

Invloed van kustlijnveranderingen op natuur langs de Nederlandse kust; onderzoek met behulp van een Geografisch Informatie Systeem

B. Arens, F. van der Meulen en J. V. Witter

In opdracht van Rijkswaterstaat is ter onderbouwing van de discussie-nota 'Kustverdediging na 1990' een onderzoek verricht naar de effecten van kustachteruitgang op de functies van de Nederlandse kustduinen. Behalve de 'normale' kustachteruitgang, veroorzaakt door de daling van het vasteland en door het langjarig cyclisch patroon van kustachteruitgang afgewisseld door kustaangroei, wordt immers een versnelde mate van kustachteruitgang verwacht in verband met de globale opwarming ten gevolge van het broeikaseffect.

De Nederlandse kustduinen hebben een viertal hoofdfuncties: kustverdediging, natuurbehoud, drinkwatervoorziening en recreatievoorziening. Daarnaast is er een aantal overige functies zoals woon- of industriële bebouwing, infrastructuur en militair oefenterrein. De functie-analyse richtte zich allereerst op de inventarisatie van al deze duinfuncties (Van Driel et al., 1989). Bij deze inventarisatie is gebruik gemaakt van een geografisch informatiesysteem (GIS). Vervolgens zijn speciaal de natuurkenmerken (vegetatie in samenhang met hydrologische en geomorfologische structuren) gewaardeerd, en is, gegeven de verwachte kustlijnontwikkeling tussen 1990 en 2090, aangegeven op welke plaatsen knelpunten kunnen ontstaan ten gevolge van verlies van natuur door kustachteruitgang. Ook zijn uit het oogpunt van behoud en ontwikkeling van natuur en landschap suggesties opgesteld voor het toekomstig kustbeleid (Arens et al., 1989).

Dit artikel beschrijft hoe in een dergelijke studie een GIS kan worden gebruikt, en hoe de natuurwaardering is uitgevoerd. Vooral de natuurwaardering is zeer actueel. Zij komt aan de orde in milieu-effect rapportages, en in andere grootschalige beleidsinventarisaties, zoals bijvoorbeeld de Landschapsecologi-

sche Kartering van Nederland (Veelen-turf et al., 1985; ook Stevers et al., 1984). Dit artikel gaat ook in op de wijze waarop het kustgedrag de natuurfuncties in de duinen beïnvloedt, en wat de te verwachten verliezen zijn. De betekenis van een geografisch informatiesysteem ten behoeve van kustbeleid wordt toegelicht. Het artikel besluit met suggesties voor een meer natuurgericht kustbeheer.

Het gebruikte geografisch informatiesysteem

De duinfuncties zijn geïnventariseerd door het verrasteren van bestaande kaarten, in het bijzonder de topografische kaarten 1:25.000 en de vegetatiekundige, hydrologische en geomorfologische facetkaarten 1:25.000 behorend bij het TNO duinvalleien rapport (Bakker et al., 1979). Daarnaast is voor detailinformatie veel ander (kaart)materiaal gebruikt. De gebruikte rastergrootte bedraagt 1000 × 50 m, de lange zijde evenwijdig aan de kust, waarbij de oriëntatie plaatsvindt met behulp van de strandpalen. Hierdoor is de positionering van de rasters zo nauwkeurig mogelijk, en wordt tevens recht gedaan aan de variatie in duineigenschappen, die in de buitenduinen loodrecht op de kust aanmerkelijk groter is dan evenwijdig eraan. De geïnventariseerde duinstrook betreft

voornamelijk de buitenduinen. Dit is in het algemeen een strook van 500 m breed. Op enkele plaatsen, waar meer afslag wordt verwacht, is de strook breder. De rastergrootte sluit tevens aan bij de wijze van kustlijnvoorspellingen (per km kustlengte) en bij de orde van grootte van te verwachten kustlijnverplaatsingen en de schaal van de verrasterde kaarten.

Ten behoeve van de inventarisatie van natuur is behalve de vegetatie het abiotische deel van de natuur, geomorfologie en grondwaterregime, apart geïnventariseerd. Uiteindelijk leidde dit tot de in tabel 1 genoemde rasterkaarten. De legenda-eenheden van deze basiskaarten kunnen worden gewaardeerd, en vervolgens kunnen de kaarten worden gecombineerd tot waarderingskaarten voor natuur en voor overige functies.

