

Monitoring van een grootschalige verstuiwing
in de Van-Limburg-Stirumduinen
Ontwikkeling 2003-2005

S.M. Arens



Monitoring van een grootschalige verstuiwing
in de Van-Limburg-Stirumduinen
Ontwikkeling 2003-2005

S.M. Arens

VOORWOORD

In 1995 is in de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) een grootschalige verstuiwing ontstaan in het gebied van het van Limburg Stirumkanaal. Het zuidelijk deel van dit extractiekanaal is in maart 1995 opgevuld met het oorspronkelijke zand, voor zover dat nog aanwezig was in “depots” die tijdens het uitgraven van het kanaal, circa 100 jaar geleden waren aangelegd. In 2007 is ook het noordelijk deel van het kanaal opgevuld en heringericht. De situatie die na opvulling is ontstaan is voor het Nederlandse duingebied uniek. Behalve vanwege de omvang is het project ook vanuit andere oogpunten van belang.

Het Waterleidingbedrijf Amsterdam (WLB) beoogde met dit project onder meer de natuurlijke waterhuishouding en geomorfologische dynamiek te herstellen. Als beheerder is het voor het WLB van belang om te onderzoeken of de gestelde doelen met de inrichting zijn of worden bereikt.

In 1999 werd gestart met het invoeren van de karteringen in GIS, waarmee een meer kwantitatieve analyse van de ontwikkeling mogelijk werd. Vanaf 2001 is direct in GIS gekarteerd. In eerdere rapporten werd de ontwikkeling tussen 1995 en 2003 beschreven. In dit rapport wordt de ontwikkeling van het gebied tussen 2003 en 2005 behandeld.

Bas Arens,
14 november 2007

INHOUD

VOORWOORD	iii
INHOUD	v
1 INLEIDING	1
2 METHODEN	3
2.1 Sequentiële luchtfoto-analyse	3
2.2 Verwerking in GIS	5
2.3 Hoogteligging	5
2.4 Fotografie vanaf vaste punten	5
3 RESULTATEN	7
3.1 Hoogteligging	8
3.2 Ontwikkeling van verstuing en begroeiing	9
3.3 Kwantitatieve analyse van de ontwikkeling	12
3.4 Fotografie vanaf vaste standplaatsen	14
4 CONCLUSIES EN DISCUSSIE	23
5 LITERATUUR	25
LIJST VAN FIGUREN	27
LIJST VAN TABELLEN	27

1 INLEIDING

In 1995 is in de Van-Limburg-Stirumduinen in de Amsterdamse Waterleidingduinen een extractiekanaal gesloten. Hierbij is het oorspronkelijk reliëf hersteld door het voornamelijk uitgegraven zand, dat grotendeels nog in het terrein aanwezig was in depots, terug te storten. In het gebied zijn geen verdere inrichtingsmaatregelen uitgevoerd. Alleen langs twee paden, dwars door het gebied, is voor de herkenbaarheid helm geplant.

Na de ingreep bleef een uitgestrekt kaal gebied achter van circa 3 km lang en 100 -500 m breed. Dit gebied kon zich onder invloed van de wind vrijelijk ontwikkelen. Het eerste grootschalige verstuivingsexperiment in de Nederlandse kustduinen was een feit. Dergelijke experimenten zijn van groot belang, omdat hiermee ervaring opgedaan kan worden met het toelaten van grootschalige verstuivingen als middel om verjonging in het duinterrein te stimuleren en verruiging tegen te gaan.

Sinds 1995 wordt de ontwikkeling van het gebied gevolgd. In deze rapportage komt de geomorfologische ontwikkeling tussen 2003 en 2005 aan bod. Hierbij wordt vooral aandacht besteed aan enerzijds de uitbreiding van verstuivingen onder invloed van de wind op grote schaal (waarbij het gehele gebied in ogenschouw wordt genomen) en anderzijds de stabilisatie van verstuiving als gevolg van de vestiging van vegetatie.

In januari 2007 is een tweede fase van het project van start gegaan, waarbij aan de noordkant een resterende kilometer van het kanaal is opgevuld. Aangezien bij dit project de oriëntatie op de wind anders is, meer zuidwest-noordoost, dus in de richting van de meest actieve wind, kan dit project als een nieuw experiment gezien worden, waarbij de randvoorwaarden voor verstuiving anders (beter) zijn.

2 METHODEN

Voor een uitgebreide beschrijving van de vraagstelling en aanpak van monitoring wordt verwezen naar Arens & Deiller (1996).

Voor de monitoring wordt voornamelijk gebruik gemaakt van sequentiële luchtfoto-analyse. Sinds 1995 zijn om het jaar luchtfoto's gemaakt. Deze geven een uitstekend beeld van de landschappelijke ontwikkeling en de uitbreiding van verstuing en begroeiing. Van de luchtfoto's worden karteringen gemaakt, die zijn ingevoerd in GIS (ArcView). In 2001 zijn ortho-foto's gemaakt, waarop direct digitaal is gekarteerd. In 2003 zijn digitale luchtfoto's gemaakt die ook als orthofoto's zijn aangeleverd. Ook hiervan is direct digitaal gekarteerd. In 2005 zijn opnieuw digitale gemaakt. In verband met vluchtprobleem en zijn twee opnamen gemaakt. De eerste dateert van 27 mei 2005, en is in false colour. De tweede dateert van 22 september 2005 en is in full colour, en aangeleverd als orthofoto's.

Om een meer gedetailleerde indruk van de landschapsontwikkeling te krijg en worden er iedere lente en herfst foto's vanaf vaste punten gemaakt.

2.1 Sequentiële luchtfoto-analyse

De opnamedata en kenmerken van de verschillende luchtfotovluchten zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Opnamedata en type van luchtfoto's.

datum	schaal	opname	geometrische correctie	type
29-06-1995	1:5.000	analoog	ongecorrigeerd	false colour
14-04-1996	1:5.000	analoog	ongecorrigeerd	full colour
07-08-1997	1:5.000	analoog	ongecorrigeerd	false colour
28-04-1999	1:5.000	analoog	ongecorrigeerd	false colour
04-07-2001	1:10.000	analoog	gecorrigeerd	false colour
13-06-2003	digitaal	digitaal	gecorrigeerd	multispectraal
27-05-2005	digitaal	digitaal	ongecorrigeerd	false colour
22-09-2005	digitaal	digitaal	gecorrigeerd	full colour

Vanwege verschillen in tijdstip van opname (variërend van vroege lente tot midden zomer) moet rekening gehouden worden met variatie in vegetatiebedekking ten gevolge van seizoensinvloeden. In verband met problemen met het vliegen van de luchtfoto's zijn in 2005 twee series opgenomen, de eerste in false colour, in mei, en de tweede in full colour in september. De eerste opname is niet geometrisch gecorrigeerd, de tweede wel. Het is sinds de beschikbaarheid van ArcGis echter betrekkelijk eenvoudig luchtfoto's in GIS te corrigeren. De beschikbaarheid van twee series binnen één jaar maakt het mogelijk iets meer inzicht te geven in de effecten van seizoensvariatie, en de betekenis daarvan voor de kartering. De foto's van september 2005 zijn zeer laat in het seizoen genomen, en geven een beeld van de maximale vegetatie-uitbreiding, en minimale verstuing. De foto's van mei geven een beter zicht op de uitbreiding van de vegetatie.

