duinreservaat. Daaruit bleek dat het konijn de grootste verstoorde is van het bodemoppervlak, en zowel op volledig als op onvolledig begroeide delen voor een aanzienlijke erosie zorgt. Daarna komt verstoring door watererosie, en pas daarna erosie door wind. Op volledig begroeide terreindelen is erosie door wind nergens waargenomen, door water in een beperkt aantal gevallen. Het resultaat van de inventarisatie liet zien dat voor begroeide terreindelen: 43% door konijnen, 2% door water, 0% door wind is aangetast, voor onvolledig begroeide terreindelen: 80% door konijnen, 41% door water, 36% door wind. De verhouding van de verstoring door konijnen: water: wind blijkt voor verschillende terreinen verschillend. Voor het NHD is dit 71:31:27, voor Meyendel is dit 65:23:15 (van Dijke & Assendorp, 1987). Het beheer heeft hier waarschijnlijk een bepalende invloed op.

De meeste stuifkuilen stabiliseren op den duur vanzelf (Jungerius & van der Meulen, 1985; Pluis, 1992; Noest, 1987). Stuifkuilen in de Blink worden overwegend niet langer dan 25m (Jungerius et al., 1981; Noest, 1987), in Meyendel bleken de kuilen groter, met een maximale lengte van ca 50m (Jungerius & van der Meulen, 1985).

Voor de Blink werd door Noest vastgesteld dat de gemiddelde lengte van de kuilen tussen 1997 en 1986 was toegenomen (significant, gemiddeld 2.8m in 8 jaar). Helm en duindoorn staan op de plaatsen met de grootste dynamiek. Liguster en Kruiwil in een meer gematigde dynamiek, overwegend een gestage, maar matige accumulatie. De helling aan de lijzijde van de stuifkuilen speelt mogelijk een belangrijke rol in het al dan niet doorstuiven. Voor een bewijs zouden meer metingen nodig zijn. Loopt de helling achter de kuil op, dan accumuleert het zand direct achter de kuil, loopt de helling af, dan kan het verder door stuiven. Bij hellingshoeken groter dan 9° ontstaat een storthelling. Bij hellingshoeken kleiner dan 9° kan het zand over een grotere afstand doorstuiven.

Hugenholtz & Wolfe (2006) leggen een relatie tussen blowout ontwikkeling en meteorologische variabelen in Canada. De correlatie tussen meteorologische omstandigheden en erosie en depositie in twee stuifkuilen is matig, maar de tekens van de correlatiecoëfficiënten (+ of -) geven aan dat er een relatie is met de hoeveelheid neerslag, transport capaciteit van de wind, en transporterende winden uit een bepaalde sector. Een van de blowouts heeft een kritische grens bereikt, waarbij de diepte zo groot is geworden dat de wind niet meer in staat blijkt het grondvlak te eroderen. Hier vindt nu depositie op plaats. Desondanks gaat de ontwikkeling verder, en blijft de stuifkuil groeien. Een conceptueel model van stuifkuilontwikkeling is gebaseerd op Carter (1988) en Gares & Nordstrom (1995). Er worden vier fasen onderscheiden: 1 beginnende deflatie; 2 vroege ontwikkeling; 3 volwassenheid; 4 stabilisatie door sluiting of invulling. Dit conceptuele model was opgesteld voor een open systeem (blowout aan de kust). Het is de vraag of in het continentale geval (binnenduinen, of binnenlandse duinen, een gesloten systeem) er een eindstadium bereikt wordt. Is er een eindstadium? Of zullen stuifkuilen bij blijvende ontwikkeling altijd doorgroeien tot een parabool? Volgens Hugenholtz & Wolfe zal de stuifkuil als hij niet stabiliseert uiteindelijk altijd als parabool eindigen. Expositie is een belangrijke factor in de ontwikkeling. N-geëxponeerde hellingen verschillen nogal van de Z-geëxponeerde hellingen in hoeveelheid vocht, instraling enz. N-geëxponeerde hellingen kunnen daardoor veel steiler worden, omdat het vocht extra cohesie aan de zandkorrels verschaft. Dit leidt tot een "seizoensasymmetrische" ontwikkeling. Transport van de helling is immers niet gelijk op een noord of een zuid-geëxponeerde helling.

Jungerius et al (1991) concluderen dat in de Blink stuifkuilen vooral reageren op windsnelheden tussen 6 en 12 m/s (gemeten op 10m hoogte). Dit zijn de gematigde

gebeurtenissen, en niet de extreme gebeurtenissen. Deze laatste lijken weinig invloed te hebben, vooral omdat hun frequentie zo laag is. Uit een studie naar stuifkuilen in het Dune de Slack (noordwest-Frankrijk) bleek dat de kuilen snel reageren op droge zomers (Jungerius & Schoonderbeek, 1992). Na verschillende droge zomers bleek het aantal actieve kuilen toegenomen. Ook reageren stuifkuilen snel op veranderingen in windrichting, waardoor de lengterichting van kuilen zich snel aanpast.

Stuifkuilen kunnen tegen de wind in groeien (Jungerius et al., 1981). Jungerius & van der Meulen (1985) vonden in Meyendel dat stuifkuilen juist met de wind mee groeiden. Volgens van Dieren (1934) is dit een algemeen kenmerk van stuifkuilen. Stuifkuilen hebben vaak een duidelijk constante ratio van lengte / breedte / diepte, maar deze ratio verschilt per gebied (Jungerius et al., 1981; Jungerius & van der Meulen, 1985; Hesp, 2002).

2.2 Historische situatie

Vanuit het oogpunt van duurzame verstuiving bekeken zijn in de onts taansgeschiedenis van het Nederlandse duin grofweg drie periodes te onderscheiden, de Oude Duinvorming, de Jonge Duinvorming, en de stabilisatie. De eerste periode betreft het ontstaan van de Oude Duinen. Vanuit onze kennis van hedendaagse duinen en de geologische ontstaansgeschiedenis van de kust geredeneerd (en de nog bestaande Oude Duinen, bijvoorbeeld bij Ghyselde, België), had het Oude Duinlandschap het karakter van een uitgestrekte aangroei kust, met lage, weinig reliëfrijke duinen en geringe dynamiek. Waarschijnlijk lag er een omvangrijk duingebied van min of meer parallelle duinruggen, dat zich kilometers zeewaarts van de huidige kustlijn uitstrekte, behalve bij grote zeegaten, zoals dat van Bergen.

Ergens na (of voor?) de Romeinse tijd zal de tweede periode zijn aangebroken, de Jonge Duinvorming (waarbinnen weer 3 fases worden onderscheiden). De aangroei zal zijn omgeslagen in omvangrijke afslag, gepaard gaande met een versteiling van de onderwateroever door onbekende oorzaak, waarbij het zand uit de Oude Duinen opnieuw in beweging kwam, en wel in zo een extreme mate, dat vegetatieontwikkeling weinig kans had. Wellicht bestond de begroeiing van de Oude Duinen slechts in beperkte mate uit Helm, en stonden er vooral planten die weinig zandbedekking kond en verdragen. De eerste Jonge Duinen die ontstonden zijn allang weer opgeruimd door de oprukkende zee. De oudste Jonge Duinen die we nu terugvinden dateren van ca 800-1000. In de literatuur (Jelgersma et al., 1970 enz.) wordt er vanuit gegaan dat dit het begin van Jonge Duinvorming is geweest, maar er wordt voorbijgegaan aan het feit dat door afslag de kustlijn mogelijk toen al kilometers landwaarts was verplaatst, en in de afgeslagen kust ook al Jonge Duinen aanwezig zullen zijn geweest (Klijn, 1990). Eeuwenlang zal de kust gekenmerkt zijn geweest door afslag, waarschijnlijk in zo een mate dat er voortdurend zand werd vrijgemaakt, maar dat de kustlijn zich niet razendsnel verplaatst heeft. Door overstuiving naar het binnenland kon het duinenfront zich sneller landwaarts verplaatsen dan de kustlijn, waardoor de duinengordel zich geleidelijk aan naar het oosten uit kon breiden. Ook op de Waddeneilanden tonen de belangrijkste parabool/loopduinsystemen een west-oost tendens. De geomorfologie van de Jonge Duinen heeft alle kenmerken van een transgressief systeem, dat als een of meer zandgolven naar binnen is gewalst.

Overigens moet hierbij opgemerkt worden dat het model van Jonge Duinvorming gebaseerd is op een beperkt aantal dateringen voor de Hollandse kust. Het is de vraag of dit algemeen voor de gehele Nederlandse kust geldt. Beekman (2007) concludeert bijvoorbeeld dat voor de Zeeuwse kust de duinvormende fasen niet gelijk lopen met die voor de Hollandse kust.

Er wordt een grote rol toegeschreven aan de mens in deze extreme mate van mobilisatie. Is dat terecht? Ook zonder menselijke activiteit is het waarschijnlijk dat door eeuwenlange

afslag zoveel zand in beweging was, dat dit door de mens met de toenmalige technische hulpmiddelen nauwelijks te stoppen was. Daar komt bij dat de groeikracht van de vegetatie waarschijnlijk stukken lager was dan vandaag (door bemesting uit de lucht en door een halve eeuw intensief en gebiedsdekkend vastleggingsbeheer, dat ook bemestend werkte), en dat de hoeveelheid Helm in het systeem, en dus de aanwezigheid van zaad, misschien veel beperkter was dan vandaag de dag. Volgens Klijn (1990) ligt de belangrijkste oorzaak van de Jonge Duinvorming in kusterosie, iets wat recentelijk door Beekman, voor Schouwen is onderschreven. Het is echter goed mogelijk dat de mens met zijn activiteiten een bijdrage heeft geleverd aan de mobiliteit van duinen, misschien zelfs lokaal een wezenlijke bijdrage, maar of dit doorslaggevend is geweest kan betwijfeld worden. Volgens van Dieren (1932) is in ieder geval lokaal sprake geweest van massale duinmobiliteit als gevolg van brandstofverzameling en begrazing. Hij geeft een analyse voor de ontwikkeling van de duinen van Terschelling, en vermeldt daarbij dat hetzelfde opgaat voor Ameland en Vlieland. Feit blijft dat de enorme hoeveelheid zand in de Jonge Duinen in betrekkelijk korte tijd naar binnen is gerold, en dat dit onmogelijk alleen aan menselijke activiteit in de vorm van rooibouw en overbeweiding toegeschreven kan worden. Of heeft de ontginning van de achter de Oude Duinen liggende venen tot dit soort gigantische omslagen geleid, en is daarmee de mens, maar dan veel meer indirect, toch de belangrijkste factor in het proces? De studie van Beekman (2007) naar duinvorming op Schouwen ondersteunt de hypothese van grootschalige duinvorming als gevolg van kusterosie, en schrijft de kusterosie toe aan de mens: door afgraven van veen veranderde de komberg van de Oosterschelde waardoor belangrijke veranderingen in het zeegat in gang werden gezet, die uiteindelijk leidden tot grootschalige kusterosie op de kop en zuidkant van Schouwen. Ook langs de Hollandse kust zal dit gespeeld hebben. Voordat het veengebied ontgonnen werd, lag dit waarschijnlijk als een flinke buffer achter de duinen, waardoor het voor de zee fysiek vrijwel onmogelijk was de Oude Duinen te doorbreken. Na ontginning van de venen is het oppervlak aanmerkelijk verlaagd, en kon de zee hierdoor de barrière van de Oude Duinen uiteindelijk slechten, waarna de zeegaten konden ontstaan, en de kustlijn op grote schaal landwaarts is verplaatst (model Borger, en Beenakker, ligt weer ten grondslag aan sedimentbalans model Beets et al, zie Beekman, 2007) .

De derde periode (met betrekking tot dynamiek) is ergens rond 1800 aangebroken, en wordt gekenmerkt door een overgang naar stabilisatie dankzij de mens. Het lijkt duidelijk dat de mens hierin wél een doorslaggevende rol heeft gespeeld met al zijn vastleggende activiteiten, met name door de creatie van een min of meer gesloten duinenrij, wat nu bekend staat als de 'zeereep'. Ook bosaanplant in de meest dynamische gebieden zoals bij Schoorl heeft hier toe bijgedragen. Ook hierbij zijn echter vraagtekens te zetten, want mogelijk heeft bij de grootschalige mobiliteit de Kleine IJstijd een rol gespeeld, en is de stabiliserende trend van de afgelopen eeuwen weer een gevolg van het uitdoven daarna (bijv. Hugenholtz & Wolfe, 2005b; Clemmensen & Murray, 2006). In de loop van de 19^e en 20^e eeuw zijn alle grootschalige verstuingen geleidelijk aan beteugeld. In de huidige duinen lijkt alleen nog plaats voor kleinschalige verstuingen, zoals stuifkuilen, die over het algemeen als pokken verspreid liggen over de veel grootschaligere fenomenen uit het verleden. Sinds de invoering van dynamisch kustbeheer, lijkt er weer hier en daar hoop aan de zeereep te gloren.

Al met al maakt bovenstaand relaas duidelijk dat grootschalige duinmobiliteit een proces is dat vele eeuwen in beslag neemt, en dat huidige en historische trends onmogelijk los gezien kunnen worden van ontwikkelingen van eeuwen daarvoor, onder omstandigheden waarover in het algemeen slechts weinig bekend is.

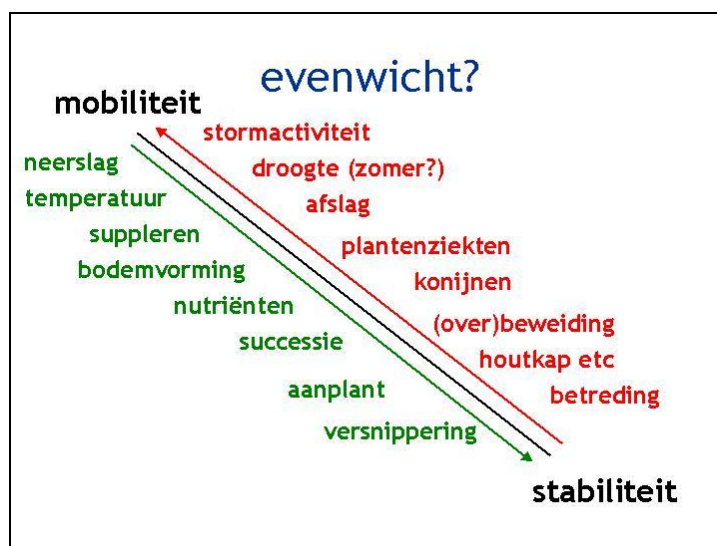
Op grond van het voorgaande neigen we ertoe om aan de abiotische omstandigheden een groter gewicht toe te kennen bij het verklaren van de historische verstuivingsfasen dan aan

de invloed van de mens. Drijvende krachten zijn de grootschalige kustprocessen die leiden tot de omslag van aangroei naar afslag. Perioden van extreme afslag zouden dan episodisch tot de vorming van parabool- en/of loopduinen aanleiding geven. Een directe rol van de mens bij duinmobiliteit zal dan meer betrekking hebben gehad op remobilisatie, dus een herverdeling van het zand.

2.3 Veranderingen in tijd en ruimte

Om beter te begrijpen waarom de stabiliteit van de duinen de afgelopen eeuwen toegenomen is, en daarmee betere handvaten voor een beheer ten behoeve van reactiveren te krijgen, is het van belang alle veranderende factoren in beeld te brengen. Het is duidelijk dat het systeem fundamenteel veranderd is. Maar ook de opinie met betrekking tot duinmobiliteit is drastisch veranderd. Onze perceptie van dynamiek is geheel anders dan 100, 50 of zelfs 25 jaar geleden. Als je iets wilt krijgen wat je niet hebt lijkt dat moeilijk te krijgen, terwijl als je iets hebt waar je van af wilt, je er ook moeilijk vanaf lijkt te kunnen komen. In die zin is er misschien ook sprake van een psychische vorm van hysteresis. Desondanks is in kwantitatieve zin hard te maken dat vele factoren die stabiliteit bevorderen zijn toegenomen, en factoren die mobiliteit bevorderen zijn afgenomen.

Wanneer we naar de Nederlandse duinen kijken, kunnen we alle verschillende factoren die bij mobiliteit en stabiliteit een rol spelen op een rijtje zetten. Dit staat weergegeven in Figuur 2.6. In groen zijn die factoren aangegeven waarbij een toename het systeem richting stabiliteit stuurt, in rood zijn die factoren aangegeven waarbij een toename het systeem richting mobiliteit stuurt. Bovenaan staan dominante factoren, onderaan de meer ondergeschikte. Vooralsnog gaan we er vanuit dat iedere factor een eenduidige invloed op één van de drijvende krachten heeft. Theoretisch zou het kunnen dat factor a en factor b ieder voor zich het systeem richting stabiliteit sturen, maar hun gecombineerde werking het systeem richting mobiliteit stuurt. Een voorbeeld hiervan is temperatuur. Een hogere temperatuur in combinatie met voldoende vocht levert meer groeikracht, dus een tendens naar stabilisatie, een hogere temperatuur in combinatie met een gebrek aan vocht levert juist een grotere kans op droogte en dus een tendens naar mobilisatie. Ook is het theoretisch mogelijk dat de gezamenlijke werking van factoren a en b groter is dan de som der delen.



Figuur 2.6. Duingebied uit balans: verstoring door verandering in de drijvende krachten.

Voor de Nederlandse situatie geldt dat sinds de vorige eeuw een redelijk groot aantal factoren allemaal min of meer dezelfde kant op werkt, namelijk richting stabilisatie. Dit rijtje in ogenschouw nemende is het misschien een wonder dat er nog ergens sprake is van actieve verstuiwingen!

Richting stabiliteit:

- neerslag: toegenomen
- temperatuur: toegenomen, in combinatie met neerslag dus een verlenging van het groeiseizoen
- suppleren: toegenomen
- bodemvorming: door toenemende stabiliteit toegenomen
- nutriënten: door stikstofdepositie toegenomen
- successie: door toenemende stabiliteit toegenomen
- aanplant: tot 1990 toegenomen, daarna afgenomen
- versnippering: toegenomen.

Richting mobiliteit:

- stormactiviteit: afgenomen
- droogte: mogelijk in zomer toegenomen (of afgenomen, nagaan data KNMI, klimaatsproject)
- kustafslag: afgenomen
- plantenziekten ?? (er zijn er geen bekend)
- konijnen: afgenomen
- (over)beweiding: afgenomen
- houtkap etc: afgenomen
- betreding afgenomen

Zoals in het verleden met beheer is gereageerd op de neiging tot mobilisatie (aanplant, konijnenjacht, verbod op betreding) kan met beheer ook gereageerd worden op de neiging tot stabilisatie.

Het klimaat is op de tijdschaal van de beheerder moeilijk te beïnvloeden, de gevolgen van de klimaatsverandering echter (deels) wel. Door deze veranderingen is de groeikracht van vegetatie sterk toegenomen. Door beheersingrepen is dit terug te dringen, en dit gebeurt dan ook al in grote mate. Zolang de groeikracht gehandhaafd blijft, zal het echter nodig blijven deze beheersmaatregelen uit te blijven voeren, en dat is nou juist niet de bedoeling bij duurzame verstuiwingen.

Interessant is wellicht de mogelijkheid om de drijvende kracht 'zandaanvoer' bij te sturen. Nader onderzoek naar deze mogelijkheid is zeker aan te bevelen. Zandaanvoer wordt op dit moment sterk beïnvloed door het suppletiebeleid. Omdat dit gericht is op het aanvullen van strand of onderwateroever met zand dat na stormen onttrokken wordt, is de eerste gedachte dat suppleren de zandbron vergroot, en dus een stimulans voor mobiliteit moet zijn. Het blijkt echter dat suppleren over het algemeen resulteert in een milde vorm van aangroei waarbij vegetatieontwikkeling het aanbod van zand makkelijk bij kan houden. Er is nergens sprake van een overaanbod van zand, wat zou kunnen leiden tot verstikking van planten en remobilisatie. Een belangrijk effect van suppleren is dat afslag voorkomen wordt. Het idee is dat afslag in het verleden toch vaak de motor is geweest voor grote verstuiwingen, omdat het op veel plaatsen een redelijk continu proces is geweest van kaal houden van het zeereepfront. Hierdoor konden enorme hoeveelheden zand

geremobiliseerd worden. Dat dit vandaag nog steeds mogelijk is, bewijzen proeven met weghalen van begroeiing op de zeereep zoals in de kop van Noord-Holland (Nieuwjaar, 1995) en op Terschelling (Rijkswaterstaat, 2000). Het zou interessant zijn om bij een mega-suppletie te onderzoeken of de toevoeging van een overmaat van zand aan het strand/zeereep systeem tot remobilisatie zou kunnen leiden.

Concluderend kunnen we stellen dat in het huidige duingebied de drijvende krachten allemaal de stabiliserende kant op gestuurd worden. De vraag is nog in hoeverre mobiliserende beheersingrepen nu, onder nieuwe condities, stabiliserende beheersingrepen uit het verleden te niet kunnen doen. De drijvende kracht 'wind energie' is direct gebonden aan klimaat en niet op korte termijn te beïnvloeden. De drijvende kracht vegetatiegroei' wordt al sinds jaar en dag door beheerders bestreden, wat geen garantie voor duurzaamheid blijkt te zijn. De verontreiniging van de lucht met stikstofverbindingen toont een duidelijk dalende trend. De depositie zal vermoedelijk in de komende decennia onder het kritische niveau dalen (van Dobben en Bleeker, 2004). De drijvende kracht 'zandaanvoer' zou perspectieven kunnen bieden voor duurzamere oplossingen, maar alleen wanneer een zeer grote aanvoer gerealiseerd kan worden. Dit lijkt alleen te kunnen gaan werken bij een gekerfde zeereep. Bij een gesloten zeereep zorgt de obstakelwerking van de zeereep zelf voor depositie vóór de duinvoet en een beperkte doorvoer. Mogelijk biedt een combinatie van vegetatiebeperking en suppleren een goede optie, namelijk het bestrijden van vegetatiegroei op de zeereep, en het beschikbaar stellen van grote hoeveelheden zand voor landwaartse verstuiwing.

2.4 Lessen uit de internationale literatuur m.b.t. duinmobiliteit en invloed klimaat

Er zijn veel artikelen in de internationale literatuur verschenen die het verband tussen duinmobiliteit en stabiliteit enerzijds en klimaat(verandering), zandbeschikbaarheid en de rol van de mens anderzijds beschrijven. De meeste artikelen beschouwen duinmobiliteit in systemen die vandaag weinig mobiel of zelfs stabiel zijn als episodisch. In het verleden zijn er verschillende fasen met mobiliteit geweest, en altijd is deze afwisseling terug te voeren op veranderingen in klimaat (meestal een periode van droogte), een toename van menselijke activiteit, of een verandering in zandbeschikbaarheid, vaak vanuit een fluviaal systeem. Hieronder volgt een bespreking van verschillende artikelen, gegroepeerd naar geografische regio.

2.4.1 Regionale publicaties over duinmobiliteit

Denemarken

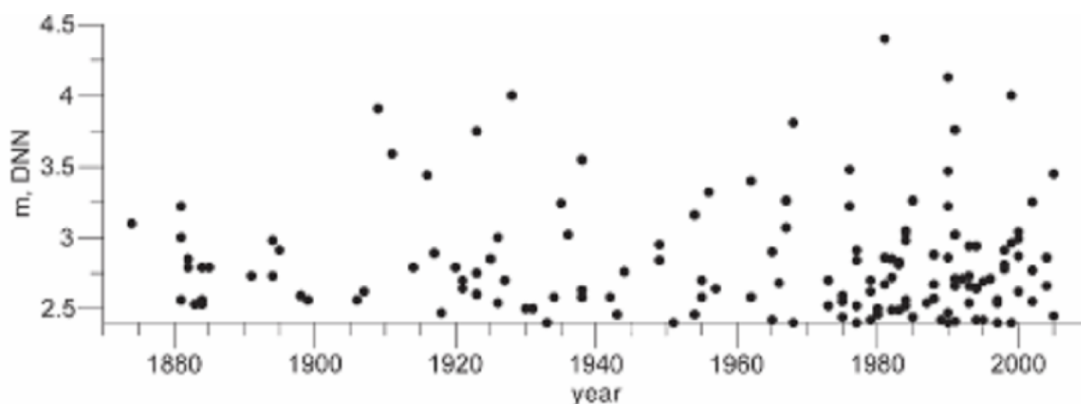
Clemmensen & Murray (2006): In Denemarken eindigde de laatste fase van activiteit tussen 1860 en 1905. De meeste duinen waren actief tussen 1550 en 1850 (Kleine IJstijd), in een periode waarvan gedocumenteerd is dat die zeer stormachtig was. Stabilisatie is een gevolg van afname in storm, vooral in lente en zomer, tegen het einde van de 19^e eeuw, maar waarschijnlijk nog belangrijker door actieve duinstabilisatie door de mens vanaf 1792. Wel blijken alle duingebieden al decennia vóór het begin van de grote dennenaanplant te zijn gestabiliseerd. Citaat: "Sand mobilisation and dune building typically took place during cool and stormy periods (Pye & Neal, 1993; Clemmensen et al., 2001a; Wilson et al., 2001, 2004; Clarke et al., 2002, Dawson et al., 2004)". Door het ontbreken van konijnen in de Noord-Deense duinen kunnen we deze factor hier uitsluiten.

Toepassen van Lancasters klimaatsindex (een index die op grond van klimaatskenmerken van een locatie voorspelt of er mobiele of stabiele duinen voorkomen) leert dat in mei, juni en juli het systeem dicht tegen mobiliteit aan zit. Iedere verandering in windklimaat, neerslag of antropogene invloed die een invloed heeft op de potentiële duinmobiliteit of

vegetatie bedekking in late lente of zomer zou de dynamiek van een duinsysteem significant kunnen veranderen.

Er wordt nog een relatie gelegd tussen de uitbreiding van de polaire ijskap en de route die stormen afleggen. Hass (1996) suggereert dat *“the preferred storm tracks were situated south of Denmark during the coldest phase of the Little Ice Age (1550-1750) causing reduced storminess”*. Dit zou dus voor Nederland een toegenomen stormactiviteit hebben betekend.

Aagaard et al. (2007): de Deense kustduinen zouden voor een deel hun oorsprong vinden in de Kleine IJstijd, met een lager (relatief) zeeniveau en krachtige wind, waardoor de beschikbaarheid van zand op de geëxponeerde kust zou zijn toegenomen. Redenen en mechanismen achter de aanvoer van zand duinwaarts zijn onduidelijk. Blijkbaar gaan deze auteurs er vanuit dat het zand voor duinvorming eerst op het strand beschikbaar moet komen, en zien zij secundaire duinvorming via het oprollen van een oud duinsysteem niet als mogelijkheid voor het ontstaan van deze duinen. In Skallingen kan het begin van een duinvormende fase gecorreleerd worden aan een fase van relatieve zeespiegelstijging en een hoge frequentie van stormvloed. Onder dit soort condities verplaatsen zandbanken zich naar de kust, en kunnen ze vergroeien met het strand en dus zand beschikbaar maken voor duinvorming. Duingroei nam 1900 af door dijk aanleg.



Figuur 2.7. Stormvloed met een niveau >2,4m DNN voor de Deense kust (uit Aagaard et al., 2007)

Anthonsen et al. (1996): Rabjerg Mile, Denemarken. Omvorming van barchaanvormig naar paraboolvormig duin tussen 1909 en 1945. Migratie van 1 km in 100 jaar (1887-1986). De vegetatiebedekking in omgeving is in die honderd jaar enorm toegenomen, van 29 tot 94%. Er is een relatie vastgesteld tussen de dynamiek van het duin op de lange termijn en windenergie en windrichting. In het begin heeft het duin een transversale vorm, gevormd onder een bijna unimodaal windregime. Na de overgang naar een paraboolvorm is de wind veel minder constant. De parabool is asymmetrisch, en ontwikkeld onder een variabele wind. Van 1887 tot 1977 is het volume van het duin ongeveer constant. Vegetatiebedekking is dan flink toegenomen, maar dat heeft blijkbaar geen effect op de sand supply, ofwel, ondanks de toegenomen bedekking blijft de zelfde hoeveelheid zand in beweging. Overigens heeft in dit systeem recreatie zeker een invloed op de mobiliteit. Het duin wordt druk bezocht.

Aagaard, T., R. Davidson-Arnott, B. Greenwood & J. Nielsen, 2004. Sediment supply from shoreface to dunes: linking sediment transport measurements and long-term morphological evolution. *Geomorphology*, 60, 205-224. In dit systeem migreren zandbanken naar de kust, met een snelheid van 20-30m/jaar, en versmelten met het strand, waarna de

beschikbaarheid voor eolisch transport toeneemt. Dit gedrag van de zandbanken staat haaks op dat wat aan de Nederlandse kust wordt waargenomen. Daar migreren de banken juist zeewaarts. Dankzij deze aanvoer van sediment stuift er jaarlijks $6-7.5\text{m}^3/\text{m.jaar}$ richting zeereep, en wordt afgezet op de top en de lijzijde. Het wordt niet duidelijk of de duinen zeewaarts groeien, blijkbaar niet als er alleen over depositie op top en achterzijde wordt gesproken. Deze hoeveelheden zijn vrij klein, als je het vergelijkt met aanstuivende zeereep in Nederland (bijv. de Ruig, 1991; Arens, 2007), en in ieder geval niet wezenlijk anders dan wat we in Nederland vinden, terwijl hier de banken zeewaarts migreren. Dit kan dan ook geen verklaring zijn voor grootschalige duinmobiliteit.

Wales

Bailey & Bristow (2004): Over het migreren van parabolen in Wales. Gemiddeld 1m/jaar , spreiding $0-3.6\text{m/jaar}$. Waarom dooft het hier niet uit. Er lijkt geen verbinding meer met de kust. Blijkbaar is de dynamiek net genoeg om de gang er in te houden, hoewel er de laatste jaren ook hier een tendens lijkt naar stabilisatie (persoonlijke observatie R. Slings).

Nieuw-Zeeland

Hawke & McConchie (2006): Holocene duinen in Nieuw-Zeeland: er is een afwisseling van fases van stabiliteit en activiteit. OSL (Optical Stimulated Luminescence, een daterings-techniek waarmee bepaald kan worden hoe lang geleden een sediment voor het licht is afgedekt) is gebruikt om te bepalen wanneer duinvorming is geëindigd. De methode geeft informatie over tijdstip van depositie. Begin van activiteit valt hiermee niet te traceren. Duinvorming is episodisch. Er worden drie fases onderscheiden, waarbij de laatste twee het gevolg zijn van menselijke activiteit. Door het ontbreken van grote herbivore zoogdieren kunnen die als factor voor de eerste fase (n?) worden uitgesloten.

McFadgen (1985 en 1994): verschillende duinvormende fasen in de laatste 1800 jaar, waarschijnlijk geassocieerd met episoden van toegenomen zandtoevoer als gevolg van erosie veroorzaakt door klimaatsinvloeden, eerder dan alleen maar antropogene invloeden. Op het vaste land is de sedimentaanvoer gecorreleerd met erosie door rivieren. Voor Chatham eiland, waar rivieren geen rol spelen, wordt kust erosie als meest waarschijnlijke oorzaak aangegeven. Zowel op het vaste land, als op Chatham eiland wordt de rol van de mens bij de duinvormende episoden verwaarloosbaar geacht.

Gadgil (2002): volgens deze paper zouden in Nieuw-Zeeland zonder menselijke invloed (destructie van zeereepvegetatie, eerst door Maori, en later nog intensiever tijdens de Europese kolonisatie) de duingebieden achter de zeereep dichtbegroeid zijn geweest. Deze stelling wordt niet verder onderbouwd. De paper schrijft de “massive mobile dunes” volledig op rekening van de mens. Deze conclusie staat haaks op de bevindingen van McFadgen in diverse papers.

Hilton (2006): de mobiele duinen van Nieuw-Zeeland zijn beroemd. Helm kwam er van oorsprong niet voor. Volgens sommige bronnen is de activiteit wel het gevolg van menselijk handelen, vooral in de zin van ontbossen en andere negatieve beïnvloeding van vegetatie. In de 19^e en 20^e eeuw is op veel plaatsen Helm aangeplant om de duinen te stabiliseren, helaas met gruwelijke gevolgen. Er is sprake van 70% afname van actieve duinen tussen begin 1900 en 2000. Snelle stabilisatie van duinen door verspreiden van Helm (na in eerste instantie aanplant). Misschien een vergelijkbaar mechanisme als voor de Westhoek? Hier moet wel opgemerkt worden dat door introductie van Helm in dit systeem de verspreiding anders gaat dan in onze duinen, in verband met het ontbreken van de bodempatho genen.

Canada

Filion (1986): duinvorming (binnenland) in Canada na beëindiging IJstijd. Duinen stabiliseren uiteindelijk door verandering van klimaat naar nattere condities. Maar de fase van duinvorming wordt voorafgegaan door kolonisatie van het kale, postglaciale landschap met planten, die uiteindelijk door de duinen begraven zijn. Daarna is er nog sprake van kleinschalige eolische oprispingen door bosbranden, en meer recentelijk door de mens (zeer lokaal).

Arbogast et al. (2002): duinen langs de zoetwaterkust van Lake Michigan kennen ook een afwisseling van stabiliteit en mobiliteit. Het duin stabiliseert wanneer het waterniveau in Lake Michigan weinige fluctueerde, en het strand aangroeide. Een combinatie van langzame fluctuatie en mogelijke aangroei van het strand zou de duinen hypothetisch hebben beschermd tegen golferosie. Reactivatie van duinen is mogelijk als gevolg van stijgen van het meerniveau, omdat erosie van de duinen dan toeneemt.

Hugenholtz & Wolfe (2005): Afname van duinactiviteit in Canada van 1900 gecorreleerd aan decadal scale variations in aridity en een afname in de jaarlijkse windsnelheid. Het lijkt er op dat dit bovendien gestapeld is op een langere trend naar stabilisatie, waarschijnlijk sinds eind 18^e eeuw.

Walker & Barrie, 2004: Aan de west-Canadese kust (Queen Charlotte Islands, British Columbia) is ondanks een vochtig klimaat en een dikke begroeiing de eolische activiteit groot. Zeereep en paraboolduinen migreren, de eerste met meters per jaar, de tweede met meters per decennium. Migrerende zandbanken voeden het strand-duinsysteem. Het gebied kent 1400mm neerslag per jaar, waarvan 69% tussen september en maart als regen valt. De meeste wind komt voor in de winter. 67% van de wind tussen 1995 en 1999 was boven de drempelwaarde voor eolisch transport. Dit systeem kent dus veel wind. Gemiddeld is de kust erosief, maar een deel van de kustlijn is stabiel, maar wordt gekenmerkt door ophogende duinen door overstuiving. Ondanks de aanvoer van zand groeit de kust niet aan. De belangrijkste oorzaak van de dynamiek in dit systeem is de combinatie van een grote hoeveelheid wind en een grote zandaanvoer vanuit zee.

VS

Marín et al. (2005): in de Great Sand dunes in Colorado blijkt netto migratie van 13 parabolen in 63 jaar gemiddeld 0.31 tot 0.66 km te bedragen, van 11 barchanen 0.21 tot 0.47km (opmerkelijk dat parabolen sneller migreren dan barchanen). De gemiddelde migratiesnelheid van individuele duinen ligt tussen de 5 en 11m jaar. Ook opmerkelijk is dat de grootste parabolen (actief oppervlak 4-23ha) 30% sneller migreren dan de kleinere, volgens de auteurs omdat bij de grotere duinen zandbeschikbaarheid nooit beperkend is, terwijl dit op kleinere duinen, vanwege meer begroeiing, wel het geval is. Er is een duidelijke relatie tussen de migratiesnelheid en droogte: snelheid verdrievoudigd in droge periodes. Wanneer zomer en herfst neerslag met 25% afneemt, lijkt een drempel voor paraboolmigratie te worden overschreden. Overigens is het gebied aride, de jaarlijkse neerslag is gemiddeld minder dan 90mm. Droogte en vegetatiebedekking zijn sterk gecorreleerd, in droge jaren gaat de vegetatiebedekking achteruit, hetgeen zich vertaalt in een grotere duinmobiliteit.

Lepper & Scott (2005): deze paper geeft meer aanwijzingen uit de duinen van Oklahoma (binnenlandse duinen) over de relatie tussen activiteit, sand supply en klimaat. Episodes van duinontwikkeling ontstaan onder invloed van droogte. Er is een duidelijke wisselwerking tussen fluviaal zandaanbod en eolische verwerking.

Brazilië

Seeliger (2002): destabilisatie van de zeereepvegetatie in Braziliaanse duinen door verdroging als gevolg van een grondwaterstandsverandering veroorzaakt een doorvoer van zand naar achteren. Daardoor ontstaan grote sand sheets, die alle achterliggende habitats bedekken en een rug vormen tegen de oudere dennenplantages aan.

Barbosa & Dominguez (2004): deze paper over Braziliaanse duinenvelden toont aan dat activiteit en stabiliteit in verschillende vormen naast elkaar voorkomen. Bepalend is de sedimentaanvoer en ligging t.o.v. de wind. In noordoost Brazilië wordt de ontwikkeling van kustduinen in grote mate bepaald door de lengte van het droge seizoen.

Zeespiegelverlaging: in de laatste 5000 jaar is de zeespiegel 4 -5 m gezakt (relatief, door stijging van het land). Kan ook een oorzaak zijn van stabilisatie, omdat daardoor duinen steeds verder van de kust komen te liggen. Kan dus ook een oorzaak zijn voor ver landinwaarts liggende stabiele duinen, met richting zee daaroverheen een actief systeem.

