

De zeereep van Groote Keeten Vormen en processen

S.M. Arens & M. Mannaart



Duin

BeHoud


ARENS
BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK


De zeereep van Groote Keeten

Vormen en processen

S.M. Arens & M. Mannaart

VOORWOORD

De zeereep bij Groote Keeten, in beheer bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, vormt een uniek stukje duinnatuur langs de Hollandse kust. Het is een zeldzaam landschap met spontaan aangroeiende duinen, binnen een overwegend erosieve kust, waar de ontwikkeling de laatste decennia redelijk ongestoord is geweest. De nu al tientallen jaren durende spontane aanvoer van zand in het gebied heeft geleid tot de opbouw van een natuurlijke zeereep. De geringe interactie van de beheerder in het gebied heeft daarbij tot gevolg gehad dat de geomorfologische vormen zich in de loop van de tijd vrij hebben kunnen ontwikkelen. Ondanks de grote landschappelijke waarde is het gebied nauwelijks bekend bij publiek, beleidsmakers of natuuronderzoekers. Om de bekendheid met dit gebied te doen toenemen, en de unieke waarde van dit gebied onder de aandacht te brengen is dit rapport opgesteld.

Bij het tot stand komen van dit rapport hebben verschillende personen een bijdrage geleverd. Bart Korf en Joos Versfelt (Stichting Duinbehoud), Rienk Slings (PWN), Ron van 't Veer, Theo Baas en Eric Thomassen (Landschap Noord-Holland), Kees Vertegaal (Vertegaal Ecologisch Advies en Onderzoek) en Luc Geelen (Waternet) willen wij daarvoor hartelijk danken.

Bas Arens
Amsterdam, 12 februari 2008.

INHOUD

VOORWOORD	iii
INHOUD	v
1 INLEIDING	1
1.1 Natuurlijke zeereepontwikkeling	1
1.2 Zwakke schakels	1
1.3 Huidige status van het gebied	2
2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	5
2.1 Processen zandtransport en zeereepontwikkeling	6
2.2 Geomorfologische ontwikkeling	8
2.3 Natuur-, landschap en aardkundige waarden	14
2.4 Randvoorwaarden voor versterking van het systeem	14
2.5 Bedreigingen?	16
3 INVLOED VAN KUSTVERDEDIGINGSMAATREGELEN	17
3.1 Huidig beheer	17
3.2 Toekomstig beheer ten behoeve van zwakke schakel problematiek	19
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21
5 REFERENTIES	23
LIJST MET FIGUREN	25
LIJST MET TABELLEN	25

1 INLEIDING

De zeereep, de eerste duinenrij die je vanaf het strand ziet, is lange tijd een ondergeschoven kindje geweest in het duinonderzoek. Veel was er immers niet te beleven. De zeereep langs de Hollandse kust was vooral waterkering, moest veilig zijn, en werd daardoor strak beheerd. Stuivend zand werd zo veel mogelijk vast gelegd, een vrije en natuurlijke ontwikkeling werd niet toegelaten. Sinds de start van het Dynamisch kustbeheer, rond 1990, is de zeereep een steeds interessanter verschijnsel aan het worden. Lag er op veel plaatsen voor die tijd een min of meer verstarde zanddijk, sindsdien is de invloed van de natuur aanmerkelijk toegenomen, en zijn er veel plaatsen waar de zanddijk verandert in een dynamische overgang van zee naar land. Vooral langs plaatsen met enige afslag kan door verstuing de natuurlijkheid van de zeereep snel toenemen. Stuifkuilen ontstaan, en mogen uitgroeien, doorstuiving zorgt voor vitalere Helm en een lichte overstuiving met kalkhoudend zand van de achterliggende duinen waardoor verzuring van duingraslanden tegengegaan wordt. Ook ontstaan er op tal van plaatsen nieuwe duintjes, dankzij het op grote schaal suppleren van de kust: waar zand tekorten ontstaan, wordt dit aangevuld door zand vanuit zee aan te voeren en op de onderwateroever te suppleren. De zeereep wordt over het algemeen dus natuurlijker, maar zeerepen met een volledig natuurlijke oorsprong zijn er nauwelijks.

1.1 Natuurlijke zeereepontwikkeling

Bij Groote Keeten, 9 km ten zuiden van Den Helder, ligt een uniek stukje zeereep. In 1953 brak de zeeering tijdens de storm door, waardoor het achterliggende Botgat volstroomde. Daarna werd een nooddijkje aangelegd. Sindsdien is er blijkbaar iets veranderd, want onafgebroken wordt er vanaf de onderwateroever zand naar het strand aangevoerd. Vanaf het relatief brede strand stuift het zand vervolgens de duinen in. Over een kustvak van een paar km stuift het nu al tientallen jaren aan, waardoor de duinenrij van slechts enkele meters inmiddels is uitgegroeid tot een hoogte van plaatselijk meer dan 15m. Langs de Hollandse kust is aangroei in deze omvang zeldzaam.

Vanwege de gestage groei van de zeereep was er weinig aanleiding voor de beheerder, het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, om zich met de gang van zaken te bemoeien. Het zand kon zich daardoor ook binnen de zeereep verspreiden. Nu hebben aangroeiende zeerepen vaak de neiging zich richting zee uit te breiden, en daardoor vrij laag te blijven. De dynamiek schuift dan mee richting zee, de oudste delen komen steeds verder van zee te liggen, en groeien langzaam dicht. Bij Groote Keeten speelt dit minder. De duinvoet schuift wel iets op richting zee, maar de grootste uitbreiding gaat in de hoogte. En daardoor blijft er binnen het profiel zelf veel zand in beweging. Zo zijn in de loop van de tijd allerlei stuifkuilen en kerven ontstaan. Door de grote toevoer van zand stuiven de kuilen soms vol met zand, om later in het jaar weer verder uit te stuiven. Inmiddels kan van een heuse, natuurlijk gekerfde zeereep worden gesproken.

1.2 Zwakke schakels

In verband met de verwachte zeespiegelstijging is er een inventarisatie gemaakt van mogelijke probleemgebieden, "zwakke schakels", waar de komende 50 jaar problemen met kustveiligheid verwacht zouden kunnen worden. De Kop van Noord-Holland is zo een zwakke plek, en de zeereep bij Groote Keeten valt binnen deze zwakke schakel. Momenteel wordt bestudeerd hoe de zwakke schakels veilig gemaakt zouden kunnen worden. In dit rapport zal aandacht besteed worden aan de effecten van verschillende kustverdedigingsalternatieven op de zeereep van Groote Keeten.

1.3 Huidige status van het gebied

De duinen bij Groote Keeten worden beheerd door Landschap Noord-Holland (binnenduin) en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (zeereep). Ze maken deel uit van de duinen tussen Den Helder en Callantsoog die in hun totaliteit een erkende status hebben. Deze duinzone is zowel als Beschermd Natuurmonument (Ministerie van LNV, 1992a) als als Staatsnatuurmonument (Ministerie van LNV, 1992b) aangewezen. Bovendien maakt het stuk deel uit van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), en is het aangewezen als Natura 2000 gebied. Het betreft Habitatrichtlijngebied met nummer 7 "Noordzeekustzone" en Habitatrichtlijngebied met nummer 84 "Duinen Den Helder-Callantsoog". Deze gebieden worden aangewezen voor de volgende habitattypen, waarvan de met een * gemarkeerde habitattypen de status prioritair hebben (zie Figuur 1.1). Deze habitattypen zijn van extra groot communautair belang voor de EU Lidstaten.

Habitattypen (gebied 84):

- H2120 - Witte duinen
- H2130B - *Grijze duinen (kalkarm)
- H2130C - *Grijze duinen (heischraal)
- H2140A - *Duinheiden met kraaihei (vochtig)
- H2140B - *Duinheiden met kraaihei (droog)
- H2160 - Duindoornstruwelen
- H2170 - Kruiwilgstruwelen
- H2180B - Duinbossen (vochtig)
- H2190A - Vochtige duinvalleien
- H2190B - Vochtige duinvalleien (kalkrijk)
- H2190C - Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
- H2190D - Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)
- H6410 - Blauwgraslanden

(Bron: gebiedendatabase van het Ministerie van LNV).

Aan de zeezijde is het gebied aangemeld voor de status van Habitatrichtlijngebied 7: Noordzeekustzone. Dit is een heel groot gebied, waarvan Groote Keeten aan de zuidgrens ligt. Deze aanwijzing is minder van belang dan bij gebied 84, maar speelt wel degelijk een rol. Voor dit Habitatrichtlijngebied zijn relevante habitattypen:

Habitattypen (gebied 7):

- H1110B - Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee -kustzone)
- H1140B - Slik- en zandplaten (Noordzee -kustzone)
- H1310A - Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)
- H1310B - Zilte pionierbegroeiingen (zevetmuur)
- H1330A - Schorren en zilte graslanden (buitendijks)
- H2110 - Embryonale duinen
- H2120 - Witte duinen
- H2190B - Vochtige duinvalleien (kalkrijk)

(Bron: gebiedendatabase van het Ministerie van LNV).

