

DUURZAME VERSTUIVING IN DE SCHOORLSE DUINEN resultaten monitoring 1999-2004

S.M. Arens
M. Witteveldt
J. Kloppenburg
F. Erinkveld



ARENS
BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK



DUURZAME VERSTUIVING
IN DE SCHOORLSE DUINEN
resultaten monitoring 1999-2004

S.M. Arens
M. Witteveldt
J. Kloppenburg
F. Erinkveld

ARENS BSDO
RAPPORTNUMMER RAP2004.08
Opdrachtgever Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland
December 2004

VOORWOORD

In december 1999 zijn in de Schoorlse duinen acht stuifkuilen geactiveerd, door vegetatie en bodem weg te halen. In 2000 is een begin gemaakt met de jaarlijkse monitoring van de gereactiveerde stuifkuilen voor zowel de abiotische als de biotische ontwikkeling. In oktober 2004 heeft het laatste terreinbezoek plaatsgevonden. De abiotische monitoring is uitgevoerd door Martin Witteveldt, Jos Kloppenburg en Frans Erinkveld van Staatsbosbeheer, en Bas Arens van Bureau voor Strand- en Duinonderzoek. De biotische monitoring is uitgevoerd door Cor ten Haaf van Bureau Ten Haaf en Bakker. In dit rapport vindt u de verslaglegging van de abiotische monitoring in 2004 en een evaluatie van de veranderingen tussen 1999 en 2004 en het effect van de reactivatie.

Bas Arens
Amsterdam, 5 december 2004.

INHOUD

VOORWOORD	III
INHOUD	V
1 INLEIDING	1
2 METHODEN	3
3 RESULTATEN	5
3.1 Overzicht per kuil	8
3.1.1 kuil A (A1 en A2)	8
3.1.2 kuil 1	13
3.1.3 kuil 2	16
3.1.4 kuil 3	19
3.1.5 kuil 4	22
3.1.6 kuil 5	25
3.1.7 kuil 6	28
3.1.8 kuil 7	31
3.1.9 kuil 8	34
3.1.10 kuil C	37
4 EVALUATIE	39
4.1 Onderlinge vergelijking van de ontwikkeling van de kuilen	39
4.2 Het effect van recreatie	41
4.3 Evaluatie van de monitoring	42
4.4 Evaluatie van de ingreep	42
5 CONCLUSIES	45
6 AANBEVELINGEN	47
7 LITERATUUR	49
LIJST VAN FIGUREN	51
LIJST VAN TABELLEN	53

1 INLEIDING

In het verleden behoorden de Schoorlse duinen tot de meest stuivende duinen van Nederland. Door verregaande stabilisatie maatregelen en mogelijk ook door effecten van zure regen en stikstofdepositie is het grootste deel van het stuivende areaal in de 20ste eeuw vastgelegd. Door het voortschrijden van de vegetatiesuccessie is inmiddels een groot deel van het gebied vergrast, in de Schoorlse duinen vooral met helm, buntgras en zandzegge. Het gevolg is een afname van de biodiversiteit en de variatie binnen het gebied.

In verschillende gebieden wordt nu ervaring opgedaan met het terugdringen van de vegetatiesuccessie door actief in te grijpen. In eerste instantie werd vrij direct ingegrepen, door vegetatie en bodem te verwijderen. Inmiddels is echter duidelijk dat dergelijke ingrepen vooral kans maken wanneer door de ingreep het proces van verstuiving op gang wordt gebracht, waarna de natuur het werk over kan nemen (zie bijvoorbeeld Arens en Geelen, 2001). De ingreep bestaat dan uit het herstel van de geomorfologische dynamiek. Essentieel bij deze vorm van ingrijpen is, dat vegetatie en bodem op die plaatsen worden verwijderd, waar de wind in staat zal zijn om het zand vervolgens op te nemen. Grote vraag is of deze manier van ingrijpen duurzaam is, dat wil zeggen leidt tot een langdurig herstel van de geomorfologische dynamiek, zonder dat verdere interactie nodig is.

Binnen het duinlandschap zijn stuifkuilen opvallende verschijnselen, en in feite de laatste actieve overblijfselen van het vroeger zo dynamische landschap. Ook in het recente verleden zijn op verschillende plaatsen spontaan stuifkuilen ontstaan, of soms vanuit kleine verstoringen zoals konijnenholen of paden. In de Schoorlse duinen speelt dit nauwelijks. In het gebied ten zuiden van Bergen komt dit juist wel voor. In de duinen van Petten is een grote stuifkuil waarschijnlijk uit een konijnenhol ontstaan (Erinkveld, pers. comm.).

Het ligt voor de hand om bij het herstellen van verstuiving zich te richten op die plaatsen waar verstuivingen pas recentelijk zijn gestabiliseerd. In 1997 is een inventarisatie uitgevoerd naar de meest geschikte locaties voor het reactiveren van stuifkuilen (Arens et al., 1997). In twee deelgebieden zijn in totaal acht stuifkuilen uitgezocht; een gebied met grote stuifkuilen ten noordwesten van het Vogelmeer, en een gebied met kleine kuilen, direct ten noorden van de Schoorlse Zeeweg en het ruiterspad. Het is de vraag of de schaal van stuifkuilen groot genoeg is om uiteindelijk tot een duurzame vorm van landschapdynamiek te komen. De door een stuifkuil gegenereerde dynamiek blijft meestal beperkt tot een klein gebied. Pas wanneer stuifkuilen gaan paraboliseren komt er een grootschaliger, landschapsvormend proces op gang, waarbij de dynamiek zo groot kan zijn, dat deze weer nieuwe verstuivingen genereert. Het voordeel bij het reactiveren van stuifkuilen is, dat ingrepen vrij beperkt zijn, en het landschap in zijn huidige vorm vrijwel niet wordt aangetast. Blijkt de reactivatie niet duurzaam, dan is in ieder geval de successie een stuk terug gedraaid, zonder dat dit negatieve gevolgen voor het landschap heeft. Daarnaast is het gunstig voor flora en fauna behorende bij pioniersituaties. Het nadeel is dat het effect van de ingreep sterk lokaal is, en zelfs beperkt kan blijven tot de kuil zelf.

In december 1999 is de ingreep in de Schoorlse duinen uitgevoerd. Binnen de kuilen zijn helm en bodem verwijderd. Het vrijgekomen materiaal is lokaal in depots verwerkt, omdat afvoeren uit het terrein in verband met de grote hoeveelheid transport die dan nodig was geen optie was.

Om het effect van de ingreep te kunnen evalueren is de ontwikkeling van de kuilen gedurende een aantal jaren gevolgd met behulp van een gestandaardiseerde monitoring. Jaarlijks zijn rapporten opgeleverd met de monitoringsresultaten over die perioden. In dit rapport wordt de abiotische monitoring over de periode oktober 2003 tot oktober 2004 besproken. Bovendien wordt een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de gereactiveerde kuilen sinds de ingreep, en wordt de ingreep zelf geëvalueerd. Monitoring van de vegetatieontwikkeling wordt uitgevoerd door Buro Ten Haaf en Bakker en wordt niet in dit rapport behandeld.



Figuur 1.1. Werk in uitvoering bij kuil 1.

2 METHODEN

De stuifkuilen zijn tweemaal per jaar volgens een standaardprocedure opgenomen. De procedure staat beschreven in het monitorings-protocol, dat als bijlage in het eerste rapport is opgenomen (Arens et al., 2000). Voor detailinformatie over de methodiek van monitoren wordt verwezen naar deze bijlage. De opname in maart/april geeft de situatie aan het eind van het stuifseizoen (maximale uitbreiding overstuiving, minimale vegetatiebedekking), die in september/oktober de situatie aan het eind van het groeiseizoen (minimale uitbreiding overstuiving, maximale vegetatiebedekking). Dit zijn twee belangrijke tijdstippen in het jaar voor wat betreft de landschapsdynamiek.

Meteorologische gegevens over de periode van het onderzoek zijn beschikbaar via de website van het KNMI (www.knmi.nl). Hiervan zijn dagelijkse gegevens van De Kooy (Den Helder) gebruikt, met betrekking tot windsnelheid (daggemiddelde windsnelheid) en neerslag (dagelijkse hoeveelheid neerslag). Met behulp van een transportformule zijn per dag berekeningen gemaakt van mogelijk transport van zand (potentieel transport = het transport dat op zou treden als belemmerende factoren, zoals neerslag, vegetatie etc. geen rol spelen). Per periode is het aantal dagen bepaald met een daggemiddelde hoger dan 8m/s, waarbij het waarschijnlijk is dat verstuiving in de stuifkuilen optreedt. Ook is het aantal dagen bepaald waarbij deze windsnelheid gecombineerd is met een neerslag hoger dan 5mm. Onder deze omstandigheden zal door de beperkende invloed van neerslag het werkelijk transport aanmerkelijk afwijken van het potentiële transport. Potentieel transport en neerslag zijn tot slot gesommeerd per jaar.

Bij een opname wordt een algemeen overzicht gegeven van weersomstandigheden voorafgaande aan de opname, van bijzonderheden in het weer van het jaar van opname (veel/weinig stormen, droog/nat) en van eventuele ontwikkelingen met betrekking tot vegetatie, fauna of verstuivingen. Per kuil wordt geïnventariseerd wat de mate van geomorfologische activiteit en de mate en aard van vegetatiebedekking is, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen pioniervegetatie en gestabiliseerde vegetatie. Daarbij wordt aandacht besteed aan winderosie binnen de kuil, afstorting door ondergraven in de vorm van slumps en lawines, depositie aan de rand van de kuil, en overstuiving in de omgeving van de kuil, eventuele effecten van grondwater, of menselijke beïnvloeding. Per kuil wordt een schatting gemaakt van de vegetatiebedekking door stabiliserende soorten en wortels, met grofweg een onderverdeling in structuurtypes (algen, mossen, grassen, struweel). Het is hierbij van belang de onderverdeling in begroeid en onbegroeid, en het schatten van de bedekkingsgraden op een standaardmanier uit te voeren, om vergelijking tussen de verschillende opnames mogelijk te maken. Desondanks is het waarschijnlijk dat er door interpretatieverschillen verschillen tussen opnames voorkomen. Over het traject 20-80% zullen deze verschillen in de orde van 5-10% zijn, daarboven en daaronder geringer. Aan het eind van de monitoring is op grond van de foto's een aantal factoren opnieuw beoordeeld. Als onbegroeid wordt gedefinieerd een oppervlak van tenminste 1m². Wanneer een begroeid oppervlak een bedekkingsgraad van 80% heeft, dan wordt het onbedekte deel tussen de afzonderlijke planten (wat dus 20% van het begroeide oppervlak inneemt) niet afzonderlijk als onbegroeid aangemerkt. Wanneer binnen een begroeid oppervlak verschillende soorten gelijkmatige voorkomen kan de totale bedekking van alle soorten bij elkaar opgeteld groter zijn dan het deel van de kuil wat door begroeiing wordt bedekt. Als bijvoorbeeld in een kuil 80% bedekt is met begroeiing kan de bedekking met helm 60% en de bedekking met buntgras ook 60% te zijn.

Als onderdeel van de monitoring zijn vanaf vaste punten foto's van de stuifkuilen genomen. Deze geven een goed beeld van de variatie binnen een jaar en van de ontwikkeling door de jaren heen. Een overzicht van beschikbare foto's is opgenomen in Tabel 2.1. Enige voorzichtigheid bij de interpretatie van de foto's is geboden. Het kale

oppervlak kan makkelijk overschat worden, omdat de bedekking door algen op de foto's meestal vrijwel niet te onderscheiden is.

Tabel 2.1. Foto's en luchtfoto's.

datum	soort foto's	vaste punten	overige punten
06/04/1996	luchtfoto's 1:17.700	n.v.t.	n.v.t.
08/05/1998	luchtfoto's 1:18.000	n.v.t.	n.v.t.
??/10/1999	grond	ja (m.u.v. kuil 6)	nee
02/03/2000	grond	nee	ja
31/03/2000	grond	ja	ja
08/09/2000	grond	ja	ja
27/03/2001	grond	ja	ja
16/10/2001	grond	ja	ja
12/03/2002	grond	ja	ja
15/10/2002	grond	ja	ja
08/04/2003	grond	ja	ja
08/10/2003 en 24/10/03	grond	ja	ja
23/04/2004	grond	ja	ja
26/10/2004	grond	ja	ja

3 RESULTATEN

2003 was een zeer warm en zonnig jaar met zeer weinig wind (bron: KNMI, 2003). Er zijn sinds de grote storm van 27 oktober 2002, tot januari 2004 geen stormen voorgekomen. Winter en het vroege voorjaar van 2004 waren zeer winderig. De winter was droog, het voorjaar nat, en de zomer was zeer nat.

Wanneer de totale periode vanaf de ingreep tot nu wordt bekeken, dan vallen de grote verschillen tussen de verschillende jaren op. Tussen december 1999 en oktober 2004 zijn op de volgende data stormen gepasseerd:

03-12-1999, 28-05-2000, 30-10-2000, 26-02-2002, 09-03-2002, 27-02-2002, 31-01-2004, 20-03-2004, 23-06-2004, 19-08-2004.

2001 en 2003 waren erg rustig in termen van windenergie. Met behulp van winddata voor de Kooy (Den Helder) is per jaar het potentieel transport berekend, dat wil zeggen het zand transport door de wind dat gemeten zou kunnen zijn als er geen verdere belemmerende factoren mee zouden spelen. In het Nederlandse klimaat geldt over het algemeen dat het werkelijke transport op het strand ongeveer 5-20% bedraagt van het potentiële transport. In de stuifkuilen in de binnenduinen zal dit nog een ordegrrootte lager zijn. De berekening geeft enig inzicht in de variatie in wind over de gehele periode. De resultaten per jaar staan in Tabel 3.1. Ook is hier de jaarlijkse hoeveelheid neerslag weergegeven. De tabel is vooral bedoeld om inzicht te geven in de grote jaarlijkse variatie in wind en neerslag.