Israël

Tsoar & Blumberg (2002): dit artikel geeft misschien wel het meest directe bewijs van het effect van een afname van antropogene druk op de mobiliteit van een duinsysteem. In een Israëlisch duinsysteem transformeren barchanen naar paraboolduinen door een verandering in landgebruik. Bedoeïenen verlaten het gebied in de tweede helft van de 20^e eeuw, waarna vegetatiegroei opgang komt. Vooral op de toppen van de duinen kan vegetatie zich vestigen, omdat hier noch erosie, noch sedimentatie optreedt. Het langskomende transport is blijkbaar niet voldoende om vestiging van vegetatie tegen te gaan. Hierna begint de opgekomen begroeiing zand in te vangen, waarna de barchaanvorm geleidelijk overgaat in een paraboolvorm. Hierbij verandert de loefhelling van convex naar concaaf.

Australië

Hesse et al. (2003): Australische woestijnduinen. Deze dateren van een tijd met een ander klimaat. De huidige klimaat 'envelopes' voorspellen dat onrealistisch droge condities nodig zijn voor remobilisatie. Alleen wanneer er extra beperkingen voor plantengroei zullen zijn, zoals een lagere temperatuur en lagere CO₂ concentraties, zouden de geschikte condities voor duinvorming aanwezig kunnen zijn. De stijgende CO₂ concentraties waar we nu mee te maken hebben zullen dynamiek dus niet ten goede komen.

Hesse & Simpson (2006) (Australië): Lange termijn fluctuatie in mobiliteit komt niet zo zeer door variatie in wind maar door variatie in vegetatie bedekking (Australia). Landgebruik, of extreme droogte op een tijdschaal van decennia, zou duinen kunnen destabiliseren, door achteruitgang van vegetatie. Relatie tussen droogte, vegetatiebedekking en duinmobiliteit komt overeen met conclusies van Marin et al., 2005 (zie hieronder).

Kalahari

Thomas & Leason (2005): In de woestijn (Kalahari) wordt mobiliteit primair bepaald door vegetatie bedekking. 14% bedekking wordt beschouwd als een drempelwaarde waarbij de kruin in beweging kan zijn.

2.4.2 Universele papers over klimaatseffecten en mobiliteit

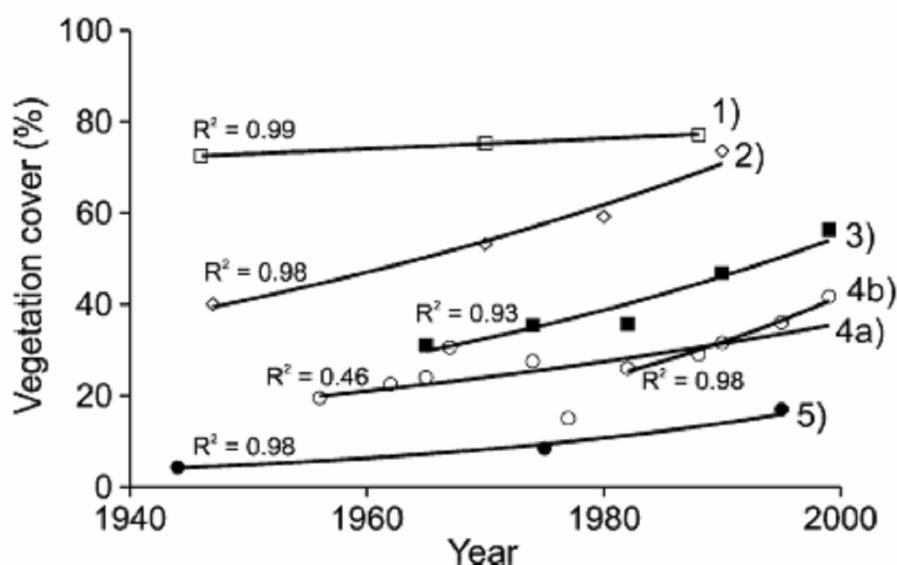
Lancaster & Helm (2000): toepassen van mobiliteitsindex is te beschouwen als een hele globale aanpak van het klimaatseffect op duinmobiliteit. Discussie of klimaatsindex werkt. Waarschijnlijk niet algemeen, omdat de interactie met vegetatie er veel te weinig in zit. NB: volgens deze index zouden onze duinen stabiel moeten zijn. Het zou kunnen dat deze

klimaatsindex alleen werkt voor een gesloten systeem, waar geen invloeden van buitenaf op werkzaam zijn. Dan wordt overgang mobiliteit / stabiliteit alleen bepaald door de vraag of vegetatie genoeg vocht krijgt om te groeien, en is de relatie simpeler.

Hesp (2002) onderscheid verschillende oorzaken van zeereepinstabiliteit als begin van mobiliteit. Bij een dalende zeespiegel kan de zandaanvoer vanaf het strand zo hoog worden dat het de groeikracht van de vegetatie te boven gaat. De zeereep kan daardoor mobiliseren. Hetzelfde kan gebeuren bij een stijgende zeespiegel, wanneer de zeereep door afslag wordt aangetast. Wanneer in een regio de windsnelheden bijzonder hoog zijn, kan de zeereep altijd erosief zijn (ook bij een dalende zeespiegel), doordat voortdurend nieuwe blowouts ontstaan.

Tsoar (2005): deze paper gaat in op de constatering dat klimaatsindices niet werken voor alle duinen. Tsoar wijt het aan de jaarlijkse verdeling van neerslag, drainage van overvloedige neerslag die dus niet nuttig besteed wordt en hysteresis. Er zijn nog meer oorzaken te bedenken (zandaanvoer).

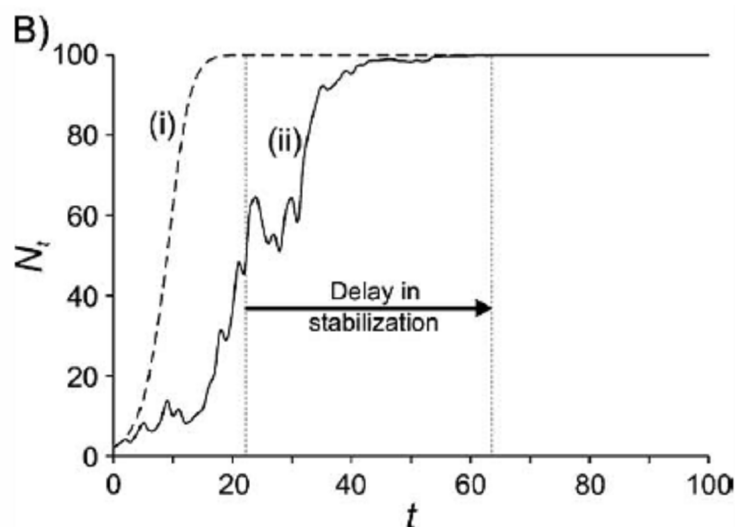
Hugenholtz & Wolfe (2005a): theoretisch, conceptueel model over het stabiliseren en/of mobiliseren onder invloed van klimaatsfluctuaties, waarbij rekening wordt gehouden met vegetatiegroei. Het model gaat uit van een groeimodel volgens een exponentiële groeicurve. In Figuur 2.8 zijn voor verschillende gebieden met stabiliserende duinen exponentiële curves gefit. Met een simpele formule is de snelheid van stabilisatie van een duingebied te beschrijven. Wanneer in deze formule stochastische verstoringen (bijvoorbeeld kortdurende klimaatsfluctuaties) worden ingevoerd, dan blijkt er een vertraging in de stabilisatie te ontstaan (Figuur 2.9). Het systeem lijkt dan niet in evenwicht, en heeft veel meer tijd nodig om een evenwichtssituatie te bereiken. Een dergelijk mechanisme zou een oorzaak kunnen zijn voor het feit dat de mobiliteitsindex van Lancaster niet altijd opgaat. Bovendien heeft het implicaties voor het gebruiken van duinactiviteit als een aanwijzing voor klimaatsverandering.



Figuur 2.8. Voorbeelden van “exponentiële” duin stabilisatie. Exponentiële curves gefit door data sets, met bijbehorende regressiecoëfficiënt R^2 . Data van (1) Hugenholtz & Wolfe, 2005b; (2) Tsoar & Blumberg, 2002; (3) Kutiel et al., 2004; (4) Levin & Ben -Dor, 2004 en (5) Hugenholtz & Wolfe, 2005b. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)

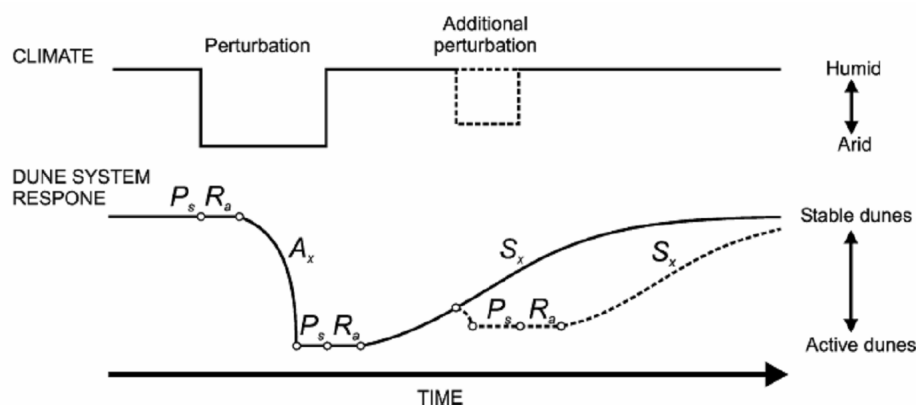
Wanneer verschillende studies worden vergeleken, dan blijkt dat stabilisatie van duinen een relatief langzaam proces is, terwijl mobilisatie veel sneller gaat. Verschillende studies wijzen uit dat het enkele eeuwen duurt voordat een duingebied volledig gestabiliseerd is. Het feit dat dit zo lang duurt zou ook het gevolg kunnen zijn van kleinere verstoringen tijdens de stabilisatie, zoals hierboven uitgelegd. Dat zou kunnen betekenen dat de Canadese continentale duinen nog steeds in een fase van stabilisatie verkeren, die al in de 18^e eeuw is ingezet.

Opvallend is de constatering dat mobilisatie zoveel sneller gaat dan reactivatie. Bij het optreden van pulsen van zandaanvoer is dat goed te begrijpen, maar het hier uitgelegde model gaat uit van een gesloten systeem, waarbij de mobilisatie uitsluitend het gevolg is van klimaatsfluctuaties, dus van perioden met droogte. Blijkbaar reageert het systeem bij



Figuur 2.9. Vertraging in de stabilisatie wanneer kleine klimaats fluctuaties worden gesimuleerd gedurende het stabilisatie-interval. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)

het inzetten van droogte dus snel, terwijl het bij beëindiging van de droogte langzaam herstelt. Ofwel een verstoring door droogte heeft relatief snel effect, een verstoring door vernatting heeft relatief langzaam effect.



Figuur 2.10. Conceptueel biogeomorfologisch model voor duinactiviteit. P_s =persistence time; R_a =reaction lag; A_x =activations interval; S_x =stabilisation interval. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)

2.4.3 Discussie

Bijna alle studies over effecten van klimaatverandering op duinmobiliteit gaan over verschuivingen richting mobiliteit door afnemende neerslag. Er zijn weinig of geen studies die juist gaan over verschuivingen richting stabiliteit door toenemende neerslag. Deze studie kan daar dus een nuttige bijdrage aan leveren.

Kustduinen vs woestijnduinen

Veel van de literatuur gaat over woestijnduinen, en vaak over de gevolgen van klimaatverandering, in de trant van een toenemende mobiliteit door verdroging. Ruwweg gezegd zouden we woestijnduinen als een versimpeling van het systeem kunnen beschouwen. De factor zandaanvoer van buiten ontbreekt namelijk. We hebben hier in feite maar met twee drijvende krachten te maken, namelijk het in beweging brengen van zand (wind) en het vast leggen van de bodem door vegetatie (temperatuur en neerslag). In die zin is er dus een vrij eenduidige relatie tussen klimaat en mobiliteit. Hoewel in deze systemen ook vaak de zandbron als drijvende kracht wordt genoemd, is dit toch meestal een afgeleide van de vegetatie, namelijk hoe dichter de vegetatie wordt, hoe kleiner de hoeveelheid zand die beschikbaar is voor vegetatie.

Bij kustduinen gaat de zandaanvoer echt als drijvende kracht mee werken. Behalve de zandmassa die aanwezig is, en de relatie tussen mobiliteit en klimaat zoals die ook voor woestijnduinen geldt, is er nu een extra versturende factor. Ook al is het klimaat gunstig voor de vestiging van vegetatie, wanneer van buiten af steeds nieuw zand wordt aangevoerd, en de bestaande vegetatie bedekt, dan geeft deze stoorzender een extra impuls voor dynamiek. Dit kan ervoor zorgen dat een systeem dat volgens de mobiliteitsindex stabiel zou moeten zijn toch mobiel is. Hier werkt de mobiliteitsindex dus niet, of niet voldoende. Wel is er een relatie met wind: er moet natuurlijk wel voldoende wind zijn om zand naar binnen te blazen. Er is dus in feite een meerdimensionele mobiliteitsindex nodig: eerste deel zegt iets over vegetatiegroei capaciteit, relatie met neerslag en temperatuur, het tweede deel zegt iets over de transportcapaciteit, relatie met wind, de derde geeft een aanwijzing voor de aanvoer van zand als externe stoorfactor. Zo past het in Figuur 2.3. En zo wordt ook duidelijk waarom in onze duinen het gebeuren aan de kust zo belangrijk is voor de duurzaamheid van dynamiek. Een (plotselinge) impuls van sediment van buiten kan het effect van hysteresis omzeilen.

Door de fixatie van de kust wordt het systeem van één dimensie ontdaan, en wordt de vergelijking met woestijnduinen mogelijk. Ook dan hebben we te maken met een gesloten zandmassa, waarbij de strijd tussen mobiliteit en stabiliteit alleen nog maar gevoerd wordt door enerzijds de wind, anderzijds de planten.

Stuifkuilen vs parabool- en/of loopduinen

Er zijn nogal wat fundamentele verschillen te bedenken tussen het stuifkuilen landschap en het parabolen (of loopduinen) landschap. Deze verschillen hebben ook hun gevolgen voor duurzaamheid.

Het ontstaan van stuifkuilen is een chaotisch proces van pleksgewijze aantasting, waar vegetatie op de een of andere manier verzwakt is, bijvoorbeeld door konijnen, watererosie of wat voor oorzaak dan ook. Daarom is de kans op voorkomen op een willekeurige plaats in het landschap kleiner dan 1, het kan namelijk ook gebeuren dat op een willekeurige plaats helemaal geen stuifkuil ontstaat.

In een landschap met “permanent” mobiele duinen zal op den duur op iedere willekeurige plaats een mobiel duin zijn langsgekomen. De kans op voorkomen op een willekeurige positie is daarom 1.

stuifkuilenlandschap	parabolenlandschap
ontstaan stochastisch	eerste ontstaan stochastisch (als stuifkuil), daarna voorspelbaar traject
patroon chaotisch	zelforganisatie?
basisvorm in essentie statisch, plaatsgebonden	basisvorm dynamisch, beweegt door landschap
komt op, dooft uit (of groeit uit tot parabool)	komt langs
pleksgewijs binnen landschap	geheel landschap
kans op voorkomen op positie X binnen het landschap <1	kans op voorkomen op positie X binnen het landschap $=1$
bij te grote diepte dreigt autonome stabilisatie	vanwege open vorm is diepte niet limiterend
stuifkuilen kunnen tegen de wind in groeien	parabolen lopen met de wind mee
breedte-diepte ratio is vaak constant	er is geen vaste verhouding tussen breedte (afstand tussen de armen) en lengte

Veel studies wijzen erop dat in systemen met paraboolduinen menselijke invloeden vaak verschuivingen richting mobiliteit (betreding, druk, ontbossing etc) of stabiliteit (aanplant enz) veroorzaken. Menselijke invloed lijkt vaak een verstoring van een evenwicht teweeg te brengen.

Implicaties van de klimaatsverandering waar we nu mee te maken hebben: grotere droogte afgewisseld met extremere neerslag geeft mogelijk grotere hydrofobie, meer watererosie, meer aangrijpingspunten voor winderosie, een toename van stuifkuilvorming omdat er meer plekken ontstaan waar de vegetatie (al is het op kleine schaal) wordt aangetast. Maar omdat gemiddeld de groeikracht toeneemt door hogere temperatuur en neerslag zal de gemiddelde activiteit afnemen, en zal de kans op paraboolvorming daardoor verder beperkt worden. De uiteindelijke uitkomst hangt af van de vochtbalans en van de verdeling daarvan over de seizoenen.

Overige facetten

In noordoost Brazilië hangt dynamiek samen met de lengte van het droge seizoen. Tijdens het droge seizoen is er sprake van dynamiek, daarbuiten is er veel neerslag en domineert de begroeiing. Het lijkt enigszins op ons systeem met dynamiek in de winter en minder in de zomer. Er bestaat dan een vorm van afwisseling van mobiliteit en stabiliteit binnen een jaar. Alle klimaats beïnvloede systemen vertonen deze afwisseling in respons op klimaat, maar op een veel langere tijdschaal. Hysterese wordt omzeild doordat vegetatiebedekking als gevolg van een periode met minder neerslag vermindert.

Zolang de (zand)trein blijft rijden wordt vegetatievestiging tegen gegaan, maar als de trein eenmaal stopt dan is het ook gelijk over. (Vergelijk het met het duwen van een auto, wanneer die stil staat is er een hoop kracht voor nodig, als hij eenmaal beweegt kost het veel minder kracht om hem in beweging te houden.)

Nuancering van ons model van dynamiek?

Lichte afslag, of zware overstuiving kan de transferfunctie van de zeereep in stand houden. Wanneer er veel zand vanuit zee wordt aangevoerd, kan dit via het transfersysteem zeereep worden doorgevoerd naar achteren, om de dynamiek daar te blijven voeden. Het is dus niet per se afslag wat nodig is, maar een combinatie van zandaanvoer en actief blijven van het transfer systeem. Wat voor omstandigheden hebben we hier voor nodig? Wanneer hebben we te maken met een situatie waarbij veel zand vanaf de onderwateroever naar het strand wordt getransporteerd, zonder dat dit op het strand tot duinvorming vóór de zeereep aanleiding geeft? Een voorbeeld in Nederland is mogelijk Terschelling paal 1-3. Daar zien we een enorm aanbod van zand vanaf het strand, maar geen aangroei van embryodünen, geen verplaatsing van de duinvoet, maar wel een enorme aanstuiving op de zeereep, die daardoor in een aantal jaren flink in hoogte is toegenomen. Overigens kan menselijke invloed, in de vorm van strandrijden, hier ook een rol spelen, omdat een concentratie van sporen dicht langs de zeereep de vestiging van Biestarwegras tegen gaat. Ook de vorm van de zeereep zelf is van invloed op de transfer. Een gesloten zeereep heeft een zodanig invloed op de wind dat in een zone vóór de duinvoet de windsnelheid lager is dan op het strand, waardoor zand hier zal afzetten. Een gekerfde zeereep heeft gaten waardoor de wind naar binnen kan stromen, en de obstakelwerking van de zeereep hier onderbroken wordt. In dat geval kunnen wind én zand doorstromen.

Grote zandaanvoer kan gevolgen hebben voor de zeereepstabiliteit. Als de aanvoer zo hoog is dat de planten de bedekking niet bij kunnen houden, zal uiteindelijk de hele zeereep mobiliseren. Nu lijkt dit in Nederland vrijwel niet voor te komen, omdat Helm in staat is met zeer grote hoeveelheden bedekking om te gaan. Bovendien zien we vaak dat Helm die begraven wordt zodanig bedekt raakt dat het zand vervolgens door stuift, en de begraving niet doorzet. Er zijn vanuit de huidige situatie geen voorbeelden bekend waarbij een zeereep echt mobiliseert doordat Helm niet meer tegen de overstuiving is opgewassen. Er zijn lokaal uitzonderingen, bijvoorbeeld op plaatsen met Noordse Helm (een bastaard van Helm den Duinriet). Deze plant groeit veel meer door laterale verspreiding, en minder verticaal, en kan dan ook een minder grote bedekking verdragen.

Embryodünen zouden gevoeliger kunnen zijn voor massale overstuiving. Het is niet bekend hoeveel zandbedekking Biestarwegras kan verdragen, maar het is zeker dat dit aanmerkelijk minder is dan Helm. Aanstuiving tegen de duinvoet zou het Biestarwegras makkelijk kunnen verstikken, waardoor de doorvoerzone voor landwaarts transport intact blijft.

3 STATE OF THE ART - FASE 1

3.1 Enquête

De enquête had tot doel informatie over specifieke situaties en/of ervaringen met betrekking tot dynamiek bij beheerders en onderzoekers te verzamelen. In totaal hebben dertig (van de zestig aangeschreven) personen gereageerd op de enquête. Het detail van de antwoorden was wisselend, sommige waren zeer summier, andere waren zeer uitgebreid. Met een aantal personen is telefonisch contact geweest, in één geval is de enquête via een persoonlijk interview afgenomen. Het blijkt dat mensen, wanneer ze persoonlijk benaderd worden, altijd bereid zijn informatie over te dragen. Wanneer ze via een anonieme enquête worden benaderd is die bereidheid veel lager. Veel mensen gaven aan geen tijd te hebben de enquête in te vullen, maar waren toch bereid op een andere manier informatie te verstrekken.

De resultaten kunnen op verschillende manieren worden verwerkt. Het is hier niet de bedoeling een statistische analyse op de resultaten los te laten, en aan de hand van allerlei grafieken de resultaten weer te geven. Het gaat er meer om aan de hand van de verschillende ideeën die er omtrent dynamiek leven duurzame dynamiek vanuit verschillende uitgangspunten of visies te bekijken, een overzicht te krijgen van ervaringen van verschillende personen en uit verschillende gebieden, en verschillende uitgangspunten met betrekking tot duurzaamheid te inventariseren. Daarom worden hier de conclusies die op grond van de antwoorden getrokken konden worden gegeven. Van een aantal dat zeer uitgebreid gereageerd heeft, staat de (bewerkte) reactie in Bijlage 1.

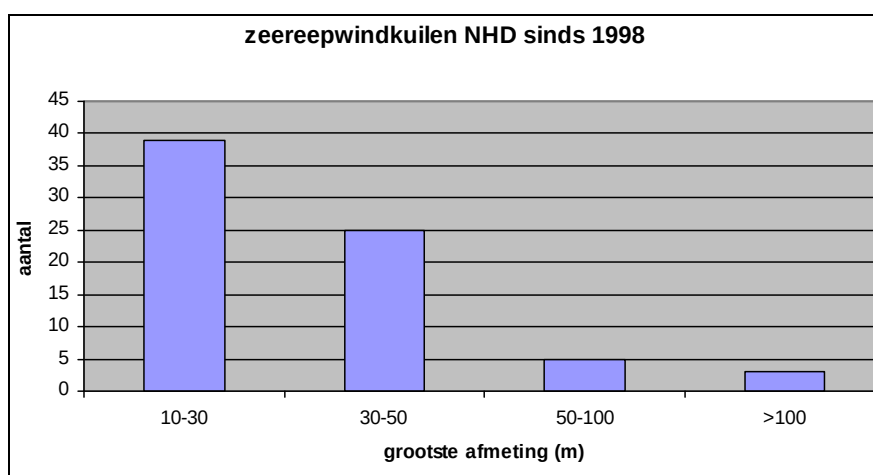
Belangrijkste conclusie uit de enquête is dat over het algemeen in alle gebieden de dynamiek is afgenomen. Het knippunt ligt ergens tussen 1970 en 1980. Voor die tijd deed men (ongeacht de plaats, dit werd voor verschillende gebieden van noord tot zuid opgemerkt) zijn uiterste best om het duin vast te leggen, en kon vaak na iedere winter opnieuw begonnen worden, na die tijd hoeft men nauwelijks nog te stabiliseren, omdat het nu grotendeels vanzelf gaat. Men schrijft dit toe aan de afgenomen konijnenstand, de verhoogde stikstofdepositie, de toegenomen vegetatiedichtheid (verruiging) en bodemvorming door aanplant (Helm, stuweel, bos) en (kunst)mest (waardoor het hysteresis effect gaat optreden), de afgenomen stormfrequentie, het minder voorkomen van droogtes.

Er zijn verschillende voorbeelden van het spontaan ontstaan van stuifkuilen, ook nu nog, onder de huidige omstandigheden. Veel respondenten schrijven stuifkuildynamiek, of dynamiek in binnenduinen toe aan een hoge konijnenstand, en een afname dus aan een afnemende konijnenstand. Ook wordt recreatie als mogelijke oorzaak genoemd. Het open houden van het oppervlak door betreding door recreanten, het uitdoven na afsluiten van een terrein, het weer opener worden na invoering begrazing worden als effecten genoemd. Het toeval speelt ook een rol, bijvoorbeeld in de opeenvolging van verschillende weersomstandigheden die verstuiwing bevorderen, of juist belemmeren.

Er zijn veel reacties die wijzen op een afname van dynamiek door suppleren, meestal doordat door suppleties een buffer voor de zeereep wordt gelegd, die de dynamiek voor de zeereep weg vangt. In Zeeuws-Vlaanderen blijken door de suppleties hele dijken ondergestoven te zijn en nu (in ieder geval visueel) veranderd te zijn in meer zandige zeerepen. Volgens één respondent zou suppleren juist tot grootschalige verstuiwingen aanleiding kunnen geven. Stagnatie van dynamiek wordt ook toegeschreven aan het beperken van duinafslag. Twee respondenten leggen de link tussen grootschalige verstuiwingen en afslag.

Specifiek voor Voornes duin werd opgemerkt dat de verstarring van het duin veroorzaakt is door 1) afdammen Brielse Maas; 2) aanleg duinsuppletie met verkeerd (slibrijk) materiaal; 3) luwtewerking Maasvlakte.

Het staken van onderhoud heeft soms positieve effecten, soms geen effecten. De zeerepen van Noord-Holland en Terschelling worden genoemd als voorbeelden waar een actieve vorm van parabolisering, of op zijn minst van kerfvorming op gang is gekomen, en waar dynamisch zeereepbeheer zijn vruchten afwerpt. Hierbij wordt opgemerkt dat een verstuiwing niet altijd hoeft te beginnen als een stuifkuil, maar dat soms een front van tientallen meters lengte landinwaarts begint te wandelen. Eén respondent claimt dat parabolisering niet door kerfvorming op gang kan komen, omdat kerven nooit tot een doorbraak in de zeereep leiden. Een andere respondent claimt juist dat parabolisering juist wel vanaf de zeereep begint.



Figuur 3.1. Toename stuifkuilen in het Noordhollands Duinreservaat sinds 1998

De ervaring met dynamisch zeereepbeheer in Zuid-Holland is dat het staken van onderhoud niet tot veranderingen heeft geleid. Voor een deel zou dit het gevolg van suppleren zijn. Er zijn wel plekken waar na afslag een dynamische ontwikkeling op gang is gekomen, maar na verloop van een aantal jaren stagneert de dynamiek.

Opvallend is dat in sommige reacties grootschalige verstuiwingen in het binnenduin toegeschreven worden aan wanbeheer of rooibouw. Vooral dit laatste wordt veelvuldig in oude literatuur genoemd. Ook wordt gemeld dat het steeds ontoegankelijker maken van het duin leidt tot verstarring. Anderen melden juist dat effect van misbruik of begrazing wordt overschat.

Een respondent benadrukt de negatieve invloed van oude, diep doorwortelde stuifdijken op de dynamische ontwikkeling, wat zonder actief ingrijpen niet zal veranderen.

Een nuttig effect van overstuiving, bijvoorbeeld rondom een stuifkuil hangt af van de begroeiing die overstoven raakt. Het effect kan ook negatief zijn (waardevolle vochtige vegetatie, waardevolle graslanden), of neutraal (duinriet of kruipwilg). Ook wordt opgemerkt dat het effect mede afhankelijk van de graasdruk is. De mate van overstuiving rondom stuifkuilen hangt af van het type kuil. Voor het verhogen van het kalkgehalte aan het oppervlak is niet altijd verstuiwing nodig. Ook bioturbatie kan dit tot stand brengen (Annema & Jansen, 1998). Grootschalige verstuiwing leidt juist tot de vorming van duindoornstruwelen. Branden heeft niet zondermeer een positief effect op de vegetatieontwikkeling.

Voor wat betreft het ingrijpen ten behoeve van grootschalige verstuiwing wordt opgemerkt dat “hoe groter hoe beter” is. Het relatief beperkte succes bij kleinschalige ingrepen wordt veroorzaakt door o.m. teveel beschutting en achterblijvende wortels. Bij paraboolreactivatie moet niet de vallei vóór de parabool worden afgeplagd, omdat de wind anders niet genoeg energie overhoudt om de voet van de parabool te eroderen. We moeten voorzichtig zijn met het reactiveren van vormen uit het verleden, als niet duidelijk is of de omstandigheden waaronder deze vormen zijn ontstaan anders zijn dan de huidige.

Er moet bij reactiveren/aanleg van grote verstuiwingen ook ruimte zijn voor opportunisme, waarbij ingespeeld wordt op incidentele ontwikkelingen, bijvoorbeeld na kustafslag. Niet alles moet vastgetimmerd worden met meerjarenplannen en vastgelegde doelen, maar er moet ruimte zijn voor ad hoc inspelen op toevallige, kansrijke gebeurtenissen.

Een belangrijke onderzoeksvraag die genoemd wordt is het dateren van de grote paraboolsystemen met thermoluminescentie. Een andere is uit te rekenen wat de brandstofbehoefte van de duinbewoners was voor de komst van het aardgas, en dat te vergelijken met de groei van biomassa, om te bepalen of er een tekort aan brandstof was, wat dan een verklaring voor duinmobilisatie zou kunnen zijn. Een derde onderzoeksvraag is of we in de duinen te maken hebben met progressieve vegetatiesuccessie (oude stadia ontstaan uit pioniersituaties) of met een netwerksituatie (verschillende stadia kunnen uit elkaar ontstaan).

3.2 Inventarisatie van verstuiwingen in Nederland; mogelijke case -studies

Hieronder volgt een (niet uitputtend) overzicht van (secundaire) verstuiwingen (soms ook met een primaire component) langs de Nederlandse kust, waarbij een onderverdeling is gemaakt in min of meer natuurlijke situaties, en situaties waarbij herstelmaatregelen zijn uitgevoerd. Een lijst van gebieden is opgenomen in de bijlagen. Bijlage 2 behandelt de gebieden waar spontane verstuiwingen een rol spelen, Bijlage 3 waar verstuiwingen zijn hersteld of geïnitieerd. Via GoogleEarth is van alle gebieden een goede, globale indruk te verkrijgen.

In het kader van dynamiek zijn primaire duinen (duinvorming op het strand) en washoversystemen zoals op de Waddeneilanden voorkomen ook van belang. Deze vallen echter buiten het bestek van dit onderzoek. Primaire duinvorming wordt continu gevoed door aanvoer van zand van af het strand, en biedt daarom geen inzichten in duurzaamheid m.b.t. secundaire verstuiwingen. Washoversystemen zijn duurzaam maar hier wordt de dynamiek gegenereerd door overspoeling door de zee. Ook dit is in het kader van secundaire verstuiwingen niet aan de orde. Bij secundaire systemen liggen de valleibodems meestal hoger dan het aangrenzende strand, en speelt overspoeling door de zee daardoor geen of slechts een bescheiden rol.

3.2.1 Spontane verstuiwingen en / of interessante situaties

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste gebieden met substantiële verstuiwingen langs de Nederlandse kust. In een aantal gebieden is in het verleden geomorfologisch onderzoek uitgevoerd, in de meeste echter niet. Voor verschillende gebieden zou het de moeite waard zijn op grond van beschikbare luchtfoto's en laseraltimetriegegevens iets meer over veranderingen of ontwikkelingen in dynamiek te weten te komen.

Kapenglop, Schiermonnikoog

Het Kapenglop is een groot complex van stuifkuilen met valleivorming door uitstuiving tot op het grondwater. Een vallei is zo groot dat gesproken kan worden van eens stuifvlakte. Het gebied is uitgebreid vegetatiekundig, ecohydrologisch en hydro-geochemisch onderzocht (bijvb. Stuyfzand et al., 1993; Grootjans et al., 1996; Grootjans et al., 2002). Er zijn verschillende publicaties waar ook aandacht wordt besteed aan het verstuivingsproces (Koekkoek, 1992, van Tooren, 1994), maar er is voor zover bekend nooit uitgebreid onderzoek verricht naar landschapsontwikkeling en stuifkuildynamiek (Esselink et al, 1989 verwijzen naar een stageverslag van Paulien Hartog uit 1988). In de jaren 1970 voerde de beheerder Nieuwenhuis hier maatregelen uit ter bevordering van dynamiek, en was daarmee zijn tijd ver vooruit (de Meester-Manger Cats, 1984; Kuipers & Vos, 1986). De ontwikkeling wordt duidelijk beïnvloed door recreatie. De recreatiedruk is fors, en drukt zijn stempel op het landschap.



Westerduinen, Schiermonnikoog

In de Westerduinen is een ander groot complex van stuifkuilen te vinden. Deze stuifkuilen zijn veel reliëfrijker dan die van het Kapenglop. Op luchtfoto's uit 1970 is te zien dat een deel van het landschap uit nog actieve parabolen bestaat, op beperkte afstand van de

kust, waar op dat moment forse stabilisatie -ingrepen worden uitgevoerd. Inmiddels ligt het complex door stuifdijkaanleg verder van zee. Ook in dit gebied is sprake van een forse recreatiedruk, maar minder dan in het Kapenglop. Bovendien is er een gradiënt in recreatiedruk. De westelijke kuilen worden nauwelijks beïnvloed, de oostelijke kuilen meer. Daardoor is het effect van recreatie op dynamiek hier goed zichtbaar. Het gebied is voor zover bekend nauwelijks onderzocht. Er is alleen een scriptie van Kuipers & Vos (1986). Een stuifkuil die in 1960 was geactiveerd door de toenmalige beheerder Nieuwenhuis had in 1984 een lengte van 80m en in 2007 van 120m (pers. commun. M. Kuipers).

Zeereep Terschelling, paal 1-6

Afwisselende, soms zeer sterk gekerfde zeereep, met tussen paal 1 en 2 en tussen 3 en 5 de grootste kerven die langs de Nederlandse kust te vinden zijn. Er is een grote aanvoer van zand vanaf het strand, met een sterke gradiënt van zuid (zeer veel) naar noord (minder), en daardoor vooral een verhoging van de zeereep. Vooral aan de zuidkant is er een extreme overstuiving tot aan de achterkant. Bijzonder hier is dat de aanvoer van zand enorm groot is, maar niet leidt tot aangroei aan de voorzijde van de zeereep, maar tot een enorme overstuiving. Blijkbaar is er iets wat het afzetten van zand vóór de zeereep tegengaat (mogelijk menselijke invloed). Gezien het mogelijke belang van dit mechanisme met betrekking tot duurzaamheid, zou nader onderzoek hier meer inzicht kunnen verschaffen in randvoorwaarden voor extreme overstuiving, die niet het gevolg is van afslag. De kerven ontstaan sinds in het gebied dynamisch kustbeheer wordt uitgevoerd, dus het onderhoud aan de zeereep is gestaakt. De zuidkant was tot voor 1990 in gebruik bij defensie. Hier werd regelmatig de top van de zeereep vlak geschoven. In dit deel wordt nu nog schroot geruimd. Één van de kerven is uitgegroeid vanuit een stuifkuil, de anderen zijn direct als kerven gevormd. Er is een klein onderzoek naar landschapsontwikkeling uitgevoerd door Arens (2007), waarbij de kerfontwikkeling is gevolgd aan de hand van laseraltimetrie gegevens van 1996 tot 2006 en luchtfoto's van 2000 en 2006. Daaruit blijkt een aanzienlijke toename van verkerving in een betrekkelijk korte periode.

Zeereep Vlieland

Sinds de invoering van dynamisch zeereepbeheer op Vlieland zijn verschillende stuifkuilen in de zeereep ten westen van km 49 ontstaan, waarvan sommige doorlopen tot op het strand (kerven). De stuifkuilen trekken bezoekers. Sommige worden duidelijk door betreding beïnvloed, en lijken als pad te fungeren voor bezoekers die naar het strand willen. De druk verschilt per kuil. Achter een groot kuilencomplex waarachter een fietspad ligt zijn na de storm van 1 november 2006 kerstbomen gezet. In de evaluatie van dynamisch kustbeheer voor de Friese Waddeneilanden (Arens et al., 2007) is een beperkte analyse opgenomen.

Rug van het Veen en stuifkuilen Vlieland

Over dit gebied is weinig informatie beschikbaar. Het betreft een complex van enigszins op paraboolarmen lijkende, lange stuifkuilen, met uitstuiving tot op een grondvlak (grondwater). In Westhoff & van Oosten (1991, p244) staat een foto van een grote, actieve stuifkuil.

Paal 9-10 Texel (historisch)

Door de vroegere beheerders van de zeereep van Texel (Cees Smit, Rijkswaterstaat) werd gemeld dat het in dit deel van Texel vroeger heel hard heeft gestoven. Het gebied was destijds onderhevig aan sterke kusterosie, wat waarschijnlijk tot secundaire verstuiwingen op zeer grote schaal heeft geleid. In het kantoor van RWS op Texel hangt een foto van omvangrijke verstuiwingen. Inmiddels is in het gebied een kerf ontstaan en wordt de

zeereep dynamisch beheerd. Het schijnt dat USHN plannen heeft om het geheel weer stijf in de schermen te gaan zetten. Voor zover bekend is er geen onderzoek gedaan.