Wat betekent dat voor ingrepen? Voor de bescherming van natuurgebieden zijn voornamelijk twee onderwerpen van belang: Natuurbeschermingswet 1998 (met daarin de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn geïncorporeerd) en de Provinciaal Ecologische Hoofd

Structuur. Gebiedsbescherming wordt voornamelijk geregeld in de Natuurbeschermingswet. Belangrijk is dat ruimtelijke projecten niet zonder meer mogen worden gerealiseerd



Figuur 1.1. Habitattypen in de duinen bij Groot Keeten. Bron: Landschap Noord-Holland.

in beschermde natuurgebieden. Projecten die in de nabijheid van Beschermd Natuurmonumenten (inclusief Habitatrictlijngebieden) worden geprojecteerd, dienen te worden getoetst op de mogelijke negatieve effecten die zij op deze gebieden kunnen hebben en of zij versterking of verslechtering zullen veroorzaken. Het gaat hierbij om de

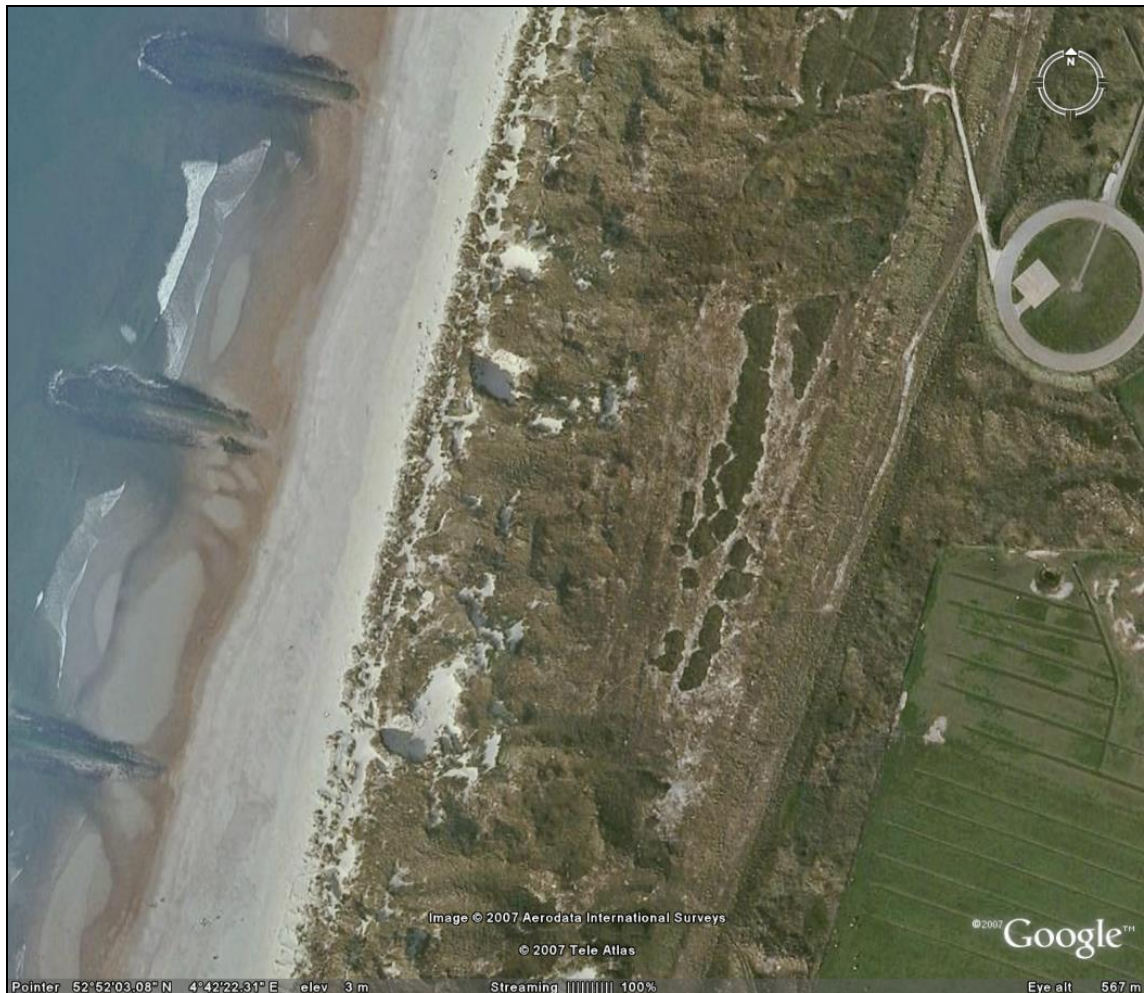
veranderingen van de voor het gebied aangewezen beschermde habitats , inclusief de zgn. “typische soorten” en afzonderlijk aangewezen soorten. Indien er voor een ingreep *een dwingende reden van groot openbaar belang* is mag deze wel in het beschermde gebied worden uitgevoerd, maar dan met er dusdanig gecompenseerd worden dat er geen netto verlies van de te beschermen natuurwaarden optreedt . Prioritaire habitats en prioritaire soorten genieten het strengst mogelijke beschermingsregime.

De provincie (GS) is voor de toetsing en vergunningverlening van plannen het bevoegde gezag. Voor bestemmingsplannen en wijzigingen hiervan, kan het noodzakelijk zijn dat een vergunning ex artikel 19d Natuurbeschermingswet aangevraagd moeten worden. Gebiedsbescherming in het kader van de EHS speelt tevens een rol omdat de natuurdoeltypen die in het gebied aanwezig zijn niet zonder meer mogen worden aangetast. Het gaat er hierbij om of instandhoudingsdoelstellingen in het geding zijn. Compensatie of mitigatie van eventuele ingrepen dient in bepaalde gevallen te worden uitgevoerd.

De zeereep valt onder de waterkering, in beheer bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. In 1998 heeft een werkgroep bestaande uit medewerkers van het Hoogheemraadschap, natuurbeheerders en Rijkswaterstaat een onderverdeling van de kust gemaakt, waarbij onderzocht is binnen welke gebieden dynamiek kon worden toegelaten (Werkgroep Dynamisch Kustbeheer IJmuiden - Den Helder, 1998). Op grond van waterstaatkundige eisen, achterliggende belangen en natuurwensen werd een onderverdeling gemaakt in drie typen: de vastgehouden zeereep, de gekerfde zeereep en de paraboliserende zeereep. In een vastgehouden zeereep is geen ruimte voor verstuingen, in een paraboliserende zeereep worden grootschalige verstuingen toegestaan. In de gekerfde zeereep zijn verstuingen mogelijk, maar binnen bepaalde randvoorwaarden. Vanuit waterstaatkundig oogpunt werd voor het kustvak tussen 6.30 en 11.00 het type “gekerfde zeereep” vastgesteld, maar op grond van natuurwensen werd een verdere onderverdeling gemaakt. De zeereep tussen 6.30 en 8.50 zou gekerfd mogen zijn. Verstuingen zijn hier gewenst vanwege de aanwezigheid van weinig waardevolle, door gebrek aan overstuing verzuurde graslanden (met Tankmos) aan de binnenzijde. Voor de zeereep tussen 8.50 en 11.00 werd, in verband met de achterliggende vochtige duinvallei met waardevolle begroeiing, gekozen voor een vastgehouden zeereep, echter met de opmerking “waar mogelijk, in onderling overleg, kleinschalige verstuingen toestaan”. Blijkbaar hebben de aanwezige verstuingen in het verleden geen aanleiding gegeven tot een stringenter vastleggingsbeheer. Door veranderde inzichten zou tegenwoordig de keuze op “gekerfde zeereep” zijn gevallen. Duinvalleien met kalkarm grondwater verzuren namelijk op den duur, waardoor een belangrijk deel van de natuurwaarden verloren gaat. Input van kalkrijk zand vanuit de zeereepkerven kan dit verzuringsproces tegengaan of vertragen.