Tabel 3.1. Jaarlijks potentieel transport en neerslag.

jaar	Potentieel transport (m ³ /m)	Neerslag (mm)
1999	187.7	936.4
2000	179.2	887.6
2001	113.6	887.8
2002	188.8	881.7
2003	96.5	508.8
2004	159.9	769.7

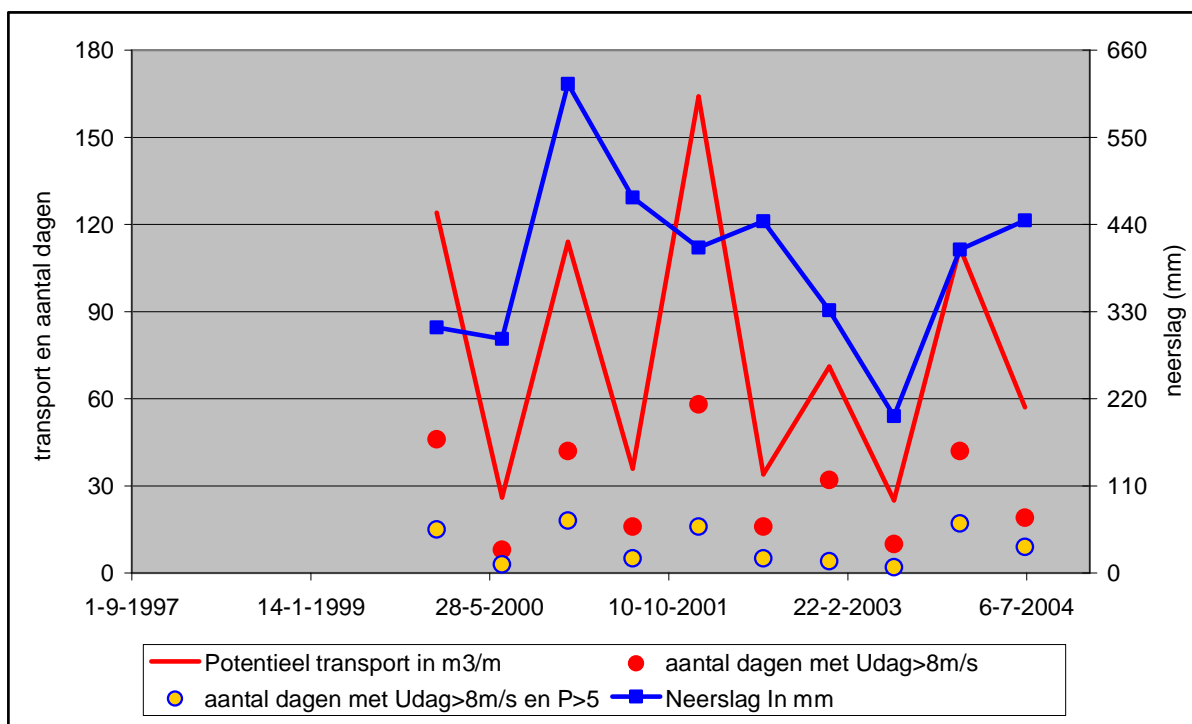
Uit deze tabel blijkt duidelijk dat 2001 en 2003 beperkt waren in de hoeveelheid wind, en dat de periode 1999-2002 zeer nat was. Voor een verstuivingsproject waren deze omstandigheden ongunstig, omdat de geringere hoeveelheid wind dan gemiddeld en de grotere hoeveelheid neerslag de verstuiving beperkten en de groei van vegetatie stimuleerden.

Voor dit project is het beter de verschillende periodes tussen de opnamen apart te bekijken. In Tabel 3.2 zijn dezelfde gegevens opgenomen, maar dan uitgesplitst per half jaar, dus van opname tot opname. Bovendien is per periode het aantal dagen waarbij de gemiddelde dagelijkse windsnelheid hoger is dan 8m/s toegevoegd, en het aantal dagen daarvan waarbij de dagelijkse hoeveelheid neerslag hoger was dan 5mm. Deze informatie geeft meer inzicht in de mogelijkheden voor zandtransport. In periodes met veel wind, maar ook veel neerslag, wordt het transport sterk beperkt.

Tabel 3.2. Transport, neerslag en wind per halfjaar.

		Potentieel transport in m ³ /m	Neerslag In mm	aantal dagen met Udag>8m/s	aantal dagen met Udag>8m/s en P>5
dec 1999 - apr 2000	Winter	124	309.8	46	15
apr 2000 - okt 2000	Zomer	26	295.6	8	3
okt 2000 - apr 2001	Winter	114	617.5	42	18
apr 2001 - okt 2001	Zomer	36	474.1	16	5
okt 2001 - apr 2002	Winter	164	410.6	58	16
apr 2002 - okt 2002	Zomer	34	444.1	16	5
okt 2002 - apr 2003	Winter	71	331.7	32	4
apr 2003 - okt 2003	Zomer	25	197.8	10	2
okt 2003 - apr 2004	Winter	112	408.2	42	17
apr 2004 - okt 2004	Zomer	57	444.9	19	9

Overduidelijk blijkt uit Tabel 3.2 dat de winter gepaard gaat met veel meer wind dan de zomer. De hoeveelheid neerslag varieert, maar is over het algemeen ook hoger in de winter. Uitschieters zijn de winter van 2000/2001 met extreem veel neerslag, en de zomer van 2003 met weinig neerslag. Bij de analyse van de opnamen van de stuifkuilen zullen deze data worden gebruikt om veranderingen in dynamiek te verklaren. Voor wat betreft de wind springt de winter van 2001-2002 er uit, met een maximum in potentieel transport. De hoeveelheid dagen met veel wind is hoog, en het aandeel daarvan met een neerslag groter dan 5mm relatief beperkt, zodat het werkelijke transport tijdens die periode waarschijnlijk ook hoger is dan in de andere perioden. De gegevens van Tabel 3.2 zijn grafisch weergegeven in Figuur 3.1, om directe (visuele) vergelijking met de hieronder opgenomen grafieken per kuil mogelijk te maken.



Figuur 3.1. Variatie in transport, wind en neerslag in de tijd.



Figuur 3.2. Overzicht over kuilen 1 en 2 in 2000, 2001, 2002, 2003 en 2004 (links winteropname, rechts zomeropname).

Figuur 3.2 geeft een overzicht van de veranderingen bij kuil 1 en 2 vanaf de ingreep. Het is goed zichtbaar hoe delen van de kuilen steeds verder met helm bedekt raken, en hoe het depot op de voorgrond inmiddels is dichtgegroeid. De toename van de helmbedekking is overigens het duidelijkst direct na de ingreep. Het oppervlak dat met helm bedekt is neemt daarna nog maar weinig toe, vooral de bedekking binnen het oppervlak wordt groter. De linker foto's geven het winterbeeld, de rechter foto's het zomerbeeld. De bovenste rij is uit 2000, de onderste uit 2004.

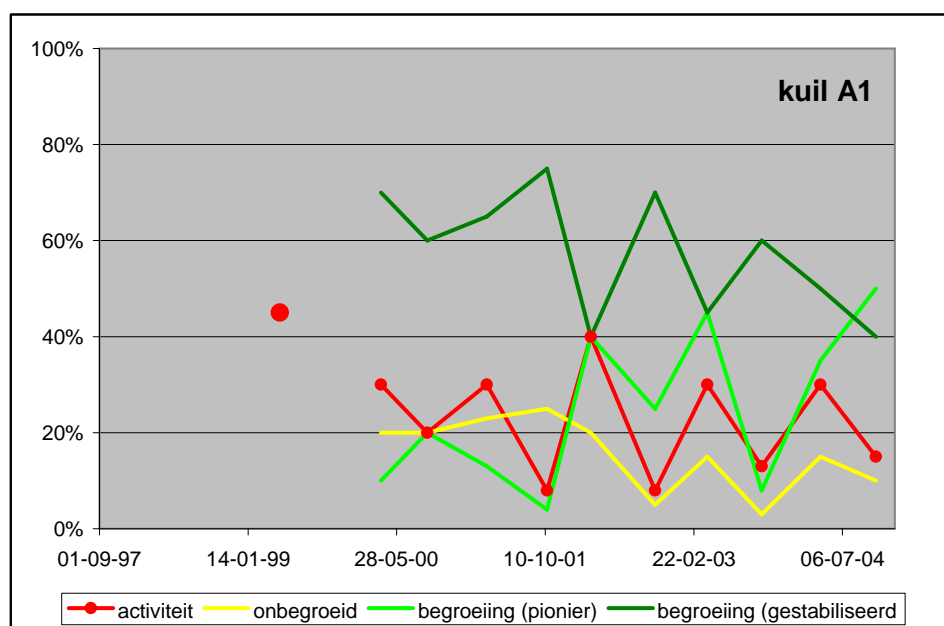
3.1 Overzicht per kuil

Het vroege voorjaar van 2004 was rijk aan wind. Bij alle verstuivingen langs de Hollandse kust is hetzelfde beeld te zien: een toename van kleinschalige, erosieve vormen. Ook bij de stuifkuilen in de Schoorlse duinen is dit het geval, met een verrassende ontwikkeling bij de kleine kuilen. De grote kuilen blijven over grote oppervlaktes actief, met veel afstorting en zandlawines, en flinke overstuiving, soms tot ver buiten de kuilen.

Hieronder staan per kuil de belangrijkste resultaten van de opnames in tabelvorm en figuurvorm samengevat. De figuren tonen duidelijk de seizoensvariatie, onder meer hogere activiteit in de winter dan in de zomer, grotere bedekking in de zomer dan in de winter.

3.1.1 kuil A (A1 en A2)

De activiteit in referentiekuil A1 schommelt rondom de 20%, maar vanaf het begin is er een zeer lichte trend van stabilisatie waarneembaar. In 2002 is er een opleving na de windrijke winter van 2001-2002. De seizoensvariatie in dynamiek loopt parallel met de seizoensvariatie in wind. De dynamiek wordt waarschijnlijk grotendeels in stand gehouden door betreding. Hoewel hierdoor een deel van de kuil actief blijft, is er ook sprake van een ernstige aantasting van de morfologie die niet meer door de wind wordt weggewerkt. Het meest storende element is een pad dat dwars door de kuil heen loopt, en dat bij de kam voor een flinke inkeping zorgt. Het is waarschijnlijk dat de kuil zonder betreding veel verder, waarschijnlijk zelfs geheel gestabiliseerd zou zijn. Het onbegroeide deel neemt langzaam maar zeker in oppervlak af. Opvallend in de grafiek is dat de gestabiliseerde begroeiing in de loop van de tijd af neemt, terwijl de pionierbegroeiing toeneemt. Dit is waarschijnlijk vooral een gevolg van interpretatie.



Figuur 3.3. Variatie van parameters voor Kuil A1.



Figuur 3.4. Overzicht over de begroeide helling van kuil A1 in april (links) en oktober 2004 (rechts).



Figuur 3.5. Bovenaanzicht van kuil A1, links april 2003, rechts april 2004.

Figuur 3.4 toont de winter- en zomersituatie voor kuil A1 in 2004 en toont duidelijk het verschil in seizoensactiviteit. Figuur 3.5 geeft een indruk van de mate van verstoring door recreanten. Het aantal paden door de kuil is hoog, en vrijwel de hele bodem is bij iedere opname bedekt met voetstappen. Alleen het deel links op de foto is zo actief dat sporen hier steeds uitgewist worden.

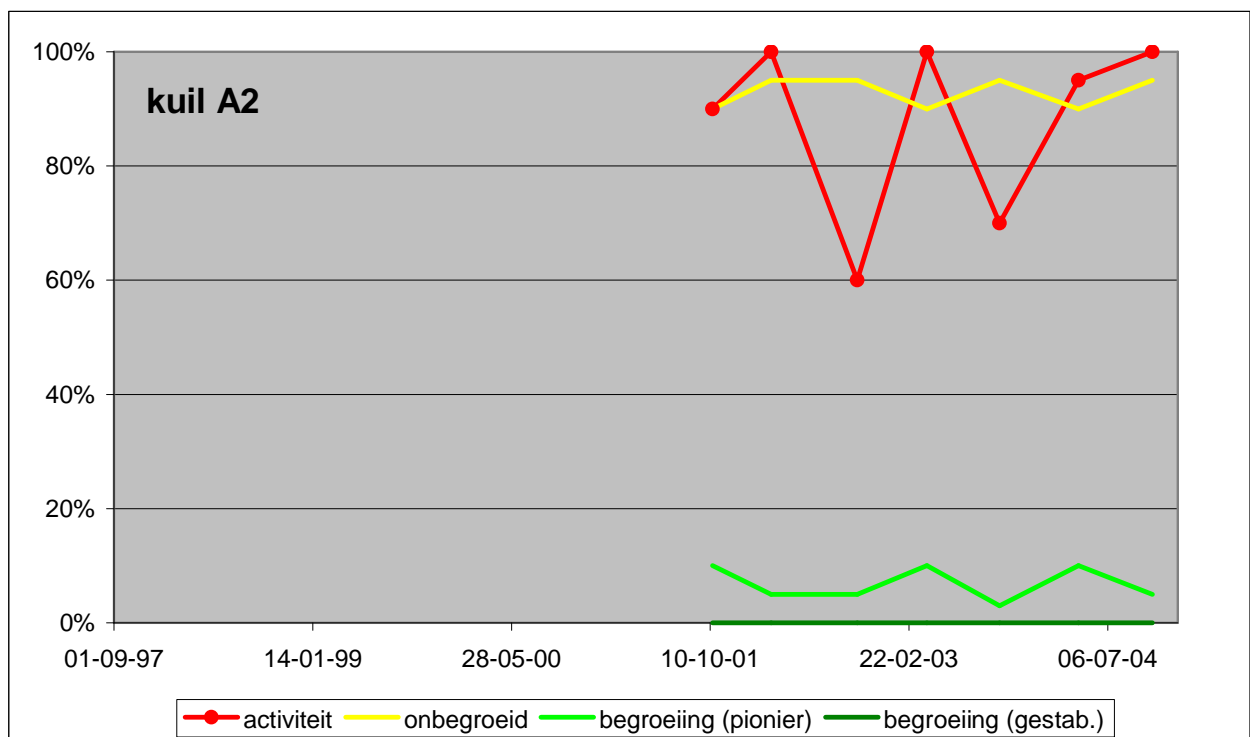


Figuur 3.6 Kuil A2, oktober 2002 en 2004.