De uitgangskaarten zijn op een tweetal wijzen verrasterd. Sommige kaarten zijn verrasterd middels het dominantieprincipe: de rastercel krijgt de waarde van de meest erin voorkomende eenheid. Deze wijze van bemonstering is bijvoorbeeld toegepast bij de geomorfologische kaart. De overige kaarten, bijvoorbeeld die van waardevolle vegetatietypen, zijn tot stand gekomen door bemonstering van de uitgangskaarten volgens het aanwezigheidsprincipe: indien één of meerdere waardevolle typen in het raster voorkomen, wordt het aantal voorkomende typen geregistreerd. Deze laatste soort kaarten geeft dus slechts informatie over wàt er in een bepaald raster voorkomt, en niet wàr. Voor deze kaarten, en vanzelfsprekend ook voor de erop gebaseerde combinatiekaarten, geldt dat het GIS als het ware functioneert als een 'IS' voor elke rastercel afzonderlijk.

Kustgedrag en duinfuncties

Het is allereerst interessant om na te gaan wat de kust nu eigenlijk gaat doen de komende eeuw. Ten behoeve van de discussienota 'Kustverdediging na 1990' is door Rijkswaterstaat een aantal voorspellingsscenario's opgesteld, uitgaande van verschillende morfologische scena-

rio's en verschillende niveaus van zeespiegelrijzing. Tabel 2 geeft de geschatte kustlijnverplaatsing in meter per jaar voor elk van de scenario's (RWS, 1989) voor de komende 100 jaar.

Gemiddeld is er sprake van kustachteruitgang, maar er moet worden bedacht dat van plaats tot plaats grote

verschillen kunnen optreden. Vanzelfsprekend zijn de effecten van kustachteruitgang het interessantst, wanneer men naar verliezen kijkt. Deze worden hieronder belicht. De effecten behoeven niet altijd negatief te zijn: vanuit natuuroogpunt kan kustachteruitgang leiden tot waardevolle landschappen, bijvoorbeeld slufters met een grote ruimtelijke variatie aan droog-nat en zoet-zout overgangen.

Kustachteruitgang veroorzaakt een aantal effecten, die elk van invloed zijn op mogelijke duinfuncties. Allereerst is er het directe landverlies ten gevolge van kustachteruitgang. Indien het landverlies niet permanent is, is er sprake van tijdelijke inundatie. Secundaire effecten van kustachteruitgang, meestal leidend tot functieverlies, zijn:

- overschuiving: het bewust door de beheerder opnieuw in profiel brengen van de zeereep na landverlies;
- overstuiving: het (doen) stuiven van zand uit de zeereep landinwaarts;
- verlaging van het freatisch grondwater;
- verplaatsing van het zoet-zout grensvlak in de diepere ondergrond;
- landwaartse verplaatsing van de zone met inwaai van zouten uit zee.

In de functie-analyse is een drietal effecten van kustachteruitgang beschouwd op hun invloed op de geïnventariseerde natuurfuncties (tabel 3). Allereerst is voor een aantal effecten absoluut niet duidelijk, in welke mate zij zich voor zullen doen (bijvoorbeeld overstuiving, tijdelijke inundatie, verplaatsing van het zoet-zout grensvlak). Daarnaast is het kwantificeren van de gevolgen van deze effecten van kustachteruitgang op de natuurkenmerken bijzonder moeilijk. In feite raakt men hier aan het onderzoek naar ecologische interactiemodellen, een onderzoek dat nog in de kinderschoenen staat.

Natuurwaardering

Natuurwaardering van duinterreinen kan plaatsvinden op basis van de beheersstatus van deze terreinen; beter is een waardering op basis van de natuurkenmerken zelf. Voor de functie-analyse op rasterniveau is een globale waardering op grond van natuurkenmerken opgesteld. Dit is logischer, immers niet alle waardevolle natuurterreinen hebben een overeenkomstige beschermde status. Bij een waardering op grond van natuurkenmerken kunnen niet alleen actuele,

Natuur	Overige functies
Geomorfologie	Recreatie
Grondwater	Waterwinning
Dominante vegetatie	Agrarische gebieden
Waardevolle vegetatie	Militaire oefenterreinen
Vogelkolonies	Industrie en bedrijfsbebouwing
	Overige bebouwing
	Infrastructurele voorzieningen

Tabel 1. Vervaardigde rasterkaarten voor de functie-analyse Nederlandse kustduinen. Grid maps prepared for function analysis of Dutch coastal dunes.