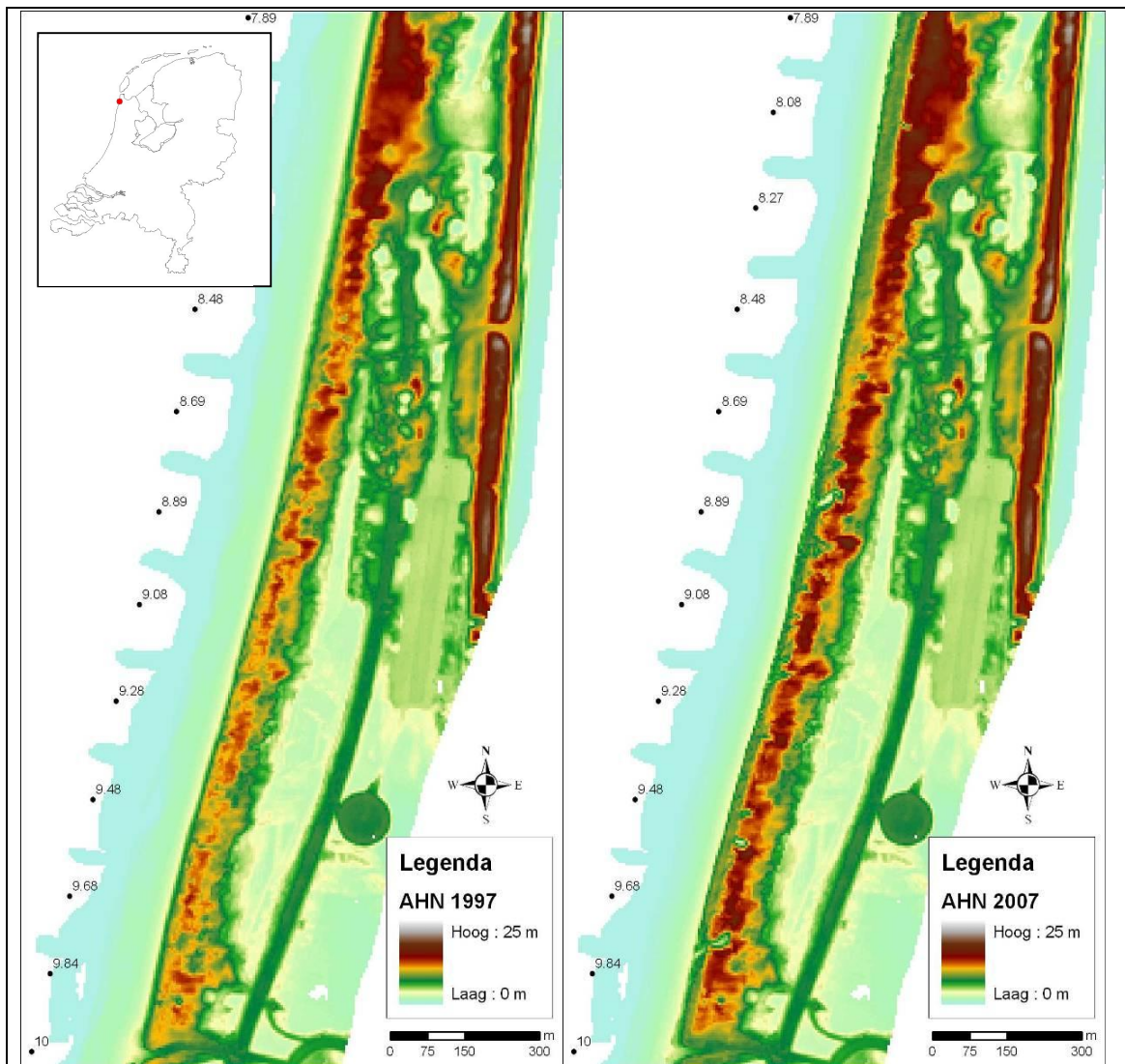
2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

Onderstaande luchtfoto geeft een overzicht van de zeereep en achterliggende vallei. De huidige zeereep is in de jaren 1950 ontstaan op de plaats waar een eerdere zeereep tijdens de februaristorm van 1953 was doorgebroken. Duidelijk zichtbaar zijn de verschillende kerven en stuifkuilen binnen de zeereep. Ook duidelijk is dat verreweg het grootste deel van het gebied begroeid is, en er vóór de stuifkuilen over het algemeen een gesloten duinenrij ligt.



Figuur 2.1. Het gebied rondom paal 9. Bron: Google Earth.

De hoogteligging van het gebied wordt geïllustreerd met hoogtebeelden, afkomstig uit de AHN-gegevens (Algemeen Hoogtebestand Nederland) van Rijkswaterstaat. Omdat sinds 1997 meer opnamen zijn gemaakt, is het ook mogelijk hoogteveranderingen in de loop van de tijd te analyseren. In Figuur 2.2 zijn de hoogtemodellen van 1997 en 2007 weergegeven. De structuur van het gebied is hierop duidelijk zichtbaar, met links het strand met strandhoofden, zeereep en ten oosten daarvan een dijkje en valleien. Aan de oostkant ligt een tweede dijk die niet door de kaarten wordt weergegeven. Uit een globale vergelijking van de twee kaarten wordt onmiddellijk duidelijk dat de hoogte van de zeereep aanzienlijk is toegenomen: de kleur is voor het grootste deel van oranjebruin verschoven naar donkerbruin. Op enkele plaatsen is door uitstuiving het oppervlak verlaagd; hier is de kleur van groen of oranjebruin verschoven naar geelgroen.

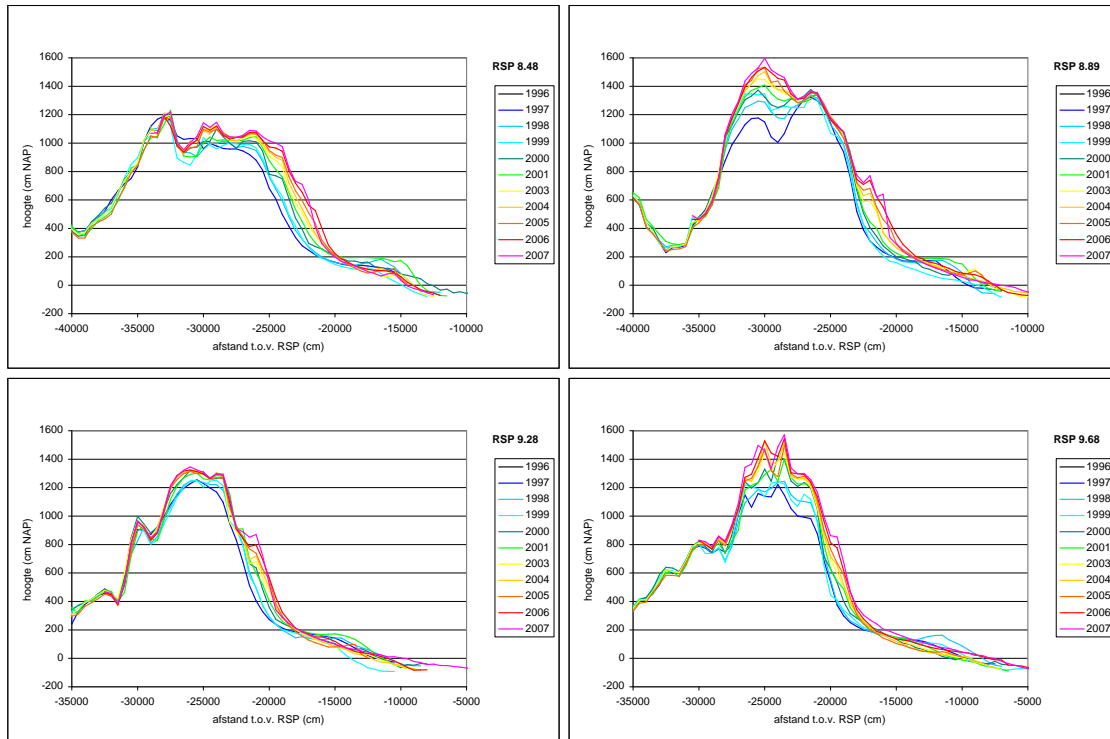


Figuur 2.2. AHN beelden van de zeereep bij Groote Keeten (rode stip in kaartje NL) in 1997 (links) en 2007 (rechts). Bron: RWS.

2.1 Processen zandtransport en zeereepontwikkeling

Met behulp van het Jarkus-bestand van Rijkswaterstaat is de opbouw van de zeereep sinds 1964 te volgen. De opbouw begon in de jaren 1950, maar hiervan zijn geen gegevens beschikbaar. Voor een aantal dwarsprofielen is de ontwikkeling tussen 1964 en 2007 bestudeerd. Op grond van de profielgegevens is duidelijk dat de zandbalans in de zeereep overwegend sterk positief is. Alle raaien laten een aanzijdende tendens zien, hoewel er hier en daar wel sprake is van enige, tijdelijke, achteruitgang van de duinvoet.

Figuur 2.3 toont de profielontwikkeling voor een aantal raaien tussen 1996 en 2007. Alle profielen laten nog steeds aanzijding zien, waarbij er zowel sprake is van enige kustwaartse uitbreiding, als van hoogtetoename. In tegenstelling tot aangroeiende zeerepen, waarbij de belangrijkste uitbreiding gepaard gaat met een zeewaartse verplaatsing van de duinvoet, is hier dus sprake van een sterke zanddepositie over het gehele profiel. Hoewel we gemiddeld genomen te maken hebben met depositie en hoogtetoename, is er binnen het profiel op sommige plekken ook sprake van een herverdeling van zand en ontstaan kerven en stuifkuilen door natuurlijke uitstuiwing.



Figuur 2.3. Dwarsprofielen. Bron: Jarkusbestand, RWS.