Figuur 3.7. Het topje en de achterkant van kuil A1, april (links) en oktober (rechts) 2004

Ook de ontwikkeling van kuil A2 is in 2004 sterk beïnvloed door menselijke betreding. De dynamiek binnen de kuil is groot genoeg om deze sporen uit te wissen. In Figuur 3.6 is (moeilijk) te zien dat de omgrenzing van de kuil enigszins uitbreidt. Figuur 3.7 toont het topje van de kuil waar, blijkens de sporen, veel vanaf wordt gesprongen. Op de helling zijn veel zandlawines te herkennen, wat toch ook wijst op afzetting van zand tegen de helling op. Achter de top wordt veel zand afgezet, voor een deel in dikke pakken (Figuur 3.7) waar de helm steeds weer doorheen groeit, voor een deel in een uitgestrekte strooizone. De mate van activiteit is redelijk constant, en gaat in ieder geval iedere winter naar een maximaal niveau, en volgt daarmee dus de seizoensvariatie in de wind. Ook de mate van begroeiing is vrij constant, en zeer laag. Er zijn nooit algen op het oppervlak aangetroffen. Door de sterke verstoring door recreanten is het de vraag wat de waarde van kuil A is als referentie. De factor recreatie moet hier als mede bepalende factor voor de dynamiek worden beschouwd.



Figuur 3.8. Variatie van parameters voor Kuil A2.

Tabel 3.3. Resultaten Kuil A1 (referentie).

	01-05-99	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	>40%	30%	20%	30%	8%	40%	8%	30%	13%	30%	15%
depositie		0.1-10m	2.5m	0	0	<1m	0	0	0	0	5m
strooizone		>=0m	20m	15m	0	15m	0	0	0	3m	15m
slumps		<5%	7%	8%	8%	8%	<5%	<5%	5%	10%	5%
lawines		5-10%	<1%	<5%	4%	<5%	<5%	<5%	<5%	5%	<5%
grondwater		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		20%	20%	23%	25%	20%	5%	15%	<5%	15%	10%
wortels		-	<5%	<5%	5%	5%	<5%	<5%	<5%	<1%	5%
begroeiing (pionier)		10% (helm)	20% (helm)	13%	4%	40% (helm)	25%	45%	8%	35% (buntgras, helm)	50%
begroeiing (gestabiliseerd)	geen	70% (helm, buntgras)	60% (helm, buntgras)	65% (helm, buntgras)	75% (buntgras)	40% (buntgras)	70% (helm)	45% (helm, buntgras)	60% (helm, buntgras)	50% (buntgras, helm)	40% (helm, buntgras)
algen		<5%	<5%	<5%	30%	<5%	5%	5%	<5%	0	<5%
menselijke activiteit		10%	5%	25%	50%	20%	8%	50%	60%	70%	40%
opmerkingen		paden door kuil					geen watererosie	kaal door betreding	watererosie		

NB tot en met 27-03-01 zij kuil A1 en A2 nog als één kuil opgenomen.

Tabel 3.4. Resultaten Kuil A2 (referentie).

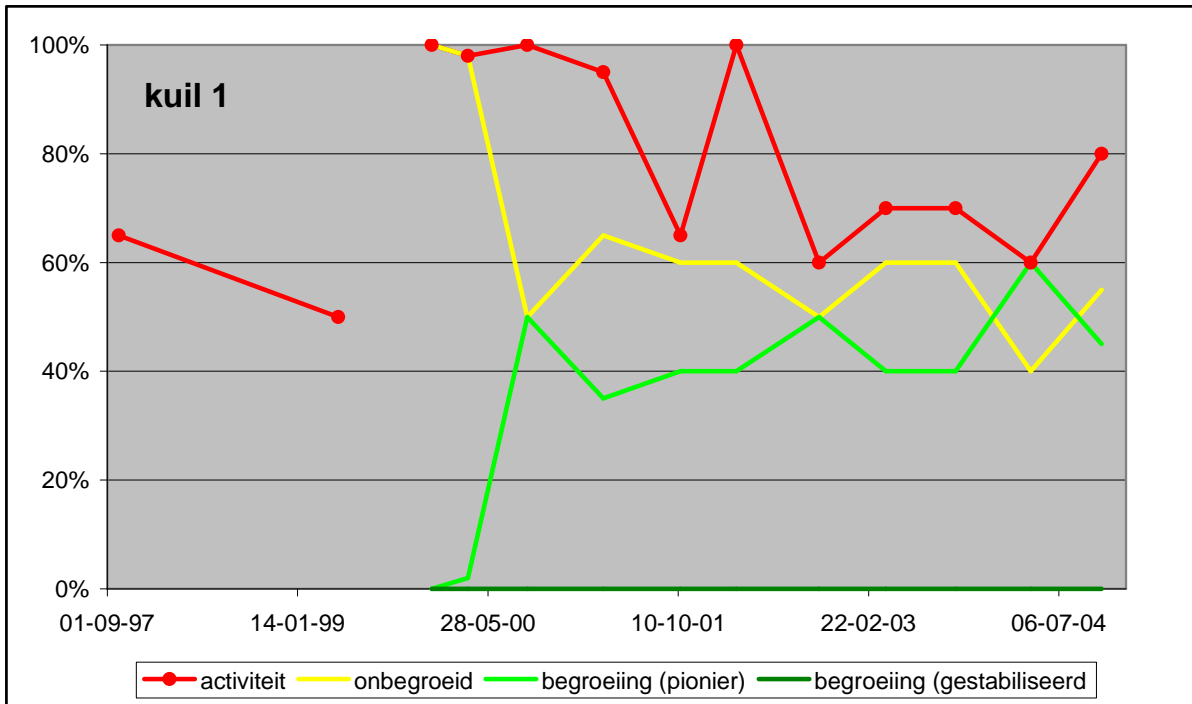
KUIL A2 (1997#11)					16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit					90%	100%	20%	100%	70%	95%	100%
depositie					1m	6m	0.1m	7m	0	15-20m	10m
strooizone					15m	30m	0	gg	0	0	0
slumps					15%	40%	<5%	20%	<5%	5%	10%
lawines					15%	50%	<5%	10%	0	5%	15%
grondwater					-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid					90%	95%	95%	90%	95%	90%	95%
wortels					1%	30%	<5%	<5%	<5%	<1%	<5%
begroeiing (pionier)					10% (helm, buntgras)	5% (helm)	5% (helm)	10% (helm)	<5% (helm)	10% (helm)	5% (helm)
begroeiing (gestab.)					-	-	-	-	-	-	-
algen					0	0	0	0	0	0	0
menselijke activiteit					10%	5%	100%	60%	100%		90%
opmerkingen						verstoring door springen	verstoring door springen				depositie vanwege betreding

3.1.2 kuil 1

In 2003 leek het erop dat de activiteit in kuil 1 hetzelfde niveau ging bereiken van vóór de ingreep. Gemiddeld over het jaar heen is de dynamiek in 2004 echter weer toegenomen, opvallend genoeg vooral dankzij een toename in de zomer, wat eigenlijk samenvalt met een minimum in de windactiviteit. De mate van begroeiing is ongeveer gelijk gebleven. De grootste toename van de begroeiing is in het eerste groeiseizoen geweest. De grootste afname van dynamiek volgt pas een jaar later. Na de winter van 2001/2002, met de piek in windactiviteit, is de activiteit weer maximaal, en schommelt daarna tussen de 60 en 80%. Begroeid en onbegroeid oppervlak houden elkaar ongeveer in evenwicht. De activiteit door afstorting in de vorm van slumps en lawines blijft onverminderd hoog, en een dominant gegeven in de ontwikkeling van kuil 1. De bedekking met algen is aan het eind van de winter groter dan aan het eind van de zomer.

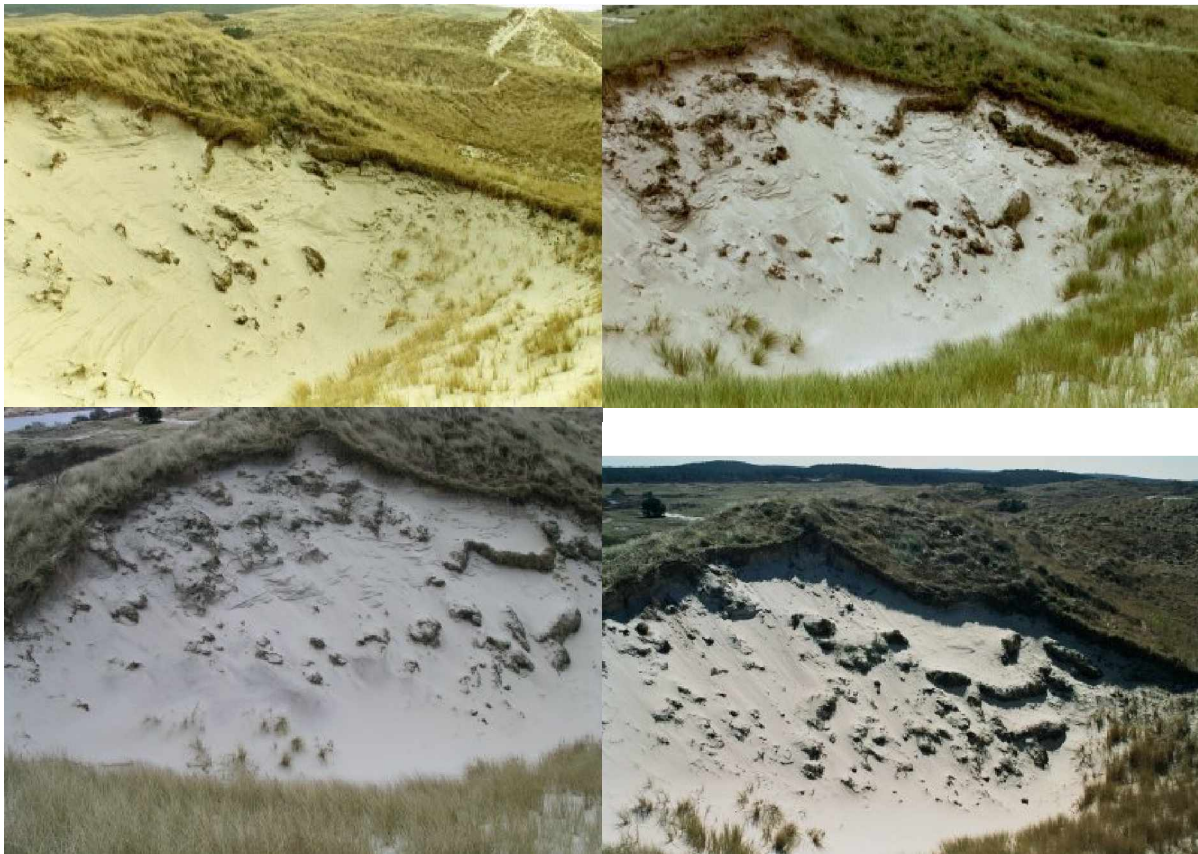


Figuur 3.9. Vooraanzicht van kuil 1, van linksboven naar rechtsonder de situatie in november 1999 (vóór de ingreep), maart 2000, september 2000, maart 2003, april en oktober 2004.



Figuur 3.10. Variatie van parameters voor Kuil 1

Figuur 3.11 geeft een goed beeld van de ontwikkeling van een aantal slumps in de actieve helling van kuil 1, en het omlaag zakken van een grotere slump in de loop van de tijd. Door uitdroging en erosie vallen de slumps uiteindelijk uit elkaar, waarna ze door de wind verder worden opgeruimd.



Figuur 3.11. Bovenaanzicht van kuil 1, maart 2002 (lb), okt. 2002, april 2003 en 2004 (ro).

Tabel 3.5. Resultaten Kuil 1.

KUIL 1 (1997#12)	01-10-97	01-05-99	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	>60%	50%	98%	100%	95%	65%	100%	60%	70%	70%	60%	80%
depositie			0.1-20m	5m	3m	< 1m	5m	0	0.3m	0	0	15m
strooizone		10m	10-100m	50m	30m	25m	80m	0	10m	0	0.2m	0
slumps			<5%	<5%	<5%	35%	40%	30%	30%	50%	40%	50%
lawines			60%	35%	40%	10%	60%	20%	35%	25%	20%	30%
grondwater			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		25%	98%	50%	65%	60%	60%	50%	60%	60%	40%	55%
wortels			15%	5%	-	4%	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%
begroeiing (pionier)		50% (helm)	2% (algen)	50% (helm)	35% (helm)	40% (helm)	40% (helm)	50% (helm, algen)	40% (helm)	40% (helm)	60% (helm, buntgras)	45% (helm)
begroeiing (gestabiliseerd)	0	25% (buntgras)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
algen			2%	<5%	<5%	1%	<5%	30%	<5%	10%	30%	<5%
menselijke activiteit			-	<5%	-	1%	-	-	5%	10%	<5%	<5%
opmerkingen										watererosie veel slumps		slumps meer onderin