De Hors, Texel

Dit is het meest uitgestrekte en dynamische voorbeeld van embryonale duinontwikkeling op een aangroeikust. In het gebied is veel verstuvingsdynamiek, gecombineerd met uitgestrekte zoet-zoutgradiënten. Berijding door 4WD speelt een rol in een deel van het gebied. In het verlengde van de strandopgang worden alle duintjes stuk gereden en blijft een kale zone over. Er zijn verschillende artikelen beschikbaar over duinvorming op de Hors, gepubliceerd in *Geografie*, allen resultaten van studentonderzoek van de Universiteit van Utrecht. Er is een artikel van Ballarini et al. (2003) over het uittesten van TL dateringen in het gebied.

Groote Keeten, Noord-Holland

De zeereep bij Groote Keeten vormt een uitzonderlijk stukje langs de Noord-Hollandse kust. Het is een zeer dynamische, gekerfde zeereep die neigt naar parabolisering. Er liggen veel grote stuifkuilen en kerven die doorlopen tot op het strand. In het verleden is er veel aanstuiving geweest, mogelijk is dat nu wat gestabiliseerd. Door de grote zandaanvoer was in ieder geval in het verleden sprake van vol stuiven en weer uitstuiven van de kuilen. Er zijn wel stabiliserende maatregelen uitgevoerd, zoals plaatsen van stuifschermen en kerstbomen in de kerven, maar de laatste tien jaar wordt er geen beheer gevoerd. De zeereep schijnt in het kader van Zwakke Schakels achter 200m duinverzwarende te worden verstopt, waardoor dit unieke stukje verloren zal gaan. In de zeereep zijn in 1992 metingen uitgevoerd naar zandtransport (Arens, 1994). Er is verder nooit onderzoek uitgevoerd naar kerfvorming en dergelijke.

Stuifkuilen Petten

In de duinen van Petten ligt een grote stuifkuil die de beheerder, Frans Erinkveld, vanuit een konijnenhol heeft zien ontstaan. Dit is een goed voorbeeld van het spontaan ontstaan van stuifkuilen in het binnenduin. Voor zover bekend is er nooit onderzoek aan verricht. Er zijn foto's vanaf de grond van Frans Erinkveld.

Stuifkuilen Bergen-Egmond

De duinen tussen Bergen en Egmond liggen op het grensvlak van de kalkarme en kalkrijke regio. In dit gebied blijken stuifkuilen makkelijker te ontstaan dan ten noorden of ten zuiden, waarschijnlijk omdat de combinatie van kalkbeschikbaarheid en beperkte nutriëntinhoud van het zand voor specifieke omstandigheden zorgt. Door de invloed van kalk hoopt minder humus op. Het gebied valt op door een groot aantal actieve stuifkuilen, die sinds 1992 spontaan zijn ontstaan. In het AHN worden na vergelijking van de data van 1997 met die van 2006 veranderingen duidelijk zichtbaar.

Kerven Heemskerk - Wijk aan Zee

Langs de hele Noordhollandse kust zijn na de storm van november 2006 nieuwe kerven en stuifgaten te vinden. De oudste kerven liggen tussen Heemskerk en Wijk aan zee. Een aantal kerven kan zich vrij ontwikkelen, voor anderen is een maximale uitstuvingsdiepte vastgesteld. Stuiven ze verder uit, dan wordt ingegrepen (schermen, dichtschuiven tot minimumniveau). De grote kerven worden gemonitord door USHN, door het regelmatig opmeten van profielen. Over de monitoring zijn inmiddels twee rapporten beschikbaar. Er zijn veldmetingen van wind achter en om de kerven uitgevoerd door een student van de UvA (Weis, 2006). De kerven worden wel betreden. Betreding heeft wel enige invloed, maar deze is door de grote geomorfologische dynamiek niet dominant.

Zeereep Parnassia, Rijnland

Bij Parnassia (Bloemendaal) is na de grote storm van 1990 schade aan de zeereep ontstaan, die door het Hoogheemraadschap van Rijnland, bij wijze van proef met dynamisch zeereepbeheer, niet hersteld is. In 1993 is nogmaals schade ontstaan door afslag. Na de afslag is er een dynamische ontwikkeling op gang gekomen, die vanaf 1993 geleidelijk aan weer uitdooft. De proef laat zien dat incidentele afslag niet voldoende is om duurzaam de dynamiek in de zeereep terug te brengen, wel om tijdelijke dynamische processen op te wekken die de natuurlijkheid ten goede komen. De proef wordt gemonitord (Arens, 2004b).

De Blink, Hollandse duinen

Dit gebied valt op door de redelijk grote hoeveelheid, soms zeer forse, actieve stuifkuilen, hoewel ook hier de laatste jaren sprake is van een geleidelijke stabilisatie door dichtgroeien. Het genoot bij “duinbiologen” begin jaren 1980 grote bekendheid, omdat hier als eerste het reguliere vastleggingsbeheer gestaakt werd en de resultaten daarvan overduidelijk waren. Het gebied is niet vrij toegankelijk, recreatie speelt geen grote rol, er is wel sprake van betreding vanuit aanpalende campings, jeugdherberg etc. Vóór WO2 was het gebied geheel dichtgegroeid. Na de oorlog zijn er opeens veel actieve kuilen. De oorzaak is onbekend. De Blink was “een vergeten uithoek” waar het vastleggingsbeheer na WO2 veel minder intensief was dan overal elders. Bovendien is alle vastleggingsbeheer eind jaren 70 helemaal gestaakt. Een aantal stuifkuilen is een aantal jaren door P. Jungerius gemonitord (o.a. Jungerius et al., 1981). Verder is in het gebied geomorfologisch proces onderzoek gedaan door Rutin (1983), en later in het kader van EGM (van der Meulen et al., 1996; Kooijman et al., 2005), waarbij onder andere een sequentiële luchtfoto-analyse is uitgevoerd.

Coepelduynen, Hollands Duin

De Coepelduynen liggen in een overgangsgebied tussen De Blink en Berkheide. De morfologie is redelijk grootschalig, met stuifkuil/paraboolachtige vormen achter de zeereep (enigszins vergelijkbaar met de pannen bij Ter Yde, België), en langgerekte zuidwest-noordoost lopende noordhellingen, mogelijk voormalige paraboolarmen, of transversaalachtige duinen. Het zijn duidelijk voormalige storthellingen. Ze getuigen van een ooit zeer grote dynamiek. De duinen worden vrij abrupt afgesneden aan de oostkant door bebouwing (waarschijnlijk afgegraven). In het middengebied is altijd sprake geweest van forse verstuiwingen. Tot 1988 werd gepoogd deze te stabiliseren, zonder resultaat. Voorheen was het gebied in beheer bij Defensie, en vrij toegankelijk. Nu is het in beheer bij Staatsbosbeheer, en alleen toegankelijk op wegen en paden. Tot nu toe blijft het gebied open. Kenmerkend is het veelvuldig voorkomen van duinroosje, waarbij opvallend is dat alle hellingen waar duinroosje op voorkomt vrij flauw hellend en vlak zijn. Het voorkomen van Duinroosje wijst op een oppervlakkig ontkalkte en langdurig stabiele bodem. Duinen met Duinroosje hebben vaak typische stuifkuilvormen. De grootste verstuiwing is vergelijkbaar met een paraboolvorm als bij Merlimont, waarbij vooral de helling aan de noordkant dynamisch is, met aan de noordelijke zijde hiervan een flinke storthelling. Overigens komen dit soort vormen, maar dan gestabiliseerd, ook veelvuldig voor achter de zeereep in Zuid-Kennemerland. Over de paraboolmorfologie heen liggen verschillende grote stuifkuilen, soms als grote kepen/gaten in de omringende hellingen ingevreten. Het gebied heeft één van de meeste grootschalige verstuiwingen van de Hollandse kust, en is qua dynamiek eigenlijk meer vergelijkbaar met de Belgische en Noord-Franse duinsystemen dan met de Nederlandse. Het gebied ligt geheel ingeklemd tussen de bebouwing van Katwijk (zuid), Noordwijk (noord) en de bebouwing aan de oostkant (waaronder Estec).

In het noordelijk deel worden stuivende toppen vastgelegd met helm, omdat in dit deel Hondskruid voorkomt.

Stuifkuil Wassenaar, Rijnland

Langs de zuidhollandse kust ligt bij Wassenaar een eenzame stuifkuil. De kuil is ontstaan rond 1993, en bij wijze van proef met dynamisch zeereepbeheer niet vastgelegd. De kuil wordt redelijk intensief gemonitord (Arens & Kruijsen, 2003), waardoor duidelijk wordt hoe groot de dynamiek binnen de kuil is, en in mindere mate hoe ver het effect van deze dynamiek tot buiten de kuil reikt. Hoewel de omvang van de kuil nauwelijks meer verandert, wordt er toch nog jaarlijks een flinke hoeveelheid zand uit geblazen, die over een groot oppervlak wordt verspreid.

Noorderpan, Meijendel

Sinds 1978 zijn in het hoge binnenduin van de Noorderpan geen beheersmaatregelen meer uitgevoerd na een periode waarin stuifkuilen systematisch werden vastgelegd met helm en takken. Dit leidde tot geomorfologische verjonging van het systeem. Op basis van vijfjaarlijkse luchtfoto's is onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van zand en de ontwikkeling van de vegetatie in de stuifkuilen en erom heen in een gebied van ongeveer 50 ha duin.

In 1975 was het areaal kaal zand 3,5%. Onbekend is of tussen 1975 en 1978 dit deel van het duingebied nog is vastgelegd. In 1980 was het areaal kaal zand gedaald naar 2,6%. Daarna toegenomen tot 4,6% in 1985 en 5,4% in 1990. In 1995 was areaal kaal zand weer gedaald naar 4,0%. Uit statistische toetsing bleek de stijging en daling echter niet significant.

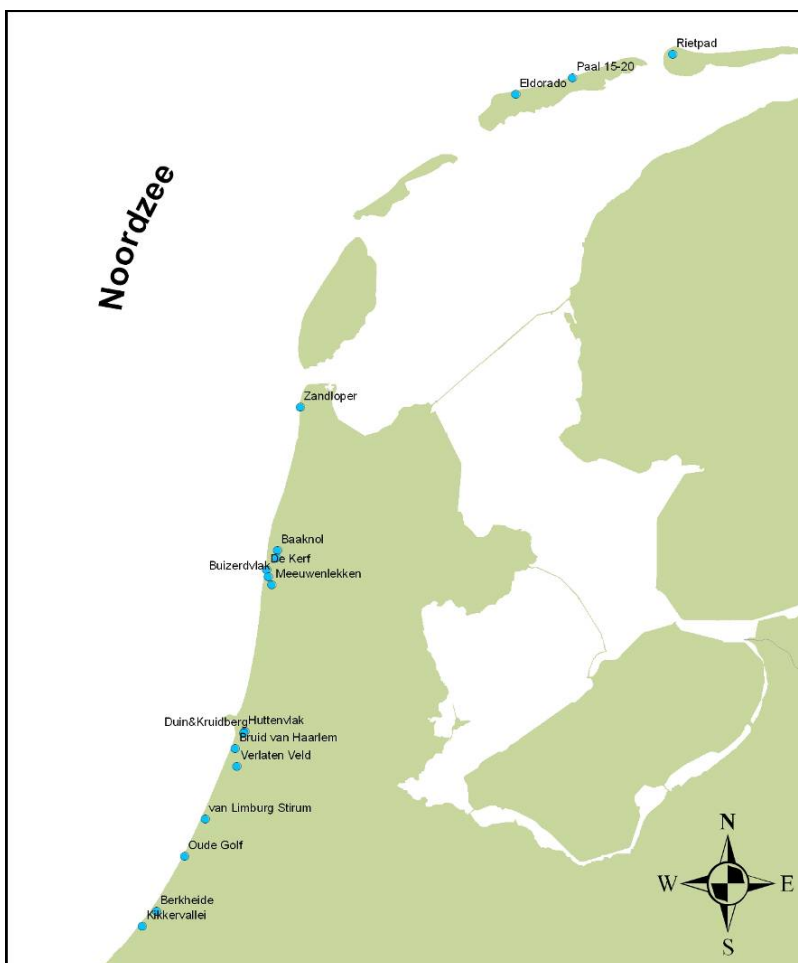
Het volgende is een samenvatting van het onderzoek van Mensing (2002). Sinds 1978 zijn op vele plaatsen nieuwe stuifkuilen ontstaan en bestaande fors gegroeid. Maar stabilisatie van de kuilen door algen, zandzegge en helm heeft ertoe geleid dat geen enkele stuifkuil is uitgestoven tot het grondwater. Door het stabiliseren zijn duingraslanden ontstaan. De kwaliteit van de graslanden varieert heel sterk. Zolang zand in de deflatiezone terecht komt is sprake van een zeer soortenarme en stabiele Rood zwenkgrasbegroeiing. Centraal in de kuil ontstaan bij stabilisatie soortenarme zandzegge begroeiingen, die mogelijk op termijn soortenrijker worden. In de accumulatiezones is helm dominant. In oudere helmbegroeiingen is helm minder vitaal en heeft een lagere bedekking. Een relatief laag aantal kruiden wordt aangetroffen in dit type, waarbij een ontwikkeling naar duingraslanden geïndiceerd wordt (in maximaal 11 jaar met een soortenrijkdom van gemiddeld maximum van 11 met een grote spreiding). De snelheid van de ontwikkeling naar soortenrijke duingraslanden moet worden ingeschat op minimaal 20 of 25 jaar. Nader onderzoek moet uitwijzen of dit het geval is. Tevens zou de ontwikkeling van de stuifkuilen van de luchtfoto's van 2001 een waardevolle aanvulling zijn op de kennis omtrent autonome ontwikkelingsprocessen aangaande verstuiwing.

Meeuwenduinen, Schouwen

De Meeuwenduinen staan van oudsher bekend om het voorkomen van grote verstuiwingen. In het gebied is door omvangrijke uitstuiwing een wijde uitstuiwingsvlakte ontstaan. Op het moment dat de uitstuiwingsvlakte zich in de zeereep begon in te vreten, en er een doorbraak kon ontstaan, is er een grote verzwarende voor geleegd. Diverse GIS en luchtfoto-analyses door Marieke Eleveld (van Boxel et al., 2002); archeologisch onderzoek (Beekman en van der Valk), historisch geografisch onderzoek (Beekman). Beekman geeft in zijn proefschrift (Beekman, 2007) een beschouwing over de relatie tussen het ontstaan van de grote verstuiwingsfases op Schouwen en de zeegetijdynamiek. In zijn visie is het kustafslag die de grote verstuiwingen veroorzaakt, en speelt de mens slechts een ondergeschikte rol.

3.2.2 Herstelde verstuiwingen

Er zijn inmiddels veel experimenten uitgevoerd waarbij verstuiwingen bedoeld of onbedoeld een rol heeft gespeeld (zie ook www.nieuwenatuur.nl). In een aantal gevallen is gepoogd verstuiwing te herstellen, in een beperkt aantal gevallen is gepoogd verstuiwing vanuit het niets te initiëren. Ook zijn er projecten waarbij verstuiwing geen doel op zich was, maar een gevolg van bijvoorbeeld landschapsherstel. Een aantal van de experimenten wordt actief gemonitord.



Rietpad, Ameland

Het experiment was bedoeld om parabolisering in een fossiele zeereep (350m achter de huidige zeereep) op gang te brengen. Hiertoe is in 1993 een op het noordwesten geëxponeerde V-vormige kerf aangelegd in een fossiele zeereep, waar op dat moment geen verstuiwingen actief waren, of gestabiliseerde stuifkuilen aanwezig waren. Vanuit de V-vorm is geen paraboolvorming op gang gekomen, omdat het zand dat uit het gat werd geblazen bij de uitgang ophoopte, en op die manier de vorm vrij snel veranderde in een stuifkuil. Het project is gemonitord tot 2004 door middel van uitgebreide hoogtemetingen en DTM-analyse (van Boxel & Jungerius, 2005). In 1995 zijn in de winter windsnelheidsmetingen in de stuifkuil uitgevoerd (Baas, 1995). De stuifkuil is nog steeds actief. De ligging van de vorm op NW was een goede keuze. De ontwikkeling blijft zich ook in die richting te voltrekken.

Paal 15-20 Terschelling

Dit deel van de zeereep was voor de start van dynamisch kustbeheer een rollende zeereep. Opkomende begroeiing werd verwijderd om de zeereep door de wind langzaam naar achteren te laten rollen. Toen na 1990 werd besloten de kustlijnpositie te handhaven werd besloten de rollende zeereep landschappelijk in te passen. Daartoe zijn stuifbevorderende maatregelen genomen over een traject van ca 5km, door een aantal kerven dwars/schuin over de zeereep te graven, en met stuifschermen de wind door deze kerven te leiden. Verder werd nog gedurende een achttal jaren de opkomende helm afgeschoven. De gevolgen voor de dynamiek zijn enorm. Doorstuiving treedt plaatselijk op tot enkele honderden meters achter de zeereep. Achterliggende stuifdijkjes zijn inmiddels deels in de verstuiving opgenomen. Op de zeereep zijn verschillende laagtes ontstaan, met een hoogte van ca 5m NAP. Helaas is in verband met de aanwezigheid van andere belangen op een aantal plaatsen opnieuw ingegrepen, maar nu om de verstuiving te beperken, o.m. bij de Badweg en bij een strandopgang. Verder liggen er nog enkele verpachte weilandjes achter de zeereep waarop de pachter geen stuifzand wil. Helaas is daardoor een veelbelovende ontwikkeling in de kiem gesmoord. Ten westen van de Badweg stond een loopduin op het punt zich los te maken uit de zeereep. Deze wordt nu echter vastgelegd met dennenbomen, omdat de dynamiek te groot is voor stuifschermen of helmaanplant. Bij de strandopgangen zijn zulke grote stuifbeperkende maatregelen uitgevoerd dat hier opnieuw sprake is van een zeer kunstmatige zeereep. Dit is echter beperkt tot kleine stukken in het grotere geheel. Het project wordt zeer globaal gemonitord, waarbij de ontwikkeling overwegend visueel wordt beoordeeld. Het rapport Evaluatie Dynamisch Kustbeheer Waddeneilanden (Arens et al., 2007) gaat op deze monitoring in. In een kerf bij de zeereep wordt de hoogte regelmatig opgemeten, omdat door deze kerf vanaf een hoger gelegen fietspad nu de zee te zien is, en bewoners hierover verontrust zijn. Er zijn laseraltimetriegegevens beschikbaar voor verdere analyse, maar tot op heden is hier geen gebruik van gemaakt.

Stuifkuilen Eldorado, Terschelling

In dit gebied is één van de eerste reactivatie-experimenten uitgevoerd. Het betreft een aantal stuifkuilen vrij dicht achter de zeereep, die onder andere in het kader van het EGM project zijn gereactiveerd in 1993. De maatregelen zijn geen onverdeeld succes geweest. Een groot deel van de reactivatie is weer dicht gelopen. In 2006 is nog circa 10% van de verstuivingen actief. Er is, ook in EGM kader, enige monitoring uitgevoerd. Zie rapporten van Boxel & Jungerius, EGM publicaties (van der Meulen et al., 1996 en Kooijman et al., 2005), Ketner-Oostra, 2000. In 2003/2004 zijn de kuilen nogmaals open gemaakt (pers. commun. F. Zwart).

Zandloper, Kop van Noord-Holland (historisch)

Een ander voorbeeld van een rollende zeereep, hier toegepast om het profiel van de zeereep minder gevoelig voor stormschade te maken. Rond 1980 werd een groot aantal kerven op de WSW wind gegraven om de verstuiving te bevorderen. Het naar achteren stuivende zand werd ingevangen met stuifschermen, om een gesloten, nieuwe zeereep te laten ontstaan. De extreme dynamiek die het gevolg was toont aan dat wind niet de beperkende factor is. Er is het een en andere over dit project geschreven door het Hoogheemraadschap (Nieuwjaar, 1995). Dit voorbeeld is vooral nuttig om te laten zien dat extreme dynamiek vanuit de zeereep ook langs de Hollandse kust vrij eenvoudig opgewekt kan worden.

Baaknol, Schoorlse Duinen

Het gebied, groot 3 ha is in de winter van 2005/2006 ontbost, als compensatiemaatregel voor de inplant/aanleg van duinverzwaringen in Petten. Behalve het bos zijn ook de strooisellaag, stobben en bodem verwijderd. Het gebied is ongeveer februari opgeleverd.

Al het materiaal is het terrein uitgevoerd. Verstuiving was geen doel op zich. De duinen zijn extreem steil en redelijk hoog. Het terrein is inmiddels bezaaid met uitgestoven wortels. De dynamiek valt op het oog, gezien de steilte van het terrein, tegen (op basis van veldbezoek in april 2007). Er is wel een flinke invloed van stuifzand tot op honderden meters ten oosten van de ontboste duinen. Er wordt niet gemonitoord.

Stuifkuilen Schoorlse Duinen

In 1999 zijn in de Schoorlse duinen drie grote en vijf kleine stuifkuilen gereactiveerd. In de grote kuilen was Helm dominant, in de kleine Buntgras. Met name de reactivatie van de kleine stuifkuilen is weinig succesvol geweest. De grotere blijven nog enigszins dynamisch. De methode van wegwerken van vrijkomend zand is wel innovatief. Het vrijkomende zand is in de bodems van omliggende laagten en stuifkuilen weggewerkt in dunne lagen, zodat het niet als depot zichtbaar is. Recreatie speelt een bescheiden, maar wel duidelijke rol. Rondom alle kuilen loopt een pad, dat flink betreden wordt. Regelmatig zijn in de kuilen zelf ook sporen van betreding te zien. Het project is vijf jaar gemonitoord met semi-kwantitatieve veldwaarnemingen. Er zijn geen luchtfoto's gemaakt of hoogtemetingen uitgevoerd. Over de monitoring is gerapporteerd (Arens et al., 2004; ten Haaf, 2005).

Kerf Schoorl

Dit is het meest spraakmakende experiment met betrekking tot herstel van dynamische processen in de duinen geweest tot nu toe. In 1997 is een doorbraak door de zeereep gegraven en is de achterliggende Parnassivallei afgeplagd en afgegraven t.b.v. de instroming van zeewater. Voordat de werkzaamheden klaar waren kwam de zee al naar binnen, mede vanwege het feit dat de drempel was uitgegraven tot 1.5m NAP. Sinds februari 2004 is er geen instroming meer geweest, omdat de drempel langzaam maar zeker op is gehooft door aanstuiving en golfwerking (strandwalvorming). De geschatte hoogte nu is ca 3.5m NAP. Omdat de drempel kaal blijft (door betreding) is er echter wel nog steeds doorvoer van strandzand naar de vallei en achterliggende duinen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat een permanente verstoring nodig is voor het instandhouden van de dynamiek achter de zeereep. Een andere conclusie is dat kerven, zelfs wanneer ze dwars door de zeereep heen gaan, geen permanente ingangen voor de zee zijn. Door golfwerking wordt op het strand snel een strandwal opgebouwd, die hoog genoeg is om gewone stormvloed te keren. Tot nu toe blijkt bij alle kerven die langs de kust voorkomen instromen van zeewater zelden of nooit een rol te spelen. Het project is gedurende vijf jaren uitgebreid gemonitoord met behulp van luchtfoto's, diverse veldwaarnemingen en karteringen op zowel biotisch als abiotisch gebied. Na vijf jaar is de monitoring van vegetatie voortgezet. Er is in 2005 een laatste foto-opname gemaakt, en een eerste hoogtemetingen met laseraltimetrie. In 1998 was de kerf het onderwerp van een studentenonderzoek waarvoor ook diverse hoogtemetingen zijn uitgevoerd (Haring, 1998). Er zijn diverse rapporten en publicaties verschenen, waarbij het evaluatierapport uit 2003 het meest uitgebreide is (Vertegaal et al., 2003). Er is een website voor het project: www.de-kerf.nl.

De stuifkuilen van Leon Terlouw

In 1995 werden drie fossiele, met helm dichtgeplante stuifkuilen, bovenop een fossiel loopduin in het Buizerdvlak (ten N van Bergen aan Zee) met de kraan opengegraven. Sindsdien is er geen monitoring geweest, behalve de periodieke luchtfoto's en gewone grondfotografie bij toevallige bezoeken. Zoals verwacht werd, is de dynamiek niet duurzaam geweest. Wel is het verbazend dat de op het Z geëxponeerde hellingen nog allemaal kaal zijn. De rest van de kuilen is weer min of meer met helm begroeid geraakt. (recente foto's beschikbaar)

Meeuwenlekken, Noordhollands Duinreservaat

In 2003 werd een tegen de centrale duinrug van de duinen ten Z van Bergen aangelegd dennenbos van ca. 3.5 ha gekapt. De bomen en het strooisel werden verwijderd, de wortels niet. Ondanks de geëxponeerde ligging is er geen grootschalige verstuiving op gang gekomen. Zand stoot tussen de achtergebleven wortels weg, waardoor een desert pavement van slecht verterende (hars!) wortelresten ontstond. Dit remde verdere verstuiving en bevorderde de vestiging van vegetatie, vooral zandzegge en duinriet kwamen tot ontwikkeling. In 2006 is er door vrijwilligers een opruimactie gehouden, maar dit heeft niet meer tot veel extra dynamiek aanleiding gegeven. Sinds maart 2006 wordt het gebied begraasd. De dichtheid is echter extreem laag. Wel blijken grazers een voorkeur te hebben voor gras dat zand invangt. Er zijn veel foto's beschikbaar en enkele vegetatieopnamen. Er is geen geomorfologische monitoring.

Starrevlak 2^e fase, Noordhollands Duinreservaat

Dit is een recent natuurontwikkelingsproject waarbij zich spontaan een parabooltje lijkt te vormen. Foto's beschikbaar.

Huttenvlak, Zuid-Kennemerland

In het gebied van Natuurmonumenten is een deel van een deflatievallei van een groter paraboolduin in 1999 afgeplagd om de successie terug te zetten en duindoorn te verdringen d.m.v. dynamiek. Het gebied wordt begraasd door Koniksparden, Shetland pony's en Schotse Hooglanders. De verwachting was dat het reactiveren van een deel van een deflatievallei niet de meest optimale vorm van reactiveren zou zijn, omdat juist het meest actieve deel van het oorspronkelijke systeem, namelijk de parabool, ontbreekt. Dit blijkt echter te simpel. Ook dankzij grondwaterstands dalingen in het verleden lag de deflatievallei een deel van het jaar ruim boven het grondwater, waardoor toch verdere uitstuiving kon optreden. Aangrenzend aan de afgeplagde gebied ontstond in korte tijd een duinrug in duindoorn. Doordat de duindoorn meegroeide met de overstuiving heeft deze rug zich een aantal jaren in de hoogte uit kunnen breiden. De uitstuiving van de vallei blijkt het meest duurzame deel van het proces, en gaat tot op heden door. Door uitstuiving is een deel van de vallei tot op het grondwater uitgestoven. In de winter staat dit vaak onder water. Hier zijn wilgen gekiemd, deze zijn zand gaan invangen, en hier ligt nu een redelijk omvangrijke gordel van duintjes overheen. Depositie van zand in de duindoorn heeft tot geen enkele geomorfologische dynamiek geleid, de duindoorn groeide er ieder jaar weer vrolijk doorheen, en heeft de duinrug nu weer grotendeels bedekt en gestabiliseerd. Het project is gemonitord tussen 1999 en 2006 door middel van hoogtemetingen over een aantal transecten en met vegetatieopnamen. In 2005 zijn luchtfoto's gevlogen en is de hoogte van het gehele gebied opgenomen met laseraltimetrie. Deze data zijn echter niet geanalyseerd. De monitoring is beschreven in verschillende rapporten. Het eindrapport voor wat betreft de geomorfologische monitoring is vrijwel voltooid (Arens & Luntz, 2007). Over de vegetatiekundige ontwikkeling is gerapporteerd door Kruijsen (2005).

Stuifkuilen Duin&Kruidberg

Voorafgaand aan het experiment met de deflatievallei in Duin&Kruidberg was al enige ervaring opgedaan met het reactiveren van stuifkuilen. In 1990 zijn verschillende stuifkuilen gereactiveerd. Een beperkt deel van de kuilen is nog actief, maar het grootste deel is gestabiliseerd door dichtgroeien, deels ook door grondwater. De kuilen zijn een aantal jaren gevolgd, en er is eenmalig een opname gemaakt van overstuivingszones rondom de kuilen door het bepalen van de overstuivingsdikte in een gutsboor (van Boxel et al., 1997). De stuifkuilen zijn tevens in EGM kader onderzocht.

Bruid van Haarlem, Zuid-Kennemerland

De Bruid van Haarlem is het tweede paraboolduin in Zuid-Kennemerland dat door de PWN tot leven is gewekt. De ingreep is uitgevoerd in de winter van 2002/2003, waarbij gebruik gemaakt is van de eerste ervaringen die waren opgedaan bij de reactivatie van het Verlaten Veld. Om de paraboolvorm intact te houden, en erosie zoveel mogelijk te concentreren op de loefhelling werd slechts een klein deel van de voorliggende deflatievallei afgeplagd, en werden top en lijhelling ongemoeid gelaten. Aan de voorzijde van de grote paraboolkam ligt een kleinere kam die wel geheel is afgeplagd.

Ondanks de enorme toename van dynamiek is het de vraag of het duin zonder aanvullend onderhoud echt in beweging komt. Achterblijvende helmwortels zijn zeer hardnekkig, en zijn op grote delen van de hellingen weer uitgegroeid. Ook door het uitgroeien van duindoornwortels en dauwbraam is de bedekking op veel plaatsen sterk toegenomen. De voorste duinenrij is sterk erosief en vertoont mobiele karakteristieken. De hoofdkam is op sommige plaatsen sterk erosief. Vooral in het midden van de kam vindt er een forse depositie en vorming van een storthelling plaats. Dit stuk is vanaf de oostkant steeds duidelijk als een dynamisch element in het landschap herkenbaar.

De Bruid van Haarlem is inmiddels door de Provincie Noord-Holland tot Aardkundig Monument verheven.

De meest recente monitoringsresultaten worden besproken in Arens (2006 a).

Verlaten Veld, Zuid-Kennemerland

Het Verlaten Veld was het eerste experiment met grootschalige duinremobilisatie voor PWN. In de winter van 1998/1999 is het duin, inclusief de aangrenzende vallei geheel afgeplagd. Direct na de ingreep ontstonden er op de hellingen mobiele transversaalduintjes, die echter na verloop van tijd verdwenen. Sinds de ingreep is er sprake van een aanpassing van de hellingen en de vorm, een proces wat nog steeds niet afgelopen is. Blijkbaar is de huidige vorm nog steeds niet in evenwicht. Vermoedelijk was het duin in zijn laatste fase van activiteit alleen aan de voorzijde erosief, waardoor hier een steile, concave helling is ontstaan. Na het reactiveren van duin en vallei kwam er een enorm zandtransport van vallei richting duin op gang, waarbij een groot deel van het zand werd afgezet in de helling, die hiermee geleidelijk aan werd opgevuld. Omdat de kam kaal was gemaakt nam hier de erosie toe, met als gevolg dat de kam sinds 1998 plaatselijk ca 5m is verlaagd, en de structuur uit de kam langzaam werd afgebroken. De achterzijde is ook steeds een plaats voor sterke depositie geweest, maar er is nooit een echte storthelling ontstaan, maar meer een geleidelijk aflopende transport helling, waarlang ook zand verder landwaarts verplaatst werd. Vanaf 2004 begon zich helm op de top en de achterzijde te vestigen, waardoor de afbraak van de kop langzaam tot stilstand komt. Helaas is ook hier de vegetatiebedekking aan de voorzijde sterk toegenomen.

Opvallend was de uitbreiding van de deflatiezone, waardoor het vochtig valleioppervlak sinds de ingreep aanmerkelijk is toegenomen. Beweging van de parabool en nieuwvorming van de vallei bleken onafhankelijk van elkaar op te treden.

De meest recente monitoringsresultaten worden besproken in Arens (2006b).

Van Limburg Stirum, AWD

De regeneratie van het van-Limburg-Stirumkanaal in de Amsterdamse Waterleidingduinen is de eerste praktijkproef met grootschalige verstuuving in de binnenduinen. In 1995 werd het voormalige extractiekanaal dicht geschoven, en werd het oude duinlandschap zo goed

mogelijk hersteld. Alleen op een aantal paden werd helm geplant, de rest van het gebied werd bewust kaal gelaten.

Hoewel de ingreep op zich grootschalig is geweest, is de ontwikkeling het best te beschouwen als een aaneenschakeling van kleinschaligere ontwikkelingen. Omdat het kanaal bijna noord-zuid liep ligt het gebied dwars op de meest actieve wind. Voor de wind is het daarom te beschouwen als een aaneenschakeling van kleinere verstuiwingen. Nergens is grootschalige duinmobiliteit op gang gekomen. Hoewel in de eerste jaren sprake was van massale overstuiving van de oostrand heeft dit nergens geleid tot het afsterven van vegetatie en remobilisatie van duin. Overal was de vegetatie in staat om mee te groeien, of past de vegetatie zich aan. Inmiddels is het gebied versnipperd in een groot aantal kleinere cellen, waarvan een belangrijk deel nog steeds actief is. Meest aansprekende proces is de nieuwvorming van natte duinvalleien door uitstuiving, en op minder grote schaal het ontstaan van stuifkuilen. Ondanks de versnippering lijken veel van de actieve cellen actief te blijven. Na 12 jaar ontwikkeling is de dynamiek bepaald niet uitgedoofd.

De meest recente monitoringsresultaten worden besproken in Arens (2004a).

Oude Golf, Hollands Duin

In het gebied lag in de jaren 1950 een golfbaan. In twee fasen heeft natuurherstel plaatsgevonden. Het eerste deel is in 1991 hersteld, het tweede deel in 2002/2003. Herstel hield in het verwijderen van de grasmatten en van alle aangebrachte zwarte aarde (met o.a. klei), waardoor het oorspronkelijke reliëf weer aan het oppervlak kwam. Er is een laagte volgestort. Er zijn verder geen maatregelen getroffen om verstuiwing tegen te gaan. Na oplevering lag er een omvangrijk, kaal oppervlak, o.h.a. zonder wortels. Het meest zuidwestelijk deel valt onder de gemeente Noordwijk. Het noordoostelijk deel is in beheer bij Staatsbosbeheer. Er zijn nu twee typen ontwikkelingen te onderscheiden.

In het oude deel (opgeleverd 1991) bevinden zich omvangrijke stuifkuilen die tot op het grondwater (tijdens het veldbezoek tot op de capillaire laag) zijn uitgestoven. In de grootste kuil hebben zich enkele kleine kruiden op de bodem gevestigd, maar de totale bedekking is verwaarloosbaar. De bodem is vlak, en de kuilen breiden zich nog steeds uit. Hierbij is wel enige beïnvloeding van recreatie, maar waarschijnlijk is het grootste deel van de uitbreiding natuurlijk. Hier en daar is op kleine schaal zichtbaar dat van de randen wordt gesprongen. De grootste kuilen zijn niet geheel gesloten, maar hebben openingen. Er is nauwelijks sprake van stabilisatie, het oppervlak lijkt nog even kaal als in 1990. Het zou zeer nuttig zijn a.h.v. enig luchtfotomateriaal (uitzoeken wat beschikbaar is, bij SBB zijn digitale luchtfoto's van 2000 en 2003 aanwezig, pixelgrootte ca $1 \times 1 \text{ m}^2$) een analyse te maken van het verloop van verstuiwing, geomorfologische ontwikkeling en vestiging van vegetatie. Het gebied wordt niet gemonitord. Verder zou het goed zijn een analyse te maken van de vormontwikkeling in relatie tot het omliggende landschap. Dit is in het veld niet goed te beoordelen, vanwege de grote schaal van vormen. In hoeverre sluit de huidige geomorfologische ontwikkeling aan bij het onderliggende landschap?

Binnen de kuilen bevinden zich hier en daar schelpen aan het oppervlak die afkomstig zijn van oude schelpenpaden. Vooral bij de meest westelijke kuil wordt een groot deel van de westelijke helling door schelpen bedekt, omdat hier bovenlangs een pad liep, dat inmiddels is weggehaald. Hoewel het oppervlak bedekt is met schelpen, is ook hier geen sprake van stabilisatie door vegetatie.

In een oud pad zijn kleine stuifkuilen ontstaan. Het pad is afgesloten en er is vrijwel geen betreding meer. Op een aantal plekken zijn kleine stuifkuiltjes ontstaan, waardoor het pad nauwelijks meer als zodanig is te herkennen.

Het nieuwe deel (opgeleverd 2003) kent een vorm van parabolisering. Er bevindt zich een grote vrij vlakke helling, flauw omhoog hellend van de zuidwestkant naar de noordoostkant, met aan de noordoostelijke begrenzing randwal vorming, waarbij bosjes en kleine bomen volledig ondergestoven raken. Deze vorm begint op een paraboolkop te lijken. De hoeveelheid zand die beschikbaar is vanuit het lagere deel is zeer groot. Er is nauwelijks sprake van stabilisatie, en het grondwater is nog lang niet bereikt. De vormontwikkeling is grootschalig. De depositievorm schuift langzaam op naar het noordoosten, en zou op termijn een probleem op kunnen leveren voor de aangrenzende weg. Door depositie te stimuleren, en een hoger randwal te laten ontstaan zou de snelheid van verplaatsing beperkt kunnen worden. Het is waarschijnlijk dat zand vanuit deze stuifzone binnen niet al te lange tijd zal doorstuiven naar de grote kuilen aan de noordkant.

