Nederlandse kustduinen - Landschapsecologie

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0002 4261

Promotoren: dr. G.C. Maarleveld, emeritus buitengewoon hoogleraar in de fysische geografie van de periglaciale en glaciale landschappen aan de Universiteit van Amsterdam (hoofdstukken 1 en 2)

dr. ir. W.H. van der Molen, hoogleraar in de agrohydrologie (hoofdstuk 3)

dr. M.F. Mörzer Bruyns, emeritus hoogleraar in het natuurbeheer (hoofdstuk 5)

Co-promotor: dr.ir. A.P.A. Vink, hoogleraar in de fysische geografie en capita selecta der bodemkunde aan de Universiteit van Amsterdam (hoofdstukken 1 t/m 5)

nn 08201 063 C

T.W.M. Bakker
J.A. Klijn
F.J. van Zadelhoff

Nederlandse kustduinen
Landschapsecologie

Algemeen deel behorende bij de proefschriften van bovenstaande auteurs

Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie
Wageningen - 1981

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN
ISN = 146575-03

Abstract

Bakker, T.W.M., Klijn, J.A., Zadelhoff, F.J. van (1981). Nederlandse kustduinen; landschapsecologie/Dutch coastal dunes; landscape ecology, ISBN 90 220 0770 7, (viii) + 144 p., 23 figs, 6 tables, 146 refs, 3 app., Eng. summary, Eng. legends to figs and tables.
Also: Doctoral thesis, Wageningen.

This interdisciplinary study of landscape ecology has helped in the development of theory and methods by systematic use of systems theory. Analysis of the flow of material and energy in subsystems of the landscape leads to the design of a hierarchic model. This contains natural components and processes, and human influences, classified by their relative (in)dependence. With the general model, description and forecasting of effects of man-made and natural changes was possible. Special models, intended especially for the component groundwater, illustrate the principles. Major changes in the Dutch coastal dunes are described and estimated. In a century, there has been a serious decrease in ecological values, mainly caused by coastal erosion, building, considerable lowering of groundwater, infiltration and man-made forests. Only 40% of the area is unaffected or increased in value.

A map of landscape ecology combines geological, geomorphological, pedological and vegetational data. The dune slacks received extra attention, being the most vulnerable kind of habitat. The map legend reflects the principles of the hierarchic model.

The results were used for land evaluation, in which nature conservation has priority. Former types of land use, often contributing to ecological values were mainly agricultural. Their disappearance implied a loss of value. 'Relevant' types of land use are dealt with, partly in relation to two representative areas, leading to an assessment of which activities are 'tolerable' or 'desirable'

Free descriptors. Coastal dunes; dune slacks; landscape ecology; groundwater; land-use planning; systems theory; Netherlands.

BIBLIOTHEEK L.H.
2 9 SEP. 1981
ONTV. TIJDSCHR. ADM

Deze publikatie verschijnt tevens als handelseditie bij Pudoc.

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1981.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Woord vooraf

Deze publikatie kwam tot stand onder de stuwende leiding van prof.dr.ir. A.P.A. Vink, co-promotor van de drie auteurs.

Verder zijn zij de volgende personen erkentelijk voor hun kritiek of suggesties in gesprekken over delen van de tekst of in schriftelijk commentaar daarop.
Hoofdstuk 1 en 2: dr. Th.J. Ferrari, drs. C. Kwakernaak, dr. Chr.J. van Leeuwen en dr. G. Londo; hoofdstuk 5: dr. G. Londo, prof.dr. M.F. Mörzer Bruijns, dr. C.J.M. Sloet van Oldruitenborgh, mr. B. van der Veer.

Tevens zijn de auteurs dank verschuldigd aan Jan Castelein voor de eindredaktie, aan J.C. Rigg voor de verbeteringen in de Engelse tekstgedeelten, aan Theo van Betuw voor het tekenen van de figuren en aan mevr. H.J. Treffers-van Schaik en mej. E. Geurtsen voor het typen van het manuscript.

Inhoud

1	*Inleiding*	1
1.1	Achtergrond van deze publikatie	1
1.2	Landschapsecologie; een verkenning	2
1.2.1	Problematiek en doelstellingen	2
1.2.2	Oorsprong en werkterrein van de landschapsecologie	5
2	*Theoretische achtergronden*	8
2.1	Een functionele benadering van het landschap	8
2.2	Enkele systeemtheoretische uitgangspunten	10
2.2.1	Kenmerken van een systeembenadering	10
2.2.2	Enkele systeembegrippen met toepassingsmogelijkheden in landschapsecologisch onderzoek	11
2.2.3	De 'steady state'	15
2.2.4	Cybernetische systemen	15
2.2.5	Biotische systemen in het landschap	17
2.3	Ecosystemen	21
2.3.1	Inleiding	21
2.3.2	De interne organisatie van levensgemeenschappen	22
2.3.3	De wisselwerking tussen levensgemeenschappen en het abiotisch milieu	23
2.4	Landschappen: méér dan ecosystemen	25
2.4.1	Inleiding	25
2.4.2	Werkingssferen en deelcomplexen van het landschap	26
2.4.3	Enkele voorbeelden van variabelen in het kustduinenlandschap	30
2.4.4	De mens als landschapsecologische factor	31
2.5	Rangordeverschijnselen	32
2.5.1	Een eenvoudig rangordemodel	32
2.5.2	Toelichting bij het rangordemodel voor de Nederlandse kustduinen	34
2.5.2.1	Algemeen	34
2.5.2.2	Rangordebetrekkingen tijdens het ontstaan	36
2.5.2.3	Rangordebetrekkingen bij actuele processen	37
2.5.2.4	Rangordebetrekkingen bij de ruimtelijke karakteristieken van landschapscomponenten	37

3 Veranderingen van het kustduinenlandschap 40
3.1 Inleiding 40
3.2 Veranderingen in een systeemtheoretisch kader 41
3.2.1 Landschapscomponenten afzonderlijk 41
3.2.2 Het kustduinenlandschap in zijn geheel 43
3.2.3 Enige landschapscomponenten in detail 46
3.2.3.1 Het grondwater kwantitatief 46
3.2.3.2 Kwaliteit van het grondwater in samenhang met de bodem 49
3.3 Natuurlijke veranderingsprocessen en hun effecten 51
3.3.1 Enige voorbeelden 54
3.4 De rol van de mens 58
3.4.1 Inleiding 58
3.4.2 Invloed op de van nature voorkomende processen en verschijnselen 59
3.4.2.1 De uitvoer 60
3.4.2.2 De invoer 61
3.4.3 Effecten van menselijke activiteiten 61
3.4.3.1 Algemeen 61
3.4.3.2 Infiltratie en waterwinning als voorbeeld 64
3.5 De veranderingenkaart (bijlage 8) 66
3.5.1 Algemeen 66
3.5.2 Enige gebieden in detail 69
3.5.2.1 Zuidelijk Texel 69
3.5.2.2 De Schoorlse en Berger duinen 74
3.5.3 Bespreking van de kaart 78
3.5.4 Kaarterrata 80

4 De landschapsecologische kaart 81
4.1 Inleiding 81
4.2 Indeling in landschapstypen 83
4.2.1 Achtergronden en criteria bij de legenda-opbouw 83
4.2.2 Een verdere uitleg bij de legenda-eenheden 86
4.2.3 De afgrenzing van kaarteenheden 88
4.3 Bruikbaarheid, beperkingen en een korte beschrijving van de kaart 90
4.3.1 Errata bij legenda en kaart 93

5 Toepassing van de resultaten van het landschaps-ecologisch onderzoek 95
5.1 Inleiding 95
5.2 Gebruik en beheer van het duingebied in verleden en heden 95
5.2.1 Algemeen 95

5.2.2 Agrarisch landgebruik 98
5.2.2.1 'Intensieve' landbouw, bosbouw 98
5.2.2.2 Gebruik van onontgonnen duinterrein 99
5.3 Het algemene beleidskader voor gebruik en beheer van het Nederlandse duingebied 104
5.4 Een landevaluatie van het duingebied als basis voor de planning van gebruik en beheer 106
5.4.1 Enige algemene aspecten 106
5.4.2 Doel en achtergronden van de landevaluatie 108
5.4.3 Uitgangspunten en basisgegevens 111
5.4.4 Onderzochte gebieden, zuidelijk Texel en de duinen bij Bergen (N.H.) 114
5.4.5 Relevante activiteiten 117
5.4.6 Beoordeling van relevante activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid 119
5.4.6.1 Algemeen 119
5.4.6.2 Beoordeling per activiteit 123
5.4.7 Evaluatie van de landevaluatie 129

Samenvatting 131

Summary 134

Begrippenlijst 137

Literatuur 140

Losse kaartbijlagen
Bijlage 3 Uitgebreide legenda bij de landschapsecologische kaart
Bijlage 7 Landschapsecologische kaart
Bijlage 8 Veranderingenkaart (ca. 1850-ca. 1970)

1 Inleiding

1.1 ACHTERGROND VAN DEZE PUBLIKATIE

Op 1 juli 1976 startte het zogenaamde 'TNO-Duinvalleienonderzoek'. Dit onderzoek, dat oorspronkelijk twee jaar zou duren, kreeg de volgende taakomschrijving mee:
1. Het geven van een totaaloverzicht van eertijds en thans nog aanwezige vochtige duinvalleien in de Nederlandse kustduinen, onder andere door middel van een kartering.
2. Het geven van een karakterisering en typologie van deze duingebieden - speciaal met betrekking tot de vochtige duinvalleien - in nationaal en internationaal verband op het terrein van geomorfologie, bodem, waterhuishouding, flora en vegetatie.
3. Het aangeven van de kwantitatieve en kwalitatieve achteruitgang van de vochtige valleien voor de onder 2 genoemde aspecten.
4. Het geven van een inventarisatie en een evaluatie van beheersmaatregelen in heden en verleden met betrekking tot duin(vallei)-milieus (zowel voor het inwendig als uitwendig beheer).
5. Aangeven van het optimale beheer van de vochtige duinvalleien ten behoeve van het behoud en eventueel herstel van de ecologische kwaliteiten.
6. Nagaan wat de mogelijkheden zijn voor de vorming van nieuwe vochtige duinvalleien.
7. Voor zover mogelijk, vanuit een streven naar het verkrijgen van optimale ecologische en geomorfologische variatie, beoordelen van de gevolgen van huidige en toekomstige maatschappelijke activiteiten, zoals winning van de delfstoffen (o.a. water), bosbouw etc.

De belangrijkste aanleiding om tot dit onderzoek over te gaan werd gevormd door het verschijnen van het Structuurschema drink- en industriewatervoorziening in 1972. In dit structuurschema is een prognose gemaakt van het waterverbruik voor het jaar 2000 en wordt geconcludeerd dat een aantal projecten, onder andere in het duingebied, noodzakelijk zijn.

Uiteindelijk is gedurende bijna drie jaar aan het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' gewerkt en heeft dit geleid tot twee rapporten:
- Een uitgebreid basisrapport. Dit basisrapport bestaat voor een deel uit algemene hoofdstukken waarin de verschillende componenten die voor de vorming en het in stand houden van het duinlandschap van belang zijn worden behandeld. Het gaat daarbij om componenten als klimaat, geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem en vegetatie. Verder is een landschapsecologische werkwijze ontwikkeld die tot integratie en onderlinge samenhang van de te verzamelen gegevens moet leiden. De in de algemene hoofdstukken geschetste theorieën zijn vervolgens toegepast voor het hele Nederlandse duin-

gebied, wat geleid heeft tot een beschrijving van dit gebied in 16 zogenaamde deelrapporten met bijbehorende, geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige kaarten 1:25 000 (zie Bakker et al., 1979a).
- Een samenvattend eindrapport. Gezien de omvang van het basisrapport, ruim 1000 bladzijden, en om tot een betere hanteerbaarheid en een toegankelijker totaaloverzicht te komen is tevens een samenvattend eindrapport samengesteld (Bakker et al., 1979b). In dit rapport is de werking en hoedanigheid van de verschillende landschapscomponenten in wat gemakkelijker bewoordingen geschetst en zijn overzichtskaarten van het hele Nederlandse duingebied (1:100 000) opgenomen.

In het werkschema op pagina 3 is aangegeven welke werkzaamheden in het kader van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' zijn uitgevoerd en hoe deze werkzaamheden onderling samenhingen.

Toen de werkzaamheden in het kader van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' op hun eind liepen werd vanuit de begeleidingscommissie de suggestie gedaan het verzamelde materiaal verder uit te werken in de vorm van een aantal proefschriften. In het najaar van 1981 verschijnen vier publikaties die tezamen drie proefschriften vormen en die een grote mate van onderlinge samenhang zullen vertonen. De titel ervan luidt: Nederlandse kustduinen

Landschapsecologie (Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. Zadelhoff)
Geomorfologie en bodems (J.A. Klijn)
Geohydrologie (T.W.M. Bakker)
Geobotanie (F.J. van Zadelhoff).

Bij het beoordelen van deze publikatie moet deze onderlinge samenhang en de achtergrond zoals die geformuleerd is in de taakomschrijving van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' nadrukkelijk in het oog worden gehouden.

Het onderhavige deel, Landschapsecologie, bevat in de hoofdstukken 1 en 2 een door Klijn geschreven bijdrage aan de theorie- en methodiekontwikkeling van landschapsecologisch onderzoek. Een uitwerking van de theoretische principes, toegespitst op het Nederlandse duingebied, wordt in het door Bakker geschreven hoofdstuk 3 gegeven. Hoofdstuk 4 is een gezamenlijke bijdrage waarin de landschapsecologische kaart van het Nederlandse duingebied centraal staat. In hoofdstuk 5 tenslotte wordt door Van Zadelhoff een evaluatie van de verzamelde gegevens vanuit een oogpunt van natuurbeheer gegeven.

Hoewel de tekst in onderling overleg tot stand is gekomen blijft de hoofdverantwoordelijkheid bij de auteurs van de afzonderlijke hoofdstukken berusten.

1.2 LANDSCHAPSECOLOGIE; EEN VERKENNING

1.2.1 Problematiek en doelstellingen

Landschapsecologie is nog geen volgroeide wetenschap. De term werd pas in 1938 door Carl Troll ingevoerd, terwijl pogingen om landschapsecologie in de praktijk te

Geomorfologie en bodems

- klimaathistorie
- geologie
- historisch-geografische aspecten (o.a. kustlijnontwikkeling, verstuiving)
- invloed van de mens
- bodemkundige verkenning
- inventarisatie geomorfologische gesteldheid d.m.v. kartering

Geohydrologie

- grondwaterregiem en grondwaterkwaliteit in valleien
- randvoorwaarden van belang voor grondwaterregiem en grondwaterkwaliteit
- historische gegevens
- hydrologische kartering
- isohypsenkaarten

Geobotanie

- historische gegevens m.b.t. plantengroei
- floristische inventarisatie
- vegetatiekundige karakterisering
- relatie grondwaterregiem/plantengroei
- beheer in heden en verleden

verzamelen gegevens

EVALUATIE | EVALUATIE | EVALUATIE

- inzicht in terreinvorming
- inzicht in a-biotische milieufactoren (excl. actueel klimaat en hydrologie)
- overzicht huidige toestand; classificatie en karakterisering van landschapsvormen en actuele geomorfologische processen

kaarten (16x)
schaal 1:25 000
+ deelrapporten

- overzicht van eertijds en thans aanwezige vochtige duinvalleien
- classificatie en karakterisering van het grondwater in relatie tot de vegetatie
- actuele hydrologische situatie; aangeven van oorzaken van verandering

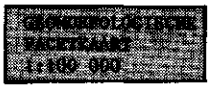
kaarten (16x)
schaal 1:25 000
+ deelrapporten

- aangeven van kwalitatieve en kwantitatieve achteruitgang van duinvalleivegetaties
- overzicht van de huidige toestand; actuele processen en karakterisering van de vegetatie

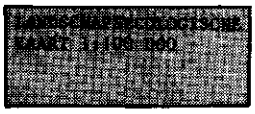
kaarten (16x)
schaal 1:25 000
+ deelrapporten

rapportage basisrapport

EVALUATIE | EVALUATIE | EVALUATIE



rapportage eindrapport



richtlijnen voor het beheer van vochtige duinmilieus

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN
t.a.v. BELEID EN BEHEER

Overzicht werkzaamheden en fasering bij het 'TNO-Duinvalleienonderzoek'(Bakker et al,1979a)

brengen vooral van na de oorlog dateren. In ons land is dit nog slechts een tiental jaren het geval (Leser, 1976; Burggraaff et al., 1979). Een nieuwkomer onder de natuurwetenschappen dus die bij nader inzien nog nauwelijks over een duidelijk begrensd vakgebied of een typerende methodiek beschikt.

Voorzover landschapsecologie met kinderziekten te kampen heeft, is dit niet zozeer aan de korte periode van haar bestaan toe te schrijven als wel aan de specifieke geaardheid van het onderzoeksterrein en aan de benadering daarvan. Bovenal gaat het hier om een poging tot integratie van veelsoortige gegevens die door uiteenlopende disciplines zijn of worden bijeengebracht. Dit feit zorgt voor problemen. Immers, het wetenschappelijk bedrijf en zeker het natuurwetenschappelijk deel daarvan heeft vele decennia van specialisering achter de rug. Dit bracht naast een overvloed aan disciplines en subdisciplines ook een verwijdering in onderzoeksdoelstellingen, -methoden en terminologieën met zich mee. Een en ander vormt een handicap voor een op integratie gerichte benadering.

Tegen deze achtergrond kan de landschapsecologie als een tegendraadse wetenschap worden beschouwd. De moeilijkheden zijn van wetenschappelijke en praktische aard. In wetenschappelijk opzicht, omdat men te maken krijgt met onderwerpen van een zeer verschillend karakter die zich nauwelijks laten vergelijken omdat een gemeenschappelijke noemer (nog) ontbreekt. In praktisch opzicht, omdat geïntegreerd onderzoek een interdisciplinaire aanpak vraagt. Dit brengt de noodzaak mee van een principiële bereidheid tot samenwerking, een geschikte organisatiestructuur, en ook een zekere consensus omtrent doelstellingen en methoden.

Naast remmende omstandigheden zijn er ook faktoren die de ontwikkeling van de landschapsecologie stimuleren. Een belangrijke drijfveer is de maatschappelijke behoefte aan bruikbaar landschapsecologisch onderzoek voor het beleid ten aanzien van het behoud en een verstandig gebruik van natuur en landschap. Deze behoefte komt tot uitdrukking in de snelle ontwikkeling op het gebied van milieukarteringen of landschapsecologische karteringen (Burggraaff et al., 1979) en de milieu-effectrapportage (Anonymus, 1979).

Wellicht veroorzaakt door de aandrang om op korte termijn met enigszins bruikbare onderzoeksresultaten te komen, tekent zich - ook in ons land - steeds duidelijker een gebrek af aan bruikbare theoretische grondslagen en een daarop gefundeerde integratiemethodiek. Een bezinning dáárop lijkt derhalve geboden. De mogelijkheid daartoe bestaat omdat er inmiddels enige ervaring met onderzoek op landschapsecologisch gebied en de daaraan klevende tekortkomingen opgedaan is. Eerst is een theoretische basis nodig die de integratie van zeer heterogene, statische en dynamische eigenschappen van het landschap mogelijk maakt. Deze theorie en daaraan verbonden methodiek kunnen in ideale vorm van het ruimtelijk beleid en het concrete beheer houvast bieden. Ze kunnen dan een goede basis vormen voor landschapsecologische karteringen en milieu-effectrapportage.

In dit bestek wordt een beperkte bijdrage aan deze theorie- en methodiekontwikkeling geleverd. Wij beperken ons tot enkele hoofdlijnen voor het landschapsecologisch

onderzoek van de Nederlandse kustduinen. In dit verband golden als prioriteiten:
1. Een voorlopige afbakening van het landschapsecologisch onderzoekterrein en de benadering daarvan.
2. Het verschaffen van een systeemtheoretische basis die door middel van gemeenschappelijke noemers (unifying concepts) een houvast biedt bij de integratie van statische en dynamische gegevens van abiotische, biotische en zo mogelijk antropogene variabelen en bij de bestudering van de aard van hun betrekkingen, in het bijzonder voor de Nederlandse kustduinen.
3. Het, in aansluiting op het onder 2. genoemde, zo mogelijk aanbrengen van een ordening in de diverse variabelen op grond van hun relatieve belangrijkheid in de stoffen- en energiestromen.
4. Het toepasbaar maken van de theoretische beginselen in de diverse stadia van integratie van landschapsecologische onderzoekresultaten, zoals de beschrijving van effecten van een natuurlijke verandering in (één der) landschapscomponenten, de effectbeschrijving van menselijk ingrijpen en de legenda-opbouw van landschapsecologische kaarten.

Deze punten geven aan welke problematiek in hoofdstuk 1 en 2 centraal staat. Om praktische redenen is het betoog toegespitst op de situatie in (semi-) natuurlijke landschappen en in het bijzonder op de Nederlandse kustduinen. Verder ligt het accent op de plantengroei. Dit kan deels uit de doelstellingen van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' worden verklaard (1.1), maar er zijn ook meer fundamentele redenen voor te geven. Planten staan aan de basis van de levensgemeenschappen in termen van energie- en stoffenstromingen (par. 2.3.2), waarbij zij een duidelijke relatie met abiotische milieufactoren vertonen. Verder zijn zij goed herkenbaar, relatief goed onderzocht en ecologisch geduid (Westhoff & Den Held, 1969; Londo, 1975; Doing, 1966, 1974; Van Zadelhoff, 1981).

De theoretische beschouwingen in hoofdstuk 1 en 2 zijn abstract gehouden. Hoofdstukken 3 en 4 geven voldoende toelichting in de vorm van concrete voorbeelden.

1.2.2 Oorsprong en werkterrein van de landschapsecologie

Zonder de historie van de landschapsecologie te willen beschrijven, is het verhelderend om na te gaan waar haar wortels liggen. De term zelf biedt daartoe aanknopingspunten, aangezien de woorden landschap en ecologie respectievelijk het object van onderzoek en de wijze van benadering aangeven (Leser, 1976; Weiss, 1977).

Vanaf het moment dat de wetenschap zich expliciet met het landschap heeft bezig gehouden heeft de definiëring van het begrip voor hoofdbrekens gezorgd. Deze moeilijkheden zijn voor een groot deel terug te voeren op de weerbarstigheid van het onderzoekobject. Dit object is uiterst complex en zowel in verticale als in horizontale zin moeilijk af te grenzen. Verder is het standpunt van de onderzoekers aan veranderingen onderhevig, een ontwikkeling waarvan de definities in de loop van de tijd kunnen getuigen (o.a. Schmithüsen, 1976).

Wij beperken ons tot twee definities. Deze geven aansluiting op de meest recente ontwikkelingen op landschapsecologisch terrein in Nederland en bieden voor ons doel voldoende speelruimte. De definitie van Zonneveld et al. (1975) sluit voor een belangrijk deel aan op die van Neef (1967):
'Een landschap is een relatiestelsel dat gevormd wordt door levende en niet-levende factoren in een aan zijn uiterlijke verschijning te onderscheiden deel van het aardoppervlak'. Van der Maarel & Dauvellier (1978) gebruiken in plaats van de term landschap de minder beladen term geotoop en definiëren die als 'een naar vorm en werking homogeen en herkenbaar deel van de geosfeer'. Onder geosfeer wordt in dat verband het geheel van werkingssferen aan en nabij het aardoppervlak verstaan, zoals de abiotische sferen, de biosfeer en de noösfeer.

Vooral de fysische geografie maakt als tamelijk pluriforme wetenschap studie van het landschap. Kenmerkend is haar interesse voor de patronen. Dit komt tot uitdrukking in het veelvuldig vervaardigen van kaarten. Dit zijn modellen waarbij het ruimtelijk verband (de patronen) zo getrouw mogelijk is afgebeeld. De fysische geografie is lange tijd toegespitst geweest op de genese van vooral de abiotische componenten van het landschap. Deze retrospectieve belangstelling heeft zich vooral op de morfogenese en de pedogenese gericht. Inmiddels is de aandacht in twee opzichten wat verschoven. Momenteel bestudeert men meer en meer de actuele processen in het landschap (Jungerius et al., 1973). Ook bestaat er een tendens om het landschap, meer dan voorheen, te benaderen als een samenhangend geheel van abiotische en biotische componenten, inclusief de daarin optredende processen. Daarbij is de betekenis van de diverse componenten en processen in het landschap voor de levensgemeenschappen een centraal uitgangspunt (Vink, 1975, 1980; Weiss, 1977; Zonneveld, 1972).

Ecologie, het tweede deel van de term landschapsecologie, vindt haar oorsprong in de biologie. Haeckel (1866) introduceerde de term ecologie als de leer die zich richt op de betrekkingen tussen het organisme en zijn milieu. In eerste instantie had deze het karakter van autecologie, dat wil zeggen dat de betrekkingen tussen de soort en het milieu centraal stonden. Möbius (1877) legde daarna de basis voor de synecologie, waarbij de betrekkingen tussen de levensgemeenschappen en hun milieu en de organismen onderling onderzocht worden.

Met het onderzoek van relaties en wisselwerking in de ecologie ontstond het concept ecosysteem (Tansley, 1935, 1938). Deze benadering bleek dermate vruchtbaar (zie (o.a. Odum, 1971) dat gesteld mag worden dat het succes van het concept ecosysteem een soortgelijke benadering bij het onderzoek van landschappen heeft gestimuleerd. Dat dit geen kwestie is van een simpele transplantatie van termen en methoden wordt duidelijk wanneer op het verschil tussen ecosysteem en landschappen wordt ingegaan (par. 2.4; Doing, 1974).

Het begrip ecosysteem en de daarmee samenhangende onderzoekingen hebben een aantal onderwerpen opgeleverd die in sterke mate het aanzien van de ecologie zijn gaan bepalen. Levensgemeenschappen worden bijvoorbeeld veelvuldig beschreven in termen van energie- en stoffenstromen, kringlopen, (primaire) produktie, organisatie

van levensgemeenschappen, voedselketens en dergelijke. Veel ecologische studies missen, zeker in vergelijking met de werkwijze van geografen, de ruimtelijke benadering. Zij geven vooral de niet direct zichtbare relaties en processen weer en bedienen zich daarbij van niet-ruimtelijke modellen. Deze modellen zijn merendeels abstract en berusten voor een belangrijk deel op hypothesen. Ellenberg (1973) stelt in dit verband dat er nog veel en tijdrovend onderzoek nodig is, voordat werkelijk van wetmatigheden mag worden gesproken. Hetzelfde geldt natuurlijk voor concepten die niet in de vorm van modellen worden gepresenteerd.

Per definitie behoort tot ecologisch onderzoek ook de studie van de relatie tussen het abiotisch milieu en de levende natuur. Veel ecologische studies blijven beperkt tot de primaire milieufactoren voor met name de plant, zoals temperatuur, licht, vocht, voedingsstoffen, mechanische factoren en eventueel zuurstof- en kooldioxidevoorziening. Voor het overige gaat de aandacht vooral uit naar biotische verschijnselen. Dit betekent dat het ecologisch onderzoek en het daar hecht mee verbonden ecosysteemconcept nog geen volwaardige inpassing heeft opgeleverd van abiotische aspecten (statische en dynamische) die in het landschap een rol kunnen spelen. Momenteel zijn ontwikkelingen in die richting bespeurbaar (bijv. Likens et al., 1977; Bormann & Likens, 1979).

Door de verschillen tussen de (fysische) geografie en de ecologie (als onderdeel van de biologie) in onderzoeksobject en -methoden, is een samenvoeging van de termen landschap en ecologie tot landschapsecologie geen louter formele kwestie. Voor een hanteerbare synthese van de achter deze termen verscholen onderzoeksrichtingen en -methoden zullen nog de nodige hindernissen genomen moeten worden.

Tenslotte vermelden wij een definitie van landschapsecologie die - zoals door Vink (1981) wordt gesteld - een semi-officiële status in Nederland heeft verkregen, namelijk de definitie van Van der Maarel & Dauvellier (1978): 'Landschapsecologie is de wetenschap van de betrekkingen tussen de aan het aardoppervlak op elkaar inwerkende biosfeer en noösfeer enerzijds en de abiotische sferen anderzijds'.

Een wat concretere omschrijving is die van de Werkgemeenschap Landschapsecologisch Onderzoek (WLO, 1979): 'Landschapsecologie is de wetenschap die op geïntegreerde wijze studie maakt van het relatiestelsel dat gevormd wordt door levende en niet-levende factoren in een aan zijn uiterlijke verschijning te onderscheiden deel van het aardoppervlak'.

2 Theoretische achtergronden

2.1 EEN FUNCTIONELE BENADERING VAN HET LANDSCHAP

De hoofddoelstelling van landschapsecologisch onderzoek is dat het op integratie gericht moet zijn. Hierbinnen zijn verschillende benaderingen mogelijk die bijvoorbeeld zijn terug te voeren op een verschil in levensbeschouwing (Bennett & Chorley, 1978). Deels in samenhang daarmee noemen deze auteurs een aantal (complexen van) vooronderstellingen of benaderingen die als basis voor theorievorming kunnen dienen. Eén van die benaderingen is de functionele. Daarbij wordt er van uitgegaan dat de werkelijkheid is op te vatten als de expressie van verschijnselen die zich kunnen herhalen en voorspelbaar zijn. Ook wordt aangenomen dat vorm en functie onderling verband vertonen.

De huidige ontwikkelingen in de landschapsecologie sluiten vooral bij deze functionele benadering aan (Weiss, 1977; Bouwer, 1980). Binnen een dergelijke aanpak zijn accentverschillen mogelijk. Deze houden bijvoorbeeld verband met de wijze waarop men de betekenis van het landschap voor de levende natuur of voor de mens als gebruiker laat prevaleren. Vink (1981) noemt in dit verband de fyto-, de zoö- en de antropocentrische benadering, waarbij de betekenis van het landschap voor respectievelijk de plantengemeenschappen, de dierengemeenschappen en de mens centraal staat. Bij de laatstgenoemde benadering vermeldt hij expliciet dat de mens als gebruiker van het landschap ook heeft te rekenen met de middellange en lange termijnen waarin het landschap de mens ten dienste kan staan. Tot de verantwoordelijkheden van de mens wordt daarom ook uitdrukkelijk de zorg voor andere organismen gerekend. Daardoor is de antropocentrische benadering geschikt voor zowel agrarisch of enig ander economisch landgebruik als voor natuurbehoud en -beheer.

Of er nu een zoö-, een fyto-, of een antropocentrische benadering wordt gekozen, in alle gevallen kan de functionele benadering gebruikt worden. Het bijvoeglijk naamwoord functioneel wordt hier gekoppeld aan de betekenissen rol of werking van het woord functie. Een functionele benadering van het landschap betekent dus dat aan alle verschijnselen en processen in het landschap een zekere rol kan worden toegeschreven in hun relatie met de overige verschijnselen en processen. Een voorbeeld kan dit verduidelijken: de bodem heeft onder andere een functie voor de plantengroei als houvast voor de wortels, voor de vocht- en voedingsstoffenvoorziening en als plaats voor kieming of overwintering. Omgekeerd heeft de plantengroei een functie voor de bodem bij bodemvormende processen (vorming van humeuze lagen, uitloging, opname van stoffen) en bij de bescherming van de bodem tegen erosie. Een landschapsecologisch onderzoek

houdt zich derhalve voor een groot deel bezig met de beschrijving van functies. Een dergelijke beschrijving is pas zinvol als het actieve element voldoende tot uitdrukking komt, met andere woorden als het landschap 'in werking' onderwerp van studie wordt.

De functionele benadering vraagt aandacht voor de materiële en structurele verschijnselen van het landschap, maar vooral voor de processen die de aard van de relaties tussen de diverse landschapscomponenten bepalen.

In theorie kan men bij het onderzoek van het landschap een momentopname maken van de actuele situatie. Hierdoor voert men een beperking in, omdat elk landschap een onderdeel is van een evolutieproces dat meer of minder snel verloopt. Dit benadrukt de noodzaak van inzicht in de ontstaansgeschiedenis, omdat daarmee de huidige situatie beter valt te begrijpen en toekomstige ontwikkelingen beter voorspelbaar worden. Iets dergelijks is in de Nederlandse kustduinen van toepassing op het ontstaan van de duinen in samenhang met de klimaat- en kustgeschiedenis, het verloop van de natuurlijke successie in de vegetatie en de rol van de mens tijdens het ontstaan (Bakker et al., 1979 a, b).

Er zijn meer argumenten om de genese van een landschap uitdrukkelijk in een landschapsecologisch onderzoek te betrekken, zelfs als dit onderzoek slechts het inzicht in de actuele situatie tot doel heeft. In veel gevallen zijn materiële en structurele aspecten van het actuele landschap namelijk veel gemakkelijker te bestuderen en te interpreteren bij een toereikende kennis van de ontstaanswijze. Dit geldt bijvoorbeeld voor de (oppervlakte)geologie, het reliëf en de bodem. In dit verband is een citaat van Goethe van toepassing (in: Maarleveld & De Lange, 1977): 'Man versteht nur Das, von dessen Entstehen man Begriff hat'.

Bij de studie van de ontstaansgeschiedenis van landschappen moet men zich vrijwel altijd behelpen met materialen en structuren uit het verleden die een indicatie van de processen ten tijde van het ontstaan geven. Ook bij meer recente processen bedient men zich eveneens vaak van de relatie tussen uiterlijk en proces. In dit verband spreekt men bijvoorbeeld van de indicatiewaarde van de vegetatie, waarbij de soortensamenstelling en structuur informatie bieden omtrent de actuele of subrecente ecologische relaties. Een dergelijke informatieve waarde is ook in het bodemprofiel en in het reliëf aanwezig, zij het dat deze een veel langere periode kunnen bestrijken. Door een verstandig gebruik van deze indicatiewaarde, die in de statische onderdelen van het landschap (materialen en structuren) voorkomt is men minder afhankelijk van de tijdrovende en langdurige processtudies. Deze laatste blijven echter zeker wenselijk ter verificatie.

Om meer dan één reden kan op de indicatiewaarde van structuren of materialen geen al te zware wissel worden getrokken. De informatie kan door vermenging van kenmerken uit verschillende perioden met verschillende omstandigheden (bijvoorbeeld in klimaat) dubbelzinnig zijn. Ook de interpretatie van kenmerken die niet door 'vermenging' zijn verstoord, kan soms moeilijkheden opleveren. De aanwezigheid van storingsvegetaties op een bepaalde plaats gaat niet altijd gepaard met een éénduidige diagnose van de achterliggende oorzaken.

2.2 ENKELE SYSTEEMTHEORETISCHE UITGANGSPUNTEN

2.2.1 Kenmerken van een systeembenadering

Uit het voorgaande blijkt dat landschapsecologisch onderzoek vooral voor de taak staat om sterk uiteenlopende natuurwetenschappelijke gegevens te integreren. Extra aandacht dient daarbij uit te gaan naar de relaties tussen de componenten en de processen die hierbij betrokken zijn. Een van de belangrijkste taken is het zoeken naar gemeenschappelijke noemers waaronder sterk uiteenlopende verschijnselen kunnen vallen. De ontwikkeling van de systeemleer (eventueel systeemtheorie of -analyse) op dit terrein houdt beloften in. Hierbij staat het concept systeem centraal. Chorley & Kennedy (1971) (zie ook: Lockwood, 1979 en Vink, 1980) definiëren een systeem als: 'een gestructureerd stelsel van objecten of attributen. Deze objecten of attributen bestaan uit componenten of variabelen (d.w.z. verschijnselen die variabele grootheden aan kunnen nemen) die onderkenbare verbanden met elkaar vertonen en die tezamen werken als een complex geheel, volgens een waargenomen patroon'. Volgens Davidson (1978) is een systeem min of meer van de omgeving gescheiden (zie ook: Bennett & Chorley, 1978).

De systeemleer heeft getracht een logisch begrippenpakket te ontwikkelen, waarmee de beschrijving van systemen met een zeer verschillend karakter (variërend van een televisietoestel tot een ecosysteem) in kwalitatieve en kwantitatieve zin mogelijk wordt gemaakt. Een dergelijke aanpak ontleent zijn waarde aan een algemene inzetbaarheid op allerlei vakgebieden en biedt in beginsel goede toepassingsmogelijkheden aan interdisciplinair onderzoek (Ferrari, 1978; Hanken & De Reuver, 1976). Systeembegrippen zijn algemeen inzetbaar door de grote mate van abstractie. De werkelijkheid wordt gereduceerd tot een beperkt aantal logische begrippen die zoveel mogelijk een mathematische bewerking toestaan. De grote mate van abstractie toont eveneens de zwakte van de systeembenadering, omdat de noodzaak blijft bestaan de toelichting en detaillering bij de beschrijving van systemen in vakgebonden en traditionele termen te formuleren.

Systemen kunnen behoren tot de concrete, reële of de ideële, abstracte wereld (Hanken & De Reuver, 1976). Bij onderzoek van de natuur is vooral de eerstgenoemde categorie belangrijk. Men kan zich richten op zeer kleine, relatief eenvoudige systemen, zoals moleculen of zeer grote en complexe systemen, zoals de biosfeer. In deze context is het landschap op te vatten als een uiterst complex systeem, waarbinnen een aantal redelijk goed af te grenzen kleinere eenheden zijn te onderscheiden (bijv. vegetatie, bodem en grondwater), die op zichzelf ook min of meer complexe systemen vormen. Dit illustreert het verschijnsel dat bijna alle systemen subsystemen van een groter systeem zijn. Op hun beurt kunnen subsystemen weer kleinere systemen omvatten. Essentieel is dat systemen andere en extra eigenschappen vertonen dan de samenstellende onderdelen. Als voorbeeld geldt de reeks organisme-orgaan-cel of de reeks molecuul-atoom-subatomair deeltje. Dit verschijnsel wordt wel aangeduid met de term

'Gestalt' (Chorley & Kennedy, 1971). Een min of meer equivalente constatering - die vaak als het adagium van de ecologie wordt gehanteerd - is dat 'het geheel meer is dan de som der delen'.

Het beschrijven van systemen is een zaak van woord en beeld. Een belangrijke besparing op woorden wordt verkregen door het gebruik van modellen. Een model van een systeem is een vereenvoudigde afbeelding van het onderzoekobject, waarbij symbolen de componenten en relaties in een systeem weergeven. Al naar gelang de kennis van het systeem en het doel dat men nastreeft, kan het model uiterst globaal dan wel sterk gedetailleerd zijn. Modellen van ecosystemen blijken vaak meer op veronderstellingen te berusten dan op een diepgaande kennis van het onderzoekobject. Men werkt in veel gevallen met hypothetische modellen die niet als beschrijvende of verklarende of voorspellende modellen mogen worden gehanteerd. Modellen van ecosystemen kunnen slechts door moeizame en tijdrovende studies van kleine onderdelen van het model worden verbeterd van hypothetische naar beschrijvende of verklarende modellen (o.a. Van Keulen, 1976; Rigler, 1975; Ellenberg, 1973). Dat dit bij de studie van ecosystemen of landschappen in veel gevallen slechts gedeeltelijk mogelijk is, is inherent aan het studieobject. Landschappen hebben immers nogal onhandelbare eigenschappen, omdat zowel de omvang van de verschijnselen als de snelheid van vele natuurlijke processen aanzienlijk afwijken van wat voor de verificatie van hypothesen gewenst zou zijn. Te zamen met de enorme complexiteit van landschappen maakt dit dat toetsing van hypothesen (inclusief hypothetische modellen) maar in zeer beperkte mate mogelijk is, waardoor veel redeneringen een hypothetisch karakter hebben. De paragrafen 2.4 en 2.5 en de daarin gepresenteerde modellen vertonen deze manco's. De daarin verwerkte vooronderstellingen zijn bij het huidige niveau van kennis bruikbare werkhypothesen gebleken (Bakker et al., 1979b; hoofdstuk 3, 4 en 5).

2.2.2 Enkele systeembegrippen met toepassingsmogelijkheden in landschapsecologisch onderzoek

Systeembegrippen hebben op velerlei gebied ingang gevonden. Dit blijkt ook bij disciplines die een onderdeel van het landschap of de daarvoor belangrijk geachte omgeving (atmosfeer of lithosfeer) als studieobject hebben (o.a. Bennett & Chorley, 1978; Chorley & Kennedy, 1971; Davidson, 1978; Lockwood, 1979; Arnold & De Wit, 1976). Een aantal begrippen die in dit verband relevant zijn, wordt hier behandeld.

Een eerste en fundamentele benadering van systemen is de studie van de wijze waarop de systemen een relatie met de omgeving onderhouden. Daartoe worden drie categorieën van uitwisseling met de omgeving beoordeeld: uitwisseling van energie, van stoffen en van informatie. Wij beperken ons om praktische redenen nagenoeg tot beide eerstgenoemde categorieën. Vindt er op geen van de punten uitwisseling met de omgeving plaats, dan spreekt men van geïsoleerde systemen. Deze zijn feitelijk slechts in theorie of onder laboratoriumcondities denkbaar. Gesloten systemen wisselen uitsluitend energie en informatie uit, geen stoffen. De aarde met de bijbehorende atmosfeer

is bijna een gesloten systeem. Open systemen wisselen stoffen, energie en informatie uit. Op aarde behoren veel systemen tot deze categorie. Levende systemen zijn per definitie open systemen, evenals ecosystemen. Gezien het landschapsecologische uitgangspunt heeft de hiervolgende systeembenadering vooral betrekking op open systemen.

De invoer ('input') is de invoer van informatie, energie of stoffen in het systeem vanuit de omgeving. De omgeving dient daarbij als bron of 'source'. De uitvoer ('output') is de uitvoer van informatie, energie of stoffen vanuit het systeem naar de omgeving. In dat geval treedt de omgeving op als put ('sink'). De doorvoer ('throughput') is de doorvoer van informatie, energie of stoffen door het systeem. Voor het inzicht in het gedrag van open systemen bij de uitwisseling van energie of stoffen met de omgeving is het nodig het begrip 'open' te nuanceren. Bij de meeste open systemen geschiedt de uitwisseling van energie of stoffen slechts onder bepaalde voorwaarden. Deze voorwaarden houden verband met de beperkingen die systemen kennen ten aanzien van de input of output van energie of stoffen uit en naar hun omgeving. Men kan in dit verband van selectoren spreken (Van Leeuwen, 1979) die - gemakshalve gedacht aan de buitengrens van een systeem - mede beslissend zijn voor de invoer of uitvoer van bijvoorbeeld energie of stoffen van een bepaalde kwaliteit of in een bepaalde kwantiteit. Een voorbeeld van kwalitatieve selectie is een membraan of een filter. Een kwantitatieve selectie treedt op door 'drempels' of 'plafonds' in de door te laten hoeveelheden.

Van Leeuwen (1979) onderscheidt vier hoofdfuncties: - bezien vanuit het systeem -: de resistentie (het niet-toelaten), de voeding (het toelaten, dat wil zeggen er is invoer) de retentie (het vasthouden in het systeem ofwel het niet of verminderd uitlaten hetgeen resulteren kan in opslag) en de lozing (uitvoer).

Bij de beschrijving van invoer, doorvoer en uitvoer zijn de eigenschappen van de omgeving als bron van informatie, energie en stoffen van belang. In theorie kunnen deze hoedanigheden (stoffelijke samenstelling, energie-aanbod etcetera) onveranderlijk zijn, in de natuur zijn zij dat zelden of nooit. Men spreekt dan van omgevingsvariabelen. Bij een beschrijving daarvan is het noodzakelijk om de mate van veranderlijkheid aan te geven. Bezien vanuit het te bestuderen systeem wordt de totale veranderlijkheid van de (relevante) omgeving van een systeem externe of omgevingsdynamiek genoemd. Bij levende systemen spreekt men van milieudynamiek (o.a. Westhoff et al., 1970; Van Leeuwen, 1979; Van der Maarel & Dauvellier, 1978).

De informatie, energie of stoffen die na het passeren van de grenzen van het systeem in het systeem doordringen kunnen alvorens het systeem weer te verlaten een aantal wijzigingen ondergaan. Bennett & Chorley (1978) noemen in deze context een aantal processen als opslag (berging of retentie), vertraging, afzwakking of versterking van temporele variaties (bijv. schommelingen), samenvoeging en splitsing of omzetting. Stoffen kunnen bijvoorbeeld omgezet worden in energie en omgekeerd. Voorbeelden in de (levende) natuur zijn verbranding en fotosynthese. Het onderscheid in stoffen- en energiestromen is dus tot op zekere hoogte kunstmatig. Tengevolge van de hierboven genoemde 'bewerkingen' zullen in een systeem de invoer- en uitvoerkarakte-

ristieken duidelijk verschillen. Onder 'bewerkingen' worden hier alle veranderingen verstaan die informatie-, energie- en stoffenstromen ondergaan tijdens en tengevolge van het passeren van het systeem.

Naast de variabelen van omgeving, invoer en uitvoer zijn er specifiek tot het systeem behorende variabelen. Er zijn selectoren werkzaam die - gedacht aan de grenzen van het systeem - een rol spelen bij het doorlaten van bepaalde vormen of hoeveelheden informatie, energie of stoffen uit de omgeving naar het systeem of uit het systeem naar de omgeving. Hoewel de selectoren in theorie star en onafhankelijk van externe en interne invloeden kunnen zijn, varieert hun werking in de natuur onder invloed van de overige factoren. Het zijn dus ook variabelen die, gezien hun beslissende rol bij uitwisselingsprocessen tussen systeem en omgeving, beslissingsvariabelen (decision variables) genoemd worden. Deze bepalen mede de aard en omvang van de invoer en uitvoer van een systeem.
De toestand van het systeem zelf kan veranderen tengevolge van allerlei externe invloeden en de bewerkingen die in het inwendige optreden. Zo kan de toestand van een systeem door opslag van stoffen duidelijk wijziging ondergaan, waardoor een aantal eigenschappen van het systeem in de tijd varieert. Deze kan men aanduiden als toestandsvariabelen.

Gerekend in de transportrichting, is dus onderscheid te maken in omgevingsvariabelen, beslissingsvariabelen voor de invoer, invoervariabelen (bepaald door omgevings-en beslissingsvariabelen), toestandsvariabelen binnen het systeem, beslissingsvariabelen voor de uitvoer en uitvoervariabelen (fig. 1). De toestandsvariabelen van het systeem zijn niet alleen afhankelijk van de overige variabelen, maar ook van de tijd na het optreden van de input of een verandering in de input of output. Dit wordt veroorzaakt door inwendige systeemkenmerken, zoals de capaciteit tot opslag van stoffen of energie. Na een zekere tijd zal zich in het inwendige een (dynamisch) evenwicht hebben ingesteld (par. 2.2.3).