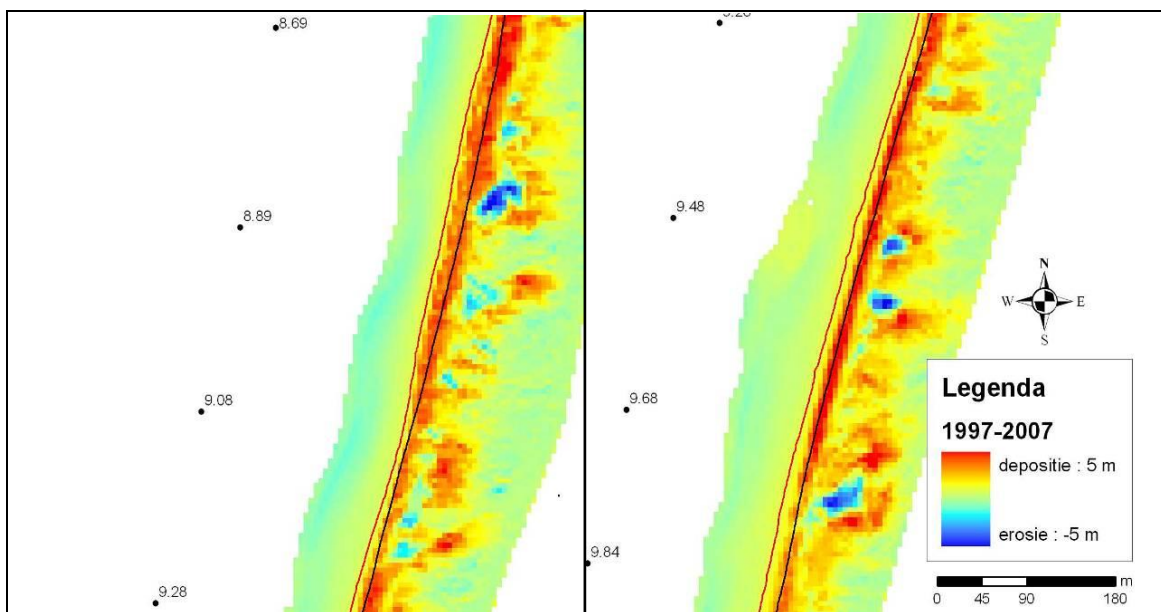
Aan de hand van de Jarkusprofielen zijn volumeberekeningen gemaakt. Over de periode 1965-1990 blijkt de zeereep gemiddeld $20\text{-}25\text{m}^3/\text{m.jaar}$ zand te hebben opgeslagen. Ook nu is er nog sprake van een vergelijkbare orde van aangroei. Dat betekent dat het gebied al meer dan 40 jaar onafgebroken aanzandt, het volume van de zeereep continu toeneemt, en de zeereep zelf dus steeds sterker wordt. Lokaal kan tijdelijk van verzwakking sprake zijn als gevolg van uitstuiving. Door de zeer grote aanzanding stuiven eenmaal gevormde stuifkuilen ook makkelijk weer dicht.

De AHN-beelden maken het mogelijk ook een ruimtelijke analyse van de zandaanvoer te maken. Door een verschilkaart te maken van de hoogteligging in 1997 en 2007 (de gegevens uit Figuur 2.2) ontstaat een ruimtelijk beeld van hoogte-toename door aan- en overstuiving, en door hoogte-afname door uitstuiving en eventueel afslag. Het resultaat wordt getoond door Figuur 2.4. Ook over andere periodes zijn berekeningen te maken. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. De resultaten hebben betrekking op het kustvak tussen RSP 7.5 en 10.1 (totaal 2560m lang).

Tabel 2.1. Resultaten: aangroei van het duin boven 3m NAP.

periode	m^3	m^3/jaar	$\text{m}^3/\text{m.jaar}$
1997-2005	425983	53248	20.8
1997-2007	535319	72438	20.9
2005-2006	72438	36897	28.3
2006-2007	36897	53531	20.9

In 2003 is gesuppleerd tussen 9.13 en 9.43, in totaal 12.234 m³, wat neerkomt op een gemiddelde hoeveelheid per raai van 40.8 m³/m, voor deze zone van 300m. Vergeliken met de hoeveelheid zand die per jaar in het kustvak tussen 7.5 en 10.1 wordt opgeslagen is dit eenderde (2006-2007) tot eenzesde (2005-2006). Deze hoeveelheid zand is op de onderwateroever gesuppleerd. De reden van suppletie is niet bekend, maar zou via Rijkswaterstaat achterhaald kunnen worden. Het is waarschijnlijk dat een deel van dit zand inmiddels in het zeereeprofiel terecht is gekomen. Gezien de al jaren lange aanstuiving is het de vraag of de hoeveelheid suppletiezand daadwerkelijke een structurele bijdrage aan de aanzanding van het kustvak heeft geleverd.



Figuur 2.4. Verschilkaart 1997-2007. De rode lijn markeert de 3m +NAP hoogtelijn in 2007, de zwarte dezelfde hoogte in 1997. Links noordelijk, rechts zuidelijk deel van het gebied.

Figuur 2.4 illustreert hoe het zand binnen de zeereep wordt afgezet, en plaatselijk herverdeeld. Het grootste deel komt dicht achter de duinvoet terecht, een deel wordt vervolgens over de top geblazen en zowel op de top als op de achterzijde afgezet. Op verschillende plaatsen ontstaan door uitstuiving stuifkuilen, waarbij vier plaatsen met diepe uitstuiving (donkerblauwe kleur) eruit springen. Omdat stuifkuilen vaak tegen de wind in groeien kan er op een gegeven moment een opening aan de strandkant ontstaan, waarmee de stuifkuil overgaat in een kerf. Met uitzondering van de meest zuidelijke kerf zijn alle kerven en stuifkuilen aan de strandkant begrensd door een hoger niveau. Figuur 2.4 toont aan dat op al deze plaatsen de zone vóór stuifkuilen en kerven in hoogte is toegenomen (opnieuw met uitzondering van de meest zuidelijke kerf).

Er lijkt geen sprake van een afname van de trend in aanzanding. Gemiddeld genomen zal het zandvolume in het kustvak ook de komende jaren blijven toenemen, en zal de zeereep over het algemeen sterker worden. Wel is mogelijk dat door winderosie binnen het profiel, en uitstuiving gecombineerd met opstuiving geconcentreerd op een aantal plaatsen zwakke plekken kunnen ontstaan. Het is van belang te onderzoeken of dit soort plekken dan een daadwerkelijke bedreiging voor de veiligheid van het achterliggende gebied oplevert.

2.2 Geomorfologische ontwikkeling

Een beschrijving van de geomorfologische ontwikkeling is gebaseerd op verschillende veldbezoeken tussen 1990 en nu, en op analyse van AHN beelden van 1997 en 2007. Er zijn

geen luchtfoto's geanalyseerd om de ontwikkeling van stuifkuilen, kerven en duinen in de loop van de tijd in meer detail, en kwantitatief te volgen. Zo een analyse zou het inzicht in natuurlijke zeereepontwikkeling aanmerkelijk kunnen vergroten. Het is niet bekend van wanneer en in welke mate van detail luchtfoto's beschikbaar zijn. Wel is zeker dat van verschillende jaren luchtfoto's bestaan, o.a. van de Jarkus-foto's (tot 1997) en van de topografische dienst.

Hoewel er in het verleden wel ingrepen hebben plaatsgevonden, o.m. het plaatsen van stuifschermen om aanstuiving te stimuleren, het incidenteel plaatsen van stuifschermen en kerstbomen en aanplant van Helm om winderosie te beperken, is er over het algemeen sprake van een min of meer natuurlijke ontwikkeling die gekenmerkt wordt door een opbouw van duinen door zandaanvoer, en een herverdeling van zand binnen de duinen door erosie en sedimentatie door de wind.

Een groot deel van het aangevoerde zand wordt afgezet achter de duinvoet, en leidt tot de vorming van een embryonale duinrug tegen de zeereep aan. Figuur 2.4 illustreert dat dit gepaard is gegaan met een zeewaartse verplaatsing van de duinvoet in de orde van 5-20m tussen 1997 en 2007. De embryonale duinenrug is overwegend gesloten en begroeid met Biestarwegras (Figuur 2.5), maar in de loop van de tijd ontstaan er kleine kerven in, die soms uitgroeien tot grotere kerven.



Figuur 2.5. Overgang van strand naar zeereep met een geleidelijk oplopende, hier en daar gekerfde, embryonale duinenrij. Biestarwegras onderscheid zich van Helm door het iets fellere groen, en de plaatsing onderaan de zeereep. Opname juni 2004.

Incidenteel slaat de duinvoet tijdens stormvloed af. In november 2006 was een kleine afslagrand zichtbaar (Figuur 2.6). Het gevolg was dat de duinvoet in 2007 iets landwaarts lag ten opzichte van 2006 (ondanks een forse zandtoename in 2007, zie Tabel 2.1). Ook met de novemberstorm in 2007 is een verse afslagrand ontstaan.



Figuur 2.6. Afslagklifje na de storm van 31-10-2006. Opname november 2006.



Figuur 2.7. Kerf. Opname november 1991.