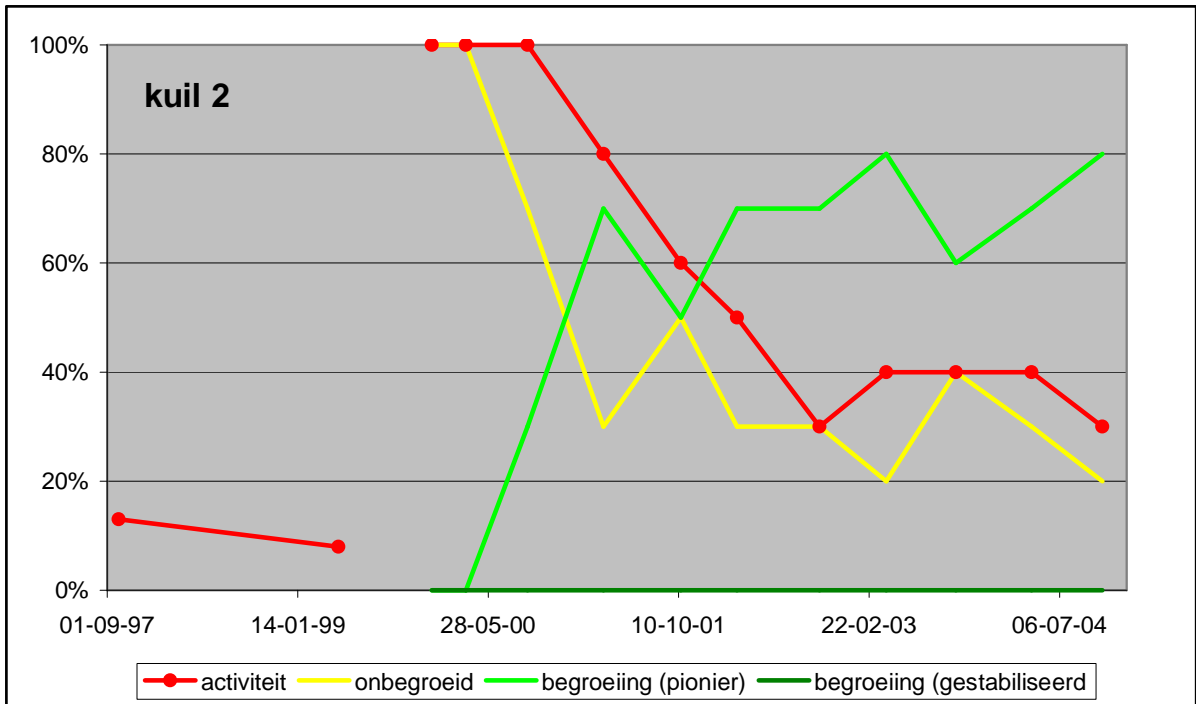
3.1.3 kuil 2

In kuil 2 is de mate van begroeiing en de hoeveelheid dynamiek vergelijkbaar met 2002 en 2003. Er lijkt een dynamisch evenwicht bereikt. De dynamiek beperkt zich tot de oostelijke helling, in de vorm van afstortingen en sterke uitstuiving, en strekt zich uit tot in kuil 3. Een groot deel van het zand dat uit deze helling wordt opgenomen, komt in kuil 3 terecht. Er is nu een kerfje gevormd in de helling. Aan de westkant is een klein deel van de helling, bij de opening van de kuil, opnieuw geactiveerd, het is niet duidelijk waardoor. De rest van de helling is begroeid met helm, buntgras en algen. Tussen de planten is echter nog steeds kaal zand zichtbaar. De hoeveelheid algen is in de zomer van 2004 iets lager dan in de voorgaande periode. Menselijke betreding is vergelijkbaar met voorgaande jaren. Ook hier is de grootste toename van bedekking door vegetatie direct in het eerste groeiseizoen na de ingreep. De afname in activiteit volgt de winter daarna. De piek in windenergie in 2001/2002 heeft geen effect. Er is in deze kuil vrijwel geen sprake van seizoensvariatie in de dynamiek.

Figuur 3.12 laat in een vooraanzicht de actieve helling van kuil 2 zien. De rest van de kuil is vrijwel gestabiliseerd, en de dichtheid van met name helm neemt geleidelijk aan toe. Het kerfje is nog maar nauwelijks zichtbaar op de foto van oktober 2004. Figuur 3.14 toont dezelfde helling, maar dan in bovenaanzicht vanaf de rand van de kuil. De foto van vóór de ingreep laat duidelijk zien dat slechts een klein deel van de helling nog actief was, en dat de mate van activiteit aan het eind van 2004 aanmerkelijk hoger is. De begroeiing op de gestabiliseerde helling is vóór de ingreep veel dichter dan nu het geval is. Op de overige foto's is het pad dat door betreding is ontstaan goed zichtbaar.



Figuur 3.12. Vooraanzicht van kuil 2, met van linksboven naar rechtsonder oktober 2001, april 2003, oktober 2003 en oktober 2004.



Figuur 3.13. Variatie van parameters voor Kuil 2



Figuur 3.14. Bovenaanzicht van kuil 2, met de situatie vóór de ingreep, in november 1999, en direct erna, in maart 2000. Linksonder de situatie in april 2001, rechtsonder in oktober 2004.

Tabel 3.6. Resultaten Kuil 2.

KUIL 2 (1997#13)	01-10-97	01-05-99	31-03-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	12-15%	<10%	100%	100%	80%	60%	50%	30%	40%	40%	40%*	30%
depositie		0	0.4-25m	>15m	gg	12m	gg	0	0	3m	2m	3m
strooizone			50-60m	25m	gg	60-70m	gg	0	0	gg	30m	0
slumps			5-10%	<5%	35%	10%	30%	10%	7%	15%	20%	20%
lawines			15%	gg	35%	30%	40%	15%	30%	5%	10%	15%
grondwater			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		5%	100%	70%	30%	50%	30%	30%	20%	40%	30%	20%
wortels			50%	5%	15%	2%	<5%	<5%	<5%	-	<1%	<5%
begroeiing (pionier)		35%	-	30% (helm)	70% (helm)	50% (helm)	70% (helm)	70% (algen, helm, buntgras)	80% (helm, buntgras)	60% (helm, buntgras)	70% (algen, buntgras, helm)	80% (helm, buntgras)
begroeiing (gestabiliseerd)	buntgras, helm	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
algen			-	<1%	35%	4%	5%	50%	30%	30%	50%	20%
menselijke activiteit			<1%	<5%	<5%	1%	30%	30%	<5%	5%	10%	<5%
opmerkingen				mini slumps					vegetatie N- kant stabiliseert veel algenkorst i.v.t. kuil 1			

* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

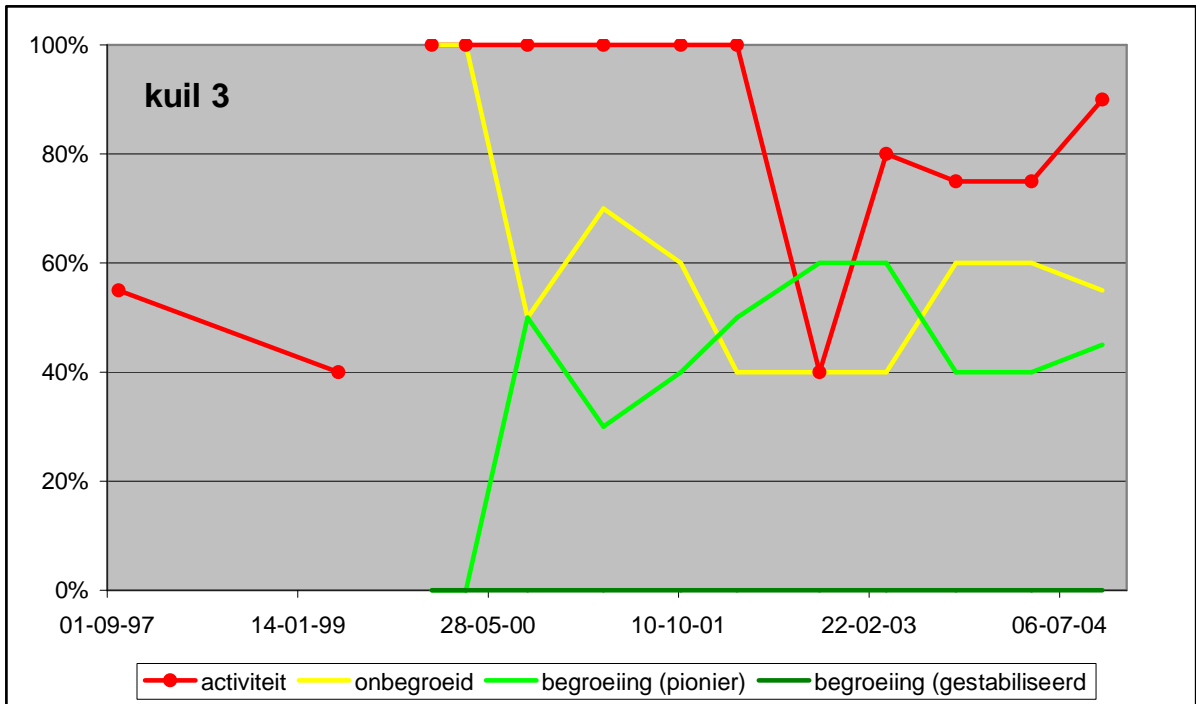
3.1.4 kuil 3

In kuil 3 blijft de activiteit hoog, mede dankzij de grote hoeveelheid zand die vanuit kuil 2 wordt aangevoerd. Kuil 3 is opgesplitst in drie delen, een noordelijke actieve kuil, die vooral lijkt vol te stuiven, een zuidelijke, actieve, steeds verder eroderende kuil, en de depositie uit kuil 2 aan de westzijde, deels begroeid met helm. Het randje tussen kuil 2 en kuil 3 is doorgebroken, en hierachter ligt een spectaculair (klein) loopduin (zie Figuur 3.17). Er zijn in 2004 geen algen aangetroffen.

Ook bij kuil 3 is de sterkste toename in bedekking in het eerste groeiseizoen na de ingreep geweest. De afname van activiteit begint echter veel later, pas in de zomer van 2002. De toename van dynamiek in de zomer van 2004 correspondeert niet met een piek in de wind, maar juist een minimum, en is opvallend, en lijkt ook niet gekoppeld aan de ontwikkeling van kuil 2. De hoge mate van dynamiek hangt echter ongetwijfeld wel samen met het feit dat een belangrijk deel veroorzaakt wordt door de enorme overstuiving vanuit kuil 2.



Figuur 3.15. Kuil 3 in november 1999 (vóór de ingreep), maart 2000, oktober 2001, maart 2002, oktober 2002 en oktober 2004.



Figuur 3.16. Variatie van parameters voor Kuil 3.

Begroeid en onbegroeid oppervlak houden elkaar in evenwicht, en schommelen rond de 50%. In een belangrijk deel van het begroeide oppervlak vindt actieve duinvorming plaats door overstuiving vanuit kuil 2. Dit draagt bij aan het actieve oppervlak.



Figuur 3.17. Het randje tussen kuil 2 en 3 in maart 2002, oktober 2002, 2003 en 2004.

Tabel 3.7. Resultaten Kuil 3.

KUIL 3 (1997#14)	01-10-97	01-05-99	31-03-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	>50%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	40%	80%	75%	75%*	90%
depositie			0.4-10m	25m	3m	2m	2m	0	0.3m	2m	0	0
strooizone			60-70m	>30m	30m	50-60m	65m	0	25m	50m	25m	20m
slumps			<5%	20%	gg	10%	15%	20%	30%	30%	30%	15%
lawines			50%	30%	gg	15%	30%	20%	40%	5%	50%	50%
grondwater			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid			100%	50%	70%	60%	40%	40%	40%	60%	60%	55%
wortels			25%	5%	7%	16%	20%	<5%	<5%	<5%	<1%	<5%
begroeiing (pionier)		20%	0	50% (helm)	30% (helm)	40% (helm)	50% (helm)	60% (helm)	60% (helm)	40% (helm)	40% (helm)	45% (helm)
begroeiing (gestabiliseerd)	helm, buntgras, mos	40%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
algen			0	<5%	<5%	4%	<5%	40%	<5%	0	0	0
menselijke activiteit			0	<5%	<5%	1%	<5%	<5%	0	0	10%	10%
opmerkingen				sediment. uit kuil 2				lijken twee kuilen te worden			sediment. uit kuil 2	sediment. uit kuil 2

* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

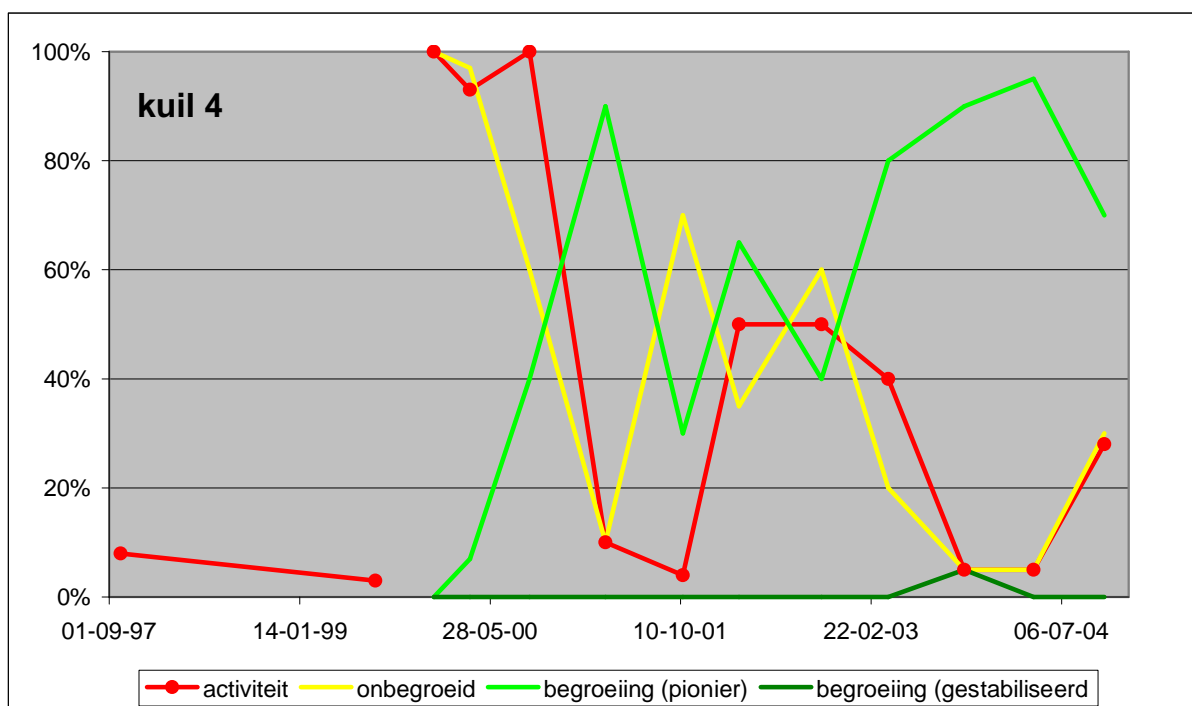
3.1.5 kuil 4

De trend van stabilisatie die in 2003 was ingezet is in 2004 doorbroken, door kleinschalige, erosieve processen, die zich uitsluitend binnen in de kuil afspelen. Mogelijk speelt watererosie hier ook een rol bij. Verrassend is dat het oppervlak begroeid weer is afgenomen, grotendeels het gevolg van het verdwijnen van algen. De algenbedekking is in oktober 2004 dramatisch lager dan in de perioden daarvoor. De bedekking met buntgras is wel flink toegenomen. Dankzij de toename van dynamiek in 2004 is deze aan het eind van het project hoger dan vóór de ingreep.