Kustgedeelte	Morfologisch scenario					
	Gunstig			Ongunstig		
	Zeespiegelst. (m/eeuw)			Zeespiegelst. (m/eeuw)		
	0.20	0.60	0.85	0.20	0.60	0.85
Z.-Vlaanderen	-1.1	-1.5	-2.2	-1.6	-2.0	-2.8
Walcheren	-1.1	-1.5	-2.2	-1.6	-2.0	-2.8
Schouwen	1.5	1.2	0.7	1.2	0.9	0.5
Goeree	-0.7	-1.0	-1.6	-1.0	-1.3	-1.9
Voorne	-0.7	-1.0	-1.6	-1.0	-1.3	-1.9
HvH-Scheveningen	-0.1	-0.3	-0.5	-0.3	-0.5	-0.8
Sch-Noordwijk	0.3	0.1	-0.2	0.2	0	-0.2
Noordwijk-IJmuiden	0.4	0.2	-0.1	0.3	0.1	-0.2
IJmuiden-Egmond	0.2	0	-0.2	0.1	-0.1	-0.3
Egmond-Groet	-0.5	-0.7	-1.2	-0.8	-1.0	-1.5
Petten-Gr Keeten	-0.9	-1.1	-1.8	-1.3	-1.5	-2.2
Gr Keeten - Den Helder	-1.1	-1.4	-2.1	-1.5	-1.8	-2.6
Texel	-1.6	-2.1	-3.2	-2.2	-3.0	-4.0
Vlieland	-1.9	-2.5	-3.8	-2.6	-3.2	-4.6
Terschelling	-1.9	-2.5	-3.8	-2.6	-3.3	-4.7
Ameland	-2.2	-2.8	-4.2	-2.9	-3.6	-5.1
Schiermonnikoog	3.9	2.8	1.3	3.0	2.0	0.7

Tabel 2. Kustachteruitgang (meters per jaar) voor elk van de scenario's. Coastline regression (m. yr⁻¹) for favourable (3 columns left) and unfavourable morphologic scenario (3 columns right) at different sea level rise.

Natuurkenmerk	Landverlies	Overschuiving	Verandering freatisch vlak
Geomorfologie	+	+	±
Grondwater	+	±	+
Vegetatie:			
— droog	+	+	—
— vochtig/nat	+	+	+

Tabel 3. In de functie-analyse beschouwde effecten van kustachteruitgang en hun gevolgen op de geïnventariseerde natuurkenmerken: + (relatie), - (geen of onbekende relatie), ± (relatie minder duidelijk of belangrijk).

Matrix showing effects of 3 aspects of coastal regression (x-axis) on aspects of nature (y-axis). + = effect clear, ± = effect less clear or not important, - = no effect or effect unclear.

maar ook potentiële natuurwaarden worden beschouwd.

Onze waardering berust op actuele kenmerken: voorspellen van toekomstige vegetatie en landschapontwikkeling is toch al moeilijk, zeker indien de voorspelling van ontwikkelingen in belangrijke abiotische randvoorwaarden (klimaat, zeespiegel, ligging kustlijn) met de nodige onzekerheden is omgeven. Wel is in Arens et al. (1989) een bijlage opgenomen, waarin op nationaal niveau (dus niet op raster niveau) globale natuurpotenties zijn aangeduid bij een kustbeheer dat op natuurontwikkeling is gericht. Zo kan bijvoorbeeld, indien er sprake is van een kustgedeelte met geringe kustachteruitgang, afgewisseld met een stabiele dan wel aangroei-kust, worden overwogen om de kustlijn plaatselijk te laten terugtrekken en een slufteer te laten ontstaan. Ook de ontwikkeling van strandvlaktes met primaire duinsystemen kan bevorderd worden. Op deze wijze wordt het ontstaan van grootschalige overgangsmilieus langs onze kust bevorderd. Een grote variatie aan overgangen tussen droog-nat, zoet-zout en jonge en oudere landschappen zal tevens een grote variatie aan flora en fauna herbergen (Van der Meulen & Van der Maarel, 1989).