Voor de karteringen wordt gebruik gemaakt van onderstaande legenda. In de loop van de tijd zijn aanpassingen nodig geweest. Door de opdeling in steeds kleinere terreineenheden worden complexen in de kartering belangrijker. Daarnaast ontstaan er nieuwe eenheden door bijvoorbeeld invoeren van een beheersmaatregel, en doordat delen begroeid en gestabiliseerd raken, maar daarna opnieuw overstoven worden. In het project Duurzame Verstuing, fase 2 zullen enkele detailstudies worden uitgevoerd, waarbij voor het van

Limburg Stirum gebied vooral een onderverdeling gemaakt zal gaan worden in droge en natte terreindelen, aangezien stabilisatie door begroeiing in de delen verschillend gaat. Hierbij zullen ook de legenda en de verschillende classificaties verder gestroomlijnd worden.

Tabel 2.2. Legenda dynamiekkarteringen .

code	omschrijving	opmerking
O	onbegroeid, voornamelijk erosief , zonder duidelijke vorm	
O/S0	onbegroeid, maar zeer verspreid pioniervegetatie met kleinschalige duinvorming	2003/2005
O2	onbegroeid, alleen kleinschalige activiteit	2005
S0	pioniervegetatie met kleinschalige duinvorming (1999)	
S0a	duinvorming in riet op voormalige kanaaloever	1997/1999
S0/1	complex van actieve duinvorming in pioniervegetatie en beginnende stabilisatie	
S1	beginnende stabilisatie	
S1a	duinvorming in aangeplante Helm, beginnende stabilisatie	1999
S1/2	gestabiliseerd; complex van S1 en S2	
S1/A	grotendeels gestabiliseerd door begroeiing, maar enigszins overstuivend vanuit omgeving, met strooizone (A3)	2005
S2	gestabiliseerd, maar nog niet volledig begroeid	
S2a	gestabiliseerde duinrug in Helmaanplant	
S2/A	in eerdere fase gestabiliseerd (in het ingreep gebied) maar met zeer lichte overstuiving (A3)	2005
S2/3	gestabiliseerd, grotendeels begroeid met hier en daar onbegroeide plekken	2001
S3	gestabiliseerd en volledig begroeid (oud oppervlak met bodemvorming, nieuw gestabiliseerd oppervlak zonder of met marginale bodem)	
V1	vochtige, onbegroeide vallei	
V1/2	vochtige vallei met hier en daar begroeiing	2003/2005
V1/O	vochtige, onbegroeide vallei met hier en daar droge stukken	1999/2003
V2	vochtige, begroeide vallei	
V2m	vochtige, begroeide vallei, gemaaid	2005
W1	natte, onbegroeide vallei met grondwater boven het oppervlak	
W2	natte, begroeide vallei met grondwater boven het oppervlak	
A1	sterke overstuiving, vegetatie volledig begraven	
A1/O	onbegroeid, deel sterk overstoven, deels erosief	1999
A1/2	matig tot sterke overstuiving, vegetatie lokaal begraven	
A2	matige overstuiving, vegetatie herkenbaar	
A2a	sterke overstuiving en actieve duinvorming in duinriet of aangeplante helm (1999)	1995/1997
A2/3	geringe tot matige overstuiving	
A3	geringe overstuiving, strooizone	
B	onbegroeid, erosief oppervlak met stuifkuilvor m	

2.2 Verwerking in GIS

De tracings van 1995, 1997 en 1999 zijn ingevoerd in ArcInfo, en daar geometrisch gecorrigeerd. Een groot aantal min of meer vaste paspunten (vaak struiken of bomen, maar ook peilbuizen) is in de luchtfoto's opgezocht, en daarna in het veld met GPS ingemeten. Op basis van de paspunten is de correctie uitgevoerd. De digitale kaarten zijn daarna overgezet in ArcView voor verdere verwerking.

De karteringen van 2001, 2003 en 2005 zijn direct op het beeldscherm in ArcView uitgevoerd. Omdat de luchtfoto's beschikbaar zijn als orthofoto's is geometrische correctie achteraf niet meer nodig. Gekarteerd is op een schaal van circa 1:1000. De beelden van 2003 en 2005 zijn kwalitatief veel beter dan die van 2001, waardoor voor 2003 in meer detail gekarteerd kon worden. Overigens blijkt met deze mate van detail dat de geometrische correctie niet 100% nauwkeurig is. Verschuivingen in de orde van 1m kunnen voorkomen.

Voor alle kaarten zijn in ArcView de oppervlaktes van kaarteenheden berekend. Met behulp van deze berekeningen is vervolgens een kwantitatieve analyse gemaakt van de ontwikkeling van het gebied.

2.3 Hoogteligging

Zowel bij de orthofoto's van 2003 als van 2005 is een digitaal hoogtemodel vervaardigd met behulp van laseraltimetrie. De gegevens zijn niet zondermeer vergelijkbaar, omdat in het DTM van 2003 de hoogte in decimeters is weergegeven en in 2005 in meters. Bovendien verschilt de gridgrootte. Daarnaast blijkt dat de data geijkt moet worden, de hoogte van vaste punten binnen beide DTM's is niet hetzelfde, er is sprake van een afwijking van grofweg 1m. Op dit moment is het daardoor nog niet mogelijk een verschilkaart te maken, maar op basis van de DTM's zelf zijn enkele voorzichtige uitspraken te doen over hoogteveranderingen.

2.4 Fotografie vanaf vaste punten

Sinds juli 1999 worden vanaf circa 90 vaste standplaatsen foto's gemaakt. De standplaatsen zijn ingemeten met GPS en worden iedere opname met GPS teruggezocht. Ieder jaar worden aan het eind van het stuifseizoen, rond eind maart, en aan het eind van het groeiseizoen, rond eind september, foto's gemaakt. Van een aantal standplaatsen zijn al eerder foto's gemaakt. Sommige punten zijn gefotografeerd vanaf 1996. De foto's zijn digitaal en geordend beschikbaar op CD.

Foto's zijn gemaakt op de volgende data:

- 11-07-1999+23-07-1999 (zomer/najaar)
- 07-04-2000 (voorjaar)
- 14-09-2000 (najaar)
- 14-03-2001 (voorjaar)
- 12-09-2001 (najaar)
- 26-03-2002 (voorjaar)
- 10-09-2002 (najaar)
- 01-04-2003+07-04-2003 (voorjaar)
- 16-09-2003 (najaar)
- 29-03-2004 (voorjaar)
- 28-09-2004 (najaar)
- 25-03-2005 en 01-04-2005 (voorjaar)
- 10-10-2005 en 13-10-2005(najaar)
- 31-03-2006 (voorjaar)
- 30-10-2006 (najaar)

- 30-03-2007 (voorjaar)
- 25-10-2007 (najaar)

3 RESULTATEN

Gegevens over het weer zijn ontleend aan de website van het knmi (www.knmi.nl).

De herfst van 2003 was droog en zonnig, met een warme september, een koude oktober en een zachte november. 21 december stond er een storm, vooral in het Waddengebied.

2004 was warm, met veel maanden waarin de temperatuur boven gemiddeld lag. Het jaar was natter dan gemiddeld, met vooral een zeer natte zomer. April en mei waren droog. Er kwamen verschillende stormen langs, op 31 januari en 20 maart. September was vooral onstuimig.

De winter van 2004/2005 was vrij zacht en droog. Er was geen langdurige vorstperiode. December en januari waren droog, februari juist nat. Op zowel 8 januari als 12 februari stond er in het noordelijk kustgebied enige tijd een storm. In het hele land kwamen zware tot zeer zware windstoten voor.

Maart 2005 begon koud, maar was vervolgens vrij zacht. April was zeer zacht, en mei begon en eindigde zomers, maar was in het midden koud. De neerslag was gemiddeld, met maart wat droger dan normaal en april wat natter.