De grootste toename in bedekking heeft zich ook bij kuil 4 voltrokken in het eerste groeiseizoen na de ingreep. De activiteit is de daarop volgende winter spectaculair afgenomen, vooral door de vestiging van algen op het oppervlak. Dit heeft echter niet geleid tot directe stabilisatie. De algen zijn deels verdwenen, en de activiteit is weer toegenomen. De toename van de activiteit in 2002 correspondeert met de piek in wind in de winter van 2001-2002. De seizoensvariatie is vooral waarneembaar in de bedekking van het oppervlak, en niet in de mate van activiteit.

De mate van activiteit in april 2004 is beoordeeld aan de hand van de veld-foto's en een vergelijking van de opnameresultaten. De activiteit in oktober 2003 was beoordeeld met <5%, die voor oktober 2004 met 28%, terwijl op Figuur 3.19 lijkt dat de activiteit in oktober 2003 vergelijkbaar is met die in oktober 2004. Volgens de opnameformulieren is het oppervlak zowel in oktober 2003 als in april 2004 met een dunne laag algen bedekt en dus op dat moment stabiel. In oktober 2004 zijn de algen grotendeels verdwenen. Om deze redenen is de activiteit in april 2004 op een vergelijkbaar niveau beoordeeld als in oktober 2003.

Figuur 3.20 toont typische verschijnselen voor de kleine stuifkuilen: een licht overstoven aan de rand van de kuil, en kleine buntgraspollen die zand invangen en op die manier mini-duintjes vormen.



Figuur 3.18. Variatie van parameters voor Kuil 4.



Figuur 3.19. Veranderingen in kuil 4, november 99, maart en sept, 2000, okt. 2002, 03, en 04.



Figuur 3.20. Kuil 4 vanaf een andere kant, oktober 2003 en 2004.

Tabel 3.8. Resultaten Kuil 4.

KUIL 4 (1997#29)	01-10-97	01-08-99	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	24-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	<10%	3%	93%	100%	10%	4%	50%	50%	40%	5%	5%*	28%
depositie			0-1.5m	20m	0	0	0	0	0	0	0	0
strooizone		-	1m	20m	0	0.25m	0.5m	0	0	0	0.5m	0
slumps			<5%	1%	0	<1%	<5%	<5%	<1%	<5%	<5%	<5%
lawines			<5%	1%	0	0	<5%	0	<5%	0	<5%	<5%
grondwater			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		3%	97%	60%	10%	70%	35%	60%	20%	5%	5%	30%
wortels			<5%	<5%	<5%	10%	<5%	<5%	<5%	0	<5%	<5%
begroeiing (pionier)			7% (algen, helm)	40% (algen+helm)	90% (algen)	30% (buntgras)	65% (algen, buntgras)	40% (buntgras)	80% (algen, buntgras)	90% (algen, buntgras)	95% (algen, buntgras)	70% (buntgras)
begroeiing (gestabiliseerd)	40-90% buntgras	97%	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	-
algen			7%	30%	90%	2%	50%	10%	70%	80%	80%	15%
menselijke activiteit			<5%	-	<5%	5%	<5%	30%	20%	-	10%	<5%
opmerkingen									algen als korsten	watererosie	korst aanwezig	

* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

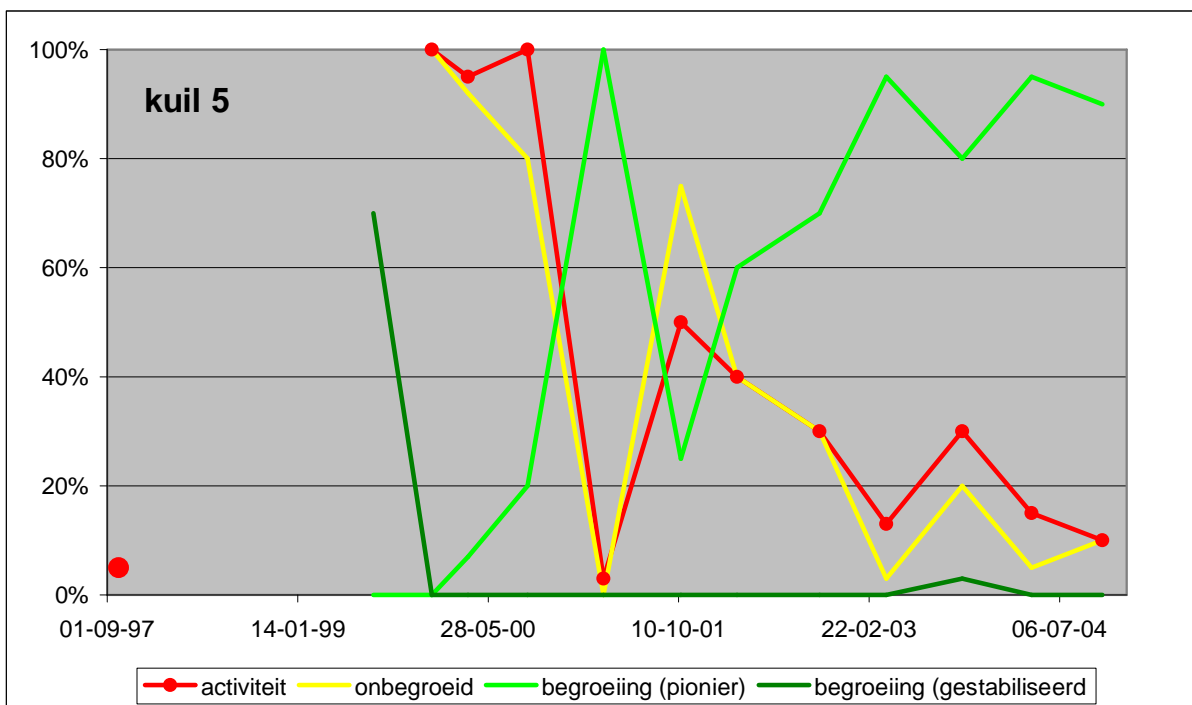
3.1.6 kuil 5

In kuil 5 lijkt de trend van stabilisatie zich wel door te zetten. Voor zover er sprake is van activiteit van processen, volstrekt dit zich geheel binnen de kuil. De bedekking met algen is in de zomer van 2004 vergelijkbaar met het voorgaande jaar, en weer hoger dan in de winter van 2004. De mate van betreding is aanmerkelijk minder, mogelijk de oorzaak van een geringere dynamiek dan in 2003. De verschillen tussen 2003 en 2004 zijn gering, en waarschijnlijk vooral veroorzaakt door het effect van betreding in 2003.

Opvallend in kuil 5 is dat de grootste toename in bedekking niet direct in het eerste groeiseizoen na de ingreep plaatsvindt, maar pas in de winter daarna. Overigens bestaat deze bedekking voor 100% uit algen. De activiteit is daarmee ook gelijk tot 0% gereduceerd. In de zomer daarna neemt deze gelijk weer toe met 50%.

Opmerkelijk is ook dat de seizoensvariatie in dynamiek tegengesteld is aan de seizoensvariatie in wind. Een toename van activiteit is steeds zichtbaar na het zomerseizoen, een afname meestal na het winterseizoen. Dit is des te opmerkelijker omdat de activiteit toch grotendeels gebonden is aan het voorkomen van algen, en over het algemeen algen beter in de zomer groeien dan in de winter. Vanaf 2002 is buntgras de dominante bodembedekker, maar algen blijven een belangrijke rol spelen.

De mate van activiteit ligt aan het einde van het project nog iets boven het niveau van vóór de ingreep.



Figuur 3.21. Variatie van parameters voor Kuil 5.



Figuur 3.22. Kuil 5, november 1999, maart 2000 en 2003, april 2004



Figuur 3.23. Kuil 5 van de andere kant, november 1999, oktober 2001, 2002 en 2003.

Tabel 3.9. Resultaten Kuil 5.

KUIL 5 (1997#28)	01-10-97	01-08-99	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	24-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	5%	gg	95%	100%	<5%	50%	40%	30%	13%	30%	15%*	10%
depositie			0.1-1m	1m	0	0	0	0	0	0	0	0
strooizone		>0	<=5m	15m	0	0.5 m	8m	0	0	0	0	0
slumps			<5%	<1%	0	1%	<5%	<5%	<1%	<5%	<5%	<5%
lawines			<5%	-	0	1%	<5%	<5%	<1%	0	<5%	<5%
grondwater			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		gg	90-95%	80%	0	75%	40%	30%	<5%	20%	5%	10%
wortels			<5%	-	<5%	1%	<5%	<5%	<1%	0	<5%	<5%
begroeiing (pionier)			5-10% (algen)	20% (algen+helm)	100% (algen)	25% (buntgras, helm)	60% (algen, buntgras)	70% (buntgras)	95% (algen, buntgras)	80% (algen, buntgras)	95% (buntgras, algen)	90% (buntgras, algen)
begroeiing (gestabiliseerd)	60-80% buntgras	70%	-	-	-	-	-	-	-	<5%	-	-
algen			5-10%	15%	100%	5%	50%	20%	80%	75%	45%	80%
menselijke activiteit			10%	-	<5%	1%	<5%	30%	10%	60%	30%	<5%
opmerkingen			deel depot meegen. in beoord.					watererosie	veel kiempl. van buntgras in alg- plakkaten	watererosie waarsch. door betreding nog open		

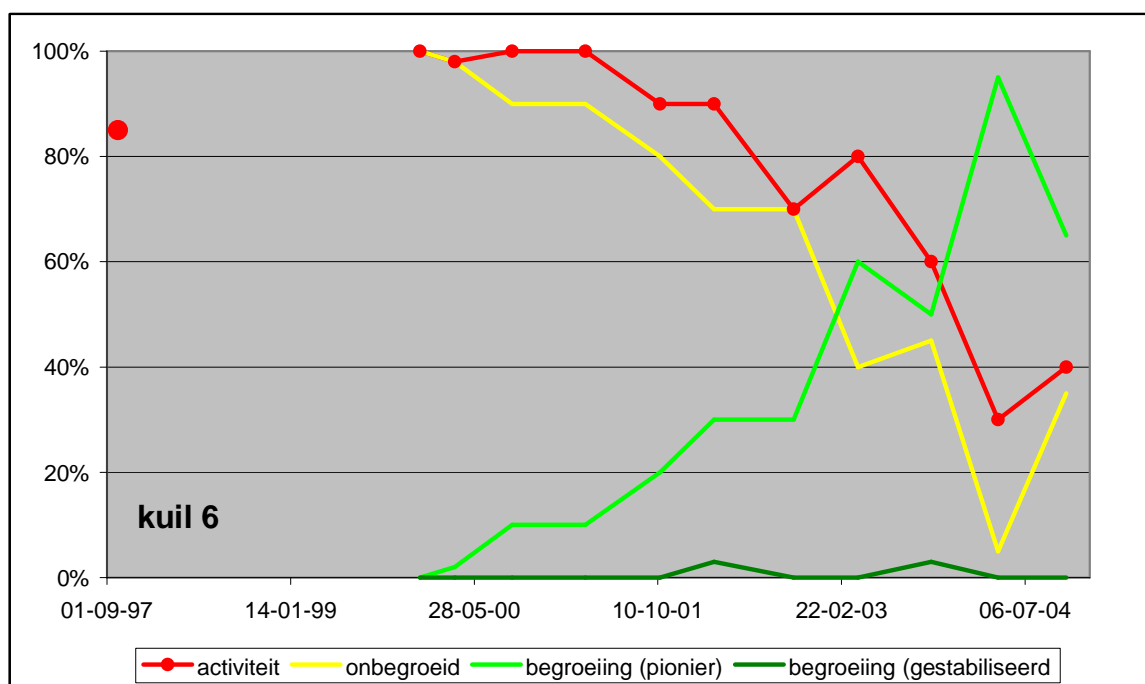
* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

3.1.7 kuil 6

De ontwikkeling van kuil 6 is teleurstellend, want ook hier lijkt stabilisatie toe te slaan, terwijl dit de enige van de kleine kuilen was met een flinke, kuiloverstijgende verstuiving. In 2003 was er nog sprake van een overheersende dynamiek, maar deze is vanaf zomer 2003 sterk afgenomen. Desondanks is er nog steeds sprake van overstuiving van het aangrenzende oppervlak aan de noordwestkant (Figuur 3.24). De overwegend kale noordwesthelling is nu voor een deel begroeid, o.a. met Schapezuring. Kuil 6 is de enige kuil waar de toename van bedekking met vegetatie zeer geleidelijk gaat. De bedekking met algen is sterk toegenomen. De seizoensvariatie in dynamiek loopt niet parallel met de seizoensvariatie in wind.



Figuur 3.24. Overstuiving achter de noordwestkant van kuil 6.



Figuur 3.25. Variatie van parameters voor Kuil 6.



Figuur 3.26. Kuil 6, september 2000, oktober 2001, en voor- en najaar van 2002, 2003 en 2004.

Tabel 3.10. Resultaten Kuil 6.