De eerder gegeven eenvoudige voorstelling van een ongestructureerd open systeem met invoer, uitvoer en doorvoer en de daarbij te onderscheiden variabelen kan worden uitgebreid. Dit kan door het inwendige van het systeem te beschouwen als opgebouwd uit diverse subsystemen. In systeemtermen gaat men dan over van een 'black-box'- naar een 'grey'- of 'white-box'-benadering, aanduidingen die de toenemende mate van inzicht in het inwendige functioneren van het systeem symboliseren. De rol van de diverse subsystemen en hun onderlinge relaties wordt dan nader bestudeerd. Voor elk subsysteem kunnen dan wederom de invoer-, uitvoer- en doorvoerverschijnselen bij de energie- en stoffenstromingen worden beschreven.

Voor het totale systeem is niet zozeer de algebraïsche som van de individuele eigenschappen der subsystemen van belang, maar vooral hun gezamenlijk optreden in dat specifieke relatiestelsel. Hierbij is het essentieel hoe de diverse elementen zijn geschakeld ten opzichte van de energie- en stoffenstromen. Een voorbeeld uit de techniek kan dit verduidelijken: parallel geschakelde galvanische elementen geven een

Figuur 1. Model van een open systeem met de diverse variabelen.

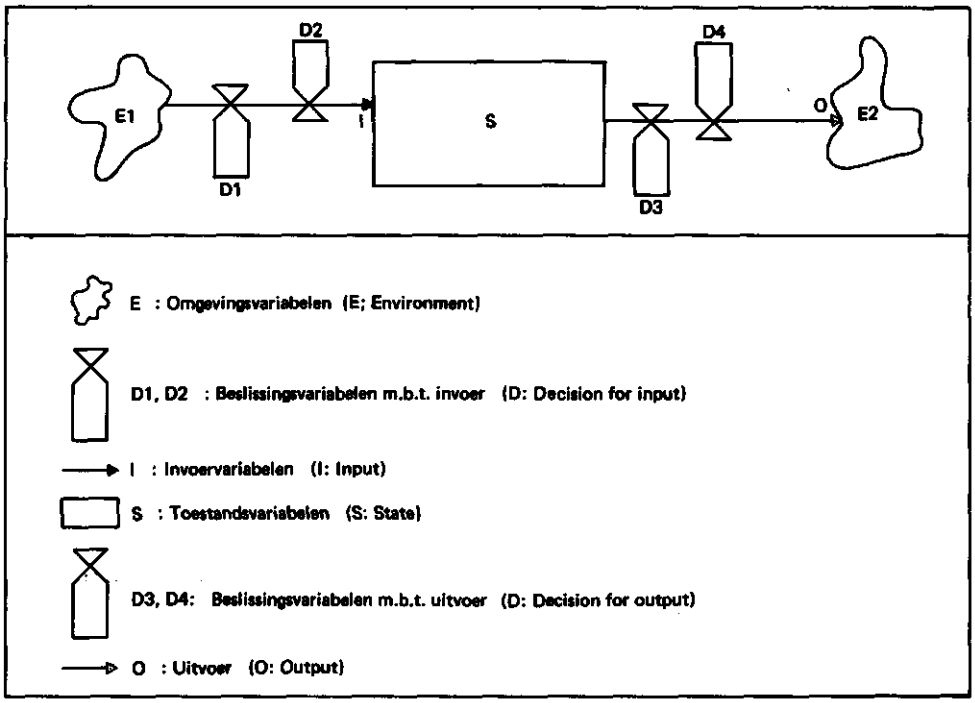


Figure 1. Model of an 'open system' with variables.

andere uitvoer dan in serie geschakelde galvanische elementen (accu). Dit geeft aan dat systemen met dezelfde subsystemen kunnen verschillen door verschillen in functionele relaties die deze subsystemen onderhouden. Vaak geeft hun ruimtelijke configuratie al een aanduiding van dergelijke relaties.

Serieschakelingen ('cascade systemen') komen in de natuur veelvuldig voor. Voorbeelden hiervan zijn: de weg die de straling van de zon aflegt bij het passeren van de diverse lagen in de atmosfeer en de vegetatie; de stoffen- en energiestroom in voedselketens van levensgemeenschappen (par. 2.3.2); de weg die de neerslag aflegt door subsystemen zoals diverse vegetatielagen en de bodem alvorens het grondwater te bereiken. Van groot belang voor de rangordeverschijnselen (par. 2.5) is dat de uitvoer van het ene (sub)systeem deels of geheel de invoer van één of meer volgende (sub)systemen vormt. Dit heeft een aantal consequenties:

- de uitvoervariabelen van een systeem verschillen sterker van de invoervariabelen, naarmate zij bij het passeren van subsystemen meer 'bewerkingen' hebben ondergaan;
- de toestandsvariabelen van een subsysteem zijn afhankelijk van de 'bewerkingen' in één of meer voorgaande subsystemen;
- indien subsystemen kwetsbaar zijn voor te veel of te weinig aanvoer van bepaalde

stoffen of vormen van energie, kunnen zij voor hun behoud afhankelijk zijn van de aanwezigheid van andere subsystemen met bepaalde eigenschappen.

2.2.3 De 'steady state'

In de natuur kan men een aantal vormen van evenwicht onderscheiden, zoals statisch, dynamisch en thermo-dynamisch evenwicht en de 'steady state'. Verder is een specificatie te geven met behulp van de termen stabiel, meta-stabiel of instabiel (Chorley & Kennedy, 1971). Wij beperken ons hier tot de 'steady state', omdat die vorm van evenwicht wordt aangetroffen bij open systemen. 'Steady state' geeft aan dat de toestandsvariabelen van het systeem betrekkelijk geringe variatie in de tijd vertonen en feitelijk rond een gemiddelde waarde schommelen, ook als stoffen en energie (en informatie) doorstromen en zelfs als de omgevingsvariabelen aanzienlijk veranderen.

De 'steady state' vertegenwoordigt een bijzondere vorm van een dynamisch evenwicht. Een 'steady state' is mogelijk indien voldaan wordt aan een van de volgende voorwaarden:

- De omgevingsvariabelen zijn constant. Het systeem heeft voldoende tijd gehad om zich op de doorstroming van stoffen, energie en/of stoffen in te stellen. Dit geldt bijvoorbeeld voor het bereiken van een bepaalde hoeveelheid opslag binnen het systeem.
- Het systeem bezit in vergelijking met de relevante omgeving en de variatie in invoer en uitvoer een zeer groot reservoir (buffervoorraad), waardoor externe variaties tot op bepaalde hoogte door de intrinsieke eigenschappen van het systeem kunnen worden opgevangen, zonder dat dit opvallende veranderingen tot gevolg heeft. Een voorbeeld is de grote reservoirfunctie van de oceanen in vergelijking met de schommelingen in de aanvoer en afvoer van water door respectievelijk neerslag en rivieren en de verdamping;
- Er zijn mechanismen aan het systeem verbonden die effectief optreden ten aanzien van de externe dynamiek (bijv. door het weren van stoffen of door het dempen van schommelingen) met het specifieke doel de interne dynamiek sterk te reduceren en een toestand te creëren waarbij de toestandsvariabelen weinig verandering vertonen. Het is duidelijk dat dergelijke mechanismen verbonden moeten zijn aan een bijzondere vorm van systeemgebonden beslissingsvariabelen, die een adequate reactie vertonen om externe dynamiek zoveel mogelijk ongedaan te maken. Dergelijke mechanismen berusten op het principe van de tegenkoppeling. Hierop wordt in par. 2.2.4 verder ingegaan in relatie met cybernetische systemen.

2.2.4 Cybernetische systemen

Vrijwel alle systemen beschikken over beslissingsvariabelen, die de doorvoer van stoffen en/of energie beïnvloeden. Bij de niet-levende natuur doen deze variabelen dit min of meer lijdelijk en zonder herkenbaar doel. Het dichtslaan van de bodem bij

de invoer van regenwater is hier een voorbeeld van. Bij gestuurde of cybernetische systemen, zoals die in de levende natuur en in de techniek worden aangetroffen hebben de variabelen een herkenbaar doel (Bok, 1958). Aangezien de levende natuur en de techniek (in cultuurlandschappen) een wezenlijk deel van landschappen vormen, wordt verder op dergelijke systemen ingegaan.

Gestuurde systemen zijn systemen met bijzondere mechanismen, waarvan de werking het (zelf)behoud, of de stabiliteit ten dienste staat (zelfregulatie), ofwel een bepaalde uitvoerkarakteristiek (bijv. een maximale of een constante uitvoer) dan wel een combinatie van beide tot gevolg heeft. Deze doeleinden zijn duidelijk herkenbaar in de levende natuur, waar het streven naar zelfbehoud (homeostasis) van individu en soort voorop staat, en in systemen, die door de mens zijn ontworpen of sterk beïnvloed en waarin dergelijke mechanismen bewust zijn ingebouwd. Deze mechanismen berusten op het principe van de terugkoppeling ('feedback'). De terugkoppeling behoort tot een zogenaamd kringproces, waarbij een externe verandering na beïnvloeding van een toestandsvariabele in het systeem een reactie oproept door wijzigingen in beslissingsvariabelen. Dit leidt òf tot versterking van het effect van de oorspronkelijke verandering en heet dan meekoppeling ('positive feedback') òf tot het tegenovergestelde en heet dan tegenkoppeling ('negative feedback'). Bij tegenkoppeling vertoont een systeem bij veranderingen in het aanbod van energie of stoffen uit de omgeving een reactie die gericht is op het bewaren van een gewenst of vereist evenwicht. Voorbeelden uit de techniek en de levende natuur zijn thermostatische regulatiemechanismen, die het handhaven van een bepaalde kamer- of lichaamstemperatuur nastreven.

De werking van een dergelijk mechanisme veronderstelt de aanwezigheid van een norm of streefwaarde, een instrument om afwijkingen daarvan of situaties die daartoe zouden kunnen leiden waar te nemen en een mechanisme dat het tegenkoppelingsproces uitvoert. Voor een voldoende effect is een voldoende groot corrigerend vermogen vereist en de reactietijd moet aangepast zijn aan de snelheid waarmee de veranderingen zich voltrekken.

Het succes van (zelf)regulatie in de praktijk hangt dus af van de mate waarin het tegenkoppelingsmechanisme is berekend op de externe invloeden. In de levende natuur en de techniek is dit in veel gevallen het resultaat van 'trial and error'. (Ten aanzien van de levende natuur wordt daarop verder ingegaan in par. 2.2.5). Elk regulatiemechanisme bezit slechts een beperkt traject van werkzaamheid, waarbinnen het evenwicht kan worden bewaard. Bij het overschrijden van dit traject aan de minimum- of maximum zijde gaat het (zelf)regulerend vermogen verloren. Bij het eerder gegeven voorbeeld van thermostatische regulatie in techniek en levende natuur is dit duidelijk (Bok, 1958).

Het is belangrijk in hoeverre externe invloeden voor een bepaald systeem zodanig vertrouwd (systeembekend) zijn, dat het systeem deugdelijke, aangepaste middelen bezit om deze invloeden te ondergaan. Systeemvreemde invloeden zijn stoffen, vormen van energie of schommelingen in het aanbod die niet voldoende door de regulatiemechanismen worden opgevangen (vgl. Zielhuis & Biersteker, 1975). Giftige stoffen, in te

grote doses, een te hoge of te lage temperatuur of straling of te grote schommelingen daarin zijn voor organismen vaak systeemvreemde invloeden.

Binnen de categorie gestuurde systemen is onderscheid te maken in natuurlijke, levende systemen met zelfregulatie, in kunstmatige systemen die door de mens met regulatiemechanismen zijn uitgerust (geautomatiseerde apparatuur), en in urbane of rurale systemen die tot op zekere hoogte door de mens van buitenaf gestuurd worden. Bij het laatste proces zorgt de mens voor de waarneming en het tegenkoppelingsproces. Dit is bijvoorbeeld het geval in de landbouw, waar de mens een (extra) regulatie van abiotische variabelen toepast door de invoer- of uitvoervariabelen te beïnvloeden (beregening, infiltratie, bemesting of ontwatering). Ook bij natuurbeheer gebruikt men dergelijke technieken, zij het vanuit een vaak geheel andere doelstelling. Bij de landbouw is men vooral geïnteresseerd in de uitvoer (produktie), bij het natuurbeheer in het bestendigen of verbeteren van de toestand van het systeem (hoofdstuk 5).

2.2.5 *Biotische systemen in het landschap*

In een landschap kunnen abiotische en biotische systemen worden onderscheiden (par. 2.4). Abiotisch zijn bijvoorbeeld de atmosfeer, hydrosfeer, lithosfeer en in mindere mate de pedosfeer. Deze schikken zich (zonder de inzet van zelfregulatiemechanismen) naar vaste fysisch-chemische wetmatigheden die in veel gevallen zijn te herleiden tot de eerste en tweede hoofdwet der Thermodynamica (Davidson, 1978). Als er sprake is van een evenwichtstoestand, dan is dit het gevolg van een nagenoeg constante invoer en uitvoer van energie en stoffen of een bepaalde drempelwaarde wordt niet overschreden. Dit laatste geldt ook voor statische evenwichten. Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Een rivier kan in dynamisch evenwicht verkeren bij een constante aanvoer en afvoer van water en/of sediment. Een steen in diezelfde rivier kan in statisch evenwicht verkeren indien de stroomsnelheid de drempelwaarde, de schuifspanning voor het optreden van verschuiving of het moment voor verrolling, niet overschrijdt.

Bij de meeste abiotische verschijnselen zijn de processen - gegeven de vereiste condities - omkeerbaar. De abiotische processen nabij het aardoppervlak worden in eerste instantie beïnvloed door de zonnestraling als belangrijkste invoer van energie, en de zwaartekracht, uitgeoefend door de aarde en door de maan en de zon. Het samenspel tussen deze vindt zijn beslag in alle belangrijke exogene processen aan het aardoppervlak, zoals de werking van ijs, wind, rivieren en zeeën. In het inwendige van de aarde zijn krachten werkzaam die zich aan het aardoppervlak manifesteren als endogene krachten.

In meer dan één opzicht wijkt de levende natuur af van hetgeen op grond van de klassieke thermodynamica voor de hand zou liggen. Dit uit zich onder andere in de produktie en handhaving van complexe organische verbindingen, die sterk afwijken van de meest waarschijnlijke thermodynamische toestand (zie o.a. Bok, 1958; Prigogine, 1973; Waterman, 1968). Deze vermogens, gekoppeld aan het bezit van een zelfregulatiemechanisme, zijn in de loop van de evolutie in soms zeer verfijnde vormen ontwikkeld.

Dit laatste houdt tegelijkertijd een ander opvallend verschil tussen levende en niet-levende natuur in aangezien de evolutieprocessen naar alle waarschijnlijkheid irreversibel zijn en daarom niet met de fysisch-chemische vergelijkbaar zijn. De natuur heeft een hoge graad van organisatie bereikt door het ontstaan, het behoud c.q. reproduktie en de verbetering van zelfregulatiemechanismen. Dit laatste geldt voor vrijwel alle organisatieniveaus van de levende natuur, variërend van cel tot levensgemeenschap. In deze context is het nuttig dergelijke vermogens nader te bezien op het niveau van het individu, de soort en de levensgemeenschap. Deze organisatieniveaus zijn relevant voor ecosystemen en landschappen. De eigenschappen van levensgemeenschappen - als onderdeel van ecosysteem of landschap - zijn namelijk voor een groot deel terug te voeren op de individuele eigenschappen van planten of dieren, deels ook op eigenschappen die verbonden zijn aan het niveau van de soort (eventueel populatie) en deels ook op de eigenschappen van de levensgemeenschap als geheel.

Het individuele, soortgebonden vermogen van een plant om de verdamping te regelen met behulp van huidmondjes of het vermogen om biomassa te produceren via fotosynthese is voor een concreet deel van de vegetatie om te rekenen in een collectieve prestatie. Er zijn ook mechanismen die uitdrukkelijk tot het organisatieniveau van populatie of levensgemeenschap behoren, zoals bijvoorbeeld de aantalsregulatie door populaties zelf of de regulatie van prooidieren door predatoren.

Kenmerkend voor de levende natuur, in het bijzonder op het niveau van het individu of de soort, is het streven naar zelfbehoud ten overstaan van de risico's die de omgeving met zich meebrengt. De levende natuur beschikt daarbij over een groot aantal 'strategieën' die het voortbestaan van het individu of de soort moeten waarborgen. Deze strategieën zijn het resultaat van een langdurige ontwikkeling die zeer specifieke (soortgebonden) en op het bijbehorende milieu toegespitste mechanismen heeft opgeleverd. Daarbij lijkt als uiteindelijk doel het behoud van de soort belangrijker dan het behoud van het individu. Er zijn in dit verband interessante verschillen herkenbaar, al naar gelang het milieu risico's voor het individu inhoudt. In dit verband wordt wel gesproken van 'opportunistische strategieën' (Colinvaux, 1973), een term die aangeeft dat de meest effectieve oplossing wordt gekozen. Relatief stabiele milieus, waar de individuele overlevingskansen redelijk gewaarborgd zijn, blijken bijvoorbeeld een groot aantal meerjarige planten te herbergen, die voldoende uitgerust zijn om de aan dit milieu gebonden veranderingen zonder schade te ondergaan. Anderzijds vertonen zeer instabiele milieus een groot aandeel eenjarige plantesoorten, die hun overlevingsstrategie hebben gebaseerd op een snelle en effectieve reproduktie. Daarmee wordt het individuele behoud ondergeschikt gemaakt aan het behoud van de soort.

In alle gevallen van aanpassing is er sprake van doelgerichte mechanismen. Aangezien elk mechanisme slechts een beperkt traject van werkzaamheid bezit, zijn de aanpassingen min of meer milieugebonden. In andere omstandigheden is hun werking minder effectief, nutteloos of zelfs een handicap. Een aan grote droogte aangepaste plant (succulent) is door bouw en fysiologische eigenschappen niet tegelijkertijd

optimaal uitgerust voor een donkere, vochtige omgeving. In principe is op die wijze aan elk organisme een min of meer genetisch bepaald traject toe te kennen tussen het 'minimaal vereiste en maximaal toelaatbare' met betrekking tot een bepaalde milieufactor of een groep van sterk samenhangende milieufactoren. Aangezien er meer dan één milieufactor in het geding is, gaat het om een meerdimensionaal stelsel van trajecten, waarbinnen een soort kan gedijen. Dit stelsel van trajecten vertegenwoordigt in abstracte zin de ecologische bestaansmogelijkheid van een soort. In dit verband wordt wel gesproken van de fundamentele niche van een soort (Hutchinson, 1958; Pianka, 1976). Dit concept geeft aan welke ecologische spreiding een soort heeft, wanneer er geen concurrentie van andere soorten in het geding is. In werkelijkheid wordt de fundamentele niche niet volledig of zelfs maar voor een klein gedeelte door de betreffende soort bezet, omdat de nichebreedte wordt verkleind door concurrerende soorten, die in bepaalde delen van de fundamentele niche beter uitgerust zijn. Dit proces wordt aangeduid met de term nicheversmalling. De werkelijk bezette niche wordt aangeduid als gerealiseerde niche (Hutchinson, 1958; Pianka, 1976).

Op het begrip niche wordt wat verder ingegaan, omdat het inzicht geeft in de verschijnselen aanpassing en specialisatie. Soorten die door hun specifieke aanpassing sterk gespecialiseerd zijn, bezitten in de regel een smalle fundamentele niche en komen in de meer stabiele milieus voor, waar althans plaatselijk aan die voorwaarden wordt voldaan. Soorten die aan sterk verandelijke (dynamische) milieus zijn aangepast zijn 'generalisten' (Pielou, 1975). Door hun vermogen milieuveranderingen te doorstaan, zijn zij minder gericht op een specifiek milieu. Zij komen hierdoor zwak te staan zodra er concurrentie optreedt, bijvoorbeeld wanneer het milieu stabieler wordt. Een aantal van de genoemde verschijnselen, zoals specialisatie en nichebreedte wordt, in relatie met een aantal duidelijk verschillende milieutypen op aarde, gegeven in figuur 2. De milieus die hiervoor besproken zijn bevinden zich binnen een macrotraject, waar het bestaan van leven in principe mogelijk is. Er zijn grote gebieden op aarde waar één of meer milieufactoren echter zodanig extreem zijn dat blijvend leven onmogelijk is. In contrast daarmee staat het tropisch regenwoud, waar zich onder relatief risicoloze milieucondities hoog ontwikkelde levensgemeenschappen hebben kunnen vormen. Dit betekent tevens dat in arctische of woestijngebieden het plantaardig of dierlijk leven nauwelijks een rol speelt in de stoffen- en energiestromen en daarbij dus ook niet regulerend kan werken, terwijl dat in minder extreme gebieden wel het geval kan zijn. In de extreme gebieden overheersen fysische en chemische processen en bijbehorende wetmatigheden. De minder extreme gebieden bestaan uit landschappen waarin de biotische componenten door hun regulatiemechanismen voor de levensgemeenschap zèlf maar ook voor de nauw daarmee verbonden abiotische componenten regulerend of stabiliserend kunnen werken.

Het regulerend of stabiliserend vermogen van levensgemeenschappen is evenwel alleen tot ontwikkeling gekomen binnen relatief geschikte milieus door de geringe veranderlijkheid tijdens het ontstaan. De hoog ontwikkelde organisatie van bijvoorbeeld een tropisch regenwoud is dus eerder als het gevolg van stabiliteit op te vat-

Figuur 2. Het verloop van een aantal ecologische parameters over een milieugradiënt van gunstige levensomstandigheden, zoals in een regenwoud, naar marginale levensomstandigheden, zoals een toendra (naar Clapham, 1978).

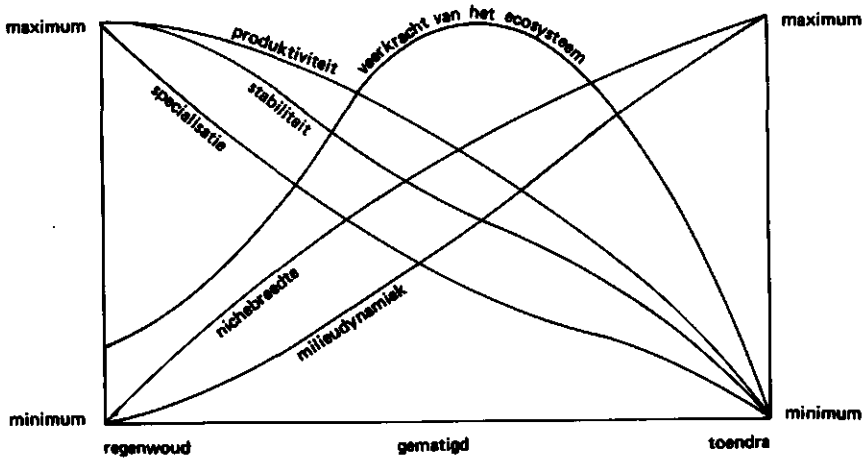


Figure 2. Variation in several parameters of ecosystems over an environmental gradient from favourable conditions for life such as a rain forest towards a harsh environment such as a tundra (from Clapham, 1973). (Veerkracht van het ecosysteem = resiliency of ecosystem; nichebreedte = breadth of niche; milieudynamiek = fluctuation of environment; regenwoud = rain forest; gematigd = temperate.)

ten dan als de oorzaak daarvan. Hoewel dat laatste verschijnsel bestaat, bijvoorbeeld door demping van de externe milieudynamiek, mag het zeker niet overschat worden. Als externe invloeden het regulerend vermogen overbelasten, kan een dergelijke gemeenschap aan een spectaculair verval onderhevig geraken. Een levensgemeenschap die beter is aangepast aan milieuveranderlijkheid, zal zich sneller herstellen van een forse storing dan een gemeenschap waarvoor deze storing systeemvreemd is.

Bij het regulatievermogen of de stabiliteit ten opzichte van externe invloeden wordt onderscheid gemaakt in 'veerkracht' en 'weerstand' (Holling, 1973; Clapham, 1973). Veerkracht ('resilience') is het vermogen van levensgemeenschappen om na een ernstige verstoring (incl. sterfte van planten en dieren) tot herstel van de oorspronkelijke toestand te komen. Het blijkt dat gemeenschappen uit de wat instabielere milieus over meer veerkracht beschikken. Dit houdt, zonder op details in te willen gaan, vooral verband met de van nature aanwezige reproduktiesnelheid en -effectiviteit van de soorten.

Weerstand ('resistance') is het vermogen om aan milieuveranderingen of ziekten en plagen het hoofd te bieden door de ingebouwde afweer- en regulatiemechanismen van de gemeenschap, zonder dat er van massale vlucht en/of reproduktie sprake is. Deze strategie is het best ontwikkeld bij hoog ontwikkelde levensgemeenschappen, zoals het tropisch regenwoud. De genoemde strategieverschillen staan afgebeeld in figuur 2. Tot op zekere hoogte is ten aanzien van voorgaande beschouwingen over milieudynamiek, nichebreedte, specialisatie, stabiliteit en veerkracht in algemene zin een parallel

Figuur 3. In het landschap werkzame werkingssferen (naar Van der Maarel & Dauvellier, 1978).

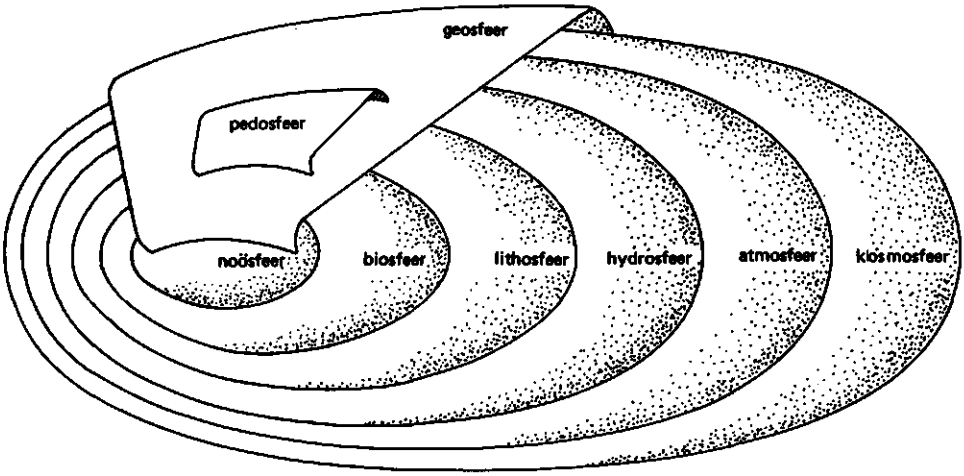


Figure 3. 'Spheres' operating in landscapes (after van der Maarel & Dauvellier, 1978).

te trekken met de verschillen in strand- en duinmilieus in Nederland. De meest dynamische milieus, het strand en de zeereep, onderscheiden zich van de minst veranderlijke, zoals goed ontwikkelde bossen aan de binnenduinrand. De verschillen in soortensamenstelling, nichebreedte en specialisatiegraad, populatieschommelingen of het vermogen tot herstel na een fatale storing (veerkracht) manifesteren zich op de korte afstand tussen zeereep en binnenduinrand duidelijk (o.a. Westhoff et al., 1970).

2.3 ECOSYSTEMEN

2.3.1 Inleiding

Met de behandeling van systeembegrippen en enkele van de toepassingsmogelijkheden is een eerste stap gezet in de richting van de toepassing bij geïntegreerd landschapsecologisch onderzoek. Voordat de systeemtheoretische beginselen operationeel gemaakt kunnen worden bij de beschrijving van het complexe systeem van abiotische en biotische componenten dat door het landschap wordt gevormd, wordt eerst het concept ecosysteem verder uitgewerkt. Daarvoor geldt een aantal argumenten:

- Het begrip ecosysteem sluit, niet alleen in theoretisch opzicht, maar ook vanwege de inmiddels ontwikkelde onderzoeksmethoden en -resultaten, goed aan bij de eerder besproken systeembenadering.
- De meeste landschapsecologische onderzoekingen stellen, al dan niet expliciet, de betekenis van het landschap voor planten, dieren en/of mensen centraal. Het concept ecosysteem kan in dit opzicht een brugfunctie vervullen omdat het:

a. Ruimte biedt voor het onderscheid in natuurlijke en cultuurlijke ecosystemen.
b. Een vereenvoudigde en beperkte benadering inhoudt van de gecompliceerde interne en externe betrekkingen van een levensgemeenschap. De externe betrekkingen zijn veelal beperkt tot de direct relevante omgeving, zoals bijvoorbeeld gesymboliseerd door de primaire milieufactoren voor de plant. Indirecte abiotische relaties met consequenties voor de levende natuur worden meestal (nog) niet in de beschouwing betrokken.

Na de introductie van de term ecosysteem door Tansley (1935, 1939) is het begrip door diverse auteurs opnieuw gedefinieerd. Een recente en bruikbare definitie is die van Van der Maarel & Dauvellier (1978), die een ecosysteem omschrijven als: '..... een systeem van een levensgemeenschap en de daarmee in wisselwerking verkerende omgeving'.

Ecosystemen kunnen zowel volledig natuurlijke en cultuurlijke ecosystemen zijn. In het eerste geval kan de invloed van de mens ontbreken of zeer gering zijn, in het tweede geval kan zijn invloed zich uitstrekken tot tal van sleutelvariabelen waarmee hij de natuur manipuleert. In toenemende mate grijpt de mens in, zoals door kunstmatige vergroting van de voedingsstoffenaanvoer (kunstmest) of neerslag (beregening). Ook kan hij de temperatuur beïnvloeden, zoals in de kassenteelt.

2.3.2 De interne organisatie van levensgemeenschappen

In recente studies over ecosystemen gaat relatief veel aandacht uit naar de interne voedselorganisatie binnen levensgemeenschappen van planten en dieren. Dit gebeurt aan de hand van de voedselstromen, waarin zich een deel van de stoffen- en energiestromen in het levende deel van een ecosysteem bevindt. Door analyse van de voedselstromen blijkt welke functionele relaties er tussen de diverse groepen van organismen bestaan. Als deze groepen als subsystemen binnen het grotere geheel van de levensgemeenschap worden beschouwd, worden daarmee tegelijk de afhankelijkheidsrelaties duidelijk. De subsystemen zijn de belangrijke schakels of knooppunten, waar overdracht of splitsing van stoffen en energie geschiedt en waar tot op zekere hoogte opslag en/of omzetting van stoffen en energie (stofwisseling) mogelijk is. Een passende, sterk gegeneraliseerde indeling (o.a. Odum, 1971) in functionele hoofdgroepen is:
- primaire producenten (autotrofe organismen, in hoofdzaak groene planten)
- macroconsumenten (heterotrofe organismen, die als secundaire producenten optreden, zoals herbivoren of carnivoren)
- reducenten (heterotrofe micro-organismen, die voor de afbraak van plantaardige en dierlijke resten tot uiteindelijk anorganische verbindingen zorgen.

De primaire producenten zijn voor de levensgemeenschap essentieel voor de invoer van energie en stoffen uit de abiotische omgeving dankzij het vermogen zonlicht via fotosynthese in chemische energie vast te leggen. Verder onttrekken deze organismen water en minerale voedingsstoffen uit het abiotisch milieu (bodem) en absorberen CO_2 uit de lucht. De energie die door de primaire producenten is vastgelegd, bevindt zich in energetisch hoogwaardige organisch hoogwaardige organische verbindingen. Deze

verbindingen vormen de energiebron voor de macroconsumenten en de reducenten.

De (macro)consumenten zijn de herbivoren en carnivoren. Binnen die groep bestaan subgroepen, waarbij de ene groep de andere tot voedsel dient (bijv. herbivoren → carnivoren).

De reducenten leven voor een groot deel in de bodem en kunnen plantaardige en dierlijke resten stapsgewijs afbreken. Daarbij komen, afgezien van stofwisselingsprodukten (bijv. CO_2), uiteindelijk weer anorganische verbindingen vrij. Door dit mineralisatieproces keren voedingsstoffen in de bodem terug en kunnen daar weer door planten worden opgenomen. In feite vormen de reducenten dus de eindschakel tussen levensgemeenschap en abiotisch milieu voor de stroom van bepaalde voedingsstoffen.

Elke vorm van energieoverdracht tussen de beschreven trofieniveaus gaat met verliezen aan energie gepaard. Voor het instandhouden van levende individuen zijn grote hoeveelheden energie nodig, die bijvoorbeeld in de vorm van afgegeven lichaamswarmte verloren gaan. Hierdoor lijdt de energiestroom vanaf de primaire producenten via de diverse trofieniveaus voortdurende verliezen en is uiteindelijk bij het bereiken van bijvoorbeeld een groep secundaire carnivoren al enkele malen gedecimeerd (o.a. Odum, 1971). Dit leidt tot twee conclusies over de afhankelijkheid van subsystemen. De voedselstroom is in eerste instantie een energiestroom en in tweede instantie een stoffenstroom. De stoffenstroom vertoont min of meer een kringloopkarakter, omdat stoffen een kringloop via de atmosfeer of via de bodem kennen. De energiestroom heeft meer een eenrichtingskarakter en is een stuwend proces achter een deel van het stoffentransport. De weg van de energie domineert dus in hoge mate de onderlinge afhankelijkheidsrelaties van de betrokken subsystemen. Hier wordt in de paragrafen 2.5.1 en 2.5.2 op teruggekomen.

2.3.3 De wisselwerking tussen levensgemeenschappen en het abiotisch milieu

In het concept ecosysteem staat, samen met de interne organisatie van de levensgemeenschap, de wisselwerking tussen de levensgemeenschap en het abiotisch milieu centraal. Wisselwerking impliceert een wederkerigheid: de invloed van planten en dieren op de niet-levende natuur en omgekeerd. Enkele aspecten van deze wisselwerking zullen hier worden behandeld aan de hand van de uitwisseling van energie en/of stoffen.

De fotosynthese door autotrofe organismen zorgt voor een groot deel voor de invoer van energie in levensgemeenschappen. Hierbij wordt zonne-energie vastgelegd. Bij de stoffenopname onttrekken planten CO_2 uit de atmosfeer en water en minerale voedingsstoffen uit de bodem(oplossing). De voedingsstoffen verplaatsen zich ten dele via de voedselketens en keren via de mineralisatie ten dele terug in het abiotisch milieu. Het water verdampt grotendeels. Door planten wordt O_2, en in mindere mate CO_2, aan de atmosfeer afgegeven, door dieren wordt O_2 aan de atmosfeer onttrokken en CO_2 afgegeven. Bij ademhalingsprocessen komt waterdamp vrij in de atmosfeer. Een deel van de gasuitwisseling (O_2-opname en CO_2-afgifte) vindt in de bodem plaats.

Planten en dieren onderhouden voor de stofuitwisseling zeer nauwe betrekkingen

met de atmosfeer en de bodem. In beide gevallen gaat het in grote lijnen om kringloopprocessen, waarbij de subsystemen atmosfeer, levensgemeenschap en bodem een min of meer gesloten circuit vormen. De aanduiding min of meer geeft aan dat de kringlopen - althans gedurende een bepaalde tijd of op een bepaalde plaats - geen gesloten circuit zijn. Dit blijkt als er in de biomassa van planten en dieren energie en stoffen opgeslagen worden. Anderzijds kan er in de bodem opslag optreden door accumulatie van dood organisch materiaal dat niet of nauwelijks wordt afgebroken tot CO_2 en minerale voedingsstoffen.

Indien de wisselwerkingen tussen levensgemeenschap en abiotisch milieu zijn beperkt tot wat er in concrete delen van het landschap in een bepaald tijdsbestek gebeurt, dan treedt de meest intensieve wisselwerking op tussen de lokaal aanwezige levensgemeenschap en de bodem. Voor de energie- en stofuitwisseling is de wisselwerking tussen levensgemeenschap en atmosfeer weliswaar belangrijk, maar veel te weinig plaatsgebonden om tot specifieke veranderingen op een bepaalde plaats te leiden, zoals dat bij de bodem het geval is. Daarvoor is de atmosfeer een te dynamisch systeem. Mede om die redenen wordt hier alleen op de relatie tussen levensgemeenschap en bodem ingegaan.

De levende natuur en de bodem zijn letterlijk en figuurlijk sterk vergroeid. De uitwisseling van stoffen en energie vindt in een ruimtelijk gezien beperkte zone plaats. Het complexe fysisch-chemische-biologische systeem bodem wordt in veel opzichten door planten en dieren beïnvloed, in hoofdzaak door de opname van water en voedingsstoffen, de toevoer van organisch materiaal en de omzetting daarvan door het bodemleven tot humus en mineralisatieprodukten. Verder produceert het bodemleven gassen (bijv. CO_2 en stikstofverbindingen). De opslag van energetisch hoogwaardige stoffen en potentiële voedingsstoffen voor de plant in de vorm van organisch materiaal en de rol die biologische processen in de bodem spelen bij het mobiliseren van stoffen die met het neerslagoverschot uitspoelen zijn ecologisch belangrijk.

Organische stof die is aangevoerd door planten en dieren kan geheel of gedeeltelijk door het bodemleven worden afgebroken. Als de omzetting kleiner is dan de aanvoer, treedt accumulatie van organische stof op. Het geaccumuleerde materiaal is energetisch en wat voedingsstoffen betreft een reservoir voor bodemleven en voor de planten. Een aantal beslissingsvariabelen (par. 2.2.2) speelt hierbij een belangrijke rol. Hiertoe behoren ondermeer factoren die de aanvoer van organisch afval bepalen, zoals de produktiviteit van dode organische stof door het ecosysteem. Deze produktiviteit is weer afhankelijk van beslissingsvariabelen als vocht- en voedingsstoffenvoorziening, temperatuur, licht en successiestadium. Beslissingsvariabelen die de afbraak mede bepalen zijn de bodemtemperatuur, de doorluchting van de bodem en de pH. Natte, koude en zure omstandigheden werken vertragend op de afbraakprocessen en bevorderen derhalve de accumulatie van organisch materiaal. Invloeden die deze beslissingsvariabelen wijzigen in de richting van een betere doorluchting, een hogere bodemtemperatuur en een hogere pH bevorderen daardoor de afbraak en de mineralisatie (het vrijkomen van voedingsstoffen) en uiteindelijk de groei van de vegetatie. Al

naar gelang het gewenste doel kan de mens dus via deze beslissingsvariabelen ingrijpen bijvoorbeeld door ontwatering, spitten of bekalken.

Het tweede voorbeeld is de uitspoeling van stoffen in de bodem. Dit wordt in eerste instantie veroorzaakt door percolerend regenwater. Het tempo van oplossing van stoffen, zoals kalk ($CaCO_3$) wordt in belangrijke mate bepaald door de biologische produktie van zuren of zuurvormende verbindingen, zoals CO_2. Deze stoffen komen vrij bij de mineralisatie-, de humificatie- en de ademhalingsprocessen in de bodem (o.a. Klijn, 1981). Hier gelden vergelijkbare beslissingsvariabelen als bij het voorbeeld van de accumulatie en omzetting van organische stof, aangezien de biologische activiteit in de bodem afhankelijk is van de aanvoer van organisch materiaal, van de pH en van de doorluchting en bodemtemperatuur.

Bij de uitspoeling van kalk in de bodem kan de uitvoer van het systeem bodem over zeer lange tijd groter zijn dan de invoer (bijv. via aanvoer uit de atmosfeer). In dit geval is het bereiken van een 'steady state' dus een kwestie van zeer lange adem.

Bij duinbodems kan men voor de kalkaanvoer en -afvoer niet van een 'steady state' spreken, voordat de bodem vrijwel volledig is ontkalkt (o.a. Klijn, 1981). Hetzelfde geldt voor een aantal andere stoffen. Het is voor de Nederlandse kustduinen (Jonge Duinen) dan ook onjuist om, wat dit betreft, een evenwichtssituatie als dé natuurlijke situatie te beschouwen.

2.4 LANDSCHAPPEN: MEER DAN ECOSYSTEMEN

2.4.1 Inleiding

De term landschap omvat meer dan wat doorgaans tot het concept ecosysteem wordt gerekend. Dit komt tot uiting in de volgende punten.
- Er zijn vrijwel abiotische landschappen, waarin de levende natuur geen directe rol speelt (Weiss, 1977). Een voorbeeld hiervan is een volledig kaal strand.
- Abiotische verschijnselen kunnen indirect bepalend zijn voor levensgemeenschappen, vanwege hun invloed als omgevings- of beslissingsvariabelen op de directe (primaire) milieufactoren voor plant en dier. Zo kan kustafslag leiden tot grondwaterstandsdaling en verhoogde zoutaanvoer in de aangrenzende duinmilieus.
- Bij landschappen heeft men per definitie met ruimtelijk heterogene systemen te maken.
- Anders dan bij ecosystemen, waarbij relaties (verbindingen) centraal staan, heeft bij landschappen het verschijnsel scheiding (ruimtelijk en functioneel) essentiële betekenis (Bouwer, 1980).
- Tot het landschap behoren concrete delen van het aardoppervlak en de verticale en horizontale betrekkingen. Hierdoor is de ruimtelijke afgrenzing van landschapsecologisch relevante eenheden een belangrijke taak.

Van een systematische, geïntegreerde aanpak van het landschap is nog nauwelijks

sprake (zie par. 1.2.2). Niet zozeer het verzamelen van min of meer relevante gegevens over klimaat, geomorfologie, hydrologie, bodemkunde, vegetatie of fauna en menselijke invloeden levert problemen op, als wel de integratie daarvan. Bij deze integratie rijzen grote interpretatie- en ordeningsproblemen. Voor de oplossing van deze problemen wordt hier de systeemtheoretische benadering gebruikt om de diverse componenten van het landschap te beoordelen op hun rol en plaats bij het transport van stoffen en energie. Voor de functionele relaties is de overdracht van materialen en energie tussen de diverse onderdelen van het landschap van groot belang.

Begonnen wordt met de introductie van begrippen die voor het aangeven van de hoofdstromen van energie en materialen aan het aardoppervlak op mondiale schaal illustratief kunnen zijn: de werkingssferen (o.a. Leser, 1976; Van der Maarel & Dauvellier, 1978; Van Leeuwen, 1979). Omdat deze begrippen niet operationeel zijn bij concreet landschapsonderzoek, wordt de stap naar meer vertrouwde begrippen zoals klimaat, gesteente of bodem gemaakt. Deze worden hier deelcomplexen (Richter, 1968a en b) genoemd en beoordeeld op hun rol als subsystemen in het grotere geheel van het landschap. Getracht wordt een nadere aanduiding te geven van de aard der relaties tussen de deelcomplexen in termen van (relatieve) afhankelijkheid en onafhankelijkheid. Op basis van die inzichten worden rangordeverschijnselen besproken. Deze beschouwing wordt toegespitst op het Nederlandse kustduinlandschap. Daarbij wordt een zogenaamd rangorde-model geïntroduceerd. Op problemen van toetsing, kwantificering en praktische bruikbaarheid wordt ook ingegaan.

2.4.2. Werkingssferen en deelcomplexen van het landschap

Termen als kosmosfeer, hydrosfeer, lithosfeer, ecosfeer, pedosfeer en noösfeer zijn gemakkelijk hanteerbare begrippen, die noch inhoudelijk noch ruimtelijk veel beperkingen aan de gebruiker opleggen. Van der Maarel & Dauvellier (1978) maakten de inhoud meer expliciet en spraken van werkingssferen in de zin van een 'zeer specifiek materieel-energetisch stelsel en de geheel eigen invloeden en reacties, die daarvan uitgaan'. Wij volgen deze omschrijving, zij het met de toevoeging, dat elke sfeer óók structurele karakteristieken kent. De belangrijke eigenschappen van de werkingssferen zijn: de stoffen waaruit zij zijn opgebouwd, de processen van energieinvoer, -opslag, -omzetting en -uitvoer, processen van materiaalinvoer, -omzetting, -opslag en -uitvoer, alsmede de statische en dynamische structurele systeemkenmerken.

Het gebruik van het woord sfeer suggereert een 'schilvormig omhulsel'. De term is verder moeilijk te concretiseren. Hoewel de schilvorm in een aantal sferen (bijv. lithosfeer of atmosfeer) wel is te herkennen, is in werkelijkheid bijna overal van vermenging sprake. Duidelijk is dat bijvoorbeeld bij de verwevenheid van lithosfeer, atmosfeer en biosfeer in de pedosfeer (fig. 3).

Deze verwevenheid is een beletsel voor de operationalisering van het sfeerconcept. Tegelijkertijd vestigt dit ook de aandacht op het feit dat de vermenging - en daarmee (de kans op) een intensief contact tussen de sferen - is geconcentreerd nabij

het aardoppervlak. Daar bevindt zich een dunne en zeer complexe zone, maar vrijwel alle werkingssferen zijn verweven en waar bijgevolg de uitwisseling van energie en stoffen het meest intensief is. Deze complexe en heterogene sfeer wordt de geosfeer genoemd (Van der Maarel & Dauvellier, 1978). Het landschap is in feite een deel van de geosfeer (zie ook: Leser, 1976; Vink, 1980).

Meer houvast dan de sfeerconcepten geven de traditionele begrippen, zoals klimaat, bodem, vegetatie, fauna en dergelijke. Deze sluiten inhoudelijk vaak goed aan bij de sfeerconcepten of een duidelijk herkenbaar deel daarvan (fauna + vegetatie = biosfeer) en vormen een duidelijker af te grenzen concreet onderdeel van landschappen. Waar de nadruk moet vallen op de complexiteit van deze eenheden wordt, weer in navolging van Richter (1968a, b), gesproken van 'deelcomplexen'. Deze deelcomplexen zijn ofwel fysisch-chemische (bijv. gesteente) of biologische (planten, dieren) of 'gemengde' (bodem) subsystemen, die evenals werkingssferen zijn te beschrijven met behulp van materiële, energetische en structurele begrippen.

De aanpak en classificatie van Richter (1968a, b) is hierbij goed bruikbaar (zie ook Leser, 1976; Terwindt, 1977). Richter onderscheidt deelcomplexen (atmosfeer, onderste luchtlaag, reliëf, bodem, gesteente, vegetatie, bodemleven en dieren) en zeven procesgroepen, waarbij de nadruk gelegd is op omzettingsprocessen. Deze zijn als volgt beschreven:

- omzetting van stralingsenergie door fysische processen
- warmte-energieomzetting via biochemische processen
- omzetting van water
- omzetting van organische stof
- energie-omzetting bij biologische processen
- omzetting van gasvormige en opgeloste stoffen
- omzetting van klastisch materiaal.

Genoemde procesgroepen zijn door Richter verder onderverdeeld in ruim 70 processen, die een vrij compleet beeld geven van de energie- of stoffenomzetting in de meeste landschappen. Deze benadering is hier niet geheel gevolgd, hoewel zij zeker een goede basis in methodologisch opzicht en bovendien als 'check-list' kan fungeren. Onze aanpak wijkt af in de volgende opzichten:

- Het accent is gelegd op het kustduinlandschap, hetgeen een wat afwijkende keuze van deelcomplexen rechtvaardigt: de zee en het grondwater verdienen aparte vermelding, terwijl de onderste luchtlaag om praktische redenen niet afzonderlijk is onderscheiden.
- Aan de onderlinge beïnvloeding van de deelcomplexen is meer gewicht gegeven, dit mede in verband met het streven naar onderscheid in relatieve onafhankelijkheid en afhankelijkheid van de deelcomplexen.
- Stoffen- en energiestromen worden waar mogelijk gecombineerd in een procesgroep, omdat zij vaak hand in hand gaan (bijv. de verdamping van water veronderstelt tegelijk een 'energiestroom' in dezelfde richting, namelijk als toename van de in het water opgeslagen potentiële energie).