De zomer van 2005 was vrij koel en nat, hoewel juni juist zeer warm was. De neerslag was meer dan gemiddeld.

Wanneer het potentiële zandtransport wordt berekend op basis van gemeten windsnelheden (gemiddelde dagelijkse windsnelheid De Kooy), dan blijkt dat voor 2003 en 2005 het totale transport veel minder dan gemiddeld was, en voor 2004 ongeveer gemiddeld.

Tabel 3.1. Maandelijkse neerslag voor Tilanuspad in mm (bron: Waternet).

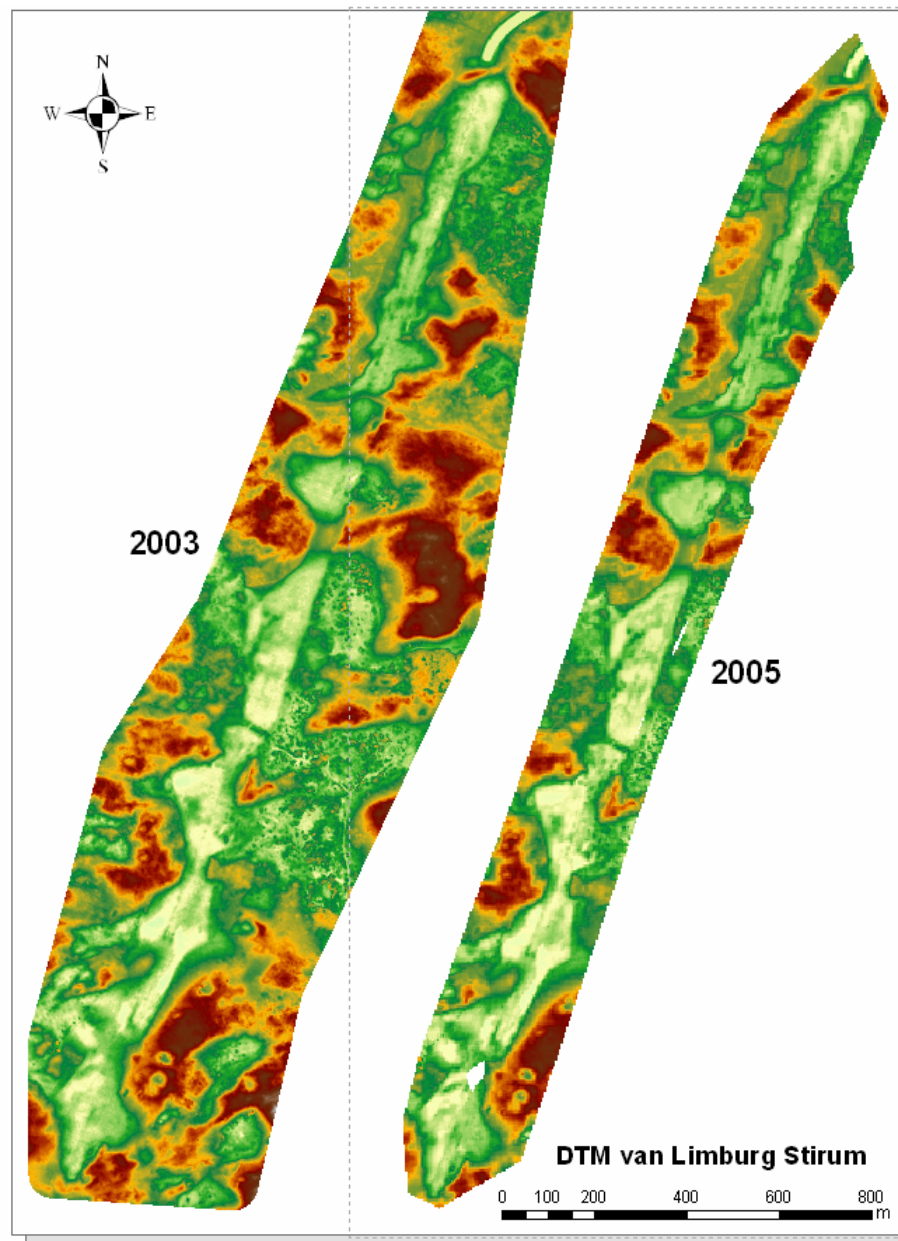
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
januari	117	9	6	83	85	41	62	63	89	120	34	9	104
februari	76	50	52	21	57	84	84	93	18	67	53	55	86
maart	78	14	22	93	84	61	79	25	12	36	59	81	73
april	24	8	27	89	56	49	74	52	81	33	70	35	0
mei	43	42	52	34	23	70	36	35	69	22	36	86	64
juni	50	21	98	116	88	26	34	66	31	46	56	40	113
juli	73	39	49	51	28	65	34	57	32	81	121	20	130
augustus	30	108	51	69	70	33	180	132	21	183	128	216	28
september	120	37	36	173	110	121	182	61	68	62	83	18	92
oktober	18	93	108	132	108	145	38	94	95	87	95	137	27
november	42	152	53	103	84	193	103	99	78	69	108	84	15+pm
december	42	47	73	89	144	112	79	98	90	56	75	89	pm
totaal	711	621	628	1050	937	1000	983	875	684	862	916	870	730+

Tabel 3.1 geeft de maandelijkse neerslaggegevens voor het meetpunt Tilanuspad. De neerslaghoeveelheden komen vrijwel overeen met de neerslag voor Zandvoort (zie vorige

rapportage). De totale neerslag is over 2004 en 2005 hoger dan gemiddeld. Sinds de start van het experiment zijn er 3 jaren geweest die droger waren dan gemiddeld, 1996, 1997 en 2003, de rest was natter.