KUIL 6 (1997#27)	01-10-97	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	24-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	>80%	98%	100%	100%	90%	90%	70%	80%	60%	30%*	40%
depositie		<=2m	3m	2m	1m	6m	0.3m	0.3m	1m	0	0.5m
strooizone		<=5m	7m	10m	1.5m	13m	10m	5m	5m	2.5m	5m
slumps		<5%	5%	5%	5%	<5%	<5%	10%	8%	10%	<5%
lawines		30%	20%	5%	10%	7%	<5%	7%	<5%	5%	<5%
grondwater		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		98%	90%	90%	80%	70%	70%	40%	45%	5%	35%
wortels		<5%	<1%	<5%	5%	15%	<5%	<5%	0	0	<5%
begroeiing (pionier)		2% (algen)	10% (helm)	10%	20% (buntgras)	30% (buntgras)	30% (algen, buntgras)	60% (buntgras, algen)	50% (algen, buntgras)	95% (algen, buntgras)	65% (buntgras, algen, helm)
begroeiing (gestabiliseerd)	buntgras	-	-	-	-	<5%	-	-	<5%	-	-
algen		2%	<5%	5%	1%	5%	15%	20%	40%	50%	50%
menselijke activiteit		0	<5%	0	1%	0	<5%	<5%	<5%	25%	0
opmerkingen											

* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

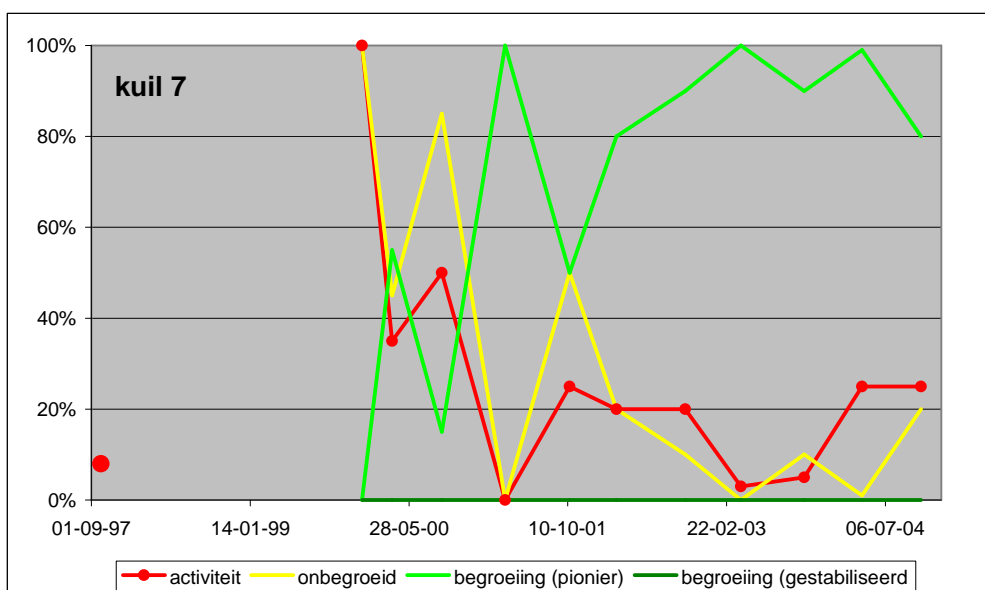
3.1.8 kuil 7

Misschien wel de meest verrassende ontwikkeling in 2004 is een toename van de activiteit van kuil 7, vooral in de zomer. Ondanks een onverminderd hoge bedekking van het oppervlak door algen, is het totale oppervlak dat kaal weer toegenomen. Betreding speelt hierbij waarschijnlijk geen rol. De activiteit beperkt zich tot de kuil zelf, vooral in de vorm van erosieve sporen. Mogelijk speelt watererosie enige rol bij het weer open geraken van het oppervlak. In deze kuil zijn in de loop van de tijd de meeste en duidelijkste sporen van watererosie aangetroffen.

In Kuil 7 neemt de bedekking direct in het eerste groeiseizoen drastisch toe, om in de winter daarna weer sterk af te nemen. De fluctuatie duurt 2 jaar en is volledig toe te schrijven aan de bedekking met algen. Vanaf 2001 begint ook buntgras een rol te spelen, maar dit wordt pas in 2004 dominant. In 2001 lijkt de kuil gestabiliseerd, het gehele oppervlak is bedekt met algen. De seizoensvariatie in activiteit volgt de wind niet echt. De toename van activiteit in 2004 correspondeert niet met een piek in de hoeveelheid wind.



Figuur 3.27. Watererosie.



Figuur 3.28. Variatie van parameters voor Kuil 7.



Figuur 3.29. Kuil 7, maart en september s2000, oktober 2001 en 2002, voor- en najaar 2003 en 2004.

Tabel 3.11. Resultaten Kuil 7.

KUIL 7 (1997#24)	01-10-97	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	24-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	<10%	35%	50%	0	25%*	20%	20%	<5%	5%	25%*	25%
depositie		0-1m	<=1m	0	0.2 m	0	0	0	0	0	0
strooizone		<=2m	5m	0	0	0	0	0	0	0	0
slumps		<5%	<1%	0	1%	0	<1%	<5%	<5%	<5%	<5%
lawines		<5%	-	0	1%	0	<5%	0	0	<5%	<5%
grondwater		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
onbegroeid		40-50%	85%	0	50%	20%	10%	0%	10%	1%	20%
wortels		<5%	<5%	<5%	5%	<5%	<5%	<5%	0	<5%	<5%
begroeiing (pionier)		50-60% (algen)	15% (algen)	100% (algen)	50% (buntgras, algen)	80% (algen)	90% (algen, buntgras)	100% (algen, buntgras)	90% (algen, buntgras)	99% (buntgras, algen)	80% (buntgras, algen)
begroeiing (gestabiliseerd)	80% buntgras, mos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
algen		50-60%	10%	95%	20%	60%	80%	80%	80%	50%	70%
menselijke activiteit		5-10%	<5%	<5%	1%	<5%	<5%	<1%	<5%	10%	<5%
opmerkingen							veel watererosie				

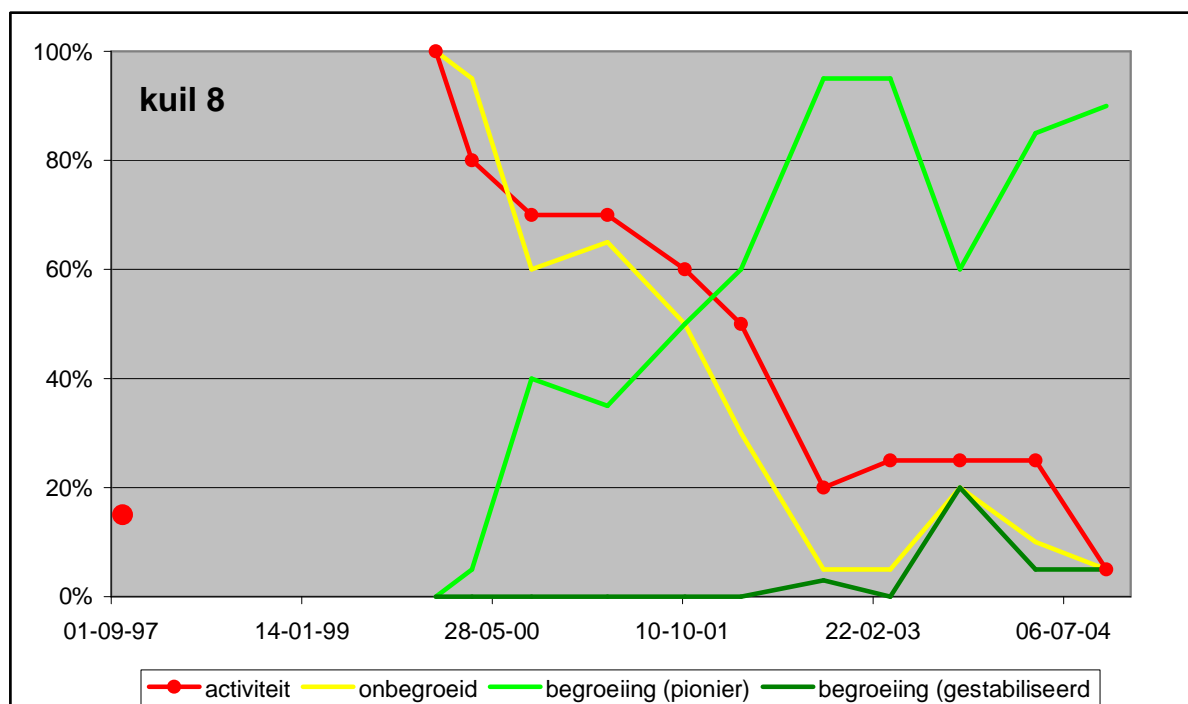
* waarde gebaseerd op een vergelijking van de foto's.

3.1.9 kuil 8

Kuil 8 is de enige kuil waar grondwater van invloed is. Ondanks de droogte is kuil 8 verder gestabiliseerd. Zowel in voor- als najaar staat het grondwater onder het oppervlak. De bedekking is verder toegenomen, bijna het gehele oppervlak is nu begroeid. Er zijn nog een paar kleine plekje over waar winderosie nog enige rol speelt. Als stuifkuil is deze kuil echter zo goed als gestabiliseerd. De afname van de activiteit en de toename van de begroeiing zijn gelijk opgegaan. De activiteit is nu lager (geschat) dan vóór de ingreep. Uit de foto's van Figuur 3.32 blijkt echter dat het oppervlak nog wel een stuk minder begroeid is dan vóór de ingreep.



Figuur 3.30. Kuil 8 in spannender tijden.



Figuur 3.31. Variatie van parameters voor Kuil 8



Figuur 3.32. Kuil 8, vóór de ingreep in november 1999, voor- en najaar 2000, voorjaar 2001, 2002 en 2003, voor- en najaar 2004.

Tabel 3.12. Resultaten Kuil 8.

KUIL 8 (1997#19)	01-10-97	05-04-00	08-09-00	27-03-01	16-10-01	12-03-02	15-10-02	08-04-03	08-10-03	23-04-04	26-10-04
activiteit	15%	80%	70%	70%	60%	50%	20%	25%	25%	25%	5%
depositie		<=1m	7m	1-2m	0.5m	5m	0	0	0	0	0
strooizone		<=2.5m	25m	5m	0	20m	0	0	0	0	0
slumps		<5%	<1%	<5%	5%	<5%	5%	7%	5%	<5%	<5%
lawines		20%	<5%	<5%	5%	<5%	5%	10%	<5%	<5%	<5%
grondwater		+25cm	-	+70cm	+10cm	+45cm	+0cm	+5cm	-	-5	-
onbegroeid		95%	60%	65%	50%	30%	5%	5%	20%	10%	5%
wortels		<5%	<5%	<5%	6%	<5%	<5%	5%	<5%	5%	5%
begroeiing (pionier)		5%	40% (helm)	35%	50% (helm)	60% (algen)	95% (algen, helm)	95%(algen, helm, buntgras)	60% (helm, buntgras)	85% (overig, algen, helm)	90% (algen, buntgras, helm)
begroeiing (gestabiliseerd)	buntgras	-	-	-	-	-	<5%	-	20%	5%	5%
algen		<5%	10%	35%	5%	40%	80%	50%	35%	30%	70%
menselijke activiteit		-	<1%	15%	1%	<5%	<5%	7%	0	10%	10%
opmerkingen							veel zomprus, kruipwilg	10% zomprus; kleine duintjes binnen kuil	kruipwilg	veel soorten	

3.1.10 kuil C

Kuil C is als referentiekuil vrijwel nooit opgenomen, omdat deze kuil vanaf het begin geheel gestabiliseerd was, en dat ook is gebleven. In 1996 was de kuil nog voor een groot deel actief. In oktober 2004 staat de kuil geheel droog. Langs de voormalige oever is een rand waar de vegetatiebedekking gering is.

Ter illustratie zijn onderstaande foto's aan dit rapport toegevoegd.



Figuur 3.33. Kuil C in 1996, 1997, september 2000, oktober 2001, voor- en najaar 2004.

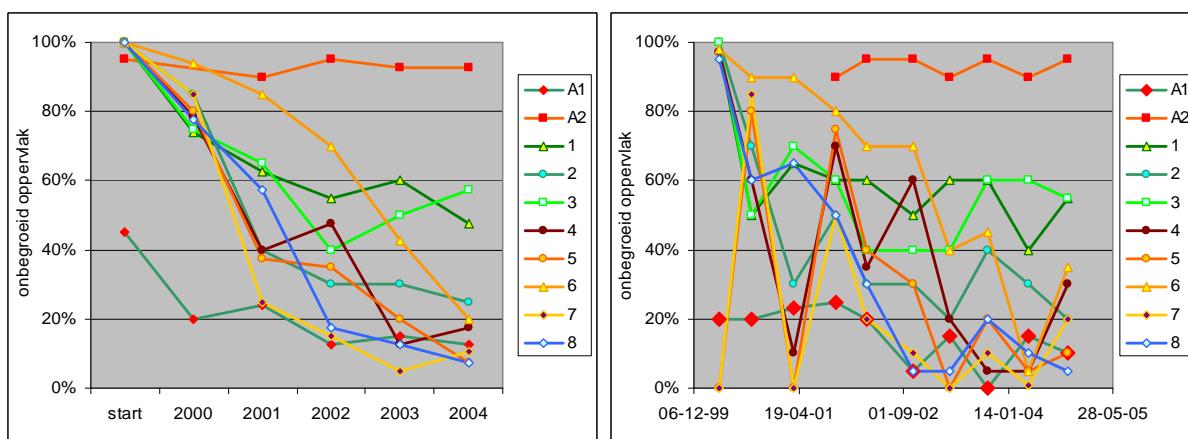
4 EVALUATIE

Na de gedetailleerde bespreking van de ontwikkeling per kuil in Hoofdstuk 3 volgt hier een meer algemene evaluatie van de ontwikkeling van de kuilen en onderlinge vergelijking. Daarna worden de ingreep en de monitoring van de ingreep geëvalueerd.

4.1 Onderlinge vergelijking van de ontwikkeling van de kuilen

De ontwikkeling van de kleine kuilen en de grote kuilen is duidelijk verschillend. Het grootste verschil zit hem in de mate van dynamiek. In de grote kuilen zijn processen veel actiever, en vindt overstuiving plaats tot ver buiten de omtrek van de kuilen. Van de kleine kuilen vormt referentiekuil A2 hierop een uitzondering. Waarschijnlijk hangt het verschil tussen grote kuilen en kleine kuilen samen met de schaal van de vormen. De grote kuilen oefenen puur door hun aanwezigheid een sterke invloed uit op de wind, en veroorzaken versnellingen en veranderingen in de stroming. Kuil A2 kan waarschijnlijk zo actief blijven door zijn hoge en geëxponeerde ligging, tegen de top van een duin aan. De kleine kuilen beïnvloeden het windpatroon waarschijnlijk nauwelijks, en zijn voor verstuiwing dus aangewezen op hardere wind.