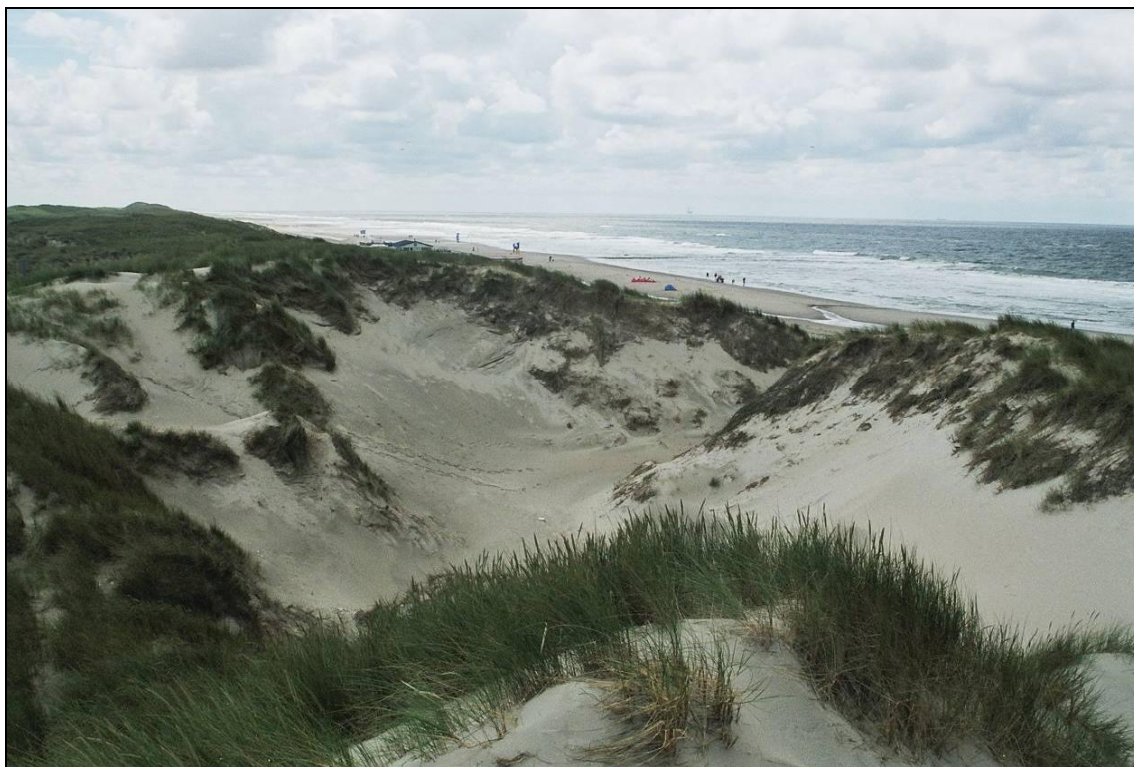
Kerven kunnen direct aan het strand ontstaan door kleine stuifgaten in het duinfront, die geleidelijk aan uitgroeien. Kerven kunnen echter ook ontstaan vanuit stuifkuilen die in de loop van de tijd tegen de wind in groeien. Op een gegeven moment bereikt de westelijke begrenzing dan de duinvoet, waarna de stuifkuil overgaat in een kerf. Bij een afslaannde kust kunnen stuifkuilen ook overgaan in kerven wanneer de duinvoet door afslag landwaarts verplaatst. Dit is bij Groote Keeten niet aan de orde.

Het precieze ontstaan van stuifkuilen in de zeereep bij Groote Keeten is niet bekend. Oudere luchtfoto's zou hier meer inzicht in kunnen bieden. Sinds 1990 zijn kerven en stuifkuilen aanwezig. Opvallend is dat door de grote zandaanvoer, zeker in het geval van kleine stuifkuilen, deze in een deel van het jaar vol kunnen stuiven met zand, en in een latere periode weer uitstuiven. Door de grote depositie met vers zand is de Helm vitaliteit in het gebied bijzonder groot (Figuur 2.8). In het zuidelijk deel van het gebied werd in het verleden dan ook vaak Helm gestoken door de beheerder, voor aanplant elders.

Wanneer kerven zich lange tijd vrij kunnen ontwikkelen, dan kan de dimensie alsmaar toenemen. De grootste kerven zijn naar schatting circa 15-20 jaar oud. Opvallend is dat het zand dat uit de zuidelijke kerf stuift (zie ook Figuur 2.4) niet direct achter de kerf wordt afgezet, maar meer aan de noordkant. De duinen ten noorden van de kerven zijn dan ook flink in hoogte toegenomen. Nadeel van deze ontwikkeling is dat de "verzwakking" van de uitstuiving niet overal gecompenseerd wordt door de "versterking" van de aangrenzende overstuiving, omdat het zand dus niet gelijkmatig om de kerf heen verdeeld wordt. Wanneer juist aan de landwaartse kant weinig zand aanwezig is, kan dit tot een minder gunstig profiel leiden.



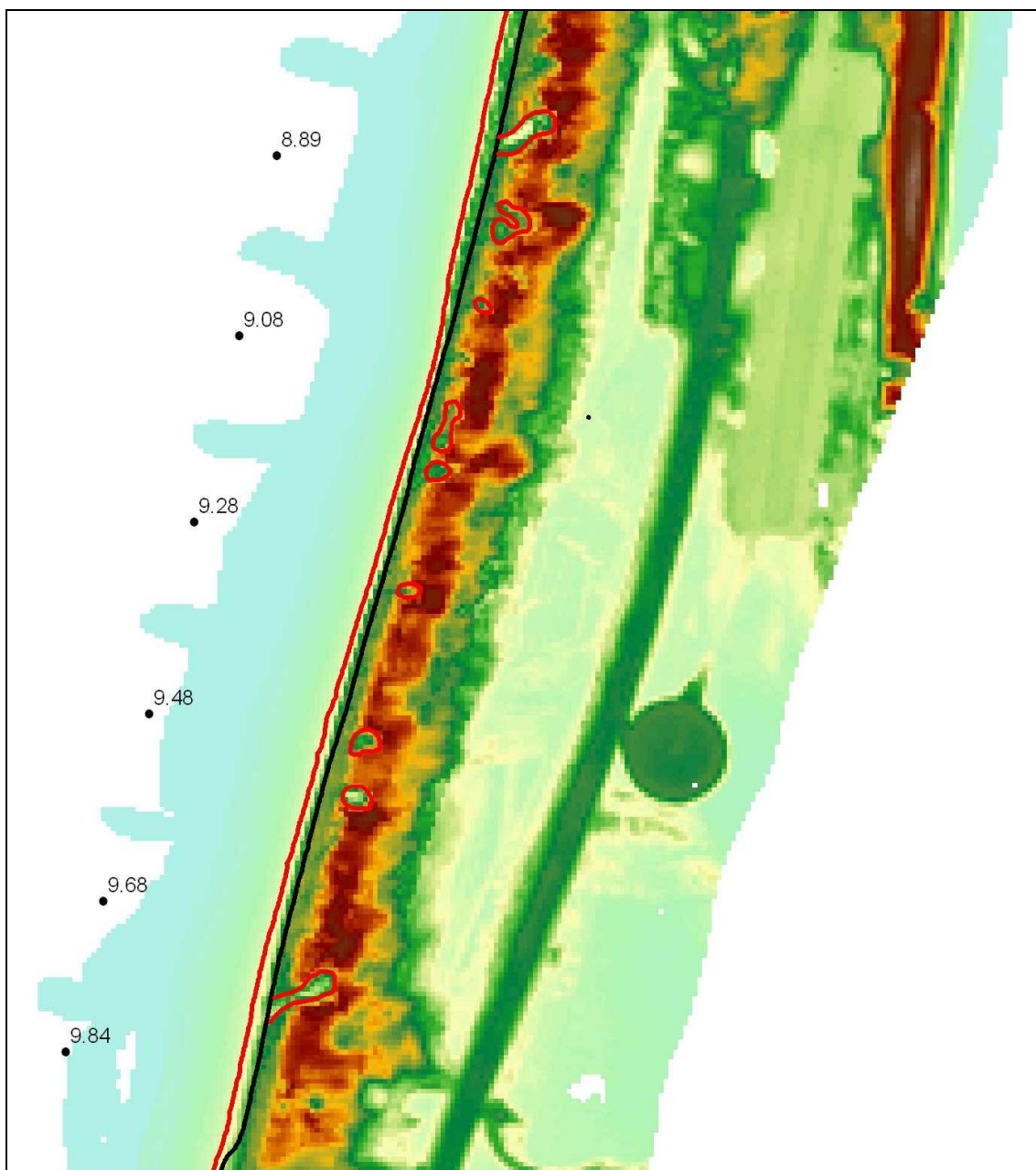
Figuur 2.8. Ontwikkeling van kerven en overstuiving over Helm. Opname november 2006.



Figuur 2.9. De diepste kerf aan de zuidkant. Boven opname juni 2004, onder opname november 2006. Deze kerf is inmiddels geherprofileerd en ingeplant (zie hieronder).

De ontwikkeling van kerven en stuifkuilen werd goed geïllustreerd door de blauwe vlekken in Figuur 2.4. In Figuur 2.10 zijn de vormen omgrensd met een rode lijn in het hoogtemodel van 2007. De figuur laat goed zien dat alleen achter de meest zuidelijke kerf een beperkte hoeveelheid zand aanwezig is, de noordelijke vormen worden aan de landwaartse zijde allen begrensd door een hoge, en gesloten duinenrij.

De ontwikkeling van deze vormen zou in meer detail bestudeerd moeten worden door luchtfoto's te analyseren, en eventueel de hoogtemodellen voor tussenliggende jaren ook te bewerken. Voor dit gebied zijn gebiedsdekkende hoogtegegevens beschikbaar voor alle jaren van 1997 t/m 2007, met uitzondering van 2000 en 2002.



Figuur 2.10. Ontwikkeling van kerven en stuifkuilen tussen 1997 en 2007. De rode lijn geeft de omgrenzing van de vormen. Langs het strand volgt de rode lijn de 3m +NAP lijn in 2007. De zwarte lijn volgt de 3m +NAP lijn in 1997.