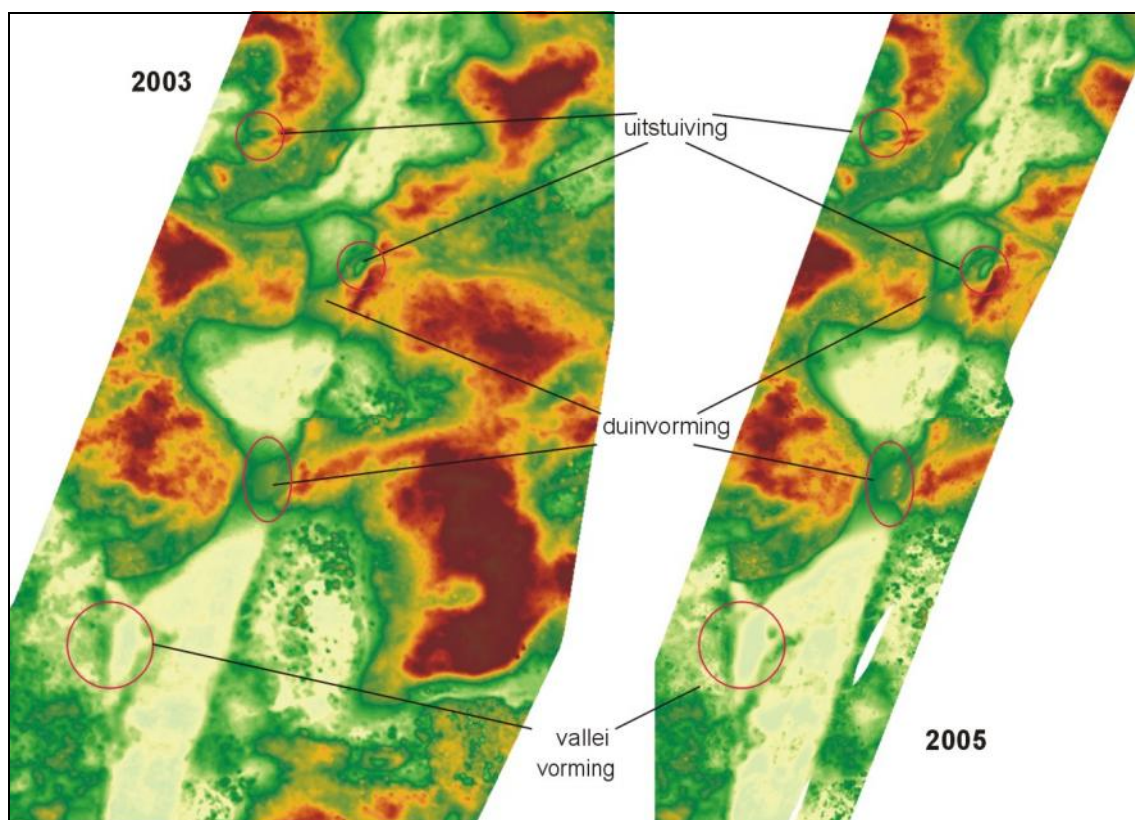
3.1 Hoogteligging

Figuur 3.1 geeft de digitale terrein modellen van 2003 en 2005. De figuur illustreert de diepere ligging van het voormalige kanaal ten opzichte van de omgeving. Het is duidelijk dat de geomorfologische veranderingen in het gebied niet zo groot zijn geweest dat de structuur van het herstelde terrein volledig geïntegreerd is in het omringende landschap. Overstuiving van de randen heeft over het algemeen niet of nauwelijks tot een meer graduele overgang van ingreep naar omgeving geleid. Er zijn wel stukken waar de overgang wel geleidelijker is geworden.



Figuur 3.1. Digitale terreinmodellen 2003 en 2005. De hoogte neemt toe van lichtblauw - geel - groen - oranje - bruin

De veranderingen in hoogte kunnen pas echt goed duidelijk gemaakt en gekwantificeerd worden met een verschilkaart. Vooralsnog is het niet mogelijk die te maken. Ook inspectie van de digitale terreinmodellen zelf brengt enige verschillen aan het licht. toont enkele voorbeelden van uitstuiving (vanuit stuifkuilen) en duinvorming.



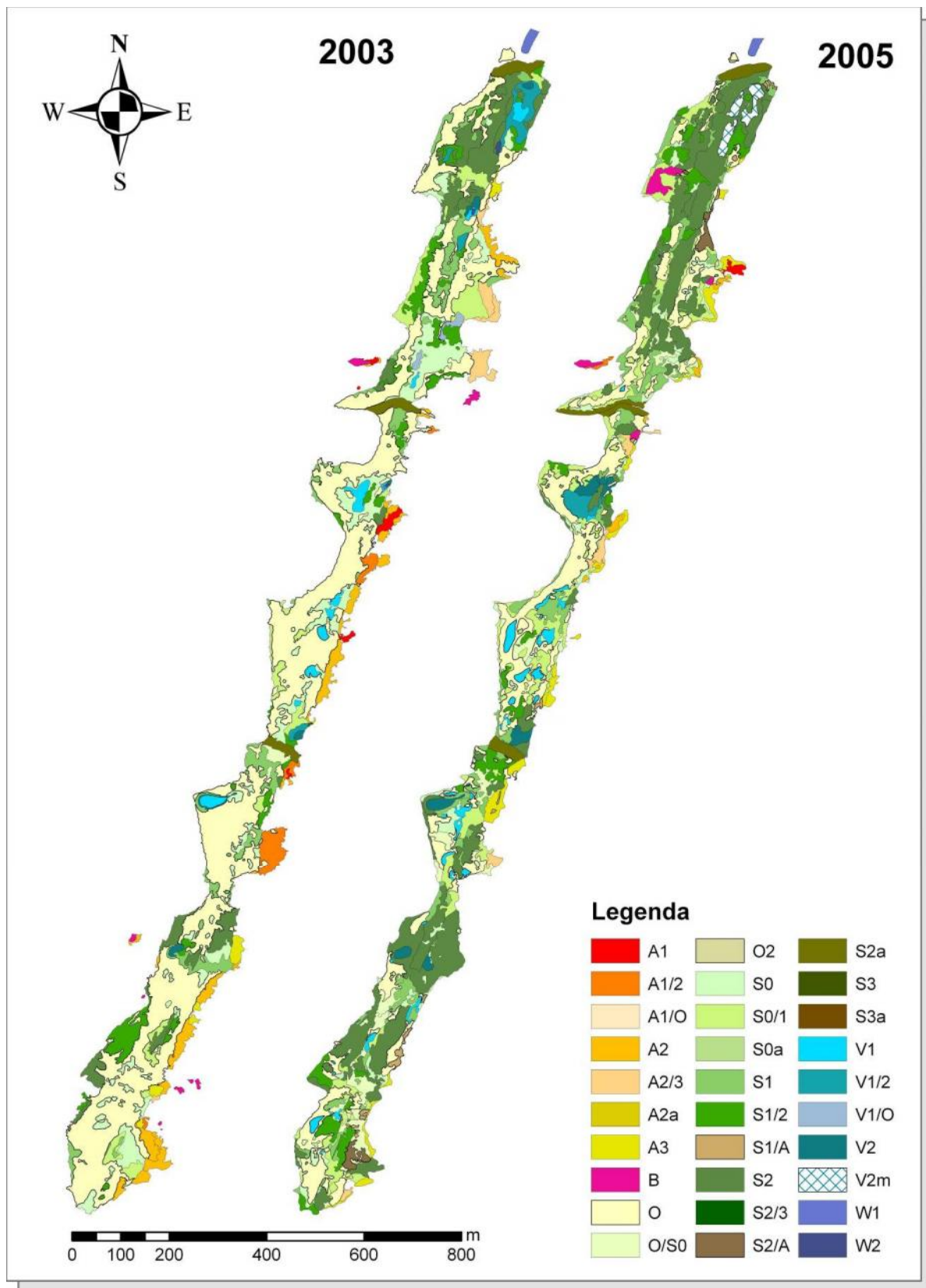
Figuur 3.2. Detail hoogteligging in 2003 (links) en 2005 (rechts) met enkele veranderingen.

3.2 Ontwikkeling van verstuiving en begroeiing

De foto's zijn zeer goed en hebben een grote mate van detail. De beelden zijn scherp bij een schaal van 1:1000 en hebben een goede kleurs telling. De precisie van de orthofoto's is niet 100%. Vergeleken met de foto's van 2003 is er sprake van verschuivingen in de orde van 0.5-1.5m. Het feit dat er sprake is van dit soort verschuivingen maakt karteren volgens de "oude grenzen" methode niet mogelijk. Een zelfde grens kan immers door verschuiving 2mm verder liggen, wanneer op schaal 1:1000 gekarteerd wordt. Dit betekent dat oude grenzen niet zomaar overgenomen kunnen worden, omdat gekarteerde oppervlaktes dan veel onnauwkeuriger worden. Daarom is gekozen voor een integrale kartering vanaf de nieuwe luchtfoto's. De positie van grenzen mag dan wel soms iets verplaatst zijn, de omgrenzing van eenheden is daarmee nauwkeurig, oppervlaktes zijn nauwkeuriger te bepalen, en veranderingen in oppervlaktes zijn daarmee realistischer.

De karteringen zijn weergegeven in Figuur 3.3. Er zijn veel stukken begroeid geraakt en/of dichtgegroeid. De eerste indruk is er een van verdere stabilisatie en fragmentatie. Het areaal dat niet meer actief is is nu groter dan het nog actieve deel (10 jaar na de ingreep).