Bij de waardering op grond van actuele natuurwaarden is rekening gehouden met het volgende:

1. Zeldzaamheid, zowel van vegetatie als van geomorfologische structuren. Het criterium van zeldzaamheid is ook beschouwd in het licht van de grote veranderingen die de kustduinen de laatste 50 jaar hebben ondergaan. In verband hiermee zijn vochtige en voedselarme milieus in het algemeen hoog gewaardeerd. Gegevens over de mate van bedreiging

van plantengemeenschappen zijn ontleend aan Westhoff (1979). Momenteel wordt gewerkt aan een herziening van de inventarisatie van plantengemeenschappen in Nederland (Schaminée et al., 1989). Dan zal ook een meer recent beeld van de bedreiging van plantengemeenschappen in de duinen beschikbaar komen.

2. Soortenrijkdom van vegetatietypen. Sommige vegetatietypen zijn echter soortenarm, maar bezitten desondanks enkele zeldzame soorten. Door combinatie van het criterium soortenrijkdom met het criterium zeldzaamheid wordt de uiteindelijke waardering weer verhoogd.

3. Mate van ontwikkeling: belangrijk zijn de tijd en moeite die nodig zijn om een vergelijkbaar ecosysteem of landschap weer te doen ontstaan. Oudere landschappen (duinbossen, duinheides) hebben hierdoor een hogere waardering gekregen.

4. Volledigheid, opgevat als het totaal aan biotische en abiotische waarden, en in de zin van een volledig landschap. Immers, een combinatie van landschapselementen die elk op zichzelf genomen niet per sé zeldzaam hoeven te zijn, kan als combinatie wél waarde hebben. In het algemeen is het beter om grote, volledige landschappen veilig te stellen dan op veel verschillende plaatsen met veel energie en kosten losstaande elementen te beschermen. Dit aspect van volledigheid is globaal beschouwd aan de hand van de duinlandschapskaart 1:25.000 van Doing (1988), waarin een goed over-

zicht van alle Nederlandse duinlandschappen wordt gegeven.

De natuurwaardering combineert dus abiotische kenmerken (hydrologie en geomorfologie) met vegetatiekenmerken. Figuur 1 geeft de totstandkoming van de waarderingsklassen 1 tot en met 5 weer.

Aan de klassen kan de volgende betekenis worden toegeschreven:

N1: vochtige en natte primaire en secundaire duinvormen met vochtig duingrasland, bos en heide;

N2: droge primaire duinvormen en vochtig secundair duin met duinstruweel en droog duingrasland, lokaal vochtig duingrasland en bos;

N3: droge secundaire duinvormen met droog duingrasland en bos;

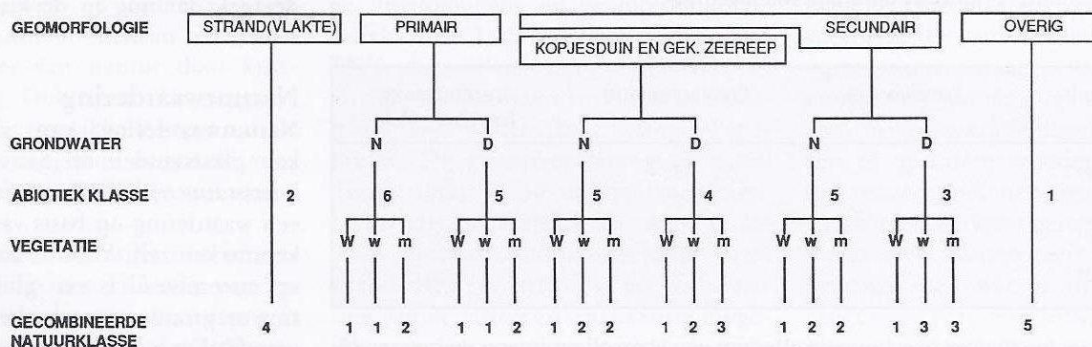
N4: strand en strandvlakten;

N5: overig (polder, bebouwing, vergraven duin, enz.).