2.3 Natuur-, landschap en aardkundige waarden

Binnen de zeereep zijn helmduinen (habitattype 2120) en embryonale duinen (habitattype 2110) bijzonder goed ontwikkeld. Door de voortdurende verse aanvoer van zand bestaat de voorzijde van de zeereep uit kleinschalige embryonale duinen met Biestarwegras, hier en daar doorsneden door kleine kerven. Tijdens stormvloed kan hier wel enige afslag optreden, maar over het algemeen zijn de opbouwende processen dominant, waardoor dit landschap zich ook voortdurend verjongt. Achter de embryonale duinen liggen de Helmduinen met een gevarieerd reliëf. Door de grote mate van dynamiek is de Helm zeer vitaal. De opeenvolging van embryonale duinen en Helmduinen, en de afwisseling van opstuivende en uitstuivende landschapseenheden maken het landschap zeer compleet. De aanwezigheid van grote kerven en stuifkuilen, de opeenvolging van embryonale duinen en Helmduinen, en de kenmerkende activiteit van processen maakt het landschap ook aardkundig zeer waardevol. Doordat de processen relatief ongestoord over een langere tijd werkzaam zijn, zijn ook de geomorfologische vormen, zeker voor de Hollandse kust, goed ontwikkeld en daarmee uniek.

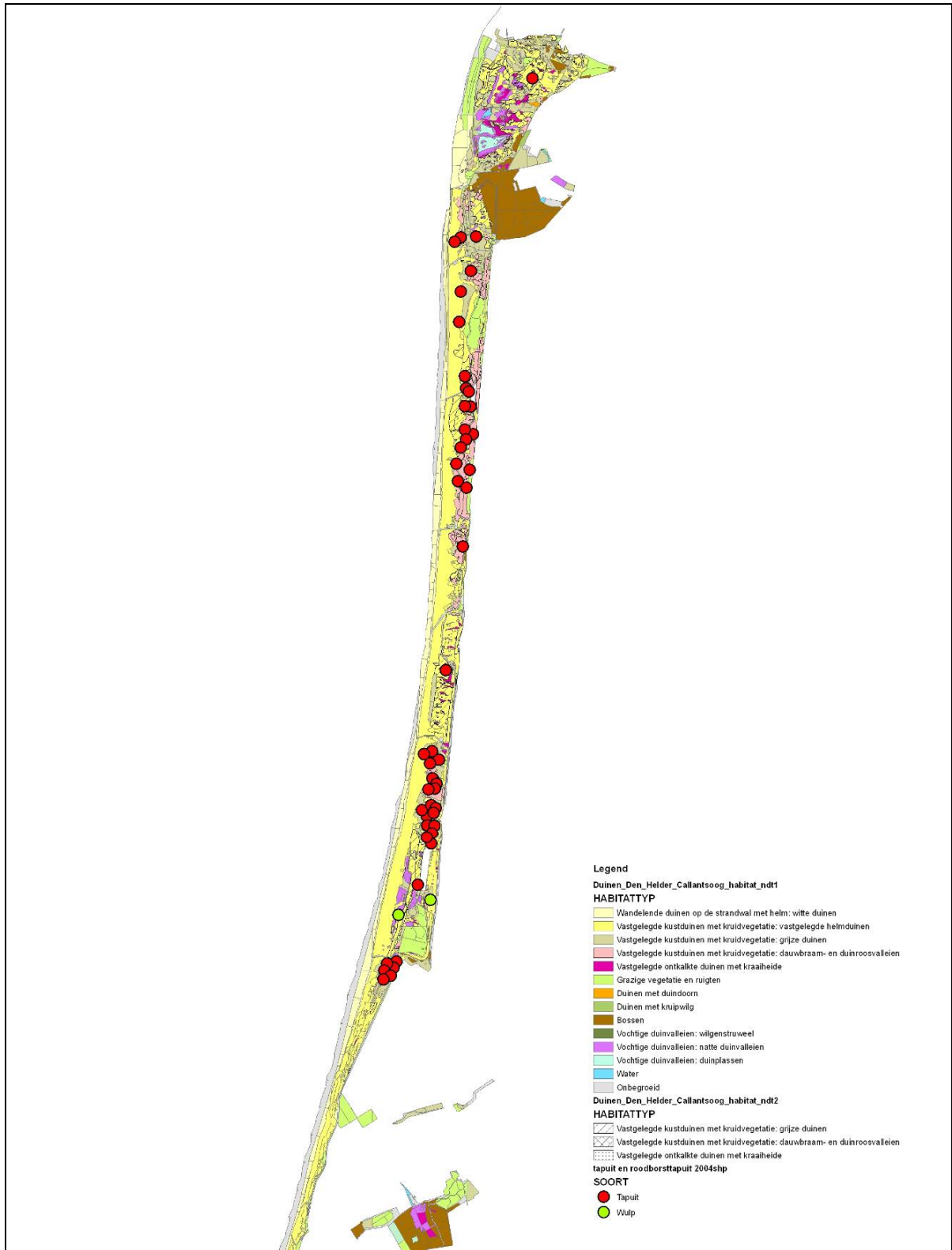
Achter de helmzone volgt een zone met de *prioritaire* habitats Grijze duinen en Duinen met Kraaihei. Met name voor het habitat Grijze duinen is overstuiving met kalkrijk materiaal (schelpgruis) een belangrijke randvoorwaarde. Bij uitblijven daarvan verzuurt het duingrasland en degenereert. In zulke gevallen kan de exoot Tankmos (*Campylopus introflexus*) tot dominantie komen. Zulke delen kwalificeren dan niet meer voor het habitat Grijze duinen.

Aan de zuidkant van het gebied ligt achter de zeereep een waardevolle duinvallei, habitattype 2190. Dit type is niet gebaat bij zeer sterke overstuiving, omdat door overstuiving de valleibodem kan ophogen, en uiteindelijk zelfs buiten bereik van het grondwater kan komen te liggen. Het inwaaien van kalkrijk zand in geringere hoeveelheden is daarentegen juist gunstig voor het duurzaam voortbestaan van de natuurwaarden. Gezien de geringe beheersinspanningen in het verleden zijn de voorkomende verstuingen binnen de zeereep blijkbaar geen bedreiging geweest voor de achterliggende vallei en ze hebben tot dusverre de verzuring, en daarmee de achteruitgang van de natuurwaarden voorkomen.

Het gebied vormt een belangrijke broedplaats voor de Tapuit (zie **Figuur 2.11**), een soort die in Nederland inmiddels sterk bedreigd wordt. Deze soort heeft baat bij dynamische duinen.

2.4 Randvoorwaarden voor versterking van het systeem

Het systeem in zijn huidige vorm is goed ontwikkeld en functionerend. Zonder wijziging in de natuurlijke randvoorwaarden zal de huidige ontwikkeling doorzetten en zal het systeem zichzelf verder versterken. Essentieel daarbij is de (natuurlijke) aanvoer van zand vanaf het strand en een onverstoord verstuingproces. Bij verdere ontwikkeling zal de duinzone zich in de loop van de tijd verder zal uitbreiden, de duinvoet verder zeewaarts verplaatsen, de duinen lokaal hoger worden, maar ook kunnen hier en daar door uitstuiving mogelijk zwakke plekken ontstaan. Het voorkomen van zwakke plekken is afhankelijk van het lokale reliëf. Uitstuiving op zich geeft wel een lokale verlaging, maar hoeft geen zwakke plekken op te leveren als landwaarts van deze verlaging voldoende zand aanwezig is. Kerven en stuifkuilen zorgen voor de depositie van veel vers zand. Hierdoor blijft helm duurzaam vitaal en wordt een sterk duin opgebouwd. Bij vermindering van overstuiving kan helmsterven gaan optreden, waarbij door nematoden de wortelharen worden aangetast, de helm afsterft en plaatst maakt voor het zeer ondiep wortelende Rood zwenkgras (*Festuca rubra*). Elder in de kop van Noord-Holland komt dit over aanzienlijke oppervlakten voor, o.a. bij Callantsog.



Figuur 2.11. Voorkomen van Tapuit en Wulp. Bron: Landschap Noord-Holland.

2.5 Bedreigingen?

Er zijn verschillende bedreigingen die in verschillende mate een ongunstige invloed op het systeem kunnen uitoefenen.

1. Stagneren van de natuurlijke zandaanvoer. Wanneer de aanvoer van zand gaat stagneren zullen de processen van overstuiving en embryonale duinvorming verminderen. Wanneer de zandaanvoer zelfs geheel wegvalt zou de zeereep af kunnen gaan slaan. Hoewel dit geomorfologisch niet direct een bedreiging is, zal dan wel de rol van waterkering in het geding komen, waardoor het beheer geïntensiveerd zal worden en de unieke waarden daarmee verloren zullen gaan. Door kunstmatig suppleren op de onderwateroever zou in dit geval de zandaanvoer hersteld kunnen worden, waardoor het systeem grotendeels intact kan blijven. Overigens is er op dit moment geen sprake van een stagnatie in de zandaanvoer.

2. Recreatie: op dit moment is er slechts op beperkte schaal sprake van betreding. Betreding in een systeem dat niet extreem dynamisch is leidt vrijwel altijd tot blijvende spoorvorming. In geval van Groote Keeten zullen sporen door overstuiving na verloop van tijd uitgewist worden. Een grotere recreatiedruk op de zeereep kan echter wel tot aantasting van de waardevolle geomorfologische vormen leiden.