Tabel 1. Procesgroepen in de kustduinen bij energie- en materiaaloverdracht.

Werkingssferen (deelcomplexen)	Procesgroepen
Atmosfeer	zon(energie) → opwarming aardoppervlak → opwarming atmosfeer → verschillen → drukverschillen → *wind*
	zon(energie) → opwarming aardoppervlak → verdamping & transpiratie → waterdamp (water & potentiële energie) → *neerslag*
	zon(energie) → fotosynthese (- CO_2 , + O_2) (planten) → *biomassa*
Zee	zon & maan (gravitatie) → *getijden & getijdestromingen*
	zon(energie) → .. → *wind* → *golfslag & stormvloeden*
	?? zon(energie) → ? opwarming aarde ? → *absolute zeespiegelrijzing*
Gesteente & reliëf (lithosfeer)	endogene processen (tectoniek) & isostatische processen → daling of rijzing van het landoppervlak → *zeespiegelrijzing of -daling* (relatief)
	exogeen ; - zon & maan (gravitatie) → getij (stroming) → *erosie of sedimentatie*
	- zon → .. → golfslag & stormvloeden → *erosie of sedimentatie*
	- zon → .. → wind → *winderosie of -sedimentatie*
	- zon → .. → neerslag & zwaartekracht → afspoeling langs hellingen *(hellingerosie & -sedimentatie)*
Grondwater	zon → .. → neerslag → infiltratie & percolatie → grondwater (& gravitatie) → *verticale & horizontale stromingen*
Bodem (pedosfeer)	zon → fotosynthese → biomassaproduktie → *aanvoer organisch afval*
	zon → .. → levensverrichting planten → *onttrekking voedingsstoffen*
	(bio)chemische activiteit planten-wortels (bv. CO_2-produktie) → *verwering*
	zon → .. → planten & dieren → organische stof → *humusvorming*
	→ produktie van CO_2 en zure afbraak-produkten → *verwering*
	→ *mineralisatie* (zie ook dieren!)
	zon → .. → neerslag → percolatie van regen → *uitspoeling van stoffen*
Planten	zon → fotosynthese → biomassaproduktie
	gesteente- en bodemverwering → voedingsstoffen → planten → aanvoer organische stof naar bodem (en consument)
	zon → .. → fotosynthese & levensverrichtingen door plant → *transpiratie*

Dieren	zon → .. → plantengroei → herbivoren → carnivoren (primaire, secundaire etc.)
	zon → .. → planten & dieren (biomassa) → produktie dode organische stof → bodem
	reducenten → *mineralisatie* (zie bodem)

Symbolen:

→	:richting van materiaal- of energiestromen voor zover van betekenis
→ .. →	:materiaal- of energieoverdracht via verschillende stadia, die eerder zijn behandeld
cursief	:processen, die elders in de tekst verder zijn uitgewerkt

Table 1. Groups of processes in the coastal dunes for the exchange of material and energy

Met deze uitgangspunten zijn een aantal procesgroepen met een natuurlijk karakter te onderscheiden die bij stoffen- en energietransporten en -overdracht van belang zijn. Getracht is om bij deze inventarisatie een ordeningscriterium in te voeren door na te gaan wat de motor is achter de processen, welke deelcomplexen betrokken zijn bij de diverse soorten van transport en welke volgorde daarbij geldt. In tabel 1 wordt daartoe met behulp van trefwoorden en symbolen een aantal procesgroepen aangegeven die de overdracht van energie en stoffen tussen deelcomplexen en de daarmee samenhangende afhankelijkheid karakteriseren.

2.4.3 Enkele voorbeelden van variabelen in het kustduinenlandschap

In paragraaf 2.4.2 werd op basis van een indeling in deelcomplexen een aantal procesgroepen in het landschap onderscheiden, waarbij de stroming en overdracht van stoffen en energie door de diverse deelcomplexen centraal stond. Het aanbod van stoffen of energie voor een bepaald deelcomplex is een relatief onafhankelijke variabele, waarop het systeem weinig of geen invloed uitoefent. De invoer van stoffen of energie aan de rand van/of in een subsysteem en de veranderingen tijdens de weg door het subsysteem worden beïnvloed door een aantal variabelen. Deze bepalen mede de aard en snelheid van de energie- en stoffenstromingen in het subsysteem door 'bewerkingen' als drempel- of filterwerking, vertraging, opslag, splitsing, samenvoeging, omzetting en dergelijke. Zulke variabelen zijn er in de natuur te over, soms in de vorm van weinig veranderlijke variabelen (bijv. doorlatendheid van een zandpakket), soms als sterk veranderlijke variabelen die van allerlei interne en externe factoren afhankelijk zijn (bijv. vegetatie).

Enkele voorbeelden uit het duingebied kunnen dit verduidelijken. Het grondwater in de duinen vormt een duidelijk subsysteem met in natuurlijke situaties invoer via de neerslag en uitvoer via zijdelingse afstroming (polder en/of zee), dispersieprocessen en verdamping. De netto-aanvoer naar het grondwater hangt, afgezien van de omgevingsvariabelen, neerslaghoeveelheid en -verdeling, af van een aantal variabelen. Hierbij zijn vooral de directe verdamping vanuit de bodem en vanaf het bladoppervlak van de begroeiing van belang, maar ook de transpiratie door de plant. Beide processen hangen op hun beurt van veel factoren af, zoals de geaardheid en seizoenstoestand van de begroeiing, de bewortelingsdichtheid en -diepte, de opslagcapaciteit van de bodem, de wind, de temperatuur, etcetera. Hoewel nog verre van volledig, blijkt hier hoeveel variabelen er direct of indirect meespelen voordat het regenwater zich bij het grondwater heeft gevoegd en hoe gecompliceerd de situatie in feite is. Een verdere uitwerking volgt in paragraaf 3.2.3.1. Wat het neerslagoverschot verder in de ondergrond aan invloeden ontmoet is aan minder variabelen onderhevig. De hydrogeologische opbouw bijvoorbeeld is een vrij stabiel gegeven. Voor het beheer kan onderscheid gemaakt worden tussen variabelen die zijn te manipuleren (sleutelvariabelen) en niet te beïnvloeden variabelen. Zo is de dichtheid en geaardheid van het vegetatiedek een van de gemakkelijkst te manipuleren variabelen van het neerslagoverschot. De derde soort

variabelen zijn de toestandsvariabelen van het grondwater zelf, zoals de hoeveelheid in de grond aanwezig zoet water en de vorm van grondwatervoorraad in de duinen. Deze eigenschappen zijn afhankelijk van de factoren, die de netto-aanvoer bepalen en het verdere transport in de ondergrond. Bovendien hangen de hoeveelheid en de vorm af van de tijd. Er verstrijkt een bepaalde tijd (vele decennia tot enkele eeuwen) voor zich een evenwichtstoestand heeft ingesteld waarbij aan- en afvoer gelijk zijn (Bakker, 1981). Aangezien deze variabelen van vele andere afhankelijk zijn, geeft de vorm van het grondwater de nodige indicatie van de werkzame variabelen. In Bakker (1981) en in paragraaf 3.2.3 wordt hierop uitvoeriger ingegaan.

Een tweede voorbeeld heeft betrekking op stikstofhuishouding in de bodem. Voor de aanvoer van stikstof is het aandeel van atmosferische stofneerslag, de biologische stikstofverbinding uit de atmosfeer en de aanvoer via organische resten (bladval, faecaliën, etc.) van belang (o.a. Klijn, 1981). Afvoer vindt plaats door opname via plantewortels, denitrificatie en door uitspoeling. Opslag in de bodem geschiedt vooral in organische stof; hoe meer organische stof, des te hoger het totale stikstofgehalte, gegeven een constante koolstof/stikstofverhouding (Klijn, 1981). Op de invoer, uitvoer en opslag in het zeer complexe fysisch-chemisch-biologische systeem bodem hebben tal van beslissingsvariabelen invloed. Voor de aanvoer via dode organische stof zijn de aard en produktiviteit van de plantengroei van belang, voor de biologische stikstofbinding uit de atmosfeer door bacteriën zijn o.a. de soort begroeiing en de pH van de bodem randvoorwaarden. Voor de opslag van stikstof in het organisch materiaal in de bodem geldt een parallel met de voorraadvorming van het grondwater. Pas na eeuwen komen invoer en uitvoer met elkaar in evenwicht. Olson (1958) noemt hiervoor een tiental eeuwen. De stikstofvoorraad in de bodem is dus een toestandsvariabele die tijdsafhankelijk is.

Sleutelvariabelen in het bovenstaande voorbeeld zijn de beïnvloeding van mineralisatieprocessen via ingrepen in de vocht- en waterhuishouding in de bodem, wijziging van de bodem-pH, grondbewerking en afplaggen.

2.4.4 De mens als landschapsecologische factor

Tot nu toe zijn de invloeden van de mens op het landschap vrijwel buiten beschouwing gebleven. Dit komt doordat de mens een moeilijk te plaatsen landschapsecologische factor is. Hij is van origine een jager of verzamelaar, die als eenvoudige carnivoor, herbivoor of omnivoor zijn plaats had in vrijwel natuurlijke ecosystemen. Daarna heeft de mens zijn greep op de natuur versterkt door als veeteler of akkerbouwer daadwerkelijk in te grijpen in vegetatie, dierenwereld en bodem. Naarmate het technisch vermogen groeide, breidde zijn invloed zich tot andere sectoren van het landschap uit, zoals bij kunstmatige waterhuishouding, irrigatie of grootschalige egalisatie. Tegenwoordig strekt zijn invloed zich uit over vrijwel alle subsystemen van het landschap, zelfs zodanig dat de mens als geologische factor van betekenis kan optreden. In Nederland is de Maasvlakte een voorbeeld van een groot en volledig

kunstmatig terrein.

Het ingrijpen van de mens of het nalaten van een ingreep kan om praktische redenen het beste beoordeeld worden door na te gaan in welk deelcomplex deze ingreep primair geschiedt en in hoeverre deze vergeleken kan worden met een natuurlijke verandering. Het is mogelijk een bepaalde groep ingrepen als 'storing' van de natuurlijke situatie aan te merken, andere ingrepen als tegenkoppeling of regulatie. Beide begrippen houden geen waarde-oordeel in; een lichte mate van storing kan positief beoordeeld worden, ook uit het oogpunt van natuurbeheer.

Mede gezien de indeling in deelcomplexen in paragraaf 2.4.2 kunnen de effecten van de diverse ingrepen beoordeeld worden te beginnen bij hun eigenlijke werkingsgebied (bijv. de fauna, de bodem of het grondwater). De directe en de indirecte effecten in andere deelcomplexen kunnen dan worden bezien. In een aantal opzichten blijken de effecten van menselijke ingrepen vergelijkbaar met gebeurtenissen die van nature voorkomen. Zo kan een uitgraving in een duinterrein tot op zekere hoogte vergeleken worden met het proces van uitstuiving. Niettemin zijn er, in toenemende mate, ingrepen met een 'systeemvreemd' karakter, omdat zij de introductie van een wezenlijk nieuw proces of een wezenlijk nieuwe stof betekenen. Ook de mate waarin een invloed geldt kan systeemvreemd zijn, zoals een extreem lage pH van de neerslag door SO_2-en NO_x-vervuiling. De diverse ingrepen moeten dus beoordeeld worden op hun directe aangrijpingspunten, op hun regulerende of eventueel stabiliserende karakter en op de mate waarin zij systeemvreemd zijn. In concreto zijn enkele voorbeelden illustratief. Het maaien of kappen van vegetaties om het proces van successie tegen te gaan is een vorm van regulatie, evenals kustverdediging. Gebeurt dit laatste bij een zandige kust door middel van zandsuppletie met een zandkwaliteit die niet afwijkt van de natuurlijke, dan is dat nauwelijks een systeemvreemde ingreep te noemen, in tegenstelling tot de aanleg van stenen dammen of asfaltdijken.

2.5 RANGORDEVERSCHIJNSELEN

2.5.1 Een eenvoudig rangordemodel

In voorgaande paragrafen werd meermalen het begrip afhankelijk en onafhankelijk gebruikt. In zijn algemeenheid vertonen in serie geschakelde subsystemen afhankelijkheidsrelaties, omdat de uitvoer van stoffen of energie van het voorgaande subsysteem de invoer daarvan inhoudt voor het daarop volgende subsysteem in de serie. De levende natuur is relatief afhankelijk van het abiotisch milieu. In levensgemeenschappen zijn heterotrofe organismen afhankelijk van autotrofe organismen.

De diverse relaties tussen de deelcomplexen van het landschap worden nu verder beoordeeld op afhankelijkheidsverschijnselen. De basis daarvoor is gelegd in paragraaf 2.4.3, waar de stoffen- en energiestromen in hun algemeenheid reeds op een dergelijke wijze werden beoordeeld. Dit kan verder uitgewerkt worden. Stoffenstromingen in het landschap, hoe verschillend van schaal en omlooptijd ook, kennen een

kringloopkarakter. Er is in hoge mate sprake van interdependentie en daarom zijn afhankelijkheid of onafhankelijkheid slechts relatieve begrippen. De energiestromen hebben veel meer het karakter van een eenrichtingsverkeer en zijn derhalve geschikter om afhankelijkheid aan af te meten. Met dit voorbehoud kunnen relaties worden geanalyseerd op grond van de volgende criteria (het pijltje geeft de richting van de overheersende invloed aan):

- De 'conditio sine qua non', dat wil zeggen de mogelijkheid van bestaan is direct afhankelijk van de aanwezigheid van een bepaald materiaal of een bepaalde structuur (bijv. moedermateriaal → bodem; poreus gesteente → grondwater).
- De richting van de energiestroom of de (energie)potentiaal (bijv. zonneënergie → plant → dier; bijv. hoog → laag).
- De richting van de (eventueel potentiële) stoffenstroom (bijv. neerslagoverschot → grondwater → zee of polder.
- Genese- en evolutiegegevens (bijv. wind als oorzaak van duinvorming: wind → reliëf).
- Schaal- en reservoirverhoudingen: kleinschalige, lokale deelcomplexen zijn relatief afhankelijk van grootschalige deelcomplexen met grote reservoirs (bijv. atmosfeer → bodem) (o.a. Vink, 1975).
- Patroonrelaties: patronen van relatief onafhankelijke deelcomplexen worden weerspiegeld (direct of indirect) in patronen van relatief afhankelijke deelcomplexen (bijv. klimaat → bodem; klimaat → vegetatie). In feite is dit een hulpcriterium dat berust op correlatie en niet noodzakelijkerwijs op een causaal verband.
- Bij lokale kringloopprocessen: de 'plaats' van (geringe) verlies- en compensatieposten (bijv. voedingsstoffenhuishouding in bodem: aanvulling via bijv. atmosferische stof, verlies door uitspoeling via neerslagoverschot: atmosfeer (klimaat → bodem).

Figuur 4. Geschematiseerd rangordemodel van het duinlandschap (uit Bakker et al., 1979b).

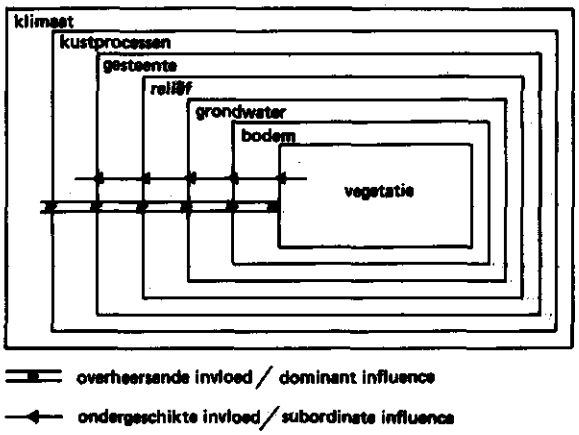


Figure 4. Schematic hierarchic model for the coastal dunes. (Kustprocessen = coastal processes; gesteente = parent material; bodem = soil.)

- Proces-effectrelaties: veranderingen in relatief onafhankelijke variabelen (bijv. invallende zonnestraling) hebben duidelijke en 'onontkoombare' (directe of indirecte) effecten op de relatief afhankelijke deelcomplexen (bijv. vegetatie).

Op grond van (een aantal van) deze criteria kan voor het merendeel van de betrekkingen tussen deelcomplexen van het landschap eerst per paar en later in hun totaliteit nagegaan worden waar er van afhankelijkheid sprake is. Soms is het mogelijk om niet alleen een kwalitatieve, maar ook een meer kwantitatieve aanduiding te geven. Er bestaan namelijk duidelijke verschillen in afhankelijkheid. Voor het Nederlandse kustduingebied is een dergelijke bewerking, c.q. ordening uitgevoerd. Dit heeft geleid tot een globaal rangordemodel (fig. 4). De diverse deelcomplexen zijn afgebeeld met een afnemende dominantie 'naar binnen toe' of anders gezegd een toenemende afhankelijkheid. De vegetatie en planten kunnen dus door alle voorgaande deelcomplexen beïnvloed worden, hetzij direct (bijv. klimaat, planten) hetzij indirect (klimaat via grondwater via bodem op de planten). De dikke pijlen in het model geven de dominantie in de relaties aan, de dunne pijlen geven de ondergeschikte invloeden aan.

2.5.2 Toelichting bij het rangordemodel voor de Nederlandse kustduinen

2.5.2.1 Algemeen

Het globale model uit figuur 4 is verder uitgewerkt en aangepast in figuur 5. Met behoud van de rangordebetrekkingen is het model in zoverre gewijzigd dat elk rangordeniveau is uitgesplitst in een drietal aspecten: de deelcomplexen met bijbehorende processen, zoals voor te stellen bij een 'steady state', de natuurlijke veranderingen en de ingrepen door de mens. Op die wijze zijn er drie kolommen ontstaan. In het model zijn de kosmische (bijv. getijde, zonne-energie) en de tectonische (endogene geologische) invloeden weggelaten. De invloed van de hogere rangordeniveaus zal direct of indirect op de lagere doorwerken. De omgekeerde weg, dus van de lagere naar de hogere niveaus, behoort ook tot de mogelijkheden. Dit zal veel minder onontkoombaar of opvallend zijn (Bakker et al., 1979b).

Niet alle hier onderscheiden deelcomplexen zijn gelijkwaardig. Het reliëf bijvoorbeeld is inhoudelijk niet vergelijkbaar met de overige deelcomplexen, aangezien het in feite slechts een grensvlak vormt zonder materiële inhoud. Niettemin bezit deze variabele van het landschap een dermate grote betekenis voor tal van andere landschapscomponenten en -processen, dat een aparte plaats gerechtvaardigd is. Richter (1968) en Leser (1976) spreken van de 'ordenende functie' van het reliëf. In systeemtermen is het één van de belangrijkste beslissingsvariabelen voor andere subsystemen ('deelcomplexen') van het landschap (zoals de bodem). Aspecten als helling, hoogteverschillen en expositie spelen immers een belangwekkende rol bij erosie, sedimentatie, microklimaat en dergelijke. De bodem- en de vegetatieontwikkeling zijn bovendien in belangrijke mate gerelateerd aan de periode die sinds de reliëfvorming

Figuur 5. Uitgebreid rangordemodel van het kustduinlandschap, met daarin de invloeden van de mens (uit Bakker et al., 1979b).

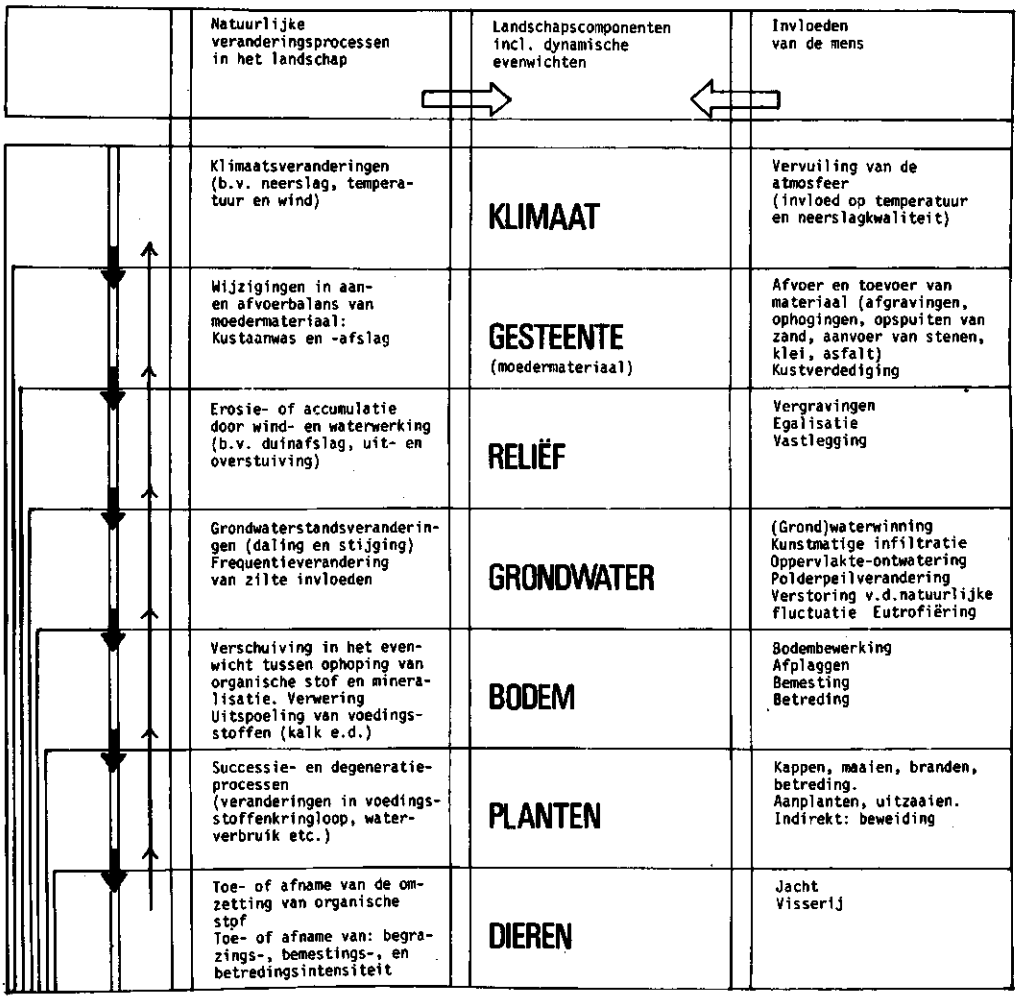


Figure 5. Specific hierarchic model for the coastal dunes, including human influence.

is verlopen, zoals bij de fasen van duinvorming (Klijn, 1981). De deelcomplexen bodem en vegetatie zijn mede daarom sterk gecorreleerd aan geomorfologische verschijnselen (zie ook: hoofdstuk 4).

Andere verschillen tussen deelcomplexen betreffen de mate van complexiteit. Het verschil tussen een relatief homogeen deelcomplex als het grondwater en een ingewikkeld fysisch-chemisch-biologisch deelcomplex als de bodem kan tot voorbeeld dienen.

De rangordebetrekkingen zijn merendeels wederkerige relaties, waarbij de wederzijdse invloeden ongelijk van grootte zijn. De mate van ongelijkheid is geen vast gegeven. Er zijn relaties met een sterke dominantie in causaal opzicht, bijvoorbeeld in het geval van de opwekking van golven of stormvloeden door de wind, en er zijn be-

trekkingen, waarbij nauwelijks sprake is van een overheersende en een ondergeschikte invloed. In zulke gevallen kan men spreken van autocorrelatie (Chorley & Kennedy, 1971). De betrekkingen tussen plantengroei en bodem (incl. het bodemleven) zijn dermate verweven dat er nauwelijks gesproken kan worden van duidelijk dominante en afhankelijke factoren. Bij het gebruik van de pijlsymbolen zijn dergelijke nuances in theorie aan te brengen door de pijldiktes aan te passen aan de reële verhoudingen, variërend van absolute dominantie (alléén een dikke pijl) tot een vrijwel volledige wederzijdse afhankelijkheid, bijvoorbeeld bij symbiose ((bijna)gelijke pijldiktes).

2.5.2.2 Rangordebetrekkingen tijdens het ontstaan

Elk landschap ontleent zijn karakter aan de ontstaanswijze, de actuele natuurlijke processen en de antropogene invloeden. Vaak komt in de genese tot uitdrukking wat daarbij dominante factoren zijn geweest, zo ook voor de Nederlandse kustduinen. Gezien de relatief geringe ouderdom van dit landschap bestaan er grote overeenkomsten met de actuele processen (par. 3.3).

De geologische en geomorfologische gesteldheid van Nederland is nauw te relateren aan de klimatologische omstandigheden in Pleistoceen en Holoceen. Zuidelijk en oostelijk Nederland ('Hoog-Nederland') vertoont de glaciale en periglaciale invloeden uit Saalien en Weichelien zowel in de aard der afzettingen als de oppervlaktevormen. Westelijk en noordelijk Nederland ('Laag-Nederland') is bij uitstek het resultaat van holocene processen, waarbij een voortdurend stijgende zeespiegel een dominante invloed is geweest voor de horizontale en verticale verbreiding van marien en lacustrien materiaal. De strand- en duinafzettingen markeren de voormalige en huidige kustzone en zijn verbonden aan mariene invloeden zoals golfwerking, getijdestromingen, kustdrift en het transport door de wind. Daarbij waren te zamen met de beschikbaarheid van zand, de krachtige westelijke winden verantwoordelijk voor het ontstaan van duinen. Afgezien van (het geologische proces van) eolisch zandtransport zorgt de wind voor het ontstaan van het typisch duinreliëf. Is er nu, door mariene en eolische processen, een relatief hooggelegen pakket van strand- en duinafzettingen voorhanden, dan kan zich een zoetwaterlens vormen door de aanvoer en opslag van neerslag. Voor de aanvoer van water staat het humide klimaat borg. Het poreuze zand levert mogelijkheden voor berging van grondwater. De fysische en chemische eigenschappen van het duinzand, reliëfverschillen en vochtverschillen drukken een stempel op de bodemontwikkeling. De vegetatie tenslotte is van die factoren afhankelijk en schept op haar beurt de mogelijkheden voor het dierenleven.

Natuurlijk is de voorgaande beschrijving in zoverre onwerkelijk dat zij een beeld schetst van een chronologische en causale volgorde die in realiteit nooit in dergelijke afgebakende stappen verloopt. Vanaf het moment immers dat duinvorming optreedt is er sprake van zoetwaterlensvorming, begroeiing, bodemvorming en dergelijke. De landschapsvorming is eerder een combinatie van synchroon verlopende processen met wisselwerkingen, zij het dat daarbij de geschetste chronologische of causale betrek-

kingen wel van belang zijn. Dat tast het principe van dominantie c.q. afhankelijkheid niet aan, het betekent alleen dat ook in de genese van een landschap tot uitdrukking komt dat er steeds van wisselwerkingen sprake is.

2.5.2.3 Rangordebetrekkingen bij actuele processen

Het duinlandschap is van nature dynamisch. Kustafslag en -aangroei, verstuivingen, bodemprocessen en de successie in de vegetatieontwikkeling zijn ook nu nog natuurlijke veranderingsprocessen met effecten op meer dan één deelcomplex van het landschap. Het beoordelen van het effect van deze processen en van invloeden van de mens sluit direct aan bij de rangordebetrekkingen uit figuur 5. Als voorbeeld bezien we het proces van kustafslag en de reeks van directe en indirecte effecten die daarbij optreden. Hier worden slechts de hoofdlijnen besproken, een uitgebreide behandeling is te vinden in paragraaf 3.3 en in Bakker (1981), Klijn (1981) en Van Zadelhoff (1981).

Kustafslag is een proces dat in hoofdzaak is toe te schrijven aan zeespiegelrijzing en meer lokaal optredende processen zoals golfwerking, kustdrift en stromingen die de zandbalans verstoren. Wordt het duingebied hierdoor aangetast, dan treedt vermindering van duinbreedte op, met als indirect gevolg een daling van de grondwaterstand (Bakker et al., 1979a). Bij aanwezigheid van vochtige of natte duinvalleien met bijbehorende bodem- en vegetatieontwikkeling betekent grondwaterstandsdaling een wijziging in bodemkundig en vegetatiekundig opzicht. In bodemkundig opzicht mineraliseert het organisch materiaal sneller waardoor meer voedingsstoffen vrijkomen. De directe en indirecte (door het verdwijnen van organische stof) verdrogingsverschijnselen worden in de begroeiing merkbaar. Deze korte en onvolledige beschrijving van een causale reeks van effecten staaft in hoofdlijnen de principes van het rangordemodel. De neveneffecten mogen niet verwaarloosd worden. In sommige gevallen zijn deze gelijkgericht (versterkend); in andere gevallen zorgen zij voor tegengestelde effecten. Een forse grondwaterstandsdaling kan de produktiviteit van de begroeiing doen verminderen en heeft daardoor vaak een vermindering van de verdamping tot gevolg, hetgeen uiteindelijk dus het grondwater ten goede komt. Zo zijn er bij vrijwel elk deelproces nuanceringen aan te brengen, die pas bij concrete veldsituaties op hun waarde zijn te schatten.

2.5.2.4 Rangordebetrekkingen bij de ruimtelijke karakteristieken van landschapscomponenten

Wanneer het zo is dat zowel het ontstaan van een landschap als de interrelaties via proces-effect-relaties in het actuele landschap aan een bepaalde rangorde in de betrekkingen beantwoorden, dan is het onvermijdelijk dat de ruimtelijke aspecten, anders gezegd de patroonkenmerken van de diverse betrokken componenten, daarvan een weerspiegeling vertonen. Dit blijkt het meest duidelijk op wereldschaal. Daar zijn de

dominante deelcomplexen manifest via de land-zeeverdeling en de hoofdgebergtezones (resultaat van endogene geologische krachten) en tekent de invloed van het klimaat (vooral het resultaat van kosmische invloeden, de land-zeeverdeling en het reliëf) zich af in klimaatzones. In veel opzichten zijn aspecten als relief, bodem en vegetatie van voornoemde patronen afhankelijk (Büdel, 1977; Davies, 1972; Van Baren, 1970; Clapham, 1973; Ellenberg, 1973). Op die wijze kan van macro-ecosystemen of landschappen gesproken worden die relatief eenvoudig zijn af te grenzen (tropisch regenwoud, woestijngordels, toendragebieden etcetera).

Op minder grote schaal blijkt meestal dat dergelijke verbanden in ruimtelijke verdeling minder opvallend zijn en derhalve moeilijker aan te geven. Een van de redenen is bijvoorbeeld dat klimatologisch relevante verschillen in gebieden zonder grote hoogteverschillen over kleinere afstanden nauwelijks waarneembaar zijn. Ook verschillen in gesteente kunnen soms op korte afstand van weinig betekenis zijn. In die gevallen kan men zich dus binnen een vrijwel homogeen klimatologisch en lithologisch areaal bevinden, waardoor de overige deelcomplexen vooral aan andere factoren (bijv. het reliëf) hun differentiatie ontlenen. Dit geldt tot op zekere hoogte voor de Nederlandse kustduinen. De klimaatverschillen langs de kust van noord naar zuid zijn zeer gering hoewel toch merkbaar aan de floristische verschillen. Zo zijn boreale elementen in het noordelijk deel relatief talrijk (Westhoff et al., 1979). In geologisch opzicht heeft men te maken met een sediment dat overal op nagenoeg gelijke wijze is afgezet. De verschillen in korrelgrootte variëren weinig. Wel is het verschil in mineralogie, dat verband houdt met de voorgeschiedenis van het zand, belangrijk (o.a. Eisma, 1968). Dit verschil komt tot uitdrukking in factoren die daarmee direct of indirect verband houden, zoals de bodemontwikkeling, de vegetatie en lokaal zelfs de geomorfologische gesteldheid.

De geomorfologische gesteldheid is grotendeels het resultaat van de kustontwikkeling en de daarin optredende fasen en de werking van de wind. Via eigenschappen als hoogte-, helling- en expositieverschillen en vanwege de periode van reliëfvorming is de geomorfologische gesteldheid een sterk differentiërende factor, die met name doorwerkt in belangrijke ecologische factoren als de vochtsituatie, de bodemontwikkeling en uiteindelijk de vegetatie. De macrozonering gaat landinwaarts vaak van jong naar oud en bepaalt mede de macropatronen in bodem en vegetatie, terwijl in kleiner bestek de reliëfkenmerken als relatieve hoogte, hellingbedrag en -expositie dominant zijn. Hoogteverschillen werken bijvoorbeeld sterk differentiërend voor de vochtverschillen in natuurlijke valleien. Expositieverschillen zijn werkzaam via het microklimaat en indirect herkenbaar in de vegetatie, zoals bij noord- en zuidhellingen.

Naarmate de rangordebetrekkingen worden gevolgd in de richting van de sterk afhankelijke factoren zoals de vegetatie, dan blijkt hoezeer die de uitdrukking kunnen zijn van vele der voornoemde dominante deelcomplexen. Met andere woorden: de indicatiewaarde neemt toe naarmate de afhankelijkheid toeneemt. Dit geldt met name in natuurlijke landschappen.

In feite ligt in allerlei structuren van landschapscomponenten informatie opge-

slagen (par. 1.2.). Ook de geomorfologische gesteldheid bezit die eigenschappen, zij het minder veelzeggend en gedetailleerd dan de vegetatie. De directe herkenbaarheid in het veld hebben ze gemeen: een zaak van praktische betekenis bij karteringen. Op dit facet en op de praktische betekenis van rangordebetrekkingen bij landschapsecologische karteringen wordt in hoofdstuk 4 verder ingegaan.

3 Veranderingen van het kustduinenlandschap

3.1 INLEIDING

Landschappen zijn over het algemeen niet gelijkblijvend maar vertonen in de loop der tijd grotere en kleinere veranderingen. Voor het Nederlandse kustduinenlandschap blijkt dit overduidelijk uit de studie van Jelgersma et al. (1970). Tijdens de vorming van de Jonge Duinen, zoals die in de afgelopen duizend jaar heeft plaatsgevonden, zijn de veranderingen van het reliëf spectaculair geweest.

Naast het reliëf zijn ook andere deelcomplexen van het kustduinenlandschap aan verandering onderhevig. Dit geldt onder andere voor de bodem, waar voor een aantal facetten pas na vele eeuwen tot duizend jaar de snelheid van verandering afneemt. Voor bepaalde aspecten, bijvoorbeeld de stikstofhuishouding, kunnen dan partiële 'steady states' ontstaan (Klijn, 1981). Ook in de vegetatie zijn structurele veranderingen te constateren, zoals ten gevolge van autogene processen als successie of omdat de milieu-omstandigheden veranderen zoals bij daling van de gemiddelde grondwaterstand.

Om tot een afbakening te komen van wat onder veranderingen van het kustduinenlandschap wordt verstaan, wordt het onderscheid dat Chorley & Kennedy (1971) maken hier aangehaald. Veranderingen zijn onder te verdelen in veranderingen die geassocieerd kunnen worden met evolutie en in kortstondiger veranderingen die te maken hebben met evenwichtsvoorwaarden. In deze studie beperken we ons tot de laatste soort veranderingen. Als definitie van wat onder een verandering van het kustduinenlandschap verstaan wordt geldt: een verandering van de zichtbare verschijnselen zoals reliëf en vegetatie en soms grondwater, wanneer dit als open water aan de oppervlakte komt. Daarbij beperken we ons tot die veranderingen welke zich uiterlijk binnen enige tientallen à honderd jaar voltrekken. Tijdelijke en cyclische veranderingen die zich binnen één of enkele jaren afspelen worden buiten beschouwing gelaten. Bij dit laatste valt te denken aan verschillen tussen de seizoenen en veranderingen in de vegetatie, zoals orchideeën die wel eens een jaar 'overslaan' of één- en tweejarige planten die het wel eens af laten weten. De dierenwereld wordt buiten beschouwing gelaten.

Bij de oorzaken van veranderingen wordt onderscheid gemaakt tussen oorzaken die:
- van nature voorkomen
- slechts onder invloed van menselijke activiteiten tot stand kunnen komen.

In dit hoofdstuk worden de veranderingen allereerst in een systeemtheoretisch kader behandeld. Daarbij komen zowel de afzonderlijke deelcomplexen van het landschap als het landschap in zijn geheel aan de orde. De rol van de mens wordt daarbij slechts

terloops genoemd. De menselijke activiteiten en de daardoor veroorzaakte veranderingen worden vervolgens afzonderlijk behandeld. Tot slot wordt de veranderingenkaart besproken, waarbij zuid-Texel en de duinen van Schoorl en Bergen in detail bekeken worden.

3.2 VERANDERINGEN IN EEN SYSTEEMTHEORETISCH KADER

In paragraaf 2.5.2 is een concept gegeven waarbij landschappen opgebouwd gedacht worden uit deelcomplexen die elkaar onderling beïnvloeden. In het rangordemodel, figuur 5 (blz. 35), zijn deze deelcomplexen en hun mate van onderlinge afhankelijkheid schematisch weergegeven. Bij het bespreken van veranderingen van het landschap is dit model van groot belang.

Naast dit rangordemodel zijn de processen binnen het landschap en binnen de deelcomplexen van het landschap belangrijk. In paragraaf 2.2 zijn deze processen vooral gekoppeld aan energie- en materiaalstromen, waarbij begrippen als invoer, uitvoer, doorvoer en berging gebruikt zijn. In figuur 1 (blz. 14) is een model weergegeven dat van dienst kan zijn bij de verklaring van de werking van een landschapscomponent. Invoer, uitvoer en berging hebben betrekking op zowel energie (warmte, licht) als op materialen (zand, zoet en zout water, nutriënten, levend en dood organisch materiaal). Omdat deelcomplexen van het landschap materie en energie met hun omgeving uitwisselen, zijn ze op te vatten als open systemen. Eén van de eigenschappen van open systemen is dat ze een 'steady state' kunnen bereiken. In paragraaf 2.2.3 zijn de wegen waarlangs zo'n steady state te bereiken is aangegeven.

3.2.1 Landschapscomponenten afzonderlijk

Volgens figuur 1 is algemeen geldig:

$$I = \Delta B + 0$$

ofwel:

invoer = verandering berging + uitvoer

Voor de invoer zijn twee situaties denkbaar: invoer = constant of invoer ≠ constant. Onder constant wordt verstaan dat hoogstens geringe fluctuaties of cyclische veranderingen van korte duur, maximaal enige jaren, optreden.

Bij constante invoer zijn voor berging en uitvoer twee situaties te onderscheiden:

ΔB en $0 \neq$ constant
ΔB en $0 =$ constant

Deze situaties verschillen minder dan op het eerste gezicht lijkt. In feite liggen ze

in elkaars verlengde zoals hierna aan de hand van twee voorbeelden getracht zal worden duidelijk te maken.

Bakker (1981) beschrijft de vorming van een zoetwaterlens in duingebieden. Wanneer wordt afgezien van direct en grootschalig menselijk ingrijpen in de grondwaterhuishouding van de duinen geldt volgens figuur 7 en 8 (blz. 46 en 47):

$$P = \Delta B + V + A$$

Waarbij:

P = totale neerslag
ΔB = verandering van de hoeveelheid water die in de zoetwaterlens is opgeslagen
V = verdamping
A = zijdelingse afstroming

Tijdens de gehele duur van de zoetwaterlensvorming zijn deze vier factoren werkzaam, zij het dat de grootte van sommige factoren (A en ΔB) tijdens de vorming verandert. In twee uiterste situaties, bij de start en bij de 'steady state', worden ze zelfs gelijk aan nul.

Bij het begin van de zoetwaterlensvorming, waarbij van een volkomen horizontaal grondwateroppervlak wordt uitgegaan, is de zijdelingse afstroming nul en geldt:

$$P = \Delta B + V$$

Na verloop van tijd wordt de 'steady state' bereikt, de zoetwaterlensvorming is voltooid, de berging verandert niet meer, er geldt:

$$P = V + A$$

Het bereiken van deze 'steady state' vergt bij smalle duingebieden een halve tot een hele eeuw, voor brede duingebieden is dit meerdere eeuwen.

Een ander voorbeeld van een deelcomplex van het landschap waarbij, voor bepaalde facetten, via een constante invoer en een in eerste instantie veranderende berging en uitvoer tenslotte een 'steady state' bereikt wordt is de bodem. Dit wordt nader uitgewerkt voor de bodemvruchtbaarheid en het kalkgehalte. De gegevens die hierbij gebruikt worden zijn grotendeels ontleend aan Klijn (1981).

Wanneer wordt afgezien van direct menselijk ingrijpen bestaat de invoer uit neerslag van zouten uit de atmosfeer terwijl voorts via de vegetatie en via afstroming langs hellingen stoffen aan de bodem worden toegevoegd (figuur 11 en 12). Afgezien van veranderingen in de invoer verandert de berging doordat enerzijds ionen en organische verbindingen uitspoelen, terwijl anderzijds, met behulp van de vegetatie,

een organische horizont wordt opgebouwd. De uitvoer bestaat uit verweringsprodukten en uit afbraakprodukten van de organische horizont die tot buiten bereik van het wortelstelsel worden afgevoerd.

Bij een 'jonge' bodem, bijvoorbeeld in een pas gevormde duinvallei, overtreft de uitvoer van kalk de invoer: het kalkgehalte van de bodem neemt af. Na verloop van tijd, waarbij vooral het primaire-kalkgehalte van belang is, ontstaat een evenwichtssituatie waarbij in- en uitvoer aan elkaar gelijk zijn.

Voor organische stoffen is de situatie in eerste instantie juist andersom: De invoer overtreft de uitvoer, de berging neemt toe, een organische horizont wordt opgebouwd. Van de uitspoelende stoffen wordt een deel door de vegetatie onderschept en opgenomen in het organisch plantemateriaal dat uiteindelijk weer aan de bodem wordt toegevoegd. Op de lange duur kan voor bepaalde facetten een 'steady state' bereikt worden. Zo kan het stikstofgehalte van duinbodems na ongeveer duizend jaar een min of meer constant niveau bereiken (Olson, 1958).

Uit deze voorbeelden en de inleidende tekst blijkt dat constante landschapscomponenten eerder uitzondering dan regel zijn. Dit geldt temeer als bedacht wordt dat bij de voorbeelden uit is gegaan van constante invoer. In werkelijkheid is de invoer vaak aan veranderingen onderhevig, waardoor ook de berging en de uitvoer veranderen en er geen sprake van een 'steady state' kan zijn.

3.2.2 Het kustduinenlandschap in zijn geheel

In paragraaf 2.4.2 is bij de verklaring van de 'werking' van het landschap het zogenaamde cascade-systeem ter sprake gekomen. In deze voorstelling vormt de uitvoer van het ene deelcomplex de invoer van het andere: de deelcomplexen zijn in serie geschakeld.

Uit paragraaf 3.2.1 blijkt dat de afzonderlijke deelcomplexen eerder aan verandering onderhevig dan gelijkblijvend zijn. Veranderingen in het kustduinenlandschap als geheel vormen dan ook het normale beeld. Alleen voor relatief kleine systemen kan gedurende korte tijd verwacht worden dat ze tijdsonafhankelijk zijn (Bennett & Chorley, 1978).

Deelcomplexen van het landschap kunnen elkaar beïnvloeden doordat ze via talloze relaties met elkaar verbonden zijn. De aard van de relatie bepaalt de mate van beïnvloeding (par. 2.5). Daarbij is de plaats die een deelcomplex in het rangordemodel inneemt van groot belang. Een verandering binnen een hooggeplaatste component, bijvoorbeeld het klimaat, heeft vaak grote en grootschalige veranderingen van het landschap tot gevolg. Tevens zijn deze veranderingen van een dwingend en onontkoombaar karakter. De gevolgen van een verandering binnen een laaggeplaatste component, bijvoorbeeld de vegetatie, zijn over het algemeen minder groot. De veranderingen van het landschap zijn dan kleiner en ruimtelijk meer beperkt. Bovendien zijn, bijvoorbeeld via het beheer, betrekkelijk gemakkelijk maatregelen te treffen om de veranderingen

te sturen.

Om een indruk te geven van het aantal en de soort relaties die landschapscomponenten met elkaar verbinden is figuur 6 opgenomen. Uitgaande van de klimaatverandering gedurende het Holoceen is nagegaan langs welke wegen deze klimaatverandering doorwerkt in de andere landschapscomponenten.

Bij de relaties tussen landschapscomponenten is onderscheid te maken tussen directe en indirecte relaties (par. 2.5.2.3). Zo is het voor te stellen dat bij een warmer worden van het klimaat, via de directe weg, het mediterrane element van de flora toeneemt ten koste van het boreale. Indirect zijn daarnaast nog tal van andere veranderingen te verwachten. Zo zal een warmer worden van het klimaat een versnelde relatieve zeespiegelrijzing en daarmee kustafslag en lokaal daling van de gemiddelde grondwaterstand tot gevolg kunnen hebben. Valleien verdrogen en freatofyten verdwijnen. Bovendien zal in dat geval de doorluchting van de bodem toenemen wat een versnelde mineralisatie en een plantengroei van een voedselrijker karakter tot gevolg heeft. Tal van andere indirecte invloeden van het klimaat op de vegetatie zijn te onderscheiden, zoals de invloed van het klimaat op het zandtransport via de wind en op de aanvoer van zouten vanuit de zee.

In figuur 6 is aan de hand van het rangordemodel, figuur 4 (blz. 33), aangegeven wat de belangrijkste wegen zijn waarlangs een klimaatverandering doorwerkt in het kustduinenlandschap. Hoewel dit schema vooral gemaakt is met betrekking tot klimaatveranderingen tijdens het Holoceen, heeft het een meer algemene betekenis. Veranderingen binnen andere landschapscomponenten, zowel ten gevolge van natuurlijke processen als ten gevolge van menselijke activiteiten, kunnen langs dezelfde wegen doorwerken in het hele systeem. Het spreekt vanzelf dat de begrippen direct en indirect in die gevallen betrokken dienen te worden op de landschapscomponent die centraal staat en die de oorzaak is van een 'veranderingenreeks'.
Elk getal in figuur 6 staat voor een aantal zaken die bij de desbetreffende relatie van belang zijn:

1: Temperatuurstijging, relatieve zeespiegelrijzing, verandering van stormvloedfrequentie en richting.
2 en 7: Snelheid van relatieve zeespiegelrijzing, overwegend kustafslag, soms kustaangroei.
3 en 8: Stormvloedfrequentie en richting, fasen van duinvorming, primaire en secundaire valleivorming.
4: Verandering van grootte en/of verdeling neerslag en verdamping over het jaar.
5: Verandering klimaatfactoren van belang bij bodemvorming zoals: neerslagoverschot, temperatuur, duur zonneschijn, luchtvochtigheid.
6: Verandering van praktisch alle klimaatfactoren.
9: Verandering duinbreedte (kustafslag of -aangroei), daardoor verandering grondwaterstand en aanvoer 'sea-spray'-zout.
10: Overstuiving c.q. winderosie, verandering aanvoer 'sea-spray'-zout.
11: Idem als 10.