De Nederlandse kustduinen in de komende eeuw

Nadat op de hierboven aangegeven wijze een natuurwaardering is opgesteld, kunnen de natuurverliezen ten gevolge van kustachteruitgang worden berekend. Deze zijn in Arens et al. (1989) berekend voor de jaren 2000, 2020 en 2090, uitgaande van een ongunstig morfologisch scenario en 20 cm/eeuw zeespiegelrijzing (tabel 2). Vooral in de Wadden zullen belangrijke natuurverliezen optreden als alleen wordt ingegrepen indien de veiligheid van het achterliggende land in gevaar komt. Dit betreft zowel verliezen door kustachter-

Fig. 1. Natuurwaarderingsklassen voor de buitenduinen van de Nederlandse kust, gebaseerd op hydrologie, geomorfologie en vegetatie. Categories of nature in the outer dunes of the Dutch coast, based on hydrology, geomorphology and vegetation.



N = nat, D = droog

W = waardevol (biotiek klasse 6)

w = minder waardevol met veel puntlokaties met waardevolle typen (biotiek klassen 5 en 4)

m = minder waardevol met weinig puntlokaties (biotiek klassen 3, 2 en 1)

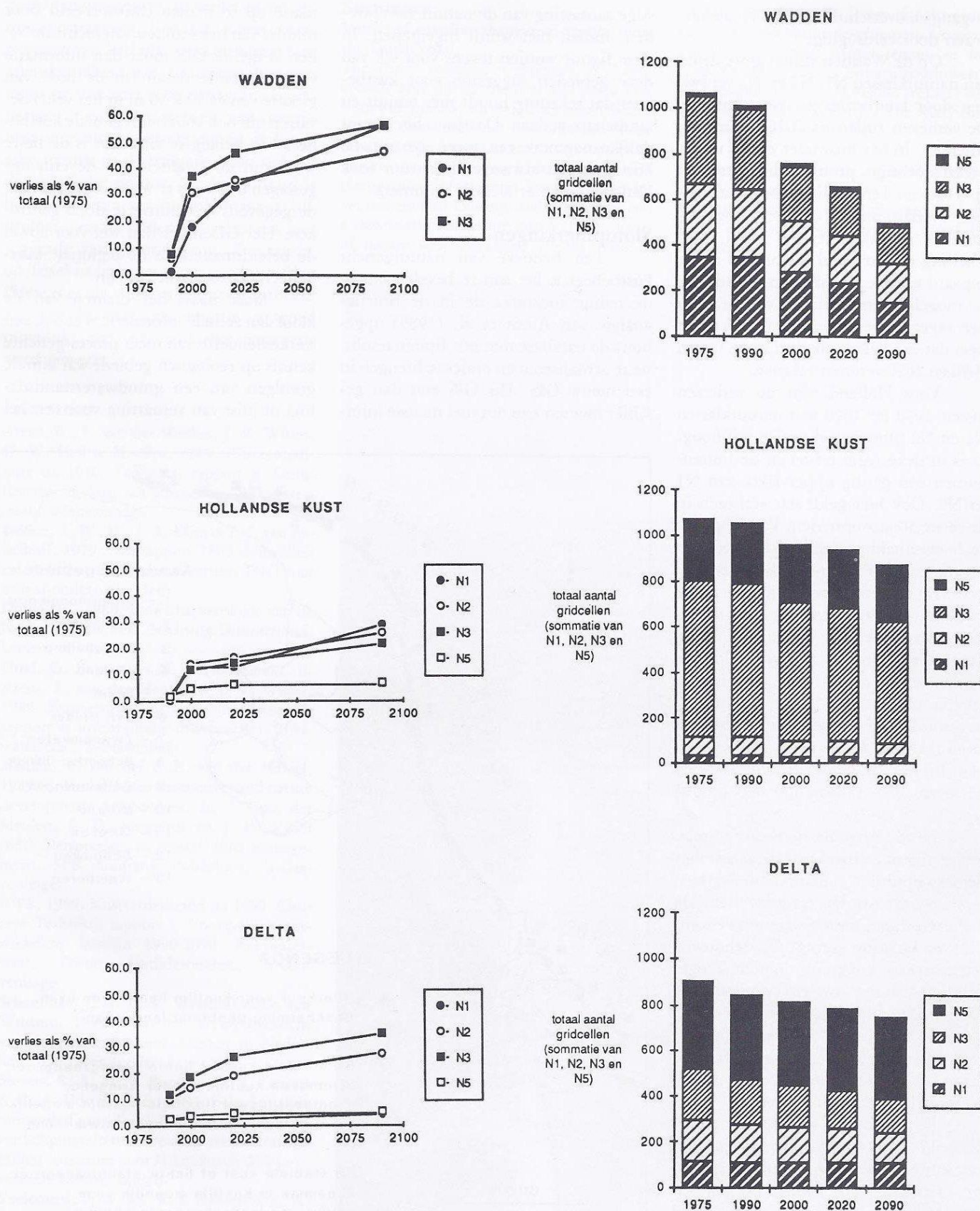


Fig. 2. Verliezen aan natuurfuncties door kustachteruitgang en overschuiving.
Losses of nature resulting from coastal regression.