Het is verleidelijk de forse afname van waargenomen overstuiving in 2005 te koppelen aan het late tijdstip van de opname (september). Voor het karteren van de overstuiving van de oostkant is echter ook gebruik gemaakt van de foto's van mei 2005. De geconstateerde afname is dus realistischer.



Figuur 3.3. Karteringen dynamiek voor 2003 en 2005.

Er zijn vrijwel geen plekken waar sprake is van een vergroting van dynamiek of uitbreiding van de verstuiwing. Door de verdergaande begroeiing en versnippering wordt de kartering steeds complexer. Langs de westrand domineert winderosie. Verschillende valleien of stuifkuilvormen groeien hier tegen de wind in, en breiden zich dus enigszins naar het westen uit. Winderosie is nog steeds hét proces dat dynamiek in stand houdt, ook als dit slechts beperkt is tot enkele cm's per jaar. Erosie is daarmee veel effectiever dan sedimentatie, want sedimentatie van enkele cm's per jaar levert wel een belangrijke ecologische input, maar is voor het instandhouden van dynamiek niet relevant. Duinvorming speelt wel een rol, maar bescheiden. Overstuiving zorgt voor al voor ecologische veranderingen, hoewel er ook lokaal duidelijke hoogteveranderingen worden waargenomen. Het is vooral uitstuiving tot op het grondwater dat tot grotere landschappelijke veranderingen leidt.

Over het geheel genomen valt op dat een kleinschaligere mozaïek is ontstaan, maar dat de dynamische terreineenheden die er nog zijn nog steeds een grotere dimensie hebben dan vergelijkbare eenheden in de (niet gereactiveerde) omgeving. Het landschap begint meer een stuifkuilenlandschap te worden. In fase 2 van het project Duurzame Verstuiwing zal meer aandacht besteed worden aan de verandering naar stuifkuilenlandschap, en zal ook een vergelijking gemaakt worden met stuifkuilontwikkeling in de omgeving. Enkele grotere dynamische eenheden die nog bestaan hebben een duidelijke zuidwest-noordoostrichting.

Op het overzichtskaartje (Figuur 3.4) zijn deelgebieden aangegeven die in eerdere rapportages in meer detail zijn besproken.

deelgebied 1 (2003-2005):

Forse afname van de overstuivings langs de oostgrens. Toename van de begroeiing in het kale deel. Toename van vochtig valleioppervlak. Binnen het deel dat eerder gestabiliseerd is, is een deel nu licht overstoven geraakt.

deelgebied 2 (2003-2005):

Uitbreiding van begroeiing, en vestiging van pioniers in het kale deel. Ook hier, aan de oostkant, lichte overstuiving van eerder gestabiliseerde delen. Uitbreiding vochtig valleioppervlak.

deelgebied 3 (2003-2005):

Dit deelgebied is vrijwel geheel dichtgegroeid en gestabiliseerd. Kleine toename vochtig valleioppervlak, ook met verse uitstuiving.

deelgebied 4 (2003-2005):

Forse uitbreiding uitgestoven, vochtige valleien. Afname onbegroeid oppervlak en versnippering door gevestigde vegetatie. Van de forse overstuivingszone uit 2003 is niks over, lokaal enige overstuiving, maar zeer beperkt.

deelgebied 5 (2003-2005):

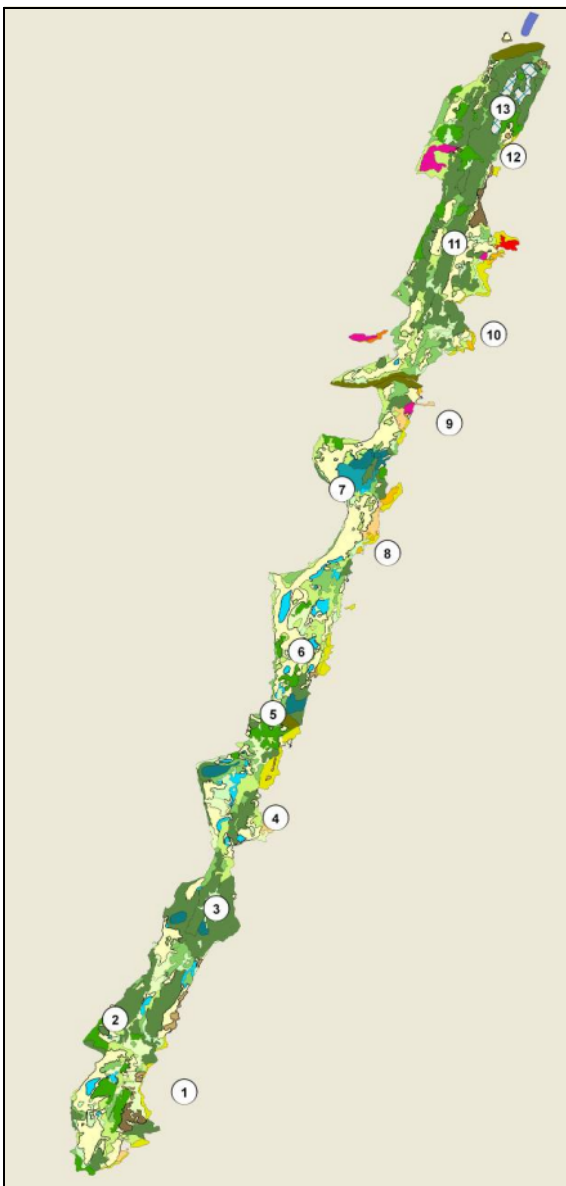
Uitbreiding vochtig valleioppervlak, zowel kaal als gestabiliseerd. Verdere versnippering kaal oppervlak door begroeiing. Lokaal aan de oostkant nog enige beperkte overstuiving.

deelgebied 6 (2003-2005):

Één van de grotere plekken met dynamiek, maar wel versnipperend door vestiging pioniers en beginnende stabilisatie. Forse uitbreiding vochtig valleioppervlak. Beperkte overstuiving langs de oostkant.

deelgebied 7 (2003-2005):

Nog redelijk uitgestrekte, kale, actieve zone, waarin het oppervlak natte vallei fors is toegenomen, echter wel begroeid geraakt. Beperkte tot redelijke overstuiving, met name aan de zuidoostkant.



deelgebied 8 (2003-2005):

Redelijk uitgestrekt kaal en actief oppervlak. Wel afname en enige versnippering. Beperkte overstuiving langs de oostkant.

deelgebied 9 (2003-2005):

Afname van dynamiek. Nog maar zeer beperkte overstuiving. Uitbreiding van de begroeiing en stabilisatie van het centrale deel. Belangrijkste dynamiek in stuifkuilontwikkeling.

deelgebied 10 (2003-2005):

Verdere versnippering, stabilisatie vanuit gekoloniseerd oppervlak. Beperkte overstuiving langs de oostkant.

deelgebied 11 (2003-2005):

Onbegroeid oppervlak afgenomen, gevestigde vegetatie verder uitgegroeid. Opvallende toename van dynamiek langs een klein stuk van de oostkant, en stuifkuilontwikkeling.

deelgebied 12 (2003-2005):

Aan de westkant opvallende stuifkuilontwikkeling. In de rest van het gebied vrijwel volledige begroeiing en afwezigheid dynamiek.

deelgebied 13 (2003-2005):