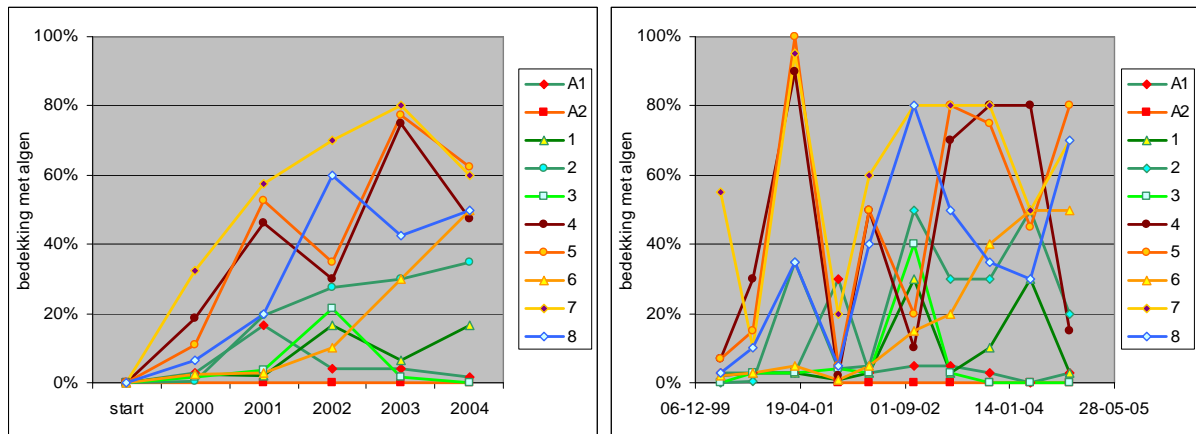
Bij alle kuilen, met uitzondering van kuil 6, die voor de ingreep al vrijwel kaal was, zijn wortels direct na de ingreep uitgedroogd en is de grootste toename van bedekking door vegetatie direct in het jaar na de ingreep waargenomen. Er is een grote seizoensvariatie in bedekking (zie Figuur 4.1). Wanneer de gegevens per jaar worden gemiddeld, dan wordt de structuur duidelijker: een sterke afname van het kale oppervlak in het eerste jaar, een langzamere afname, of evenwicht daarna. Alleen kuil A2 blijft voor het grootste deel kaal. Bij kuil 2 en 3 schommelt de bedekking rond de 50%. Bij de overige kuilen is het onbegroeide oppervlak kleiner dan het begroeide. Bij kuil 2, 5 en 8 neemt het onbegroeide oppervlak nog steeds af.



Figuur 4.1. Verandering in begroeid oppervlak, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)

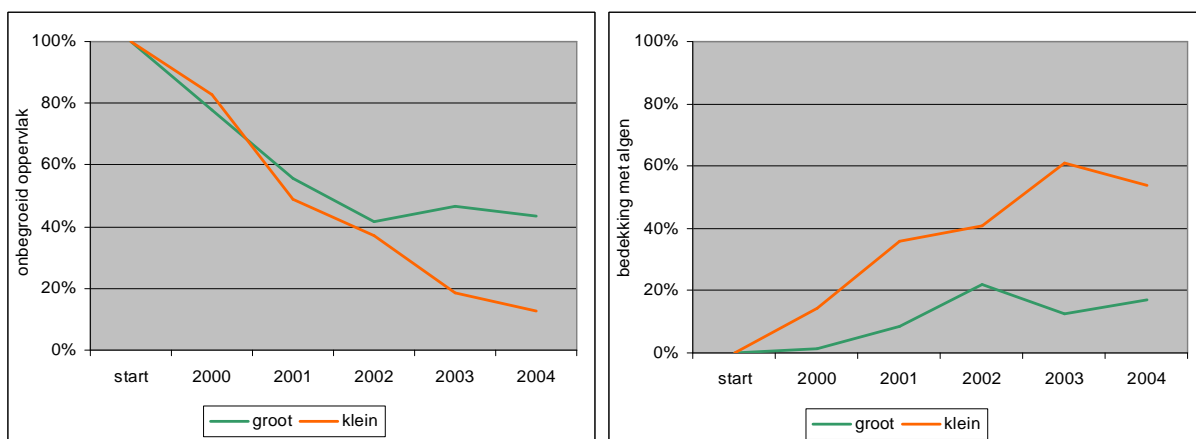
De seizoensvariatie in bedekking hangt, vooral in de kleine kuilen, samen met de sterke fluctuaties in bedekking door algen. Figuur 4.2 toont de enorme variatie in algen voor alle kuilen, behalve, opvallend genoeg, de referentiekuiten. Algen spelen daar een beperkte (A1) of geen (A2) rol. In de kleine kuilen is de bedekking met algen veel groter dan in de grote kuilen. Waarschijnlijk is de dynamiek daarbij van belang. Zodra verstuiwing substantieel wordt, worden algen snel opgeruimd. In de kleine kuilen is de dynamiek blijkbaar zo klein dat de algen aan het oppervlak stand kunnen houden. Aanvankelijk lijkt het erop dat de grootste concentraties aan algen aan het eind van de winter voorkomen, na verloop van tijd is er echter geen sprake meer van een duidelijke seizoensvariatie. In de

kuilen met de grootste algenbedekking neemt deze in 2004 sterk af en wordt dan vervangen door buntgras.



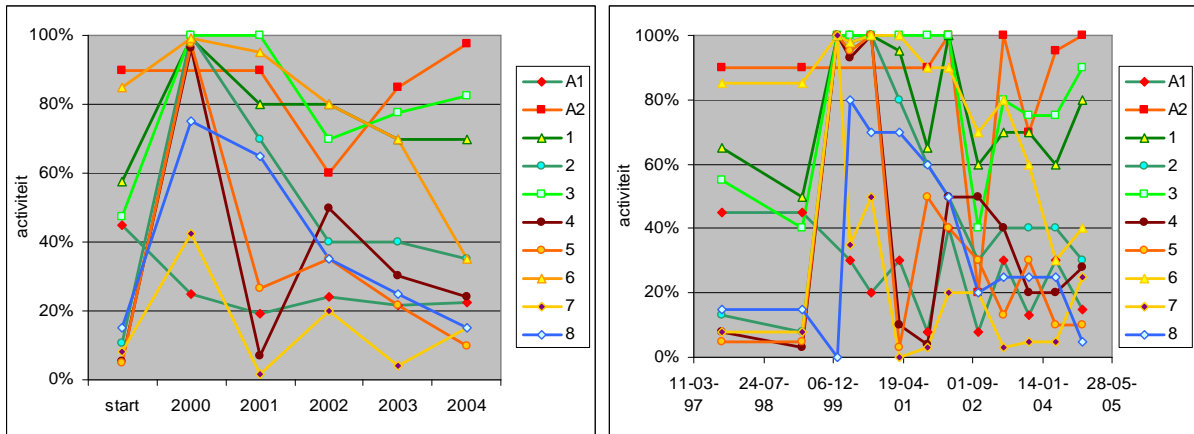
Figuur 4.2. Verandering in bedekking met algen, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)

De verschillen tussen de grote en de kleine kuilen worden duidelijker door per groep de gegevens te middelen (Figuur 4.3). Het mag duidelijk zijn dat, gezien de grote variatie in gegevens, de standaardafwijking groot is en de verschillen statistisch gezien waarschijnlijk niet significant zijn.



Figuur 4.3. Gemiddelde verandering in begroeid oppervlak (links) en bedekking met algen (rechts) voor grote en kleine kuilen

In de grote kuilen blijft de dynamiek domineren, en strekt de overstuiving zich uit tot ver buiten de omgrenzing van de kuil zelf. Kuilen 1 en 3 blijven overwegend actief, terwijl in kuil 2 de dynamiek zich tot één helling beperkt. Bij de kleine kuilen is alleen bij kuil 6 sprake van overstuiving tot buiten de kuil. Bij de overige kuilen zijn de processen (zeer) kleinschalig, en hebben ze alleen invloed binnen de omtrekken van de kuil. De dynamiek is beperkt. Het blijft de vraag of het duurzaam is, of dat de kuilen binnen afzienbare tijd verder zullen stabiliseren. Een en ander hangt vanzelfsprekend mede van de toekomstige meteorologische omstandigheden af. Figuur 4.4 toont echter duidelijk aan dat er voor geen van de kuilen, met uitzondering van 2, 5, 6 en 8 een echte trend in afnemende activiteit is waargenomen: de jaarlijkse- en seizoensvariatie is en blijft voorlopig groot. Figuur 4.5 toont dat de afname in dynamiek voor de grote kuilen langzamer gaat dan voor de kleine kuilen. Op grond van de trends die zichtbaar worden in de figuur, kan verwacht worden dat



Figuur 4.4. Verandering in activiteit, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)

de activiteit van de kleine kuilen verder zal afnemen, en de activiteit van de grote kuilen mogelijk op een zelfde niveau gehandhaafd blijft.



Figuur 4.5. Gemiddelde verandering in activiteit voor kleine en grote kuilen

4.2 Het effect van recreatie

De kuilen oefenen blijkbaar een grote aantrekkingskracht uit op recreanten. Langs alle kuilen loopt een pad, en om de grote kuilen heen is ook sprake van padvorming. In verschillende kuilen zijn sporen van recreanten gevonden, variërend van voetstappen door de kuil heen tot massale afstorting door vanaf de rand naar beneden springen. Verder zijn recreanten tijdens vrijwel alle monitoringsronden in het kuilengebied aangetroffen. Ook het om de kuilen heen lopen levert verstoringen doordat de smalle begrenzing instabiel wordt en afstort. Zolang de kuilen actief blijven worden dit soort sporen uitgewist. De verstoringen zelf zullen bovendien bijdragen aan de activiteit. Alleen in kuil A is de invloed van recreanten zo groot dat van een (blijvende) aantasting van de morfologie gesproken kan worden. Recreatie als extra invloed op de ontwikkeling maakt het lastig om het effect van natuurlijke processen te bepalen. In feite kan nauwelijks gesproken worden van een natuurlijke ontwikkeling, maar eerder van een semi-natuurlijke ontwikkeling in een gebied

met hoge recreatiedruk. Er is geen onderscheid te maken tussen de effecten van natuurlijke processen enerzijds en die van recreatie anderzijds.

4.3 Evaluatie van de monitoring

De monitoring is niet optimaal geweest, vooral door het gebrek aan goede referentiekuiten, waardoor er geen goed beeld bestaat van de ongestoorde ontwikkeling van de kuiten in het gebied. Verder zijn geen harde, kwantitatieve metingen verzameld, maar slechts (enigszins subjectieve) schattingen, waardoor de nauwkeurigheid van de gegevens niet heel hoog is. Er zijn ook geen metingen verricht aan veranderingen in dimensies van de kuiten (breedte, diepte). Desondanks is op grond van de verzamelde gegevens een redelijk beeld ontstaan van de ontwikkeling van een aantal belangrijke factoren per kuit. Deze gegevens zijn op zich voldoende nauwkeurig om een onderbouwde uitspraak te doen over het resultaat van de ingrepen. Het ontbreken van luchtfoto's maakt een goede vergelijking moeilijker.

4.4 Evaluatie van de ingreep

Voor de evaluatie van de ingreep worden de grote en kleine kuiten apart besproken.

kleine kuiten

Tot deze groep behoren alle kuiten direct ten noorden van de Zeeweg, te weten kuit 4, 5, 6, 7 en 8. De ingreep in deze kuiten is niet bijzonder succesvol. Na 5 jaar is de activiteit vergelijkbaar met die van vóór de ingreep, maar de dynamiek is beperkt, en reikt niet over de grenzen van de kuit, met uitzondering van kuit 6 (maar deed dit hier ook al vóór de ingreep). De successie binnen in de kuit is teruggedraaid, en er is een pioniermilieu ontstaan, waar pionierplanten en algen op hebben gereageerd. Voor de vergrassing buiten de kuiten heeft de ingreep geen enkel effect gehad. Het effect van de ingreep is dus zeer lokaal, en waarschijnlijk niet duurzaam. Ondanks de geringe activiteit die na 5 jaar nog steeds waarneembaar is, is het niet waarschijnlijk dat dit zo blijft. Naar verwachting zullen de kuiten de komende 5 jaren verder stabiliseren, hoewel het mogelijk is dat hier en daar actieve plekken over blijven. Deze ontwikkeling hangt ook af van de toekomstige meteorologische omstandigheden, en is daarom niet goed te voorspellen.

Het feit dat deze kuiten spontaan in de jaren 80 van de vorige eeuw zijn ontstaan, en nu niet sterk op een reactivatie hebben gereageerd is nog niet goed begrepen. Waarschijnlijk is hun ontstaan te danken aan een droge periode van een aantal jaren, en is hun stabilisatie te wijten aan een gebrek aan wind en overvloed aan neerslag in de jaren 90.

Het feit dat de activiteit van de kuiten tegen valt wil niet zeggen dat de ingreep niet goed is uitgevoerd. Juist in de kleine kuiten was de gehele bodem inclusief beworteling verwijderd. De manier waarop de depots zijn aangelegd is wel succesvol. Aanvankelijk waren de depots nog zichtbaar vanwege een beperkte bedekking, inmiddels zijn ze vrijwel geheel opgegaan in het omringende landschap, en niet meer als depots te herkennen.