Figuur 6. Belangrijkste relaties tussen landschapscomponenten, uitgaande van de component klimaat.

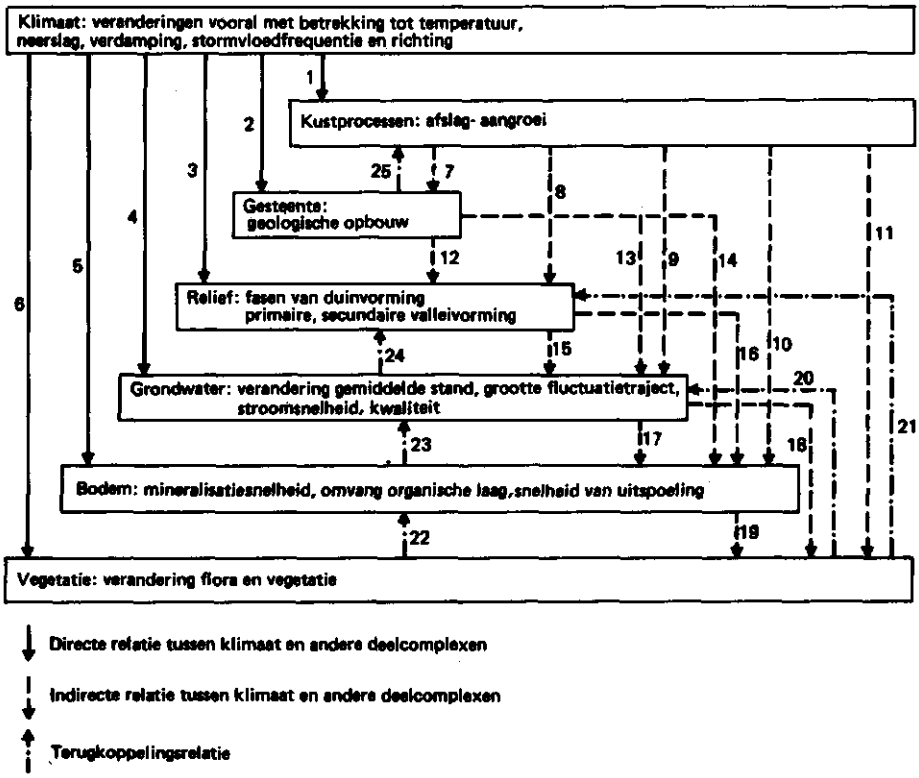


Figure 6. Main relations (direct, indirect and feed-back) between landscape components, starting with climate.

12: Kalkgehalte, mineralogische gesteldheid van het duinzand.

13: Hydrogeologische opbouw, bepalend voor grondwaterstand en voor de grootte van verandering grondwaterstand bij verandering randvoorwaarden.

14: Kalkgehalte, mineralogische gesteldheid, korrelgrootte.

15: Microgolvingen grondwateroppervlak.

16 en 17 en 22: Afhankelijk van de uitgangssituatie (nat-droog, kalkrijk-kalkarm) heeft verandering van het grondwaterregiem verandering van de bodem en daarmee van de vegetatie en omgekeerd tot gevolg.

18: Verdroging of verdrinking van valleien.

19: Successie, verruiging, verschraling, ontkalking en verzuring.

20: Grootte van de verdamping.

21: Verstuiving of vastlegging van duinen, 'organogene Dünenbildung'.

23: Grondwaterkwaliteit.

24: Niveau van valleibodems.

25: Aard van, vooral de wat dieper gelegen, gesteentes bepalend voor tempo afslag.

3.2.3 *Enige landschapscomponenten in detail*

3.2.3.1 Het grondwater kwantitatief.

Figuur 7 geeft een overzicht van de verschillende in- en uitvoerfactoren die voor de grootte van de berging van het zoete grondwater in de duinen van belang zijn. De directe invloed van de mens op de grondwaterstroming is niet nader omschreven en slechts symbolisch weergegeven. Ook de tijd is van invloed op de grootte van de berging (par. 3.2.1). Er wordt bij de hier te behandelen voorbeelden vanuit gegaan dat voordat de in- en uitvoerfactoren gaan veranderen er sprake is van een 'steady state'.

In figuur 8 is deze voorstelling verder uitgewerkt, overeenkomstig de symbolen van figuur 1 (par. 2.2.2). De toestandsvariabelen (gemiddeld volume, stroomsnelheid en fluctuaties) zijn weergegeven en voor elke in- en uitvoerfactor is aangegeven welke beslissingsvariabelen daarop van invloed zijn.

In Bakker (1981) is voor de verschillende beslissingsvariabelen nagegaan in welke mate zij kunnen variëren:

- Neerslag: Betrokken op het voortschrijdende tienjarige gemiddelde varieert de neerslag tussen 670 en 840 mm/j.
- Infiltratie: Een duingebied zonder infiltratie ontvangt jaarlijks een hoeveelheid neerslagwater van ongeveer 7500 m^3/ha. In infiltratiegebieden (kanalen plus tussengelegen terreinen) kan de wateraanvoer oplopen tot 100 000 m^3/ha.
- Verdamping: Betrokken op het voortschrijdende tienjarige gemiddelde van de verdamping van open water (E_0) blijkt dat de door het klimaat beïnvloede verdamping varieert tussen 700 en 800 mm/j. Voor de werkelijk optredende verdamping is de mate en soort van begroeiing veel belangrijker. Uitgaande van een duingebied dat voor 30 % uit valleien en voor 70 % uit duinruggen bestaat zijn de volgende situaties te onderscheiden:

Figuur 7. In- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid in de duinen opgeslagen zoet water; directe menselijke beïnvloeding wordt buiten beschouwing gelaten.

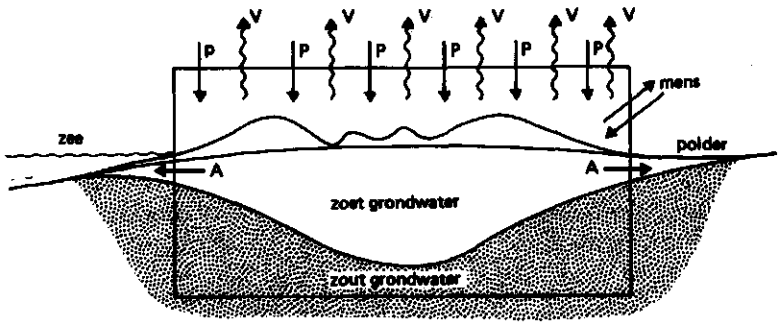
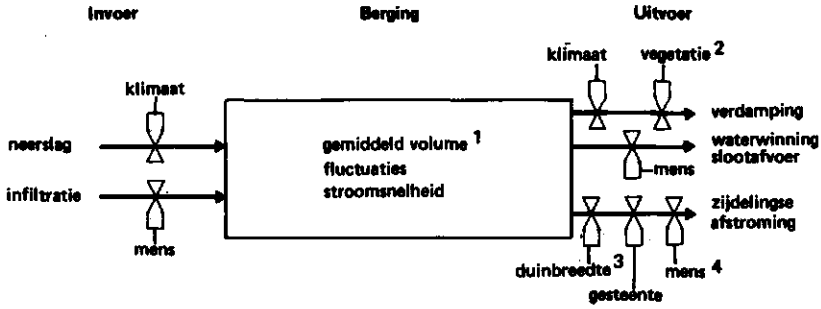


Figure 7. Input and output factors governing the amount of fresh water in dunes, other than direct human influence.

Figuur 8. Model van in- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid in de duinen opgeslagen zoet water en de beslissingsvariabelen die daarop van invloed zijn.



1. Wordt gemeten als grondwaterstand
2. Vegetatie wordt door zeer vele componenten (fig. 6) beïnvloed. Elk van deze componenten is indirect van invloed op de component grondwater
3. Duinbreedte afhankelijk van kustprocessen en de mens (afgravingen aan de binnenduinrand). Kustprocessen worden op hun beurt beïnvloed door klimaat en de mens (kustverdediging), zie ook fig. 16 en 17
4. Waterwinning, infiltratie, slootafvoer en polderpeilen

Figure 8. Input and output factors governing the amount of fresh water in dunes, including decision variables.

Valleien vochtig, ruggen half begroeid:

V = 0,3 x 550 + 0,35 x 180 + 0,35 x 360 = 354 mm/j.

Valleien vochtig, ruggen vastgelegd met helm:

V = 0,3 x 550 + 0,7 x 360 = 417 mm/j.

Valleien vochtig, ruggen geheel vastgelegd met naaldhout:

V = 0,3 x 550 + 0,7 x 550 = 550 mm/j.

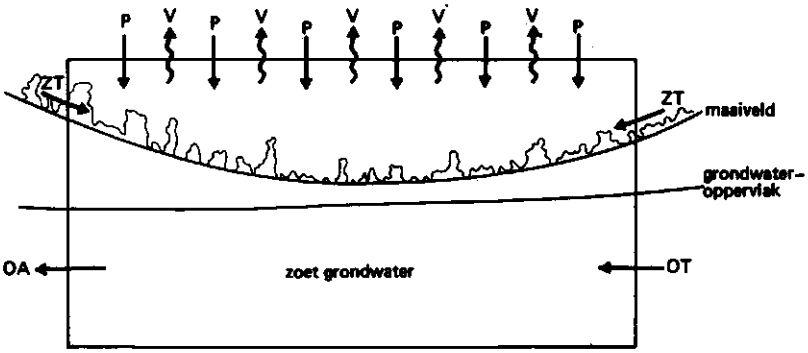
Valleien plus ruggen geheel vastgelegd met naaldhout:

V = 0,3 x 700 + 0,7 x 550 = 595 mm/j.

- Waterwinning: In de situatie zonder infiltratie kan gedurende zeer lange tijd water gewonnen worden in een hoeveelheid die kleiner is dan de hoeveelheid die via het neerslagoverschot aan het duingebied wordt toegevoegd. Dit komt overeen met een winning van maximaal ongeveer 2500 m^3/ha.j. In het verleden zijn in het Nederlandse duingebied hoeveelheden tot ongeveer 10 000 m^3/ha.j. gewonnen. In de situatie met infiltratie is de gewonnen hoeveelheid ongeveer gelijk aan de geïnfiltreerde hoeveelheid, maximaal ongeveer 100 000 m^3/ha.j.
- Zijdelingse afstroming: Hiervoor wordt verwezen naar Bakker (1981) waar dit, evenals de invloed van duinbreedte, gesteente en de mens uitgebreid aan de orde komt.

Meer in detail kunnen we de situatie in een vallei bestuderen (fig. 9 en 10). Er wordt van uitgegaan dat in de vallei zelf geen direct menselijk ingrijpen met betrekking tot het grondwater plaats vindt. Zulks kan wel het geval zijn in de omgeving

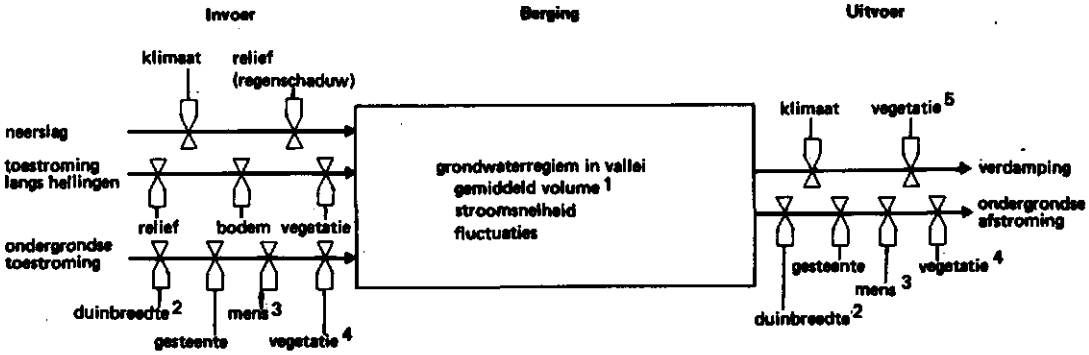
Figuur 9. In- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid onder een vallei opgeslagen zoet grondwater, directe menselijke beïnvloeding wordt buiten beschouwing gelaten.



P: neerslag, V: verdamping, ZT: toestroming langs helling,
OT: ondergrondse toestroming, OA: ondergrondse afstroming

Figure 9. Input and output factors governing the amount of fresh water under a dune slack, other than direct human influence.

Figuur 10. Model van in- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid onder een vallei opgeslagen zoet grondwater en de beslissingsvariabelen die daarop van invloed zijn.



1. Wordt gemeten als grondwaterstand
2. Duinbreedte afhankelijk van kustprocessen en de mens (afgravingen aan de binnenduinrand). Kustprocessen op hun beurt worden beinvloed door klimaat en de mens (kustverdediging) (fig. 6)
3. Waterwinning, infiltratie, slootafvoer in de omgeving en polderpeilverandering
4. Verandering van vegetatie in omgeving
5. Verandering van vegetatie ter plaatse

Figure 10. Input and output factors governing the amount of fresh water under a dune slack, including decision variables.

van de vallei waardoor de mens indirect wel van invloed kan zijn op de waterhuishouding van de vallei.

Over de grootte van de verschillende beslissingsvariabelen is geen verdere informatie aanwezig. In Bakker (1981) is slechts de waterhuishouding van duingebieden in hun geheel bestudeerd. Specifiek hydrologisch onderzoek van valleien heeft niet plaats gevonden.

3.2.3.2 Kwaliteit van het grondwater in samenhang met bodem

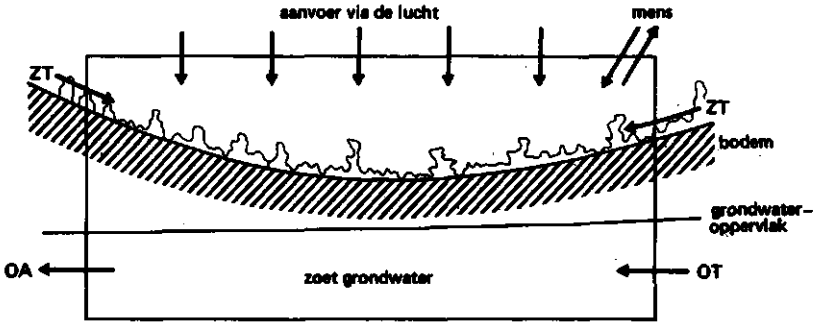
Ook voor de kwalitatieve aspecten van het grondwater kunnen modellen worden gemaakt. We beperken ons in dit geval tot de situatie in een afzonderlijke vallei. Figuur 11 geeft de belangrijkste in- en uitvoerfactoren. Er wordt van uitgegaan dat in de vallei geen menselijke activiteiten van belang voor de kwaliteit van het grondwater zoals waterwinning, infiltratie, storten van vuil en afval, lozen van afvalwater, etcetera plaats vindt. Dergelijke activiteiten kunnen wel in de omgeving van de vallei voorkomen.

Bodem en grondwater zijn vooral in vochtige valleien sterk verweven. Op grond hiervan is in figuur 12 een model opgenomen waarin de werking van de component bodem wordt weergegeven.

Een aantal beslissingsvariabelen zijn in Bakker (1981) en Klijn (1981) nader bestudeerd:

- Aanvoer van chloride via de lucht. Direct achter de zeereep is dit 200 kg/ha.j, lineair afnemend tot 80 kg/ha.j. op ongeveer 4 km achter de zeereep.
- Luchtverontreiniging. Van een aantal stoffen (SO_4^{2-}, NO_3^- en NH_4^+) is bekend dat de huidige aanvoer vijf tot vijftien maal zo groot is als onder natuurlijke omstandigheden.

Figuur 11. In- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid in bodem en grondwater opgeslagen stoffen; directe menselijke beïnvloeding is buiten beschouwing gelaten.



ZT: toestroming langs helling, OT: ondergrondse toestroming, OA: ondergrondse afstroming

Figure 11. Input and output factors governing the amount of matter stored in soil and water, other than direct human influence.

Figuur 12. Model van in- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid in de bodem opgeslagen stoffen en de beslissingsvariabelen die daarop van invloed zijn.

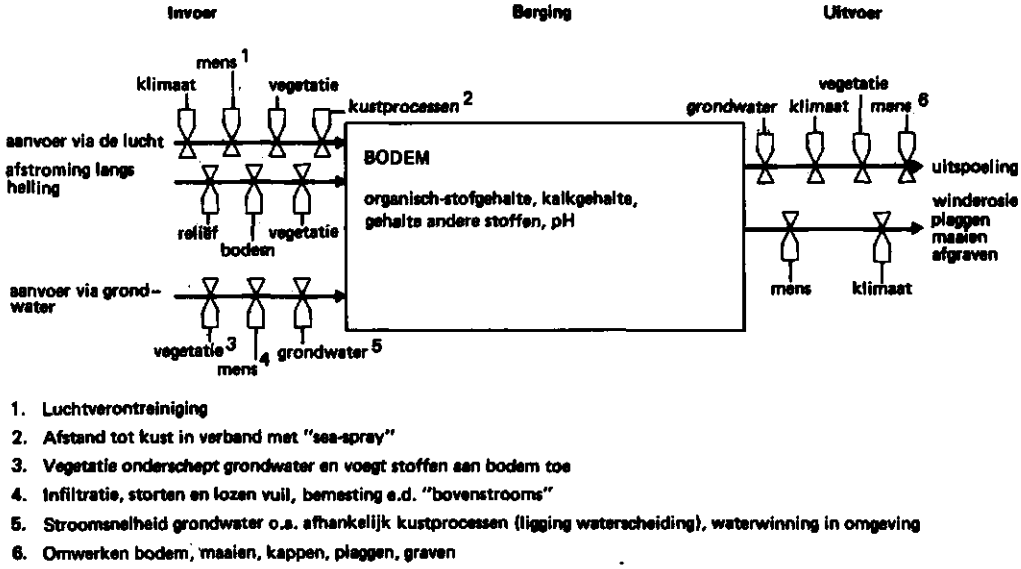


Figure 12. Input and output factors governing the amount of matter stored in soil, including decision variables.

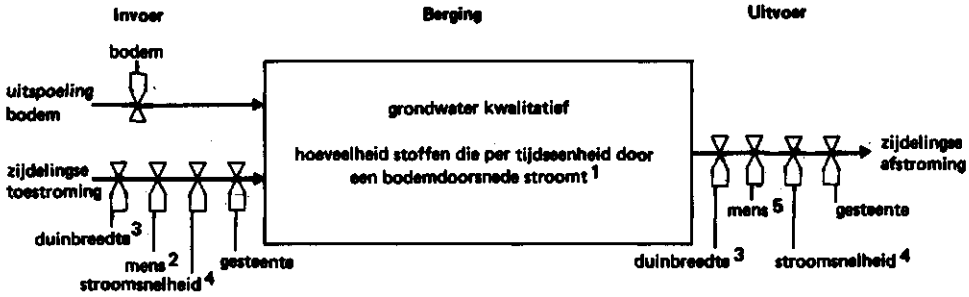
- Aanvoer via het grondwater. Bij infiltratie is de aanvoer van sommige stoffen tien tot enige tientallen malen zo groot als in de situatie zonder infiltratie.
Van de overige beslissingsvariabelen zijn geen gegevens bekend.

Voor de in het grondwater aanwezige stoffen vormen de uit de bodem uitspoelende stoffen de belangrijkste invoerfactor. Tevens lossen bepaalde bestanddelen van het duinzand op tijdens de stroming van het grondwater door de ondergrond. In figuur 13 is aangegeven welke factoren bepalend zijn voor de hoeveelheid stoffen die op een bepaalde plaats in het grondwater aanwezig zijn.

Van een aantal beslissingsvariabelen is bekend in welke mate deze kunnen variëren (Bakker, 1981; Klijn, 1981):
- Uitspoeling uit bodem: Kalk met gemiddeld 4 kg/m^2.eeuw, met een maximum van circa 13 kg/m^2.eeuw en een minimum van 0 kg/m^2.eeuw.
- Zijdelingse toestroming. Siliciumgehaltes van het grondwater nemen toe vanaf het midden van het duinmassief, waar gehaltes van 5-10 mg/l voorkomen, tot gehaltes van ongeveer 25 mg/l aan de randen van het duinmassief.
- Wanneer 'bovenstrooms' infiltratie plaats vindt kan de aanvoer van stoffen tien tot enige tientallen malen zo groot worden als onder natuurlijke omstandigheden.

De hier gepresenteerde modellen worden verder gebruikt in de paragrafen 3.3.1 en 3.4.3.2.

Figuur 13. Model van in- en uitvoerfactoren die bepalend zijn voor de hoeveelheid in het grondwater opgeslagen stoffen en de beslissingsvariabelen die daarop van invloed zijn.



1. *Als maat wordt vaak het gehalte van stoffen in het grondwater gebruikt*
2. Infiltratie, storten en lozen vuil, bemesting e.d. "bovenstrooms"
3, 4. Afstand tot waterscheiding, bepalend voor verblijftijd water in grond en daarmee voor gehalte opgeloste mineralen. Beïnvloed door kustprocessen en afgravingen binnenduinrand.
5. Waterwinning, infiltratie "benedenstrooms"

Figure 13. Input and output factors governing the amount of dissolved matter in water, including decision variables.

3.3 NATUURLIJKE VERANDERINGSPROCESSEN EN HUN EFFECTEN

Onder invloed van natuurlijke oorzaken kunnen veranderingen in het kustduinenlandschap optreden. De processen die aan deze veranderingen ten grondslag liggen worden hier natuurlijke veranderingsprocessen genoemd. In sommige gevallen worden dergelijke, op zichzelf natuurlijke veranderingsprocessen direct of indirect op gang gebracht door menselijke activiteiten.

In Bakker et al. (1979b) is een overzicht gegeven van een groot aantal natuurlijke veranderingsprocessen, hun oorzaken en hun effecten. Dit overzicht wordt hier kort aangehaald en een aantal natuurlijke veranderingsprocessen wordt besproken. Bij de bespreking van de effecten wordt er van uitgegaan dat, voordat een natuurlijk veranderingsproces in werking treedt, een natuurlijk, ongestoord procesverloop gaande is. Dit houdt onder meer in dat de valleien overwegend vochtig zijn en dat vegetatie en reliëf ongestoord zijn. Bij de bespreking van de verschillende natuurlijke veranderinsprocessen is een standaardmodel gebruikt waarin de volgende punten aan de orde komen.

- Natuurlijke oorzaken. Aangegeven wordt onder invloed van welke natuurlijke oorzaken het veranderingsproces op gang kan komen. Cursieve zetwijze + nummer van zo'n oorzaak wijzen erop dat de oorzaak een veranderingsproces kan zijn dat eveneens in Bakker et al. (1979b) besproken wordt.
- Menselijke beïnvloeding. Aangegeven wordt welke menselijke activiteiten het veran-

deringsproces stimuleren of op gang brengen. Ook worden activiteiten genoemd die soortgelijke effecten hebben als natuurlijke veranderingsprocessen en die er daardoor soms moeilijk van te onderscheiden zijn. Cursieve zetwijze + nummer duiden er in zo'n geval op dat de activiteit in paragraaf 3.4 besproken wordt.

- Direct effect op het abiotisch milieu. Bij de bespreking van effecten zijn alleen tendensen (die overigens niet altijd merkbaar behoeven te zijn) aangegeven, de effecten zijn niet gekwantificeerd. In die gevallen waar verschil bestaat tussen effecten op korte en effecten op lange termijn is dit expliciet vermeld. In de overige gevallen hebben de tendensen betrekking op zowel de korte als de lange termijn. Onder korte-termijneffecten worden die effecten verstaan die tijdens of vlak na het eindigen van het veranderingsproces optreden en onder lange-termijneffecten degene die enige tijd (enige jaren) na het eindigen van het veranderingsproces optreden. Ook hier wijst cursieve zetwijze + nummer naar een veranderingsproces dat in Bakker et al. (1979b) behandeld wordt. Door het opzoeken van de effecten van dit nieuwe veranderingsproces kan men ook de indirecte of neveneffecten van het oorspronkelijke veranderingsproces nagaan. Men zal merken dat er steeds doorverwezen wordt naar nieuwe neveneffecten. In het algemeen zullen de neveneffecten waar in eerste instantie naar verwezen wordt, de belangrijkste zijn.

- Totaal effect op de vegetatie. Wanneer het totaal aan effecten, zowel directe als indirecte, leidt tot differentiëring van het vegetatiepatroon en een toename van de soortenrijkdom, dan wordt dit aangeduid als verrijking. Bij vergroving van het vegetatiepatroon en afname van de soortenrijkdom wordt gesproken van verarming. Wanneer door een veranderingsproces de oorspronkelijke vegetatie geheel verdwijnt en de nieuwe vegetatie die tot ontwikkeling komt soortenrijker en gedifferentieerder is dan de oorspronkelijke vegetatie wordt ook van verrijking gesproken. In het omgekeerde geval spreken we van verarming. Hoewel bij natuurlijke veranderingsprocessen, op de plaats waar ze optreden en op korte termijn beschouwd, sprake kan zijn van verarming, zijn op wat grotere schaal en wat langere termijn natuurlijke veranderingsprocessen meestal positief. Zij houden het dynamisch karakter dat zo kenmerkend is voor het natuurlijke duinmilieu, in stand. Doordat zij nooit overal tegelijk optreden zorgen ze voor een rijke afwisseling van opbouw en afbraak (bijvoorbeeld successie en degradatie van de vegetatie onder invloed van verstuivingen) zowel in de ruimte als in de tijd. Het door de mens op grote schaal tegengaan van natuurlijke veranderingsprocessen in de duinen moet dan ook over het algemeen als negatief beoordeeld worden. Hierop wordt in paragraaf 3.5 teruggekomen. Bij het totaal effect op de vegetatie verwijst cursieve zetwijze + nummer naar effecten die bij het veranderingsproces optreden en die overeenkomen met de effecten van een veranderingsproces dat in Bakker et al. (1979b) besproken wordt.

In Bakker et al. (1979b) komen de volgende natuurlijke veranderingsprocessen ter sprake.

I Klimaat

A *Klimaatsverandering* *(1)*

II Kustprocessen

A Verandering van de ligging van de duinvoet

Duinaangroei *(2)*

Duinafslag *(3)*

III Geomorfologie

A Verandering van duinbreedte

Toename duinbreedte *(4)*

Afname duinbreedte *(5)*

B Verandering van maaiveldhoogte

Verhoging maaiveld *(6)*

Verlaging maaiveld *(7)*

IV Grondwater

A Verandering gemiddelde grondwaterstand

Grondwaterstandsstijging *(8)*

Grondwaterstandsdaling *(9)*

B Verandering fluctuatietraject

Toename fluctuatietraject *(10)*

Afname fluctuatietraject *(11)*

C *Toename voedselgehalte grondwater* *(12)*

V Bodem

A *Ontkalking van de bodem* *(13)*

B Verandering organisch stofgehalte

Toename organisch stofgehalte *(14)*

Afname organisch stofgehalte *(15)*

C Verandering voedselrijkdom

Voedselverrijking *(16)*

Voedselverarming *(17)*

VI Plantengroei

A Verandering in levende biomassa/hoogte van de vegetatie

Toename *(18)*

Afname *(19)*

VII Dierenleven

A Verandering in levende biomassa fauna

Toename *(20)*

Afname *(21)*

3.3.1 Enige voorbeelden

In paragraaf 3.2.3 is het deelcomplex grondwater nader besproken. Met behulp van de modellen uit die paragraaf worden de natuurlijke veranderingsprocessen die betrekking hebben op het grondwater hier, overeenkomstig het in paragraaf 3.3 gegeven standaardmodel, behandeld. Het betreft de natuurlijke veranderingsprocessen 8, 9, 10, 11 en 12.

IV G R O N D W A T E R

A VERANDERING VAN DE GEMIDDELDE STAND

Algemeen

Onder de gemiddelde grondwaterstand wordt het gemiddelde over een lange aaneengesloten periode (ongeveer 10 jaar) verstaan.

Grondwaterstandsstijging: een langdurige (meerdere decennia tot honderd jaar) c.q. blijvende stijging van deze gemiddelde stand.

Grondwaterstandsdaling : een langdurige (meerdere decennia tot honderd jaar) c.q. blijvende daling van deze gemiddelde stand.

(8) Grondwaterstandsstijging	*(9) Grondwaterstandsdaling*
Natuurlijke oorzaken	
- *Toename duinbreedte (4)*	- *Afname duinbreedte (5)*
- *Klimaatsverandering (1)* toename neerslag, afname verdamping	- *Klimaatsverandering (1)* afname neerslag, toename verdamping
- Afname verdamping door verandering plantengroei	- Toename verdamping door verandering plantengroei
- Kustprocessen: ondieper worden van stroomgeulen	- Kustprocessen: dieper worden van de zeebodem
Menselijke beïnvloeding	
- Stimuleren *toename duinbreedte (4)*	- Stimuleren *afname duinbreedte (5)*
- Belemmeren oppervlakte-ontwatering, plaatsen van stuwen in sloten e.d.	- Stimuleren oppervlakte-ontwatering door slootaanleg e.d.
- Ondieper maken van de zee door zandsuppletie	- Uitdiepen van de zee t.b.v. zandwinning

- *Polderpeilverhoging (38)*	- *Polderpeilverlaging (37)*
- Bevorderen *afname levende biomassa/ hoogte van de vegetatie (19)* kappen naaldhoutbestand)	- Bevorderen *toename levende biomassa/hoogte van de vegetatie (18)* (beplanten duinen, vooral met naaldhoutsoorten)
- Stoppen *waterwinning (32)*	- Starten of intensiveren *waterwinning (32)*
- Starten *infiltratie (31)*	- Afvoer neerslag op gebouwen en wegen in duingebied
	- Starten of intensiveren bronbemaling ten behoeve van bouwwerken (ook aanleg van bouwputten in zee)

Direct effect op abiotisch milieu (vooral m.b.t. de valleien)

- Vermindering dagelijkse en jaarlijkse temperatuursamplitudo bovenste bodem- en onderste luchtlagen	- Tegengesteld effect op temperatuursamplitudo als bij grondwaterstandsverhoging. Toename nachtvorsten en hogere temperaturen overdag
- Mogelijk ontstaan van duinmeren en dan *verkleining fluctuatietraject (11)*	- Mogelijk verdwijnen duinmeren en dan *toename fluctuatietraject (10)*
- Toename kwelverschijnselen nabij binnenduinrand waardoor aanvankelijk enige eutrofiëring mogelijk is	- Afname kwelverschijnselen
- Soms ook elders, op korte termijn eutrofiëring	- In neutraal-basische bodem veelal eutrofiëring
- Bij permanente verzadiging bodem met grondwater *toename organisch stofgehalte (14)* van de bodem	- *Afname organisch stofgehalte (15)* van de bodem door versterkte mineralisatie
	- In zure bodems soms *toename organisch stofgehalte (14)*
	- Bij niet meer geïnundeerd raken van valleien in de winter verminderde beschikbaarheid van bepaalde elementen (met name P, Mn, Fe)

Totaaleffect op de vegetatie (vooral m.b.t. valleivegetaties)

- *Afname levende biomassa (19)* op korte termijn	- *Afname levende biomassa (19)*
- Op den duur echter vaak *toename levende biomassa (18)*	
- Plaatselijk afsterven vegetatie door verdrinking wortels	- Plaatselijk afsterven vegetatie door verdroging

- Na verloop van tijd veelal verrijking van de oorspronkelijke vegetatie	- Veelal verarming van de oorspronkelijke vegetatie. Vooral water- en grondwaterplanten verdwijnen
Opmerking Negatieve effecten kunnen in sterke mate worden beperkt of gecompenseerd door *maaien/kappen (41)* en *afplaggen (42)*	Negatieve effecten kunnen soms ten dele en soms in sterke mate worden beperkt of gecompenseerd door *laten stuiven (45)*, *afgraven (36)* en *afplaggen (42)*

B VERANDERING FLUCTUATIETRAJECT

Algemeen

Onder fluctuaties worden kortdurende (maximaal enige jaren) verticale bewegingen van het grondwateroppervlak verstaan. In een situatie zonder direct menselijk ingrijpen in de grondwaterhuishouding kunnen de volgende fluctuaties onderscheiden worden: Jaarfluctuaties (0,4 à 0,7 m), die ontstaan door natte en droge jaren; seizoenfluctuaties (0,4 à 0,7 m), die ontstaan door verschil in verdamping tussen zomer en winter, en kortdurende fluctuaties, die ontstaan onder invloed van buien en droge periodes.

- Toename fluctuatietraject: toename van de grootte (hogere winter- en/of lagere zomerstanden, veranderende gemiddelde stand).
- Afname fluctuatietraject: afname van de grootte (hogere zomer- en/of lagere winterstanden, veranderende gemiddelde stand).

Bij een verandering van het fluctuatietraject treedt meestal ook een verandering van de horizontale stroomsnelheid van het grondwater op.

(10) Toename fluctuatietraject	*(11) Afname fluctuatietraject*
Natuurlijke oorzaken - *Klimaatsverandering (1)* grotere variaties in neerslag- en/of verdampingshoeveelheden in de tijd - *Toename levende biomassa/hoogte vegetatie (18)*, waardoor toename verdamping in de zomer - Verdwijnen c.q. afname van oppervlakte open water, ('open-water effect')	- *Klimaatsverandering (1)*, kleinere variaties in neerslag- en/of verdampingshoeveelheden in de tijd - *Afname levende biomassa/hoogte vegetatie (19)*, waardoor afname verdamping in de zomer - Ontstaan c.q. toename van oppervlakte open water, ('open-water effect')

Menselijke beïnvloeding

- Starten of intensiveren *waterwinning (32)*. Vooral wanneer winning zeer sterk over het jaar wisselt; groot zomer- en klein winterverbruik, onder invloed toerisme.	- Graven van plassen ('open-water effect')
- Starten van *infiltratie (31)*	
- Bevorderen *toename levende biomassa/ hoogte van de vegetatie (18)* door aanplanten bos e.d.	- Bevorderen *afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19)* door kappen bos e.d.
- Laten toenemen fluctuaties van peil in aangrenzende polders	- Laten afnemen fluctuaties van peil in aangrenzende polders
- Starten of intensiveren bronbemaling t.b.v. bouwwerken	- Beïnvloeden oppervlakte-ontwatering: stuwen in de zomer, ontwateren in de winter

Direct effect op abiotisch milieu (vooral m.b.t. de valleien)

- Toename dagelijkse temperatuursamplitudo in zomer en afname dagelijkse temperatuursamplitudo in winter	- Tegengesteld effect op temperatuursamplitudo als bij toename fluctuatietraject
- Vooral in basisch-neutraal milieu *voedselverrijking van de bodem (16)*	- Mogelijk plaatselijk enige *voedselverarming van de bodem (17)*
- In zure bodem plaatselijk ophoping organisch materiaal, soms gepaard gaande met eutrofiëring	- Bij niet meer geïnundeerd raken van vallei in de winter, afname beschikbaarheid P, Mn en Fe - Vooral bij zure omstandigheden kan plaatselijk ophoping van organisch materiaal plaatsvinden

Totaal effect op de vegetatie (vooral m.b.t. de valleivegetaties)

- Plaatselijk *afname levende biomassa/ hoogte van de vegetatie (19)*	- Plaatselijk *afname levende biomassa/hoogte vegetatie (19)*. Op lange termijn echter plaatselijk *toename levende biomassa/hoogte vegetatie (18)*
- Veelal verarming van de oorspronkelijke vegetatie	- Veelal verarming van de oorspronkelijke vegetatie

Opmerking

Negatieve effecten kunnen ten dele worden beperkt of gecompenseerd door *maaien/kappen (41)* en *afplaggen (42)*	Negatieve effecten kunnen ten dele worden beperkt of gecompenseerd door *maaien/kappen (41)* en *afplaggen (42)*

C (12) Toename voedselgehalte grondwater

Algemeen

Onder toename van het voedselgehalte van het grondwater wordt een toename van het gehalte aan opgeloste plantevoedingsstoffen verstaan c.q. een toename van de per tijdseenheid aangevoerde hoeveelheid plantevoedingsstoffen.

Natuurlijke oorzaken

- 'Sea-spray', aanvoer door de lucht vanuit zee.
- Overspoeling met relatief eutroof water (bijv. zeewater).
- *Voedselverrijking van de bodem (16).*

Menselijke beïnvloeding

- Starten of intensiveren van de volgende activiteiten: *Industrievestiging (25), infiltratie (31), bebouwing (26), wegen (28), leidingen (29)* (bij lekkage), *afval storten (27), gas- en oliewinning (30)* (Tijdens gebruik en vooral bij calamiteiten), *recreatie (46), luchtverontreiniging (22).*

Direct effect of abiotisch milieu (vooral m.b.t. de valleien)

- Plaatselijk *voedselverrijking van de bodem (16)* van de valleien.

Totaal effect op de vegetatie (vooral m.b.t. de valleivegetaties)

- Verarming van de oorspronkelijke vegetatie.

3.4 DE ROL VAN DE MENS

3.4.1 Inleiding

Gedurende vele duizenden jaren is de mens reeds actief in het duingebied. Uit de studie van Van Regteren Altena (in Jelgersma et al., 1970) blijkt dat al in circa 2000 voor Chr. menselijke bewoning in de duinen voorkwam. Naast woongebied waren de duinen van belang als gebied om er vee te weiden, landbouw te bedrijven, te jagen, te vissen, plaggen te steken, hout te kappen en ruigte en hooi te halen. Daarnaast waren de duinen van belang als zeewering voor het achterliggende land. In hoofdstuk 5 worden verschillende activiteiten die de mens van oudsher in de duinen pleegde uitgebreid besproken.

In de loop der tijd is de rol van de mens in het duingebied sterk veranderd. Vooral na 1850 is deze verandering opvallend. Naast marginaal landbouw- en veeteeltgebied en als zeewering werd het duingebied in toenemende mate van belang voor de watervoorziening van westelijk Nederland, als vestigingsplaats voor industrieën, stedelijke bewoning en voor recreatie.

Bij de rol van de mens in het duingebied is onderscheid te maken tussen zijn in-

Tabel 2. Landgebruik in en aantasting van het kustduinenlandschap voor 1850 en na 1850.

	Voor 1850	Na 1850
Landgebruiker, beheerder	Provincie, gemeente, particulier	Provincie, gemeente, Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en dergelijke
Landgebruiksvorm, beheer	Jacht Agrarisch landgebruik Bewoning (verspreid)	Waterwinning (1853) bebossing (1870) infiltratie (1940) industrievestiging bewoning (geconcentreerd) Vastlegging door beplanting recreatie natuurbeheer
Aantastingen	Overexploitatie door de jacht, landbouw kleinschalige vergravingen	Grondwaterstandsdaling grootschalige vergravingen bodemverontreiniging kustverdedigingswerken 'over'betreding luchtverontreiniging

Table 2. Land use and deterioration of coastal dunes before and after 1850.

vloed op de van nature voorkomende processen en verschijnselen en zijn activiteiten die processen en verschijnselen met een heel eigen karakter tot gevolg hebben. Voor 1850 had het menselijk handelen vooral betrekking op de van nature voorkomende processen en verschijnselen. Na die tijd is er in toenemende mate sprake geweest van het optreden van processen en verschijnselen met een aan de mens gebonden karakter. Op het ogenblik zijn deze laatste in grote delen van het Nederlandse duingebied van een vergelijkbare omvang als de van nature voorkomende. In sommige gevallen, zoals bij industrievestiging en stedelijke bebouwing, zijn praktisch alle voor het duingebied kenmerkende processen en verschijnselen verloren gegaan. In tabel 2 is het menselijk handelen van voor en na 1850 met elkaar vergeleken.

3.4.2 *Invloed op de van nature voorkomende processen en verschijnselen*

De processen binnen deelcomplexen van het landschap zijn vooral via de beslissingsvariabelen die bepalend zijn voor in- en uitvoer, te beïnvloeden (par. 2.2 en 3.2). Voor de gevolgen die een ingreep heeft op het duinlandschap is het vooral van belang of de invoer dan wel de uitvoer beïnvloed wordt. Chorley & Kennedy (1971) merken in dit verband op dat ingrepen in de invoer in hoge mate onafhankelijk kunnen zijn van de systeemorganisatie en deze zelfs tijdelijk of blijvend kunnen veranderen wanneer de invoer een bepaalde drempelwaarde overschrijdt. Ingrepen die betrekking hebben op de uitvoer zijn in veel sterker mate afhankelijk van het systeem waar ze betrekking

op hebben. Begrippen als systeemvreemd en systeemgebonden, zoals onder andere te vinden bij Zielhuis & Biersteker (1975), sluiten hier nauw bij aan.

De beïnvloeding van de uitvoer van het ene deelcomplex heeft, de voorstelling van het landschap als cascade-systeem indachtig, gevolgen voor de invoer van andere deelcomplexen. Evenzo zal beïnvloeding van de invoer verandering van de uitvoer met zich meebrengen, waarbij deze veranderde uitvoer vervolgens, in de vorm van invoer, van invloed is op andere deelcomplexen. Wanneer in het hiernavolgende sprake is van het beïnvloeden van in- of uitvoer, wordt daarmee de directe beïnvloeding van het deelcomplex waarop dit betrekking heeft bedoeld, en niet de indirecte, afgeleide invloed op andere deelcomplexen.

3.4.2.1 De uitvoer

Beïnvloeding van de uitvoer van deelcomplexen komt van oudsher voor in de duinen, waar bij landbouwkundige activiteiten de opbrengst van bodem, vegetatie en fauna wordt geoogst. Daar, afgezien van eventuele bemesting, slechts de uitvoerkant van de landschapscomponenten wordt beïnvloed, dient de mens bij zijn activiteiten rekening te houden met de eigenschappen van het deelcomplex waar ze betrekking op hebben. (De activiteiten zijn systeemgebonden). Worden bepaalde grenzen overschreden, bijvoorbeeld te grote houtkap of te grote oogst aan ruigte, dan stort het systeem in. Zo waren de sterke verstuivingen die tot het begin van deze eeuw de weinig draagkrachtige duinen van Terschelling, Vlieland, Schoorl, Schouwen en Walcheren geteisterd hebben, in ieder geval voor een deel te wijten aan overexploitatie (Klijn, 1981; Bakker et al., 1979a).

Hoewel dit soort invloeden op de uitvoer plaatselijk en regionaal voor een afname van de ruimtelijke variatie zorgde, was er in het Nederlandse duingebied als geheel sprake van een toename van de variatie.

Met het voortschrijdend technisch kunnen is ook de mate en de manier van menselijke beïnvloeding veranderd. Er is in toenemende mate sprake van het beïnvloeden van invoerfactoren. Slechts bij een beperkt aantal van de huidige menselijke activiteiten wordt de uitvoer beïnvloed. Als voorbeeld kan de invloed die de winning van grondwater op het deelcomplex grondwater heeft, gelden. Wanneer de grootte van de gewonnen hoeveelheden is afgestemd op de eigenschappen van het systeem, wanneer de winning dus aanzienlijk kleiner is dan het neerslagoverschot in het winningsgebied, zal de zoetwaterlens weliswaar veranderen, maar zich kunnen handhaven. Wanneer de winning echter groter wordt dan het neerslagoverschot verandert de grondwaterstroming zodanig dat een nieuw systeem ontstaat met andere eigenschappen. De grondwaterstanden dalen sterk en de zoetwaterzak verzilt. Bij het stoppen van de waterwinning zal pas na vele decennia tot enige honderden jaren herstel van de oude situatie plaatsvinden.

3.4.2.2 De invoer

Vroegere menselijke activiteiten met betrekking tot de invoer beperkten zich tot het bemesten, beplanten en bezaaien van duinakkers, terwijl bij het beheer van de zeereep helm werd geplant (hoofdstuk 5). In de periode na 1850 is er in toenemende mate sprake van het beïnvloeden van de invoer. In paragraaf 3.4.3 komen een groot aantal van de huidige invloeden op de invoer aan de orde. Hier noemen we slechts het vastleggen van de duinen en het infiltreren van oppervlaktewater voor de drinkwaterwinning.

Toename van de vegetatie is een proces dat van nature in de duinen voorkomt en dan systeemeigen c.q. systeemgebonden is. Bij helmaanplant en vooral bij (naald)-bosaanplant is het tempo en de uitgestrektheid van de vegetatietoename veel groter dan onder natuurlijke omstandigheden (par. 3.5). Bovendien worden bij naaldbosaanplant soorten geïntroduceerd die van nature niet in het Nederlandse duingebied voorkomen.

Ook toename van het voedselgehalte van bodem en grondwater komt van nature, bijvoorbeeld bij het verdrogen van vochtige valleien, voor. Bij infiltratie zijn tempo, duur, niveau en uitgestrektheid van het gebied van voedselverrijking veel groter dan onder natuurlijke omstandigheden. Voorts is stijging van de grondwaterstand een van nature voorkomend proces, zoals bij kustaangroei. Bij infiltratie is het tempo en de grootte van stijging veel groter dan onder natuurlijke omstandigheden. Naast deze twee processen brengt infiltratie een groot aantal andere processen en verschijnselen met zich mee. Een aantal daarvan, die in hun geheel aan de mens gebonden zijn, worden in paragraaf 3.4.3 behandeld.

3.4.3 Effecten van menselijke activiteiten

3.4.3.1 Algemeen

Onder menselijke invloed hebben zich in het duingebied ingrijpende veranderingen voorgedaan. Naast het beïnvloeden van natuurlijke veranderingsprocessen heeft de mens veranderingen van een eigen orde en grootte geïntroduceerd. Bij de landbouwkundige activiteiten die van oudsher in de duinen plaats vonden was dit het geval bij het egaliseren van duinakkers, het graven van sloten, het omwerken van de bodem en het bouwen van huizen. Bij vele van de huidige menselijke activiteiten worden eveneens processen en verschijnselen geïntroduceerd van een geheel aan de mens gebonden karakter, zoals industrievestiging, stadsuitbreiding, wegenaanleg, aanleg van leidingen, boorlocaties en parkeerplaatsen, graven van kanalen, afgravingen etcetera. Vele van deze activiteiten hebben, als neveneffect, vaak het op gang komen van natuurlijke veranderingsprocessen tot gevolg. Zo heeft een vergraving een aantasting van het reliëf tot gevolg die van nature nooit voorkomt. De verstuiving die een gevolg van deze vergraving kan zijn, is een veranderingsproces dat van nature in de duinen voorkomt. In paragraaf 3.3 is het samengaan van menselijke activiteiten en natuurlijke

veranderingsprocessen al naar voren gekomen, waar bij de oorzaken van het op gang komen van natuurlijke veranderingsprocessen de menselijke beïnvloeding is besproken.