Opvallend: op deze helling waarschijnlijk ook een hoop accumulatie over grote oppervlakken. Paaltjes stuiven regelmatig onder. Toch blijft ook hier het oppervlak kaal. Dus ook matige depositie (circa 0.5m per jaar) gaat vestiging van pioniers tegen. Mogelijk zit er weinig zaad in de lucht, omdat het gebied in de luwte van Noordwijk ligt, waardoor kieming ook minder snel zou kunnen gaan.

Het herstel lijkt op het eerste gezicht zeer succesvol. Er zijn geen kunstmatige grenzen, de verstuiwingen lijken goed geïntegreerd in het landschap en er is nauwelijks of niet sprake van stabilisatie. Vermoedelijk is dit laatste het gevolg van het totaal ontbreken van wortels na de ingreep. Het aanwezige golfgras had waarschijnlijk een beperkte wortelmat, die tezamen met de volledige bodem is afgevoerd. De uitgangssituatie is dus, zeker in vergelijking tot andere projecten, zeer schoon.

Berkheide, Zuid-Holland

In dit gebied is tot nu toe de grootste ingreep ten behoeve van herstel van dynamiek uitgevoerd in 2001/2002. Des te opmerkelijker is het dat er geen monitoring plaatsvindt. In eerste instantie betrof het project regeneratie van vervuilde duinvalleien, maar uiteindelijk is het project opgeschaald en zijn ook omringende duinen kaal gemaakt. In een groot deel van het terrein heeft de ingreep tot forse verstuiwing geleid, waarbij aan de oostkant van de valleien uitstuiving plaatsvindt, de loefhellingen van de aangrenzende duinen sterk erosief zijn, en op de lijhellingen forse depositie plaatsvindt. Desondanks kunnen we nog niet spreken van grootschalige duinremobilisatie. Ook op de loefhellingen en toppen van de duinen is de begroeiing flink toegenomen. De erosie op de loefhellingen is niet egaal, dat wil zeggen deze hellingen zijn niet geheel in beweging, maar erosie is eerder geconcentreerd op bepaalde plekken, waardoor zich stuifkuilachtige ontwikkelingen voltrekken. De accumulatie aan de lijzijde is nog niet zodanig dat hier massale storthellingen ontstaan. In vergelijking tot andere gebieden met verge lijkbare (hoewel kleinschaliger) ingrepen lijkt er geen sprake van een wezenlijk andere ontwikkeling: in een groot deel van het gebied is het proces van verstuiwing goed op gang gekomen; uitlopende en uitgestoven wortels kunnen in de nabije toekomst voor problemen gaan zorgen (restabilisatie); de valleibodem ligt dicht op het grondwater en is grotendeels begroeid geraakt. Schaal alleen lijkt dus ook geen garantie voor duurzaamheid te bieden, hoewel ook hier net als bij het van Limburg Stirum gebied geredeneerd kan worden dat het om een aaneenschakeling van kleinschaligere structuren gaat, die in hun geheel nog niet grootschalig zijn.

De meeste valleien zijn voor het grootste deel begroeid. Plaatselijk speelt instuiving een rol, en verhoogt het oppervlak, doordat in de vallei lage, flauwhellende kopjesduinen ontstaan op oude akkerbodems. Dit komt meest aan de westkant van de valleien voor, maar het totale oppervlak dat door instuiving verandert, is beperkt ten opzichte van het totaal oppervlak (grote schatting: <10).

Het grondwater staat vrijwel overal in de valleien dicht onder het oppervlak, ca 20cm of minder. Er zijn kleine stukjes waar het grondwater zelfs boven het maaiveld uitstijgt. Er zijn echter flinke stukken vallei waar het grondwater dieper staat ten opzichte van het oppervlak, door het voorkomen van kopjesduinen. Hoewel een deel van deze kopjesduinen recent overstoven is, lijken de duintjes zelf al oud, en al ver vóór de ingreep te zijn ontstaan. Bij de ingreep is dan reliëfvolgend geplagd, waarbij de kopjesduinen niet zijn afgegraven. De hogere ligging van het valleioppervlak is hier dus niet gerelateerd aan recente instuiving van na de ingreep.

In bijna alle valleien is te zien dat aan de oostkant, vóór de overgang naar de aangrenzende duinen, de bodem verder erodeert. Deze zones zijn overwegend kaal en erosief, en naar verwachting zal hier nog verder e uitstuiving tot op het grondwater gaan plaatsvinden. De valleien groeien dus met de wind mee. De zones ten westen daarvan zijn begroeid geraakt, uitstuiving is hier uitgesloten. Kleinschalig beheer ten behoeve van instandhouden van proces van uitstuiving op de overgang naar de loefhellingen van de aangrenzende duinen, liefst met inbegrip van de loefhellingen) leidt mogelijk op termijn tot een duurzame ontwikkeling.

Kikkervallei, Meyendel

In het kader van het natuurherstel van vochtige duinvalleien is in 1997 een groot deel van een infiltratieplas (26.1) opgeheven. Ook de winningen zijn verwijderd. Daarna is het infiltratieslib afgevoerd en is er ook in de overgang naar het droge gebied geplagd (gemiddeld 2-3 meter boven het oorspronkelijke plasniveau met afwijkingen naar boven en naar beneden). Voedselverrijkte valleien in de directe omgeving zijn geplagd en het plagsel is afgevoerd. Lokaal zijn zandstorten weggehaald en met dit zand zijn lokaal paraboolduinarmen hersteld. In totaal is er ongeveer 50 ha kaal gemaakt en heeft de wind vrij spel (gehad) om het gebied verder te modelleren.

Er is geen onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van stuivend zand door middel van luchtfoto-analyse of anderszins. De indruk is dat de ontwikkeling van de vochtige delen relatief langzaam is verlopen en dat een deel van de diepere en natte stukken van de valleien zijn ingestoven. Het zand is afkomstig uit de kaalgemaakte toppen die zijn gaan stuiven. Na 5 jaar was een aanzienlijk deel van het open zand van de droge delen weer begroeid met een open kruidenvegetatie en met duindoorn; de vergrassers (inclusief riet) werden onderdrukt door de meteen ingestelde begrazing. Tot 2004 is dit proces doorgegaan; in 2006 lijkt voor het eerst weer meer verstuing tot ontwikkeling te komen.

3.2.3 Enkele mogelijke referentiegebieden in West-Europa

Binnen West-Europa zijn verschillende gebieden te vinden waar duinen en/of zeereep zich al gedurende langere tijd vrij kunnen ontwikkelen en waar de verschillen met Nederland niet zo groot zijn dat een vergelijking bij voorbaat als zinloos kan worden beschouwd.

Merlimont-Berck, noordwest-Frankrijk

De duinen tussen Merlimont en Berck worden gekenmerkt door grote, actieve kerven, en nog enigszins actieve parabolen. Voor 1974 was dit privé terrein, sindsdien is het in beheer bij het ONF (Franse SBB). Tussen 1974 en 1992 is beperkt beheer gevoerd, waarschijnlijk

overwegend plaatsen van schermen in kerven. Sinds 1992 wordt er geen beheer meer gevoerd. De kerven zijn omvangrijk, soms tot 200m lang, en lopen door de hele zeereep heen landinwaarts, maar ze zijn altijd gesloten. Er zijn geen openingen waardoor de zee de valleien achter de zeereep kan bereiken. Kenmerk is dat aan de achterkant van de kerven altijd een opstuivingswal ligt, met een forse hoogte.

Er is onderzoek verricht aan de ontwikkeling van de verstuingen tot 1995 (Pluis, 1995). Recente monitoring wordt uitgevoerd door de Universiteit van Lille (Battiau-Queney, 2004). Hieruit blijkt dat, net als in de Nederlandse situatie, het gebied langzaam maar zeker dichtgroeit. In het gebied speelt recreatie een rol, hoewel het onwaarschijnlijk lijkt dat recreatie van beslissende invloed is bij de ontwikkeling van kerven. Grootste verschil met de Nederlandse situatie is het grote getijdenverschil, en diens gevolg het type strand. Dit type wordt in het Frans aangeduid als bache-et-barre, in het Engels als ridge and runnel. Bij hoogwater is er nauwelijks strand, bij laag water is het extreem breed, maar bestaat het uit een serie droog gevallen banken (de ridges), waartussen over het algemeen met water gevulde laagten (de runnels) achterblijven. Overigens komt een dergelijke situatie in Nederland langs de Westerschelde voor.

Ten zuiden van Berck bevindt zich een tweede referentiegebied, waar het effect van kustafslag op remobilisatie van de zeereep goed wordt geïllustreerd. Door afslag van een hoge zeereep is een kaal front ontstaan, waaruit zo extreem veel zand verstuift, dat het dennenbos dat op de zeereep staat gezandstraald en vernietigd wordt. Over een beperkt traject rolt de zeereep nu naar binnen en is aan de landwaartse kant al van verre zichtbaar als een kaal duinfront (de slipface dus).

Rabjerg Mile, Denemarken

Hier ligt één van de weinige echt actieve paraboolduinen in Europa. De ontwikkelingen zouden inzicht kunnen verschaffen in het hoe- en waarom van duurzaamheid. Hoewel recreatie een rol speelt bij het in stand houden van de dynamiek, bestaat toch de indruk dat het vooral de eigen dynamiek is die het duin in beweging houdt. De dimensies zijn zodanig dat verstuing hoe dan ook groot is. Het duin ligt ver (5.25km) achter de zeereep. Voor het duin liggen weinig belemmeringen, ook omdat het duin zo hoog is dat het vanuit zee gezien het eerste echte obstakel na de zeereep is. Er zijn 19 gegenwalle ontwikkeld. Op het duin liggen gesuperponeerde transversaalduintjes. De beschikbare windenergie is iets groter dan voor de Nederlandse situatie. Het beste artikel over de ontwikkeling van het duin in de laatste honderd jaar is Anthonsen et al., 1996.

Skagen spit, Denemarken

Een tweede referentiegebied voor een (extreem) gekerfde zeereep bevindt zich in de kop van Jutland, op Skagen Spit, niet ver ten noorden van Rabjerg Mile. Over een lengte van circa 14km bevinden zich tientallen kerven door de zeereep, soms met een lengte van 400m. In dit gebied doet Stichting Bargerveen (Radboud Universiteit Nijmegen) onderzoek naar de Grauwe Klauwier. Geomorfologische bijzonderheden zijn (nog) niet bekend.

Ook hier lijkt het erop dat alle kerven gesloten zijn door een duin. Gezien de lengte van de kerven is het overigens beter hier te spreken van parabolen, hoewel de dimensies klein zijn in dwarsdoorsnede (30-50m). De vorm doet denken aan hairpin dunes maar is daarvoor weer te onregelmatig.

Aberffraw, Wales

In dit gebied bevindt zich een een viertal evenwijdige, nog actief voortbewegende kamduinen, met tussenliggende natte valleien. Het verste actieve kamduin ligt op 2.15 km van het huidige strand. Ook in het nabijgelegen Newborough Warren vind je deze series terug, alleen niet meer mobiel. Er zijn verschillende geo(morfo)logische publicaties

verschenen (Bailey & Bristow, 2004), o.a. datering met behulp van TL. Er is ook het e.e.a. aan ecologisch onderzoek uitgevoerd. Recreatie, met name door crossmotoren speelt mogelijk plaatselijk een rol. Er is een sterk wisselende konijnenstand. Recent was deze laag, met een forse vergrassing tot gevolg. Mogelijk is daaraan het verminderde mobiele karakter sinds 1995 te danken (waarnemingen Rienk Slings in periode 1995 - 2005). Begrazing heeft altijd een grote rol gespeeld, maar is gestopt in de tweede helft van de vorige eeuw. De beheerende instantie probeert dat nu weer in te stellen, maar loopt tegen zeer oude rechten en wetten op.

3.2.4 Voorstel voor selectie voor case-studies voor fase 2

Er zijn verschillende gebieden waar nader onderzoek gerechtvaardigd is, hetzij in het kader van het project Duurzame Verstuiving, hetzij vanuit andere kaders. Hieronder wordt een selectie gegeven van mogelijke studiegebieden met een argumentatie wat onderzoek hiervan kan opleveren. Daarbij wordt speciaal aangegeven of een onderzoek van belang is voor fase 2 van het project Duurzame Verstuiving.

Een conclusie van fase 1 is dat dynamiek vanuit de zeereep een sleutel voor duurzaamheid kan zijn. Inmiddels zijn er verschillende gebieden langs de Nederlandse kust te vinden waar kerfvorming duidelijk op gang is gekomen. Enkele gebieden met ieder hun eigen ontwikkeling zijn Noord-Holland (Groote Keeten, tussen Egmond en Bergen, tussen Wijk aan Zee en Heemskerk), Vlieland en Terschelling. Nader onderzoek van deze gebieden geeft meer inzicht in snelheid van ontwikkeling: hoe snel gaan de veranderingen sinds het staken van het zeereep onderhoud. Verdere belangrijke vragen zijn: wat is de precieze vormontwikkeling; is er sprake van het ontstaan van doorbraken; wat is het effect van de verkerving op de doorstuiving van strand naar achterliggende duinen; is er een ontwikkeling richting parabolisering? Enige vergelijking met referentiegebieden zoals Merlimont of Skagen Spit kan extra informatie verschaffen over te verwachten ontwikkelingen over een langere tijdschaal. In eerste instantie zou een beperkt, oriënterend onderzoek uitgevoerd kunnen worden door laseraltimetrie gegevens van de periode 1997-2006 te bestuderen. Bij gebleken ontwikkeling zou dit aangevuld kunnen worden met luchtfoto-analyse.

Afwijkend van bovenstaande gebieden, maar aansluitend bij de zeereepgestuurde dynamiek, is het gebied Terschelling paal 15-20. Dit is het enige gebied in Nederland waar door herstelmaatregelen een (tegenwoordig) ongekende dynamiek op gang is gekomen. Dit project kan ons veel leren over het effect van ingrijpen in de zeereep op kerfvorming, doorstuiving, landschapsontwikkeling, en verstuiving op grote schaal, met potentie voor loopduinontwikkeling en duurzaamheid van ingrijpen voor een langdurige (meerdere decennia) ontwikkeling.

Er zijn vier gebieden met een autonome dynamiek (duinen Bergen-Egmond, Coepelduinen, de Blink, Meeuwenduinen), waarbij in alle gevallen de vraag bestaat wat precies in die gebieden de oorzaak van de huidige dynamiek is; wat zijn de verschillen en overeenkomsten, welke parameters lijken de dynamiek te bevorderen? Het beantwoorden van deze vragen kan meer inzicht verschaffen in de randvoorwaarden voor dynamiek

Tot slot zal het in het kader van een onderzoek naar duurzaamheid van reactivatie - maatregelen noodzakelijk zijn de huidige experimenten goed op een rijtje te zetten, onderling te vergelijken en de ontwikkeling per gebied aan een detailstudie te onderwerpen. Gezien het belang van de eigen projecten voor de opdrachtgevers ligt het voor de hand bij dit onderzoek de experimenten van van Limburg Stirum, Bruid, en Verlaten Veld te betrekken. Het zal echter de moeite waard zijn het onderzoek uit te

breiden met resultaten voor de Kerf (meeste detail informatie al voorhanden) en het Huttenvlak (metingen beschikbaar, luchtfoto's beschikbaar maar nooit geanalyseerd). Gezien de grootschalige maatregelen bij Berkheide zal ook een analyse van de ontwikkelingen aldaar extra informatie verschaffen die voor het begrip van duurzaamheid van belang zijn. Desnoods kan dit onderzoek op een zeer laag niveau worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door een globale schatting aan de hand van bestaande luchtfoto's.

Voor het huidige project Duurzame Verstuivingen ligt het voor de hand detailonderzoek van de eigen experimenten prioriteit te geven. Een deel van de tijd zou gereserveerd kunnen worden voor onderzoek buiten de eigen gebieden, waarvan veel geleerd zou kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is het onderzoek naar verkerving van de verschillende gebieden.

3.3 Workshop

Op 21 september 2006 werd een workshop gehouden (voor een deelnemerslijst, zie Bijlage 4), met als thema duurzame dynamiek. De verslaglegging werd verzorgd door Moniek Löffler en Antje Ehrenburg.

De resultaten van de enquête zijn vertaald in stellingen, en vormden zo input voor de workshop. De stellingen zijn opgenomen in de bijlage bij dit rapport (bijlage 5). De workshop begon met een presentatie van Bas Arens, waarin hij voorbeelden en ervaringen presenteerde van dynamische duingebieden. Na afloop was er een excursie naar Langeveld - De Blink.



Figuur 3.2. Discussie aan de rand van een stuifkuil in De Blink. Foto Moniek Löffler.

3.3.1 Wat is de oorzaak van de stabilisatie die we in de duinen zien?

Komt dat doordat er iets wezenlijk veranderd is in het duingebied (bv door atmosferische depositie)? Of is er niets veranderd en is verstuing een kwestie van mode en is stabilisatie het resultaat van het eeuwenlange vastleggingsbeheer?

Het hangt er sterk van af wat je "vroeger" noemt. Wat neem je als referentie? "Als je naar bijvoorbeeld 1850 kijkt, dan is de menselijke invloed enorm veranderd. We gaan nu heel anders met de duinen om."

Maar ook binnen een kortere periode lijkt het erop dat er iets is veranderd. Zo werden in het Noord-Hollands Duinreservaat tot halverwege de jaren 80 na elke winter alle nieuwe stuifplekken vastgelegd. Rond halverwege de jaren 80 is dit vastleggingsbeheer geleidelijk aan gestopt, na 1995 helemaal, maar dit leidde niet tot veel verstuing, behalve in het kalkgrensgebied bij Bergen (Kokkendal). De huidige spontane verstuingen daar zijn pas na 1992 ontstaan.

Ook in de Meeuwenduinen blijkt stabilisatie van zand op te treden (dit weersprekt dus het laatste deel van de stelling, waarin staat dat de Meeuwenduinen geen last hebben van stabilisatie). Ook deze duinen groeien dicht, alleen minder snel dan op veel andere plaatsen.

Ander voorbeeld van een sterk veranderd gebied is "de Panne" (de Westhoek), in Vlaanderen. Tot ongeveer 10 tot 15 jaar geleden was hier 80 ha kaal duingebied. Het gebied is onder menselijke invloed ontstaan in de 19^e eeuw en (zonder beheer) meer dan 150 jaar in stuivende toestand gebleven. De afgelopen tijd is dit gebied sterk veranderd en "is onze Sahara er niet meer". Factoren die hierop invloed hebben gehad zijn als volgt:

- In de jaren 90 viel er veel meer neerslag dan daarvoor, waardoor het grondwater is gestegen. Hierdoor kwam de begroeiing op gang (met Helm als katalysator).
- De morfologie is veranderd / platter geworden ("uitgesmeerd"), met grote laagliggende oppervlakken nabij het grondwater.
- De konijnenstand is ingestort.
- Het zand stootte over struwelen heen, waarbij er veel organisch materiaal in het zand terecht kwam. Dit leidde tot vloedmerkvegetatie.
- Tenslotte is het groeiseizoen thans langer dan voorheen.

Desondanks blijkt dat verstuingen lokaal wel actief optreden, zoals op Oost-Schiermonnikoog. Een ook op Rottumeroog en Rottumerplaat vindt natuurlijke dynamiek plaats. "Dat mag je echter niet vergelijken met de Hollandse kust; daar is in de historie veel meer menselijke invloed geweest."

Conclusie is dat er veel verschillende factoren bijdragen aan stabilisatie (zie Figuur 2.6) en die "wijzen allemaal dezelfde kant op". Het voorbeeld uit de Panne laat zien dat sommige factoren op elkaar inwerken, waardoor de stabilisatie in een versnelling raakt (positieve terugkoppeling). De snelle stabilisatie in de Panne laat zien dat schaal alleen geen garantie is voor duurzaamheid. In het algemeen kan je stellen dat zowel de abiotische factoren als de menselijke invloed in de loop der tijd zijn veranderd. "Hierdoor zijn we van het ene in een ander stadium terecht gekomen en daar komen we moeilijk uit." Het resultaat is een dichte vegetatie, die alles vastlegt.

Dynamiek komt pas op gang, als er factoren ontbreken of de andere kant opwerken.

Invloed kalkgehalte

Het kalkgehalte zou wel eens een rol kunnen spelen bij de snelheid van stabilisatie. Historisch gezien was dit zeker het geval; de kalkarme gebieden verstoven gemakkelijker en waren moeilijker te beteugelen. Nu lijkt het juist andersom te zijn en is het juist in het Waddendistrict moeilijker om verstuiving op gang te krijgen. Oorzaak kan zijn dat de Helm in dit kalkarme duin veel vitaler is. ("Stikstof was hier een beperkende factor, maar dat valt nu uit de lucht"). Voor de wisselwerking tussen effecten van kalk en stikstof zie publicaties Kooijman.

Is de zeereep de sleutel voor duurzame dynamiek (als zandbron en "motor")

Dit lijkt niet overal waar te zijn. Er zijn voorbeelden van verstuivingen die zich los van de zeereep hebben ontwikkeld.

En ook in de Westhoek (Vlaanderen) was er circa 200 jaar lang sprake van grootschalige dynamiek; deze stond volledig los van enige kustdynamiek (maar had wel een relatie met lokale historische factoren). "Maar we zitten nu in een hele andere context. Misschien is de zeereep wel nodig voor nieuwe dynamiek."

Het is belangrijk om bij dynamiek op verschillende tijd- en ruimteschalen kijken. Er zijn twee vormen van dynamiek te onderscheiden.

Grootschalig en landschapsvormend

Hiervoor lijkt de zeereep als zandbron inderdaad nodig te zijn. Uit digitale terreinmodellen van duingebieden zie je dat parabolen door het landschap "wandelen". Hierin zit een periodiciteit, er zijn als het ware pulsen van parabolisering. Misschien heeft dit te maken met harde stormen?

Het is een discussiepunt of parabolisering op dit moment nog wel kan optreden in Nederland. In de afgelopen 500-1000 jaar was er maar in een beperkt aantal gebieden sprake van parabolisering (NB er zijn toch hele grote delen van de West-Europese kusten waar parabolen te vinden zijn). In de 16-17^e eeuw ontstonden er nog grote parabolen, daarna doofde dit proces langzaam uit. In de 18^e eeuw nam de menselijke invloed enorm toe en zijn er enorme inspanningen gedaan om het zand te stabiliseren. De fixatie werd ook beïnvloed doordat men in de 18^e eeuw begon met het bestrijden van konijnen. Men begon een hekel aan ze te krijgen, omdat ze bos opaten. Vanaf circa 1850 werd in Nederland serieus werk gemaakt van zeereepbeheer. "Parabolisering is tegenwoordig een heel zeldzaam verschijnsel."

Grootschalige verstuivingen zijn niet per definitie positief voor de biodiversiteit. Na een abiotische puls volgt de biodiversiteit een normale verdeling met tijd op de X-as.

Kleinschalige verstuivingen

Deze dragen bij aan de biodiversiteit. Goed ontwikkelde duingraslanden vind je vooral bij kleinschalige verstuiving en na een zeer lange periode van stabiliteit. De kalkrijke duingraslanden lopen op den duur het gevaar van verzuring. Door kleinschalige verstuiving, waarbij het grootste gedeelte van de graslanden in tact blijft en door bioturbatie (mieren, slakken, wormen e.d. die kalkrijk materiaal omhoog transporteren in de bodem) wordt verzuring voorkomen. Er zijn verschillende vormen van kleinschalige verstuivingen, zoals bijvoorbeeld restanten van voormalige grootschalige verstuivingen en individuele stuifkuilen.

Is het ontstaan en de ontwikkeling van stuifkuilen voorspelbaar?

De algemene mening is dat het ontstaan van stuifkuilen enigszins voorspelbaar is. Het is afhankelijk van de schaal waarop je kijkt. Vaak weet je wel dat ze zich in een gebied kunnen ontwikkelen, maar niet waar precies en hoe diep de kuilen uitstuiten. De geomorfologie is sturend voor het ontstaan van stuifkuilen; op grond hiervan kan je soms voorspellen waar ze zich zullen ontwikkelen. "Je ziet vaak achter een trechterachtige kerf, waar windversnelling optreedt, kuilen ontstaan."

Toch blijkt dat zelfs bij ingrepen op "kansrijke plaatsen", maar 10 -30% van de kuilen daadwerkelijk wordt geactiveerd.

Er ontstaat discussie over het doel van het voorspellen van verstuingen. Willen we wel naar een volledig voorspelbare toekomst? Vooral kosten en baten blijken in dit opzicht belangrijk te zijn. "Als je geld wilt besteden, dan is het prettig om grote kans op succes te hebben. Geld moet je verantwoorden."

Hoe kan je verstuing (re)activeren?

Uit het plaatje met sturende factoren kunnen we leren dat ingrijpen op één factor niet voldoende is om dynamiek op gang te krijgen. Bij het beheer kan je inspelen op gebieden die zich lenen voor stuifkuilen. Het gaat daarbij niet alleen om eenmalig ingrijpen om kuilen te reactiveren, maar ook om vervolgbeheer (zoals bijvoorbeeld wortels weghalen)

Opgemerkt wordt dat het juist karakteristiek is voor stuifkuilen dat ze af en toe dichtgroeien; dat is een natuurlijk proces. Er ontstaan steeds weer nieuwe. Het openhouden van gestabiliseerde kuilen (in een evenwichtssituatie) heeft geen zin. Alle aanwezigen zijn het er over eens dat langdurig beheer om een proces op gang te houden op hetzelfde neerkomt als patroonbeheer. Je probeert iets in stand te houden dat er eigenlijk niet meer hoort te zijn. "Maar als je de duinen ziet als cultuurlandschap, dan accepteer je automatisch beheer".

Helm

De wortels van Helm reiken extreem diep en lopen snel weer uit. Welke mogelijkheden zijn er om van Helm af te komen?

- Afplaggen. Er is onderzoek voor nodig, om te bepalen welke diepte het meest efficiënt is.
- Beginnen met begrazing, om de Helm uit te putten;
- Geduld (in kalkrijke duinen). Na circa 15 jaar blijkt Helm in kalkrijke duinen vanzelf weg te kwijnen. In kalkarme duinen werkt dat echter niet, daar blijft de Helm veel langer vitaal.
- Goed vervolgbeheer, zoals bijvoorbeeld begrazing (in hoge dichtheden). Vooral paarden eten graag vitale helm (oude helm wordt bijna niet gegeten).
- Experiment opzetten met Helmoogstmachine? In Vlaanderen zijn goede ervaringen met het bestrijden van Dauwbraam met een preioogstmachine.
- Inzetten van selectieve herbiciden (graminiden) die alleen tegen grassen werken (bijvoorbeeld fluazifop-p-butyl, 8L/Ha).

Schone start

Er wordt vaak gezegd dat er voor verstuing een "schone start" nodig is, dus zonder restanten van bijvoorbeeld wortels. Er ontstaat discussie over wat zo'n schone start eigenlijk is en waar je dat van nature kunt vinden? Het blijkt dat vooral wortels van houtige gewassen de dynamiek belemmeren; voorbeeld van een "schone start" is een gebied waar van nature nieuwe uitblazingen plaatsvinden.

Zeereepklif! Zou goede startsituatie kunnen leveren.

3.3.2 Doelstelling van verstuiwing?

Doelstellingen herzien?

Er ontstaat discussie over de doelstellingen van verstuiwing. Voor de toekomst is het belangrijk te bedenken wat we willen. Zijn we ertoe in staat om met de huidige kennis de doelen bij te stellen? Een groot deel van ons beheer is gebaseerd op ervaringen in De Blink; dat was het eerste gebied waar is gestopt met vastleggingsbeheer en dat leverde meteen verstuiwingen op. Achteraf is het een foute conclusie dat het stoppen met vastleggingsbeheer automatisch en overal leidt tot verstuiwing.

De suggestie is om de doelstellingen uit Duinen voor de Wind (ecosysteemvisie uit de jaren 90) eens goed te evalueren en eventueel te herzien. Zijn deze doelen gezien alle huidige veranderde omstandigheden nog wel realistisch? Ook wordt aanbevolen om de doelstelling 10-30% stuivend zand te differentiëren per gebied.

Is verstuiwing doel of middel?

Een belangrijk doel van verstuiwing is het behouden/vergroten van de *biodiversiteit*. Voor een hoge biodiversiteit moet er een balans zijn tussen dynamiek en vegetatieontwikkeling. Want bij teveel stuivend zand raak je juist vegetaties kwijt. Denk hierbij ook aan de door Europa opgelegde verplichting vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn om grijze duinen in stand te houden. Deze worden "geplet" door verstruweling, maar ook door herstel van dynamiek. Met oog op biodiversiteit moet je goed afwegen hoeveel dynamiek wenselijk is.

Verstuiwing kan je echter ook zien als *middel* voor biodiversiteit. Als voorbeeld wordt Merlimont genoemd, waar heel veel stuivend zand is, maar weinig soorten voorkomen (vooral Helm en Graspiepers). Maar landwaarts daarvan is de biodiversiteit wel heel hoog; indirect heeft dynamiek daar dus wel een positieve invloed op biodiversiteit.

Conclusie is dat verstuiwing zowel een doel op zich kan zijn, als een middel voor verhoging van de biodiversiteit. Dit kan ook samengaan, het hoeft elkaar niet te concurreren.

Daarbij wordt nogmaals opgemerkt dat het vooral zinvol lijkt om in Nederland naar kleinschalige dynamiek te streven. "Onze duinen zijn een cultuurlandschap. Het is een utopie om hier gigantische kustdynamiek terug te verwachten." "We moeten op wat kleinere schaal denken. Zo geeft bijvoorbeeld dynamisch kustbeheer prachtige injecties voor kleinschalige verstuiwing." Mooi voorbeeld hiervan is dat 9 van de 21 kilometer zeereep langs het Noordhollands Duinreservaat, niet meer als zeereep wordt beheerd. Er mag hier ongelimiteerd doorstuiving plaatsvinden. In circa 7 jaar tijd zie je hier vanuit de zeereep kleinschalige dynamiek op gang komen, ondanks het ontbreken van storm.

Het (historisch) beheer speelt hierbij een belangrijke rol. In Rijnland bijvoorbeeld is verstuiwing niet op gang te krijgen. De zeereep is hier langdurig beheerd als een dijk, terwijl in Hollands Noorderkwartier het beheer altijd al minder rigide is geweest.

Hoewel het op gang krijgen van verstuiwing landinwaarts vaak vechten tegen de bierkaai is (en verstuiwing automatisch weer uitdooft), blijkt het in de zeereep vaak wel te lukken. "Juist daarop moeten we dus inzetten, dus waar mogelijk het zeereepbeheer loslaten, als motor voor dynamiek."

Is menselijk gebruik noodzakelijk voor dynamiek?

Hierover zijn de meningen verdeeld. Enerzijds wordt het voorbeeld aangedragen van het zuidelijk deel van het Noordhollands Duinreservaat, waar door de bezittende adel gedurende vele eeuwen gebruik van de duinen niet is toegestaan. Toch lagen daar grote ,

actieve parabolen (Gevers beschrijft dit). Dus ook zonder menselijke rooibouw kan parabolisering optreden, mits er maar dynamiek vanuit de zeereep is.

Anderzijds zie je verstuingen vaak op gang komen door menselijke verstoring. Rondom strandopgangen zien we veel (kleine) verstuingen. "De mens is voor een groot deel verantwoordelijk voor stabilisatie, dus nu moeten we het ook weer teniet doen. We moeten "misbruik" weer stimuleren."

Komt verstuing weer op gang als de stikstofdepositie afneemt?

Hoewel stikstofdepositie een enorme invloed heeft op de groeikracht van grassen, is het niet de enige factor die stabilisatie veroorzaakt. Het is dan ook niet de enige factor die het probleem kan oplossen. Ook andere factoren moeten sterk tegen stabilisatie inwerken, zoals bijvoorbeeld extreme betreding.

Bovendien is er zoveel biomassa en necromassa opgebouwd, dat de stikstofdepositie mogelijk eerst ver onder een basisniveau moet schieten om een stabiel stadium te bereiken.

Relatie met suppleties

In de stellingen missen de deelnemers van de workshop de relatie tussen dynamiek en zandsuppleties. Een relatie die er wel degelijk lijkt te zijn. "Voordeel van suppleties is dat het zorgt voor de aanvoer van zand. Het onderzoek van Van der Wal wijst op aanzienlijke hoeveelheid doorstuiving van suppletiezand over de zeereep heen."

Daarentegen zie je vaak dat zich na suppleties een nieuwe, 2^e zeereep ontwikkelt op het strand. "Dat blokkeert kerfvorming, waardoor er juist geen doorstuiving is." Doorstuiving en kerfvorming kan worden gestimuleerd door het actief graven van een kerf en door begrazing (in de zeereep). En in plaats van suppleren, kan je ook (zoals bij Voorne) de zeereep richting strand schuiven. "Dat gaat stuiven."

4 DISCUSSIE

Op grond van onze waarnemingen en ervaringen, en op grond van enquête en workshop, is er in de voorgaande hoofdstukken het een en ander aan hypothesen besproken. Veel van deze hypothesen zijn op dit moment niet te bewijzen of te ontkrachten. Ze zijn wel van belang voor onze visie op dynamiek, en het al dan niet verwerpen van de verschillende hypothesen zou een belangrijke stap voorwaarts kunnen betekenen voor een duurzaam beheer van de kust. Een deel van de hypothesen wordt onderschreven door internationale literatuur, of recente Nederlandse literatuur.

De belangrijkste hypothesen hebben betrekking op een drietal onderwerpen.

Grootschalige dynamiek

- Grootschalige dynamiek in het verleden, die geleid heeft tot de vorming van paraboolduinen, loopduinen, kamduinen en de binnenduintrand is het gevolg geweest van omvangrijke kustafslag gedurende enkele eeuwen.
- De directe invloed van de mens hierop is marginaal of in ieder geval ondergeschikt, hoewel er lokaal afwijkingen kunnen zijn.
- Het zou kunnen dat de invloed van de mens zo groot wordt geacht, omdat er bij grote verstuiwingen onmiddellijk gesproken wordt van wanbeheer. De associatie wordt dan: wanbeheer->misbruik->overexploitatie. Onze hypothese gaat uit van een omkering: men beheerde de duinen op grote schaal om de verstuiwingen te temmen, ook al in het verre verleden. Hield men hier mee op, dan werd er gesproken van wanbeheer (men beheerde immers niet meer), en konden verstuiwingen zich weer uitbreiden.

Invloed grootschalig kustbeheer

- Door suppleren, of door een overmaat (ook in de zin van frequentie) aan suppleren is het karakter van een groot deel van de kust overgegaan van een erosieve, of stabiele kust naar een aangroeikust. Het suppleren geeft aanleiding tot de vorming van embryonale duinen op grote schaal. De nieuwe duinen vóór de zeereep vormen op zich belangrijke habitats. Maar de ontwikkeling van dit soort van “milde” dynamiek betekent het einde van de dynamiek door secundaire verstuiwingen, omdat de winterstormen daardoor geen toegang meer hebben tot de eigenlijke zeereep.
- Deze verstarring kan, op plaatsen waar niet door afslag vanzelf enige schade ontstaat, alleen worden doorbroken door actief ingrijpen.

Toekomstige experimenten

- Onder de huidige omstandigheden zullen experimenten met duurzame dynamiek alleen succesvol kunnen zijn wanneer ze ingezet worden vanaf de zeereep.

4.1 Verstuiwingen langs de Hollandse kust in nationaal perspectief

In het recente verleden (ca 1970-1990) was dynamiek langs de Hollandse kust betrekkelijk zeldzaam, en in vergelijking tot de grote verstuiwingen van Schouwen en de Waddeneilanden vrij onbetekenend. In een verder verleden (voor 1900) is de grootschalige dynamiek langs de Hollandse kust waarschijnlijk van een vergelijkbaar niveau geweest als elders, zonet groter, getuige de enorme duinen en de breedte van het duingebied. Het is dus waarschijnlijk dat de recente, beperkte dynamiek toch vooral het resultaat van menselijk handelen is geweest. Behalve stabiliserende maatregelen heeft daarnaast ook de sterkere fixatie van de kustlijn zelf, door middel van allerlei ingrepen (aanplant, stuifschermen, strekdammen, duinsuppleties) een rol gespeeld, mogelijk nog geholpen door een hogere stikstofdepositie, in ieder geval in vergelijking tot de Waddeneilanden.

Recente ontwikkelingen aan de zeereep langs de Hollandse kust laten nu een tweedeling zien. In Noord-Holland heeft het staken van onderhoud geleid tot een redynamise ring van de zeereep. Er zijn genoeg plaatsen waar het duinfront incidenteel door afslag wordt aangetast, op veel plaatsen ontstaan stuifkuilen en kerven, er is sprake van een dynamische ontwikkeling die enigszins te vergelijken is met wat bijvoorbeeld in de zeereep op westelijk Terschelling gebeurt. Langs de Zuid-Hollandse kust is niet of nauwelijks sprake van een dynamische ontwikkeling, een uitzondering daargelaten. De aantasting door afslag is minder, maar ook de uitgangssituatie is minder gunstig dan aan de Noord-Hollandse kust, door een extremere mate van fixatie in het verleden. Maar ook de kustprocessen zelf zullen een bijdrage leveren aan het verschil tussen Noord- en Zuid-Holland, omdat de kustlijn in het zuiden stabiel is, en ook minder onderhevig aan incidentele afslag.