Conclusie is dat de ingreep wel heeft geleid tot een vergroting van het areaal van pioniermilieus, maar dat dit vanwege het niet sterk op gang komen van de geomorfologische dynamiek een tijdelijke en bovendien sterk lokale winst zal zijn. Voor de huidige klimaatsomstandigheden is de ingreep waarschijnlijk te kleinschalig geweest om tot een duurzame situatie te leiden.

grote kuiten

Tot deze groep behoren de kuiten bij het Vogelmeer, namelijk 1, 2 en 3. De ingreep in deze kuiten is succesvol, omdat het er tot nu toe op lijkt dat er een redelijk grootschalige, kuitoverstijgende dynamiek op gang is gebracht. Hier kan tegen ingebracht worden dat het

niveau van activiteit op dit moment nauwelijks hoger is dan vóór de ingreep, maar dit kan weerlegd worden. Op basis van de ontwikkeling in referentiekuil A2 kan gesteld worden dat deze kuil alleen actief is gebleven dankzij een sterke verstoring door recreatie. En zelfs onder deze vorm van vrij extreme recreatiedruk is de activiteit in vergelijking tot 1997 sterk achteruit gegaan. Ook op grond van kwalitatieve observaties aan niet gereactiveerde stuifkuilen in de omgeving bestaat de indruk dat de dynamiek hier verder achteruit is gegaan. Het is daarmee redelijk zeker dat zonder ingrepen ook de gereactiveerde kuilen verder, en mogelijk zelfs geheel, gestabiliseerd zouden zijn. In die zin is de ingreep een succes. De stuifkuilen liggen er momenteel bij als sterk dynamische vormen, en zijn hiermee unieke, en waardevolle verschijnselen binnen de Schoorlse duinen. Bovendien beïnvloeden ze enkele honderden vierkante meters in de omgeving door overstuiving. Ook in deze zin is de ingreep een succes: zowel de kuilen als de omgeving hebben ervan geprofiteerd.

Mogelijk zou de activiteit van de kuilen hoger zijn gebleven als nog extremer was afgeplagd. In de grote kuilen was veel helm aanwezig, en de wortels bleken soms meters diep door te lopen. Het resultaat was dat juist die hellingdelen waarop de dichtste helm stond, ook weer het snelst door helm werd vastgelegd. Het is echter praktisch gezien onmogelijk om alle helmwortels te verwijderen. Ook hier is de manier van wegwerken van vrijkomend zand in depots succesvol gebleken (ondanks dat de hoeveelheid aanmerkelijk groter was dan bij de kleinere kuilen). Landschappelijk gezien zijn de depots vrijwel niet terug te vinden. Qua vegetatie is er nog enig verschil met de omgeving zichtbaar.

Conclusie is dat de ingreep heeft geleid tot een toename van het areaal van pioniermilieus, en tot een flinke toename van het areaal met overstoven duingrasland. Gezien de huidige ontwikkeling is de verwachting dat ook in de komende jaren de dynamiek zich zal handhaven.

5 CONCLUSIES

2004 is een interessant jaar geweest, met voor sommige kuilen (3, 4, 7) een toename van de dynamiek, voor andere een stagnatie of afname (5, 6, 8). De wind is niet extreem geweest, maar wel effectief. In de meeste duingebieden langs de Hollandse kust heeft dit tot een toename van kleinschalige activiteit geleid. De dynamiek in de grote kuilen (1, 2 en 3) blijft hoog, die van de kleine kuilen (4, 5, 6, 7 en 8) laag.

De recreatiedruk op het gebied is onverminderd groot. Alle gereactiveerde kuilen blijken aantrekkelijke punten voor bezoekers. Men volgt hierbij een vast spoor. Vooral de randen van de kuilen worden intensief betreden, wat gevolgen heeft voor de ontwikkeling (afstorting). Daarnaast worden in sommige kuilen sporen gevormd, en wordt de natuurlijke ontwikkeling verstoord. Het sterkst is dit het geval in referentiekuil A. Hier kan eigenlijk nauwelijks nog gesproken worden van een natuurlijke ontwikkeling.

Het succes van de ingreep is voor de kleine kuilen gering, en beperkt zich tot het terugdringen van de vegetatiesuccessie in de kuilen zelf, een waarschijnlijk tijdelijk effect. Conclusie is dat de ingreep wel heeft geleid tot een vergroting van het areaal van pioniermilieus, maar dat dit vanwege het niet sterk op gang komen van de geomorfologische dynamiek een tijdelijke en bovendien sterk lokale winst zal zijn. Voor de huidige klimaatsomstandigheden is de ingreep waarschijnlijk te kleinschalig geweest om tot een duurzame situatie te leiden.

Het succes van de ingreep is voor de grote kuilen aanzienlijk. Landschapsvormende processen zijn op gang gekomen, de dynamiek lijkt in ieder geval voor de komende jaren duurzaam, en de activiteit van de kuilen strekt zich uit tot over een oppervlak van enkele honderden vierkante meters buiten de grenzen van de kuilen. Conclusie is dat de ingreep heeft geleid tot een toename van het areaal van pioniermilieus, en tot een flinke toename van het areaal met overstoven duingrasland. Gezien de huidige ontwikkeling is de verwachting dat ook in de komende jaren de dynamiek zich zal handhaven.

De manier waarop het bij afgraven vrijkomende zand is weggewerkt door omliggende stuifkuilen of depressies gedeeltelijk op te vullen is zeer succesvol gebleken. De depots zijn vrijwel geheel opgenomen in het landschap. Bij de kleinere kuilen zijn ze niet meer als depot herkenbaar, bij de grotere kuilen is er alleen nog een (gering) verschil in vegetatiebedekking met de omgeving.

6 AANBEVELINGEN

Voor het introduceren van grootschalige dynamiek binnen het duinterrein, waarbij het landschap op grote schaal wordt beïnvloed door overstuiving en erosie, en zodoende de negatieve effecten van verzuring en verzuiging tegen te gaan, is het reactiveren van stuifkuilen niet de juiste manier. Hoewel de ingreep bij de grote stuifkuilen redelijk succesvol is, blijft het effect van de dynamiek van de kuilen toch beperkt tot een vrij klein gebied. Alleen wanneer een grote hoeveelheid stuifkuilen binnen een terrein gereactiveerd zou worden, zou het landschap in zijn geheel door overstuiving vanuit de kuilen kunnen worden beïnvloed. Wellicht verdient het dan de voorkeur niet zozeer stuifkuilen te reactiveren, maar grotere landschapselementen als parabool- of loopduinen. Inmiddels is er in de Kennemerduinen enige ervaring opgedaan met het reactiveren van duinen op grotere schaal. Mogelijk kan het reactiveren van duinen in het kalkarme district verdere inzichten opleveren.

Omdat duindynamiek een proces van lange tijdschaal is, wordt aanbevolen de monitoring van de stuifkuilen in zekere mate voort te zetten. Jaarlijks een beperkte opname, aangevuld met fotografie vanaf de vaste punten, zou hiervoor voldoende kunnen zijn. Binnen één dag kunnen alle kuilen opgenomen worden. Het werk kan eenvoudig door één persoon worden uitgevoerd. Wel is belangrijk dat de opname op een standaard manier plaatsvindt, zodat vergelijking van de gegevens mogelijk is. Hiervoor kunnen de formulieren zoals voor de huidige monitoring gebruikt worden, met eventueel een aanpassing, om de opname te vereenvoudigen.

Het is duidelijk dat recreatie een zekere invloed op de ontwikkeling van de kuilen heeft gehad. De kuilen zijn opgenomen in een 'illegale' route door het terrein, en blijkbaar in trek bij recreanten. Op zich hoeft de verstoring niet negatief te zijn. Juist als de dynamiek in de kuilen groot genoeg blijft, worden sporen van recreanten toch wel uitgewist. Tijdens het onderzoek is gebleken dat recreanten zich er vaak niet van bewust zijn dat ze in overtreding zijn. De 'illegale' paden maken een zodanige officiële indruk, dat ze niet als onrechtmatig worden herkend. Duidelijker aangeven van de officiële routes binnen het terrein kan ongewenste betreding mogelijk verminderen.

7 LITERATUUR

- Arens, S.M., Jungerius, P.D. & Boxel, J.H. van, 1997. Duurzame verstuiving in de Schoorlse duinen; een inventarisatie van potentiële lokaties. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP97.02, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Hollands-Noorden, 23 pp.
- Arens, S.M. and 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., Witteveldt, M. en Erinkveld, F., 2000. Duurzame verstuiving in de Schoorlse duinen; ontwikkeling 1999-2000. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2000.04, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 25 pp + 3 bijlagen.
- Arens, S.M., Witteveldt, M. en Erinkveld, F., 2001. Duurzame verstuiving in de Schoorlse duinen; ontwikkeling 2000-2001. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2001.04, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 23 pp.
- Arens, S.M., Witteveldt, M., Kloppenburg, J. en Erinkveld, F., 2002. Duurzame verstuiving in de Schoorlse duinen; ontwikkeling 2001-2002. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2002.01, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 33 pp.
- Arens, S.M., Witteveldt, M., Kloppenburg, J. en Erinkveld, F., 2004. Duurzame verstuiving in de Schoorlse duinen; ontwikkeling 2002-2003. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2004.01, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 33 pp.
- Haaf, C. ten., 2001. Stuifkuilen in de Schoorlse duinen. Monitoring van vegetatie en flora in 2000. Ten Haaf & Bakker, Ecologisch en hydrologisch adviesbureau in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 5 pp + bijlagen.
- Haaf, C. ten. 2003. Stuifkuilen in de Schoorlse duinen, monitoring van flora en vegetatie in 2002. Ten Haaf & Bakker, Ecologisch en hydrologisch adviesbureau in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 7 pp + 4 bijlagen.
- Haaf, C. ten. 2004a. Stuifkuilen in de Schoorlse duinen, monitoring van flora en vegetatie in 2003. Ten Haaf & Bakker, Ecologisch en hydrologisch adviesbureau in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland, 6 pp + 4 bijlagen.
- Haaf, C. ten. 2004b, in prep. Stuifkuilen in de Schoorlse duinen, monitoring van flora en vegetatie in 2004. Ten Haaf & Bakker, Ecologisch en hydrologisch adviesbureau in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Noord-Holland.
- KNMI, 2004. <http://www.knmi.nl>

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 1.1. Werk in uitvoering bij kuil 1.
- Figuur 3.1. Variatie in transport, wind en neerslag in de tijd.
- Figuur 3.2. Overzicht over kuilen 1 en 2 in 2000, 2001, 2002, 2003 en 2004 (links winteropname, rechts zomeropname).
- Figuur 3.3. Variatie van parameters voor Kuil A1.
- Figuur 3.4. Overzicht over de begroeide helling van kuil A1 in april (links) en oktober 2004 (rechts).
- Figuur 3.5. Bovenaanzicht van kuil A1, links april 2003, rechts april 2004.
- Figuur 3.6. Kuil A2, oktober 2002 en 2004.
- Figuur 3.7. Het topje en de achterkant van kuil A1, april (links) en oktober (rechts) 2004
- Figuur 3.8. Variatie van parameters voor Kuil A2.
- Figuur 3.9. Vooraanzicht van kuil 1, van linksboven naar rechtsonder de situatie in november 1999 (vóór de ingreep), maart 2000, september 2000, maart 2003, april en oktober 2004.
- Figuur 3.10. Variatie van parameters voor Kuil 1
- Figuur 3.11. Bovenaanzicht van kuil 1, maart 2002 (lb), okt. 2002, april 2003 en 2004 (ro).
- Figuur 3.12. Vooraanzicht van kuil 2, met van linksboven naar rechtsonder oktober 2001, april 2003, oktober 2003 en oktober 2004.
- Figuur 3.13. Variatie van parameters voor Kuil 2
- Figuur 3.14. Bovenaanzicht van kuil 2, met de situatie vóór de ingreep, in november 1999, en direct erna, in maart 2000. Linksonder de situatie in april 2001, rechtsonder in oktober 2004.
- Figuur 3.15. Kuil 3 in november 1999 (vóór de ingreep), maart 2000, oktober 2001, maart 2002, oktober 2002 en oktober 2004.
- Figuur 3.16. Variatie van parameters voor Kuil 3.
- Figuur 3.17. Het randje tussen kuil 2 en 3 in maart 2002, oktober 2002, 2003 en 2004.
- Figuur 3.18. Variatie van parameters voor Kuil 4.
- Figuur 3.19. Veranderingen in kuil 4, november 99, maart en sept, 2000, okt. 2002, 03, en 04.
- Figuur 3.20. Kuil 4 vanaf een andere kant, oktober 2003 en 2004.
- Figuur 3.21. Variatie van parameters voor Kuil 5.
- Figuur 3.22. Kuil 5, november 1999, maart 2000 en 2003, april 2004
- Figuur 3.23. Kuil 5 van de andere kant, november 1999, oktober 2001, 2002 en 2003.
- Figuur 3.24. Overstuiving achter de noordwestkant van kuil 6.
- Figuur 3.25. Variatie van parameters voor Kuil 6.
- Figuur 3.26. Kuil 6, september 2000, oktober 2001, en voor- en najaar van 2002, 2003 en 2004.
- Figuur 3.27. Watererosie.
- Figuur 3.28. Variatie van parameters voor Kuil 7.
- Figuur 3.29. Kuil 7, maart en september s2000, oktober 2001 en 2002, voor- en najaar 2003 en 2004.
- Figuur 3.30. Kuil 8 in spannender tijden.
- Figuur 3.31. Variatie van parameters voor Kuil 8
- Figuur 3.32. Kuil 8, vóór de ingreep in november 1999, voor- en najaar 2000, voorjaar 2001, 2002 en 2003, voor- en najaar 2004.
- Figuur 3.33. Kuil C in 1996, 1997, september 2000, oktober 2001, voor- en najaar 2004.
- Figuur 4.1. Verandering in begroeid oppervlak, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)
- Figuur 4.2. Verandering in bedekking met algen, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)
- Figuur 4.3. Gemiddelde verandering in begroeid oppervlak (links) en bedekking met algen (rechts) voor grote en kleine kuilen

Figuur 4.4. Verandering in activiteit, jaarlijks (links) en van opname tot opname (rechts)
Figuur 4.5. Gemiddelde verandering in activiteit voor kleine en grote kuilen

LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 2.1. Foto's en luchtfoto's.
- Tabel 3.1. Jaarlijks potentieel transport en neerslag.
- Tabel 3.2. Transport, neerslag en wind per halfjaar.
- Tabel 3.3. Resultaten Kuil A1 (referentie).
- Tabel 3.4. Resultaten Kuil A2 (referentie).
- Tabel 3.5. Resultaten Kuil 1.
- Tabel 3.6. Resultaten Kuil 2.
- Tabel 3.7. Resultaten Kuil 3.
- Tabel 3.8. Resultaten Kuil 4.
- Tabel 3.9. Resultaten Kuil 5.
- Tabel 3.10. Resultaten Kuil 6.
- Tabel 3.11. Resultaten Kuil 7.
- Tabel 3.12. Resultaten Kuil 8.