In de onderhavige paragraaf komen de effecten van ingrepen in het kader van infrastructurele werken, zoals de aanleg van wegen, leidingen, industrievestiging, bebouwing, reactievoorzieningen en mijnbouw (civieltechnische activiteiten), landbouw en bosbouw (cultuurtechnische activiteiten) en natuurbehoud en -beheer (natuurtechnische activiteiten) aan de orde (zie voor de betekenis van deze begrippen par. 5.4.5).

Bij de bespreking van de effecten van menselijke activiteiten, die in z'n geheel te vinden is in Bakker et al. (1979b) en waarvan hier een kort uittreksel wordt gepresenteerd, worden de effecten die optreden in de aanlegfase, bij het in gebruik nemen of bij het intensiveren van het gebruik samen genomen. Tevens wordt aangegeven op welke wijze en in welke mate negatieve effecten beperkt of gecompenseerd kunnen worden.

De wenselijkheid van de activiteiten en de toelaatbaarheid van negatieve effecten staan hier niet ter discussie. In paragraaf 5.4.3 wordt hier voor een deel nader op ingegaan.

Bij het in Bakker et al. (1979b) gegeven overzicht en bij het hier gepresenteerde uittreksel wordt bij de bespreking van de verschillende menselijke activiteiten het volgende standaardmodel gebruikt:

- Algemeen. De aard van de activiteit (civieltechnisch, cultuurtechnisch, natuurtechnisch) is van belang omdat deze iets zegt over het effect. Zo zal een afgraving die vanuit civieltechnisch oogpunt wordt uitgevoerd vaak negatieve effecten met zich meebrengen, terwijl een uitvoering vanuit natuurtechnisch oogpunt vaak positief is.
- Directe effecten op het abiotisch milieu. Er is onderscheid gemaakt tussen effecten die lokaal en die regionaal optreden, dit om het effect van een activiteit beter te kunnen beoordelen. Lokaal wil zeggen dat de invloed maximaal tot op enige tientallen meters afstand van de ingreep merkbaar is. Bij een regionale invloed is dit enige kilometers. Cursieve zetwijze + nummer verwijst soms naar een natuurlijk veranderingsproces dat in paragraaf 3.3 besproken wordt. Dit duidt erop dat dit veranderingsproces door de onderhavige activiteit op gang wordt gebracht. Door het opzoeken van de effecten van dit veranderingsproces kan men ook de indirecte neveneffecten van de betreffende menselijke activiteit nagaan. Men zal merken dat er steeds doorverwezen wordt naar nieuwe neveneffecten. In het algemeen zullen de neveneffecten waar in eerste instantie naar verwezen wordt de belangrijkste zijn. Soms verwijst cursieve zetwijze + volgend nummer ook naar een menselijke activiteit elders in paragraaf 3.4.3.1. Dit duidt erop dat de onderhavige activiteit dezelfde effecten als de gecursiveerde activiteit veroorzaakt. Bij de effectenbespreking zijn alleen tendensen aangegeven (die niet altijd merkbaar behoeven te zijn); de effecten zijn niet gekwantificeerd. In die gevallen waar er verschil is tussen effecten op korte en effecten op lange termijn is dit expliciet vermeld. In de overige gevallen hebben de tendensen betrekking op zowel de korte als de lange termijn. Onder korte-termijneffecten worden die effecten verstaan die tijdens of vlak na beëindiging van het veranderingsproces

optreden en onder lange-termijneffecten die effecten die enige tijd (enige jaren) na het beëindigen van het veranderingsproces optreden.

- Totaal effect op de vegetatie. Wanneer het totaal aan effecten, zowel directe als indirecte, leidt tot differentiëring van het vegetatiepatroon en een toename van de soortenrijkdom dan wordt dit aangeduid als verrijking, een dergelijke ontwikkeling wordt als positief beoordeeld. Bij vergroving van het vegetatiepatroon en afname van de soortenrijkdom wordt gesproken van verarming; deze ontwikkeling wordt als negatief beoordeeld. Wanneer door een ingreep de oorspronkelijke vegetatie geheel verdwijnt en de nieuwe vegetatie die tot ontwikkeling komt soortenrijker en gedifferentieerder is dan de oorspronkelijke vegetatie, dan spreekt men ook van een positief effect. In het omgekeerde geval spreekt men van een negatief effect. Bij het totaal effect op de vegetatie is net als bij de bespreking van de directe effecten op het abiotisch milieu onderscheid gemaakt in veranderingen die lokaal en degene die regionaal optreden.

- Mogelijkheden om negatieve effecten te beperken. Er is aangegeven in welke mate negatieve effecten beperkt kunnen worden en door welke maatregelen zulks bereikt kan worden. Er is daarbij, wanneer dat mogelijk was, aangegeven op welke plaats, op welk tijdstip en op welke wijze de activiteit moet plaatsvinden om de negatieve effecten zoveel mogelijk te beperken.

In Bakker et al.(1979b) worden de volgende menselijke activiteiten besproken.

Luchtverontreiniging	*(22)*
Zeewering: A *Stimuleren duinaangroei*	*(23)*
B *Tegengaan duinafslag*	*(24)*
Industrievestiging	*(25)*
Bebouwing	*(26)*
Afval storten	*(27)*
Wegen	*(28)*
Leidingen	*(29)*
Gas- en oliewinning	*(30)*
Infiltratie	*(31)*
Waterwinning	*(32)*
Landbouw 'intensief'	*(33)*
Ophogen	*(34)*
Omwerken van de bodem	*(35)*
Afgraven	*(36)*
Polderpeilverandering: A *Polderpeilverlaging*	*(37)*
B *Polderpeilverhoging*	*(38)*
Paden	*(39)*
Beweiden	*(40)*
Maaien/kappen	*(41)*
Afplaggen	*(42)*
Branden	*(43)*

Beplanten *(44)*
Laten stuiven *(45)*
Recreatie *(46)*

3.4.3.2 Infiltratie en waterwinning als voorbeeld

In Bakker (1981) en in Bakker et al. (1979a) is aandacht besteed aan de gevolgen van waterwinning en infiltratie op het duinmilieu. Op grond van deze gegevens worden de effecten van waterwinning en infiltratie, de menselijke activiteiten 32 en 31 uit paragraaf 3.4.3.1 nader besproken.

(31) Infiltratie

ALGEMEEN

Aard van de activiteit: civieltechnisch. Over het algemeen wordt water afkomstig van Rijn of Maas in de duinen geïnfiltreerd. Vooral in het duingebied tussen Hoek van Holland en Castricum is deze activiteit sterk verbreid, terwijl grote uitbreidingen gepland zijn.

DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- *Grondwaterstandsstijging (8)* waarbij op grote schaal open water ontstaat, zowel in het eigenlijke infiltratiegebied als, soms, in de omgeving.
- Soms *grondwaterstandsdaling (9)* in aangrenzend gebied.
- *Toename voedselgehalte grondwater (12)*. Er vindt aanvoer van stoffen plaats in een hoeveelheid die soms tientallen malen groter is dan in een situatie zonder infiltratie, waardoor ook verontreiniging van bodem en grondwater en *voedselverrijking van de bodem (16)* optreedt.
- Verstoring van het fluctuatietraject waarvan de effecten vergelijkbaar zijn met die van een *toename fluctuatietraject (10)*.

Lokaal

- Aanleg *wegen (28), leidingen (29), afgraven (36), ophogen (34), omwerken van de bodem (35)*.

TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Regionaal

- Sterke verarming.

Lokaal

- Geheel verdwijnen van de vegetatie.

MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts in heel geringe mate worden beperkt door:

- Concentreren van infiltratiewinningsactiviteiten in een zo klein mogelijk gebied.
- Bepaalde structuur in tact laten, zoveel mogelijk van natuurlijke laagten gebruik maken.
- Infiltratiebekkens met winningsmiddelen omgeven, zodanig dat geen infiltratiewater naar omgeving ontsnapt.
- Vergaand voorzuiveren infiltratiewater, hierdoor weliswaar geen situatie vergelijkbaar met situatie zonder infiltratie (zie direct effect op het abiotisch milieu), wel sterke reductie in aangevoerde hoeveelheden stoffen.
- Geen bodemslib, waterplanten, algen en wieren op de oevers brengen, maar afvoeren naar buiten het duingebied.
- Spoelwater en slib van snelfilters en schraapsel van langzame zandfilters niet in het duingebied lozen, maar afvoeren naar buiten het duingebied.
- Zuiverings-, opslag- en pompgebouwen buiten het duingebied situeren.
- Natuurlijk grondwaterregiem imiteren, geen grote plotselinge fluctuaties veroorzaken.
- *Maaien (41)* van kanaaloevers en kwelplaatsen.

OPMERKING

Het effect van infiltratie op de fauna is ten opzichte van een natuurlijke situatie met vochtige valleien waarschijnlijk negatief. Ten opzichte van een verdroogde situatie mogelijk positief (Udo de Haes et al., 1980). Nader onderzoek hiernaar is gewenst.

(32) Waterwinning

ALGEMEEN

Civieltechnische activiteit waarbij natuurlijk duinwater uit diepe of direct onder het maaiveld gelegen bodemlagen wordt gewonnen. Eén van de belangrijkste oorzaken van de sterke achteruitgang van de kwaliteit van de Nederlandse duinvalleien in de afgelopen anderhalve eeuw.

DIRECTE EFFECTEN OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Soortgelijk effect als bij *grondwaterstandsdaling (9), toename van het fluctuatietraject (10), wegen (28), leidingen (29) en bebouwing (26).*

TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Regionaal

- Verarming van de vegetatie, vooral in valleien.

Lokaal

- Geheel verdwijnen van de vegetatie.

MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts in geringe mate worden beperkt door:

- De gewonnen hoeveelheden zo constant mogelijk houden, zowel over het jaar als over de dag.
- Winnen vanonder een moeilijk doorlatende laag.
- Wanneer nieuwe evenwichtssituatie van het grondwater bereikt is, *laten stuiven (45)*, *afgraven (36)*, *afplaggen (42)* en winning op hetzelfde niveau handhaven!
- Soortgelijke maatregelen als bij *leidingen (29)*.
- Spoelwater en slib van de snelfilters, schraapsel van langzame zandfilters niet in het duingebied lozen, maar afvoeren naar buiten het duingebied.
- Zuiverings-, pomp- en opslaggebouwen buiten het duingebied situeren.

3.5 DE VERANDERINGENKAART (BIJLAGE 8)

3.5.1 Algemeen

De veranderingenkaart geeft een totaaloverzicht van de belangrijkste veranderingen die zich in de periode circa 1850 - circa 1970 in het Nederlandse duingebied hebben voorgedaan. Het jaar 1850 is gekozen omdat zich vooral na 1850 de grote veranderingen hebben voltrokken tengevolge van menselijke activiteiten als waterwinning, infiltratie, stadsuitbreiding, industrievestiging, wegenaanleg, doorgravingen met kanalen etcetera. Bovendien dateert het eerste cartografische totaaloverzicht van het hele Nederlandse duingebied uit die tijd, terwijl toen ook de eerste vegetatiekundige en hydrologische studies over de duinen tot stand kwamen. Te denken valt aan: Gevers (1826), Van Eeden (1866, 1867, 1872, 1885), Henket (1869), Holkema (1870), Vuyck (1898), Heimans & Thijsse (1899). (Voor een overzicht wordt verwezen naar Bakker et al., 1979a).

Het jaartal 1970 is gekozen omdat uit die periode het meest recente cartografische totaaloverzicht plus luchtfoto's van het hele Nederlandse duingebied dateren. De karteringen in het kader van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' (Bakker et al., 1979a) zijn uitgevoerd in de jaren 1976, 1977 en 1978.

Bestudering van deze gegevens leert dat het uiterlijk van het Nederlandse duingebied in genoemde periode vaak sterk veranderd is, zowel met betrekking tot de hoge droge duinen als de valleien. Rond 1850 was de begroeiing van het duingebied veel minder dicht en hoog dan tegenwoordig. Dit werd in de hand gewerkt door het op grote schaal weiden van vee, het snijden van takken en ruigte, het kappen van struiken en bomen etcetera en door de geringe aandacht voor het vastleggen van de duinen. Vooral in de van nature wat onvruchtbaarder duinen van het Waddendistrict traden hierdoor aanzienlijke verstuivingen op, waarbij soms vrijwel onbegroeide duinterreinen voorkwamen zoals op Terschelling en Vlieland en bij Schoorl. De kalkrijkere en daardoor wat vruchtbaarder duinen van het Duindistrict waren over het algemeen wat dichter begroeid, zonder daarbij ook maar bij benadering het huidige niveau van vastlegging

te bereiken. Compleet stuivende terreinen kwamen hier veel minder voor.

Hoewel deze stuivende situatie plaatselijk overlast bezorgde was ze in ecologisch opzicht gunstig. De voortdurende verstuivingen zorgden namelijk voor nieuwvorming en verjonging van valleien, wat de ruimtelijke variatie ten goede kwam. Het was hierdoor tevens mogelijk dat valleien die door grondwaterstandsdaling verdroogd waren door hernieuwde uitstuiving weer vochtig werden. Deze voortdurende mogelijkheid tot nieuwvorming van valleien had, tezamen met het nagenoeg ontbreken van menselijke activiteiten die grondwaterstandsdaling met zich meebrachten, tot gevolg dat rond 1850 verreweg de meeste valleien vochtig of nat waren.

Na 1850 zijn de duinen, mede door allerlei tegen verstuiving gerichte maatregelen als het stopzetten van de beweiding en het planten van helm en (naald)bomen, veel dichter begroeid geraakt en bijna volledig vastgelegd. Slechts op Schiermonnikoog, Terschelling, Vlieland en Schouwen laat men nu weer enige gebieden hun 'eigen gang' gaan. Daar kan men dan ook tot op de dag van vandaag de nieuwvorming van valleien waarnemen.

Vanaf 1850 is tevens een sterke toename van het aantal activiteiten dat voor daling van de grondwaterstand zorgt opgetreden. Tezamen met de hiervoor genoemde vastlegging heeft dit tot gevolg gehad dat thans in grote delen van het Nederlandse duingebied alle valleien verdroogd zijn. Het vastleggen van de duinen, vooral wanneer dit met naaldbomen gebeurt, heeft een soms sterke toename van de verdamping en daarmee zodanige grondwaterstandsdaling, tot gevolg dat valleien compleet verdrogen. Vastlegging van de duinen verhindert dus niet alleen het door hernieuwde uitstuiving opnieuw vochtig worden van verdroogde valleien maar vormt op zich reeds een oorzaak van verdroging.

Naast veranderingen tengevolge van het beplanten van de duinen en van grondwaterstandsdaling hebben zich tal van andere veranderingen voorgedaan. In de paragrafen 3.3 en 3.4.3 worden een groot aantal oorzaken van deze veranderingen genoemd.

Op de veranderingenkaart zijn een aantal van de belangrijkste veranderingen weergegeven. Bij de opbouw van de legenda is als indelingscriterium de mate van aantasting van het duinmilieu gehanteerd. In navolging van het in hoofdstuk 2 gepresenteerde rangordemodel is van de gekarteerde landschapscomponenten het grootste gewicht toegekend aan de aantasting van het reliëf, vervolgens aan aantastingen van het grondwater en tenslotte aan veranderingen die de vegetatie direct aangrijpen. Voor de verschillende in de legenda onderscheiden categorieën is een verloop van zeer ernstige aantasting (A, B, C) via ernstige aantasting (C, D, E), hoegenaamd geen verandering (E, G) tot positieve veranderingen (F) aangehouden. De verschillende legenda-eenheden worden in Bakker et al., 1979b, uitgebreid besproken.

Op de veranderingenkaart komen een aantal zaken niet tot uitdrukking. In de eerste plaats is dit de toename van de begroeiing. Slechts de aangeplante naaldbossen worden op de kaart weergegeven, terwijl het soms indirect, bij de verdroging van duingebieden, naar voren komt. De sterke afname van het voor de duinen zo kenmerkende dynamische karakter, dat eveneens een gevolg van de vastlegging is, komt op de kaart

niet tot uitdrukking. In de tweede plaats is dit de toename van de recreatie in het duingebied. Aangenomen mag worden dat het aantal mensen dat de duinen nu bezoekt een veelvoud is van de aantallen van rond 1850. Ook dit komt op de kaart niet tot uitdrukking. Slechts open bebouwing en kampeerterreinen worden genoemd. De recreatie heeft echter veel meer gevolgen, zoals de invloed op het broedvogelbestand en, via betreding, op de vegetatie. Tenslotte komt de alom aanwezige invloed van de luchtverontreiniging (Bakker, 1981) niet tot uitdrukking. Er mag worden aangenomen dat dit een effect heeft in de duinen. We hoeven daarbij slechts te denken aan de invloed op epifyten en de versnelde uitloging van de bodem onder invloed van de verzuring van de neerslag.

Op grond van het op de veranderingenkaart verzamelde materiaal is in tabel 3 een overzicht gegeven van de veranderingen die zich in het Nederlandse duingebied hebben voorgedaan.

Wanneer we al deze veranderingen betrekken op de flora van de vochtige valleien dan blijkt dat in veel duingebieden gedurende de periode 1850-1970 sprake is van een

Tabel 3. Globaal overzicht van de veranderingen die sinds ongeveer 1850 in het Nederlands duingebied zijn opgetreden, hun oppervlakte en het percentage dat deze oppervlakte inneemt ten opzichte van de totale oppervlakte van het Nederlandse duingebied. Totale huidige oppervlakte van het Nederlands duingebied: ca. 40 000 ha. (Gegevens ontleend aan de veranderingenkaart, bijlage 8).

Verandering	Oorzaak	Oppervlakte (ha)	%
Verdwenen duingebied[1)]	Kustafslag	2000	5
Oorspronkelijk karakter[1)] geheel verloren gegaan	Industrievestiging	1300	3
	Gesloten bebouwing	1600	4
	Afgraving binnenduinrand	300	1
Oorspronkelijk karakter sterk aangetast	Infiltratiegebied	2200	6
	Open bebouwing	1600	4
Oorspronkelijk karakter matig aangetast	Bebost gebied	6000	15
	Totaal verdroogd	12800	33
Nieuw gevormd duingebied	Droog, zonder vochtige valleien	400	1
	Met vochtige valleien	2800	7
Verdwenen duinbeken (Rond 1850 waren er enige tientallen aanwezig)	Daling grondwaterstand	-	
Oorspronkelijk karakter weinig veranderd (valleien nog steeds vochtig; lichte daling van de grondwaterstand is echter evenals struweelontwikkeling in de valleien of het dicht groeien met bos wel mogelijk)		14200	34

1) Deze oppervlakten zijn niet gerekend tot het totaaloppervlak van het tegenwoordige duingebied (= 100 %).

Table 3. Changes in area (ha) and relative area of the Dutch coastal dunes after about 1850, with respect to present area (ca. 40 000 ha). Data derived from the Map of the Changes (Appendix 8).

sterke achteruitgang van de soortenrijkdom. Vele freatofyten, en speciaal de als waardevol te beschouwen soorten, zijn sterk achteruit gegaan en soms zelfs geheel verdwenen. De achteruitgang in ruimtelijke verspreiding van soorten blijkt vaak nog sterker te zijn (Bakker et al., 1979b; Van Zadelhoff, 1981).

3.5.2 *Enige gebieden in detail*

Bij het samenstellen van de veranderingenkaart zijn de volgende stappen te onderscheiden:
- Studie van de literatuur uit de periode 1850-1970, vooral met betrekking tot de uitgangssituatie van rond 1850.
- Studie van kaartmateriaal.
- Eigen kartering, zowel geomorfologisch, hydrologisch als vegetatiekundig, ter karakterisering van de situatie rond 1970.
- Vergelijking van de op deze wijze verzamelde gegevens.
- Nagaan onder invloed van welke factoren (natuurlijke veranderingsprocessen of menselijke activiteiten) deze veranderingen tot stand zijn gekomen.

In Bakker et al. (1979a) zijn de op deze wijze verzamelde gegevens weergegeven in beschrijvingen van de zogenaamde deelgebieden. Deels zijn ze ook weergegeven op de facetkaarten en in de tekst van Bakker (1981), Klijn (1981) en Van Zadelhoff (1981).

Van twee gebieden, te weten zuidelijk Texel en de Schoorlse en Berger duinen, worden de veranderingen zoals die zich tussen 1850 en 1970 hebben voorgedaan hier nader besproken. Dit om een indruk te geven hoe de veranderingenkaart tot stand is gekomen en om een ruimtelijke illustratie te geven van deze veranderingen.

3.5.2.1 Zuidelijk Texel

Onder zuidelijk Texel wordt het duingebied ten zuiden van de Jan Aye-slag verstaan (fig. 14).

Op grond van gegevens van Klijn (in Bakker et al., 1979a) is in figuur 15 het historisch overzicht van de kustontwikkeling weergegeven. De veranderingen in de ligging van de duinvoet zijn spectaculair geweest. Aan de zuidpunt van het eiland heeft de duinvoet zich ruim 1000 m in zeewaartse richting verplaatst. In het gebied hier onmiddellijk ten noorden van heeft zich daarentegen een afslag van maximaal ongeveer 1000 m voorgedaan. In meer dan alleen geomorfologisch opzicht is deze ontwikkeling in het aangrenzende duingebied terug te vinden, met name met betrekking tot de vochtigheid van de valleien. Verdere veranderingen in de geomorfologie zijn de aanleg van akkers, soms omringd met zogenaamde 'tuumwoaltjes', de aanleg van secundaire waterkeringen die de geomorfologische structuren op onnatuurlijke wijze doorkruisen, de aanleg van wegen en parkeerplaatsen, de bouw van huizen en een militair complex en het graven van de Moksloot geweest. Sommige van deze ingrepen zijn op de veranderingenkaart weergegeven. Andere zijn in de periode tot 1970 niet van zodanige omvang

Figuur 14. Overzichtskaartje van het duingebied op zuidelijk Texel met de namen van de belangrijkste valleien, de ligging van de wegen en twee raaien (I-I, II-II).

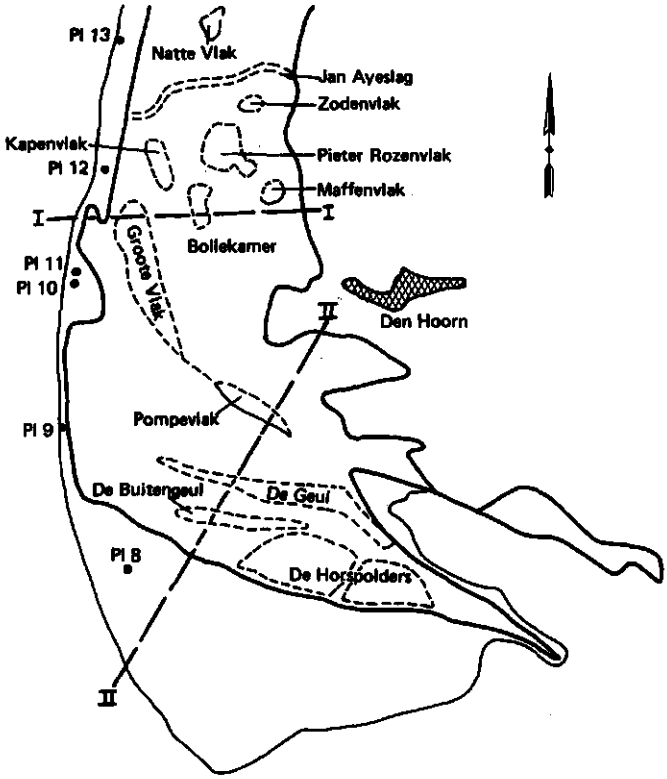


Figure 14. The south of the island of Texel with names of the main dune slacks and roads, and position of two cross-sections I and II.

geweest dat ze op de kaart tot uitdrukking komen.

Belangrijke verstuivingen hebben zich in de genoemde periode waarschijnlijk niet voorgedaan, er wordt in de literatuur althans geen melding van gemaakt.

Een van de eerste goed bruikbare beschrijvingen van dit gebied is die van Holkema (1870) die Texel, evenals alle andere Waddeneilanden, in de jaren 1868 en 1869 bezocht. Van het zuidelijk duingebied zegt hij onder andere: 'In deze groote duinvlakken, die vooral tusschen Hoorn en de Westen voorkomen, vindt men uitgestrekte duinplassen met zoet water die als groote stilstaande meeren.....' en elders '.....uitgestrekte zoetwaterplassen die, vooral in de duinvlakte het Nattevlak, een oppervlakte van 100 en meer Hect. beslaan. In deze zoetwaterplassen die een diepte van 0,5 tot 1,5 Met. hebben, ...'. Voorts geeft Holkema een uitgebreid overzicht van de planten die hij in dit gebied gevonden heeft.

Merkwaardig is het dat Van Eeden (1867), die als een nauwgezet en zorgvuldig beschrijver gekenschetst mag worden, met geen woord over de aanwezigheid van meren rept. Wel geeft hij een beschrijving van het huidige Pompe- en Groote Vlak: '...Die

Figuur 15. Historisch overzicht van de kustontwikkeling op zuidelijk Texel (naar Bakker et al., 1979a).

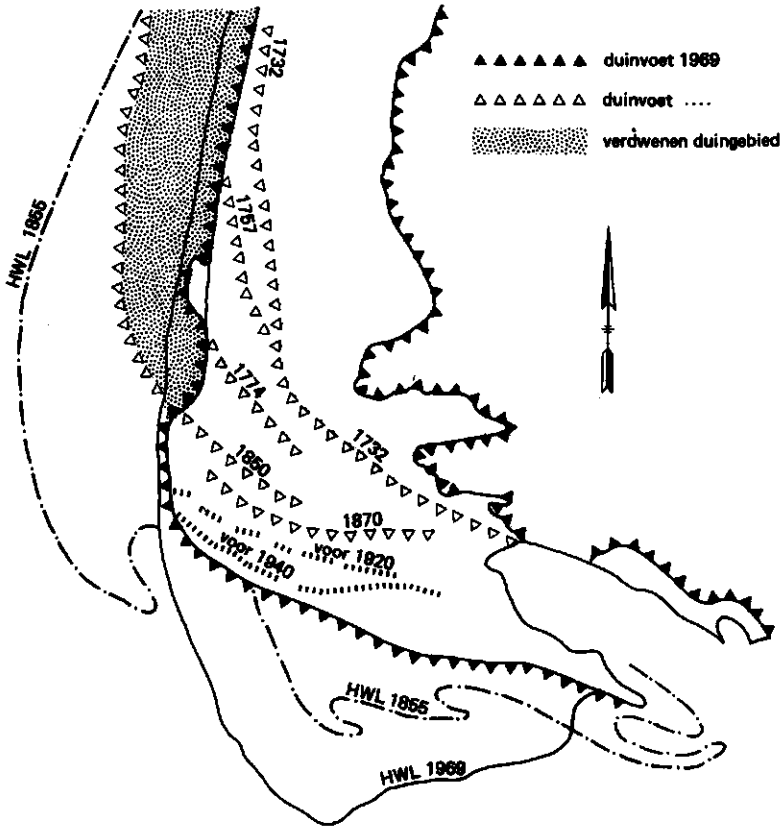


Figure 15. Historical map of coastal development in the south of the island of Texel (after Bakker et al., 1979 a).

vlakte is ten oosten en westen door hooge duinen ingesloten; ten zuiden loopt zij met een inham (De Mok) in zee; ten noorden gaat zij in eene lange duinvallei in dezelfde richting over. ..... De groene vlakte loopt, zoals ik zeide, ten noorden uit in een smalle, lange duinvallei, die in hare lengte doorsneden wordt door een breeden, vrij diepen waterloop, de Aalloop genoemd'.

Rond 1880 moet het gebied ten noorden van Groote - en Pompevlak drastisch veranderd zijn. De Moksloot is in die tijd gegraven om de valleien te ontwateren en deze geschikt te maken als landbouwgebied. Over de juiste datum van aanleg bestaat geen zekerheid. Algemeen (o.a. Ter Hoeve & Van Leeuwen, 1954) wordt het jaartal 1880 genoemd. Thijsse (1927) noemt echter het jaar 1839. Vermoedelijk is eerst een deel aangelegd (de zgn. Aalloop?) en is dit later verlengd.

Op het ogenblik is de Moksloot afgedamd en voert geen water meer af. Toch heeft dit niet tot gevolg gehad dat de grondwaterstand sterk is gestegen en dat de valleien

weer vochtig zijn geworden. Onder invloed van andere factoren (kustafslag, polderpeilverlaging en waterwinning) zijn in het grootste deel van dit gebied blijvend lagere grondwaterstanden bewerkstelligd. Slechts in het meest zuidelijke deel van zuidelijk Texel zijn de grondwaterstanden onder invloed van de sterke kustaangroei, gestegen. Daar komen nu vochtige valleien en zelfs duinmeren (De Geul en De Horspolders) voor.

In figuur 16 en 17 zijn, voor de in figuur 14 aangegeven raaien, dwarsdoorsnedes weergegeven met daarop de gemiddelde grondwaterstand van 1850 en 1970. Voor de stand van 1970 is gebruik gemaakt van de in eigen beheer gemaakte isohypsenkaart (weergegeven in Bakker et al., 1979a, deelrapport Texel). De situatie van 1850 is berekend met behulp van de formule uit paragraaf 7.3.2.1 van Bakker (1981). Voor de ondoorlatende basis is aangenomen dat die zich ten noordoosten van het Groote Vlak op een diepte van NAP - 5 m bevindt. Ten zuidwesten van het Groote Vlak is dit NAP - 20 m. Voorts is de grondwaterstand in het Groote Vlak als bekend verondersteld en zijn de gegevens

Figuur 16. Gemeten grondwaterstanden (m + NAP) anno 1970 en berekende anno 1850 in raai I uit figuur 14.

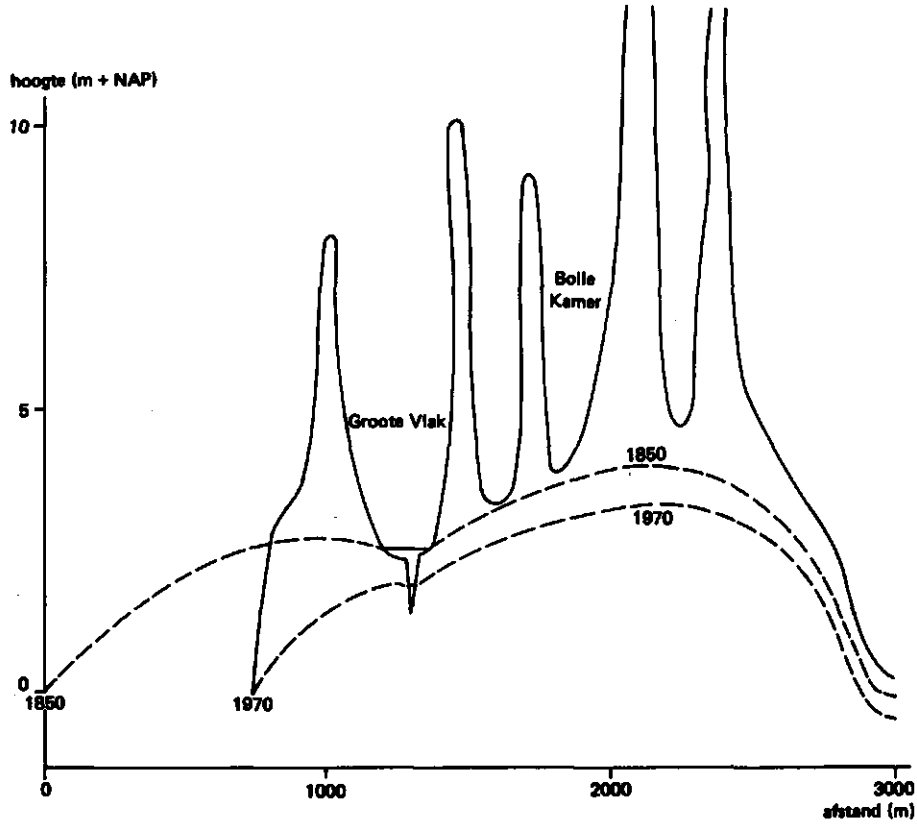


Figure 16. Watertables and levels in 1970 (measured) and 1850 (reconstructed) in Cross-Section I (Fig. 14).

Figuur 17. Gemeten grondwaterstanden (m + NAP) anno 1970 en berekende anno 1850 in raai II uit figuur 14.

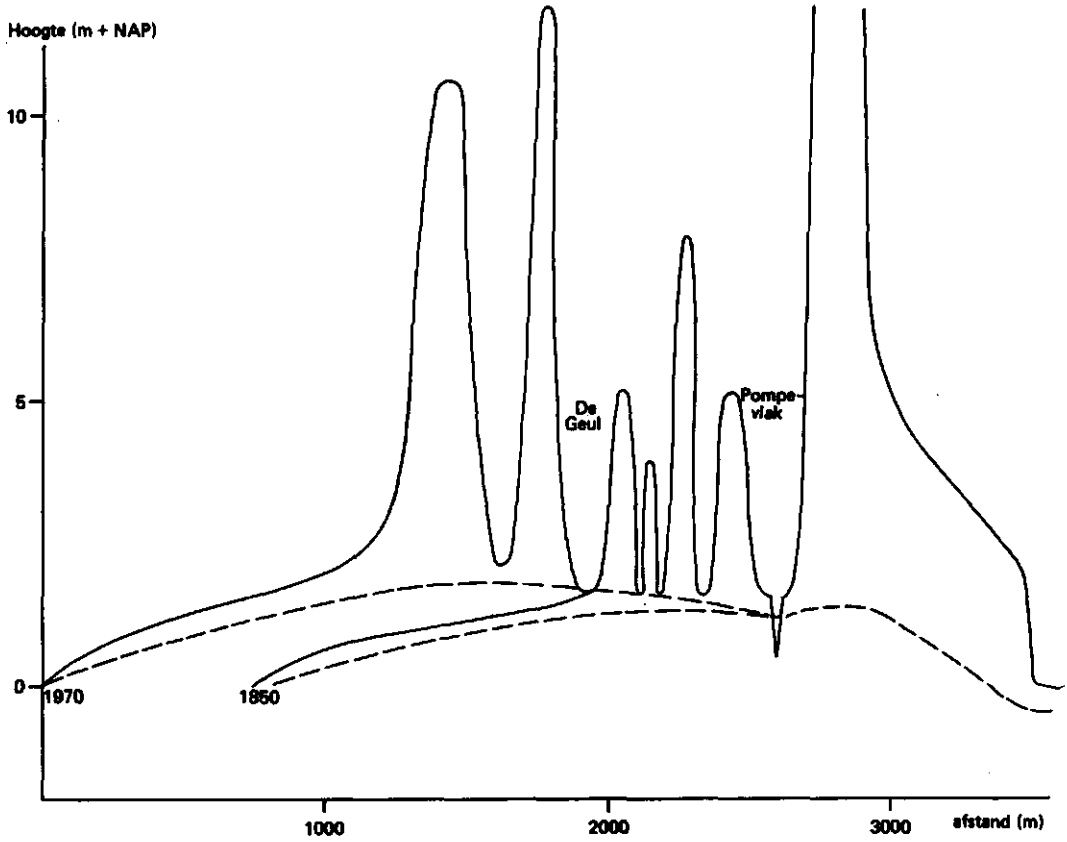


Figure 17. Watertables and levels in 1970 (measured) and 1850 (reconstructed) in Cross-Section II (Fig. 14).

over het neerslagoverschot en de k-waarde van de grond uit Bakker et al. (1979a) deelrapport Texel, overgenomen. Duidelijk komt in beide figuren de overheersende invloed van de kustontwikkeling op de grondwaterstanden naar voren.

De waterwinning in het Groote- en Pompevlak heeft niet alleen daling van de grondwaterstand tot gevolg, maar de grote verschillen tussen de winning in de zomer en de winter brengt zeer grote fluctuaties van de grondwaterstand met zich mee. Deze zijn 1,5-2 maal zo groot als die onder ongestoorde omstandigheden (Bakker, 1981).

Aan de hand van gegevens van Holkema (1870), Van Eeden (1867), Hoogenraad & Visser (1902) en Thijsse (1927) is een vrij goed beeld te vormen van de vegetatie van het in de laatste helft van de vorige eeuw aanwezige duingebied. De situatie van rond 1970 is bekend dankzij de eigen kartering, aangevuld met gegevens van het archief van Staatsbosbeheer.

Vergelijking leert dat het duingebied ten zuiden van de Jan Aye-slag, met uitzondering van het nieuw gevormde gebied van De Geul, in vrij sterke mate verarmd is. Als oorzaken hiervoor gelden in de eerste plaats de grondwaterstandsdaling, de sterke vergroting van het fluctuatietraject van het grondwater in het Groote- en Pompevlak met omgeving, het stopzetten van de beweiding rond 1960 en (daardoor versneld) voortgaande successie (Bakker et al., 1979a, deelrapport Texel).

De volgende soorten zijn waarschijnlijk uit het gebied verdwenen: vlozegge, armbloemige waterbies, borstelgras, platte bies, fraai duizendguldenkruid, moeraswespenorchis, slanke duingentiaan, sturmia, oeverkruid, dwergvlas en gevlekte orchis (Bakker et al., 1979a, deelrapport Texel).

In het nieuwgevormde duingebied van Geul, Buitengeul en Horspolders is in de periode 1850-1970 de vegetatie en soortenrijkdom uiteraard toegenomen. De Geul is rond 1920 van de zee afgesnoerd (Thijsse, 1927) en was toen een kale en onbegroeide vlakte (Drijver, 1934). Aan de hand van Thijsse (1927), Westhoff (1947), Den Hartog (1951) en het archief van Staatsbosbeheer is de vegetatie-ontwikkeling goed te volgen. Het lijkt erop dat in de jaren tussen 1965 en 1975 een aantal soorten zijn verdwenen: vlozegge, slanke duingentiaan, heidekartelblad, moeraskartelblad, klein wintergroen en moeraswespenorchis. Waarschijnlijk hangt dit samen met voortgaande successie en daarmee samenhangend verzuring van de bodem en is als een natuurlijke ontwikkeling te beschouwen.

De Buitengeul is vanaf ongeveer de zestiger jaren in toenemende mate onder stuifzand bedolven geraakt. Rond 1970 was de vegetatie nog volop in ontwikkeling. (Schroevers, 1950 en het archief van Staatsbosbeheer). Ditzelfde geldt voor de Horspolders, die rond 1950 van de zee werden afgesloten. De verwachting is dat nog een toename van het soortenaantal zal optreden, zeker wanneer gerichte beheersmaatregelen worden uitgevoerd.

3.5.2.2 De Schoorlse en Berger duinen

In figuur 18 is een overzichtkaartje opgenomen waarin de belangrijkste namen en andere zaken uit deze paragraaf zijn aangegeven. Ook het te behandelen gebied gelegen tussen de Zeeweg naar Bergen aan Zee en Camperduin, is weergegeven.

Aan de hand van gegevens van Klijn (in Bakker et al., 1979a) is figuur 19 samengesteld. Langs het hele kustgedeelte heeft zich in de periode 1850-1970 afslag voorgedaan. De duinvoet heeft zich ongeveer 100 m landinwaarts verplaatst. Verder zijn een aantal vergravingen uitgevoerd met het doel zand te winnen voor stadsuitbreiding en kalkzandsteenindustrie. Kanalen zijn gegraven ten behoeve van de waterwinning, duinakkers zijn geëgaliseerd of uitgegraven, wegen en leidingen zijn aangelegd, woningen gebouwd. Onmiddellijk ten noorden van Bergen aan Zee en ten zuiden van Camperduin zijn boorlocaties en in het laatste geval tevens een parkeerterrein aangelegd. Veel van deze ingrepen zijn te klein van omvang om op de kaart tot uitdrukking te komen.

Figuur 18. Overzichtskaartje van de Schoorlse en Berger duinen met de namen van de belangrijkste valleien, de ligging van de wegen en twee raaien (III-III, IV-IV).

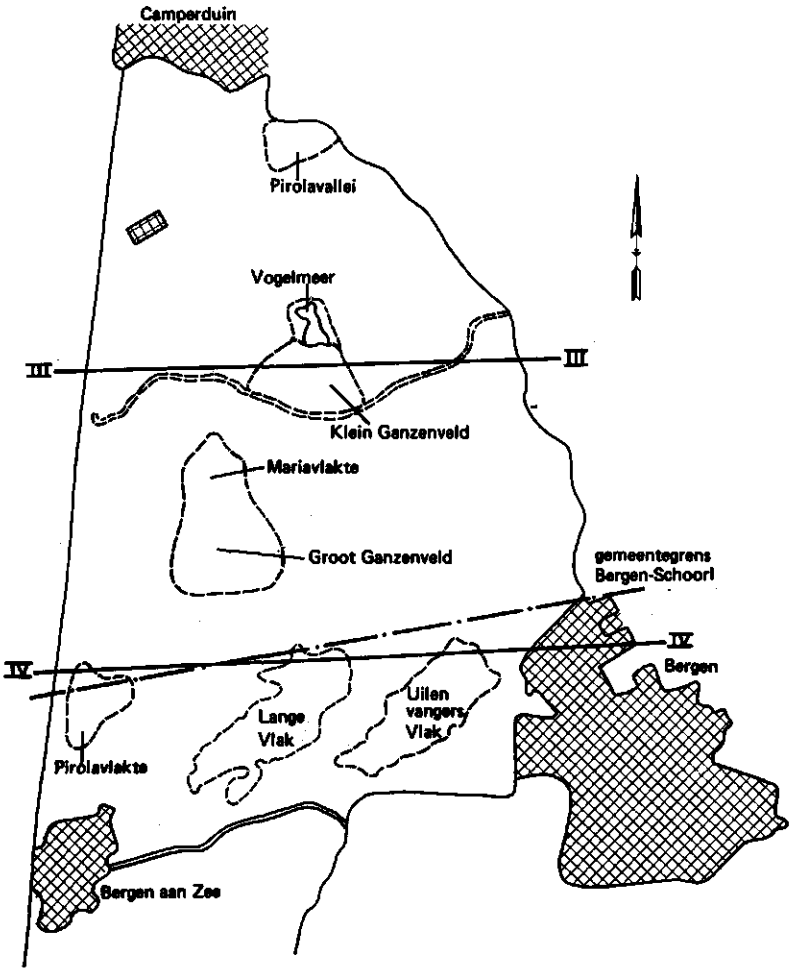


Figure 18. Map of the dunes near Schoorl and Bergen (North Holland) with names of the main dune slacks and roads and position of two Cross-Sections III and IV.

Een andere belangrijke verandering is de totale vastlegging van dit gebied geweest. Tot in het begin van deze eeuw waren, met name in de Schoorlse duinen, compleet stuivende terreindelen te vinden. Gevers (1826) spreekt in dit verband van: '...het omliggende duin is in den schrikkelijksten staat van verstuiving. ...Het zijn niet enkel stuifbergen ..... maar onafgebroken blinkerts van honderden roeden lang...'. Ook Van Eeden (1872) maakt melding van de sterke verstuiving van dit gebied: '... Een uitgestrekte kale, witte bergrug .... Nergens zijn de duinen van Holland zo beweeglijk als hier, en gestadig stuiven hier zandmassa's opeen tot hoogten ....'. Voorts noemt Braak (1919) belangrijke stuifplekken in dit gebied.

Figuur 19. Historisch overzicht van de kustontwikkeling, vergravingen en verstuivingen in de periode 1850-1970 (naar Bakker et al., 1979a).

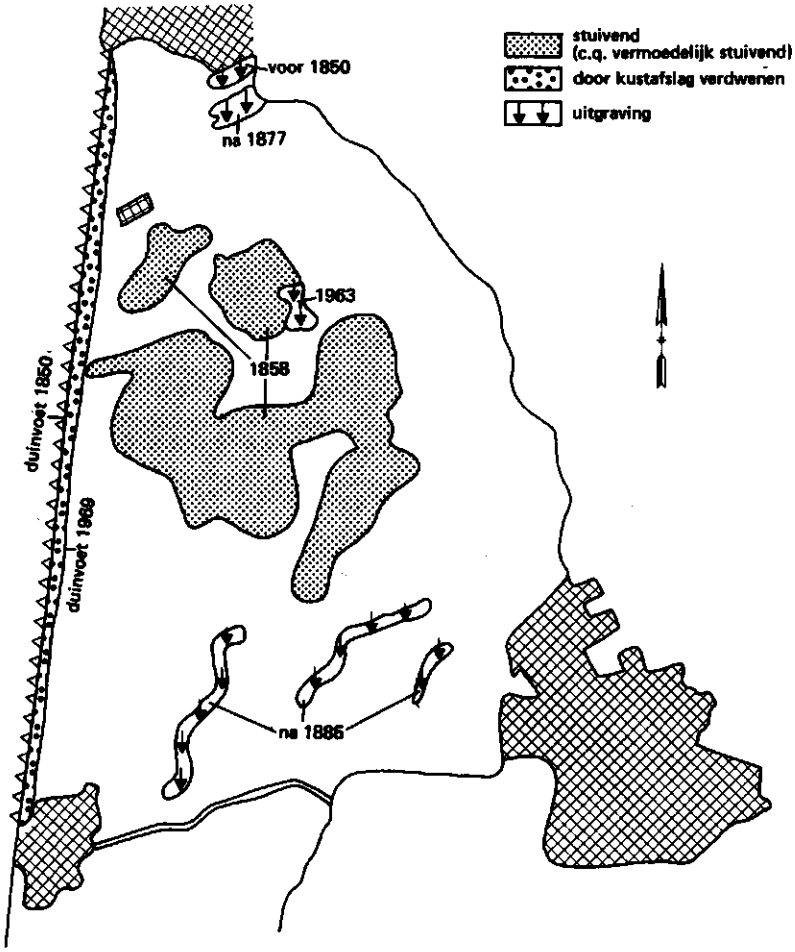


Figure 19. Historical map of coastal development, excavations and sandblowing (1850) in the dunes near Schoorl and Bergen in north Holland (after Bakker et al., 1979 a).

Rond de eeuwwisseling is men begonnen dit duinterrein vast te leggen, vooral met behulp van naaldhoutbebossing. In de dertiger jaren werd de nagenoeg complete vastlegging een feit. Dit had niet alleen tot gevolg dat het kenmerkende dynamische karakter verloren ging, ook de totale verdroging van dit duingebied werd hierdoor in belangrijke mate mede veroorzaakt (Bakker, 1981). Op het ogenblik worden op kleine schaal naaldbomen en helm aangeplant. Daarbij worden door de beherende instantie, in casu Staatsbosbeheer, duinhellingen met bulldozers glad gestreken om de aanplant te vergemakkelijken, waardoor de geomorfologie verder wordt aangetast. Deze ingreep is gezien het tijdstip van uitvoering (na 1970) niet op de veranderingenkaart weergegeven.

Uit beschrijvingen van Anonymus (1915), Sipkes (1917), Braak (1919), Goethart et al. (1924) en Bijhouwer (1926) blijkt dat de valleien tot 1930-1940 vochtig waren en een schat aan vochtminnende planten bevatten (Van Zadelhoff, 1981). Op het ogenblik (1970-1980) zijn nagenoeg alle valleien droog, slechts hier en daar is nog een plekje te vinden waar de invloed van het grondwater merkbaar is in het maaiveld. Vooral de toegenomen begroeiing (naaldbos), kustafslag en waterwinning zijn verantwoordelijk voor de grondwaterstandsdaling (Bakker, 1981). Van Zadelhoff (1981) geeft een uitgebreid overzicht van veranderingen in de vegetatie in de periode 1923-1978.