Toch blijven de ontwikkelingen in de Hollandse duinen klein in vergelijking tot wat op de Waddeneilanden speelt, waar vooral de zeegatdynamiek soms tot zeer extreme veranderingen leidt. Bijzondere situaties zoals bij de Ballumerbocht op Ameland, de Cupidopolder op Terschelling, of de groenstrandontwikkeling op Schiermonnikoog hoeven daardoor langs de Hollandse kust niet verwacht te worden. Toch zouden grootschalige verstuiwingen zoals op Terschelling tussen paal 15 en 20 ook langs de Hollandse kust kansrijk kunnen zijn, mits uitvoering van reactivatie, én randvoorwaarden voldoen. Belangrijk daarbij is ruimte. Op welke locaties kan zo een ontwikkeling worden toegelaten?

4.2 Verstuiwingen langs de Hollandse kust in internationaal perspectief

Grootschalige, mobiele parabolen zijn in de wereld wel te vinden, maar nauwelijks in West-Europa. Het enige mobiele paraboolduin is bij Rabjerg Mile, in Denemarken. In Wales, België en Frankrijk zijn nog wel mobiele systemen te vinden met een tendens naar stabilisatie, waar van echte parabooldynamiek misschien geen sprake meer is, maar waar het systeem desondanks nog wel een redelijk grootschalige vorm van dynamiek vertoont (al dan niet geholpen door recreatie).

Tijdens veldbezoeken aan België en noordwest-Frankrijk werd een opvallend fenomeen duidelijk. In Nederland vormt Helmgroei een hardnekkige bedreiging van grootschalige dynamiek. In het Waddendistrict is Helm zelfs de belangrijkste vergrasser. Helmmoeheid, zoals dat vroeger werd geconstateerd op statische, gefixeerde zeerepen waar nauwelijks vers zand binnen kwam, lijkt nog maar nauwelijks een rol te spelen. In België en Frankrijk bleek dit echter nog wel ruimschoots voor te komen. Op hellingen die tot voor enkele jaren kaal en dynamisch waren, is de dynamiek afgenomen door vestiging van Helm. In Westhoek bleek na drie jaar dat de Helmvegetatie verdwenen was, en vervangen was door een mosvegetatie. Ook in noordwest-Frankrijk hebben we verschillende voorbeelden gezien van gedegenereerde Helm op plaatsen waar de dynamiek afgenomen was. Na dit veldbezoek werden vergelijkbare verschijnselen, maar op kleine schaal, toch ook in de kalkrijke Nederlandse duinen terug gevonden. Mogelijk bestaat er een relatie met kalk. In het kalkarme district kan Helm zonder instuiving moeiteloos overleven, in de zeer kalkrijke duinen van België en noordwest-Frankrijk blijkt dit niet zo te zijn. Het zal zeer de moeite waard zijn hier nader onderzoek naar te verrichten.

4.3 Naar een kookboek

Het is de bedoeling dat het project “Duurzame verstuiwing” resulteert in een kookboek voor verstuiwingen, met praktische aanbevelingen waar beheerders gebruik van kunnen maken bij het plannen van ingrepen ten behoeve van verstuiwing. Dit kookboek is in ontwikkeling, en in deze fase van het onderzoek zijn nog niet alle richtlijnen duidelijk. Desondanks zijn er, veelal op grond van bestaande experimenten, al verschillende

richtlijnen die men kan toepassen, of fouten die men juist dient te vermijden, om de kansrijkdom van een reactivatie te vergroten.

1. Bij ieder project moet eerst zorgvuldig afgewogen worden wat de huidige aardkundige waarden zijn, en of deze eventueel door reactiveren van processen onherstelbaar beschadigd kunnen worden.

2. Het ontstaan van stuifkuilen lijkt een chaotisch, en uitermate moeilijk voorspelbaar proces. Op grond van de ervaringen tot nog toe, lijkt het erop dat het reactiveren van stuifkuilen meer kost dan het oplevert. De ingreep om alle vegetatie en bodem weg te halen vergt grote kosten, vooral als het materiaal afgevoerd moet worden. Vooralsnog lijkt het kansrijker om aangrijpingspunten voor de ontwikkeling van nieuwe kuilen aan te brengen, bijvoorbeeld door op een helling een aanzet te geven door vegetatie en bodem weg te halen. De grootschalige ingrepen tot nu toe blijken wel succesvol voor het ontstaan van kleinschaligere vormen.

3. Bij het kaal maken van een geheel duin erodeert de kop sneller dan de helling, waardoor het reliëf afvlakt en zelfs de hele vorm verloren kan gaan. Bij een ingreep om een duin te remobiliseren kunnen de top en achterzijde van het duin beter niet kaal gemaakt worden. Het zand dat op de helling wordt opgenomen komt dan op, of net achter de top weer tot rust. De grootste erosie vindt dan op de helling plaats, waardoor de kans op remobiliseren, zonder dat de vorm aangetast wordt, het grootste is.

4. Bij alle ingrepen tot nu toe blijken wortels een uitermate grote invloed op de duurzaamheid van de verstuiving te hebben. Het is duidelijk dat de kans op succes vele malen groter wordt, wanneer gedurende een aantal jaren “onderhoud” wordt gepleegd, door uitgestoven (of uitgelopen) wortels weg te halen. Behalve dat dit een positieve invloed op de verstuiving heeft, heeft dit ook nog een esthetisch voordeel: het oppervlak houdt meer het karakter van een kaal, mobiel zandoppervlak, in plaats van een verwoest, desolaat stoppelveld.

5. Wanneer een oppervlak voornamelijk met Helm begroeid is, dan moet een dikkere laag worden weggehaald, om de kans op succes te vergroten. De af te plaggen dikte is tenminste 50 cm, maar mogelijk zelfs 1m, gezien de verdeling van de wortelmassa in de diepte (Huiskes, 1979). Bij kleinschalige vormen, of valleien, kan deze dikte zo groot zijn, dat ongewenste aantasting van het reliëf het gevolg is. De ingreep moet dan ernstig heroverwogen worden.

5 CONCLUSIES

De geomorfologische dynamiek in het Nederlandse duin is sinds ca 1970/1980 afgenomen door een groot aantal factoren. Belangrijkste zijn de afname van de konijnenstand, de stikstofdepositie, de verruiging van het terrein mede dankzij aanplant, de toegenomen nutriëntinhoud door bodemvorming en biomassaophoping. Tot 1850 was de abiotiek bepalend voor de biodiversiteit van het duinsysteem. Daarna zijn door de steeds verder gaande stabilisatie andere factoren een rol gaan spelen.

Ondanks de afgenomen dynamiek kunnen er nog steeds spontaan stuifkuilen ontstaan. Het proces is echter chaotisch en moeilijk voorspelbaar.

Het staken van onderhoud aan de zeereep heeft duidelijk positieve effecten wanneer de zeereep regelmatig door golferosie wordt aangetast. Zonder deze aantasting verandert er niets. Met incidentele aantasting is er een kortstondige opleving van dynamiek (ca 10 jaar).

Grootschalige mobiliteit in de binnenduinen kan alleen spontaan herstellen als door extremiteiten de vegetatie wordt aangetast. Wanneer deze niet optreden kan mobiliteit alleen op gang komen door ingrijpen.

Hoewel verstuiving gewenst is in het kader van biodiversiteit, hoeft het niet altijd een positief effect te hebben. Of het effect positief is hangt af van de bestaande vegetatie, maar ook van de graasdruk. Voor het omhoogbrengen van kalk kan bioturbatie een belangrijk proces zijn.

Op grond van literatuuronderzoek concluderen we dat grootschalige, duurzame verstuivingen alleen mogelijk zijn bij een afslagkust, of in ieder geval bij een kust waarbij de zeereep als transferzone voor zand kan fungeren. Bij een aangroei-kust waarbij zich embryoduinen voor de zeereep ontwikkelen zal nooit een grootschalige ontwikkeling in de zeereep en daarachter op gang kunnen komen (onder de huidige omstandigheden).

Suppletie zorgt wel voor nieuwvorming van duinen vóór de huidige zeereep, maar niet voor grootschalige dynamiek. Suppleren heeft zelfs tot een verdere verstarring van de Nederlandse zeereep geleid. Een aangepaste vorm van suppleren zou meer perspectieven kunnen bieden wanneer 1) er net zo weinig wordt gesuppleerd dat structurele erosie wordt tegen gegaan, maar regelmatige duinafslag niet of 2) er zoveel wordt gesuppleerd, met geschikt zand, dat de aanstuiving zo groot is dat vegetatie op embryoduinen (Biestarwegras) hieronder bezwijkt.

Reactivaties van grootschalige verstuiving buiten het bereik van de zeereep zijn door de huidige klimaatomstandigheden met meer neerslag en minder wind, en door andere veranderingen, vermoedelijk niet duurzaam als niet in ieder geval een aantal jaren onderhoud wordt gepleegd. Ook dan is het op dit moment nog niet zeker dat een reactivatie gedurende meerdere decennia succesvol zal zijn.

Recreatie alleen kan nooit een drijvende kracht zijn voor geomorfologische dynamiek. Alleen in combinatie met voldoende dynamiek kan het voor een extra verstoring zorgen die de duurzaamheid ten goede komt, waarbij een vereiste is dat de dynamiek zo groot is dat de negatieve effecten van recreatie (spoorvorming etc) weer worden uitgewist. Bij te geringe dynamiek zorgt recreatie wel voor verstoringen, met mogelijk kleinschalige

positieve effecten op bijvoorbeeld fauna, maar dit valt in het niet bij de negatieve effecten op de geomorfologie (degradatie van het landschap door verstoring van de natuurlijke vormen) en de verstoring en vernietiging van psammofiele fauna.

Als begroeiing een beperkende rol speelt, migreren grote parabolen sneller dan kleine omdat de grotere vorm een grotere dynamiek genereert, er daardoor meer zand in beweging is, en deze dynamiek daardoor een extra belemmering voor de vegetatie vormt. Met andere woorden, kleinere parabolen lopen eerder vast, en zullen vaker opnieuw in beweging moeten komen.

Uit alle literatuur komt naar voren dat duinmobiliteit episodisch is. Mobiliteit en stabiliteit wisselen elkaar af.

De grote duinvormende fasen langs de Nederlandse kust verlopen niet gelijktijdig (Beekman, 2007).

In systemen zonder zandaanvoer (gesloten systemen) is er een vrij eenduidige relatie tussen klimaat en mobiliteit. Bij toenemende ariditeit neemt de mobiliteit toe, bij toenemende humiditeit neemt de stabiliteit toe. Nederlandse kustduinen zonder aansluiting op zeereep en strand kunnen tot de gesloten systemen worden gerekend. Een vergelijking met woestijnduinen en continentale duinen wordt dan mogelijk.

6 AANBEVELINGEN

6.1 Beheersaanbevelingen

Om verdere verstarving van het duin tegen te gaan, of om meer dynamische ontwikkelingen te bevorderen, zou op grote schaal de begroeiing van de zeereep moeten worden aangetast. De proef op Terschelling paal 15-20 heeft geleerd dat dit met betrekkelijk simpele ingrepen tot een positief resultaat kan leiden. Mogelijk kan ook het open stellen van de zeereep voor begrazing hieraan een bijdrage leveren.

6.2 Onderzoeksaanbevelingen

De kustduinen vormen een belangrijk, en één van de meest dynamische landschappen in Nederland. Desondanks is hun ontstaan nog steeds met raadselen omgeven. Wat is de werkelijke rol van de mens geweest? Hoe oud zijn de verschillende systemen? Wat zijn de verschillen langs de kust. Hier wordt gepleit voor een omvangrijk dateringsonderzoek, waarbij met behulp van TL-dateringen verschillende grote duinsystemen worden gedateerd. Met deze gegevens kunnen dan mogelijk relaties worden gelegd met klimaat, kustprocessen en menselijke historie.

Een simpel onderzoek naar de mogelijke rol van de mens kan zijn om een berekening te maken van de brandstofbehoefte van de duinbewoners in de 16^e-19^e eeuw en dit uit te zetten tegen de biomassa-productie in die tijd. Verhelderend voor het inzicht van klimaatseffecten kan zijn om de biomassa-productie onder de huidige omstandigheden te vergelijken met de biomassa-productie onder vroegere omstandigheden.

Er is meer inzicht nodig in het ontstaan van de gewenste successiestadia. Ontstaan deze vanuit een progressieve successie, dus vanuit pionierstadia, of kunnen verschillende stadia uit elkaar ontstaan via een netwerksuccessie?

Er is nader onderzoek nodig naar de randvoorwaarden voor extreme overstuiving zonder afslag. Wat is de oorzaak van extreme overstuiving op een zeereep waar geen afslag plaatsvindt, en waar geen nieuwvorming van duinen vóór de zeereep plaatsvindt? Waar komt het zand vandaan, en waarom leidt het niet tot duinvorming vóór de zeereep. Een proeflocatie is Terschelling paal 1-3.

Er is nader onderzoek nodig naar de snelheid van verkerving van een zeereep en de rol die afslag daarbij speelt. Daarnaast is het van belang in het geval van verkerving te onderzoeken wat de invloed op achter de zeereep liggende duinen is.

Suppleren wordt als remmend gezien voor een dynamische zeereep gezien. In Noord-Holland is sinds het staken van het zeereeponderhoud een dynamische ontwikkeling op gang gekomen, in Zuid-Holland niet. In beide kustvakken wordt gesuppleerd. Waarom is de ontwikkeling in het ene kustvak anders dan in het andere? Heeft het te maken met de dimensies van de suppleties?

6.3 Beleidsaanbevelingen

Gezien het verstarrende effect van suppleties zou overwogen kunnen worden in gebieden waar natuurbelangen de overhand hebben niet meer te suppleren of zo minimaal mogelijk te suppleren zodat er af en toe afslag zal optreden. Ook zou overwogen kunnen worden in dergelijke gebieden pas te suppleren nadat er van enige aantasting van de zeereep sprake is.

Met betrekking tot het vast stellen van de Basiskustlijn zou een groter deel van het duingebied meegerekend moeten worden in de volumebepaling. Er zijn veel gebieden waar het natuurbelang overheerst en vanuit veiligheidsoogpunt de waterkering niet in de zeereep zou hoeven te liggen.

7 REFERENTIES

- Aagaard, T., R. Davidson-Arnott, B. Greenwood & J. Nielsen, 2004. Sediment supply from shoreface to dunes: linking sediment transport measurements and long-term morphological evolution. *Geomorphology*, 60, 205-224.
- Aagaard, T., J. Orford & A.S. Murray, 2007. Environmental controls on coastal dune formation; Skallingen Spit, Denmark. *Geomorphology*, 83, 29-27.
- Ampe, C., 1993. Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium. C. Ampe & R. Langohr. *Geoderma*, 56, 37-55.
- Ancker, H. van der, P.D. Jungerius & L.R. Mur, 1985. The role of algae in the stabilization of coastal dune blowouts. *Earth Surfaces, Processes and Landforms*.
- Anderson, J.L. & I.J. Walker, 2006. Airflow and sand transport variations within a backshore-parabolic dune plain complex: NE Graham Island, British Columbia, Canada. *Geomorphology*, 77, 17-34.
- Annema, M & A.J.M. Jansen, 1998. Het herstel van het vroongrondgebied Midden- en Oostduinen op Goeree. *Stratiotes* 17, 20-60.
- Anthonsen, K.L., L.B. Clemmensen & J.H. Jensen, 1996. The late Holocene coastal dunefield at Vejers, Denmark: characteristics, sand budget and depositional dynamics. *Geomorphology*, 17, 79-98.
- Arbogast, A.F, E.C. Hansen & M.D. van Oort, 2002. Reconstructing the geomorphic evolution of large coastal dunes along the southeastern shore of Lake Michigan. *Geomorphology* 46, 241-255.
- Arens, S.M., 1994. Modellerling zandtransport zeereep; Conceptueel model. Rapport Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, in opdracht van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen C.
- Arens, S.M., 2004a. Monitoring van een grootschalige verstuiving in de Van-Limburg-Stirumduinen; ontwikkeling 2001-2003. Amsterdam, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2004.03 in opdracht van WLB Waterleidingbedrijf Amsterdam.
- Arens, S.M., 2004b. De zeereep bij Parnassia; Experiment met Dynamisch Zeereepbeheer 1990-2004. Amsterdam, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2004.05 in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland. 31 pp.
- Arens, S.M., 2006a. Reactivatie van de Bruid van Haarlem; situatie 2005. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2005.05 in opdracht van nv PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland.
- Arens, S.M., 2006b. Monitoring van een gereactiveerd paraboolduin, Kraansvlak, Zuid-Kennemerland; ontwikkeling 2004-2005. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2005.06 in opdracht van nv PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland. 39 pp.
- Arens, S.M., 2007. Stimuleren van dynamiek in de zeereep Terschelling, paal 3 tot 8, Project LIFE-DUINEN. Notitie RAP2007.03 in opdracht van Staatsbosbeheer Noord.
- Arens, S.M., J.H. van Boxel & R.M.K. Haring, 2001a. Aeolian sand transport events on the peninsula do Ancão. Report of the contribution of the Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam to the EC-MAST (MAS3-CT97-0106) project "Inlet Dynamics Initiative Algarve (INDIA)", 27 pp.
- Arens, S.M., J.H. van Boxel & R.M.K. Haring, 2001b. Dune building on the peninsula do Ancão. Report of the contribution of the Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam to the EC-MAST (MAS3-CT97-0106) project "Inlet Dynamics Initiative Algarve (INDIA)", 22 pp.
- Arens, S.M. & L.H.W.T. Geelen, 2001. Geomorfologie en regeneratie van duinvalleien; het Van Limburg Stirumproject als voorbeeld. *Landschap*, 2001 (3), 133-146.
- Arens, S.M., P.D. Jungerius & F. van der Meulen, F., 2001. Coastal Dunes. In: Warren, A. & French, J.R. (eds.). *Habitat Conservation; Managing the Physical Environment*. Chichester: Wiley, pp. 229-272.

- Arens, S.M., 2003. [De kerf bij Schoorl; evaluatie monitoring geomorfologie 1997-2002](#). Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2003.02, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 43 pp.
- Arens, S.M. & B. Kruijsen, 2003. De stuifkuil bij Wassenaar; Inventarisatie en ontwikkeling sinds 1993. RAP2003.08 in opdracht van Het Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Arens, S.M., Q.L. Slings & C.N. de Vries, 2004 a. Mobility of a remobilised parabolic dune in Kennemerland, the Netherlands. *Geomorphology*, 59 (1 -4), 175-188.
- Arens, S.M., C.W. Smit, C.J.W. Bruin & P.D. Junger ius, 2004b. [Dynamisch Zeereepbeheer op Texel. Experiment paal 13-15; 1998-2003. Eindrapport](#). Amsterdam, Haarlem, Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland RAP2004.06 in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland. 61 pp + bijlagen.
- Arens, S.M., M. Witteveldt, F. Erinkveld, J. Kloppenburg, 2004 c. Duurzame verstuiwing in de Schoorlse duinen. Resultaten monitoring 1999-2004. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2004.08 in opdracht van Staatsbosbeheer.
- Arens, S.M., L.H.W.T. Geelen, Q. Slings & H.E. Wondergem, 2005. Restoration of dune mobility in the Netherlands. In: HERRIER J. -L. et al. (eds). 2005. Proceedings 'Dunes and Estuaries'. International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005 VLIZ Special Publication 19, 129-138.
- Arens, S.M., L.H.W.T. Geelen, Q.L. Slings & H.E. Wondergem, 2006. Herstel van duindynamiek; naar een nieuw duurzaam beheer? *Landschap*, 22 -4, p191-201.
- Arens, S.M. & L.H.W.T. Geelen, 2006. Dune destabiliation and dynamics in the Amsterdam Water Supply Dunes. *Journal of Coastal Research*, 22 -5, 1094-1107.
- Arens, Bas, Martin Witteveldt, Frans Erinkveld, Jos Kloppenburg, 2006. Stuifkuilen in de Schoorlse Duinen. *Dijk en Duin*, 2006-2
- Arens, S.M., M.A.M. Löffler & E.M. Nuijen, 2007. Evaluatie dynamisch kustbeheer Friese Waddeneilanden. Rapport 2006.04 in opdracht van Rijkswaterstaat Noord -Nederland.
- Arens, S.M. & R. Luntz, 2007. Geomorfologische ontwikkeling van een verstuiwing in het Huttenvlak (Duin & Kruidberg). Eindrapport 2000-2006. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2006.07 in opdracht van vereniging Natuurmonumenten.
- Baas, A.C.W., 1994. Verslag van het verstuiwingsonderzoek op Ameland. Intern rapport, FGBL, Universiteit van Amsterdam.
- Bailey, S.D. & C.S. Bristow, 2004. Migration of parabolic dunes at Aberffraw, Anglesey, north Wales. *Geomorphology*, 59, 165-174.
- Bakker, T.W.M, J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff., 1979. Basisrapport TNO-duinvalleienonderzoek.
- Bakker, T.W.M, J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff., 1981. Nederlandse kustduinen. *Landschapsecologie*. Pudoc Wageningen.
- Bakker, T.W.M., 1981 Nederlandse kustduinen. *Geohydrologie*. Pudoc Wageningen.
- Ballarini, M., J. Wallinga, A.S. Murray, S. van Heteren, A.P. Oost, A.J.J. Bos & C.W.E. van Eijk, 2003. Optical dating of young coastal dunes on a decadal time scale. *Quaternary Science Reviews*, Volume 22, Number 10, May 2003, pp. 1011-1017(7).
- Barbosa, L.M. & J.M.L. Dominguez, 2004. Coastal dune fields at the São Francisco river strandplain, Northeastern Brazil: morphology and environmental controls. *ESPL*, 29, 443-456.
- Battiau-Queney, Y., 2004. Beach-dune systems of the North of France: a dynamic equilibrium? *Revista de geomorfologie* nr. 6, 2004, p. 37-44.
- Bauer, B.O., R.G.D. Davidson-Arnott, K.F. Nodrdstrom, J. Ollerhead & N. Jackson, 1996. Indeterminacy in aeolian sediment transport across beaches. *Journal of Coastal Research*, 12, 641-653).

- Beekman, F., 2007. De kop van Schouwen onder het zand. Duizend jaar duinvorming en duingebruik op een Zeeuws eiland. Uitgeverij Matrijs.
- Boxel, J.H. van, P.D. Jungerius & M.P. Eleveld, 1993. Evaluatie verstuiwingen Meeuwenduinen (Kop van Schouwen), Rapport FGBL, Universiteit van Amsterdam.
- Boxel, J.H. van, P.D. Jungerius, N. Kieffer & N. Hampel , 1997. Ecological effects of reactivation of artificially stabilized blowouts in coastal dunes. *Journal of Coastal Conservation* 3, 57-62.
- Boxel, J.H. van & E. Cammeraat, 1999. Wordt Nederland steeds natter? Een analyse van de neerslag in deze eeuw. *Meteorologica*, 8 (1), 11 -15.
- Boxel, J.H. van & P.D. Jungerius, 2005. Experiment parabolisering op Ameland. 1993 -2004. Eindrapport. IBED, UvA, 29pp.
- Carter, R.W.G., 1988. Coastal environments. Academic Press, London. 617 pp.
- Clemmensen, L.B. & A. Murray, 2006. The termination of the last major phase of aeolian sand movement, coastal dunefields, Denmark. *ESPL*, 31, 795-808.
- Dieren, J.W. van 1932 De ontwikkeling van het duinlandschap van Terschelling *Tijdschr. KNAG* 5: 553-571, 680-702
- Dieren, W. van, 1934. Organogene D nenbildung. Proefschrift.
- Dobben, H. van & A. Bleeker, 2004. Stikstofgevoeligheid van de Habitatrichtlijngebieden in Nederland. Overschrijding van de critical load voor N voor Habitatgebieden in Nederland. Alterra & TNO-MEP, in opdracht van de Milieufederaties en Stichting Natuur en Milieu, maart 2004, 23 pp.
- Doing, 1995. Landscape ecology of the Dutch coast. *Journal of Coastal Conservation*, 1 (2): 145-172.
- Dur n, O. & H.J. Herrmann, 2006. Vegetation against dune mobility. *Physical Review Letters*, arXiv: cond-mat/0609277v1.
- Dijke, J.J. van & Assendorp, D., 1987. De relatie tussen wind - en watererosie, morfologie en konijnengraafactiviteit in het duingebied Meyendel, Den Haag, onderzocht met behulp van een Geografisch Informatiesysteem. Rapport FGBL, UvA.
- Esselink, H., A. Grootjans, P. Hartog & T. Jager, 1989. Kalkrijke vegetaties in een vallei op Schiermonnikoog. *Duin*, 1989-2, 75-79.
- Filion, L., 1986. Holocene development of parabolic dunes in the Central St. Lawrence Lowland, Québec. *Quaternary Research*, 28, 196 -209.
- Gadgil, R.L., 2002. Marram grass (*Ammophila arenaria*) and coastal sand stability in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 32 (2), 165-180.
- Gares P.A. & K.F. Nordstrom, 1995. A cyclic model of foredune blowout evolution for a leeward coast: Island Beach, NJ. *Annals of the AAG*, 85, 1-20.
- Grootjans, A.P., H.W.T. Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts, 2002. Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands *Hydrobiologia* Volume 478, Numbers 1 -3 / June, 2002, 181-203.
- Grootjans, A.P., F. P. Sival & P. J. Stuyfzand. Hydro-geochemical analysis of a degraded dune slack. *Plant Ecology* Volume 126, Number 1 / September, 1996, 27 -38.
- Haaf, C. ten. 2005. Stuifkuilen in de Schoorlse duinen, monitoring van flora en vegetatie. Ten Haaf en Bakker, Groet, Staatsbosbeheer, Amsterdam.
- Haaf, C. ten & E. Kat, 2003. De Kerf; Evaluatie monitoring vegetatie en flora 1998 -2002. Rapport Ten Haaf & Bakker in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord -Holland.
- Haring, R.M.K., 1998. Sand balance and dynamics of an artificially created breach. Doctoraalscriptie, IBED, UvA.
- Haring, R.M.K. & S.M. Arens, 2004. De Kerf bij Schoorl. Duurzaam herstel van de dynamiek? *Geografie*, juni 2004, 12-16.
- Hartog, P., 1988. Vastlegging en verstuiwing op de Friese Waddeneilanden. Stagerapport NWF, Leeuwarden.

- Hawke, R.M. & J.A. McConchie, 2006. Dune phases in the Otake-Te Horo area (New Zealand): a geomorphic history. *ESPL*, 31, 633-645.
- Hesp, P., 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48, 245-268.
- Hesse, P.P. & R.L. Simpson, 2006. Variable vegetation cover and episodic sand movement on longitudinal desert sand dunes. *Geomorphology*, 81, 276 -291.
- Hesse, P.P. et al., 2003. Late Quaternary aeolian dunes on the presently humid Blue Mountains, Eastern Australia. *Quaternary International* 108, 13 -32.
- Hilton, M.J., 2006. The loss of New Zealand's active dunes and the spread of marram grass (*Ammophila arenaria*). *New Zealand Geographer*, 62, 105-120.
- Houwelingen, S. van, 2000. Aeolian processes and coastal dune development at 'de Hors', Texel island, the Netherlands. Doctoraalscriptie Fysische Geografie, Universiteit Utrecht.
- Hulshoff, M., E. van der Meer, E. Schade & R. de Vos, 1986. De relatie tussen erosieprocessen en vegetatie in de duinen ten zuiden van Bergen aan Zee. Rapport FGBL, UvA.
- Hulshoff, R.M. & P.D. Jungerius, 1988. Erosie in de duinen bij Bergen aan Zee, de samenhang tussen geomorfologische processen bodem en vegetatie. *Landschap* 1988-2, 83-96.
- Hugenholtz, C.H. & S.A. Wolfe, 2005a. Biogeomorphic model of dunefield activation and stabilization on the northern Great Plains. *Geomorphology*, 70, 53 -70.
- Hugenholtz, C.H. & S.A. Wolfe, 2005b. Recent stabilization of active sand dunes on the Canadian prairies and relation to recent climate variations. *Geomorphology*, 68, 131 -147.
- Hugenholtz, C.H. & S.A. Wolfe, 2006. Morphodynamics and climate controls of two aeolian blowouts on the northern Great Plains, Canada. *ESPL*, 31, 1540-1557.
- Hugenholtz in press
- Huiskes, A.H.L., 1979. Biological flora of the British Isles. *Ammophila arenaria* (L.) Link. *J. Ecol.* 67 nr.1: 363-382
- Jelgersma, S.; de Jong, J.; Zagwijn, W.H. & van Regteren Altema. J.F., 1970. The coastal dunes of the western Netherlands; geology, vegetational history and archaeology. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie*, 21: 93 -167.
- Jungerius, P.D, 1987. Erosiekartering in het Noodhollands Duinreservaat. *Duin* 1987-3, 75-77.
- Jungerius, P.D. & L.W. Dekker, 1990. Water erosion in the dunes. *Catena Supplement* 18, 185-193.
- Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1985. De ontwikkeling van stuifkuilen in het duinterrein Meyendel. *Landschap*, 2, 143-151.
- Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1988. Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. *Catena* 15, 217-228.
- Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1989. The development of dune blowouts, as measured with erosion pins and sequential air photos. *Catena* 16 (4/5): 369 -376.
- Jungerius, P.D., A. J. T. Verheggen & A. J. Wiggers, 1981. The development of blowouts in 'de Blink', a coastal dune area near Noordwijkerhout, The Netherlands. *Earth Surface Processes and Landforms*, Volume 6, Issue 3-4, 375 - 396.
- Jungerius, P.D., J. V. Witter & J. H. van Boxel, 1991. The effects of changing wind regimes on the development of blowouts in the coastal dunes of The Netherlands. *Landscape Ecology*, 6, 41-48.
- Ketner-Oostra, R. & Sykora, K., 2000. Vegetation succession and lichen diversity on dry coastal calcium-poor dunes and the impact of management experiments, *Journal of Coastal Conservation*, 6, 191-206.

- Klijn, J.A., 1981. Nederlandse kustduinen. Geomorfologie en Bodems. Pudoc Wageningen.
- Klijn, J.A., 1990. The Younger Dunes in the Netherlands; chronology and causation. In: Bakker, Th.W.; Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.) Dunes of the European Coasts; geomorphology - hydrology - soils. Catena Supplement 18, pp. 89-100.
- Koekoek, J., 1992. De invloed van het verstuiwingsproces op de diversiteit van het duinlandschap. Een analyse van ruimtelijke patronen in de Noorde r- en westerduinen van Schiermonnikoog., Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam.
- Kooijman, A.M., M. Besse & R. Haak, 2005. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. Eindrapport fase 2. LNV, Directie Kennis, december 2005.
- Kooijman, A.M., J.C.R. Dopheide, J. Sevink, I. Takken & J.M. Verstraten, 1998. Nutrient limitations and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes; lime-poor and lime-rich sites in the Netherlands. *Journal of Ecology*, 86, 511-526.
- Kooijman, A.M. & M. Besse, 2002. The higher availability of N and P in lime -poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology*, 90, 394-403.
- Kuipers, M. & C. Vos, 1986. Effecten van secundaire duinvorming op de successie van het landschap : een landschapskartering op vegetatiekundige grondslag in de Westerduinen op Schiermonnikoog, schaal 1:2000. Universiteit van Amsterdam, Hugo de Vries - Laboratorium.
- Kruijsen, B.W.J.M., 2005. Ontwikkelingen in duinvalleivegetatie Duin en Kruidberg in periode 1999-2004. Rapport Ecologisch Adviesbureau B. Kruijsen, in opdracht van Natuurmonumenten.
- Lancaster, N. & P. Helm, 2000. A test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern united states. *ESPL*, 25, 197 -207.
- Lepper, K. & G.F. Scott, 2005. Late Holocene aeolian activity in the Cimarron River valley of west-central Oklahoma. *Geomorphology*, 70, 42-52.
- Maas, C., 2000. Evaluatie na één jaar "Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder". Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Sector Waterkeringen - Boezem- en Wegenbeheer.
- Maas, C., 2002. Tweede evaluatie "Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder". Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Sector Waterkeringen - Boezem- en Wegenbeheer.
- Marín, L., S.L. Forman, A. Valdez, & F. Bunch, 2005. Twentieth century dune migration at the Great Sand Dunes National Park and Preserve, Colorado , relation to drought variability. *Geomorphology*, 70, 163-183.
- McFadgen, B., 1985. Late Holocene stratigraphy of coastal deposits between Auckland and Dunedin, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 15, 27 -65.
- McFadgen, B., 1994. Archaeology and Holocene sand dune stratigraphy on Chatham Island. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 24, 17 -44.
- Meesenburg, H. Man's role in changing the coastal landscapes in Denmark. *Earth and Environmental Science*, Volume 39, Number 2 / June, 1996, 143-151.
- Meester-Manger Cats, V., 1984. 25 jaar beheerder op Schiermonnikoog. *De Levende Natuur* 85-2, 47-50.
- Mensing, V., 2002. Vegetatiesuccessie van stuifkuilen in de Noorderpan (Meijndel). Een onderzoek naar aanleiding van verstuiwingsbeheer 1978-1997 in de Noorderpan (Meijndel). Doctoraal Scriptie Geografie (IBED), Universiteit van Amsterdam.
- Meulen, F. van der, A.M. Kooijman, M.A.C. Veer & J.H. van Boxel, 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. Eindrapport fase 2. FGBL, Universiteit van Amsterdam.

- Nieuwjaar, M.W.C., 1995. Achtergrondnota bij het Kustbeheersplan Noordzee - en Waddenzeekeringen: Waterkeringen te Kust en te Keur. Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier.
- Noest, V., 1987. Stabilisatie van stuifkuilen. De rol van vegetatie en dynamiek van het substraat. FGBL, UvA en DZH afdeling terreinbeheer.
- Pool, M.A., 1989. Volumeberekening van het Jonge Duinzand van de Waddeneilanden. Kustgenese Project, Taakgroep 1000, Rapport BP10730, RGD, Haarlem.
- Pool, M.A. & L. van der Valk, 1988. Volumeberekening van het Hollandse en Zeeuwse Jonge Duinzand. Kustgenese Project, Taakgroep 1000, Rapport BP10705, RGD, Haarlem.
- Pluis, J.L.A., 1992. The role of algae in the spontaneous stabilization of blowouts. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- Pluis, J.L.A., 1995. Development of aeolian features in the dunes of Merlimont, Pas de Calais, northwest France. Rapport FGBL, UvA, Biodiversit et protection dunaire, Programme Europeen LIFE.
- Regnault, H., & R. Louboutin, 2002. Variability of sediment transport in beach and coastal dune environments, Brittany, France. *Sedimentary Geology*, 150, 17 -29.
- Rosati, J.D., M.B. Gravens & G. Smith., 1999. Regional sediment budget for Fire Island to Montauk Point, New York, USA. *Proceedings Coastal Sediments 99*, ASCE, 1999, 802 - 817.
- Ruig, J.H.M. de & C.J. Louisse, 1991. Sand budget trends and changes along the Holland Coast. *Journal of Coastal Research*, 7, 1013 -1026.
- Rutin, J., 1983. Erosional processes on a coastal sand dune, De Blink, Noordwijkerhout, The Netherlands. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- Ruz, M.H., et al., 2005. Coastal dune evolution on a shoreline subject to strong human pressure: the Dunkirk area northern France. In J.L. Herrier et al, *Proceedings Dunes and Estuaries 2005*, 441 -449.
- Rijkswaterstaat, 2000. Evaluatie doorstuivingsbeheer zeereep Terschelling van Hoorn tot Oosterend (paal 15-20). Conceptrapport Rijkswaterstaat Directie Noord -Nederland, Dienstkring Waddengebied Friesland.
- Seeliger, U., 2002. Response of Southern Brazilian coastal foredunes to natural and human - induced disturbance. *Journal of Coastal Research*, SI35, 51 -55.
- Smith, A.W.S. & M.L. Stutz, 1997. Discussion of: Bauer et al, 1996. Indeterminacy of sediment transport across beaches. *Journal of Coastal Research*, 13, 962 -966.
- Smits, A., A.M.G. Klein Tank & G.P. Können, 2005. Trends in storminess over the Netherlands, 1962-2002. *International Journal of Climatology*, 25, 1331 -1344.
- Stuyfzand, P.J., F. Lüers & A P Grootjans, 1993. Hydrochemie en hydrologie van het Kapenglop, een natte duinvallei op Schiermonnikoog. KIWA, Onderzoek en Advies, Nieuwegein.
- Thomas, D.S.G. & H.C. Leason, 2005. Dunefield activity response to climate variability in the southwest Kalahari. *Geomorphology*, 64, 117-132
- Tooren, B.F. van, 1994. Vegetatieontwikkeling in een stuifkuil op Schiermonnikoog. DLN 95 (1): 24-28.
- Tsoar, H. & D.G. Blumberg, 2002. Formation of parabolic dunes from barchan and transverse dunes along Israel's Mediterranean coast. *E SPL*, 27, 1147-1161.
- Tsoar, H., 2005. Sand dunes mobility and stability in relation to climate. *Physica A* 357, 50-56.
- Vertegaal, C.T.M., S.M. Arens, B. Brugge, M.M. Groenendaal, C. ten Haaf & H.E. Wondergem, 2003. Evaluatie 'De Kerf' 1997-2002, Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek, Leiden.