3. Conflicten met achterliggende belangen. Het belangrijkste conflict zou kunnen ontstaan wanneer in de achterliggende vochtige duinvallei teveel stuifzand binnen komt. Ten behoeve van het behoud van de duinvallei zouden dan stuifbeperkende maatregelen in de zeereep nodig zijn, die dit systeem niet ten goede zullen komen. In dit geval zal dan een afweging plaats moeten vinden welk systeem de prioriteit krijgt. Overigens is er op dit moment geen sprake van stuifoverlast in de vallei, in tegendeel: de vegetatie profiteert er juist van. De verwachting is dat dit bij de huidige ontwikkeling ook in de toekomst niet gaat spelen.

4. Acties vanuit onbegrip. In het verleden zijn er in grote stuifgaten kerstbomen gezet om de verstuiving te beperken. Dit soort acties ontstaat over het algemeen uit onbegrip van het systeem. Men ziet een stuifgat, en omdat men de werking van het systeem niet goed onderkent wordt het stuifgat als een bedreiging van de robuustheid van de zeereep, en daarmee de veiligheid van de waterkering in gezien. Men gaat dan voorbij aan het feit dat achter vrijwel ieder stuifgat een opstuivingswal ligt, waardoor het zand nog steeds binnen het profiel aanwezig is. Voor het geval van Groote Keeten valt zelfs voor verschillende stuifgaten te verdedigen dat op de plek waar nu een stuifgat ligt, 40 jaar geleden helemaal niets lag, en er dus eerder sprake is van een restlaagte die nu omringd wordt door nieuwe duinen, dan van een nieuw gat in een voorheen intacte waterkering.

5. Kustverdediging: dit wordt verder uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

3 INVLOED VAN KUSTVERDEDIGINGSMAATREGELEN

In dit hoofdstuk wordt een onderverdeling gemaakt in huidig (gangbaar) beheer van de zeereep en in toekomstige ingrepen die nodig zijn in verband met de zwaakke schakelproblematiek.

3.1 Huidig beheer

In het verleden zijn bij tijd en wijle kleinschalige ingrepen uitgevoerd, met name het zetten van stuifschermen en aanplant van Helm op plaatsen waar de verstuiving te intens werd. Sinds de start van dynamisch kustbeheer zijn er vrijwel geen ingrepen meer gepleegd, waardoor de ontwikkeling de afgelopen 15-20 jaar vrijwel onverstoord is verlopen.

In november 2007 is in de meest zuidelijke kerf ingegrepen, omdat de uitstuiwingsdiepte een onaantvaardbaar laag niveau had bereikt, en bovendien door uitstuiwing de resterende duinenrij in volume was afgenomen, waardoor de zeereep niet meer aan de eisen voor de waterkering voldeed. Bij de ingreep is de uitgestoven laagte opgevuld met zand dat vanaf de wanden met een kraan naar beneden is getrokken (Figuur 3.1). Daarnaast is de ingang afgezet met stuifschermen.



Figuur 3.1. Dichtgeschoven zuidelijke kerf. Vergelijk Figuur 2.9.

Het vlakgeschoven profiel is later ingeplant met Helm (Figuur 3.2). Bij de noordelijke kerf, en een aantal diepe stuifgaten, zijn stuifschermen gezet (Figuur 3.3). Overwogen wordt ook hier het kale zand met Helm dicht te planten. Ook hier zijn de kerven diep uitgestoven

en is de omringende duinenrij niet overal hoog genoeg. De ingrepen betekenen een verstoring van de natuurlijke ontwikkeling. Vanuit het oogpunt van de waterkeringsbeheerder is het begrijpelijk dat deze ingrepen zijn uitgevoerd of gepland, omdat hiermee immers mogelijke waterstaatkundige bedreigingen worden aangepast. Wel is het zaak dat dergelijke ingrepen zoveel mogelijk worden uitgevoerd met in achtneming van de waardevolle morfologie. Onderzocht zou kunnen worden hoe ingrepen het best aan kunnen sluiten bij het natuurlijke systeem, waardoor morfologie en processen zo weinig mogelijk worden aangetast.



Figuur 3.2. Inplanten van de dichtgeschoven kerf met Helm.



Figuur 3.3. Schermen bij de opening van de noordelijke kerf.

Het zou goed zijn als middels dit rapport een discussie over het beheer binnen dit gebied op gang komt. Doel van de discussie zou zijn om door middel van een optimaal beheer te verwezenlijken dat zowel de veiligheid van de waterkering wordt gewaarborgd als de unieke eigenschappen van het natuurlijke systeem intact blijven. Ook de rol van overstuiving op de achterliggende habitats zou hierbij betrokken moeten worden. **Voorop staat dat de veiligheid van de waterkering niet ter discussie staat.**

Bij ingrepen in het gebied zou rekening gehouden kunnen worden met de natuurlijke processen, ten eerste de natuurlijke aanstuiving. Door gebruik te maken van de natuurlijke aanstuiving kunnen ingrepen zo ingericht worden dat ze in betrekkelijk korte tijd onder vers stuifzand zullen verdwijnen. Mogelijke verzwakkingen zouden op die manier met behulp van enig sturen, én natuurlijke aanstuiving kunnen worden versterkt, zonder dat de unieke waarden in het gebied aangetast worden.

Verder is het van belang dat onderscheid gemaakt wordt tussen ingrijpen in de processen, en ingrijpen in vormen. Juist die vormen die al langere tijd ongestoord in ontwikkeling zijn zouden zoveel mogelijk ontzien moeten worden, omdat deze immers een grotere "rijpheid", dus ouderdom, dus zeldzaamheid vertegenwoordigen.

Ingrepen als het plaatsen van stuifschermen en aanplant kunnen binnen een natuurlijk systeem betrekkelijk onschuldig zijn, als ze landschappelijk verantwoord, en stoelend op begrip van de processen worden toegepast. Een richtlijn zou kunnen zijn om te voorkomen dat door dit soort ingrepen rechte structuren ontstaan, zoals bijvoorbeeld achter een stuifscherm voor de duinvoet. Ook zou overwogen kunnen worden helm aan te planten in een natuurlijk patroon, omdat het gangbare patroon van in rijen gezette helm vaak nog tientallen jaren zichtbaar is. Wanneer deze ingrepen zorgvuldig worden toegepast, dan kunnen sporen door de aanwezige dynamiek in korte tijd (enkele maanden tot jaren) worden uitgewist. Het schuiven met zand heeft over het algemeen veel negatievere effecten, omdat natuurlijke vormen op een grotere schaal worden aangetast, en omdat het verstuivingsproces binnen verschoven zand moeilijker plaatsvindt dan binnen "schoon" zand, zeker als er vermenging met bodemmateriaal en wortelresten plaatsvindt.

Binnen dit soort dynamische systemen bestaat bij uitstek de mogelijkheid het gebied te laten meegroeien met de zeespiegelstijging. Het binnenkomende zand verspreid zich over het gebied, waardoor dit integraal de hoogte in kan groeien. Door stijgend grondwater zal ook de erosiebasis voor winderosie geleidelijk verhogen, waardoor eventuele uitstuivingslaagten weer op zullen vullen.

3.2 Toekomstig beheer ten behoeve van zwakke schakel problematiek

In het kader van de zwakke schakel tussen Den Helder en Callantsoog zijn er op dit moment plannen in voorbereiding voor het op peil brengen van deze zwakke schakel. Er zijn verschillende mogelijkheden, die verschillende consequenties voor het natuurlijke systeem hebben.

Politiek is al de keuze gemaakt om de zwakke schakel op te lossen middels een zeewaartse aanpak. Voor de zeereep bij Groote Keeten heeft dit onvermijdelijk gevolgen voor het functioneren voor het systeem. Grofweg zijn er twee opties.

1. Er wordt gekozen voor de aanleg van een nieuwe duinenrij voor de huidige zeereep. Vanuit het oogpunt van het huidige systeem is dit de slechtst denkbare oplossing. Het betekent immers een volledig stilvallen van de aanstuivingsdynamiek binnen het gebied, en daarmee het einde van de huidige ontwikkeling. Op zijn best blijft

een fossiel landschap achter, met hier en daar nog enkele kleinschalige verstuingen. De huidige, unieke processen van zeereepontwikkeling in combinatie met kerfvorming en parabolisering zullen daarmee definitief zijn geaborteerd. Ook de gunstige werking op de achterliggende habitats vervalst. Een nieuwe, aangelegde duinenrij heeft per definitie onnatuurlijke eigenschappen, die door geen enkele proces, anders dan afslag gevolgd door volledige afbraak ongedaan kunnen worden gemaakt. Zelfs bij het stimuleren van dynamiek in deze nieuwe duinenrij zal de nieuwe situatie op geen enkele wijze vergelijkbaar zijn met de huidige situatie, en voor wat betreft de aardkundige, landschappelijke en ecologische waarde niet kunnen tippen aan de huidige situatie.