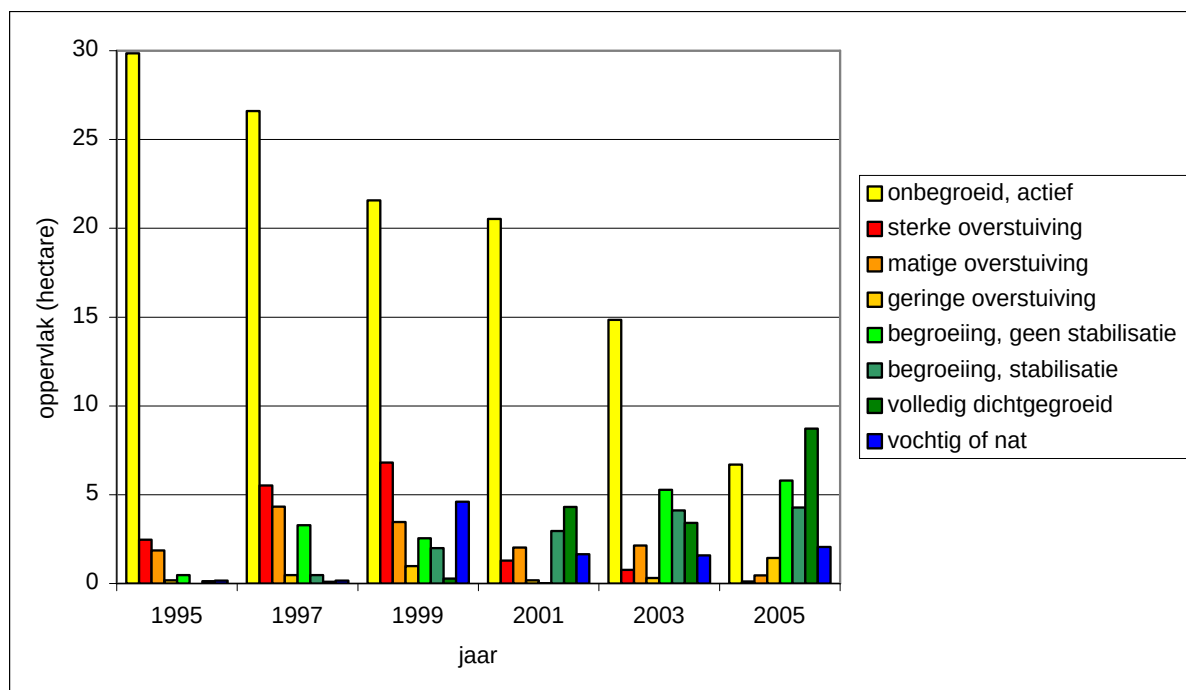
Bijna geheel gestabiliseerd en dicht gegroeid, op enkele kleine, kale plekken na. Het begroeide, vochtige valleioppervlak wordt inmiddels gemaaid.

Figuur 3.4. Overzicht deelgebieden.

3.3 Kwantitatieve analyse van de ontwikkeling

Aan de hand van de digitale kaarten zijn voor de verschillende landschapseenheden oppervlaktes berekend. Verschillende kaarteenheden zijn hiertoe samengevoegd. Figuur 3.5 toont de oppervlaktes voor onbegroeide, overstoven, begroeide en vochtig of natte landschapsdelen. Het onbegroeide, actieve oppervlak, waar vooral winderosie een rol speelt, is geleidelijk afgenomen van 29.9 ha in 1995 tot 20.5 ha in 2001 en vervolgens tot 14.8 ha in 2003 en tot 6.7 ha in 2005. Procentueel is de afname tussen 2003 en 2005 hoog. Hiervan is in 2003 3.6 ha bedekt geraakt met pioniervegetatie en een klein deel gestabiliseerd. Het grootste, aaneengesloten onbegroeide oppervlak was in 2001 nog 5.5

ha, en is in 2003 afgenomen tot 4.3 ha. De versnippering van het gebied neemt dus verder toe, hetgeen ook blijkt uit de toename van de hoeveelheid kaarteenheden. In 1995 waren er 119 kaarteenheden met een gemiddeld oppervlak van 0.30 ha, in 1999 was dit toegenomen tot 261 kaarteenheden met een gemiddeld oppervlak van 0.16 ha. In 2003 zijn er 331 kaarteenheden en is de gemiddelde oppervlakte nog maar 0.10 ha. In 2005 zijn er 561 kaarteenheden met een gemiddeld oppervlak van nog maar 0.05 ha. Verwacht zou kunnen worden dat bij toenemende begroeiing het aantal kaarteenheden uiteindelijk weer af gaat nemen, en hun oppervlak toe gaat nemen. Dat is op dit moment nog niet het geval. Kennelijk is er sprake van een grote mate van differentiatie.



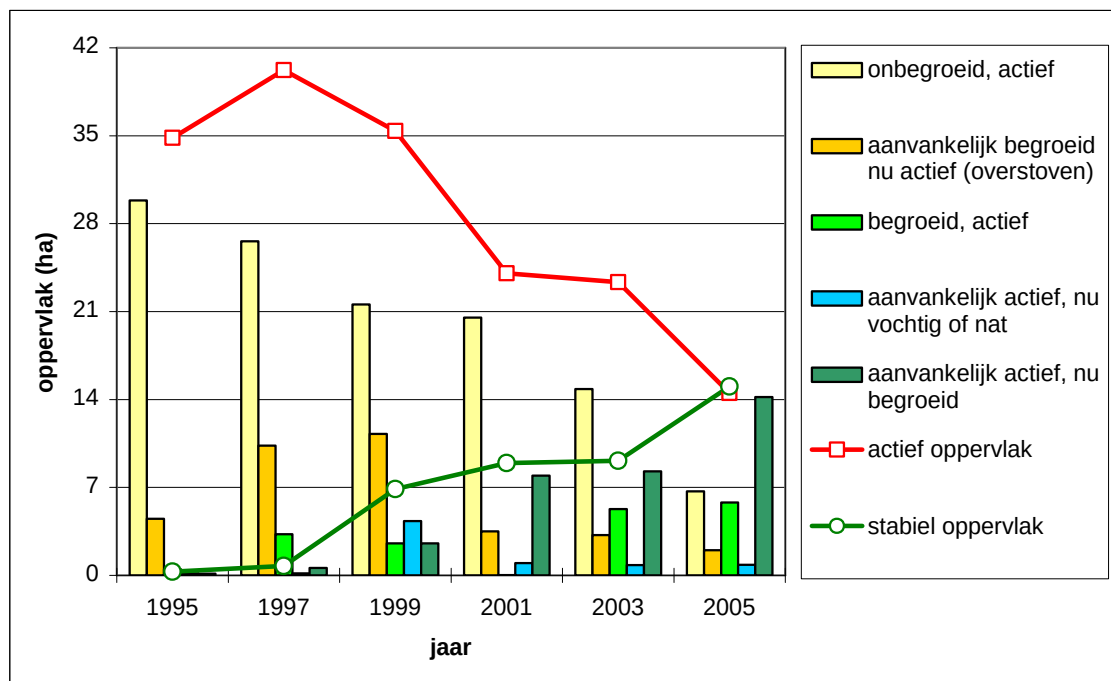
Figuur 3.5. Oppervlaktes van terreineenheden tussen 1995 en 2005.

Het overstoven areaal kent een piek in 1999 (11.3 ha) en is daarna afgenomen tot 3.5 ha in 2001, gevolgd door een geringe afname tot 3.2 ha in 2003 en verdere afname tot 2.0 ha in 2005. Sterke overstuiving is in 2003 maar op 0.8 ha waargenomen en in 2005 bijna verwaarloosbaar (0.1 ha). In 2001 is het deel dat begroeid en gestabiliseerd is toegenomen tot 7.3 ha, tot 7.5 in 2003 en een forse toename tot 13.0 ha in 2005. Dit heeft betrekking op oppervlak dat na de ingreep in 1995 geheel kaal was. De totale mate van dynamiek is in 2003 vergeleken met 2001 iets geringer, in 2005 fors afgenomen. Gestabiliseerd oppervlak door begroeiing en vocht is daarmee nu groter dan actief oppervlak.