uitgang en overschuiving (fig. 2), als verliezen door verdroging.

Op de Wadden zullen grote delen van natuurklassen N1, N2 en N3 verdwijnen door landverlies en overschuiving. De verliezen zullen na 2020 in omvang afnemen. In het bijzonder zullen uitgestrekte vochtige, primaire duinsystemen op Texel en Terschelling worden aangetast, evenals unieke oudere, droge secundaire duinsystemen op Texel, Terschelling en Ameland. Door met afslag gepaard gaande grondwaterstandsdaaling zal mogelijk een groot deel van de vochtige vegetatie verdrogen. Ook hier geldt weer dat een belangrijk deel ervan tussen 1990 en 2020 verloren zal gaan.

Voor Holland zijn de verliezen tussen 1990 en 2090 aan natuurklassen N1 en N2 procentueel gezien vrij hoog. Er is in deze regio echter in de buitenduinen een gering oppervlakte aan N1 en N2. Ook hier geldt dat verliezen in de eerste 50 jaar optreden. Van de geringe hoeveelheid nog aanwezige vochtige vegetatie zal een groot deel verloren gaan. De verliezen doen zich vooral voor in Noord-Holland, en betreffen in het bijzonder kalkarm, secundair droog duin met korstmos, Buntgras (*Corynephorus canescens*) en heide. De grootste knelpunten ontstaan bij het Zwanenwater, een voor de gehele Nederlandse kust uniek gebied, en in de Schoorlse duinen. Bij het Zwanenwater zullen ook de gevolgen van verdroging het grootst zijn.

In de Delta zijn de verliezen relatief gering in verband met de vele veiligheidsknelpunten, waardoor delen kust te allen tijde worden vastgehouden. De verliezen door verdroging zijn eveneens naar verwachting gering. Op Schouwen ontstaat een knelpunt doordat droge, kalkrijke duinstruwelen worden bedreigd. Dergelijke duinen komen ook in de regio Holland voor, maar zijn daar sterk door waterwinning en recreatie aangetast. Op Goeree wordt droog, kalkarm buntgrasduin bedreigd.

Bij een beleid waarbij de natuurklassen N1 en N2 worden beschermd tegen kustachteruitgang kunnen de grootste problemen met betrekking tot natuurverlies worden vermeden. Lokaal zal echter N3 moeten worden beschermd, in het bijzonder oude, kalkarme duinbuntgraslanden. Figuur 3 geeft de ligging van de duingebieden weer, waar door kustafslag ten gevolge van zeespiegelrijzing in de komende 100 jaar zeer ern-

stige aantasting van de natuur zal optreden, indien niet wordt ingegrepen. In deze figuur worden tevens voor elk van deze gebieden suggesties voor kustbeheer dat rekening houdt met natuur en landschap, gedaan. Daarbij is het uiteindelijke oogmerk een meer dynamische kust met een afwisselende natuur (ook Van Bohemen et al., dit nummer).

Slotopmerkingen

Ten behoeve van natuurgericht kustbeheer is het aan te bevelen om in de nabije toekomst de in de functieanalyse van Arens et al. (1989) opgebouwde database met een fijnere resolutie te actualiseren en onder te brengen in een nieuw GIS. Dit GIS zou dan geschikt moeten zijn om snel nieuwe infor-

matie op te nemen (bijvoorbeeld door middel van het scannen van luchtfoto's). Een dergelijk GIS moet dan informatie van voldoende detail (in de orde van grootte van ca 50 x 50 m in het veld) bevatten om ook voor het regionale kustbeheer van belang te zijn. Dit is de beste wijze om de kwaliteit van de erin opgeslagen gegevens te waarborgen, en om de gegevens ook nuttig te doen gebruiken. Het GIS moet dan wel voor zowel de beleidsmakers als de regionale kustbeheerders toegankelijk zijn.