In de figuren 20 en 21 is voor de twee in figuur 18 aangegeven raaien de daling van de grondwaterstand gedurende de periode 1850-1970 ingetekend. Voor de situatie van 1850 is gebruik gemaakt van een isohypsenkaart van augustus 1913 (Anonymus, 1915). De situatie van 1970 is ingetekend aan de hand van een isohypsenkaart van 1978 (Bakker et al., 1979a, deelrapport Camperduin-Egmond).

Figuur 20. Gemeten grondwaterstanden (m + NAP) anno 1900 en anno 1970 in raai III uit figuur 18.

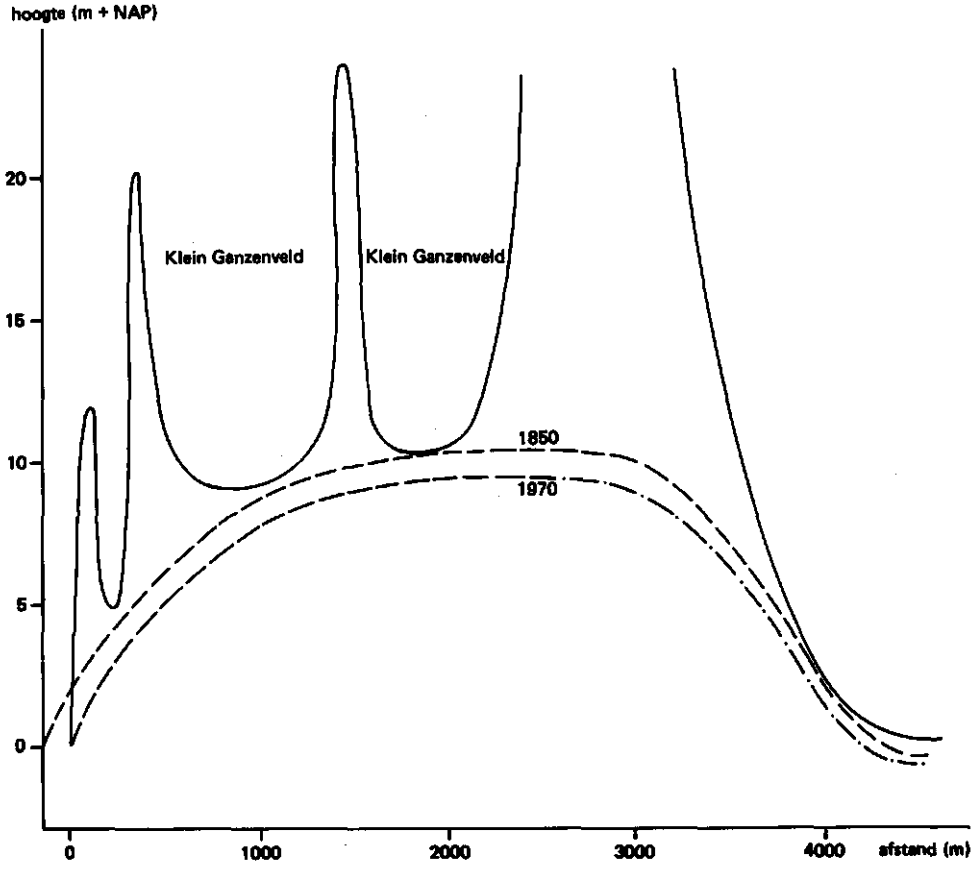


Figure 20. Watertables and levels about 1900 and 1970 (both measured in Cross-Section III (Fig. 18).

Figuur 21. Gemeten grondwaterstanden (m + NAP) anno 1900 en anno 1970 in raai IV uit figuur 18.

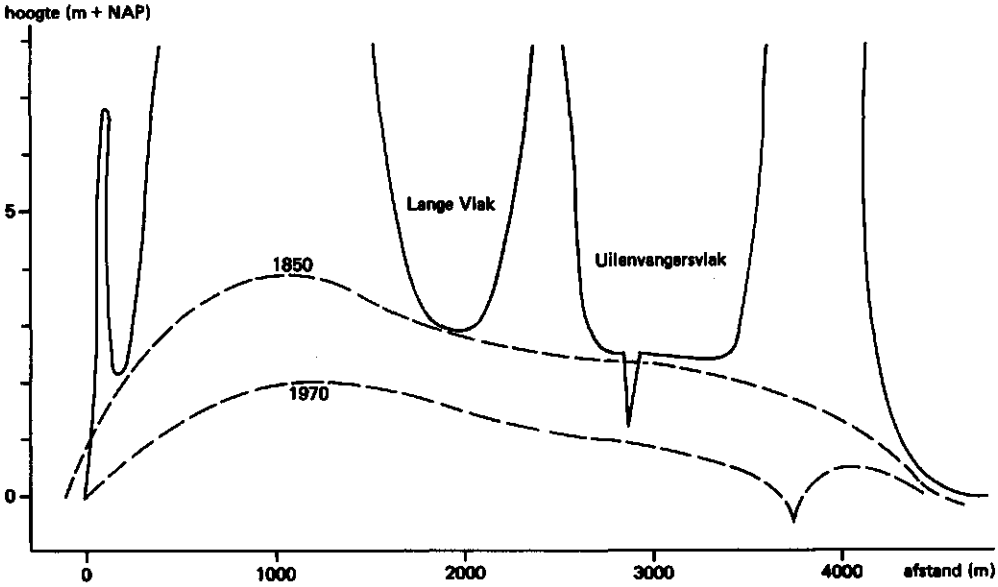


Figure 21. Watertables and levels about 1900 and 1970 (both measured) in Cross-Section IV (Fig. 18).

3.5.3 *Bespreking van de kaart*

Wanneer de ontwikkeling van het Nederlandse duingebied vanaf 1850 tot 1970 beschouwd wordt dan blijkt dat er drie gebieden te onderscheiden zijn, ieder gekenmerkt door een eigen ontwikkeling, en wel: de kalkarme duinen ten noorden van Bergen aan Zee, de vastelandsduinen tussen Hoek van Holland en Bergen aan Zee, en het duingebied ten zuiden van Hoek van Holland. Deze drie gebieden worden hier achtereenvolgens besproken.

De kalkarme duinen ten noorden van Bergen aan Zee

Dit is van het Nederlandse duingebied het deel dat de minst grote veranderingen heeft ondergaan. Veranderingen ten gevolge van kustlijnverplaatsing zijn hier evenwel groot geweest, zowel met positieve als negatieve gevolgen. Daarnaast hebben zich hier op sommige plaatsen betrekkelijk geringe grondwaterstandsdalingen voorgedaan. Verdroogde valleien komen vooral voor in het middendeel van Ameland, op westelijk Terschelling, oostelijk Vlieland, op Texel, in het duingebied ten zuiden van Den Helder en in het hele duingebied tussen Camperduin en Bergen. Deze verdroging is deels een gevolg van waterwinning, terwijl ook kustafslag, oppervlakteontwatering van valleien ten behoeve van de landbouw en het vastleggen van de duinen, met de daarmee gepaard gaande toena-

me van de verdamping, een rol hebben gespeeld. Andere zaken die geleid hebben tot achteruitgang in de ecologische kwaliteit van de duinen zijn de bebossing van zowel droog duingebied als valleien, zoals dat op alle Waddeneilanden (met uitzondering van Rottum) en vooral in het duingebied nabij Schoorl heeft plaatsgevonden, de aanleg van parkeerterreinen, de bouw van recreatiewoningen en van andere bouwwerken (zoals het reactorcentrum bij Petten), terwijl ook de veranderingen in het agrarisch beheer van belang zijn geweest.

De vastelandsduinen tussen Bergen aan Zee en Hoek van Holland

Hoewel de kustlijn zich in dit gebied weinig verplaatst heeft, vormen de vastelandsduinen tussen Bergen aan Zee en Hoek van Holland zonder twijfel het deel van het Nederlandse duingebied dat het sterkst veranderd is. Het merendeel van de valleien in dit gebied is verdroogd, vooral onder invloed van de waterwinning, hoewel ook andere factoren zoals toegenomen verdamping door toegenomen begroeiing, afgravingen aan de binnenduinrand, polderpeilverlaging en andere menselijke ingrepen plaatselijk een bijkomende rol hebben gespeeld. Daarnaast zijn vele valleien, hoewel ze rond 1970 weer vochtig waren, verruigd onder invloed van de infiltratie met oppervlaktewater ten behoeve van de watervoorziening. Ook het aantal vergravingen is bijzonder groot. Zo zijn aan de binnenduinrand, ten behoeve van de kalkzandsteenindustrie of ter verhoging van terreinen in de omgeving, complete duinen afgegraven, terwijl dit ook elders in het duinmassief zelf heeft plaatsgevonden. Daarnaast hebben de waterwin- en infiltratieactiviteiten talloze vergravingen met zich meegebracht. Ook de stadsuitbreiding van Den Haag en die van de meeste zeedorpen, alsmede de aanleg van industriecentra als het Hoogovengebied en Europoort, hebben een aanzienlijke oppervlakte duinterrein verloren doen gaan. Verder is het aantal wegen in en door het duingebied met de daarbij behorende parkeerplaatsen toegenomen, terwijl tevens op aanzienlijke schaal naaldbos is aangelegd.

Het duingebied ten zuiden van Hoek van Holland

De Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden nemen wat betreft de veranderingen een tussenpositie in. Veranderingen van de kustlijn zijn in dit gebied zeer groot geweest, mede hierdoor hebben zich zowel positieve als negatieve ontwikkelingen voorgedaan. Gebieden die een sterke achteruitgang gekend hebben zijn de Middel- en Oostduinen op Goeree, delen van het duingebied van Schouwen en het duingebied De Oranjezon op Walcheren. Velé vochtige valleien zijn er verdroogd of verruigd, vooral onder invloed van waterwinning en infiltratie, hoewel factoren als kustafslag, toegenomen verdamping door toegenomen begroeiing en in een enkel geval waterafvoer ook een rol spelen. Verder is achteruitgang opgetreden door vergravingen, wegenaanleg, aanleg van bungalowparken, campings en bebossing. Toch komen nog steeds prachtige duingebieden met talrijke vochtige valleien voor zoals op Voorne, op Schouwen en op Goeree.

3.5.4 Kaarterrata

De veranderingenkaart bevat een aantal fouten. De volgende errata hebben hierop betrekking:

- Legenda, eerste punt.

....., zoals vastgelegd in het basisrapport, dient gelezen te worden als:....., zoals vastgelegd in het basisrapport (Bakker et al., 1979a).

- Ameland.

Ten westen van Hollum: Verwijzingsstreepje van code 7 naar het erbijbehorende gebiedje dat er ten zuiden van gelegen is, is weggevallen.

- Texel.

Ten noorden van De Koog: In het gebied met code 14 is het raster weggevallen. Het raster 16 van het hier onmiddellijk ten noorden van gelegen gebied dient meer naar het oosten door te lopen.

Ten westen van Den Hoorn: In het gebied zonder raster en code grenzend aan het gebied met code 1 is het raster en de code van legenda-eenheid 16 weggevallen.

In het gebied met legenda-eenheid 18, ten westen van De Mok, is het open water van De Geul niet aangegeven.

- Hoek van Holland.

Op het kaartje van Voorne is in het in het gebied met code 2 gelegen gebiedje het codenummer 13 weggevallen.

- Schouwen.

In het kustgedeelte ten oosten van het groene gebied met code 16 is in het gebiedje met code 1 het rode raster weggevallen.

4 De landschapsecologische kaart

4.1 INLEIDING

Een landschapsecologische kaart tracht de ruimtelijke verdeling van samenhangende verschijnselen in het landschap weer te geven. Het samenstellen van een landschapsecologische kaart heeft allereerst een duidelijke functie voor de onderzoekers in het stadium van integratie. Voor hen is het een middel om consequent en voor het gehele onderzoeksgebied de samenhang tussen verschijnselen na te gaan en eventueel op nieuwe verschijnselen te worden geattendeerd. In zoverre is het een nuttig instrument in de integratiefase van een landschapsecologisch onderzoek. Daarnaast is de landschapsecologische kaart vooral een eindprodukt dat zo goed mogelijk een deel van de basisgegevens en inzichten van de onderzoekers samenvat.

De kaart kan een goed overzicht bieden aan de gebruikers, waaronder beleids- en beheersinstanties. Per definitie levert het een beter resultaat op wanneer de integratie van gegevens door de onderzoekers zèlf geschiedt en niet wordt overgelaten aan de meestal veel minder ingewijde gebruikers, die daartoe de basisgegevens (bijvoorbeeld van de facetkaarten) moeten interpreteren en de specifieke terreinkennis missen.

Een methode van onderzoek waarbij de gegevens gepresenteerd worden op facetkaarten en een geïntegreerde landschapsecologische kaart verdient de voorkeur. Voor deze aanpak is ook gekozen in het 'TNO-Duinvalleienproject' (Bakker et al., 1979 a, b).

De voordelen zijn als volgt te omschrijven:

- De gegevens per vakgebied komen op een overzichtelijke wijze beschikbaar in de facetkaarten.
- De onderzoekers kunnen bij de integratie gebruik maken van de facetkaarten of het daarvoor te gebruiken basismateriaal, waarbij steeds een bewuste keuze kan worden gedaan.
- De integratiemethoden worden voor de latere gebruiker van de kaarten doorzichtig en controleerbaar.
- De legenda van de landschapsecologische kaart kan relatief eenvoudig en makkelijk leesbaar blijven, omdat de facetkaarten steeds de mogelijkheid van aanvulling en/of detaillering bieden.

De inhoud van landschapsecologische kaart is van vele factoren afhankelijk, zoals de specifieke eigenschappen van het gebied, de aard en kwaliteit van de verzamelde gegevens en het doel van de kaart. Deze overwegingen monden uit in een kaartschaal en legenda-inhoud. In dit verband kan niet op alle genoemde factoren worden ingegaan.

Wij beperken ons tot twee aspecten, die in wetenschappelijk opzicht relevant zijn: welke gegevens zijn vereist voor een landschapsecologische kaart en welke wegen worden er gevolgd bij de verwerking der gegevens tot de kaartlegenda. Deze laatste bepaalt immers de inhoud van de kaart. Leser (1976) vermeldt, op grond van een uitgebreide literatuurstudie, drie onderzoekfasen als ideale procedure voor een goed gefundeerde landschapsecologische kaart.

- De verkenningsfase, waarbij de patronen van de belangrijkste landschapscomponenten worden bestudeerd, zoals het reliëf, de materialen nabij het oppervlak, de bodem, het water, het klimaat, de vegetatie en het landgebruik.
- Op basis van de gegevens uit de verkenningsfase kan een gedegen onderzoek van processen en relaties plaatsvinden, in het bijzonder met betrekking tot de energie- en stoffenhuishouding. Deze fase wordt aangeduid als de fase van de standplaatsanalyse.
- Synthese/landschapstypenindeling. Op basis van de gegevens uit beide eerste fasen komt men tot een gefundeerde indeling in min of meer homogene gebieden die in ecologisch opzicht tot op zekere hoogte een functionele eenheid vormen.

Deze min of meer ideale procedure wordt in de praktijk niet of zeer onvolledig gevolgd, omdat aan het zeer tijdrovende procesonderzoek (fase twee) meestal nauwelijks aandacht kan worden besteed. Veeleer beroept men zich ofwel op de indicatiewaarde van bepaalde facetten van het landschap, ofwel maakt men gebruik van elders uitgevoerd procesonderzoek, dat dan naar de eigen situatie wordt vertaald. Ook wordt uit indirect verkregen gegevens over de genese van het landschap het een en ander afgeleid omtrent de actueel werkzame processen. In de praktijk komt het er dus op neer dat men zich sterk verlaat op patroongegevens en daarin opgeslagen informatie (paragraaf 2.5).

Een aantal landschapsecologische kaarten of milieukaarten vaart vrijwel uitsluitend op het kompas van één sterk indicatief facet van het landschap, zoals de vegetatie. Voorbeelden hiervan zijn de karteringen van Doing (1966, 1974) en de Landelijke Milieukartering (Kalkhoven et al., 1976). Andere karteringen zoals die van Kwakernaak et al. (1979) en Bakker et al. (1979b) geven verhoudingsgewijs veel meer aandacht aan abiotische factoren. Dit komt ook in de legenda tot uitdrukking.

Bij voldoende gegevens over de abiotische en biotische facetten van het landschap kan bij de legenda-opbouw een aantal uitgangspunten worden gehanteerd. In dit verband vermelden we drie uitgangspunten (Zonneveld, 1972; 1979; Vink, 1980; 1981; Kwakernaak et al., 1979; hoofdstuk 2).

- Het gebruik van beschrijvende en differentiërende kenmerken (in navolging van Vink (1980) wordt van kenmerken in plaats van criteria gesproken). Beschrijvende kenmerken dienen ter karakterisering van de landschapscomponenten. Uit die kenmerken kan een selectie worden gemaakt van differentiërende kenmerken, dat wil zeggen kenmerken die het meest geschikt zijn om (in dit geval) landschapsecologisch relevante verschillen aan te geven, c.q. legenda-eenheden te onderscheiden.
- Het principe van de correlatieve complexen. Dit houdt in dat verschillende verschijnselen en processen zodanig correleren, dat er volstaan kan worden met het

aangeven van enkele daarvan, waarmee dan tegelijk als diagnostische kenmerken en intrinsieke eigenschappen een aantal andere daaraan verbonden kenmerken wordt inbegrepen. In ver doorgevoerde zin kan men zich daarbij bijvoorbeeld beperken tot de vegetatie.

- De toepassing van rangordeverschijnselen bij de legenda-opbouw. Vaak wordt aan de legenda een indeling gegeven, die meestal onbeargumenteerd en vermoedelijk onbewust gebaseerd is op de overweging dat er relatief onafhankelijke en relatief afhankelijke componenten in een landschap bestaan. Het gesteente of het reliëf bepaalt vaak de hoofdindeling van de legenda, terwijl de verdere verfijning geschiedt op grond van bijvoorbeeld bodemkundige of vegetatiekundige kenmerken. In hoofdstuk 2 is met de introductie van het rangordemodel voor het duinlandschap een betere basis gecreëerd om een landschapsecologische legenda overeenkomstig rangordeverschijnselen te structureren. Dit wordt in de volgende paragraaf toegelicht aan de hand van de landschapsecologische kaart van het Nederlandse duingebied.

4.2 INDELING IN LANDSCHAPSTYPEN

4.2.1 Achtergronden en criteria bij de legenda-opbouw

De landschapsecologische kaart berust vooral op de patroonstudies (d.m.v. basiskarteringen op schaal 1: 25 000) van de geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige gesteldheid van het duingebied. De kaart heeft tot doel om op een schaal 1: 100 000 een aantal landschapstypen weer te geven. Deze landschapstypen zijn onderscheiden op grond van een 'karakteristieke combinatie van eigenschappen', die in landschapsecologisch opzicht voor deze studie relevant zijn geacht. Welke achtergronden bij de samenstelling van de kaart hebben meegespeeld en welke criteria bij de legenda-opbouw zijn toegepast, wordt hierna besproken. Vervolgens wordt op de bruikbaarheid en de beperkingen van de kaart ingegaan. In de laatste paragraaf volgt de eigenlijke kaartbespreking.

In ideale vorm zou een landschapsecologische kaart alle terreindelen kunnen weergeven die een eigen karakteristieke combinatie van landschapsecologische eigenschappen bezitten en in dat opzicht ook homogeen zijn. Het is voor te stellen dat op die wijze een deel van een vallei met dezelfde bodemkundige, hydrologische en vegetatiekundige eigenschappen is af te grenzen. Bij wijze van voorbeeld: een deel van een vallei met sterk verzuurde bodem, hoge grondwaterstanden en een dopheide-vegetatie. In theorie zou dit een landschapsecologische karteringseenheid kunnen zijn. In de praktijk is het evenwel onhaalbaar om met dergelijke homogene eenheden of ecotopen te werken bij een kaartschaal kleiner dan 1:1000 à 1:5000. Het duinlandschap is namelijk dermate 'fijnkorrelig' dat min of meer homogene terreindelen gemiddeld slechts enkele tientallen vierkante meters beslaan. Een kartering op schaal 1:1000, waarop deze elementen afzonderlijk zijn weer te geven biedt weinig kansen voor een overzichtskaart van het gehele Nederlandse duingebied (40 000 ha). Het spreekt van-

zelf dat een overzichtskaart een heel wat kleinere schaal behoeft. In dit geval is om praktische redenen gekozen voor een kaartschaal 1:100 000. Het gevolg is natuurlijk dat het onmogelijk wordt om homogene terreinen te onderscheiden. Dit heeft belangrijke consequenties voor de kaart en de legenda-opbouw. Men is namelijk gedwongen tot het samenvoegen van onderling sterk afwijkende terreindelen tot complexe eenheden, die in het veld een oppervlak hebben van gemiddeld enkele tientallen hectares. De heterogeniteit van deze eenheden blijkt onder andere uit het feit dat zij vrijwel steeds (vochtige) valleien en (droge) duinen moeten omvatten.

Na voorgaande constateringen is er de vraag welke inhoud er via de kaartlegenda aan de kaart moet worden gegeven. Dit hangt samen met de eigenschappen van de duinen zelf, maar ook met het doel waarop de kaart is gericht en met de beschikbaarheid van de gegevens. Wat het doel betreft woog vooral zwaar dat de kaart een redelijk leesbaar overzicht moet bieden van de voornaamste landschapstypen met de nadruk op de valleimilieus. Ook vanwege de leesbaarheid diende zowel het aantal legenda-eenheden als de omschrijving daarvan beperkt te blijven. Wat betreft de beschikbaarheid van de gegevens is te constateren dat vooral de geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige aspecten goed zijn onderzocht, onder andere via de basiskarteringen op schaal 1:25 000. Welke overige achtergronden en daarmee samenhangende keuzen er bij de legenda-opbouw hebben gegolden, wordt hierna uiteengezet.

Een probleem, dat welhaast per definitie aan een landschapsecologische kaart is verbonden, is de wijze waarop de uiteenlopende gegevens worden geselecteerd, gerangschikt, geïntegreerd en gekarakteriseerd. Aangezien vaststaande methoden hiervoor ontbreken, is een korte toelichting op de gebruikte aanpak gewenst. Hiertoe wordt allereerst teruggegrepen op de in de paragrafen 2.5.1 en 2.5.2 uiteengezette principes. Hierin werd onder andere een hiërarchische ordening van landschapscomponenten geïntroduceerd. Daarbij is een afnemende dominantie aangegeven in de reeks klimaat, gesteente, reliëf, grondwater, bodem, vegetatie, fauna. Het ligt voor de hand dat deze uitgangspunten doorwerken in de legenda-opbouw. Om die reden zou deze dezelfde structuur kunnen krijgen: beginnen met de dominante en eindigen met de meer afhankelijke componenten. Nu zijn de twee eerstgenoemde componenten, klimaat en gesteente, niet of minder relevant om op grond daarvan landschapstypen te onderscheiden. Het gehele gebied van de Jonge Duinen heeft een kustklimaat en is in geologische termen, gerekend naar ontstaanswijze en -periode, maar ook naar materiaalkenmerken, vrijwel uniform. Het enige, ecologisch werkelijk belangrijke kenmerk, dat regionaal nogal verschilt, is de mineralogische samenstelling van het moedermateriaal (zie Klijn, 1981). Dit aspect is in de legenda verwerkt via het gidskenmerk van het primaire kalkgehalte.

De volgende component is het reliëf, een term die hier staat voor de geomorfologische gesteldheid. Gezien de variatie aan terreinvormen (duinen, valleien etc.) met daaraan verbonden de wijze en tijd van ontstaan, is het reliëf bij uitstek geschikt voor het onderscheid in legenda-eenheden. De geomorfologische gesteldheid bepaalt de hoofdstructuur in het landschap: waar zijn duinen met of zonder valleien,

welke vorm of rangschikking hebben deze en welke oriëntering. Een tweede, feitelijk bijkomstig aspect is, dat een geomorfologisch te onderscheiden gebied meestal eenzelfde bodemontwikkeling in vergelijkbare terreindelen impliceert. Dit hangt samen met de veelal geringe betrekkelijk uniforme ouderdom van de bodems in het gebied. In dat opzicht heeft de geomorfologie een voortrekkersfunctie voor de bodemkunde.

De grondwaterhuishouding, met zowel de fysische als chemische aspecten, levert de belangrijkste gegevens voor de valleimilieus. De grondwaterstanden, grondwaterfluctuaties en de (grond)waterkwaliteit werken zeer duidelijk door op bodem en vegetatie in het valleimilieu. Het is derhalve de hydrologie, die de op geomorfologische gronden aangebrachte hoofdstructuur kan detailleren naar de vochttoestand van de valleien. Aangezien bij het hydrologisch onderzoek ook belangwekkende feiten omtrent actuele of (sub)recente processen betreffende grondwaterstandsdaling, grondwaterstandsstijging, verstoring van het fluctuatietraject en gegevens over de natuurlijke grondwaterkwaliteit en veranderingen daarvan hebben bevat, is de inbreng ten dele procesmatig.

Op grond van de rangorde in landschapscomponenten zou de bodem het volgend aspect zijn om de landschapsstructuur verder te detailleren. Om drie redenen is dat niet gebeurd. Allereerst vanwege de genoemde voortrekkersfunctie van de geomorfologie, vervolgens omwille van het gebrek aan bodemkundige karteringsgegevens en ten derde vanwege de belangrijke indicatiewaarde van de vegetatie voor bodemkundige eigenschappen van min of meer natuurlijke terreinen. Deze relatie, beschreven door onder andere Westhoff & Den Held (1969) en Doing (1966, 1974) maakte het mogelijk een bodemkundige indicatie te geven via de onderscheiden vegetatie-eenheden.

Hiermee zijn we bij de component vegetatie beland, een component die de laatste verfijningen in de landschapskaart kan aanbrengen. Deze heeft niet slechts een bodemkundige indicatiewaarde, maar weerspiegelt vele andere verschijnselen en processen en is dan ook bij uitstek geschikt voor verfijningen. In een grotendeels ongerept landschap als de duinen is het zelfs mogelijk om vegetatiekaarten te maken, die zeer sterk met de landschapsecologische gesteldheid overeenstemmen (Doing, 1966, 1974). Mede daarom zijn niet slechts van valleien maar ook van de droge duinen vegetatiegegevens verzameld. De karteringsgegevens berusten op de soortensamenstelling en structuur van de vegetatie en zijn gegroepeerd naar hun ecologische indicatie van de vocht- en voedingsstoffentoestand van de bodem en naar het successiestadium, waarin de vegetatie zich bevindt.

Op grond van bovenvermelde overwegingen zijn aldus vijf soorten gegevens in de kaart en/of in de legenda gebracht. De onderscheidingscriteria zijn apart vermeld, evenals de aantallen onderscheidingen per component. De component bodem is toegevoegd via de vegetatie.

Moedermateriaal: kalkgehalte: afzonderlijk op de kaart weergegeven. (-)

Terreinvormen	:	positie, vorm, oriëntering, rangschikking en relatief oppervlak van de elementen. Karakterisering door middel van ontstaanswijze (inclusief de invloed van de mens).	(18)
Grondwater	:	grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld, afwijkingen van de natuurlijke waterkwaliteit en -fluctuatietraject, actuele of (sub)recente (verdrogings)processen.	(11)
Bodem	:	kalktoestand (indicatie via de vegetatie)	(3)
Vegetatie	:	soortensamenstelling en structuur.	(24)

De aldus aangebrachte onderscheidingen (in totaal 56) zijn per landschapscomponent in de legenda verwerkt en gekarakteriseerd. Een uitgebreide legenda-beschrijving is te vinden in bijlage 3. Deze geeft een toelichting op de korte legenda die op de kaart is afgedrukt. De uitgebreide legenda maakt het mogelijk om de landschapsecologische kaart beter te interpreteren, zonder in alle gevallen facetkaarten of andere gegevens uit Bakker (1981), Klijn (1981), Van Zadelhoff (1981) Bakker et al. (1979a) te raadplegen.

De kaartlegenda, die al enige tientallen afzonderlijke onderscheidingen kent, maakt zeer veel combinaties van onderscheidingen mogelijk (moedermateriaal x terreinvormen x grondwater x vegetatie). Aangezien er ook in werkelijkheid vrij veel combinaties zijn aangetroffen, is het aantal landschapstypen zeer groot. Dit heeft geleid tot een legenda-opbouw die afwijkt van de gebruikelijke. Er is gekozen voor een systeem, waarbij de onderscheidingen per landschapscomponent gegroepeerd en apart gecodeerd zijn. Een 'sleutel' voor het gebruik van de legenda is op de kaart afgedrukt.

Tenslotte een enkel woord over de keuze van kleuren, rasters en symbolen. Op de kaart is de combinatie terreinvorm-grondwater-kalktoestand bodem kleurbepalend geweest, omdat deze in landschapsecologisch opzicht zeer informatief is. De karakterisering van de vegetatie is uit de code op te maken. Een kleurenschema is in de legenda opgenomen. Voor rasters of symbolen wordt eveneens naar de legenda verwezen.

4.2.2 Een verdere uitleg bij de legenda-eenheden

De basisprincipes bij de legenda-opbouw zijn hierboven reeds aangeduid. Daarbij bleek de keuze van de legenda-eenheden vooral gericht op de ecologische relevantie en werd een accent op de valleimilieus gelegd. Een aantal voorbeelden kan de gemaakte keuzen verder toelichten.

Moedermateriaal

Hoewel de ecologische betekenis van fysische en chemische eigenschappen van het moedermateriaal op voorhand duidelijk genoeg is, kan toch de vraag worden gesteld of deze niet voldoende tot hun recht komen in de eigenschappen van bodem en vegetatie. De vegetatie immers vertoont een zeer strikte relatie met de bodem en de daar aan gekoppelde vocht- en voedingsstoffenvoorziening. Niettemin is op de kaart een aanduiding gegeven van de mineralogische gesteldheid van het moedermateriaal via de kalkrijkdom. Juist in duingebieden is dit relevant, wanneer bodemkundige verjonging optreedt door verstuiving of bij een ingreep als vergravingen of uitgraving. In beide gevallen begint de bodemvorming en vegetatiesuccessie van voren af aan. In dat stadium zijn de eigenschappen van het moedermateriaal relatief belangrijk.

Terreinvormen

De onderscheiden eenheden zijn grotendeels gekarakteriseerd op grond van de genese. De verschillen in genese resulteren in ecologisch belangwekkende verschillen. Deze zijn te herleiden tot een karakteristieke structuur, een karakteristiek moedermateriaal of een eigen complex van processen. De legenda-eenheden strand, strandvlakte en strandduintjes vormen aldus een groep die een sterk dynamisch milieu vertegenwoordigt met frequente zilte invloeden, stuifprocessen en extreme microklimatologische omstandigheden. Het onderscheid in duincomplexen met afgesnoerde of uitgeblazen valleien heeft ook meer dan alleen genetische betekenis. Het zand in de eerste categorie bevat verhoudingsgewijs veel schelpfragmenten en soms zelfs slib of aanspoelsel van wier en algen. Dit zijn ecologisch relevante eigenschappen. Voorts kan als voorbeeld dienen dat het onderscheid in duincomplexen met relatief kleine, enkelvoudige uitblazingsvalleien of duincomplexen met grote, samengestelde duinvalleien niet alleen zinnig is als aanduiding van het aandeel der valleien. Verhoudingsgewijs liggen kleinere valleien beschutter ten opzichte van de wind, maar zijn veel gevoeliger voor de ecologisch belangwekkende processen van instuiving of inspoeling van materiaal langs hellingen van aangrenzende duinen. In zekere zin geldt dit ook voor hydrologische invloeden (Bakker, 1981).

Grondwater

De onderscheidingen met betrekking tot de grondwatersituatie zijn van meet af aan duidelijk toegespitst op de betekenis voor de valleivegetatie. Dit verklaart de onderscheidingen in grondwatertrappen die, gezien hun speciale doel, enigermate afwijken van de indeling bij vele bodemkundige karteringen (Stichting voor Bodemkartering, 1967). Naast de ligging van het grondwateroppervlak ten opzichte van het maaiveld is, juist ter verklaring van floristische of vegetatiekundige veranderingen, een aanduiding gegeven van min of meer recente hydrologische veranderingen zoals grondwa-

terstandsdaling. Enerzijds heeft dit directe invloed op sterk grondwatergevoelige plantesoorten, anderzijds betekent dit veelal een versterkte mineralisatie in de bodem, hetgeen tot uitdrukking kan komen in verruiging. Verdere aanduidingen betreffen een ecologisch relevante factor bij uitstek, de eutrofiëring van het grondwater tengevolge van infiltratie. Ook verstoringen in het grondwaterregiem die een verhoogde aanvoer van mineralen naar de plant teweegbrengen, zoals een versnelde en/of toegenomen fluctuatie of onnatuurlijk grote stroomsnelheden zijn als kenmerken ingevoerd.

Vegetatie

De onderscheidingen in het vegetatiekundig deel van de legenda zijn in hoofdzaak toegespitst op de valleien. Gezien de relevantie der eenheden voor beleid en beheer is een groepering aangebracht, die correspondeert met een natuurlijke dan wel onnatuurlijke grondwatersituatie. Daarbij is onderscheid gemaakt in vegetaties in verdroogde of verdrogende valleien en in vegetaties, die duiden op een onnatuurlijke grondwaterregiem of een onnatuurlijke kwaliteit van het grondwater. De overige onderscheidingen sluiten aan bij de kalkgesteldheid van de bodem en - tot op zekere hoogte - het successiestadium. Dergelijke onderscheidingen hebben vooral ook beheerstechnische betekenis. Hierop wordt verder ingegaan in hoofdstuk 5. Faunistische verschijnselen zijn waarschijnlijk in belangrijke mate gecorreleerd aan de hier onderscheiden vegetatiekundige eenheden.

4.2.3 De afgrenzing van kaarteenheden

Op basis van de legenda-eenheden kunnen kaarteenheden worden afgegrensd, die een al dan niet complexe landschapsecologische eenheid symboliseren. Bij de afgrenzing van een heterogene kaarteenheid moeten de inwendige verschillen kleiner zijn dan de verschillen met andere kaarteenheden. Het aanbrengen van grenzen berust dan ook op de constatering van min of meer duidelijke verschillen ter weerszijden van die grens. In het algemeen heeft een grens meer betekenis naarmate er meer verschillen zijn vast te stellen voor de relevant geachte landschapscomponenten. De afgrenzing wordt vereenvoudigd indien de grenzen in het veld scherp zijn en indien de grenzen per landschapscomponent (bv. reliëf, bodem, vegetatie) samenvallen. Minder gemakkelijk zijn de gevallen waarbij de overgangen zeer vaag zijn of wanneer de meest voor de hand liggende grenzen per landschapscomponent niet blijken samen te vallen. Deze laatste situatie wordt ondermeer beschreven door Klink (1978). Voor een relatief natuurlijk landschap als de kustduinen, waar de diverse componenten zich voor een groot deel ongestoord in wisselwerking hebben ontwikkeld, zijn dergelijke probleemgevallen relatief minder talrijk.

De afgrenzing van kaarteenheden is in een interdisciplinair onderzoek een zaak van overleg. In theorie zou daarbij eenzelfde gedachtengang gevolgd kunnen worden als

bij de legenda-opbouw, namelijk het meer gewicht toekennen aan verschijnselen met een dominant karakter (zoals gesteente of reliëf) en het minder gewicht toekennen aan de vegetatiegrenzen. In dit geval zijn de reliëfkenmerken en de grondwatersituatie de belangrijkste criteria geweest. In de praktijk blijken bij het karteren de duidelijkst herkenbare verschijnselen en daarmede de best herkenbare veldgrenzen die van het reliëf en de vegetatie te zijn. In de vegetatie komen de overige eigenschappen van het landschap, zoals grondwater- en bodemgesteldheid voldoende tot uiting om bij het vaststellen van grenzen als houvast te hanteren. Het is duidelijk dat dergelijke indirecte informatie zoveel mogelijk door onafhankelijk hydrologisch onderzoek bevestigd moet zijn, wil een dergelijke grens betekenis hebben. In het kort komt het er voor de landschapsecologische kaart van het duingebied op neer dat de afgrenzing van kaarteenheden in eerste instantie op geomorfologische gronden en in tweede instantie op vegetatiekundige gronden is geschied, terwijl de hydrologische inbreng vooral ter verificatie heeft gediend. Wat de afgrenzing van kaarteenheden en de daarbij gebruikte overwegingen betreft, kan het volgende voorbeeld illustratief zijn.

Linksonder op de landschapsecologische kaart is Texel afgebeeld. In de duinen ten zuiden van strandpaal 13 à 14 is op geomorfologische gronden een hoofdindeling aangebracht in - van zuid naar noord - een strandvlakte met een gering aandeel strandduintjes (B), een uitgestrekt gebied met een afwisseling van volledig afgesnoerde strandvlakten met bijbehorende duinenreeksen (voormalige zeerepen of stuifdijken), aangeduid met de code E, terwijl verder noordelijk gesloten duinenreeksen (N) en duincomplexen met overwegend enkelvoudige uitblazingsvalleien (G) respectievelijk samengestelde uitblazingsvalleien zijn onderscheiden. Deze hoofdlandschappen zijn vooral op geomorfologische gronden afgebakend, hetgeen impliceert dat het in genetisch opzicht samenhangende eenheden zijn. Bij de afgrenzing is dit zoveel mogelijk overwogen. Een complex van uitblazingsvalleien en bijbehorende duinenreeksen is namelijk steeds zodanig afgegrensd, dat de valleien en de gelijktijdig gevormde, lijwaarts daarvan gelegen duinenreeksen één eenheid uitmaken. In het geval van afgesnoerde strandvlakten en bijbehorende duinenreeksen (voormalige zeerepen) geldt in principe dat het valleigedeelte en de zeewaarts daarvan gelegen (voormalige) zeereep één genetisch geheel vormen. Beide gevallen hebben ecologische betekenis door het feit dat de vegetatie- en bodemontwikkeling op duinruggen en in -valleien een gelijke start heeft gehad.

Het E-landschap heeft een herhaaldelijke afsnoering van valleien door primaire duinenreeksen gekend. Dit proces overbrugde op zuidelijk Texel een periode van circa anderhalve eeuw. De bodemkundige en vegetatiekundige verschillen die hiermee samenhangen, komen later ter sprake.

De onderverdeling van het E-landschap berust op gecombineerde vegetatiekundige en hydrologische criteria. De vochttoestand der valleien varieert van weinig vochtig (5) tot nat (7), terwijl in het zuidwesten van Texel een deel is verdroogd in het min of meer recente verleden (6). Opmerkelijk is dat de afgrenzing van laatstgenoemd terreingedeelte min of meer dwars staat op de geomorfologische structuur, waarbij de

strekking van valleien en duinruggen ongeveer een zuidoost-noordwest verloop kent. De bedoelde grens loopt ongeveer evenwijdig aan de huidige kustlijn, hetgeen begrijpelijk is doordat de grondwaterstandsdaling in het zuidwestelijk duingebied van Texel vooral een gevolg is van de forse kustafslag in de afgelopen eeuw (par. 3.5.2.1). De grootte van de grondwaterstandsdaling neemt landinwaarts gaande af.

De vegetatiekundige onderscheidingen in de kaart hebben naast een strikt verband met de vochttoestand der valleien een relatie met de ouderdom van het terrein. Dwars op de structuren gaande in landinwaartse richting zijn de bodems meer en meer ontkalkt, met name in de drogere delen. Gezien het accent van de kaart zijn de vegetatiekundige onderscheidingen vooral op de valleien gebaseerd. Niettemin komt het verloop in kalktoestand goed tot uitdrukking in de vegetatiekarakteristieken. De jongste terreindelen in het zuiden van het E-landschap kennen de codes q en r, beide behorend bij kalkrijke tot kalkhoudende bodems. Het oudere deel is gekenmerkt door een vegetatie waar reeds enige struweelontwikkeling aanwezig is (r). Verder noordelijk en westelijk treft men valleivegetaties aan met indicatoren van bodemverzuring, zoals heide. (Ook hier is nog onderscheid tussen vegetaties met en zonder struweel en berkenopslag (resp. w en x). Een bijzondere codering en een afwijkende kleur zijn op te merken in een meer noordelijk gelegen vallei, behorend tot het E-landschap. De code E9w geeft aan dat het grondwaterregiem hier is verstoord door waterwinning. Zoals in de uitgebreide legenda-beschrijving is te lezen komt dit in de vegetatie tot uitdrukking in een verminderde differentiatie, een lagere soortenrijkdom en relatief meer ruigtesoorten dan in vergelijkbare ongestoorde omstandigheden. De afgrenzing van dit gebied berust zowel op hydrologische als vegetatiekundige gegevens.

4.3 BRUIKBAARHEID, BEPERKINGEN EN EEN KORTE BESCHRIJVING VAN DE KAART

De keuze van kaartschaal en legenda-inhoud bepaalt de gebruiksmogelijkheden, maar ook de beperkingen van de kaart. In dit geval is gekozen voor een betrekkelijk kleinschalige overzichtskaart, die de belangrijkste landschapstypen van de Nederlandse duinen naar de actuele situatie weergeeft. Dit impliceert dat de bruikbaarheid vooral op nationaal en provinciaal niveau is gelegen. De kaartschaal en -inhoud staan het niet toe op basis van de kaart concrete regionaal of lokaal getinte beslissingen op het gebied van landgebruik en beheer te nemen. Deze vragen om meer gedetailleerde gegevens. In sommige gevallen is daarbij gebruik te maken van de geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige basiskaarten (1:25 000) en het basisrapport (Bakker et al., 1979a). Vaak zal echter aanvullend en doelgericht onderzoek noodzakelijk blijven. Dit geldt in ieder geval voor de faunistische gegevens, die in dit rapport helaas ontbreken.

De bruikbaarheid van de landschapsecologische kaart wordt sterk vergroot door deze te hanteren in samenhang met de facetkaarten (1:100 000) voor de facetten geomorfologie, hydrologie en vegetatie (Klijn, 1981; Bakker, 1981; Van Zadelhoff, 1981). De hierin opgenomen gegevens kunnen zowel een toelichting als een detaillering be-

tekenen. Zo kan de hydrologische facetkaart, waarin de oorzaken en mate van grondwaterstandsdalingen en de verstoring van de grondwaterkwaliteit zijn opgenomen, relevante informatie verlenen. Overigens kan ook de kaart met veranderingen sinds 1850 (bijlage 8) verhelderend zijn.

De landschapsecologische kaart vertoont, afgezien van een groot aantal onderscheidingen in de Jonge Duinen, ook aanduidingen met betrekking tot de aangrenzende gebieden. Deze zijn op de kaart met pasteltinten aangegeven en met romeinse cijfers gecodeerd. Via een zeer globale indeling zijn onder andere als landschappelijke eenheden onderscheiden: pleistocene welvingen (I), die op Texel bij Den Hoorn vrijwel contact maken met de Jonge Duinen, strandwallen en/of Oude Duinen, die vrijwel overal zijn afgegraven (vasteland van Noord- en Zuid-Holland) of door egalisatie hun karakter hebben verloren (III). Er resteren echter nog enkele plaatsen waar reliëf en vegetatie redelijk intact zijn gebleven (II). De overige onderscheidingen in aangrenzende gebieden betreffen kunstmatige terreinen (VI) (de Maasvlakte), kwelders (V) en een restgroep van zand-, klei- of veenpolders (IV). In de laatste categorie is, waar mogelijk, aangegeven waar de geologische grens van de overstuiving met Jong-Duinzand ligt. Dat deze grens zelden samenvalt met de grens van de Jonge Duinen op de landschapsecologische kaart, hangt samen met ontginningen en afgravingen van de binnenduinzoom. Bijzondere contactzones tussen het Jonge en Oude Duinlandschap treft men onder andere aan bij Monster en De Zilk. Overigens kan de onderscheiding Oude en Jonge Duinen lokaal wel eens problemen opleveren. Dit geldt vooral in primair kalkarme gebieden, waar bodemkundige verschillen minder evident zijn. Zo'n situatie treft men op Ameland aan. In dit geval zijn de duinresten bij Hollum, Ballum en Nes gekarteerd als Jong Duingebied, hoewel zij, zeker voor een deel, tot de Oude Duinen kunnen behoren.

Wat het Jonge Duingebied en de strandvlakten en stranden aangaat: het aantal onderscheidingen is van die omvang, dat slechts enkele hoofdlijnen kunnen worden aangegeven. Om te beginnen de terreinen, waar nog heden ten dage primaire duinen (kunnen) ontstaan: de strandvlakten. Deze gebieden, alsmede de veelal daarop aanwezige begroeide strandduintjes, vindt men op de Waddeneilanden en lokaal in zuidwestelijk Nederland. Deze terreinen ontstaan door kustaangroei, een proces dat nog steeds lokaal en periodiek optreedt en dat vooral in het waddengebied een belangrijke rol speelt. In (voormalige) kustaanwasgebieden ontstaan bij verdergaande duinvorming de al dan niet volledig afgesnoerde strandvlakten.

Onvolledig afgesnoerde strandvlakten treft men veelvuldig aan aan de oostzijde van sommige Waddeneilanden en op Goeree. Dit hangt samen met de kustexpositie en de ontstaanswijze. Deze valleien kennen vaak incidentele zilte overspoeling en bezitten soms zeer fraaie gradiënten van zoet naar zout. Dit landschapstype gaat meestal geleidelijk over in een strandvlakte of kwelder. Afgezien van de zilte invloeden is het grondwaterregiem natuurlijk en worden overwegend lage valleivegetaties aangetroffen met lokaal zoutindicatoren. Volledig afgesnoerde valleien ('primaire valleien')

zijn aanwezig op de Waddeneilanden, in zuidwestelijk Nederland en in de kop van Noordholland. Merendeels hebben deze nog een natuurlijke grondwatersituatie, terwijl de seriegewijze opbouw in uiteenlopende leeftijdsklassen interessante bodemkundige en vegetatiekundige verschillen per vallei oplevert, zoals op Voorne en Texel. In de kalkrijke gebieden treedt bij ongehinderde successie reeds in enkele decennia struweelontwikkeling op (Voorne), een proces dat afwijkt van de primair kalkarme Waddeneilanden zoals Terschelling en Vlieland. Daar kan in eenzelfde tijdsbestek bodemverzuring en bijgevolg heide-ontwikkeling optreden. Het feit dat Texel en Schiermonnikoog relatief mineraalrijke gebieden kennen, uit zich daar dan ook in overgangssituaties. Alvorens over te gaan op de duinen, die door verstuiving zijn ontstaan, moet gewezen worden op het typische landschap dat ontstaat bij een doorbraak van de waterkerende zeereep, waardoor achter deze bres een regelmatig overspoelde kweldervlakte ontstaat. Wij zien dit in optima forma op Texel (de 'Slufter'), in Zeeuws-Vlaanderen bij het Zwin (deels Belgisch) en in miniatuur bij de Verdronken Zwarte Polder eveneens in Zeeuws-Vlaanderen.