De verandering in begroeiing tussen 2001 en 2003 is mogelijk het gevolg van een interpretatieverschil of van een seizoenseffect. In 2001 is meer oppervlak geclassificeerd als volledig begroeid en gestabiliseerd dan in 2003. In fase 2 van het project Duurzame Verstuiving zullen interpretatieverschillen worden weggewerkt. De interpretatie van 2005 is afgestemd op die van 2003.

Figuur 3.6 geeft meer inzicht in de veranderingen in de loop van de tijd. Opnieuw zijn verschillende kaarteenheden samengevoegd. De sterke afname van activiteit tussen 1999 en 2001 heeft in 2003 niet doorgezet maar in 2005 wel. In fase 2 van het project Duurzame Verstuiving zal de mate van stabilisatie en afname van dynamiek voor verschillende gebieden vergeleken worden. Daarbij zal ook onderzocht worden wat verschillen zijn

tussen stabilisatie vanuit achtergebleven wortels en stabilisatie door nieuwe vestiging van vegetatie. Ook zal onderzocht worden in hoeverre de snelheid van stabilisatie past binnen de exponentiële trends van stabilisatie in andere gebieden, zoals uitgewerkt door Hugenholz en Wolfe (2005).



Figuur 3.6. Verloop van actieve en stabiele eenheden tussen 1995 en 2003 .

3.4 Fotografie vanaf vaste standplaatsen

Hieronder zijn voor een aantal vaste standplaatsen de foto's over de beschreven periode opgenomen. De opnames dateren steeds van voorjaar 2003 (linksboven), najaar 2003 (rechtsboven), voorjaar 2004 (linksmidden), najaar 2004 (rechtsmidden), voorjaar 2005 (linksonder) en najaar 2005 (rechtsonder). Alleen voor punt 88-2 zijn twee panorama's opgenomen, uit april 2003 (boven) en september 2004 (onder). Voor alle opnames is de ligging in het veld weergegeven in een kaart (met als ondergrond dynamiek 2005 over luchtfoto 2005). De foto's van najaar 2005 dateren van 10 en 13 oktober en zijn vergelijkbaar met de luchtfoto van 2005 (opname 22 september 2005).