2. Er wordt gekozen voor het langs natuurlijke weg laten ontstaan van een nieuwe duinenrij met behulp van suppleren op grote schaal (herstarten zandmotor). Het zal duidelijk zijn dat deze optie aansluit bij de huidige processen in de zeereep en hiermee niet in conflict zal zijn. Nadelen zijn wel dat er vanwege de suppletie ander zand het gebied zal binnen komen, biotische waarden op de onderwateroever en in het brongebied van het suppletiezand vernietigd zullen worden en het aanbrengen van suppletiezand een flinke hoeveelheid energie zal kosten. Aangezien het systeem zichzelf al tientallen jaren suppleert, is het ook de vraag of het nodig is. Bijkomend nadeel zou kunnen zijn dat door een suppletie de zandbalans van strand en duinvoet verandert, de aangroei vóór de zeereep daardoor versterkt, met een forsere uitbreiding van embryodünen en zeewaartse verplaatsing van de duinvoet, waardoor de dynamiek achter de embryonale duinen stilvalt. In het huidige systeem is de balans zo dat een deel van het binnenkomende zand ten goede komt aan embryonale duinen bij de duinvoet, en een deel aan de rest van de zeereep. Deze balans zou kunnen veranderen.

Gezien de aanwezigheid van twee min of meer kunstmatige elementen (zanddijken) achter de zeereep is het overigens de vraag of een landwaartse oplossing hier misschien met betrekkelijk geringe ingrepen een vergroting van de veiligheid oplevert, waarbij het huidige systeem volledig ontzien wordt. Nadeel van zo een oplossing is dat het waarschijnlijk wel ten koste zal gaan van een deel van de vochtige duinvallei, maar mogelijk kan deze ook ontzien worden. Hier wordt er in ieder geval voor gepleit deze oplossing niet bij voorbaat uit te sluiten.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De zeereep bij Groote Keeten vormt een uniek stukje duinnatuur vanwege 1. de activiteit van processen en 2. de relatieve lange duur van een ongestoorde ontwikkeling, waardoor 3. een uniek landschap met geomorfologische ontwikkeling is ontstaan dat langs de Hollandse kust uiterst zeldzaam is. De kust groeit hier over een beperkt traject (enkele kilometers) aan, door natuurlijke zandaanvoer, waardoor de duinen hoger en breder worden, en ondertussen een ongestoorde ontwikkeling van kerven en stuifkuilen en beginnende parabolisering optreedt. De aanstuiving is fors en zorgt al enkele decennia voor een gemiddelde toename van het zeereepvolume van 20 m³/m.jaar. In 2003 is eenmalig een klein stukje (km 9.13-9.43) gesuppleerd.

Door uitstuiving zijn er op verschillende plaatsen laagtes ontstaan die door de beheerder, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, als een bedreiging voor de veiligheid worden gezien. Op enkele plaatsen is daarom recentelijk ingegrepen. Het is de vraag of dit zonder bedreiging van het natuurlijke systeem uitgevoerd kan worden.

In de toekomst worden er in verband met zeespiegelstijging veiligheidsproblemen verwacht en is op korte termijn versterking nodig. De aard van de oplossing voor deze zwakke schakel kan een directe bedreiging betekenen voor het natuurlijke systeem. Een keuze voor de aanleg van een nieuwe duinenrij voor de huidige zeereep zal de doodsteek voor het gebied betekenen. Een keuze voor het langs natuurlijke weg laten ontstaan van nieuwe duinen door middel van suppleren sluit beter aan bij het huidige systeem en kan een belangrijk deel van de waarden behouden. Een landwaartse oplossing moet niet bij voorbaat worden uitgesloten, omdat achterliggende zanddijken mogelijk met betrekkelijk geringe ingrepen voor de benodigde veiligheid zouden kunnen zorgen.

Het gebied is landschappelijk goed geïnteriseerd, de ontwikkeling is redelijk bekend: Retrospectief geomorfologisch onderzoek kan meer inzicht verschaffen in de ontwikkeling van kerven en parabolisering, een proces dat in het verleden bepalend is geweest voor de kust, maar dat in het heden vrijwel nergens actief optreedt. De huidige ecologische waarde is groot. Tijdens de Provinciale Milieuinventarisatie in de jaren 1990 zijn belangrijke natuurwaarden aangetroffen. Ook de natte duinvallei is zeer waardevol. Een inventarisatie van ecologische waarden (vegetatie, flora, fauna) wordt daarom aanbevolen. Het gebied heeft wel een duidelijke status als onderdeel van een Natura 2000 gebied en als beschermd natuurmonument. Voor het beheer van de zeereep als waterkering wordt er een onderscheid gemaakt in een noordelijke zone, waar de zeereep zich gekerfd mag ontwikkelen, en een zuidelijke zone, waar de zeereep wordt vastgehouden met beperkte ruimte voor verstuwingsingen, in verband met een achterliggende vochtige duinvallei. Deze tweedeling wordt hier ter discussie gesteld, temeer daar de ecologische inzichten sindsdien zijn gewijzigd. Tot op heden heeft de verstuwingsingen binnen de zeereep niet tot problemen in de vallei geleid.

Er wordt voor gepleit noodzakelijk beheer zoveel mogelijk uit te voeren met gebruik van de natuurlijke processen, waarbij zo mogelijk de aanwezige geomorfologische waarden worden ontzien, vanzelfsprekend wel onder de randvoorwaarde van veiligheid. Een grondige detailstudie van de veiligheidsproblematiek nu en in de toekomst kan uitwijzen waar ingrepen nu of in de toekomst noodzakelijk zijn, en waar ingrepen achterwege kunnen blijven. Bij toekomstig beheer is de vraag in hoeverre rekening gehouden kan worden met de, tot nu toe permanente, natuurlijke toevoer van zand, waardoor het systeem immers zichzelf versterkt. Bij gelijkblijvende ontwikkeling is te verwachten dat het volume van de zeereep verder toe zal nemen, en eventuele veiligheidsproblemen daarmee in de toekomst vanzelf worden opgelost.

5 REFERENTIES

- Arens, S.M. & J. Wiersma, 1990. De zeereep langs de Nederlandse kust; een klassificatie. *Geografisch Tijdschrift*, Nieuwe reeks XXIV - 5, 394-405.
- Arens, S.M., 1992. Zandtransport in de zeereep van Groote Keeten (N.-H.). Rapportage veldwerk 1992. Rapport Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, Universiteit van Amsterdam.
- Arens, S.M., P.M. van Dijk & A.C.W. Baas, 1997. Modelling zandtransport zeereep; seizoensvariatie vegetatie. Rapport Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Fysische Geografische en Bodemkundig Lab UvA in opdracht van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- Arens, S.M., 2007. De zeereep van Groote Keeten. *Duin*, 30-4, 12-13.
- Kiwa & EGG, 2007. Knelpunten- en kansenanalyse Natura 2000-gebieden. Kiwa Water Research, Nieuwegein / EGG, Groningen.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1992a. A anwijzingsbesluit Beschermd Natuurmonument Duinen Den Helder-Callantsoog. Beschikking NBLF-92-319.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1992b. A anwijzingsbesluit Staats Natuurmonument Duinen Den Helder-Callantsoog. Beschikking NBLF-92-318.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 2006. Natura 2000 gebiedendocument. Werkdocument Natura 2000 aanwijzingsbesluit.
- Werkgroep Dynamisch Kustbeheer IJmuiden - Den Helder, 1998. Dynamisch Kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder. Natuurmonumenten, Noordhollands Landschap, nv PWN, Staatsbosbeheer, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.

LIJST MET FIGUREN

- Figuur 1.1. Habitattypen in de duinen bij Groote Keeten. Bron: Landschap Noord-Holland.
- Figuur 2.1. Het gebied rondom paal 9. Bron: Google Earth.
- Figuur 2.2. AHN beelden van de zeereep bij Groote Keeten (rode stip in kaartje NL) in 1997 (links) en 2007 (rechts). Bron: RWS.
- Figuur 2.3. Dwarsprofielen. Bron: Jarkusbestand, RWS.
- Figuur 2.4. Verschilkaart 1997-2007. De rode lijn markeert de 3m +NAP hoogtelijn in 2007, de zwarte dezelfde hoogte in 1997. Links noordelijk, rechts zuidelijk deel van het gebied.
- Figuur 2.5. Overgang van strand naar zeereep met een geleidelijk oplopende, hier en daar gekerfde, embryonale duinenrij. Biestarwegras onderscheid zich van Helm door het iets fellere groen, en de plaatsing onderaan de zeereep. Opname juni 2004.
- Figuur 2.6. Afslagklifje na de storm van 31-10-2006. Opname november 2006.
- Figuur 2.7. Kerf. Opname november 1991.
- Figuur 2.8. Ontwikkeling van kerven en overstuiving over Helm. Opname november 2006.
- Figuur 2.9. De diepste kerf aan de zuidkant. Boven opname juni 2004, onder op name november 2006. Deze kerf is inmiddels geherprofileerd en ingeplant (zie hieronder).
- Figuur 2.10. Ontwikkeling van kerven en stuifkuilen tussen 1997 en 2007. De rode lijn geeft de omgrenzing van de vormen. Langs het strand volgt de rode lijn de 3m +NAP lijn in 2007. De zwarte lijn volgt de 3m +NAP lijn in 1997.
- Figuur 2.11. Voorkomen van Tapuit en Wulp. Bron: Landschap Noord-Holland.
- Figuur 3.1. Dichtgeschoven zuidelijke kerf. Vergelijk Figuur 2.9.
- Figuur 3.2. Inplanten van de dichtgeschoven kerf met Helm.
- Figuur 3.3. Schermen bij de opening van de noordelijke kerf.

LIJST MET TABELLEN

- Tabel 2.1. Resultaten: aangroei van het duin boven 3m NAP.