Duinen en duinvalleien, ontstaan door verstuiving, zijn zeer algemeen en in allerlei leeftijdscategorieën voorhanden. Men treft deze aan op de eilanden, in zuidwestelijk Nederland, terwijl de vastelandduinen ten zuiden van Camperduin volledig tot dit type behoren. De enkelvoudige, vrij kleine, alsmede de soms zeer uitgestrekte samengestelde uitblazingsvalleien hebben een hydrologisch en vegetatiekundig redelijk natuurlijk karakter in het waddengebied en zuidwestelijk Nederland, al zijn ook daar verdroogde of anderszins gedegradeerde terreinen. De Waddeneilanden hebben overwegend heidevegetaties of vegetaties van kalkovergangssituaties. In zuidwestelijk Nederland zijn de valleien overwegend struweelrijk. De vastelandduinen hebben ten gevolge van uiteenlopende, maar vooral menselijke invloeden veel van hun voormalige karakter verloren, met name wat de vochtige valleivegetaties betreft. Afgezien van de ontginningen en bebossingen, op de kaart met symbolen aangeduid, is er de grootscheepse grondwaterstandsdaling die de karakteristieke valleivegetaties deed verdwijnen. Slechts enkele 'vluchtplaatsen', zoals in enkele laagten ten zuiden van Egmond, ontstaan door mijnopruiming, wijzen op de vroegere floristische rijkdommen. Elders kunnen berkenbosjes nog als een relict van een vroegere vochtiger situatie in de valleien opgevat worden. Op de kaart is afzonderlijk weergegeven waar gebieden geomorfologisch, bodemkundig en qua grondwaterregiem en -kwaliteit zijn aangetast door de infiltratiewerken. De vegetatie is daar sterk verarmd en verruigd.

Het feit dat de vastelandduinen door hun eenvoudiger geomorfologische opbouw en de grotere mate van verarming wat betreft karakteristieke valleivegetaties achterblijven bij de eerder genoemde gebieden, behoeft nog geen lage 'waardering' te impliceren. Vele gebieden munten uit door een karakteristieke geomorfologie en een rijke flora van de droge duinen, terwijl zowel de beschrijvingen uit het verleden als de zeldzame nog ongestoorde situaties in het huidige gebied nadrukkelijk wijzen op de regeneratiemogelijkheden. Het fameuze kalkgrensgebied bij Bergen vertoonde nog slechts enkele decennia geleden allerlei bodemkundige en vegetatiekundige gradiëntsituaties

in het vochtige valleimilieu.

Tot voorbeeld moge voorts dienen dat het 'kopjes'-landschap bij Egmond-Binnen nog steeds in veel opzichten vergelijkbaar is met de kopjesduinen en overgangszones op Goeree (Westduinen) en Schouwen ('vroongronden'). Hierbij is vermeldenswaard dat deze gebieden, die wat reliëf, vochtsituatie, bodemontwikkeling en plantengroei aangaat vergelijkbaar zijn, ook een soortgelijke beheersgeschiedenis kennen. De decennia- of zelfs eeuwenlange extensieve begrazing is hierbij een essentiële factor geweest voor de floristische rijkdommen.

Evenzeer als de 'kopjes'-gebieden zijn er reliëfarme overgangszones, die bodemkundig, hydrologisch en vegetatiekundig aan het vochtige valleimilieu kunnen herinneren. Vaak zijn deze gelegen in het overgangsgebied tussen duinterrein en aangrenzende polders en door het geringe oppervlak niet altijd op een overzichtskaart af te beelden. Bijzondere overgangszones zijn die, waar al dan niet aangeplant loofbos de overgang van duin naar aangrenzend terrein markeert. Deze bossen kunnen voor een belangrijk deel natuurlijke elementen bevatten.

Hoewel de kaart vooral een momentopname van de huidige situatie poogt te zijn, wordt door middel van een symbool het proces van duinafslag aangegeven. Dit proces gaat gepaard met verlies aan duinterrein, grondwaterstandsdaling en vaak het volstuiven van valleien.

4.3.1 Errata bij legenda en kaart

De uitgebreide legenda (bijlage 3) en de landschapsecologische kaart (bijlage 7) bevatten een aantal fouten.

Uitgebreide legenda
- Vegetaties der droge duinen, punt h: weinig verdrogingsgevoelige, dient gelezen te worden als: weinig-verdrogingsgevoelige.
- Vegetaties der vochtige valleien, punt 6 t: meer op de voorgrond treden soorten uit 27 Aa; verbond van zomp- en gewone zegge en 30 Bb: kraaiheide verbond, dient gelezen te worden als: meer op de voorgrond treden soorten uit 30 Bb: kraaiheideverbond.

Landschapsecologische kaart.
- Legenda; codering in de sleutel tot de legenda: (onderstreept: goed ontwikkelde vochtige valleivegetaties aanwezig), dient gelezen te worden als: (onderstreept: goed ontwikkelde lage valleivegetaties aanwezig).
- Eigenlijke kaart

Texel:
Nabij Den Hoorn: L4k, dient gelezen te worden als L4k.
In kaarteenheid E7x, direct ten westen van De Mok, is het open water van De Geul niet aangegeven.

Goeree:

In de Kwade Hoek: D7r, dient gelezen te worden als D7r.

Westduinen ten oosten van Ouddorp: K5w, dient gelezen te worden als: K5w.

Schouwen:

Ten oosten van Haamstede: H4n, dient gelezen te worden als H4n.

Zeeuws-Vlaanderen:

Ten westen van Cadzand-Bad: L7r, dient gelezen te worden als L7r.

5 Toepassing van de resultaten van het landschapsecologisch onderzoek

5.1 INLEIDING

Een illustratie van de mogelijkheden voor het toepassen van de onderzoekresultaten van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' voor een weloverwogen gebruik en beheer van het duingebied is in diverse opzichten van belang. Allereerst is een dergelijke illustratie uiteraard van betekenis voor het duingebied zelf. Daarnaast vormt het in dit hoofdstuk besprokene in algemene zin een voorbeeld van de wijze waarop op landschapsecologische basis geïntegreerde informatie over onder andere geomorfologie, bodem, hydrologie en vegetatie, toepasbaar gemaakt kan worden voor een gefundeerd, in landschapsecologisch opzicht verantwoord, gebruik en beheer van natuurterreinen. Voorts draagt dit hoofdstuk bij tot een verdere ontplooiing van de landevaluatie als basis voor de planning van landgebruik.

In de nu volgende paragrafen wordt eerst een bespreking gegeven van het landgebruik en beheer van het duingebied in verleden en heden. Een dergelijke bespreking is van belang omdat het beheer van de duinen als natuurgebied veelal een voortzetting van het landgebruik in het verleden inhoud, met name van het agrarische landgebruik. Vervolgens wordt ingegaan op enkele algemene richtlijnen van de overheid ten aanzien van het landgebruik en beheer in het Nederlandse duingebied. Bij wijze van voorbeeld wordt daarna voor twee duingebieden een landevaluatie verricht ten dienste van het gebruik en beheer van die terreinen als natuurgebied.

5.2 GEBRUIK EN BEHEER VAN HET DUINGEBIED IN VERLEDEN EN HEDEN

5.2.1 Algemeen

Het Nederlandse duingebied is al lange tijd door de mens beïnvloed. Daarbij heeft het duingebied voor de mens diverse functies vervuld. In tabel 4 zijn deze weergegeven, evenals de verschillende gebruiks- en beheersvormen die samenhangen met de betreffende functies.

Door de eeuwen heen is de betekenis van het duingebied als zeewering onderkend. Reeds in een uit 1477 daterende ordonnantie van Maximiliaan van Oostenrijk is er sprake van dat de bewoners van zeedorpen gehouden zijn zorg te dragen voor de beplanting van de aangrenzende duinen met helm (Merula 1605, ontleend aan Boerboom, 1957; Jelles, 1968).
De helmbeplanting, die niet alleen diende om de kust tegen afslag te verdedigen, maar

Tabel 4. Functies van het Nederlandse duingebied in relatie tot gebruik en beheer (naar Van der Maarel & Dauvellier, 1978 en Van der Maarel, 1979).

	Functie		Gebruik, beheer
I	Zeeweringsfunctie	1)	kustverdediging (helm planten, ophogen van duinen)
II	Produktiefuncties		
	a) leverantie van delfstoffen	2)	waterwinning
		3)	zandwinning
		4)	gas- en oliewinning
	b) leverantie van meststoffen	5)	plaggen steken
	c) leverantie van biomassa via jacht en verzamelen	6)	exploitatie plantaardige biomassa (o.a. hout, takken, twijgen, riet, gras, vruchten, kruiden)
		7)	exploitatie dierlijke biomassa (o.a. vlees, huiden, eieren)
	d) leverantie van biomassa via land- en bosbouw	8)	akkerbouw, tuinbouw
		9)	veeteelt (inclusief extensieve beweiding)
		10)	bosbouw (inclusief hakhoutexploitatie)
III	Draagfuncties/bergingsfuncties	11)	aanleg en gebruik van wegen, parkeerterreinen, paden, leidingen, recreatievoorzieningen
		12)	industriële activiteiten
		13)	permanente bewoning
		14)	intensieve recreatie (substraatrecreatie)
		15)	militaire activiteiten
		16)	filtratie en berging van drinkwater
		17)	storten en lozen van afval
IV	Natuurfuncties (o.a. oriëntatiefunctie, educatiefunctie, signaalfunctie, reservoirfuncties, regulatiefuncties)	18)	natuurbeheer
		19)	extensieve recreatie (landschaps- en natuurrecreatie)
		20)	onderwijs, onderzoek

Table 4. Functions of the Dutch coastal dunes in relation to use and management (after Van der Maarel & Dauvellier, 1978 en Van der Maarel, 1979).

ook om overstuiving van cultuurgronden en dorpen te voorkomen, liet, ondanks talrijke verordeningen, lange tijd veel te wensen over. Dit was niet alleen een gevolg van onvoldoende aanplant van helm, maar vooral ook van schade die aan de helmbeplanting werd toegebracht door konijnen en vee (Jelles, 1968).

De situatie is sedert het eind van de vorige eeuw aanzienlijk gewijzigd. Tegenwoordig vindt een stringente kustverdediging plaats, waarbij nog altijd op grote schaal helm wordt geplant en rietschermen en takken worden geplaatst terwille van het vastleggen en het laten opstuiven van de duinen. Betreding van met helm ingeplante duinen is in het algemeen verboden. Op kustgedeelten die sterk van kustafslag te lijden hebben past men tegenwoordig vaak de techniek van het 'naar binnen laten rollen' of met bulldozers naar binnen schuiven van de zeereep toe. Waar de zeereep te zeer is verzwakt of van te geringe hoogte is brengt men in het achterliggende duin secundaire waterkeringen aan (veelal in de vorm van zanddijken). Daarbij worden andere functies van het duingebied veelal aan de zeewerende functie ondergeschikt

gemaakt.

Uit vele oude geschriften blijkt dat men de duinen niet alleen beschouwde als een effectieve verdediging tegen de zee, maar dat het duingebied tevens werd gebruikt als bron van voedingsstoffen, meststoffen, brandstoffen en delfstoffen. Aanvankelijk lag het accent daarbij voornamelijk op de in tabel 4 onder II b, c en d vermelde gebruiksvormen, welke men zou kunnen aanduiden met de verzamelternen jacht en agrarisch landgebruik. Daarnaast was ook de winning van zand (glasindustrie, stedenbouw) en water (blekerijen, papierfabricage, bierbereiding, huishoudelijk gebruik) niet onbelangrijk (Jelles, 1968).

De jacht is lange tijd bepalend geweest voor het landgebruik en beheer van het duingebied, in het bijzonder in Noord- en Zuid-Holland. De jacht was daar voorbehouden aan een selecte groep 'gekwalificeerden'. Zij bedreven de jacht op grofwild, in het bijzonder edelherten als een vorm van oefening en vermaak (Boerboom, 1957; Jelles, 1968). In feite kan men deze vorm van landgebruik dan ook eerder beschouwen als een vorm van recreatie dan als een vorm van exploitatie van het duingebied. De oudste oorkonde die Jelles (1968) met betrekking tot de jacht op edelherten in het duingebied noemt stamt uit 1314. Rentenaar (1977) bespreekt nog oudere geschriften waaruit blijkt dat ook vóór 1300 reeds op edelherten werd gejaagd in het duingebied. Het grofwild in het duingebied, waartoe naast het edelhert ook het damhert en het wilde zwijn gerekend moeten worden (Swaen, 1948, naar een handschrift uit 1635), stond in ieder geval sedert 1314 onder bescherming van een houtvester. Deze bescherming was in sommige tijden dermate stringent dat de populatiedichtheid zeer hoog was. Jelles (1968) vermeldt dat in de duinen tussen Bakkum en Wijk aan Zee in 1596 circa 1 hert/10 ha voorkwam. Hij berekende dit op basis van schattingen van substituut houtvester Gerard Boot uit die dagen. Herten zijn rond 1750 uit het duingebied verdwenen (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979).

De jacht op konijnen, die veelal afzonderlijk geregeld was, heeft nog tot rond 1800 een zeer belangrijke rol gespeeld in het duingebied. Deze jacht werd veelal verpacht aan zogenaamde duinmeiers. De duinmeiers, die het konijn in de duinen op bedrijfsmatige wijze exploiteerden, voerden de populatiedichtheden van deze dieren vaak tot grote hoogte op (Jelles, 1968).

Het agrarisch landgebruik heeft in de loop der tijd in en nabij het duingebied ernstige hinder ondervonden van de hoge wildstand in het duingebied. De boeren waren onderworpen aan de beschermende maatregelen die golden ten aanzien van het wild (Boerboom, 1957; Jelles, 1968). Desondanks heeft het agrarisch landgebruik in de afgelopen eeuwen voortdurend een rol van betekenis vervuld in het duingebied. Pas in de loop van deze eeuw is deze betekenis snel minder geworden. Meer hierover in paragraaf 5.2.2. Tegenwoordig ligt het accent bij de exploitatie van het duingebied vooral op grootschalige vormen van waterwinning en lokaal op gas- en oliewinning.

De vormen van landgebruik waarbij het duingebied een 'dragende' functie heeft, of waarbij het dienst doet als berging van stoffen, zijn in de loop der tijd steeds belangrijker geworden. Enerzijds is het gebied dat draag- en bergingsfuncties vervult

in de loop der tijd groter geworden, anderzijds is de aard van de activiteiten en stoffen die 'gedragen', geborgen of opgevangen worden, in de loop der tijd ingrijpend gewijzigd. De gebieden die draag- en bergingsfuncties vervullen, kunnen hierdoor in mindere mate dan voorheen nevenfuncties vervullen (par. 3.4).

In tegenstelling tot nu toe besproken gebruiks- en beheersvormen kent het natuurbehoud en natuurbeheer nog geen lange geschiedenis, doordat de waarde en de betekenis van de duinen als natuurgebied pas sinds kort ten volle worden onderkend. Een eerste aanzet daartoe gaf Van Eeden (o.a. 1866, 1867 en 1885) terwijl met name ook Thijsse (o.a. 1910, 1927, 1946; Heimans & Thijsse, 1899) in dit bewustwordingsproces een belangrijke rol heeft gespeeld. Het belang van de duinen als natuurgebied vond in 1908 officiële erkenning met de aanwijzing van het Mientje (6,5 ha) en de Muy (ca. 400 ha) op Texel als Staatsnatuurreservaten (Boodt, 1934; Voûte & De Vries Broekman, 1973). Sedertdien is het gewicht dat aan de natuurfuncties van het duingebied wordt toegekend snel toegenomen. Momenteel is in vrijwel het gehele duingebied het gebruik en beheer (mede) afgestemd op het instandhouden van de natuurwaarden. Bij dit natuurbeheer wordt onder andere van ouderwetse agrarische technieken gebruik gemaakt, terwijl op diverse plaatsen het natuurbeheer een voortzetting betekent van het vanouds gangbare agrarische landgebruik. Gezien het feit dat de in dit hoofdstuk aan de orde komende landevaluatie in het teken staat van het beheer van de duinen als natuurgebied is het van belang nader in te gaan op het agrarische landgebruik van de duinen in verleden en heden.

5.2.2 *Agrarisch landgebruik*

5.2.2.1 'Intensieve' landbouw, bosbouw

Permanent in gebruik zijnde akkers en weilanden kwamen in het duingebied vooral voor langs de binnenduinrand en rond de zeedorpen, hetgeen ook heden ten dage nog het geval is. Met name in de 19e eeuw heeft men ook meer afgelegen duinvalleien ontgonnen ten dienste van de landbouw. Deze ontginningen (vooral in de Noord- en Zuidhollandse vastelandsduinen en op Texel) werden aan het eind van de 19e eeuw reeds weer voor een belangrijk deel verlaten, mede onder invloed van verdroging ten gevolge van waterwinning (Jelles, 1968). Voor een uitgebreide bespreking van de geschiedenis van de landbouw in het duingebied (met name in Noord-Holland) kan verwezen worden naar Jelles (1968).

Bosbouw ten dienste van een geregelde houtproduktie heeft in het duingebied nooit een grote rol gespeeld. Weliswaar vermelden Van Steijn (1933) en Boerboom (1957) dat reeds in een pachtbrief van Maximiliaan van Oostenrijk uit 1478 melding wordt gemaakt van de verplichting dat voor iedere 'dorre' boom die wordt omgehakt drie jonge bomen moeten worden geplant, maar van een systematisch bosbeheer is in het gebied der Jonge Duinen vrijwel nergens sprake geweest. Een uitzondering hierop vormt de hakhoutcultuur die gedurende de 19e eeuw (en mogelijk reeds daarvoor) op diverse

plaatsen een rol heeft gespeeld. Met name op Schouwen kwamen in de duinen uitgestrekte hakhoutcomplexen voor die tot circa 1945 in cultuur zijn geweest.

Omstreeks 1890 begon men met grootscheepse bebossingen van het duingebied. Daartoe werden, na proefnemingen van o.a. H.C.W. Staring in de duinen bij Schoorl, Katwijk, Wassenaar, Scheveningen en Schouwen, vooral Corsicaanse en Oostenrijkse den (*Pinus nigra* var. *corsicana* en *austriaca*) aangewend (Van Steijn, 1933; Boodt, 1934). Hoofdmotief voor de bebossingen was het tegengaan van verstuivingen. Bebossing komt tegenwoordig in het duingebied nog slechts op kleine schaal voor (o.a. bij Schoorl). Op diverse plaatsen wordt naaldbos omgezet in loofbos met het oog op het vergroten van de recreatieve betekenis en het versterken van de natuurfuncties van de bossen.

5.2.2.2 Gebruik van onontgonnen duinterrein

De agrarische technieken die vanouds worden toegepast in niet ontgonnen duinterrein zijn voor het natuurbeheer van groot belang. De belangrijkste technieken worden daarom uitgebreid besproken. Dit gebeurt op basis van gegevens die verzameld zijn in het kader van het TNO Duinvalleienonderzoek (Bakker et al., 1979a).

Afplaggen ('zoden slaan') Aan plaggen ('zoden') heeft in het agrarisch bedrijf eeuwenlang grote behoefte bestaan, met name voor de mestvoorziening (Van Oosten Slingeland, 1958). Zoden slaan heeft in het duingebied eeuwenlang plaatsgevonden, niet alleen op de Waddeneilanden (Van Dieren, 1934) maar ook in de kalkrijke vastelandsduinen (Jelles, 1968). Het afplaggen in duinvalleien, in het kader van het agrarische landgebruik, heeft onder andere op Terschelling, Texel, Vlieland en Goeree (Blom & Willems, 1971) tot aan de Tweede Wereldoorlog plaatsgevonden.
Op Texel werden ook plaggen gestoken ten behoeve van de aanleg en het onderhoud van tuinwallen. In de oorlog is op diverse plaatsen geplagd om bunkers af te dekken. Na 1945 is het plaggen sterk verminderd, mede onder invloed van de toename van het gebruik van kunstmest in de landbouw. Het steken van plaggen ten behoeve van de aanleg en het onderhoud van wegen bleef nog lang bestaan. Ook nu wordt nog voor dit doel geplagd (met name ten behoeve van schelpenpaden). Voorts is sedert 1945 op diverse plaatsen in valleien geplagd in het kader van het natuurbeheer, met name in kalkarme duingebieden.

Kappen van struweel en bos Het oogsten van hout uit het duingebied heeft in de loop der eeuwen steeds een belangrijke rol gespeeld, getuige de vele bepalingen die men in oude geschriften aantreft omtrent het tegengaan van houtroof (o.a. Van Dieren, 1934; Boerboom, 1957; Jelles, 1968). Het hout gebruikte men voornamelijk als brandstof en als boerengeriefhout. Er werden niet alleen bomen gekapt, men gebruikte ook struiken als duindoorn (*Hippophaë rhamnoides*) en kruipwilg (*Salix repens*). Deze struiken dienden niet alleen als brandhout, maar werden ook rond erven en akkers geplant om deze tegen overstuiving en konijnen te beschermen (Jelles, 1968). Tot in de tweede

helft van de 19e eeuw heeft de 'houtroof' een rol gespeeld. Ook de eerste bossen die na 1800 werden aangelegd hadden hier van te lijden (Van Steijn, 1933). Tegenwoordig komt het kappen van struweel en bos als exploitatievorm in het duingebied vrijwel niet meer voor. Wel wordt soms in het kader van het natuurbeheer struweel en bos gekapt met het oog op het opnieuw laten ontstaan van lage valleivegetaties in dichtgegroeide duinvalleien (o.a. op Voorne en Schouwen).

Maaien Bepalingen over maaien (waartoe ten dele ook 'ruigt halen' wordt gerekend) zijn weinig talrijk in de literatuur. Dit hangt wellicht samen met het feit dat maaien voor het duin minder schadelijk werd geacht dan bijvoorbeeld houtroof. Maaisel uit het duin werd voornamelijk gebruikt als voedsel en ligstro voor het vee (Boerboom, 1957). In duingebieden die arm waren aan houtgewas, zoals de Waddeneilanden en de duinen bij Schoorl, werd maaisel van helm (*Ammophila arenaria*), zandzegge (*Carex arenaria*), gagel (*Myrica gale*) en struikhei (*Calluna vulgaris*) als brandstof gebruikt. Helm gebruikte men ook wel voor het vlechten van matten, terwijl van Terschelling bekend is dat het merg van pitrus (*Juncus effusus*) en biezeknoppen (*Juncus subiliflorus*) werd gebruikt als lampepit (mond. med. G. Londo).

Aangenomen mag worden dat in het verleden in het duingebied weinig regelmatig gemaaid werd. Men maaide vermoedelijk vooral op plaatsen die relatief goed bereikbaar waren en waar op dat moment voldoende gewas stond. Na de eeuwwisseling nam het maaien in de duinen af, met name in Noord- en Zuid-Holland. In andere gedeelten van het duingebied werd het maaien door boeren langer voortgezet. Zo werd het Zwanenwater bij Callantsoog tot 1934 verpacht voor maaien en houtoogst. Van maaien uit natuurbeheersoogpunt is vóór de Tweede Wereldoorlog nergens sprake. Pas toen rond 1955 bleek dat allerlei terreinen die vroeger beweid of gemaaid werden sterk verruigden, waardoor waardevolle valleivegetaties dreigden te verdwijnen, begonnen instanties als Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Zuidhollands Landschap en Domeinen met het maaien van valleien teneinde deze verruiging tegen te gaan. Het maaisel werd in beginsel naar buiten het terrein afgevoerd, maar ook gebruikt om paden vast te leggen.

Hieronder volgt een globaal overzicht van plaatsen waar momenteel, voornamelijk uit natuurbeheersoogpunt, gemaaid wordt. In dit overzicht is weinig aandacht besteed aan het maaien langs infiltratie- en winningskanalen, omdat de vegetaties langs deze kanalen meestal minder waardevol zijn en het maaien hier niet in de eerste plaats vanuit natuurbeheersoogpunt gebeurt.

Overzicht van terreinen die gemaaid worden in het Nederlandse duingebied (situatie 1978)

Schiermonnikoog	Vooral de laatste jaren worden grote oppervlakten in de duinen gemaaid. Genoemd kunnen worden: delen van de Oosterkwelder, Grieënglop en Hertenbos. Het grootste deel wordt regelmatig (1x per jaar of 1x per 2 jaar) gemaaid. Sommige gedeelten ook wel minder regelmatig.

Ameland	Enkele gedeelten worden regelmatig gemaaid (o.a. Zwanenwaterduinen en een grote vallei in het noordwesten).
Terschelling	Voornamelijk verlaten cultuurlanden worden regelmatig gemaaid. Een aantal van deze terreinen werden tot voor kort nog beweid.
Vlieland	Enkele verlaten cultuurlanden en een gedeelte van de Eerste Kroonpolder worden regelmatig gemaaid.
Texel	Vooral cultuurlanden worden regelmatig gemaaid. Echter ook wel andere valleien zoals gedeelten van de Geul (riet), 'Het Duinpark' en de Horspolders.
Den Helder-Petten	In de duinen van Den Helder tot Callantsoog wordt (behalve incidenteel in het Botgat) nergens gemaaid. In het reservaat het Zwanenwater worden, sinds dit terrein in 1973 in eigendom van Natuurmonumenten kwam, grote oppervlakten regelmatig gemaaid. (Men breidde de oppervlakte uit van 6 tot 60 ha). De orchideeënstand nam door dit beheer de laatste jaren sterk toe. Ook in het terrein ten zuiden van het Zwanenwater wordt, vrij onregelmatig, gemaaid.
Camperduin-Egmond	Sinds kort worden enkele terreinverlagingen in de duinen van het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland gemaaid. In het terrein ter hoogte van Wimmenum zijn enkele gedeelten in gebruik als hooiland bij particulieren.
Egmond-IJmuiden	Sinds kort worden enkele terreinverlagingen en paden in het Reggers Sandersvlak gemaaid. Ook aan de binnenduinrand ter hoogte van Egmond Binnen worden enkele gedeelten als hooiland verpacht.
IJmuiden-Noordwijkerhout	Slechts een aantal oeverlanden van infiltratie en winkanalen en kwelplassen in het gebied van de Amsterdamse waterleidingduinen worden gemaaid. Op sommige gedeelten gebeurt dit uit natuurbeheersoverwegingen. Ook enkele valleitjes achter de zeereep worden sinds kort om deze reden gemaaid.
Noordwijkerhout-Den Haag	Veel infiltratiekanalen, winkanalen en kwelplassen worden gemaaid. Verder worden de Ezelenwei en een stukje langs het Parnassiapad tussen Scheveningen en de Wassenaarse Slag uit natuurbeheersoverwegingen gemaaid.

Den Haag-Hoek van Holland	Voorzover bekend wordt hier niet in de duinen gemaaid.
Voorne	Een groot aantal valleien wordt regelmatig gemaaid.
Goeree	Alleen een gedeelte van het reservaat de Kwade Hoek wordt regelmatig gemaaid.
Schouwen	Een gedeelte van de Zoute Haard en enkele valleien in de Verklikkerduinen worden regelmatig gemaaid.
Walcheren	Cultuurgrasland bij Vrouwenpolder, de oevers van een winningskanaal bij Oranjezon en de golfbaan bij Domburg worden regelmatig gemaaid.
Zeeuws Vlaanderen	Voor zover bekend wordt hier niet in de duinen gemaaid.

Beweiding De eerste berichten over beweiding in de Jonge Duinen op het vasteland van Noord- en Zuid-Holland stammen uit de 15e en 16e eeuw. Het betreft hier voornamelijk bepalingen over veeweiderecht. Uit de bewoordingen van een uitspraak uit 1441 over het recht van veehouders van Bakkum, Castricum en Heemskerk om in de duinen hun vee te drijven valt op te maken dat reeds voordien veeweiderechten bestonden. Het gebruik om vee in de duinen te weiden is derhalve van ouder datum (Jelles, 1968). Uit de beschrijvingen uit deze tijd komen de duinen naar voren als een bar landschap, in vele delen slechts met een schaarse begroeiing en sterk stuivend (Boerboom, 1957). Dit werd niet in de laatste plaats door het veeweiden veroorzaakt. In de hierop volgende eeuwen zijn dan ook allerlei placaten en renovaties uitgevaardigd die een tegenovergestelde strekking hebben terwille van helmbeplanting en ter voorkoming van: 'het vertreden en verstoppen van konijnsbergen respectievelijk konijnsholen' (Jelles, 1968). Ook het 'Wijdt beroemt Placaet van de Jare 1517' van Karel V, dat later vele malen vernieuwd werd, bevat voorschriften over veeweiden in de duinen (Van Steijn, 1933). Al deze bepalingen haalden echter weinig uit. Tot in de 19e eeuw liet men nog veel vee in de duinen grazen. In de loop van de 19e eeuw nam de beweiding steeds verder in betekenis af (Jelles, 1968).

Het is moeilijk om uit de periode voor 1800 gegevens over beweiding op de Zeeuwse, Zuidhollandse en Waddeneilanden te achterhalen. De situatie zal hier echter ongeveer hetzelfde geweest zijn als in de vastelandsduinen. Op sommige Waddeneilanden waren de bewoners vanwege het nagenoeg ontbreken van polderland voor hun brandstof, meststof en voor het weiden van hun vee nog sterker op het duingebied aangewezen dan in Zeeland of de vastelandsduinen. Per eiland verschilde de soort beweiding. Zo hield men op Texel veel schapen en op Ameland meer rundvee (Doing, in voorbereiding).

Op de Zeeuwse, Zuidhollandse en Waddeneilanden hield beweiding in de duinen lang stand. Rond 1900 werd bijvoorbeeld het gehele duingebied van Terschelling en Vlieland in de winter nog beweid (het zogenaamde 'overal'). Toen Staatsbosbeheer in 1910 het beheer over dit gebied verkreeg, werd hieraan een halt toegeroepen. Als compensatie

voor de boeren werden een aantal vochtige valleien tot weiland ontgonnen (Boodt, 1934). Op Texel ging de beweiding (vooral schapen) op de meeste plaatsen door tot in de vijftiger jaren. Net als op de andere eilanden worden daar ook nu nog duinterreinen beweid, hoewel de omvang daarvan beperkt is. Op de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden stemt de situatie wat betreft de beweiding in grote lijnen overeen met het Waddengebied. Het Voornse duingebied werd tot 1910 beweid, op Goeree ging de beweiding (met hoornvee) in vrijwel het hele duingebied door tot 1963. Op Goeree en Schouwen worden ook nu nog flinke oppervlaktes beweid.

Overzicht van de nu nog beweide terreinen in het Nederlandse duingebied (situatie 1978)

Schiermonnikoog	Een gedeelte van de Ooster- en Westerkwelder wordt beweid, evenals enkele terreintjes rond de eendenkooi.
Ameland	Grote oppervlakten worden beweid zoals Het Oerd, Kooiduinen, Nieuwlandsrijd en vele duinterreintjes in de polder, vooral bij Buren, Nes en Ballum.
Terschelling	Een aantal in cultuur gebrachte valleien wordt beweid, waaronder enkele extensief. Verder een deel van het Groene Strand en de Groede (een deel van de Boschplaat). Ook ziet men hier verspreid door het duin nog wel paarden, geiten en schapen aan een touw (aan de 'roop').
Vlieland	Enkele cultuurlanden o.a. bij het Kooiplekslid, de eendenkooien en ten oosten en westen van het dorp worden beweid.
Texel	Een groot deel van de in cultuur gebrachte valleien wordt beweid. Plaatselijk wordt hier intensief beweid. Verder o.a. beweiding in de Grote Vallei en de Krimvallei.
Den Helder-Petten	Hier worden nog twee cultuurlanden beweid, namelijk in het Botgat en het Eerste Korfwater.
Camperduin-Egmond	In het Hargergat en op enkele terreintjes in de duinen ter hoogte van Wimmenum wordt nog vee gehouden.
Egmond-IJmuiden	Enige gedeelten aan de binnenduinrand bij Bakkum en Egmond Binnen, het Vogelwater bij Bakkum en een cultuurland bij Wijk aan Zee worden nog beweid.
IJmuiden-Noordwijkerhout	Voor zover bekend wordt in dit gebied geen vee gehouden.

Noordwijkerhout-Den Haag	Een terrein ten noorden van Katwijk wordt vrij intensief beweid.
Den Haag-Hoek van Holland	Enkele valleien rond Monster en enige duinterreinen in en rond Hoek van Holland worden beweid.
Voorne	Enkele gedeelten van het 'Groene Strand' en de Heveringen worden extensief beweid.
Goeree	Zowel de Westduinen als de Vuurtorenvallei worden beweid.
Schouwen	Grote oppervlakten, met name op de Vroongronden worden nog beweid. Ook in gedeelten van de Zoete en Zoute Haard wordt vee gehouden.
Walcheren	Een gedeelte bij Vrouwenpolder en enige stukken langs de binnenduinrand bij Oranjezon worden beweid.
Zeeuws Vlaanderen	Rond het dorp Cadzand-Bad worden enkele valleien beweid.

In vrijwel alle gebieden die genoemd zijn vindt beweiding plaats met een 'normale' intensiteit: circa 1 koe of 1 paard per ha (vergelijk Oosterveld, 1979). Zeer extensieve begrazing met koeien of paarden (1 beest per 10 ha of minder) of schapen (1 per 3 ha of minder) vindt in het duingebied nergens over een grote oppervlakte (> 10 ha) plaats.

5.3 HET ALGEMENE BELEIDSKADER VOOR GEBRUIK EN BEHEER VAN HET NEDERLANDSE DUINGEBIED

In de vorige paragrafen is uiteengezet dat de betekenis die aan de diverse functies van het duingebied wordt gehecht, in de loop der tijd aan sterke veranderingen onderhevig is geweest. In samenhang daarmee is de aard en de intensiteit van het landgebruik en beheer sterk gewijzigd. Kenmerkend bij deze ontwikkeling is dat de verschillende vormen van landgebruik en beheer elkaar tegenwoordig, meer dan voorheen het geval was, negatief beïnvloeden. Het is dan ook noodzakelijk geworden het gebruik en beheer van het duingebied systematisch te plannen, teneinde negatieve beïnvloeding tussen de diverse vormen van landgebruik zoveel mogelijk te vermijden. Het is daarbij in veel gevallen noodzakelijk conflicterende vormen van landgebruik tegen elkaar af te wegen. In Nederland vervult de overheid een belangrijke rol in dit afwegingsproces via het ruimtelijk ordeningsbeleid (Van der Weijde, 1976; Otten, 1980).
Op landelijk niveau, in de Derde Nota over de ruimtelijke ordening (deel 3: Nota landelijke gebieden, deel 3[a](1977), inclusief de daarin opgenomen structuurschets), wordt het duingebied vrijwel integraal gekwalificeerd als: 'Gebied met als hoofdfunctie natuur'. Deze kwalificatie wordt ondersteund door verschillende van overheidswege geïnitieerde onderzoeken naar de natuurwetenschappelijke en landschappelijke

kwaliteiten van het landelijk gebied in Nederland. Op de Natuurwaardenkaart van Nederland (Bolwerkgroep, 1976) worden vrijwel alle duingebieden aangegeven als natuurgebied. Bij de Landelijke Milieukartering (Kalkhoven et al., 1976) is het duingebied aangegeven als gebied van de catogorie A (vrijwel overal natuurlijke elementen van nationale betekenis). De duinen tussen Hoek van Holland en Den Haag, de beboste binnenduinterreinen op Texel, bij Haarlem en op Voorne, en de vroongronden en schurvelingen op Voorne, Goeree en Schouwen, vallen in categorie B (gebieden met in grote delen elementen van nationale betekenis). Omtrent de betekenis van bovengenoemde kwalificaties (met name die in de Derde Nota over de ruimtelijke ordening en in de daarin opgenomen Structuurschetsen) kan worden opgemerkt dat in Deel 1 van de Derde Nota over de ruimtelijke ordening, de Oriënteringsnota, is gesteld dat het beleid gericht zal zijn op het veilig stellen, in de zin van het verlenen van een toereikende planologische bescherming en van het scheppen van een goede en duurzame beheerssituatie, van in beginsel alle in Nederland nog aanwezige natuurgebieden. Ook in streekplannen wordt in het algemeen aan de natuurfuncties van het duingebied een hoge prioriteit toegekend. Dit geldt zowel voor de oudere streekplannen als voor de meer recente streekplannen die op het duingebied betrekking hebben, zoals het streekplan Kop van Noord-Holland en Texel (vastgesteld 1978), het streekplan Amsterdam-Noordzeekanaalgebied (vastgesteld 1979) en het streekplan Zuid-Holland West (vastgesteld 1978). (Voor volledige overzichten van in voorbereiding zijnde, vastgestelde, en inmiddels herziene streekplannen wordt verwezen naar de jaarverslagen van de Rijksplanologische Dienst). In de meeste streekplannen wordt het duingebied aangeduid als natuurgebied dat tevens fungeert als zeewering en vaak ook als waterwingebied en recreatiegebied. Aan de zeeweringsfunctie wordt in het algemeen de hoogste prioriteit toegekend, terwijl in veel streekplannen wordt aangegeven dat het recreatieve gebruik van het duingebied de natuurlijke kwaliteiten niet mag schaden. In de streekplannen wordt in het algemeen weinig aandacht geschonken aan de negatieve invloed van waterwinning op de natuurlijke kwaliteiten van het duingebied. Een van de weinige streekplannen waarin nader op dit aspect wordt ingegaan is het streekplan Zuid-Holland West (1978). In dit streekplan wordt het volgende gemeld: 'Teneinde mogelijke conflicten tussen de verschillende belangen in het duingebied tussen Scheveningen en Katwijk tot een minimum te beperken, is in 1976 besloten tot het instellen van een breed samengestelde werkgroep, waarin ook de verschillende drinkwatermaatschappijen zijn vertegenwoordigd en die tot taak heeft te komen tot een uitgewerkt inrichtings- en beheersplan voor dit duingebied', en verder: 'Vooruitlopend op de resultaten van het onderzoek van de ingestelde studiegroep, zal bij iedere uitbreiding van het infiltratiegebied waarvan de onvermijdelijkheid is aangetoond, voor wat betreft situering, inrichting en beschermende maatregelen, rekening moeten worden gehouden met de aanwezige belangen van natuurbehoud'.

Het bovenstaande geeft aan dat de overheid zowel op landelijk als op provinciaal niveau in het ruimtelijk ordeningsbeleid het accent legt op het instandhouden van de natuurfuncties van het duingebied. Dit sluit aan bij het actuele landgebruik en -

beheer en komt tot uiting in bestemmingsplannen voor het duingebied. Het voert te ver op dit laatste dieper in te gaan.

Gezien het accent op het instandhouden van de natuurlijke kwaliteiten van het duingebied werd besloten de illustratie van de mogelijkheden voor het toepassen van de onderzoekresultaten van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' te richten op de planning van het gebruik en beheer van het duingebied als natuurgebied.

5.4 EEN LANDEVALUATIE VAN HET DUINGEBIED ALS BASIS VOOR DE PLANNING VAN GEBRUIK EN BEHEER

5.4.1 Enige algemene aspecten

Planning van gebruik en beheer van land heeft een lange traditie, het gebeurt al duizenden jaren (Vink, 1975). Aanvankelijk was men overal ter wereld genoodzaakt het landgebruik aan te passen aan de ecologische omstandigheden ter plaatse (terreingesteldheid, beschikbaarheid van grondstoffen, van nature aanwezige gewassen etc.). De ecologische omstandigheden stelden belangrijke beperkingen aan de wijze waarop en de mate waarin de mens in zijn behoeften kon voorzien (vergelijk voor Nederland Westhoff et al., 1970). Door allerlei ontwikkelingen, onder andere op plantenteeltkundig, civieltechnisch en cultuurtechnisch gebied, is met name in geïndustrialiseerde landen de directe afhankelijkheid van het natuurlijk milieu veel geringer geworden. De noodzaak om het landgebruik en beheer af te stemmen op de landschapsecologische omstandigheden is ogenschijnlijk verminderd. Dit is echter alleen mogelijk bij de gratie van hoge invoer aan energie en kapitaal. Daar waar deze produktiefaktoren niet in ruime mate voorhanden zijn, of waar zij niet op rendabele wijze kunnen worden toegepast, blijft het noodzaak het landgebruik af te stemmen op de ecologische omstandigheden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de geïndustrialiseerde landen juist in een produktiesector als de bosbouw goed gefundeerde methoden zijn ontwikkeld voor een ecologische onderbouwing van de planning van het landgebruik (o.a. Leser, 1976; Firet, 1978). In deze sector, waar het tegenwoordig, gezien de relatief lage houtprijzen en de lange produktietijd, niet verantwoord is grote bedragen te investeren in bodemverbetering, bemesting etcetera, kan men de bedrijfsresultaten immers vrij sterk beïnvloeden door bij de planning van het landgebruik met ecologische factoren rekening te houden.

Ook vanuit de landbouwsector is de laatste jaren een aanpak naar voren gekomen voor een, onder andere in ecologisch opzicht, verantwoorde planning van gebruik en beheer van land (Vink, 1975). Deze aanpak, die voor een belangrijk deel stoelt op een systematische landevaluatie, werd vooral ontwikkeld ten behoeve van landbouwprojecten in ontwikkelingslanden (o.a. F.A.O., 1976; Beek, 1978). Landevaluatie wordt door Vink (1980) omschreven als: '...het proces van beoordeling van de prestaties van land als het gebruikt wordt voor goed omschreven doeleinden, bij welk proces betrokken zijn de uitvoering en interpretatie van karteringen en andere onderzoekingen van landvor-

men, bodems, vegetatie, klimaat en andere aspecten van het land teneinde veelbelovende typen van landgebruik te identificeren en te vergelijken in termen die toepasbaar zijn voor de doeleinden van de evaluatie'. Hoewel het systeem van de landevaluatie in eerste aanleg is ontwikkeld ten dienste van de planning voor landbouwkundig gebruik van het land, is zij uitgegroeid tot een methode met veel bredere toepassingsmogelijkheden (Vink, 1975; Bennema, 1980).

Tegenwoordig onderscheidt men bij de planning van landgebruik (in de ruimste zin, dus ook ten dienste van natuurbehoud en natuurbeheer) een aantal taken welke tevens opgevat kunnen worden als achtereenvolgende fasen van planning (F.A.O. 1976; Roberts, 1978). Bij een planning ten dienste van het natuurbeheer in een gebied kan men in aansluiting daarop de volgende taken (fasen) onderscheiden:

a. Formulering van doelstellingen en uitgangspunten.
b. Inventarisatie en analyse van het biotische en abiotische milieu en van de sociaaleconomische situatie (op lokaal niveau en in een historisch perspectief).
c. Selectie van menselijke activiteiten waarvan invoering of uitbreiding met het oog op de hiervoor genoemde punten te wensen of te verwachten is (voortaan aangeduid als de relevante activiteiten).
d. Vaststellen van de effecten van de relevante activiteiten.
e. Beoordelen van de wenselijkheid en de toelaatbaarheid van de relevante activiteiten vanuit natuurbehoudsoogpunt (per gebiedsdeel).
f. Vaststellen van verenigbaarheid van nieuw in te voeren of toe te laten activiteiten met bestaande activiteiten.
g. Vaststellen van de onderlinge verenigbaarheid van nieuw in te voeren (toe te laten) activiteiten.
h. Uitvoering van de planning, vaststellen van beheersplannen.
i. Vaststellen van de effecten van het landgebruik en beheer volgens de vastgestelde beheersplannen. Eventueel bijstelling van de beheersplannen ('Monitoring of results').

Het deel van de planningsprocedure dat in de nu volgende paragrafen aan de orde komt omvat de fasen a tm. e en kan beschouwd worden als een 'physical landevaluation' (Beek, 1978). 'Physical landevaluation' is een vorm van landevaluatie waarbij sociaaleconomische aspecten (afgezien van een algemeen kader) buiten beschouwing worden gelaten. ('Physical landevaluation' in de zin van Beek (1978) omvat ook de biotische aspecten van het landschap).

In de nu volgende paragraaf wordt nader ingegaan op het doel van de landevaluatie en de achtergronden waartegen deze zich afspeelt (punt a uit bovenstaande lijst van taken). Een aparte paragraaf (5.4.3) is daarna gewijd aan de basisgegevens waar de evaluatie op is gebaseerd, onder andere met betrekking tot de effecten van menselijke activiteiten (punt d.). Tevens wordt in deze paragraaf aangegeven welke uitgangspunten zijn gekozen bij de beoordeling van die effecten. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de gebieden waar de evaluatie is uitgevoerd (punt b). In de daarop volgende paragraaf wordt aangegeven welke activiteiten in de beide studiegebieden relevant worden geacht (punt c). Daarbij wordt ook aandacht besteed aan de

aard van de activiteiten en het oogpunt (c.q. de oogpunten) van waaruit zij ondernomen kunnen worden. Paragraaf 5.4.6 is gewijd aan een beoordeling van de wenselijkheid (c.q. toelaatbaarheid) van menselijke activiteiten per gebiedsdeel (punt e.).

5.4.2 Doel en achtergronden van de landevaluatie

Het doel van de hier uitgevoerde landevaluatie is om voor iedere eenheid of groep van eenheden van de landschapsecologische kaart (bijlage 7) aan te geven:
- Welke menselijke activiteiten vanuit natuurbeheersoogpunt gewenst zijn.
- Welke niet op natuurbehoud gerichte activiteiten toelaatbaar zijn.

Duidelijk is dat natuurbeheer en natuurbehoud centraal staan bij de evaluatie. Het is daarom noodzakelijk nader in te gaan op de achtergronden en doelstellingen van het natuurbeheer en -behoud en daarbij de relatie aan te geven tot het nauw verwante begrip natuurbescherming.

Bij bestudering van de literatuur valt op dat veel aandacht is besteed aan de motieven en de noodzaak van natuurbescherming, natuurbehoud en natuurbeheer (Mörzer Bruijns, 1965; Willems, 1971) maar dat aan een definiëring en een onderlinge afbakening van de begrippen relatief weinig aandacht is geschonken. Met name natuurbescherming en natuurbehoud worden veelal als synoniemen gebruikt (Zonneveld et al., 1975; Westhoff, 1970a, 1974). Desondanks kan men vaststellen dat de begrippen natuurbescherming, natuurbehoud en natuurbeheer in Nederland ieder een eigen betekenis hebben.