Punt 2



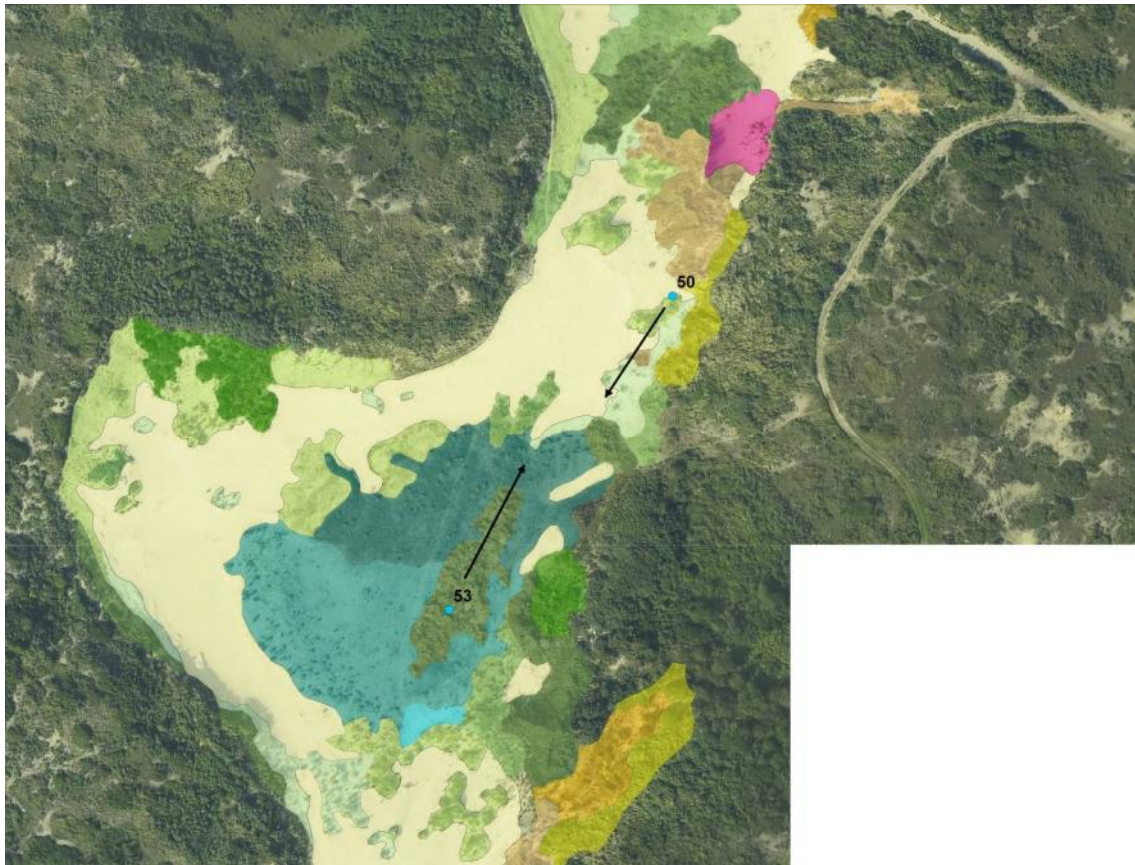


Punt 22



Punt 50



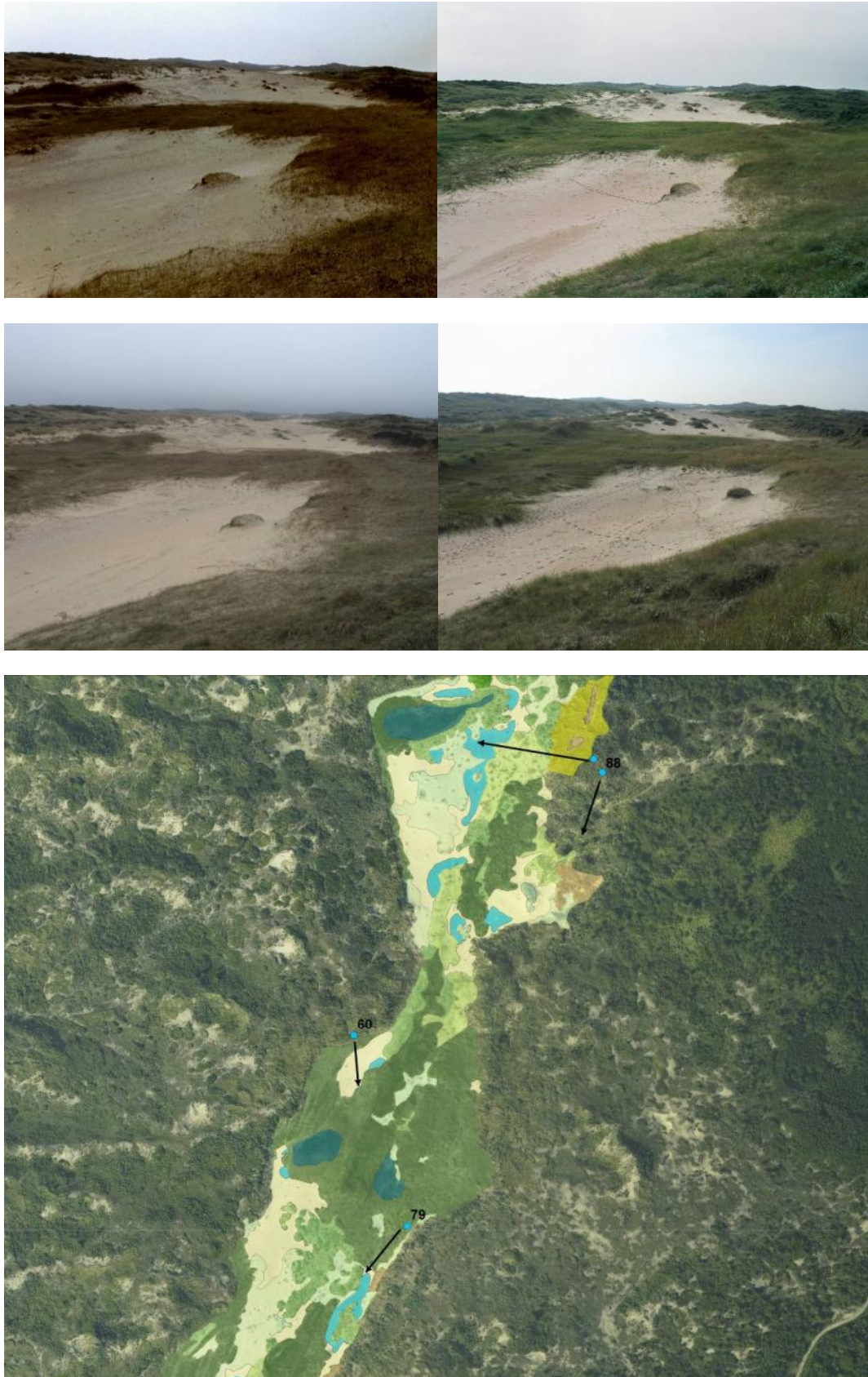


Punt 53



Punt 60





Punt 79



Punt 88





88-2



4 CONCLUSIES EN DISCUSSIE

Voor de zoveelste keer is sprake van een relatief natte periode met weinig wind, waarin 2004 er positief uitspringt met een gemiddelde hoeveelheid wind. Dit uit zich in activiteit. In verschillende gebieden is in 2004 een verhoogde activiteit van stuifkuilen en kleinschalige dynamiek waargenomen.

Voor wat betreft de ontwikkeling van verstuivingen wordt het volgende geconcludeerd. De stabilisatie binnen het gebied zet door. De geringe afname in activiteit tussen 2001 en 2003 was een incident, want tussen 2003 en 2005 is de afname versterkt. Ten opzichte van 1997 is er een duidelijke afnemende trend. De geomorfologische activiteit is afgenomen. Het oppervlak onbegroeid (erosief) is afgenomen van 21.6 ha in 1999 tot 14.8 ha in 2003 en 6.7 ha in 2005; het overstoven oppervlak is afgenomen van 11.3 ha in 1999 tot 3.2 ha in 2003 en 2.0 ha in 2005. Het gebied versnipperd verder: de hoeveelheid kaarteenheden is veel groter geworden, de omvang per kaarteenheid kleiner. Was er in 2003 nog sprake van 331 kaarteenheden, in 2005 waren dat er 561 met een gemiddeld oppervlak dat de helft van het gemiddelde oppervlak van 2003 bedroeg.

Slechts op één enkele plek is de begroeiing afgenomen en is het onbegroeide oppervlak uitgebreid.

Er zijn vrijwel geen plekken waar sprake is van een vergroting van dynamiek of uitbreiding van de verstuiving. Langs de westrand domineert wind erosie. Verschillende valleien of stuifkuilvormen groeien hier tegen de wind in, en breiden zich dus enigszins naar het westen uit. De hoeveelheid vochtige valleien is in vergelijking tot 2003 toegenomen. Over de veranderingen in grondwaterniveau in de periode 2003-2005 zijn nog geen gegevens bestudeerd.

Winderosie is nog steeds hét proces dat dynamiek in stand houdt, ook als dit slechts beperkt is tot enkele cm's per jaar. Erosie is daarmee veel effectiever dan sedimentatie, want sedimentatie van enkele cm's per jaar levert wel een belangrijke ecologische input, maar is voor het instandhouden van dynamiek niet relevant. Duinvorming speelt wel een rol, maar bescheiden. Overstuiving zorgt vooral voor ecologische veranderingen, hoewel er ook lokaal duidelijke hoogteveranderingen worden waargenomen. Het is vooral uitstuiving tot op het grondwater dat tot grotere landschappelijke veranderingen leidt.

Over het geheel genomen valt op dat een kleinschaligere mozaïek is ontstaan, maar dat de dynamische terreineenheden die er nog zijn nog steeds een grotere dimensie hebben dan vergelijkbare eenheden in de (niet gereactiveerde) omgeving. Het landschap begint meer een stuifkuilenlandschap te worden. Als de huidige trend van stabilisatie doorzet dan zal na verloop van een aantal jaren het grootste deel van het gebied gestabiliseerd zijn, maar zullen op verschillende plekken nog stuifkuilachtige ontwikkelingen gaande zijn, of zullen valleien zich door uitstuiving verder uitbreiden. Naar verwachting blijft de dynamiek binnen het gebied daarmee ook de komende jaren op een hoger niveau dan in het omringende, niet gereactiveerde gebied.

Nu ook de tweede fase van het van Limburg Stirum project is uitgevoerd, waarbij de resterende noordkant van het kanaal is opgevuld, zal het interessant zijn de ontwikkeling hier te volgen. Met name het effect van een andere ligging op de wind zal naar verwachting een belangrijke invloed op de stabilisatie en het instandhouden van grootschalige dynamiek hebben.

Het is aan te bevelen een vergelijking te maken tussen de ontwikkeling van het gebied en andere grootschalige verstuivingen in de Nederlandse kustduinen, zoals de Kerf bij Schoorl

en de gereactiveerde paraboolduinen en deflatievalleien in Zuid-Kennemerland (Kraansvlak, Bruid van Haarlem, Huttenvlak). Hiermee kan meer inzicht verkregen worden in het mechanisme van stabilisatie na een grote ingreep en de invloed van weersomstandigheden hierop. Dit zal in fase 2 van het project Duurzame Verstuiving worden uitgewerkt.

5 LITERATUUR

- Arens, S.M. & Deiller, A.-F., 1996. Monitoring van een grootschalige verstuiving; van Limburg Stirum gebied, Amsterdamse Waterleidingduinen. Vastlegging uitgangssituatie. Rapport FGBL-UvA, 18 pp. + bijlagen.
- Hugenholtz, C.H. & S.A. Wolfe, 2005. Biogeomorphic model of dunefield activation and stabilization on the northern Great Plains. *Geomorphology*, 70, 53 -70.
- KNMI, 2007. <http://www.knmi.nl>

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 3.1. Digitale terreinmodellen 2003 en 2005.
- Figuur 3.2. Detail hoogteligging in 2003 (links) en 2005 (rechts) met enkele veranderingen.
- Figuur 3.3. Karteringen dynamiek voor 2003 en 2005.
- Figuur 3.4. Overzicht deelgebieden.
- Figuur 3.5. Oppervlaktes van terreineenheden tussen 1995 en 2005.
- Figuur 3.6. Verloop van actieve en stabiele eenheden tussen 1995 en 2003 .

LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 2.1. Opnamedata en type van luchtfoto's.
- Tabel 2.2. Legenda dynamiekkarteringen .
- Tabel 3.1. Maandelijkse neerslag voor Tilanuspad in mm (bron: Waternet) .