- Walker, I.J. & J.V. Barrie, 2004. Geomorphology and sea-level rise of one of Canada's most 'sensitive' coasts: Northeast graham Island, British Columbia. *Journal of Coastal Research*, SI39.
- Weis, N., 2006. De invloed van verkerving van de zeereep op achterliggende valleien. Bachelor these, Universiteit van Amsterdam.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten, 1991. De plantengroei van de Waddeneilanden. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Yizhaq, H., Y. Ashkenazy & H. Tsoar, 2007. Why do active and stabilized dunes coexist under the same climatic conditions? *Phys. Rev. Letters* 98, 188001-04.

LIJST MET FIGUREN

- Figuur 2.1. Landschapsdegradatie door recreatie, Letland. Foto Rienk Slings, PWN.
- Figuur 2.1. Loopduin bij Leba (Polen). Foto Menno van den Bos, PWN.
- Figuur 2.3. Staat van het duingebied in relatie tot activiteit van de drijvende krachten.
- Figuur 2.4. Hysterese curve relateert mobiliteit aan veranderingen in vegetatiebedekking en windenergie. Uit Tsoar, 2005.
- Figuur 2.5. Schotel- (links) en trogstuifkuil (rechts). Uit Hesp (2002).
- Figuur 2.6. Duingebied uit balans: verstoring door verandering in de drijvende krachten.
- Figuur 2.7. Stormvloeden met een niveau $>2,4\text{m DNN}$ voor de Deense kust (uit Aagaard et al., 2007)
- Figuur 2.8. Voorbeelden van “exponentiele” duin stabilisatie. Exponentiele curves gefit door data sets, met bijbehorende regressiecoëfficiënt R^2 . Data van (1) Hugenholtz & Wolfe, 2005b; (2) Tsoar & Blumberg, 2002; (3) Kutiel et al., 2004; (4) Levin & Ben-Dor, 2004 en (5) Hugenholtz & Wolfe, 2005b. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)
- Figuur 2.9. Vertraging in de stabilisatie wanneer kleine klimaatsfluctuaties worden gesimuleerd gedurende het stabilisatie-interval. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)
- Figuur 2.10. Conceptueel biogemorfologisch model voor duinactiviteit. P_s =persistence time; R_a =reaction lag; A_x =activations interval; S_x =stabilisation interval. (Uit Hugenholtz & Wolfe, 2005a)
- Figuur 3.1. Toename stuifkuilen in het Noordhollands Duinreservaat sinds 1998
- Figuur 3.2. Discussie aan de rand van een stuifkuil in De Blink. Foto Moniek Löffler.

BIJLAGE 1. SELECTIE RESULTATEN ENQUETE

Annema, Marten, beheerder; Natuurmonumenten en Evides.

De ervaringen van Marten Annema hebben betrekking op de duinen van Voorne, Goeree en Schouwen. In deze duinen is momenteel geen sprake van grootschalige verstuiwingen. In de Middel- en Oostduinen en de Kwade Hoek was voor en vlak na de oorlog sprake van grootschalige (maar niet in verhouding tot wat er in Denemarken gebeurt) verstuiwingen.

De ervaring van Annema is dat stuifkuilen tegenwoordig spontaan weer vrij snel vastliggen. Van oude duinbeheerders weet hij dat het vroeger -tot circa de jaren 1970- bijna ondoenlijk was om verstuiwingen vast te leggen. Elk jaar weer kon men na de winter overnieuw beginnen. Men was maanden lang bezig met vastleggen. Wat dat betreft zijn de jaren 1970 als een knippunt te beschouwen. Voordien waren de duinen veel opener: veel meer onbegroeid zand tussen de vegetatie. Ook waren er veel meer konijnen dan nu. Dit is een zeer belangrijke factor. Ook is men te ver doorgeschoten in het aanplanten van houtige gewassen. Verstuiwing beperkte zich op Goeree niet alleen tot de duinen. Op de aangrenzende akkergebieden stookte het toen ook verschrikkelijk. Men noemt dat hier “heen en weer gronden”, aangezien het zand dan weer heen, dan weer terug stookte. Sindsdien is men veel meer gaan bemesten waardoor het organische stof gehalte toegenomen is en de gronden minder stuifgevoelig geworden zijn. In de duinen lijkt er ook sprake van een hoger voedingsstoffenniveau. Dit moet wel uit de lucht komen! (Trouwens: op beweide duinen werd vroeger ook wel kunstmest gestrooid om meer produktie te krijgen.) Wat betreft de konijnen neemt Annema het volgende verschijnsel waar: op voedselrijkere gronden doen ze het slecht; in pioniersituaties (bijvoorbeeld zanddepots) soms juist goed. Hij heeft hier geen goede verklaring voor.

Verstuiwing leidt niet altijd tot gewenste vegetatie, maar bijvoorbeeld tot vergrassing of revitalisering van duindoorn. Ook is verstuiwing niet altijd nodig voor het naar boven brengen van kalk. Bioturbatie zorgt hier vaak voor (mieren, konijnen, stieren). Begrazing maar ook vergraving kan tot verstuiwing leiden. In de Zeepeduinen op Schouwen wordt al heel lang begrast met shetlandponies, en dit heeft zeker tot verstuiwing geleid. In het waterwingebied in de Oostduinen heeft vergraving op kleine schaal tot verstuiwing geleid. Op een plek zijn zo twee kleine, tot op het grondwater uitgestoven, duinvalleien ontstaan.

Voor de Middel- en Oostduinen op Goeree zouden verstuiwingen juist tot achteruitgang van waardevolle graslanden kunnen leiden. Het proces dat tot deze waardevolle graslanden heeft geleid is 5 eeuwen beweiding. Dus verstuiwing is niet altijd goed! Het hangt van het duinsysteem af, niet in het minst van het oppervlak. In het ideale duinsysteem, compleet van zeereep t/m binnenduinen van 1000 ha, zou idealiter gemiddeld 30% in verstuiwing moeten zijn. In rustige perioden zou dit kunnen terugzakken tot ca 20% in stormachtige perioden tot ca 40%. Op deze schaal is dit voor zowel flora als fauna de ideale toestand.

Mobiliteit kan ook teveel zijn. In jonge, van nature dynamische systemen mag je accepteren dat er door mobiliteit bestaande natuurwaarden verloren gaan, omdat a. het proces zelf van waarde is, en b. omdat de verwachting is dat er ook weer nieuwe natuurwaarden zullen ontstaan, dankzij dat proces. Voorbeeld: Kwade Hoek. De duinen van Schouwen zijn ook breed genoeg voor wat grootschaliger verstuiwingen. Maar: in oudere, stabielere systemen, waar bijvoorbeeld zeer langdurig grondgebruik (of andere zeer langdurig werkende stabiliserende omstandigheden) tot de huidige waarden hebben geleid, is grootschalige dynamiek niet gewenst. Voorbeeld: Middel- en Oostduinen. Op Voorne zou vooral in de zeereep meer verstuiwing mogelijk moeten zijn; in de meer landinwaarts gelegen duinen op wat kleinere schaal.

van Haperen, Anton, beleid - beheer, Staatsbosbeheer Zuid.

De ervaringen van Anton van Haperen hebben betrekking op de duinen van Walcheren en Schouwen. Parabolisering van de zeereep komt hier thans niet voor.

Alle grootschalige verstuingen hingen samen met afslag, niet met overbegrazing of misbruik. De ontwikkeling van een grootschalige verstuing begint vanuit het klif. Een paar jaar geleden ontstond zo een windgat bijvoorbeeld bij Oranjezon, maar dit is na ca 2 jaar vastgelegd. Dit windgat ontstond op een plek waar vlak daarvoor afslag had plaatsgevonden.

Rond 1800 wordt er op Walcheren opeens over verstuingen gesproken in de rentmeesterrekeningen en -verslagen. Deze zijn te vinden in het archief van de Nassause Domeinraad. Van Haperen werkt hier een onderdeel van uit voor zijn proefschrift.

De huidige morfologie van de duinen van Oranjezon (Walcheren) is een resultante van 19e eeuwse verstuingen. In die periode is de huidige morfologie ontstaan. In de 17e en 18e eeuw was er sprake van intensief gebruik, met konijnenwarandes, vee. Er waren klachten over verstuingen, maar deze kwamen vanuit onbegraasde buitenduinen, die toen op een strandvlakte in een pionierfase waren.

Er is een foto-collectie, de Collectie de Bruine, die bestaat uit een manuscript met enkele honderden foto's uit de periode 1910-1930 in het Zeeuws Archief in Middelburg. Er is een aparte inventaris met beschrijving van de foto's. Het manuscript dateert uit de jaren 50. De Bruine heeft ook foto's gemaakt op Schouwen.

In het gebied tussen Domburg en Oostkapelle zijn er in de Middeleeuwen (11e-13e eeuw) grootschalige verstuingen geweest. Deze hadden waarschijnlijk het karakter van een loopduin, waarvan direct noordoostelijk van Domburg het binnentalud nog min of meer intact is. Meer oostelijk (Westhove-Berkenbos tussen Oostkapelle en Domburg, van paal 14.06 tot ca. 12.05) is deze binnenrand geparaboliseerd. Het ging hier dus niet om een zeereep. Onder het geparaboliseerde (en inmiddels deels geëgaliseerde) duin ligt een oud veenpakket in een slootje, dat eind 14e eeuw begon te verlanden. Tegelijkertijd was er ook sprake van veranderend grondgebruik. Aanvankelijk betrof het een akkerlandschap (rogge, boekweit). Tweede helft 15e eeuw is hier elzenhakhout aangelegd. Dit landschap is begin 17e eeuw bedekt door duinzand van het paraboolsysteem. Vrij snel daarna (eind 17e eeuw?) is het meest landinwaartse deel van het duin geëgaliseerd en zijn hier de buitenplaatsen op aangelegd (inclusief nieuw hakhout). Kaarten uit de 17e en 18e eeuw geven aan, dat het voorliggende dungebied toen veel breder was dan thans. Het werd tot eind 18e eeuw verpacht als konijnenwarande. De vrij uitgestrekte valleien werden met runderen begraasd. Hun aantal was beperkt (ca. 10) en zij werden geleid door een wachter. Na beëindiging van de konijnwaranden (ca. 1780) is het duin in erfpacht gegeven aan de aanpalende buitenplaatsbezitters, die hier toen het thans zo karakteristieke eikenstruweel hebben geplant of gezaaid. Oorspronkelijk was dit waarschijnlijk breder, maar het is in de loop van de afgelopen eeuwen teruggeschreden. o.a. door duinbranden in het begin van de 20e eeuw. In de loop van de 17e -20e eeuw is het dungebied door kustafslag ook vele honderden meters teruggeschreden. Daarbij speelt een rol, dat dit voorliggende gebied een vlakke lage ligging had, met het grote loopduinmassief (de bulk van de zandvoorraad) ter plekke van de huidige binnenduinarand.

Het extreem hoge duin bij Dishoek (van Dijkhoek) op Zuid-Walcheren is het gevolg van fixatie op die plek. Hier lag in de middeleeuwen een dijk, waarvan de resten in het begin van de 20e op het strand te voorschijn kwamen. Bij zuidwestenwind waait er nog steeds

zand over het 30-40 meter hoge duin, dat dan in het achterliggende bos wordt afgezet. Er is hier dus geen sprake van een loopduinontwikkeling, maar van een steile, gefixeerde zeereep waar nu en dan zand overheen stuift.

Eind jaren 30 is er in de Meeuwenduinen op Schouwen bewust een afspraak gemaakt voor aanleg van een stuifduinenreservaat. Deze afspraken zijn in de jaren '40 en '50 herhaald. In het Zeeuws Archief bevinden zich hierover documenten en kaarten over het reservaat. Daarbuiten is alles vastgelegd, daarbinnen niet. In 1973 is het gebied overgedragen aan SBB. Toen is er wel helm geplant. Na 85-86 niet meer. Tussen 1950-1980 zijn gedeelten vastgelegd. Opvallend is dat de grootste dynamiek nu juist in het vastgelegde stuk is te vinden, terwijl het gebied dat toen dynamisch was nu is gestabiliseerd. De huidige verstuiwingen zijn ook geïnitieerd vanuit afslag. Waarschijnlijk achter de afslagzone. Er zijn dus twee contrasterende plekken, met twee verschillende ontwikkelingen.

Het Zeepe op Schouwen is van Natuurmonumenten, ten oosten van het bos. De stuifduinen hier zijn uitlopers vanuit de Meeuwenduinen. Ook liggen er diepe parabolen, waar van er nog een paar actief zijn. De nu gefixeerde duinen waren ca 1976 nog actief stuivend. Voor meer details over deze ontwikkeling zie het proefschrift van Frans Beekman

Volgens van Haperen leidt grootschalige verstuiwing tot grootschalige duindoornstru welen, en geeft kleinschalige verstuiwing eerder een mozaïek met duingraslanden en kleinere struwelen met o.a. ook kruipwilgstruwelen, die in grootschalige duindoornlandschappen ontbreken. Duindoornstruwelen, ca 50 jaar oud, ontwikkelen vanuit een pionier situatie, en niet vanuit duingrasland. Duindoorn vestigt zich met name op een minerale bodem. Bij bodemvorming vestigt duindoorn zich vrijwel uitsluitend door zijwaartse vegetatieve vermeerdering. In dergelijke situaties speelt Kruipwilg een veel belangrijker rol. .

Afnemende dynamiek komt door een complex van factoren. Nu eens is de ene, dan weer de andere van belang. Vanaf de late middeleeuwen tot begin 18e eeuw was konijnenvangst de hoofdvorm van gebruik van de duinen. Rundveebegrazing was beperkt en ondergeschikt. In de loop van de 18e eeuw is dit omgeslagen. Toen werd er ook in het kader van bebossing gedaan aan konijnenbestrijding. Voor Walcheren werd eind 19e eeuw een punt achter de begrazing gezet, in verband met een begin van waterwinning. Ook op Voorne en Goeree zijn de konijnenwaranden in de loop van de 18e eeuw opgeheven en is rundveebegrazing in betekenis toegenomen. Op Voorne is vanaf de tweede helft van de 18e eeuw veel hakhout aangeplant. Door deze boomaanplant (met name op Walcheren en Voorne) zijn de dispersiemogelijkheden van bomen en ruigteplanten naar het duin toe veel gunstiger geworden.

Jungerius, Pim, onderzoeker (geomorfologie), voorheen Universiteit van Amsterdam

De ervaringen van Pim Jungerius hebben betrekking op de Nederlandse duinen.

Het is absoluut noodzakelijk voor de discussie over grootschalige duinsystemen zoals de kamduinen langs de Hollandse kust, dat zij worden gedateerd. Zij kunnen dan met klimaatschommelingen in het verleden worden gecorreleerd. Dit zal het opsporen van de oorzaak van deze nu nog raadselachtige duinconstructies een stapje dichterbij brengen. Voor deze datering is momenteel een uitstekende methode beschikbaar die in Nederland routinematig kan worden uitgevoerd, de thermoluminescentie.

Er zijn diverse actieve, grootschalige verstuiwingen langs de Nederlandse kust. Als grootschalige verstuiwingen kent Jungerius uit eigen ervaring/onderzoek Oranjezon op

Walcheren (aangroei kust), de Meeuwenduinen op Schouwen (spontane parabool die jarenlang door Loedeman en Jungerius is gemonitord), experiment met dynamisch zeereepbeheer Texel, en de oostpunt van Ameland (oogduinen op kwelder). Verder kent Jungerius de vergravingen van Meijendel en Berkheide die tot grootschalige verstuiwing hebben geleid, de experimenten van PWN, de vorming van duintjes op het opgeslibde strand ten Z. van het havenhoofd van IJmuiden, de verstuiwingen aan de zuidpunt van Texel, en de duinvorming op de oostpunten van de andere Waddeneilanden.

Kerven in de zeereep leiden zonder hulp van de mens niet tot parabolisering van de zeereep. Er kan een stuifkuil uit ontstaan, maar er zijn genoeg voorbeelden die laten zien dat de windkuil niet doorbreekt. De parabolen van de Meeuwenduinen op Schouwen zijn achter de zeereep ontstaan. De parabool die jarenlang werd gemonitord groeide net als een stuifkuil tegen de overheersende windrichting in. Toen de parabool bijna het strand had bereikt, gooide RWS er een metershoog banket van suppletiezand en -schelpen tegenaan. Dit onderzoek leverde trouwens nog een andere tegenvaller op. Op het moment dat de bodem van de parabool de grondwaterspiegel naderde en er een echte natte secundaire duinvallei had kunnen ontstaan, werd het oppervlak door capillaire opzuiging nat, ging er vegetatie op de bodem van de parabool groeien die vervolgens zand ging opvangen. In plaats van een meertje ontstond er een duintje!

Jungerius denkt dat ook de parabool aan de westkant van Terschelling niet in een (fossiele) zeereep is ontstaan. Hetzelfde geldt in elk geval voor Råbjerg Mile in Denemarken. De mooie parabolen op de grens van Frankrijk en België, bij Bray Dune en De Panne liggen evenwijdig aan de kust die daar ZW-NO loopt. Wat je daar wel goed ziet, is het mechanisme van de uitbreiding van de parabool: erosie aan de loefwaartse voet van de steile helling, kerven in de kruin eindigend in waaiduinen waar het geërodeerde zand wordt neergelegd, en uitbraak langs het waaiduin waardoor de parabool zich kan verplaatsen. Hoe de situatie is bij de parabolen van Merlimont zou uitgezocht moeten worden. De individuele parabolen verder langs de Franse kust beginnen wel aan het strand, maar dat komt omdat daar door wervelingen langs obstakels (bunkers uit WO2) of intensieve betreding langs duinslagen de zeereep plaatselijk is geslecht.

Als er langs de Hollandse kust parabolen vlak achter de zeereep liggen, is dat nog geen bewijs dat ze in die zeereep zijn ontstaan. Al vanaf de zestiende eeuw is de kust van Holland regelmatig door de zee teruggezet. Dat is o.m. bekend van Katwijk en het vroegere Berkheide. Daarbij werden de armen van kamduinen afgesneden en grensden ze daardoor direct aan de kust. Dat is op te maken uit schilderijen en tekeningen van potvisstrandingen uit die tijd.

Met betrekking tot parabolisering moet ook het experiment dat de UvA en RWS op Ameland hebben uitgevoerd worden genoemd. Daar is een kunstmatige kerf gemaakt door een fossiele zeereep (de actieve zeereep vond men te gevaarlijk) om te zien of daaruit een parabool in de achterliggende primaire duinvallei zou ontstaan. Tien jaar bleek daarvoor te kort te zijn. Hoewel de kerf zich in de duinvallei uitbreidt, is het stadium van windkuil (dus omhooglopende i.p.v. vlakke bodem) nog niet gepasseerd.

Waardoor zijn grootschalige verstuiwingen ontstaan? Bij Oranjeson door verbreding van het strand ten gevolge van kustafslag in het zuiden (vrij zeldzaam voor Nederland, wordt waarschijnlijk een Aardkundig Monument); Meeuwenduinen onbekend; Zuid Texel door verhelving van een zandplaat; op de oostpunt van de eilanden omdat zich eerst een wadplaat vormt die vervolgens tot een kwelder opslibt (Aan de noordgrens van de kwelder vormt zich op spontane, natuurlijke wijze een zeereep. Bij gebrek aan zand is deze zeereep niet gesloten, maar bestaat hij uit oogvormige duinclusters, van elkaar gescheiden

door overwashes, dat zijn open gebleven restanten van de oorspronkelijke wadplaat. Door de suppletie wordt de zeereep gesloten en verdwijnen de internationaal bijzondere oogduinen). De voorkomens van de recente grootschalige verstuiwingen achter de zeereep zijn altijd artificieel. Direct aan de kust hebben grootschalige verstuiwingen vrijwel altijd een relatie met de kustdynamiek. Bij de artificiële voorkomens achter de zeereep nooit. Suppleties hebben een groot effect op de verstuiwingen door o.m. verandering van het strandprofiel, de verandering van de balans tussen windkracht en hoeveelheid beschikbaar zand, en soms wijziging van de korrelgroottesamenstelling.

Van een aantal stuifkuilen in De Blink bij Noordwijkerhout is gedurende twee jaren wekelijks een aantal geomorfologische variabelen gemeten en gecorreleerd met windparameters. Hierover is gepubliceerd. Evenals over een monitoringsprogramma van een aantal stuifkuilen in Meijendel die gedurende een groot aantal jaren halfjaarlijks zijn ingemeten. Daarbij zijn ook de ecologische aspecten meegenomen. Datzelfde geldt voor de zandverstuiwingen in Duin en Kruidberg die geselecteerd waren voor het EGM project Grootschalige maatregelen verstuiwen in 1991.

Er zijn in de afgelopen jaren veel stuifkuilen gestabiliseerd. Toch zijn er in diverse terreinen in de binnenduinen (ook bijv. Westduinpark) voorbeelden van stuifkuilen die nog steeds actief zijn. De reden daarvan zou onderzocht moeten worden. Over de wetmatigheden van stabilisatie is gepubliceerd in de artikelen over De Blink en Meijendel. Beïnvloeding van de zone rondom een stuifkuil hangt af van het type stuifkuil. Bij kerven in de zeereep en blowouts in duinhellingen wordt het opgenomen zand direct aan het lijwaartse einde van de kuil in een 'waaiduin' vastgelegd door helm. Bij stuifkuilen in vlakke duingebieden ontstaat een zone rondom en vooral aan de lijszijde van de kuil waar door depositie van vers zand de vegetatie verandert. Dit was één van de uitkomsten van het EGM project in Duin en Kruidberg.

Afplagexperimenten ten behoeve van verstuiwing zonder geomorfologisch inzicht leiden tot ongecontroleerde duinvorming die de oorspronkelijke, natuurlijke structuur van de duinen onherstelbaar aantasten.

Algengroei en versnelde successie zijn belangrijke factoren bij de stabilisatie, e.e.a. veroorzaakt c.q. versneld door versterkte atmosferische depositie.

De stuifkuilen in onze duinen ontstaan op drie manieren:

1. vanuit een kerf in de zeereep.
2. als blowout in duinhellingen (na afspoeling van het niet-erodeerbare grijze zand na een periode van hydrofobie)
3. als blowout in vlakke duingebieden (door valwinden aan de lijszijde van bossen of paraboolduinen)

ad 1) Als een zeereep niet meer strak wordt beheerd, ontstaan kerven, zowel onderaan de helling van de zeereep, als op de kruin. Een kerf aan de voet van de zeereep kan uitgroeien tot een stuifkuil. O.m. op Ameland zijn daar fraaie voorbeelden van te zien. De kerf breidt zich daarbij in de zeereep uit, maar eigenaardig genoeg ontstaat er geen doorsnijding van de zeereep. Wat gebeurt is dat de kerf afbuigt en evenwijdig aan de kam van de zeereep verder gaat. Dat is meestal in NO richting, maar in zowel NO als ZW richting kan ook. Waarschijnlijk is dat het effect van turbulentie. In andere gevallen ontstaat er wel een grote stuifkuil loodrecht op de kust, maar ook dan zet de uitblazing zich niet voort en vormt zich op de zeereep een waaiduin van het uitgestoven zand.

Parabolisering heeft Jungerius op deze natuurlijke wijze nooit zien gebeuren. De paraboolduinen op Schouwen zijn achter de zeereep ontstaan.

ad 2) De meeste blowouts ontstaan op oudere duinhellingen. Vooral op zuidhellingen in de 'grijze duinen' wordt het grijze zand in droge toestand snel waterafstotend. Als het niet door vegetatie wordt beschermd, spoelt het bij een regenbui van de helling af. Het schone zand dat daardoor aan de oppervlakte komt, kan door de wind worden opgenomen. Bedraagt de afstuiving meer dan enige decimeters dan zet het proces zich versneld voort en ontstaat een stuifkuil. Daarom liggen stuifkuilen bijna altijd bovenaan de helling. Ook de oorspronkelijke kruin van de kamduinen is daardoor aangetast.

ad 3) De kritische windsnelheid om zand op te nemen kan worden bereikt als er voldoende strijklengte is over vlak terrein. De kritische snelheid kan echter ook worden bereikt door valwinden aan de lizijde van een obstakel, vaak een ingekeepte bosrand of zoals in Duin en Kruidberg een knik in het front tussen twee paraboolduinen. Er ontstaan dan stuifkuilen ogenschijnlijk in de beschutting van het obstakel. Dit verschijnsel is nog niet verder onderzocht.

NB: met vlak terrein in het eerste geval wordt verstaan een lage vegetatie met lage ruwheid, of water. Zo zie je het ook bij natuurlijke parabolen gebeuren. De fout die volgens Jungerius bij reactivering van parabolen wel wordt gemaakt, is dat alle vegetatie binnen de paraboolarmen wordt weggehaald, zodat de wind, zodra de kritische windsnelheid is bereikt, zand gaat opnemen en daardoor geen energie meer overhoudt om het natuurlijke proces van de erosie van de paraboolvoet op gang te brengen.

De vraag wat de geomorfologische randvoorwaarden voor een optimale ecologie zijn, lijkt Jungerius niet juist. Optimale ecologie is kennelijk wat volgens hedendaagse denkbeelden van een aantal vooral vegetatiekundigen als ideaal voor het duinlandschap wordt ervaren. Daar is natuurlijk niets tegen, maar het is een modebeeld dat in de toekomst zeker zal veranderen. Als je de natuur haar gang laat begint het verhaal met een combinatie van mariene en eolische geomorfologische processen die op de ene plaats erodeert en op een andere plaats, met de hulp van zandvangers, duinen vormt. Vervolgens begint de kolonisatie door vegetatie die wat de natuur betreft eindigt met bos. Zo gaat het in principe overall in de gematigde zone. Als er verstoring optreedt wordt de successie onderbroken of teruggezet en probeert de natuur de draad naar volledige bedekking weer op te pakken. Boscologen zien waarschijnlijk het eindstadium van bos als ideaal, duinecologen willen meer variatie, d.w.z. biodiversiteit in het systeem houden en verwijderen daarvoor de vegetatie. Voor de natuur is die diversiteit geen doel, dus wordt de successie naar volledige bedekking door soorten die daarvoor het beste zijn toegerust, direct daarna weer voortgezet.

En geomorfologen? Voor geomorfologen is een duin een vorm waar de wind het elders opgenomen zand door gebrek aan energie heeft neergelegd. Deze vorm kan tijdelijk zijn, maar de natuur zal altijd naar permanente vormen streven. Vanuit dit gezichtspunt is het dan ook onjuist om, zoals het bijgevoegde artikel in de tweede alinea stelt, onze kustduinen worden bedreigd door vroegere stabilisatiepraktijken. Geologisch gezien zijn dit in principe stabiele landschappen, waarvan het oorspronkelijke reliëf kan zijn aangetast door latere veranderingen, bijvoorbeeld door verstuiving, hetzij natuurlijk hetzij artificieel. Geomorfologen zijn geïnteresseerd in het mechanisme van de duinvorming en zijn daarom voor de vergroting van inzicht niet tegen een ingreep om het proces weer op gang te brengen, maar het gaat hen daarbij om de vormen die daardoor ontstaan. Het zijn immers, het woord zegt het al, geomorfologen. Zij onderscheiden zich daarbij van de duinecologen en -beheerders die vanaf het verschijnen van de nota 'Duinen voor de wind'

geïnteresseerd zijn in de groeimogelijkheden op de erosie - en sedimentatievlakken, en dus met verstuiwing een ecologische doelstelling hebben, of graag 'spektakelnatuur' willen creëren. Voor de geomorfologie dienen bestaande eolische vormen als uitgangspunt voor de ingrepen, omdat zij aangeven hoe de wind werkt. Door aan te sluiten bij de natuurlijke processen zal naar verwachting een duurzamer product ontstaan. Voor de duinecologie is in principe elke blootstelling van erodeerbaar zand voldoende.

Verder zullen geomorfologen voorzichtig zijn met vormen die in het verleden zijn gevormd, omdat de vormingscondities én niet bekend zijn en daarom niet kunnen worden nagebootst, én nooit meer terugkomen zodat de schade aan deze vormen toegebracht onherstelbaar is en veel landschappelijke kwaliteit verloren gaat. Dat soort ingrepen in de natuur leidt, zoals een ecooloog heeft gezegd, 'per definitie tot broddellandschappen'.

Destijds is op grond van nationale en internationale ervaring aangegeven dat het percentage oppervlakte stuifkuilen in de grijze binnenduinen nooit hoger dan circa 10 tot 12% zou komen. We weten er te weinig van. Bij zandverstuivingen wordt wel beweerd dat een oppervlak van minstens 500 ha nodig is om het terrein permanent in verstuiwing te houden. Afgezien van het feit dat geen enkele Nederlandse zandverstuiving die oppervlakte haalt, het is ook onzin. De Munitieberg bij de Bergerheide in Limburg is nog geen ha groot en stuift al vanaf het begin van de 19de eeuw, terwijl de grootste zandverstuivingen dichtgroeien. Het is ook maar de vraag wat natuurlijk is. Er zijn aanwijzingen dat de Loonse en Drunense Duin halverwege de 19de eeuw grotendeels vast lagen en pas later die eeuw opnieuw grootschalig in verstuiwing zijn gegaan. Van het Rozendaalse Zand hebben we dezelfde indruk. En bekijk de beroemde foto van het Kootwijkerzand uit 1911 maar eens. Er is een bont mozaïek van beweeglijke en vastgelegde terreindelen. De enorme stuivende vlakken die we zo graag zien zijn altijd misschien wel tijdelijke verschijnselen geweest.

van der Meulen, Frank, beheer-beleid-onderzoek, RIKZ en IHE, voorheen Uva en daarvoor DZH.

De ervaringen van Frank van der Meulen hebben vooral betrekking op de duinen van de DZH (Meyendel en Berkheide). Verder is hij betrokken geweest bij stuifprojecten langs de gehele Nederlandse kust, in het kader van het OBN project Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in droge duinen. Hij is bekend met enkele grote stuifgebieden elders in Europa.

Er is op dit moment geen sprake van actieve parabolisering in het DZH gebied, er zijn alleen stuifkuilen, maar die stabiliseren bijna allemaal. Nu is vrijwel alles begroeid. Met Jungerius is vanaf de jaren 80 een proefgebied ten oosten van Ganzenhoek en ten zuiden van de Wassenaarseslag onderzocht. In de ronde van 5 jaar alles vastleggen werd besloten omdat eens niet te doen, en de ontwikkeling van de stuifkuilen dan te monitoren. In totaal zijn er 30 kuilen jarenlang twee keer per jaar bezocht, in zomer en winter. Tussen Kijfhoek en Bierlap is een kuil zelfs wekelijks gemonitord, met pinnen en vegetatieopnamen. Er zijn verschillende artikelen van verschenen onder andere in JCC, Catena en congresbundels (EUCC). De pinnen waren in een kruis geplaatst (lengteas, breedteas en centrum) en de verandering in diepte werd bepaald en verandering in de lengte van de assen.

Waarom is de mobiliteit in bijvoorbeeld Slowinski, Polen, zo veel hoger dan hier? Is het klimaat kouder zodat er sprake is van een lagere en anders soortige biomassa productie dan bij ons? Op het droge kalkarme duin van Slowinski is de climax vegetatie heide/buntgras/korstmos of iets dergelijks, geen bos. Als regel passen planten zich aan

aan stress (extreme omstandigheden), in koudere klimaten is dat vooral vorst, in mediterrane aan droogte (het gaat dan vooral om de frequentie en intensiteit in het groeiseizoen van bijv. de jonge blaadjes). De oplossing bij houtige climax -gewassen is min of meer gelijk: niet bladverliezend, taaie blaadjes, kleine, stugge gewassen. Het duurt lang voordat het er staat, langzame productie, en het is misschien dus minder bestand tegen verstuiving en minder in staat tot vasthouden van het droge zand. In gebieden tussen boreaal en mediterraan vind je de echte loofbossen als climax. De vraag is wat atmosferische depositie hier aan veranderd. Maar deze is in Slowinski (met een kouder klimaat) in elk geval veel lager dan bij ons.

Er was voordat aardgas algemeen beschikbaar werd een enorme houtbehoefte, voor koken en verwarming. Waarschijnlijk was de vraag naar biomassa groter dan het aanbod. Dit geldt waarschijnlijk al voor Holland in de Gouden Eeuw en de samenleving die zich direct achter de duinenrij ontwikkelde. Er zijn berekeningen gedaan voor Afrika, naar de houtbehoefte per persoon per jaar voor koken. Het zou interessant zijn om deze berekeningen eens voor de NL situatie te maken, in vergelijking met de bevolkingaantallen, en tegelijk een berekening van de groei van biomassa te maken, en zo te vergelijken of er een overschot of tekort is, en hoe dit door klimaatsverandering anders wordt. Overbegrazing en overmatige houtkap in onze vroegere tijd en de gevolgen daarvan voor het landschap, zou je kunnen vergelijken met datgene wat er vandaag de dag gebeurt in semi-aride savanne gebieden. Dan moet er herbebost worden om verdere landdegradatie te voorkomen (FAO programma's). Een soortgelijke bebossing heeft overigens in NL ook plaatsgevonden. Jammer genoeg vaak met uitheemse dennen.

Zuid-hellingen zijn favoriet voor het ontstaan van stuifkuilen. Dat is ook te zien op oude lufo's. Alle zuidhellingen zijn dan actief, het zijn kleine woestijntjes. Door de drogere, warmere microklimaatjes zie je er minder biomassa/plant productie en nauwelijks bodemontwikkeling, in vergelijking met noordhellingen.

Naast winderosie is ook regenwatererosie heel belangrijk bij het tot stand komen van kleinschalige verstuivingen. Dit gebeurt vooral in gebieden met grijs, hydrofoob zand. Het gaf en geeft vaak aanleiding tot het ontstaan van kleine "baby"stuifkuiltjes, waarvan sommige dan kunnen uitgroeien, als de weersomstandigheden in de opvolgende jaren gunstig daarvoor zijn. De aantallen zijn door Jungerius en van der Meulen in het proefgebied van Meyendel geregistreerd. Opeenvolging van gunstige meteorologische omstandigheden lijkt heel belangrijk voor dynamiek. Een droog jaar met flinke buien geeft veel nieuwe potentiële plekken. Bij natte jaren met weinig wind daarna, groeien ze gauw weer dicht.

Het regeneratieproject Berkheide, juist ten noorden van hotel Duinoord, wordt nu ca 4maal per jaar bezocht door van der Meulen. Het gebied lijkt vrij snel weer voor grote delen te stabiliseren. Er is nu zo'n 30-40% kaal.

Van het proefgebied in Meyendel zijn er oude foto's vanaf de grond, maar ook van later, toen de kuilen gestabiliseerd waren. Er is een luchtfotoserie van Meyendel, tussen Wassenaarse slag en pompstation, vanaf 1980 om de 5 jaar, IR, schaal 1:2500. Daarvoor zijn er ZW-W foto's die terug gaan tot 1938, met opnames uit '53, '58, '67, ergens jaren '70. In de 50-er jaren was er veel gras, weinig zand, daarvoor juist heel veel kaal. Veel kale plekken, een vlekkelig patroon, zeker geen wandelende parabolen. De infiltratie met eutroof rivierwater (sinds 50-er jaren) en de integrale vastlegging van het gebied volgens de keur, hebben zeker bijgedragen aan de algehele stabilisatie van Meyendel en de begroeiing met struik en bos. Voeg daar nog eens de atmosferische depositie (vooral sinds de jaren 70-80) aan toe. Ook na de explosie van myxomatose zie je de hoeveelheid bos/struik toenemen. Ze werden weel "myxomatosebosjes" genoemd in Meyendel. Verder

zijn er in Meyendel in de 50-er jaren erg veel bomen aangeplant (men ging met emmers eikels de duinen in bijv.). Dit gebeurde vanuit het idee om het duin mooi te maken voor de recreant (zie het gele Meyendelboek “beplanting en recreatie in de Haagse duinen”, uit die tijd. Met de bestaande luchtfotos en het nu bekende beheer/gebruik van het gebied zou een interessante “quick studie” gedaan kunnen worden naar “70 jaar landschapssuccessie in Meyendel”. Dit wil ik sterk aanbevelen.

Van der Meulen noemt het ‘Schierbeek onderzoek’. Schierbeek was een leraar in den Haag, die het “Web of life” wou gaan bestuderen. Meyendel vond hij daarvoor zeer geschikt. En hij initieerde allerlei inventarisaties in Meyendel (zie o.a. de oude nrs van De Levende Natuur). Daardoor hoort Meyendel tot de het best en langst onderzochte dungebieden ter wereld. Er zijn een aantal grote “Schierbeek PQs” in de 20 -er jaren aangelegd (zeereep, middenduin, achterduin). Sindsdien wordt dat 1x per ca 20 jaar opgenomen, alleen met vegetatiestructuur kaartjes. Echte stuifgebieden zitten daar niet bij, maar je krijgt wel een goed idee van de leeftijd van bepaalde vegetatiestructuurtypen en de successie.