Maar naast het dichtn van de kloof aan actuele informatie is er ook een sterke behoefte aan meer proces-gerichte kennis op ecologisch gebied: wat zijn de gevolgen van een grondwaterstandsdaaling of juist van vernatting voor een be-



Fig. 3. Suggesties en aandachtsgebieden voor op natuur gericht kustbeheer bij voorspelde kustlijnverplaatsing tussen 1990 en 2090. Suggestions and focussing points for coastal defence and nature development in the context of expected coastline changes between 1990-2090.

paald type vegetatie, in welke mate zijn duinecosystemen bestand tegen overstuiving met kalkrijk zand en wat is hun afhankelijkheid van zoutspray, hoe verloopt de successie voor bepaalde vegetatietypen, etc. Dit gebrek aan kennis heeft niet alleen betrekking op de biotische natuur in de duinen, maar ook op de abiotische natuur. In dit verband is het modelleren van microklimaat en hydrologie, en de samenhang daarvan met vegetatie van groot belang. Een studie op Texel naar de gevolgen van kustafslag (Stevens et al., 1984) geeft een voorbeeld van een beoordeling, waarbij zo goed mogelijk met kwantitatieve gegevens werd gewerkt.

Literatuur

- Arens, B., F. van der Meulen, J. V. Witter, G. W. Heil & M. Lips, 1989. Kustverdediging na 1990. Technisch rapport 8: Duinfuncties, invloed van kustgedrag. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage.
- Bakker, T. W. M., J. A. Klijn & F. J. van Zadelhoff, 1979. Basisrapport TNO duinvalleien. Studie- en informatiecentrum TNO voor milieu-onderzoek, Delft.
- Doing, H., 1988. Landschapsecologie van de Nederlandsche kust. Stichting Duinbehoud, Leiden.
- Driel, G. B. van, F. M. J. Hoozemans, B. Arens, F. van der Meulen & J. V. Witter, 1989. Kustverdediging na 1990. Technisch rapport 4: Inventarisatie duinfuncties. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage.
- Meulen, F. van der & E. van der Maarel, 1989. Coastal defence alternatives and nature development perspectives. In: F. van der Meulen, P. D. Jungerius en J. H. Visser (ed.). Perspectives in coastal dune management. SPB Academic Publishing, 's-Gravenhage.
- RWS, 1989. Kustverdediging na 1990. Concept Technisch rapport 5. Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, 's-Gravenhage.
- Schaminée, J. H. J., V. Westhoff & G. van Wirdum, 1989. Naar een nieuw overzicht van de plantengemeenschappen in Nederland. De Levende Natuur 6 (90).
- Stevens, R. A. M., J. Runhaar, K. J. Canters & H. A. Udo de Haes, 1984. Beleidsanalyse kustverdediging Texel. De effecten van kustverdedigingsalternatieven op het natuurlijk milieu. Centrum voor Milieukunde Rijksuniversiteit Leiden, Leiden.
- Veelenturf, P. W. M., K. J. Canters & A. A. de Veer, 1985. Landschapsecologische kartering van Nederland. Landschap 2: 169-182.
- Westhoff, V., 1979. Bedrohung und Unterhaltung seltener Pflanzengesellschaften in den Niederlanden. In: O. Willmans & R. Tüxen (ed.). Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften. Cramer, Vaduz.

Summary

Impact of coastline changes on nature along the Dutch coast.

The Dutch coastline is expected to change considerably during the next 100 years. Erosion will prevail, although accretion occurs locally. Sea level rise will increase these changes. The impact of coastline changes on nature is analysed with help of a GIS (Geographic Information System). After inventory of existing landscape maps and a classification of nature into 5 classes, losses of nature were calculated on the basis of

1000 × 50 m grid cells. Losses of nature and suggestions for nature development are given for the three main coastal regions of the Netherlands: the Delta Estuary (south-west), the Holland (mainland) Region (center) and the Wadden Islands (north). The study concerns only the outer dunes.

Drs. B. Arens, Dr. F. van der Meulen en Dr. ir. J. V. Witter
Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde (UvA), Dapperstraat 115, 1093 BS Amsterdam



Aerophoto Schiphol b.v.