Komen de mooie verschillende successiestadia (3 of 4 stadia in de grazige kalkrijke duinen, in kalkarme maar 2, NB: volgens de oude classificatie van Westhoff & den Held) uit elkaar voort? Hoe zijn ze tot stand gekomen? Is het een progressieve successie, dwz volgen de verschillende stadia elkaar op, of is het een andere, bijv een netwerksuccessie, dwz volgen stadia elkaar willekeurig op. Het idee van een progressie in de tijd komt eigenlijk voort uit het naast elkaar voorkomen van stadia in de ruimte, wat suggereerde dat deze stadia ook na elkaar in de tijd zouden voorkomen. Progressieve successie is uit het PQ materiaal in Meyendel niet goed vast te stellen. Er is in de 90 -er jaren wel onderzoek gedaan aan kleine PQ's op accumulatie zones van stuifkuilen, maar eigenlijk te kort om tot uitspraken te komen. Schierbeeks PQ's vanaf 1927 laten bijvoorbeeld zien dat in sommige gevallen struweel terug gaat naar grasland. Dit wijst op een netwerk successie, of volgens van der Maarel op een carousselmodel. De soortenrijke, zgn. zoögene graslanden van de 50 -er jaren, zoals die bijvoorbeeld zijn beschreven en gekarteerd in Meyendel door Boerboom, stammen uit de tijd vóór de infiltratie en atmosferische depositie, maar wel met een integrale begrazing van konijnen. Exlosures uit die tijd lieten zien hoe snel het duin vergrast en de soortenrijkdom achteruit gaat. Denk ook aan het effect van de myxomatose en het bijna wegvallen van de konijnenbegrazing. De laatste decennia hebben we met het VHS konijnenvirus te maken. (Ik krijg overigens in Meyendel de indruk dat de konijnen weer een beetje aan het terugkomen zijn). Op de Boerboom kaart zijn enkele van deze soortenrijke graslanden paars gekleurd. Waar komen die vandaan? Waren ze vroeger kaal, waren ze het gevolg van een grote dynamiek? Misschien wel helemaal niet. We weten het niet.

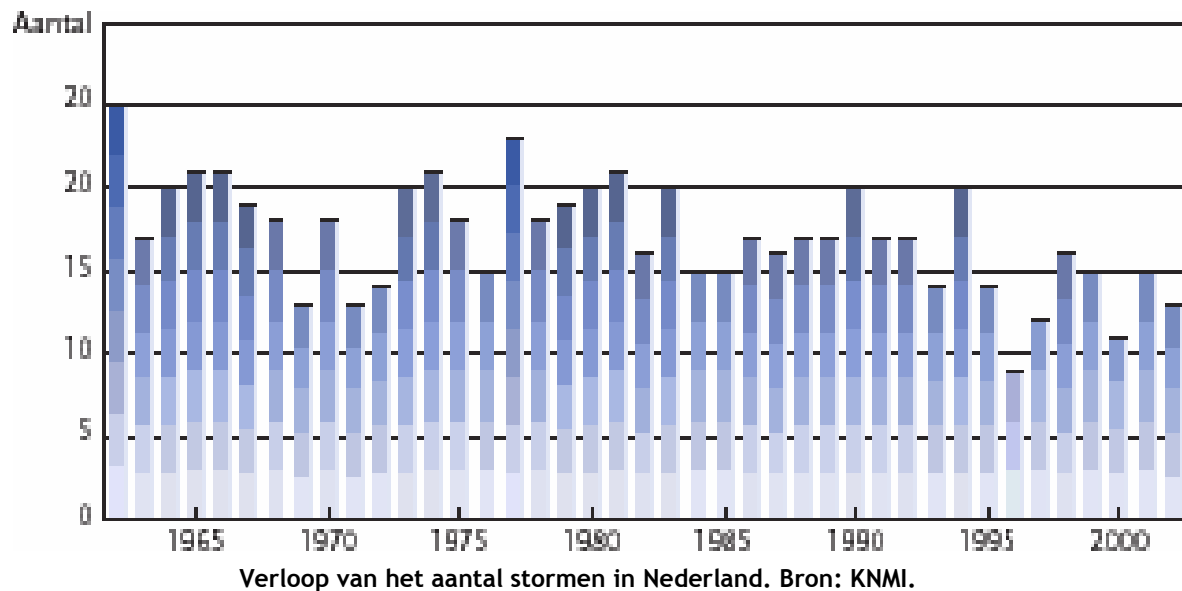
Suppleren heeft een groot effect op de zandbalans in de zeereep. Het strand van Wassenaar tot Scheveningen had voordat men overging tot suppleren iedere winter een duinklif door afslag. Sinds er gesuppleerd wordt vrijwel niet meer. Nu ligt er voor de “oude” zeereep een min of meer natuurlijke embryoduinrij die een nieuwe zeereep vormt.

Het is moeilijk om aan te geven of er een optimale verhouding tussen mobiel en gestabiliseerd duinlandschap is voor een optimale biodiversiteit. Biodiversiteit hoeft niet per se toe te nemen door duinmobiliteit. Bijvoorbeeld als er alleen een afwisseling van kaal zand en helm ontstaat dan levert dat weinig biodiversiteit. Dit geldt uiteraard vooral met betrekking tot droge duingraslanden. Zou de hoge biodiversiteit een jaren 50 verschijnsel zijn, en dus nooit meer terugkeren? Of zou het vanuit verschillende Helmmozaïeken kunnen terugkeren?

De belangrijkste oorzaak van een afname van dynamiek en de vergrassing van de duinen is toch vooral vermesting via de lucht in combinatie met een vochtig klimaat. De parabolen lijken fossiel in NL, ontstaan in een tijd met ander klimaat en ander landgebruik.

Slings, Rienk, beheersadviseur, PWN.

De ervaringen van Rienk Slings hebben vooral betrekking op de duinen van de PWN, maar ook op verschillende bezoeken aan Westeuropese duingebieden.



Van de bijna 21 km zeereep van het NHD is in 1999 beleidsmatig af gesproken dat er over ca 9 km sprake is van een vrij paraboliserende zeereep. Dit begint nu z'n vruchten af te werpen. Vooral de zeereep bij Heemskerk en in mindere mate die tussen Egmond en Bergen vertoont kansrijke aanzetten. Ook elders zijn er “beginnetjes”. Wat daarbij opvalt is dat een verstuiwing niet altijd hoeft te beginnen als een stuifkuil, maar dat soms een front van tientallen meters lengte landinwaarts begint te wandelen. Zie foto's (beide Heemskerk).



Enkele “beginnende parabolen” zijn door HHNNK meer malen opgemeten. Ook bestaan er luchtfoto's waarop e.e.a. te bestuderen is.

Een ander gebied met spontane, grootschalige verstuiving is het zee - en middenduin van het NHD ten zuiden van Bergen. Dit “kalkgrensgebied” is al van oudsher gevoelig voor spontane verstuiving (vroeger: een zorgenkindje; tegenwoordig: fantastisch). Slings schrijft dat toe aan de mineralogische samenstelling van het zand: qua mineralen al arm, zoals het waddendistrict, voornamelijk kwarts, maar toch nog enigszins kalkhoudend. Dat wil zeggen te arm voor weelderige plantengroei, maar wat er aan humus gevormd wordt, wordt toch door kalk afgebroken. Hoewel de verstuivingen op zich onder kleinschalig te rangschikken zijn, is het hele gebied als grootschalig in verstuiving te beschouwen.

Op het Watervlak bij Heemskerk zijn in de jaren 1970 spontaan grootschalige verstuivingen ontstaan op reeds lang geleden verlaten bouwland. Onderstaande luchtfoto toont deze: [het 5 ha grote “Hoefijzermeer” links boven ter bepaling van de schaal]



Deze verstuivingen zijn mogelijk ontstaan door een combinatie van droogte en hoge konijnenstand; maar hier is nooit onderzoek naar gedaan. Destijds zat hier met zekerheid een zeer grote konijnenpopulatie! Ze zijn kunstmatig gestabiliseerd (helmaanplant), want de ontstane parabolen liepen in de richting van een belangrijke transportleiding en een startbaan van het zweefvliegveld. Er zijn luchtfoto's van. Ook zijn er kleurendia's vanaf de grond in het PWN-archief.



Op deze luchtfoto uit 1940 van de zeereep bij het Quackjeswater Voorne is duidelijk actieve parabolisering te zien is, compleet met al afgesnoerde parabolen. Op grond van zwart-wit foto's uit de jaren 1910 -30 van vnl. de AWD kun je concluderen dat daar ook (al dan niet spontaan) grote verstuiwingen voorkomen. Slings heeft het vermoeden dat men op het Paradijsveld (een landbouwontginning) probeerde met behulp van verstuiwing dichterbij het door waterwinning dalende grondwater te komen.

Directie PWN schrijft in 1952 (Natuur en Landschap 6-3): "Bij de laatste overname der Berger duinterreinen werden aan weerszijden van de Zeeweg omvangrijke stuifreinen aangetroffen, deels als gevolg van werkzaamheid van de bezetter en deels mede veroorzaakt door veelvuldig en ongeordend betreden door het publiek na de bevrijding, en het is dan ook geen toeval, dat deze stuivende gedeelten vooral ter weerszijden van de Zeeweg waren gelegen."

De RAF luchtfoto's uit de oorlogsjaren zelf laten overigens al een fors stuifgebied zien dat de hele binnenduinderand tussen 't Woud en de grens met Schoorl omvat. De invloed van de oorlog, vermoedelijk vooral het daardoor achterwege laten van vastlegging en konijnenbestrijding, zal dus waarschijnlijk de hoofdoorzaak vormen, en recreatie een secundaire oorzaak.

Van oudere datum (tot ca 1940) zijn beschrijvingen van zeer grootschalige verstuiwingen van de duinen bij Schoorl, Schouwen en Walcheren. Hiervan bestaan ook indrukwekkende foto's. Hieruit kun je afleiden dat eenmaal aanwezige, zeer grote verstuiwingen in de eerste helft van de 20^e eeuw duurzaam waren. Van het gebied bij Schoorl is goed bekend dat de verstuiwingen kunstmatig zijn vastgelegd. Ook van Meijendel bestaan foto's waarop zeer grootschalige verstuiwing zichtbaar is: Bouma, 1926. Van AWD beschikt Slings over foto's uit de periode 1910-30 waarop ook hele forse verstuiwingen zichtbaar zijn:



"De duinen bezuiden Castricum tot Wijk aan Zee, verkeren wat het voorduin betreft in goeden toestand, maar men vindt in het middenduin, vooral echter in het achterduin, zeer vele stuifgronden, zelfs hoge blinkerts, die in het laatstgemelde gedeelte hoofdzakelijk veroorzaakt worden door overstuiving uit den zeereep." Blijdenstein & Brants, 1892

Duinen van Schouwen: "t Was in het jaar 1911, dat ik dit woeste duinlandschap van zoo nabij te zien kreeg. Ik vond het indrukwekkend in zijn grillige verstuingen. De jachtopziener die me vergezelde, genoot van dien aanblik minder. ... ondanks zijn beste zorgen verminderde het aantal konijnen met elken nieuwen herfst. In den loop der jaren had de wind vat gekregen op enkele plekken, waar een natuurlijk plantendek ontbrak, had daar het zand weggeblazen, diepe ravijnen gevormd en met het uitgestoven zand groote oppervlakten begroeid duin bedekt, zoodat de vegetatie daar verstikte en het gebied dat een prooi der winden werd, weer zoveel grooter geworden was. ... De groote vochtige duinpannen, begroeid met gras en duindoorn, de natuurlijke kweek- en schuilplaatsen voor de konijnen, werden door het zand overstoven, het gras verstikte, de duindoorns gingen dood en na een paar jaren lag de mooie pan daar als een barre zandvlakte, met hier en daar een doode doornstruik er bovenuit stekend. Het zal duidelijk zijn dat dit voor de konijnen fataal was... .. De storm van 30 September 1911 verplaatste zooveel zand, dat de jachtopziener den dag daarop zijn oud voetpad niet kon weervinden en op enkele punten den weg kwijt was. .. Ten laatste moest de regeering wel ingrijpen en trachten, het kwaad te keeren. Zoo zijn dan in de loop der laatste jaar en bunders bij bunders met helm en riet beplant en is het zand daar vastgelegd." Traanberg, 1926.

Meer literatuur over de stormramp van 30 september 1911:

De stormramp van 30 Sept. op 1 Oct. 1911 inzonderheid te Bruinisse. Buijse, J.; Oosterbaan & Le Cointre 1911.

Storm : 30 september 1911 / versiering naar origineele etsen van Van der Stok. Balthazar Verhagen; Nijmegen : Prakke [1911] 27 p.

Verslag over den stormvloed van 30 september -1 oktober 1911. Algemeene Landsdrukkerij 1912.

De storm van 30 sept.-1 Oct. 1911 in het Haagsche Bosch. Staatsboschbeheer; Utrecht 1912.

Wat Slings opvalt aan de Nederlandstalige oudere duinliteratuur, dus van oudere auteurs die misschien nog het e.e.a. met eigen ogen hebben gezien, is, dat zij allemaal wijzen op rooibouw als DE oorzaak van duinmobiliteit. Er zitten soms zeer duidelijke beschrijvingen van mobiliteit van hele duinen bij, zodat er geen twijfel is over het voorkomen van dit fenomeen tot in de 20^e eeuw (bv Gevers, Hugo de Vries, Nuhout van der Veen).

Suppleties hebben effect. Door vorming van een zandbuffer (berm) zeewaarts van de bestaande zeereep, waardoor deze laatste alleen nog bij extreme stormen aangetast kan worden. En een "aangetaste" zeereep is levensvoorwaarde voor het spontaan ontstaan van mobiele duinen. Eventuele parabooltjes in de berm kunnen niet tegen de doorgaans hoge zeereep "opklimmen". Ten tweede door het gebruik van slecht verstufbaar materiaal (korrelgrootte, slijbgehalte). Dit laatste kan ondervangen worden door in zee te suppleren in plaats van op het strand. De oplossing van het dilemma veiligheid/ecologie zou kunnen liggen in landelijke afspraken over een gedifferentieerde ligging van de basiskustlijn. Hierbij wordt op sommige plaatsen bewust wat veiligheid ingeleverd.

"Jonge konijnen maken op ontelbaar veel plaatsen de bovengrond der duinen los en dan vindt de wind wel gelegenheid om zijn vernielingswerk voort te zetten. Ze brengen zo veel meer duin in verstuing dan de ouden." Jac.P. Thijsse, 1920

Een voorbeeld van een stuifkuil die actief blijft is De Liguster (NPZK); al minimaal sinds 1978. Recreatie speelt hier geen rol bij. Bestuderen van luforeeksen zou in het kalkgrensgebied tot het vinden van hardnekkige stuifkuilen kunnen leiden.

Slings ervaring is dat stuifkuilen zelden uitgroeien tot een grotere vorm, zoals in Nederland de Nieuwenhuis-kuil (Schier) of in Ravenmeols de Devils Hole; in beide gevallen speelt recreatie hierin een rol. Op grond van Nederlands onderzoek komt Slings op plm. 6% van de kuilen, die groter wordt dan de standaard, dwz ordegrootte van 50 m lengte. Gemeten turnover: In 2 jaar stabiliseerden er van de 85 stuifkuilen 54 spontaan, terwijl er 39 nieuwe ontstonden. [Jungerius]

Of overstuiving van het duin rondom een stuifkuil leidt tot de ontwikkeling van een gewenste vegetatie hangt af van de uitgangssituatie: indien verzuurd grasland of bijvoorbeeld grijs kronkelsteeltje, dan altijd vestiging van kalkminnaars. ECHTER een bekende kalkminnaar is de Duindoorn, en die is niet altijd gewenst. E.e.a. hangt ook samen met de graasdruk. De meeste duingrassen vinden enige overstuiving best lekker; ze fleuren dan helemaal op. Wanneer dan de graasdruk te laag is, kunnen ze gaan woekeren.

In 1995 zijn drie hooggelegen stuifkuilen op het schildduin in het Buizerdvlak (op 570 meter van de zeereep in de volle kracht van de wind) met een kraan ontdaan van helm. De vorm bleef hetzelfde. Er is geen aantasting van de vorm opgetreden in de afgelopen 10 jaar. Wel een geleidelijke herkolonisatie met helm, die nu nog steeds niet voltooid is; vooral bij de op het zuiden geëxponeerde helling. Zie foto:



Een ander belangrijk experiment vond in 1984 ev plaats in het Noorderduin (N. v Wijk aan Zee). Hier was een zeer hardnekkige grote stuifkuil op de tweede duinenrij gelegen, die het voorliggende infiltratiegebied zou bedreigen. Ondanks jarenlange intensieve inspanningen was van het vastleggen niets terecht gekomen. Slings heeft toen de volgende proef genomen: 1. het grootste deel van de stuifkuil inrasteren met konijnengaas en zowel binnen als buiten het raster een stuk 1 steek diep en een stuk 2 steken diep omspitten en

alleen op deze stukken helm planten. Al na korte tijd was zonneklaar dat het inrasteren succesvol was: ten langen leste begroeide de stuifkuil spontaan. Konijnen waren dus al die jaren de grote boosdoeners geweest! De enclosure is al heel lang geleden weggehaald, maar er is sindsdien geen nieuwe verstuiwing meer ontstaan.

De door Slings gevolgde duinbranden hebben geen van allen tot (ook maar kleine) verstuiwingen geleid. Het effect van veebegrazing vind hij ook erg tegenvallen. Hier en daar stuift eens een veepaadje iets uit of wordt een schrale zuidhelling iets zandiger. Ook na het kappen van dennenbos zonder strooiselverwijdering, maar met watererosie, is geen betekende verstuiwing opgetreden. Na het kappen van op een hoge duinrichel gelegen dennenbos en het verwijderen van de strooisellaag viel de verstuiwing tot dusverre ook tegen (betreft Meeuwelekken bij Bergen).

Nog tot begin jaren 1980 moesten er in het zeeduin na elke winter nog nieuwe of weer geactiveerde stuifplekken worden dichtgelegd (takken) of dichtgeplant. Tegenwoordig zijn we op diezelfde plekken blij met elk nieuw stuifplekje omdat nieuwvorming een zeldzaamheid is geworden.

De volgende factoren zijn van belang voor de activiteit van stuifkuilen. Grondwater kan stabiliserend werken. Recreatie kan een belangrijke oorzaak voor ontstaan EN instandhouding zijn. Kalk kan organische stof afbreken, waardoor het zand beter verstuiikbaar wordt, maar dan moet er wel een mechanisme zijn om het voortdurend uitspoelen tegen te gaan. Helling en expositie (ligging) zijn belangrijk: hoe hoger hoe gevoeliger, vooral ZW en W expositie, daarna NW en daarna de overige exposities behalve N. Ook scherpe hoogteverschillen kunnen bevorderend werken. Konijnen zijn, of liever gezegd: waren m.i. DE veroorzakers van kleinschalige verstuiwing.

Volgens Doing zijn de kopjesduinlandschappen ontstaan door kleinschalige verstuiwing onder eeuwenlange invloed van begrazing. Denk aan Vroongron den, Mientenlandschap, Middendingraslanden e.d.

Vragen:

- Laten we proberen een top 5 van oorzaken van het tegenwoordig (vrijwel) achterwege blijven van kleinschalige verstuiwingen proberen op te stellen.
- Laten we mogelijke uitzonderingen hierop (gebieden waar wel nog gemakkelijk nieuwe kleinschalige verstuiwingen ontstaan) proberen te analyseren. Welke oorzaken kunnen we uitsluiten, welke niet.
- Laten we proberen in te schatten onder welke omstandigheden (en dus waar) spontane parabolisering in de zeereep onder de huidige omstandigheden kansrijk is.
- Laten we proberen in te schatten hoe lang het zal duren voordat een parabool zich echt geheel heeft losgemaakt van de zeereep waarin hij ontstaan is.
- In welk stadium begint een parabool zich daadwerkelijk naar het grondwater toe te vreten? Op dit moment in de zeereep nog niet.
- Kunnen we de huidige aanzetten in de zeereep daadwerkelijk beschouwen als het begin van parabolisering, of blijft het bij vormveranderingen van de zeereep zelf?
- Kunnen we een wetmatigheid vinden mbt de groei in dimensies van zo'n parabool?
- Zijn er voorbeelden bekend van Langdurig ("duurzaam") actieve KLEINE mobiele duinen? Of geldt hier ook hoe groter hoe langer actief?

van der Valk, Bert, onderzoeker (geoloog en (amateur)archeoloog), WL Delft Hydraulics

De ervaringen van Bert van der Valk hebben betrekking op de duinen van Schouwen (Meeuwenduinen), Meyendel en Solleveld

Meyendel / Solleveld

Parabolisering: Er is slechts op zeer beperkte wijze sprake van verstuiving, die mogelijk kan leiden tot parabolisering, meest in de zeereep. En meest binnen dat gebied in recente “teruggaven aan de natuur” gebieden. Verstuivingen lijden een “kwakkel” bestaan, breiden zich een beetje uit over de tijd, maar worden onherroepelijk teruggedrongen door weelderige vegetatie (vermesting vanuit de lucht). Verstuivingen komen nooit vanuit de zeereep want die moet volgens de keur worden vastgelegd, enig kleinschalig verstuivingswerk rond strandopgangen daargelaten. Door beheer (lees: opruimen van verstoven zand) komt het daar nooit tot grotere stuifvlaktes. Ergo: Beheer gestuurd, gericht op vastlegging/vernatuurlijking. Geen duurzame verstuivingen tot gevolg.

Schouwen- Meeuwenduinen

Bij het uitvoeren van archeologisch veldwerk in de vroege jaren negentig van de vorige eeuw bleek dat we onwaarschijnlijk veel geluk hadden: door twee droge herfst en winters in opvolging bleek dat bijna alle stuifketels een halve meter of meer duinzand verlaagd waren, waardoor oude bodems zichtbaar waren, en de concentraties van scherfmateriaal op de stuifketelbodems beraapt konden worden. Hier blijkt overduidelijk uit dat de hydrologie van een duingebied, en vooral zich verlagende grondwaterstanden, de allerbeste “garanties” voor uitstuivingen vormen. Toen we na een paar jaar nog eens een kijkje gingen nemen, bleken vele stuifketels weer flink aangezand door het “vastplakken” van stuifzand op een vochtig, vaak met algen begroeid zandoppervlak. Geen scherf meer te zien: bedekt door decimeters zand. Geen enkele sturing door beheer. Kortdurende klimaatfluctuaties en een geohydrologie interactie zijn hier belangrijke ontwikkelingsvariabelen geweest.

Geologen nemen aan dat er een relatie bestaat tussen verstuivingen en kustdynamiek, vooral als het gaat om opstuiving van duinen. Dit kan zowel op uitbouwende kusten als bij terugtrekkende kusten optreden. Bij uitbouwende kusten blijven de duinen relatief laag (“Oude Duinen” in NL); bij terugschrijdende kusten kunnen ze hoog worden. Maar er bestaan uitzonderingen op beide regels: vooral rond zeegaten zijn afwijkingen mogelijk.

Er is een boekenkast vol literatuur over geschreven, maar bijvoorbeeld de vorming van de Jonge Duinen in NL kan nog steeds niet eenduidig aan een of meer oorzaken worden toegeschreven. Het blijft bij: klimatologische veranderingen. Probleem is dat bewijsmateriaal verdwenen is onder invloed van de terugschrijdende kustlijn, en dat een en ander gebeurde toen er nog niet al teveel opgeschreven werd in geschiedkundige kronieken. Dit onderwerp moet nodig bestudeerd worden, met gebruik van moderne methoden en technieken (OSL bijvoorbeeld).

Strandsuppleties kunnen bij overheersende aanlandige wind aanleiding geven tot kleinschalige overstuivingen van onmiddellijk aanpalende terreinen, maar niet gauw tot grootschalige overstuivingen. Dat zal ook niet snel gebeuren omdat het betreffende gesuppleerde kustvak al vaak lang “erosief” is; suppleties vormen een druppel op een gloeiende plaat, en dienen al heel gauw tot suppletie van de uitgeholde vooroever. Het effect is dus snel weg c.q. uitgedoofd. Het zal interessant zijn om het effect van de relatief nieuwe toepassing van onderwater-vooroever suppleties op termijn te bezien: die

kunnen mogelijk tot aanzanding van het hoogstrand gaan leiden, en dat kan weer aanleiding zijn voor instuiving/ophoging van de zeereep.

De Waalsdorpervlakte was tot aan 1965 een zandige bedoening. Zodra het NL leger gemechaniseerd werd en met zijn oefeningen naar grootschaliger terrein vertrok, was het gedaan met de frequente kleinschalige, maar gebiedsdekkende verstuingen rond paden, schuttersputjes etc. Viel uiteraard samen met de beginnende vermessing vanuit de lucht. Het opnieuw toelaten van dit soort oefeningen in de duinen zal uitzonderend werken, vermoed van der Valk. Opvallend is dat sterk toegenomen recreatie (o.a. met honden) in het geheel niet geleid heeft tot zelfs maar overeind blijven van locale verstuing. Dat hangt natuurlijk samen met geleiding van de recreatie en bedekking van de paden met houtsnippers. Het hele proces leidt tot vastlegging en lintvormige vermessing door snippers en hondenpoep. Precies het omgekeerde van wat een “moderne” beheerder zou willen in zo’n gebied. Het verbod tot graven in duingebieden moet nodig opgeheven worden.

Het uitbannen van historisch gebruik van duinterreinen (strooisel-, plaggen-, houtroof, landbouw, bramenplukken, etc) en de beperking/zonering van gebruiksfuncties (vooral de functie “natuur”) heeft van de duinen parken gemaakt, waar elke activiteit door de beheerders “gewogen” wordt, en zeker al niet in het broedseizoen plaats mag vinden. Daarbij komt de slaafse en bevriezende navolging van de keuren met betrekking tot de zeereep: er beweegt helemaal niets meer.

Het westnederlandse duingebied (waar van der Valk het meest vanaf weet) heeft zich door de eeuwen heen gekenmerkt door dynamiek en ontwikkeling. Als we ons beperken tot de laatste eeuwen dan kunnen we concluderen dat er een soort evenwicht was, wat mede als factor de mens in zich droeg. Met de Verlichting ging men landbouwen in het duin, dat was een verdere verrijking, maar met het ophouden ervan door de waterwinning en het daarmee tegelijk verschijnende prikkeldraad, is er een toenemende mate van verstarring in het gebruik van het duin gekomen. De dagelijkse gang van de kustbevolking werd meer en meer uit het duin geweerd, en steeds sterker beperkt tot een zone onmiddellijk om de dorpen. Boomaanplant heeft enorm bijgedragen aan de algehele verstijving van het landschap, zodanig dat de huidige duingebouwer dit niet ziet als vreemde elementen, en protesteert als er eens een paar bomen omgehaald worden. Er is veel veranderd in een eeuw. Het is zinloos om een bepaalde peildatum te nemen, de klok is niet meer te rug te draaien. Tenzij... men de draconische maatregelen ala Berkheide over de gehele duin en gaat toepassen. Kortom: zonder het OPNIEUW introduceren van een hoeveelheid dynamiek (verschillend in tijd en plaats) zullen we in toenemende mate geconfronteerd worden met vastliggende en grazige duinen met hier en daar een blinkend topje/kuiltje. Van der Valk ziet de vermessing door de lucht de eerste decennia nog niet stabiliseren, laat staan afnemen.

Gezien het bovenstaande zullen we niet gelijk aan “teveel mobiliteit” komen; eerder zal het een hele toer zijn om die dynamiek te “genereren”. Je kunt moeielijk alle prikkeldraad gaan weghalen; de toegenomen zgn. veiligheidsnormen voor drinkwaterwinning kunnen daar niet mee omgaan. M.a.w. er is een nog sterkere verharding van de grenzen opgetreden. Het zal dus wel niet meevallen “genoeg” dynamiek te genereren. De verharding van de grenzen is eigenlijk tegengesteld aan wat er nodig is in het duingebied.

Een belangrijke vraag is of een (veel) groter niveau van dynamiek überhaupt mogelijk is in de duinen (de incidentele schoonmaakacties ala Berkheide voortzetten en bestendigen, dat wil zeggen tot een geaccepteerd verschijnsel maken).

Kunnen we die biotoop-verloedering terugdraaien?

BIJLAGE 2. VERSLAG STUDIEREIS “DYNAMIEK”, BELGIE - NOORDWEST-FRANKRIJK

Rienk Slings, Harrie van der Hagen, Luc Geelen en Bas Arens
22 t/m 24 september 2006

Westhoek, 22 september 2006

De duinen van de Westhoek (Sahara in de volksmond) zijn tot circa 10-15 jaar geleden zeker 100-150 jaar op grote schaal in beweging geweest en waren toen grotendeels kaal. De oorzaak van de dynamiek is niet bekend, maar vindt mogelijk zijn oorsprong in overbegrazing en/of misbruik. Recreatie is zeer zeker geen oorzaak geweest van het lang kaal blijven van het gebied. Een relatie met kustontwikkeling is niet duidelijk.

In de jaren 1990 was er een opeenvolging van natte jaren. Ook was de winddynamiek in deze periode relatief beperkt. Valleien stonden onder water, en Helm kon massaal kiemen, vanuit de valleien. Achter de eerste Helmpollen ontstonden luwe plekjes waar zaad makkelijker kon kiemen. In de jaren daarna is de zaadbron van Helm enorm toegenomen, met als gevolg een explosieve ontwikkeling van helm en een gigantische afname van kaal zand.



Het zand is zeer kalkrijk. De Helm degenereert na een aantal jaren. Dit kwam bij ons langs de kust vroeger ook voor, maar lijkt nu veel minder te gebeuren. Kennelijk heeft Helm hier het stuivende zand nog echt nodig. Na verloop van tijd verdwijnt de Helm, en wordt opgevolgd door mosduin en daarna (of ook gelijktijdig, in ieder geval heel snel) door Duindoorn. Deze duinen zijn nu niet geheel bedekt. Ca 5% is kaal, en gevoelig voor watererosie. De kale plekjes hebben hydrofoob zand aan het oppervlak. De bemoste

duinen die we hier zien (foto) waren ca 15 jaar geleden nog 100% kaal, zijn daarna door Helm bedekt, en nu dus alweer in een volgend stadium.

Ten Noorden van Fort Mahon, 23 september 2006

Dynamiek vanaf de zeereep tot een stuk landwaarts. Veel kerven vanuit de zeereep, maar ook grote stuifkuilen achter de zeereep, behoorlijk actief. Niet alle kuilen hebben dus verbinding met het strand. Grote, actieve stuifkuilen en kerven.

Achter de actieve zone: grote, volledige gestabiliseerde parabolen (foto), met armen die doorlopen tot de stuifkuilen / kerven achter de zeereep. De grootste dynamiek komt hier dus ook van een eerdere fase, en is nu geheel stilgevallen. Duindoornlandschap sluit naadloos aan op stuivend Helmlandschap. Ontbreken van R-landschap.

In de helmzone valt op dat de duindoorn zich gevestigd heeft in de strooizones van actieve (of eerder actief geweest zijnde) stuifkuilen c.q. parabolen. Duindoorn veroverd gemakkelijk los gepakt, kalkrijk zand, of het nu een verlaten landbouwweldje, een wegberm of een stuifkop betreft. Door een hard gepakte, afgestoven duinbodem komen zijn zwakke wortels niet heen. Overigens is achter de actieve helmzone op grote schaal sprake van afsterven of minder vitaal worden van helm en opvolging door andere grassen, waaronder rood zwenkgras een belangrijke rol speelt. Volgens Doing heeft duindoorn bodemontsluiting nodig. In een terrein wat woest heeft gestoven, en waar helm een grote rol heeft gespeeld, duikt duindoorn met zijn wortels de door de helmwortels voorgeperforeerde bodem in. Daarom volgt op een (secundair) helmlandschap een duindoornlandschap (zie ook het onderzoek van Ampe, 1993).



Hier en daar zijn er sporen van pogingen tot zandstabilisatie met net -achtige constructies.

Door hoge recreatiedruk, oorlogactiviteiten en -restanten (bunkers) , en vroegere (groen doek) en recente vastleggingsactiviteiten (stuifkui len met takkenschermen in de zeereep) is de huidige zeereep nog wel actief, maar verbrokken en chaotisch van karakter; niet klassiek.

In de natte duinvalleien is een mooie chronosequentie te vinden van pionier > kruipwilg > grauwe wilg-struweel > essenbos.

Meer naar het noorden is sprake van een prachtige gekerfde zeereep, dat zou het tenminste kunnen zijn, maar het is nogal verziekt door takkenschermen. De kerven zijn dichtgezet, en strandschoonmaakacties eindigen door al het afval in een wal voor de kerven te schuiven. Volkomen zinloos zeereeponderhoud. Toch is er nog sprake van in ieder geval klassieke, langgerekte naar zee open stuifkuilen. De bodem is nog boven strandniveau, en nog niet uitgeblazen tot op een vlak grondvlak, dus kun je nog niet van jonge parabolen spreken.

Berck sud - dune d'Authie

Aan de monding van de Authie ligt een duingebiedje met kwelders, aangroei en afslag. Met name het stuk met afslag is vanuit het perspectief van duurzame verstuiwing van belang. Een hoge zeereep slaat over enkele honderden meters af, waarbij een hoog, kaal klif is gevormd. Door winderosie is vervolgens veel zand naar achteren gewaaid, zoveel dat het duin aan de achterkant de kenmerken van een loopduin heeft, dat langzaam over een aangrenzend populierenbos richting weilanden migreert (foto). Dit leidt tot ongewone taferelen zoals zeeraket, die in het bos groeit. Door de extreme verstuiwing wordt het dennebos wat op de zeereep staat langzaam maar zeker opgerold. Belangrijke factoren voor de afbraak van het bos zijn (in volgorde): zwaartekracht > blootstuiwen wortels > zoutschade. Want ook de staande dennen op het duin gaan op flinke schaal dood.



Je krijgt hier een eigenaardige successie te zien: *Pinus nigra* > *Ammophila arenaria*! In het oprollende dennenbos groeit veel *Iris spec*! Ook de populieren die op de wind zijn komen te staan hebben dit niet overleefd.

Er is op dit moment nog geen sprake van duidelijke parabolisering. Wel wordt het front van de zeereep door winderosie uitgehold, en zou parabolisering op den duur een rol kunnen gaan spelen. Opvallend is dat zich op de duinvoet nu een miniscuul nieuw zeereepje bevindt. De tijd zal moeten leren of dit daadwerkelijk uitgroeit tot een nieuwe zeereep, of dat dit bij de komende winterstormen weer wordt opgeruimd.

Conclusie: deze afslag leidt tot behoorlijk duurzame dynamiek!

Tussen Merlimont en Berck plage : 15.45-19.00

Direct ten zuiden van Merlimont ligt een nog redelijk actief, gaaf paraboolduin, direct achter de zeereep (foto). Het duin is de laatste 20 jaar wel sterk achteruitgegaan in dynamiek, en de vallei ervoor is enorm snel dichtgegroeid, ondanks dat de dynamiek in de zeereep juist aan het toenemen is, vanwege het staken van het beheer ca 15-20 jaar geleden. De successie is enorm fraai in chronosequentie te zien. Heel fraai is te zien dat het duin zich episodisch verplaatst. De Gegenwallen en tussen liggende afblazingsvalleitjes zijn net heel duidelijke "jaarringen", liever: decennium-ringen.



Iets meer naar het zuiden ligt een parabool die aan de successie in de keel te zien nog tot niet zolang geleden mobiel was en die vervolgens op natuurlijke wijze gestabiliseerd was. Hoopvol was dat het er naar uit zag dat deze nu weer spontaan aan het reactiveren was geslagen.

De zeereep oogt inmiddels bekend: wel lang gerekte stuifkuilen met zeer grote afmetingen (nog veel groter dan bij Fort Mahon), maar geen klassieke parabolen die de zeereep

hebben losgelaten (foto). De bodems liggen allemaal ver boven strandniveau! Hoe is de parabool dan ontstaan? Hoe zag het er hier een eeuw of anderhalf geleden uit? Later vinden we toch nog een heel lange kerf die wel naar het grondwater aan het graven is.



Is het denkbaar dat de zandtongen, als ze wat verder het achterliggende duin(vallei) in zijn gedrongen door de luwere ligging een omhoog groeiende helmkrans krijgen die de paraboolvorming initieert?

In de actieve zeereep staan fraaie planten, o.a. zeekool (*Crambe maritima*). Van de vogels treffen we eigenlijk alleen maar de graspieper (*Anthus pratensis*).

Verder zuidwaarts, richting Berck, wordt de zeereep steeds dynamischer, met enkele gigantische stuifcomplexen, echter met moeilijk interpreteerbare vorm. De grotere dynamiek hangt hier samen met een steeds hogere recreatiedruk (foto).

Mosduinen zijn hier een zeldzaamheid. Op het laatst vonden we er toch nog een stukje.

Ghyvelde, Cabour-duinen 24 september 2006: 8.15-10.40

Dit gebied wordt gekenmerkt door een ontkalkte strandwal ver in het binnenland op de Frans/Belgische grens. Hier kun je goed zien wat er gebeurt als het fosfaat niet meer aan ijzer of kalk gebonden wordt en stikstof in overvloed uit de lucht komt zetten in absentie van begrazing: zware vergrassing! Sinds een aantal jaren is er sprake van begrazing (Haflingers) om de vergrassing terug te dringen. De paarden trappen wel de Z-hellingen weer kaal, maar het zand is dermate rijk aan organisch materiaal, dat dit niet tot dynamiek leidt. Gelukkig is er dankzij activiteit van konijnen wel weer wat dynamiek ontstaan (foto). Mogelijk is dit herstel wel gefaciliteerd door de begrazing.

Het was voor ons weer een beeld uit lang vervlogen tijden: ouderwetse “moslanden” (graslanden waar de kruiden en grassen/zegges korter zijn afgebeten dan het mos), geheel bedekt met konijnenkeutels).



Het viel op dat waar paarden en konijnen graasden de grasmatten uniform kort was, terwijl er waar alleen konijnen waren meer structuur was, vooral doordat de zandzegge hier langer was.

Dune du Perroquet, La Breche: 11.50-12.45

Tussen Bray-Dunes en de Belgische grens bezochten we de vroeger bij Nederlandse duinbiologen beroemde “slufter”: la Breche. Dit blijkt nu een ordinaire zandwinning in een vallei achter de zeereep te zijn, met een afvoerpad door de zeereep! In de 50 -er en begin 80-er jaren is la Breche wel nog geërodeerd door golfwerking gedurende stormactiviteit. De uitmonding is nu, zoals de natuurlijke gang der dingen is bij een positief zandbudget in dit kustgedeelte, weer keurig met helm dichtgegroeid. Er groeien in deze zanderij nu wel mooie duinvalleiplanten, zoals parnassia, bitterling, moeraswespenorchis en vleeskleurige orchis. Deze vallei wordt wel gemaaid.

Ook hier snel afsterven van Helm.

In een nabijgelegen vallei (bij Rienk bekend als de “oude jachtput -vallei”) was niet lang geleden geplagd. Het plagsel was niet afgevoerd of netjes weg gewerkt, maar lag op enkele grote hopen en wallen (geen landschappelijke ingreep dus, maar puur voor de plantjes, zie foto). We vonden hier Knopbies, die zich ook actief verjongde. Deze soort is hier dus wel op z’n plaats. Vreemd dat Schoenus dan geen grotere rol speelt in jonge duinvalleien, zoals bij ons.



Plaatselijk is hier ook weer de bekende forse dynamiek in de zeereep te vinden, ook weer in de vorm van zandtongen, net als meer naar het zuiden. Recreatie speelt hierin, zo vlakt bij de buitenwijken van Bray-dunes een grote rol.

(lit: Marie-Hélène Ruz e.a., 2005).

Conclusies

- Grootschaligheid is geen garantie voor permanente duurzaamheid. Een “toevallige” opeenvolging van natte jaren kan het einde van de dynamiek betekenen. Daarentegen leidt kleinschaligheid bijna altijd tot stabilisatie.
- Zowel in België als in NW-Frankrijk blijkt Helm bij stagnerende dynamiek af te sterven en begint er al heel snel een successie naar mosduintjes of -steeds vaker - naar Duindoornstruweel. Waarom zien we dit niet of veel minder snel in de Nederlandse duinen (of op de wadden waar het de belangrijkste vergrasser is)? Is dit puur een kalkeffect? Leven er in een zure zandbodem geen aaltjes die de wortels van Helm aantasten? Is het soms zo dat door de nabijheid van de kalkkliffen van Picardië het beschikbare kalkgehalte van het duinzand hier nog groter is dan in onze kalkrijke duinen?
- Grote recreatiedruk zorgt voor erosie en houdt dynamiek in stand, echter met een chaotisch karakter.
- Het niet beheren van de kust leidt op een termijn van 15-20 jaar tot aanzienlijk grotere kerven dan we nu langs de Nederlandse kust zien. Als dynamisch kustbeheer wordt voortgezet kunnen wij over een jaar of tien vergelijkbare vormen vinden langs kusten waar kerfvorming nu op gang is gekomen.
- Continue afslag gedurende een aantal jaren kan inderdaad een grootschalige duinmobiliteit opwekken, waarbij zelfs een heel bos wordt opgeruimd (door zowel erosie als door sedimentatie). Binnen 5-10 jaar leidt dit nog niet tot duidelijke parabolisering.
- Een dynamische zeereep alleen is geen garantie voor blijvende activiteit van achterliggende parabolen.
- In de natte valleien leidt, zonder beheer, de successie naar (struweel)bos, waarin bv Es een rol speelt.

BIJLAGE 3. OVERZICHT GEBIEDEN MET SPONTANE VERSTUIVINGEN



Kapenglop, Schiermonnikoog

- algemeen: Groot complex van stuifkuilen met valleivorming door uitstuiving tot op het grondwater. Vorming van stuifvlakte, vergelijkbaar met Schouwen (?).
- beheerder: Natuurmonumenten.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Grote recreatie druk, duidelijke beïnvloeding van geomorfologie en effecten op dynamiek.

- opmerkingen: In de jaren 1970 voerde de beheerder Nieuwenhuis hier maatregelen uit ter bevordering van dynamiek, en was daarmee zijn tijd ver vooruit.
- literatuur: Koekoek, 1992; van Tooren, 1994; Kuipers & Vos, 1988 over maatregelen Nieuwenhuis. Onderzoek A. Grootjans (RUG).
- contactpersoon: O. Overdijk, Natuurmonumenten.
- monitoring: Voor zover bekend geen abiotische monitoring. Mogelijk nog wel biotisch.

Westerduinen, Schiermonnikoog

- algemeen: Groot complex van stuifkuilen.
- beheerder: Natuurmonumenten.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Grote recreatiedruk, toenemend van west naar oost, met duidelijke gevolgen voor geomorfologie en dynamiek. Meest westelijke kuil is redelijk ongestoord.
- opmerkingen: foto uit boekje waaruit blijkt dat dit systeem ooit een soort paraboliserend systeem direct achter de zeereep was. De zeereep is dankzij stuifdijk aanleg inmiddels veel verder zeewaarts komen te liggen.
- literatuur: ?
- contactpersoon: O. Overdijk, Natuurmonumenten.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Zeereep Terschelling, paal 1-6

- algemeen: Afwisselende, soms zeer sterk gekerfde zeereep, met tussen paal 3 en 5 de twee grootste kerven langs de NL kust. Grote aanvoer van zand, en daardoor verhoging van de zeereep. Soms forse verstuiwing tot aan de achterkant.
- beheerder: SBB, voorheen RWS en defensie.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Redelijke druk langs paden, maar niet overheersend.
- opmerkingen: In het meest zuidelijk deel zijn herstelmaatregelen uitgevoerd, nadat het terrein door defensie is verlaten. Sterk toegenomen dynamiek en verkerving sinds start dynamisch zeereepbeheer.
- literatuur: ? Cor Swart kent een rapport over stuifkuilen in de zeereep uit ergens in de jaren 1970.
- contactpersoon: Cor Swart, RWS en Freek Zwart, SBB.
- monitoring: Er zijn Jarkus-gegevens en luchtfoto's. Er is een beperkte analyse gemaakt t.b.v. het life-project van Staatsbosbeheer (Arens, 2007).

Zeereep Vlieland

- algemeen: Sinds de invoering van dynamisch zeereepbeheer zijn er verschillende stuifkuilen in de zeereep ten westen van km 49 (?) ontstaan, waarvan sommige doorlopen tot op het strand (kerven).
- Beheerder: RWS.
- begrazing: Geen.
- recreatie: De stuifkuilen trekken bezoekers. Sommige worden duidelijk door betreding beïnvloed, en lijken als pad te fungeren voor bezoekers die naar het strand willen. De druk verschilt per kuil.
- opmerkingen: Achter een groot kuilencomplex waarachter een fietspad ligt zijn na de storm van 1 nov 2006 kerstbomen gezet.
- literatuur: ?

- contactpersoon: J.R. Wittingh, RWS.
- monitoring: Er zijn Jarkus-gegevens en luchtfoto's, maar er is nooit een analyse gemaakt. Zie voor een heel globale evaluatie Arens et al., 2007.

Rug van het Veen en stuifkuilen Vlieland

- algemeen: Enigszins op paraboolarmen lijkende lange stuifkuilen, met uitstuiving tot op een grondvlak.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Runderen.
- recreatie: Geringe recreatiedruk (vnl voor cranberrypluk)
- opmerkingen: In Westhoff et al staat een foto van een zeer grote, actieve stuifkuil.
- literatuur: ?
- contactpersoon: SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Paal 9-10 Texel (historisch)

- algemeen: Waarschijnlijk onder invloed van sterke kusterosie heeft het hier in het verleden heel hard gestoven.
- beheerder: RWS en SBB, nu USHN.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt geen rol.
- opmerkingen: Inmiddels is in het gebied een kerf ontstaan en wordt de zeereep dynamisch beheerd. Het schijnt dat USHN plannen heeft om het geheel weer stijf in de schermen te gaan zetten.
- literatuur: ?
- contactpersoon: ?
- monitoring: Voor zover bekend geen.

De Hors, Texel

- algemeen: Meest uitgestrekte en dynamische voorbeeld van embryonale duinontwikkeling op een aangroei kust. Veel verstuivingsdynamiek, maar ook zoet - zoutgradiënten.
- beheerder: SBB en Defensie.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Berijding door 4WD speelt een rol in een deel van het gebied. In het verlengde van de strandopgang worden alle duintjes stuk gereden en blijft een kale zone over.
- opmerkingen
- literatuur: Artikel van Ballarini et al. (2003) over uittesten van TL dateringen; scriptie van Houwelingen (2000).
- contactpersoon: Kees Bruin, SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Groote Keeten, Noord-Holland

- algemeen: Vergeten uithoek met gekerfde zeereep die neigt naar parabolisering. In het verleden is er veel aanstuiving geweest, mogelijk is dat nu wat gestabiliseerd.
- beheerder: USHN.

- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt hier geen rol van betekenis.
- opmerkingen: Zeldzaam stukje zeereep langs de vastelandskust. Schijnt in het kader van Zwakke Schakels achter 200m duinverzwaring te worden verstopt.
- literatuur: Metingen bij Groote Keeten ikv proefschrift Arens.
- contactpersoon: Adrie ter Hoeve, USHN.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Stuifkuilen Petten

- algemeen: Redelijk grote stuifkuil die de beheerder, Frans Erinkveld, vanuit een konijnenhol heeft zien ontstaan.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt geen rol.
- literatuur: ?
- contactpersoon: F. Erinkveld, SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen, m.u.v. foto's vanaf de grond. Frans Erinkveld heeft een aantal foto's toegezonden.

Stuifkuilen Bergen-Egmond

- algemeen: Op het grensvlak van de kalkarme en kalkrijke regio blijken stuifkuilen makkelijker te ontstaan dan ten noorden of ten zuiden.
- beheerder: PWN.
- begrazing: zeer extensieve begrazing sinds begin 2006.
- recreatie: Speelt geen grote rol.
- opmerkingen: Tot ca 1992 werden na elke winter alle kuilen dichtgeplant met helm. Huidige ontwikkelingen zijn sinds die tijd op gang gekomen. Toen de VHS nog niet zo sterk had toegeslagen waren de ontwikkelingen nog veel spectaculairder dan nu.
- literatuur: Hulshoff et al., 1986.
- contactpersoon: R. Slings, PWN.
- monitoring: geen. (standaard PWN-monitoring)



Kerven Heemskerk - Wijk aan Zee

- algemeen: Kerven ontstaan vanuit afslagklif. Een aantal kerven kan zich vrij ontwikkelen, voor anderen is een maximale uitstuivingsdiepte vastgesteld. Stuiven ze verder uit, dan wordt ingegrepen (schermen, dichtschuiven tot minimumniveau).
- beheerder: USHN.
- begrazing: Geen.
- recreatie: De Kerven worden wel betreden, betreding heeft wel enige invloed, maar niet dominant.
- opmerkingen: Bij een van de kerven is het diepste punt opgeschoven, omdat het beneden de grenswaarde was gestoven.
- literatuur: twee rapportages USHN, Carola Maas.
- contactpersoon: A. ter Hoeve, USHN.
- monitoring: Er worden door USHN regelmatig profielen gemeten. Er zijn veldmetingen van wind achter en om de kerven uitgevoerd door een student van de UvA (Weis, 2006).

De Liguster, Kennemerduinen

- algemeen: Gebied is al sinds jaren 70 actief. Ligt aan de lijzijde van een hoge duin rug.
- beheerder: PWN.
- begrazing: Extensief.
- recreatie: Volgens H. Wijkhuizen speelt recreatie geen rol.
- monitoring: Alleen standaard monitoring.

De Blink, Hollandse duinen

- algemeen: Dit gebied valt op door de redelijk grote hoeveelheid, soms zeer forse, actieve stuifkuilen. Het gebied is niet vrij toegankelijk.
- beheerder: Waternet en ZHL.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Geen, het gebied is afgesloten.
- opmerkingen: Vóór de oorlog was het gebied geheel dichtgegroeid. Na de oorlog zijn er opeens veel actieve kuilen. De oorzaak is onbekend. Het gebied groeit de laatste decennia langzaam dicht, de dynamiek gaat achteruit. De Blink was “een vergeten uithoek” waar het vastleggingsbeheer na WO2 veel minder intensief was dan overal elders. Bovendien is alle vastleggingsbeheer eind jaren 70 helemaal gestaakt.
- literatuur: zie literatuurlijst Jungerius. EGM rapporten.
- contactpersoon: L. Geelen en A. Beckers.
- monitoring: Een aantal stuifkuilen is een aantal jaren door P. Jungerius gemonitord.

Coepelduynen, Hollands Duin

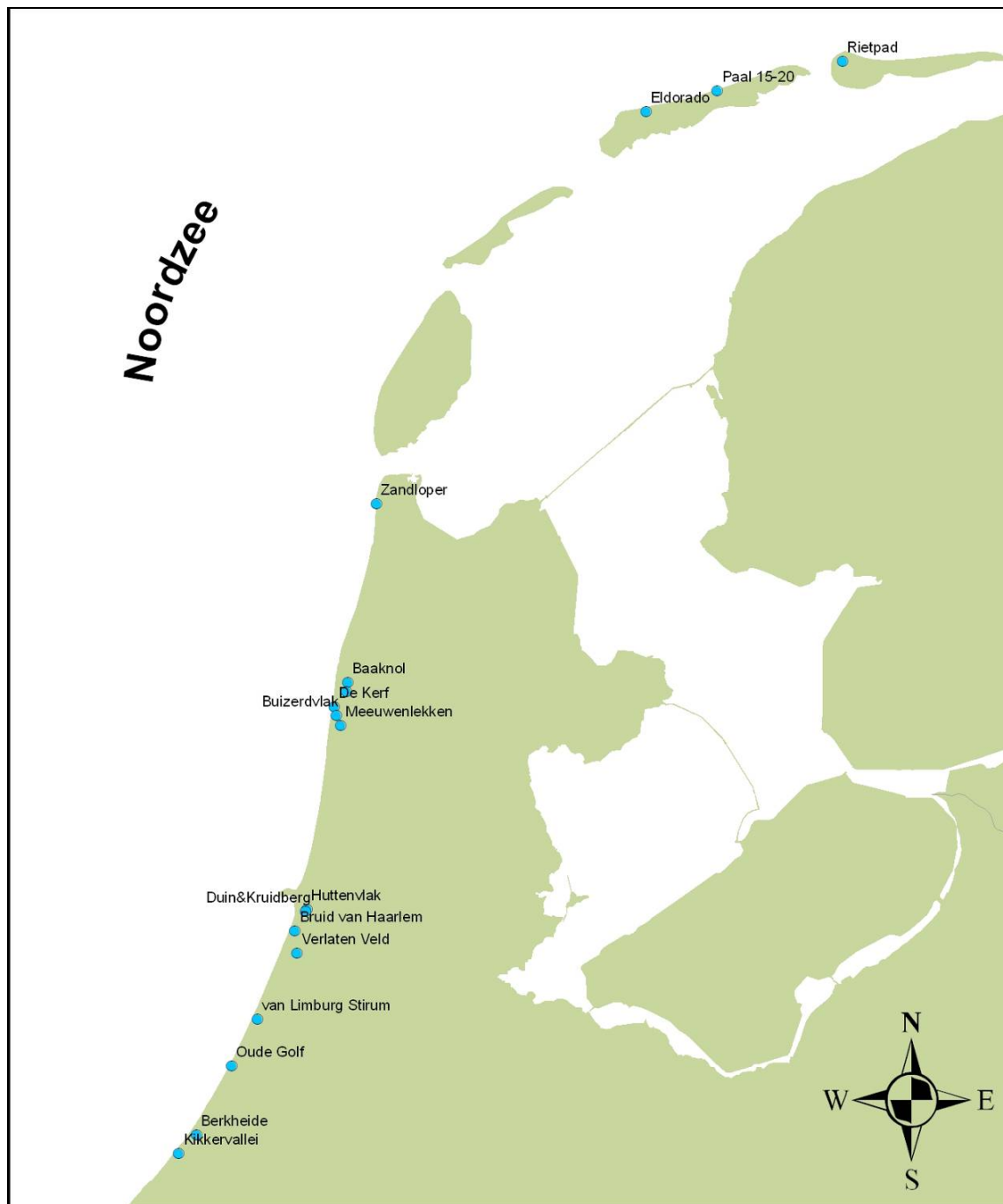
- algemeen: In dit gebied liggen grote verstuiwingsvormen, qua dimensie tussen stuifkuilen en parabolen in (enigszins vergelijkbaar met de pannen bij Ter Yde). SBB heeft jarenlang verstuiwingen bestreden, doet dat nu niet meer, en verstuiwingen blijken zich uit te breiden. Veel Duinroosjes.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Er wordt veel gerecreëerd in het gebied, dat licht ingesloten tussen Noordwijk en Katwijk. Desondanks dacht ik niet dat er een grote betreding buiten de paden plaats vindt.

- opmerkingen: Er is een merkwaardig contrast tussen het verstuivingsbeleid van Rijnland (zeereep) en SBB, vanwege de aanwezigheid van ESHTec achter de duinen.
- literatuur: ?
- contactpersoon: SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Meeuwenduinen, Schouwen

- algemeen: Grote verstuivingen en stuifvlaktes.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen?
- recreatie: Speelt geen grote rol.
- opmerkingen: Op het moment dat de uitstuivingsvlakte zich in de zeereep begon in te vreten, en er een doorbraak kon ontstaan, is er een grote verzwaring voor gelegd.
- literatuur: rapporten M. Eleveld, FGBL.
- Contactpersoon: Anton van Haperen, SBB.
- monitoring: Diverse GIS en luchtfoto-analyses door Marieke Eleveld, FGBL (van Boxel et al., 1993).

BIJLAGE 4. OVERZICHT GEBIEDEN MET HERSTELDE VERSTUIVINGEN



Rietpad, Ameland

- algemeen: Het experiment was bedoeld om parabolisering in een fossiele zeereep op gang te brengen. Hiertoe is in 1993 een V-vormige kerf aangelegd, die vrij snel is omgevormd tot een stuifkuil.
- ingreep: Aanleg V-vorm door fossiele zeereep in 1993.
- beheerder: RWS.

- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt geen rol van betekenis.
- Opmerkingen: Parabolisering is niet echt op gang gekomen. Vrij snel na de ingreep is de vorm veranderd in een stuifkuil, een diepe uitstuiving, omringd door een hogere opstuivingswal. De kuil is nog steeds actief.
- literatuur: Diverse rapporten J. van Boxel & P. Jungerius. Rapport over windmetingen van A. Baas.
- contactpersoon: J. van Boxel, UvA; T. Overdiep, RWS.
- monitoring: De ontwikkeling is een tiental jaren gevolgd door RWS en UvA. In een winterseizoen zijn in de kerf windmetingen uitgevoerd door A. Baas.

Paal 15-20 Terschelling

- algemeen: In het kader van een landschappelijke inpassing van de zeereep zijn stuifbevorderende maatregelen genomen over een traject van ca 5 km. De gevolgen voor de dynamiek zijn enorm. Doorstuiving plaatselijk tot enkele honderden meters achter de zeereep.
- ingreep: Een aantal kerven schuin over de zeereep, aangezet met stuifschermen om de wind te versnellen, en verwijderen van de begroeiing over de gehele zeereep, tussen ca 1995 en 2005?
- beheerder: RWS.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt geen rol.
- opmerkingen: Helaas op de verkeerde plaats dreigt een loopduin zich los te maken uit de zeereep, en zijn weer stuifbeperkende maatregelen uitgevoerd. Dennenbomen zijn nodig om het zand weer vast te leggen, omdat de dynamiek te groot is voor stuifschermen of helmaanplant. Vrije dynamiek over een groot traject blijkt lastig ivm achterliggende belangen (gepachte landjes, fietspad, plagproject SBB) en een verplaatste strandopgang.
- literatuur: rapport Evaluatie Dynamisch Kustbeheer Waddeneilanden; rapportage A. Nicolai.
- contactpersoon: A. Nicolai, RWS. C. Swart, RWS.
- monitoring: Er zijn weinig directe metingen gedaan. De meeste monitoring is gebaseerd op Jarkusgegevens en enkele luchtfoto's, echter zonder luchtfoto-analyse.

Stuifkuilen Eldorado, Terschelling

- algemeen: Reactivatie van stuifkuilen vrij dicht achter de zeereep, onder andere in het kader van het EGM project. De maatregelen zijn geen onverdeelde succes geweest. Een groot deel van de reactivatie is weer dicht gelopen.
- ingreep: in tien stuifkuilen is vegetatie en bodem verwijderd rond 1991/1992.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen?
- recreatie: Speelt geen rol.
- literatuur: rapporten van Boxel & Jungerius; EGM rapporten.
- contactpersoon: Freek Zwart, SBB.
- monitoring: vorm?

Zandloper, Kop van Noord-Holland (historisch)

- algemeen: Rollende zeereep als kustverdediging strategie.

- ingreep: weghalen vegetatie en graven van kerven op de wind rond 1985. Invangen en sturen van depositie met schermen.
- beheerder: USHN.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelde geen rol.
- opmerkingen: Extreme dynamiek toont aan dat wind niet de beperkende factor hoeft te zijn.
- literatuur: rapport van hoogheemraadschap (Nieuwjaar, 1995)
- contactpersoon: A. ter Hoeve, USHN.
- monitoring: Er zijn wel metingen verricht, mogelijk vooral ikv Jarkus.

Baaknol, Schoorlse Duinen

- algemeen: Ontbost en afgeplagd steil en hoog duin.
- ingreep: 2005?
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Beperkt?
- opmerkingen: In het kader van compensatie duinverzwaring Petten. Het terrein is inmiddels bezaaid met wortels. De dynamiek valt op het oog, gezien de steilte van het terrein, tegen (op basis van veldbezoek in april 2007).
- literatuur: Geen.
- contactpersoon: H. Wondergem, SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Stuifkuilen Schoorlse Duinen

- algemeen: Reactivatie van grote en kleine stuifkuilen.
- ingreep: Afplaggen en van vegetatie ontdoen van 3 grote en 5 kleine stuifkuilen in 1999.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt een bescheiden, maar wel duidelijke rol. Rondom alle kuilen loopt een pad, dat flink betreden wordt. Regelmatig zijn in de kuilen zelf ook sporen van betreding te zien.
- opmerkingen: Met name de reactivatie van de kleine stuifkuilen is weinig succesvol geweest. De grotere blijven nog enigszins dynamisch. Methode van wegwerken van vrijkomend zand is wel positief. Het vrijkomende zand is in de bodems van omliggende laagten en stuifkuilen weggewerkt in dunne lagen, zodat het niet als depot zichtbaar is.
- literatuur: Rapportage Arens et al., 2004c.
- Contactpersoon: F. Erinkveld, SBB.
- monitoring: Het project is 5 jaar gemonitord dmv veldwaarnemingen, Semi - kwantitatief. Geen luchtfoto's of hoogtemetingen.

Kerf Schoorl

- algemeen: doorbraak door zeereep en afplaggen van achterliggende vallei t.b.v. instroming van zeewater.

- ingreep: De ingreep is uitgevoerd in december 1997. Voor dat de werkzaamheden klaar waren kwam de zee al naar binnen, mede vanwege het feit dat de drempel was uitgegraven tot 1.5m NAP.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Sterke invloed in het open houden van de drempel. Door extreme betreding wordt duinvorming op de drempel tegen gegaan.
- opmerkingen: instroming na 2004 niet meer, omdat drempel langzaam maar zeker ophooft. Geschatte hoogte nu ca 3.5m NAP. Omdat de drempel kaal blijft (door betreding) is er echter wel nog steeds doorvoer van strandzand naar de vallei en achterliggende duinen.
- literatuur: Diverse rapporten, Arens; ten Haaf; Brugge; Groenendaal ; scriptie Haring, 1998, eindevaluatie Vertegaal et al, 2003; Haring & Arens, 2004.
- Contactpersoon: H. Wondergem, SBB.
- monitoring: Uitgebreide monitoring ahv luchtfoto's en veldwaarnemingen tussen 1998 en 2002. Geen hoogtemetingen. Er zijn wel wat laseraltimetrie gegevens beschikbaar, o.a. van 2005.

De stuifkuilen van Leon Terlouw

- algemeen: In 1995 werden drie fossiele, met helm dichtgeplante stuifkuilen, bovenop een fossiel loopduin in het Buizerdvlak (ten N van Bergen aan Zee) met de kraan opengegraven. Sindsdien is er geen monitoring geweest, behalve de periodieke luchtfoto's en gewone grondfotografie bij toevallige bezoeken. Zoals verwacht werd, is de dynamiek niet duurzaam geweest. Wel is het verbazend dat de op het Z geëxponeerde hellingen nog allemaal kaal zijn. De rest van de kuilen is weer m.o.m. met helm begroeid geraakt. (recente foto's beschikbaar)



Meeuwenlekken, Noordhollands Duinreservaat

- algemeen: Ontbossing. Ondanks de geëxponeerde ligging is er geen grootschalige verstuiving op gang gekomen. Zand stoof tussen de achtergebleven wortels weg, waardoor een desert pavement van slechtverterende (hars!) wortelresten ontstond. Dit remde verdere verstuiving en bevorderde de vestiging van vegetatie, vooral zandzegge en duinriet kwamen tot ontwikkeling. In 2006 is er door vrijwilligers een opruimactie gehouden, maar dit heeft niet meer tot veel extra dynamiek aanleiding gegeven.
- Ingreep: In 2003 werd een tegen de centrale duinrug van de duinen ten Z van Bergen aangelegde denbosje van ca 3,5 ha gekapt. De bomen en het strooisel werden verwijderd, de wortels niet.
- beheerder: PWN.
- Begrazing: Sinds maart 2006 wordt het gebied begraasd. De dichtheid is echter extreem laag. Wel blijken grazers een voorkeur te hebben voor gras dat zand invangt.
- recreatie: Er loopt een goed gebruikt onverhard voetspoor in de lengterichting door het project.
- contactpersoon: Rienk Slings.
- monitoring: De vegetatieontwikkeling wordt middels Tansley-opnamen jaarlijks gemonitord. Verder alleen de standaard PWN-monitoring (luchtfoto's, periodieke vegetatiekartering, broedvogels etc. Veel grondfoto's beschikbaar.



Huttenvlak, Zuid-Kennemerland

- algemeen: Afgeplagd deel van een deflatievallei van een groter paraboolduin om successie terug te zetten en duindoorn te verdringen dmv dynamiek.
- ingreep: Reliëfvolgend afplaggen en vegetatie verwijderen in 1999.

- beheerder: Natuurmonumenten.
- begrazing: Shetlandpony's en Schotse Hooglanders.
- recreatie: Speelt geen rol van betekenis.
- opmerkingen: Uitstuiving van de vallei is het meest duurzame proces, gaat tot op heden door. Door uitstuiving is een deel van de vallei tot op het grondwater uitgestoven. Hier zijn wilgen gekiemd, deze zijn zand gaan invangen, en hier ligt nu een redelijk omvangrijke gordel van duintjes overheen. Depositie van zand in de duindoorn heeft tot geen enkele geomorfologische dynamiek geleid, de duindoorn groeide er ieder jaar weer vrolijk doorheen, en heeft de duinrug nu weer grotendeels bedekt en gestabiliseerd.
- literatuur: Rapporten Arens en Kruijsen.
- contactpersoon: R. Luntz, Natuurmonumenten.
- monitoring: Monitoring ahv hoogtemetingen tussen 1999 en 2006.

Stuifkuilen Duin&Kruidberg

- algemeen: Reactivatie van stuifkuilen om natuurlijke dynamiek te vergroten.
- ingreep: Afplaggen en vegetatie verwijderen in 1991.
- beheerder: Natuurmonumenten.
- begrazing: Shetland Pony's en Schotse Hooglanders.
- recreatie: Speelt geen rol.
- opmerkingen: Zelfde gebied als Huttenvlak. Een beperkt deel van de kuilen is nog actief, maar het grootste deel is gestabiliseerd door dichtgroeien, deels ook door grondwater.
- literatuur: Artikel van Boxel et al. 1997, JCC., EGM rapporten.
- contactpersoon: R. Luntz, Natuurmonumenten.
- monitoring: De kuilen zijn een aantal jaren gevolgd, en er is eenmalig een opname gemaakt van overstuivingszones rondom de kuilen (van Boxel et al., 1997).

Bruide van Haarlem, Zuid-Kennemerland

- algemeen: Tweede experiment met paraboolreactivatie in Zuid-Kennemerland. Voor de planvorming is gebruik gemaakt van de eerdere ervaringen met paraboolreactivatie in het Verlaten Veld.
- ingreep: Voorzijde van grote parabool is in 2002 geheel kaal gemaakt en afgeplagd om het duin te remobiliseren.
- beheerder: PWN.
- begrazing: Schotse Hooglanders.
- recreatie: Geen rol van betekenis.
- opmerkingen: De voorste, kleinere duinenrij erodeert, de achterste hoofdkam wordt langzaam groter. Migratie is verwaarsloosbaar tot nu toe. Stabilisatie door uitlopende helmwortels is een groot probleem. Er is al een aantal keren handmatig helm verwijderd.
- contactpersoon: R. Slings, PWN.
- monitoring: Diverse rapporten Arens.

Verlaten Veld, Zuid-Kennemerland

- algemeen: Eerste experiment met paraboolreactivatie in Zuid-Kennemerland. Doel is na te gaan of mobiele parabolen bij kunnen dragen aan behoud van biodiversiteit doordat steeds steeds nieuwe pioniersituaties ontstaan.

- ingreep: van een klein paraboolduin is het dennenbos gekapt, waarna strooisellaag en bodem verwijderd zijn.
- beheerder: PWN.
- begrazing: Hooglanders, Koniksparden en sinds 2007 Wisenten.
- recreatie: Speelt geen rol.
- opmerkingen: De paraboolkam is extreem geerodeerd, waardoor de vorm veranderd is. Dit was een reden om bij de reactivatie van de Bruid er voor te kiezen de kam zelf niet af te plaggen, maar begroeid te laten.
- literatuur: diverse artikelen in Landschap, Geomorphology, Natura enz.
- contactpersoon: R. Slings, PWN.
- monitoring: Diverse rapporten Arens.

Van Limburg Stirum, AWD

- algemeen: Grootschalig herstel van duinrelief in een voormalig extractiekanaal, met mogelijkheden voor grootschalige verstuiving.
- ingreep: In 1995 is het extractiekanaal gedicht met het vroegere zand dat nog aanwezig was in depots. Daarna is de oorspronkelijke topografie zoveel mogelijk hersteld. Het gebied is verder niet ingeplant, met uitzondering van een drietal paden dat er doorheen loopt.
- beheerder: Waternet.
- begrazing: Geen.
- recreatie: speelt een beperkte rol in padvorming langs de lengteas van het gebied.
- opmerkingen: Het gebied is nog steeds actief maar versnipperd. Er zijn vele kleinere, voornamelijk erosieve cellen ontstaan. Dynamiek door overstuiving is minder belangrijk voor de instandhouding dan dynamiek door erosie. Er is regelmatig sprake van forse watererosie, met name in de zomer. Het oppervlak aan vochtige valleien breidt zich nog steeds uit door uitstuiving.
- literatuur: Arens & Geelen, 2001 en 2006; diverse artikelen waarbij verschillende projecten worden vergeleken.
- contactpersoon: L. Geelen, Waternet.
- monitoring: Diverse rapporten Arens.

Oude Golf, Hollands Duin

- algemeen: herstel van duinterrein dat als golfterrein in gebruik is geweest.
- ingreep: alle vegetatie is verwijderd en alle teelaarde die voor het golfterrein was aangebracht is afgegraven.
- beheerder: SBB.
- begrazing: Geen.
- recreatie: Speelt een beperkte rol.
- opmerkingen: Omdat alle aarde afgevoerd moest worden is er een zo dikke bovenlaag afgegraven dat er vrijwel geen wortels zijn achtergebleven. Daardoor blijft de dynamiek opvallend lang in stand.
- literatuur: enkele beschrijvende artikelen in Duin, zie www.nieuwenatuur.nl.
- contactpersoon: Tim Fransen, SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Berkheide, Zuid-Holland

- algemeen: Valleiregeneratie die vervolgens is opgeschaald tot paraboolregeneratie om grootschalige verstuiwingen op te wekken.
- ingreep: opschoning van voormalige infiltratieplassen en afplaggen van duinhellingen en toppen in 2002.
- beheerder: DZH en later SBB.
- begrazing: Schotse Hooglanders.
- recreatie: Speelt een beperkte rol.
- opmerkingen: Het is jammer dat het project met de grootste ingreep ooit (tenminste in de kustduinen) niet gemonitord wordt.
- literatuur: Geen.
- contactpersoon: M. Bilius, SBB.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

Kikkervallei, Meyendel

- algemeen: Afplaggen van valleien en kleinschalige verstuiwingen.
- ingreep: 1997.
- beheerder: DZH.
- begrazing: Koniksparden.
- recreatie: Speelt geen rol.
- literatuur: ??
- contactpersoon: H. van der Hagen, DZH.
- monitoring: Voor zover bekend geen.

BIJLAGE 5. DEELNEMERSLIJST WORKSHOP 21 SEPTEMBER 2006

Bas Arens	Bureau voor Strand- en Duinonderzoek
Theo Bakker	Ten Haaf & Bakker
John Beijersbergen	Provincie Zeeland
Luc Geelen	Waternet
Antje Ehrenburg	Waternet (verslaglegging)
Harry van der Hagen	DZH
Anton van Haperen	Staatsbosbeheer Regio Zuid
Marc Janssen	Stichting Duinbehoud
Jan Klijn	voorheen Alterra
M. Leeten	Agentschap voor Bos en Natuur, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Moniek Löffler	Bureau Landwijzer (verslaglegging)
Sam Provoost	Instituut voor Natuur en Bosonderzoek (België)
Rienk Slings	PWN
Bart van Tooren	Natuurmonumenten
Bert van der Valk	Waterloopkundig Laboratorium

BIJLAGE 6. STELLINGEN T.B.V. DISCUSSIE WORKSHOP

Stelling 1

- Er is iets wezenlijk veranderd. Vroeger was het duin niet vast te leggen, nu is het niet open te krijgen
- Er is niets wezenlijk veranderd. Vroeger wilde men alles vast leggen en was iedere vrije zandkorrel een bedreiging, nu wil men alles open hebben en is iedere vrije zandkorrel een zegen. Het is dus een kwestie van mode.
- Er is niets wezenlijk veranderd. Door de eeuwenlange beteugeling van dynamiek zijn we een drempelwaarde gepasseerd, waardoor nu alles doorslaat richting stabilisatie
- Er is iets wezenlijk veranderd, namelijk de nutriënteninput en opslag. Maar hoe is het dan mogelijk dat in sommige gebieden de dynamiek hier helemaal geen last van schijnt te hebben (bv Schouwen).

Stelling 2

- De belangrijk(st)e factor: zandbron
- Ontwikkelingen daarom niet los van zeereep
- Zeereep motor achter dynamiek
- Sleutelfactor voor duurzaamheid ligt daar?

Stelling 3

- Ontstaan en ontwikkeling van stuifkuilen is volkomen onvoorspelbaar
- Bij reactivatie / beheer van stuifkuilen moet je daarom accepteren dat slechts een beperkt percentage succesvol zal zijn (10-30%?)
- Kosten / baten?
- Mikken op grotere ingrepen en kleinschalig patroon vanzelf laten ontstaan?

Stelling 4

- Afplaggen van Helm heeft geen zin, want de wortels reiken extreem diep en lopen altijd weer uit.
- Afplaggen van Helm heeft wel zin, als je het maar diep genoeg doet

Stelling 5

- Menselijk gebruik (misbruik) is noodzakelijk voor dynamiek. We hebben te maken met een cultuurlandschap
- Kustduinen zijn alleen dynamisch als er of veel zand binnenkomt vanuit zee, of als er veel zand wordt vrijgemaakt door afslag. Stagneren deze processen, dan zal ook de dynamiek vanzelf uitdoven
- Natuurlijke dynamische kustduinen in ons landje is een illusie. Alleen in een volledig natuurlijk systeem vinden we een afwisseling van verouderde en verjongende systemen. In NL is daar geen ruimte voor, en is verjonging alleen mogelijk door ingrijpen. Door het vastleggen (van duinen, van grenzen, infrastructuur) is veroudering het enige natuurlijke proces dat overblijft.
- Als je de kustontwikkeling zijn gang laat gaan, komt het wel weer goed!

Stelling 6

- Reactiveren van grootschalige verstuing is alleen maar zo lastig omdat we nooit een schone start kunnen bereiken
- Reactiveren van grootschalige verstuing is alleen op lange termijn duurzaam als er onderhoud gepleegd wordt (dode wortels weghalen, Helm, Duindoorn trekken)
- Beheer om een proces op gang te houden komt op hetzelfde neer als patroonbeheer. Je probeert iets in stand te houden dat er eigenlijk niet meer hoort te zijn.

Stelling 7

- Als de stikstofdepositie beneden 12 (of 5?) kg/ha komt, komt alles weer goed
- Zelfs als de stikstofbelasting zo laag wordt zal ingrijpen noodzakelijk blijven, om de simpele reden dat er enorm veel biomassa is opgeslagen
- In alle gebieden waar de dynamiek niet uitdooft is stikstof niet bekend maar fosfaat