Het begrip natuurbescherming heeft een eigen inhoud in de betekenis van een algemeen aanvaard maatschappelijk streven gericht op natuurbehoud via beschermende maatregelen. Van Leeuwen (1967) spreekt in dit verband van: 'een maatschappelijk tegenkoppelingsmechanisme op wetenschappelijke grondslag, in het bijzonder gericht op de relatie tussen mens en natuurlijk milieu'. Vanouds is de natuurbescherming vooral gericht op het laten voortbestaan van met uitsterven bedreigde plante- en diersoorten en op het behoud van karakteristieke, relatief weinig door de mens beïnvloede natuurterreinen. In een beperkt aantal gevallen vormden geologische, geomorfologische en hydrologische verschijnselen het (hoofd-)object van behoud (rotsformaties, groeven, kliffen, watervallen etc.) (Anonymus, 1956; Westhoff, 1970; Blackmore, 1974; Twirdy, 1975). Sedert het begin van de twintigste eeuw heeft onder invloed van de enorme verarming van de natuur alsmede het toenemende inzicht in het functioneren van de natuur een voortdurende herbezinning plaatsgevonden ten aanzien van het doel en de methoden van de natuurbescherming (Westhoff, 1970a, b; Willems, 1971; Voûte & De Vries Broekman, 1973).

Op grond van deze herbezinning, die niet in de laatste plaats in Nederland plaatsvond, ging men zich in toenemende mate richten op de instandhouding van een zo groot mogelijke verscheidenheid aan plante- en diersoorten, populaties en levensgemeenschappen in hun natuurlijke milieu. Deze stellingname komt duidelijk tot uiting in een definitie van Westhoff (1970a) die natuurbehoud omschrijft als: 'Het behoud

van differentiatie, dus het tegengaan van nivellering; met andere woorden het in stand houden van de rijke verscheidenheid in milieutypen, die een voorwaarde is voor het voortbestaan van zoveel mogelijk soorten van planten en dieren en daaruit samengestelde levensgemeenschappen'. Vink et al. (1971) en Kuenen et al. (1976) definiëren natuurbehoud in aansluiting hierop als: 'het behoud van bepaalde milieus met en ten bate van diverse organismen, individuen, populaties en/of gemeenschappen'. In deze studie wordt onder natuurbehoud verstaan: 'het behoud van een rijke verscheidenheid aan milieutypen met, en ten bate van het voortbestaan (c.q. tot ontwikkeling komen) van, zoveel mogelijk van nature in de betreffende milieutypen thuishorende soorten planten en dieren en daaruit samengestelde levensgemeenschappen'.

Bovenstaande definities (met name die van Westhoff, 1970a), geven niet alleen de accentverschuiving weer die in de loop van deze eeuw is opgetreden in de doelstellingen van de natuurbescherming, maar geven ook aan dat de veranderde inzichten belangrijke praktische consequenties met zich meebrachten. Anders dan voorheen, toen niets doen voorop stond en bijvoorbeeld het agrarisch gebruik van natuurterreinen als een noodzakelijk kwaad werd gezien (Westhoff, 1979), werd het noodzakelijk geacht actief in natuurgebieden in te grijpen. Het werd voortaan noodzakelijk geoordeeld een actief natuurbeheer te voeren waarbij, naast het weren van een teveel aan menselijke invloeden (uitwendig beheer), tevens gestreefd werd naar het handhaven van de minimaal vereiste hoeveelheid menselijke invloeden van de gewenste soort (inwendig beheer).

Voor het actieve beheer van natuurterreinen moet expliciet duidelijk zijn welke kenmerken van het natuurlijke milieu behouden dienen te blijven. Bij het plannen van het beheer van een gebied vormt het vaststellen van de kenmerken welke men in stand wenst te houden (c.q. te ontwikkelen) dan ook veelal een eerste stap (par. 5.4.2. punt b). In feite is dit een waardering van de betreffende kenmerken per gebiedsdeel vanuit een oogpunt van natuurbehoud. Voor een dergelijke waardering zijn in de loop der tijd vele criteria ontwikkeld. Dit is vooral gebeurd in het kader van diverse milieukarterings-(waarderings-)projecten. Voor uitgebreide overzichten van de hier bedoelde projecten en de daarin gehanteerde criteria wordt verwezen naar Van der Maarel & Dauvellier (1978), Van der Ploeg & Vlijm (1978) en Burggraaff et al. (1979). Men kan twee categorieën van criteria onderscheiden:

1. Criteria die betrekking hebben op kenmerken van het natuurlijk milieu in het betreffende gebied, bijvoorbeeld:
- Zeldzaamheid (uniciteit) van de voorkomende organismen, soorten, levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen) en abiotische kenmerken.
- Diversiteit aan soorten, levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen) en abiotische kenmerken.
- Vorm en grootte van het gebied.

Naast criteria als grootte, zeldzaamheid en diversiteit, welke in principe meetbaar zijn, worden aan de kenmerken van het natuurlijk milieu ook via interpretatie waarden toegekend, zoals

- Authenticiteit van soorten, levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).
- Volledigheid (optimaliteit, rijpheid) van levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).
- Ongereptheid (gaafheid) van levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).
- (On)vervangbaarheid van levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).
- Ontwikkelingsmogelijkheden van levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).

2. Criteria die betrekking hebben op de ruimtelijke relaties tussen het natuurlijke milieu in het betreffende gebied en de omringende gebieden, bijvoorbeeld:
- Natuurlijke isolatie van de voorkomende levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen).
- Houdbaarheid van de voorkomende levensgemeenschappen (c.q. ecosystemen) (ten dele ook te rekenen tot de eerste categorie).
- Betekenis van het gebied als fourageer-, rust-, overwinteringsgebied.

Alle bovengenoemde criteria kunnen gehanteerd worden voor het toekennen van wat men zou kunnen noemen 'natuurwaarden' aan een gebied, dat wil zeggen: 'waarden die vanuit natuurbehoudsoogpunt kunnen worden toegekend aan een bepaald deel van het aardoppervlak op basis van structurele en functionele kenmerken van de aldaar voorkomende ecosystemen'. Aan welke natuurwaarden men het meeste gewicht toekent, blijft daarbij arbitrair. Opvallend is dat aan de literatuur zeer weinig criteria ontleend kunnen worden die behoren tot categorie 2. Het is dan ook noodzakelijk dat ten aanzien van de betekenis van het natuurlijk milieu in een gebied als 'bron', 'put' of 'regulator' voor het natuurlijke milieu elders, nieuwe criteria ontwikkeld worden (vgl. Van Leeuwen, 1980). Zo geldt bijvoorbeeld dat aan een duinrug een zekere natuurwaarde toegekend wordt op basis van zijn betekenis als bron van grondwater voor een aangrenzende vallei. Men zou in dit verband kunnen spreken van een functionele natuurwaarde. Nog duidelijker is dit bij een bekenstelsel waar het bovenstroomse gebied de hoedanigheid van een beek benedenstrooms sterk kan beïnvloeden.

Nadat van een gebied de meest essentiële natuurwaarden zijn vastgesteld, zal men trachten via een actief natuurbeheer deze waarden te handhaven of te doen toenemen. Natuurbeheer wordt in deze studie beschouwd als: 'een complex van doelbewuste handelingen gericht op het in stand houden en bevorderen van natuurwaarden'. In de nu volgende landevaluatie wordt een beoordeling gegeven van menselijke activiteiten in het kader van het beheer van de duinen als natuurgebied, een beheer dat dus gericht is op het handhaven of verhogen van de natuurwaarden. De beoordeling geschiedt op basis van de beschikbare kennis over de aanwezige natuurwaarden en de kennis over de effecten van menselijke activiteiten. Dat deze kennis hiaten vertoont moet bij voorbaat worden vastgesteld. Voorts is het onvermijdelijk dat tal van overwegingen (verband houdend met terreinkennis, ervaring etcetera) die bij het beoordelingsproces een rol spelen niet expliciet gemaakt kunnen worden ('tacit knowledge'; Vink, 1975). Dit alles doet evenwel niets af aan het belang van het beschrijven van de beoordelingsprocedure in de vorm van een landevaluatie. Op deze wijze komen de beslissingsmomenten bij het plannen van het natuurbeheer in een gebied duidelijk naar voren.

5.4.3 *Uitgangspunten en basisgegevens*

Bij de hier uitgevoerde landevaluatie spelen de begrippen wenselijkheid en toelaatbaarheid een centrale rol. Het begrip wenselijkheid wordt gehanteerd in relatie tot natuurbeheersmaatregelen, het begrip toelaatbaarheid in relatie tot niet op natuurbehoud gerichte activiteiten.

De wenselijkheid van een natuurbeheersmaatregel op een bepaalde plaats wordt beoordeeld op grond van het effect dat op den duur van die maatregel verwacht mag worden. Maatregelen waarvan verwacht mag worden dat zij de natuurwaarden in een bepaald gebied zullen bevorderen, worden aldaar wenselijk geacht. Een maatregel waarvan dit onder de gegeven omstandigheden niet kan worden verwacht wordt als niet wenselijk beschouwd.

Een niet op natuurbehoud gerichte activiteit wordt op een bepaalde plaats ontoelaatbaar geacht wanneer moet worden aangenomen dat die activiteit aldaar zal leiden tot aantasting van de natuurwaarden. Wanneer geen aantasting van de natuurwaarden verwacht hoeft te worden of zelfs op een toename van de natuurwaarden gerekend mag worden, wordt de activiteit als toelaatbaar beschouwd.

Voor de beoordeling van de wenselijkheid, dan wel de toelaatbaarheid van (nieuwe) menselijke activiteiten is kennis van de effecten van die activiteiten uiteraard onontbeerlijk. Voor een bespreking en beoordeling van de effecten van diverse niet op natuurbehoud gerichte activiteiten kan verwezen worden naar hoofdstuk 3 en naar Bakker et al. (1979b). Algemene beschrijvingen en beoordelingen van de effecten van activiteiten die als natuurbeheersmaatregel kunnen worden toegepast kan men onder andere vinden in Van Leeuwen (1966b), Duffey & Watt (1970), Westhoff et al. (1970), Usher (1973), Van Dobben & Lowe-McConnel (1974), Warren & Goldsmith (1974) en Oosterveld (1975). De beoordelingen zijn in enkele van deze studies uitgewerkt tot richtlijnen waarin wordt aangegeven onder welke omstandigheden de activiteiten wenselijk zijn en op welke wijze de activiteiten dienen te worden uitgevoerd om als natuurbeheersmaatregel het gewenste resultaat op te leveren. Specifiek op het duingebied afgestemde richtlijnen worden onder meer gegeven door Londo (1971), Sloet van Oldruitenborgh (1976), Oosterveld (1979) en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (1979). De richtlijnen voor het natuurbeheer van het duingebied in de geciteerde literatuur stemmen in belangrijke mate overeen. Dit is mede te danken aan het gegeven dat de richtlijnen gebaseerd zijn op een gemeenschappelijke theoretische basis, waarin de denkbeelden van Van Leeuwen (1965, 1966a, b) een belangrijke rol spelen.
Tijdens het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' zijn de richtlijnen en aanwijzingen uit de literatuur regelmatig aan de praktijk getoetst, zowel in Nederlandse als Engelse duingebieden (Bakker et al., 1979a). Dit leverde in grote lijnen een bevestiging op van voornoemde richtlijnen. Een en ander heeft ertoe geleid dat de richtlijnen in bovengenoemde literatuur, die vooral betrekking hebben op het botanisch beheer van natuurterreinen, zijn beschouwd als algemene uitgangspunten bij de landevaluatie. In het bijzonder geldt dit voor de richtlijnen die vermeld zijn in Londo (1971), Rijks-

instituut voor Natuurbeheer (1979) en Bakker et al. (1979b). Zonder diep op de richtlijnen in te gaan is het van belang hier enige hoofdpunten aan te geven:
- Wegens de sterke onderlinge verwevenheid van de verschillende milieutypen in het duingebied verdient het de voorkeur grote duingebieden als één geheel te beheren.
- Bij het invoeren of wijzigen van het natuurbeheer in een gebied moet zo veel mogelijk worden gestreefd naar aansluiting bij het agrarisch beheer of het natuurbeheer van vroeger. Dit geldt met name voor gebieden met een hoge actuele natuurwaarde.
- De werking van nieuw in te voeren of toe te laten activiteiten moet ruimtelijk beperkt blijven, gradiëntsgewijs plaatsvinden en constant werkzaam zijn. 'Ruimtelijk beperkt' houdt in dat een activiteit niet over de gehele oppervlakte moet plaatsvinden. Zo dient bij het invoeren van beweiding de veebezetting zó laag te zijn dat een gedeelte van het te beweiden gebied buiten de begrazingsinvloed blijft. 'Gradiëntsgewijs' betekent dat gestreefd moet worden naar geleidelijke ruimtelijke overgangen in de maatregelen. Zo geeft de geleidelijke ruimtelijke overgang van éénmaal per jaar maaien - éénmaal in de paar jaar maaien - periodiek kappen - niets doen - een grotere ecologische variatie dan alleen de twee uitersten. 'Constant' houdt in dat het beheer hetzelfde blijft en dat men slechts tot het invoeren of toelaten van een activiteit moet overgaan, wanneer men de garantie heeft dat de betreffende activiteit tot in lengte van jaren op nagenoeg dezelfde wijze kan worden uitgevoerd.

In het bovenstaande is opgemerkt dat in gebieden met een hoge actuele natuurwaarde gestreefd moet worden naar een voortzetting van het vanouds gangbare beheer. Is dit 'vanouds gangbare beheer' ter plaatse niet bekend, of heeft het beheer lange tijd bestaan uit niets doen, dan kan het invoeren van een beheersvorm met een sterk differentiërend effect (zoals zeer extensieve beweiding) overwogen worden.

In gebieden waar natuurwaarden ernstig zijn aangetast, doet zich een geheel andere situatie voor. In de boven geciteerde literatuur komt duidelijk naar voren dat natuurbouw (natuurtechnische milieubouw) in diverse situaties goede mogelijkheden biedt voor herstel van verloren gegane waarden. Zo kan door het laten uitstuiven of uitgraven van duinvalleien een herstel van vochtige duinvalleivegetaties bereikt worden, wanneer deze door grondwaterstandsdaling zijn verdwenen. In het kader van de landevaluatie is daarom als uitgangspunt gekozen dat het beheer van gedegenereerde gebieden allereerst gericht dient te zijn op een herstel van verloren gegane waarden.

De aard van het te voeren beheer (en daarmee ook de beoordeling van de wenselijkheid of toelaatbaarheid van menselijke activiteiten) is dus sterk afhankelijk van de actuele natuurwaarde van een terrein in relatie tot de potentiële waarde. In dit verband is het van belang op te merken dat een gebied als gedegenereerd beschouwd wordt wanneer op basis van historische documentatie over vegetatie, reliëf en/of hydrologie kan worden vastgesteld dat de natuurwaarde van een gebied ten opzichte van de vroegere situatie is gedaald. Belangrijke informatie hierover kan gevonden worden in Bakker et al. (1979a) en op de veranderingenkaart (par. 3.5, bijlage 8). Bij de landevaluatie is als uitgangspunt gekozen dat regeneratie zich vooral dient te richten op het niveau waarop veranderingen in eerste instantie aangrijpen. Waar de grond-

waterstand is gedaald en in samenhang daarmee de vegetatie is verarmd, dient regeneratie zich allereerst te richten op herstel van het grondwaterregiem door de grondwaterstand te doen stijgen, of door het maaiveld te verlagen.

Voor het vanuit natuurbehoudsoogpunt beoordelen van de wenselijkheid of de toelaatbaarheid van menselijke activiteiten, is niet alleen een globale indruk van de omvang en de aard van eventuele aantastingen van natuurwaarden van belang. Men moet ook kunnen beschikken over een ruimtelijk beeld van de actuele gesteldheid van het natuurlijk milieu in de verschillende delen van het studiegebied. Ten dienste van de hier uitgevoerde evaluatie kon een dergelijk beeld ontleend worden aan de landschapsecologische kaart (bijlage 7). Deze kaart vormt, te zamen met de andere informatie die in de vorm van teksten, figuren, tabellen en kaarten is opgenomen in Bakker et al. (1979a), het resultaat van de inventarisatie en de analyse van het biotische en abiotische milieu (punt b, par. 5.4.1).

De landschapsecologische kaart (schaal 1:100 000), geeft een beeld van het Nederlandse duingebied wat betreft de aspecten moedermateriaal, terreinvormen, grondwater en vegetatie. De op de kaart weergegeven informatie biedt een goede basis voor het beoordelen van de wenselijkheid, c.q. de toelaatbaarheid van diverse menselijke activiteiten. Daarom is de landschapsecologische kaart gekozen als basis voor de landevaluatie. Dit brengt evenwel enige beperkingen met zich mee. In de eerste plaats ontbreken faunistische gegevens op de kaart. Dit aspect is in het Duinvalleienonderzoek om praktische en financiële redenen buiten beschouwing gebleven. Bij de landevaluatie kon daardoor niet met faunistische aspecten rekening worden gehouden. Een andere beperking bij het hanteren van de landschapsecologische kaart als beoordelingsbasis voor de landevaluatie is, dat men gebonden is aan de kaartschaal. Bij de landevaluatie is als uitgangspunt gekozen dat de grootte van een kaartvlak niet als criterium wordt gehanteerd, de beoordeling geschiedt in principe alléén op basis van de op de kaart weergegeven informatie over de terreingesteldheid. (In een beperkt aantal gevallen wordt ook gebruik gemaakt van aanvullende informatie over de terreingesteldheid die in het kader van het Duinvalleienonderzoek is verzameld of die is weergegeven op topografische kaarten (1:25 000)). Tenslotte kan worden aangevoerd dat de kaart een momentopname vormt van het actuele natuurlijke milieu in het studiegebied, zoals dit is ontstaan onder invloed van natuurlijke processen en menselijke activiteiten. Aangezien natuurlijke processen en menselijke activiteiten ook in de toekomst het landschap voortdurend zullen blijven beïnvloeden (en bovendien ook zelf aan veranderingen onderhevig zijn), zal de informatie welke op de landschapsecologische kaart is weergegeven op den duur zijn geldigheid verliezen. De hier uitgevoerde landevaluatie heeft dan ook een beperkte geldigheidsduur. Deze wordt voorzichtigheidshalve geschat op ongeveer 10 jaar, tenzij zich binnen deze termijn grote veranderingen voordoen.

De naar voren gebrachte beperkingen onderstrepen dat de landevaluatie vooral gezien moet worden als een basis voor meer gedetailleerde beheersplannen. Bij het vaststellen van beheersplannen dienen de natuurwetenschappelijke aspecten waaraan in

het 'Duinvalleienonderzoek' geen aandacht werd besteed, mee in beschouwing te worden genomen. Daarnaast moet dan ook rekening gehouden worden met het actuele landgebruik en met ter plaatse relevante sociaal-economische faktoren.

Tenslotte is van belang dat een concept beheersplan (waarin reeds een keuze is gemaakt voor beheersalternatieven) achteraf in zijn geheel beoordeeld wordt op de mate waarin de voorgenomen beheersmaatregelen gradiëntsgewijs zullen werken. Na het in werking treden van het definitieve beheersplan dient nauwkeurig te worden nagegaan wat de effecten zijn van het gevoerde beheer, zodat het beheersplan kan worden bijgesteld wanneer het op den duur niet aan de verwachtingen blijkt te voldoen.

5.4.4 Onderzochte gebieden: zuidelijk Texel en de duinen bij Bergen (N.H.)

De landevaluatie heeft betrekking op het zuidelijk deel van de duinen van Texel (fig. 22) en op het duingebied tussen Camperduin en Egmond aan Zee (fig. 23) dat in deze

Figuur 22. Overzichtskaartje van zuidelijk Texel met nummering van de gebieden die van belang zijn bij de landevaluatie.

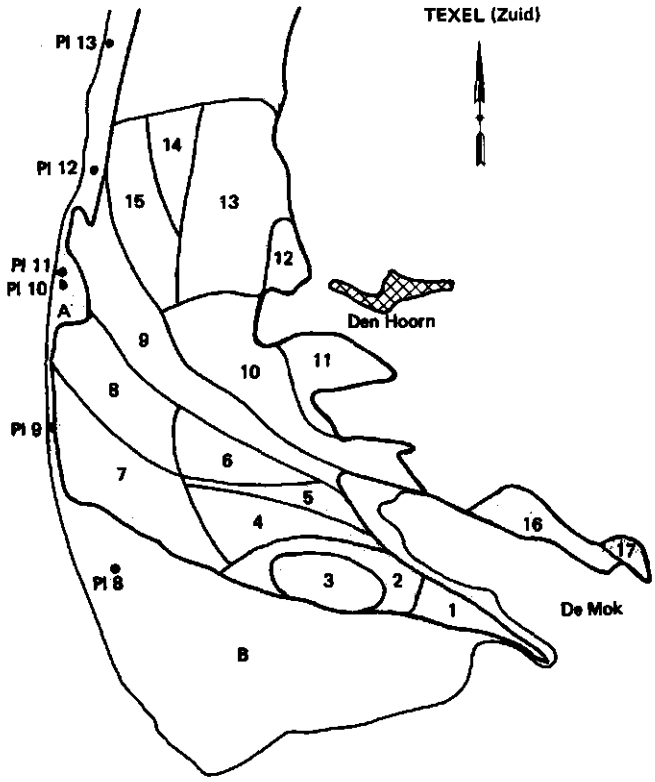


Figure 22. Map of the south of the island of Texel with areas considered in the assessment of several types of land use.

Figuur 23. Overzichtskaartje van de duinen bij Bergen (N.H.) met nummering van de gebieden die van belang zijn bij de landevaluatie.

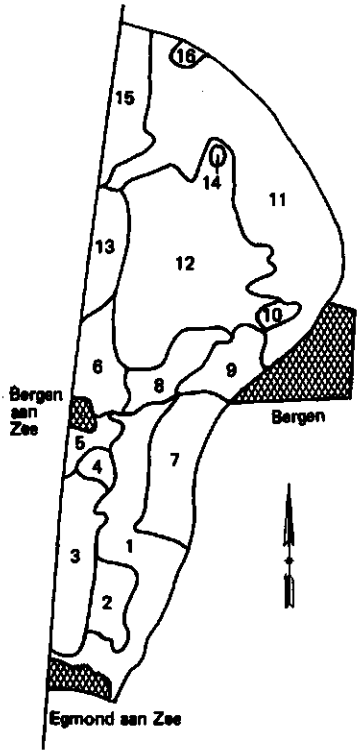


Figure 23. Map of the dunes near Schoorl and Bergen (North Holland) with areas considered in the assessment of several types of land use.

studie wordt aangeduid als het duingebied (de duinen) bij Bergen (N.H.). Over beide onderzoekgebieden is relatief veel bekend. De geomorfologische en hydrologische gesteldheid, de flora en de vegetatie zijn door Bakker et al. (1979a) uitgebreid beschreven. Door hen is ook ruime aandacht geschonken aan de veranderingen die zich met name sinds 1850 in de gebieden hebben voltrokken, waarbij de rol van de mens werd toegelicht. Laatstgenoemde aspecten zijn bovendien in paragraaf 3.5.2 aan de orde geweest. Uit een en ander blijkt dat het agrarisch landgebruik in vrijwel geheel zuidelijk Texel (met uitzondering van de jonge duingebieden in het uiterste zuiden, gebied 1 t/m 5 in fig. 22) een belangrijke rol heeft gespeeld. Tot de belangrijkste activiteiten behoorden maaien, plaggen en beweiden. Met uitzondering van de jonge duinterreinen in het uiterste zuiden werd het hele duingebied van zuidelijk Texel tot ± 1956 beweid met schapen en rundvee. Teneinde zeer natte valleien als het Groote vlak en het Pompevlak, waar voorheen riet werd gesneden, geschikt te maken voor beweiding werd in de 19e eeuw de Moksloot gegraven. De valleien werden geëgaliseerd, geëgd, bemest en daarna ingezaaid met klaver en haver (Dissel, 1907). Vervolgens werden ze

afgerasterd en liet men er voornamelijk rundvee grazen. De schapen bleven op de hogere delen. Naast het agrarisch landgebruik vonden op kleine schaal ook andere activiteiten plaats. Zo vond langs de binnenduinrand zandwinning plaats, nog tot 1965 kon de bevolking tegen betaling zand weghalen langs de binnenduinrand ten noorden van Den Hoorn.

Ook in het duingebied bij Bergen hebben bovengenoemde vormen van landgebruik een belangrijke rol gespeeld in het verleden. Gedetailleerde gegevens over de geschiedenis van het gebruik en beheer van de duinen bij Bergen zijn in het kader van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' niet verzameld. De geschiedenis van gebruik en beheer van het gebied ten zuiden van de gemeentegrens Bergen-Schoorl is uitgebreid beschreven door Jelles (1968).

Tegenwoordig speelt het agrarisch landgebruik in de beide studiegebieden geen rol van betekenis meer, zij het dat in de duinen ten noorden van Egmond aan Zee nog een groot aantal akkertjes in gebruik is, voornamelijk als volkstuin.

Vrijwel het gehele studiegebied zuidelijk Texel wordt door het Staatsbosbeheer beheerd als natuurgebied. Ook de niet-beboste duinterreinen in het studiegebied Bergen worden grotendeels beheerd als natuurgebied. De belangrijkste beherende instanties in dit gebied zijn Staatsbosbeheer (Schoorlse duinen), Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (duinen van de gemeentegrond Bergen-Schoorl tot Wimmenum) en een particuliere organisatie die de duinen van Six beheert (duinen van Wimmenum tot Egmond aan Zee). Ondanks het feit dat grote delen van de beide studiegebieden als natuurgebied beheerd worden vinden diverse niet op natuurbehoud gerichte activiteiten plaats. Het gaat hierbij met name om activiteiten die voortvloeien uit (neven-)functies van het duingebied: werkzaamheden in het kader van kustverdediging en landaanwinning, waterwinning en recreatie. De activiteiten in het kader van de kustverdediging en de landaanwinning spelen zich vooral af op het strand en de strandvlaktes, in de zeereep en in de duinen en valleien direct achter de zeereep. Waterwinning vindt plaats in het Groote en Pompevlak op Texel (sedert 1956) en in de duinen van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland nabij Bergen (sedert 1885).

Anders dan de zeeweringsfunctie en de functie als waterwingebied is de functie van de studiegebieden als recreatiegebied in belangrijke mate ondergeschikt aan de natuurfuncties. Grote delen van de studiegebieden (in het bijzonder van de niet beboste delen) zijn geheel of gedeeltelijk voor het publiek afgesloten. Enkele kleinere terreinen zijn vrij toegankelijk en worden intensief betreden of anderszins door dagrecreanten gebruikt. Voorts zijn in het duingebied ten behoeve van recreanten diverse wegen en parkeerterreinen aangelegd. Op Texel bevindt zich nabij Den Hoorn een camping in het duingebied. Dit is tevens het geval in de duinen ten noorden van Egmond aan Zee.

Tenslotte moeten nog enkele niet op natuurbehoud gerichte activiteiten genoemd worden die weliswaar een beperkte oppervlakte duinterrein in beslag nemen, maar niettemin ingrijpende effecten (kunnen) hebben. Het gaat hierbij om vuilnis storten

(Schilbolsnol, Texel) en gas- en oliewinning (vallei direct ten zuiden van Camperduin, Pirolavlakte ten noorden van Bergen aan Zee en een vallei ten noordoosten van Egmond aan Zee).

5.4.5 Relevante activiteiten

In de landevaluatie wordt een beoordeling gegeven van de wenselijkheid, c.q. toelaatbaarheid van relevante activiteiten. Als relevante activiteiten zijn beschouwd:
- Niet op natuurbehoud gerichte activiteiten waarvan uitbreiding of invoering een rol kan gaan spelen.
- Activiteiten waarvan bekend is dat zij onder bepaalde omstandigheden als natuurbeheersmaatregel in het duingebied gewenst zijn.

Wat betreft de activiteiten uit de eerste categorie kan een onderscheid gemaakt worden in activiteiten van civieltechnische aard en activiteiten van agrotechnische aard. Activiteiten van civieltechnische aard hebben in het algemeen een sterk dominerend karakter. De uitvoering en de situering van de ingreep wordt in geringe mate bepaald door de aard en het functioneren van de ecosystemen waarin de activiteiten plaatsvinden, terwijl omgekeerd de ecosystemen sterk door de activiteit worden beïnvloed.

Een deel van de civieltechnische activiteiten bestaat hoofdzakelijk uit een éénmalige ingreep, waarbij artefacten worden opgezet die een geringe mate van onderhoud behoeven aangezien ze slechts in geringe mate worden beïnvloed door de ecosystemen waarin ze zijn opgezet. Omgekeerd kunnen deze artefacten de ecosystemen wél in sterke mate beïnvloeden, zodat niet alleen de ingreep, maar ook het resultaat (produkt) van die ingreep een dominerend karakter draagt. Civieltechnische activiteiten die tot deze categorie behoren, zijn: (voor de betekenis van de nummers tussen haakjes wordt verwezen naar paragraaf 3.4.3)

- *Industrievestiging* *(25)*
- *Bebouwing* *(26)*
- *Afval storten* *(27)*
- *Wegen (wegaanleg en daaropvolgend gebruik)* *(28)*
- *Leidingen (aanleg en daarop volgend gebruik)* *(29)*
- *Gas- en oliewinning* *(30)*
- *Ophogen (o.a. aanleg (secundaire) waterkering)* *(34)*

Voorts is er een categorie civieltechnische activiteiten waarvan het dominerende karakter iets minder sterk is, waarbij de activiteit een meer temporeel aspect heeft en waarbij een zekere mate van terreinbeheer noodzakelijk is. Hiertoe moeten in het studiegebied gerekend worden:

- *Stimuleren duinaangroei* (23)
- *Tegengaan duinafslag (anders dan door ophogen)* (24)
- *Infiltratie (t.b.v. waterwinning)* (31)
- *Waterwinning* (32)
- *Afgraven* (36)
- *Beplanten* (44)

Agrotechnische activiteiten zijn minder dominerend dan civieltechnische. Zij zijn gericht op het oogsten van de plantaardige of dierlijke produktie van ecosystemen. Daartoe worden onder andere de abiotische eigenschappen van die systemen beïnvloed. Hoewel deze beïnvloeding via de moderne cultuurtechniek zeer sterk en zeer ingrijpend kan zijn, blijft een duidelijke afhankelijkheid bestaan ten aanzien van het functioneren van ecosystemen. Relevante agrotechnische activiteiten in het studiegebied zijn:

- *Beweiden* (40)
- *Maaien/kappen* (41)
- *Afplaggen* (42)

De activiteiten die aan het begin van deze paragraaf zijn gerekend tot de tweede categorie, kunnen worden aangeduid als natuurtechnische maatregelen. De natuurtechnische maatregelen zijn in het algemeen weinig dominerend van karakter. Zij zijn geheel gericht op het in stand houden of scheppen van optimale variatie in natuurlijke ecosystemen en dus grotendeels afhankelijk van de eigenschappen en het functioneren van die ecosystemen.

De natuurtechniek heeft zich recent ontwikkeld als tegenhanger van de steeds sterker nivellerend werkende civieltechnische en cultuurtechnische ingrepen. Natuurtechniek is in belangrijke mate gebaseerd op ouderwetse civieltechnische en cultuurtechnische activiteiten die een differentiërende werking hadden blijkens de ecosystemen die kunnen worden aangetroffen op plaatsen waar zij lange tijd zijn toegepast. Relevante natuurtechnische maatregelen in het duingebied zijn (vergelijk Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979):

- *Afgraven (uitgraven van duinvalleien)* (36)
- *Afplaggen* (42)
- *Maaien/kappen* (41)
- *Beweiden* (40)
- *Laten stuiven* (45)
- *Beplanten (vastleggen van verstuivingen)* (44)

In het kader van het natuurtechnisch beheer van het duingebied moet ook het bewust niet ingrijpen ('niets doen') als een relevante beheersmaatregel worden gezien.

De tot nu toe beschouwde activiteiten hangen alle samen met een bewuste beïnvloeding van het duingebied door de mens. Er zijn evenwel ook tal van activiteiten waarbij alleen sprake is van een onbewuste (maar lang niet altijd onbelangrijke) beïnvloeding. Dit geldt bijvoorbeeld voor activiteiten welke samenhangen met recreatie in het duingebied. Als meest relevante activiteit geldt in dit verband:

- *Betreden (in par. 3.4.3 opgenomen onder 'paden')* *(39)*

5.4.6 Beoordeling van relevante activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid

5.4.6.1 Algemeen

De wenselijkheid (c.q. toelaatbaarheid) van menselijke activiteiten moet worden beoordeeld op basis van de invloed van die activiteiten op de natuurwaarden van een gebied. Als basis voor de beoordeling is de landschapsecologische kaart gekozen. Alvorens over te gaan tot een bespreking van de wenselijkheid (c.q. toelaatbaarheid) van alle relevante activiteiten per kaartvlak, is het nuttig erop te wijzen dat voor een aantal activiteiten een dergelijke toetsing niet zinvol is. Zo zijn er activiteiten welke ongeacht de terreingesteldheid onvermijdelijk leiden tot een sterke afname van de natuurwaarden van het duingebied. Het gaat hierbij om een aantal activiteiten die alléén als civieltechnische of cultuurtechnische maatregel worden toegepast (activiteiten 25 t/m 32 en 34 van paragraaf 3.4.3). De negatieve effecten van deze activiteiten zijn slechts in geringe mate te vermijden (Bakker et al., 1979b). Uitbreiding of nieuw invoeren van deze activiteiten is vanuit natuurbehoudsoogpunt in het gehele duingebied, dus ook in beide studiegebieden ontoelaatbaar. Indien toch tot invoering of uitbreiding ervan wordt overgegaan, moeten de activiteiten en hun effecten ruimtelijk zo veel mogelijk worden beperkt.

Het is overigens vanuit natuurbehoudsoogpunt gewenst bij alle activiteiten in het duingebied, ook de 'toelaatbaar' geachte, de negatieve effecten zo veel mogelijk te beperken. Bij infiltratie van water ten behoeve van drinkwaterwinning betekent dat bijvoorbeeld, naast een zo beperkt mogelijk ruimtegebruik, gebruik van zo zuiver mogelijk infiltratiewater en het plaatsen van winningsmiddelen rondom het infiltratiegebied, zodat voorkomen wordt dat infiltratiewater naar de omgeving ontsnapt (par. 3.4.3.2; Bakker et al., 1979b; Bakker, 1981).

Sommige activiteiten die alleen als civiel- of cultuurtechnische maatregel worden toegepast, leiden niet noodzakelijkerwijs tot een achteruitgang van de natuurwaarden. In bepaalde gevallen kunnen zelfs positieve effecten optreden in de nabijheid van de plaats waar de activiteiten worden uitgevoerd. Het gaat hierbij in beide gebieden om *stimuleren duinaangroei (23)*, om *tegengaan duinafslag (24)* en om *beplanten (44)*. Deze maatregelen zullen, hoewel zij in beide studiegebieden wellicht toelaatbaar geacht kunnen worden, in de evaluatie verder buiten beschouwing blijven. Wat het stimuleren van de kustaangroei en het tegengaan van duinafslag betreft, is de

achtergrond daarvan dat de toelaatbaarheid van deze maatregelen in een veel groter kader beoordeeld dient te worden dan in deze evaluatie mogelijk is. De maatregelen kunnen weliswaar belangrijke natuurterreinen beschermen of zelfs nieuw doen ontstaan (zuidpunt van Texel), maar beide maatregelen leiden tot een vermindering van het zandtransport langs de kust. Elders kan daardoor de zandbalans verstoord worden met als gevolg verminderde aangroei of versterkte afslag (Klijn, 1981). Voor beplanten geldt dat de wenselijkheid of toelaatbaarheid dermate sterk samenhangt met de wenselijkheid of toelaatbaarheid van *laten stuiven (45)*, dat een afzonderlijke bespreking hier niet noodzakelijk is.

De relevante activiteiten die in de evaluatie wèl nader in beschouwing worden genomen, kenmerken zich doordat zij niet hoeven te leiden tot een aantasting van natuurwaarden. Het gaat om activiteiten als *betreden (39)*, *afgraven (36)*, *afplaggen (42)*, *maaien/kappen (41)*, *beweiden (40)*, *laten stuiven (45)* en niets doen. Bepalend voor de beoordeling van de activiteiten is het moment en de wijze waarop de activiteiten plaats vinden en de plaats waar zij hun invloed doen gelden. Het maakt daarbij veel verschil vanuit welk oogpunt de maatregelen worden uitgevoerd. Bij natuurbeheersmaatregelen geldt dat plaats, tijdstip en wijze van uitvoering door de natuurbeheerder nauwkeurig geregeld kunnen worden. Bij de maatregelen die niet vanuit natuurbehoudsoogpunt worden ondernomen zijn met name het tijdstip en de wijze van uitvoering van natuurbeheerszijde veel minder regelbaar. Vandaar dat bij maatregelen die als natuurtechnische maatregel én als civiel- of agrotechnische maatregel kunnen worden toegepast (de nummers 36, 42, 41, 40), de toelaatbaarheid veelal iets lager is ingeschat dan de wenselijkheid. Dit geldt vooral op plaatsen met een hoge actuele waarde. Anderzijds is op plaatsen met een minder grote actuele waarde de toelaatbaarheid soms hoger ingeschat dan de wenselijkheid. Dit betreft dan activiteiten die onder de gegeven omstandigheden niet als wenselijk zijn beoordeeld, maar die ook niet schadelijk behoeven te zijn.

Bij de beoordeling van de wenselijkheid en de toelaatbaarheid van menselijke activiteiten zijn de regulatiemogelijkheden ten aanzien van plaats, wijze en tijdstip van uitvoering dus globaal meegewogen. Toch heeft bij de landevaluatie het accent gelegen op de beoordeling van de activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid. In paragraaf 5.4.6.2 wordt per kaartvlak (fig. 22 en 23) een beoordeling gegeven van iedere activiteit afzonderlijk (tabel 5 en 6). De kwalificaties (waarschijnlijk) niet wenselijk en (waarschijnlijk) niet toelaatbaar gelden in deze tabellen voor de gebieden die met de kaartvlakken corresponderen in hun geheel. De kwalificaties (wellicht, waarschijnlijk) wenselijk en (wellicht, waarschijnlijk) toelaatbaar gelden niet zonder meer voor de gebieden die met de kaartvlakken corresponderen in hun geheel. Wanneer voor een gebied bijvoorbeeld staat aangegeven dat het uitgraven van de valleien wellicht toelaatbaar of wenselijk is, betekent dit niet dat het wenselijk is alle valleien geheel uit te graven. Niet alleen omdat dit niet strookt met de boven aangeduide algemene richtlijnen voor het natuurbeheer, maar ook omdat uitgravingen ongewenst zijn op die plaatsen binnen het gebied waar in de valleien bijvoorbeeld nog

Tabel 5. Beoordelingsschema van menselijke activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid in het studiegebied Texel.

Gebied nr. (area nr)	Aanduiding op de landschaps-ecologische kaart (indication on landscape map)	Aanduiding op de veranderingenkaart (indication on map of changes)	Aard van de activiteiten (Nature of activities): recreatie (recreation)	civiele techniek (civil enginering)		agrarische techniek (agricultural management)		natuurtechniek (nature management)									
			betreden (trampling) 39	uitgraven (excavation) 36		plaggen (sod-taking) 42		kappen (wood-cutting) 41		maaien (mowing) 41		beweiden (ext.) (grazing) 40		laten stuiven ('let blow') 45	niets doen (doing nothing) 47
1	E6r	17	t2	t2	w2	t3	w3	t1	w1	t3	w3	t2	w2	w3	w3
2	E7q	18	t3	t1	w1	t2	w2	t1	w1	t3	w4	t1	w2	w1	w2
3	U	19	t1	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t3	w4	t1	w1	N.T.	w3
4	E5r	18	t1	t1	w1	t1	w3	t1	w1	t3	w4	t1	w2	w2	w2
5	E7x	18	t2	t1	w1	t2	w3	t1	w1	t3	w4	t1	w2	N.T.	w2
6	E5w	18	t3	t1	w1	t2	w3	t1	w1	t3	w4	t4	w4	w2	w2
7	E6x	17	t1	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t1	w1	w1	w4
8	E6x	16	t3	t2	w2	t4	w4	t1	w1	t3	w4	t3	w3	w1	w2
9	E9w	9b,15	t4	t2	w2	t4	w3	t1	w1	t4	w4	t4	w4	w1	w2
10	N1d	21	t1	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t2	w2	t4	w4	w1	w3
11	K2k	7	t4	t1	w1	t2	w2	t1	w1	t2	w2	t4	w4	N.T.	w3
12	L4k	10,14	t4	t3	w3	t3	w4	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w2	w2
13	H6t	10,14	t4	t4	w4	t3	w3	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w4	w2
14	G4k	14	t4	t2	w2	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w4	w2
15	E6x	9b,21	t4	t2	w2	t4	w3	t1	w1	t4	w4	t4	w4	w1	w2
16	F6t	16	t2	t2	w2	t4	w4	t1	w1	t3	w3	t3	w3	w1	w2
17	N1d	21	t3	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t2	w2	t3	w3	w1	w3

Verklaring:
- t1 = niet toelaatbaar (not allowable)
- 2 = waarschijnlijk niet toelaatbaar (probably not allowable)
- 3 = wellicht toelaatbaar (perhaps allowable)
- 4 = waarschijnlijk toelaatbaar (probably allowable)
- w1 = niet wenselijk (not desirable)
- 2 = waarschijnlijk niet wenselijk (probably not desirable)
- 3 = wellicht wenselijk (perhaps desirable)
- 4 = waarschijnlijk wenselijk (probably desirable)
- N.T. = niet van toepassing (not relevant)

Table 5. Review of human activities in relation to physical conditions of land in the south of the island Texel.

Tabel 6. Beoordelingsschema van menselijke activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid in het studiegebied Bergen.

Gebied nr. (area nr)	Aanduiding op de landschaps-ecologische kaart (indication on landscape map)	Aanduiding op de veranderingenkaart (indication on map of changes)	Aard van de activiteiten (Nature of activities)												
			recreatie (recreation)	civiele techniek (civil enginering)				agrarische techniek (agricultural management)							
			natuurtechniek (nature management)												
			betreden (trampling) 39	uitgraven (excavation) 36		plaggen (sod-taking) 42		kappen (wood-cutting) 41		maaien (mowing) 41		beweiden (ext.) (grazing) 40		laten stuiven ('let blow') 45	niets doen (doing nothing) 47
1	N1f	14,7,9A	t2	t1	w1	t1	w1	t1	w1	t1	w3	t4	w4	w1	w2
2	H4n	14,7,9A	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w3	w2
3	G4h	14,9A	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t3	w3	w4	w2
4	H4p	14	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w2	w2
5	G4n	14	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t4	w4	w2	w2
6	H2n	1,13,14	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t3	w3	w3	w2
7	H2p	13,14	t4	t3	w3	t2	w2	t3	w3	t3	w3	t4	w4	w1	w2
8	F2p	11,13	t3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t2	w2	t3	w3	w2	w2
9	H2m	11,13	t4	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t3	w3	t4	w4	N.T.	w2
10	R10v	7,12	t4	t2	w2	t4	w3	t2	w2	t4	w4	t4	w4	w1	w2
11	N1e	13	t3	t1	w1	t1	w1	t3	w3	t1	w1	t3	w3	w1	w3
12	H2m	13,14	t4	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t3	w3	t4	w4	w4	w2
13	H4n	1,13,14	t4	t3	w3	t2	w2	t1	w1	t3	w3	t3	w3	w4	w2
14	T	11	t4	t2	w2	t4	w3	t1	w1	t4	w4	t4	w4	N.T.	w2
15	G2k	1,14	t1	t1	w1	t2	w2	t1	w1	t2	w2	t2	w2	w2	w4
16	P4v	11	t3	t4	w4	t2	w2	t2	w2	t3	w3	t4	w4	N.T.	w2

Verklaring: (Explanation)

t1	= niet toelaatbaar	(not allowable)
t2	= waarschijnlijk niet toelaatbaar	(probably not allowable)
t3	= wellicht toelaatbaar	(perhaps allowable)
t4	= waarschijnlijk toelaatbaar	(probably allowable)
w1	= niet wenselijk	(not desirable)
w2	= waarschijnlijk niet wenselijk	(probably not desirable)
w3	= wellicht wenselijk	(perhaps desirable)
w4	= waarschijnlijk wenselijk	(probably desirable)
N.T.	= niet van toepassing	(not relevant)

Table 6. Review of human activities in relation to physical conditions of land in the Bergen area (North-Holland).

zeldzame plante- of diersoorten voorkomen of waar bijzondere geomorfologische structuren aanwezig zijn. Om met laatstgenoemde aspecten rekening te kunnen houden zijn evenwel gedetailleerdere onderzoekgegevens noodzakelijker dan bij de hier uitgevoerde evaluatie zijn gebruikt.

5.4.6.2 Beoordeling per activiteit

Betreding Betreding beïnvloedt onder meer de vegetatie, de bodem en de geomorfologie van een duingebied (o.a. Liddle, 1975). Betreding op hellingen leidt veelal tot het lostrappen van de bodem en tot mechanische beschadiging van zowel boven als ondergrondse plantedelen. Door deze verstoring van de bodemstructuur en de beschadiging van de vegetatie worden geomorfologische processen als verstuiving en hellingerosie op gang gebracht of versterkt. Met name steile, weinig begroeide duinhellingen zijn gevoelig voor betreding. Kalkarme duinen zijn (mede door hun veelal schaarse begroeiing) gevoeliger voor betreding dan kalkrijke duinen.

In vlak duinterrein heeft betreding meestal bodemverdichting tot gevolg, hetgeen invloed heeft op de fysische eigenschappen van de bodem (o.a. op infiltratiesnelheid, aëratie, vochthoudend vermogen) en mogelijk op de bodemprocessen (o.a. het mineralisatieproces). Deze effecten treden vooral naar voren op vochtige humeuze bodems (Immerzeel, 1977; Van der Werf, 1977). Plaatselijke, regelmatige betreding van gelijkblijvende en niet te hoge intensiteit kan een positief effect hebben op de vegetatie van duinvalleien en andere vochtige, weinig geaccidenteerde duinterreinen (Westhoff, 1967; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979). Vooral in verruigde duinvalleien kan een dergelijke vorm van betreding gunstig zijn (Londo, 1971). In zeer natte terreinen met een venige bodem is waarschijnlijk elke vorm van betreding schadelijk in verband met de geringe draagkracht van deze bodems (o.a. Van der Werf, 1977). Een en ander leidt tot de beoordeling dat geen enkele vorm van betreding toelaatbaar is op geaccidenteerde, schaars begroeide duinruggen (fig. 22, gebied 1, 4, 7, 10 en 16; fig. 23, gebied 1 en 15) en in zeer natte duinterreinen met venige bodem (fig. 22, gebied 5). Ook in de duinmeertjes in de Horspolders op Texel (fig. 22, gebied 3) is betreding ontoelaatbaar geacht. In de overige duinterreinen (fig. 22, gebied 2, 6, 8, 9, 11 t/m 15 en 17; fig. 23, 2 t/m 14 en 16) is betreding wellicht (c.q. waarschijnlijk) toelaatbaar, mits het regelmatige betreding met een lage frequentie in een wijdmazig padennet betreft. Alle andere vormen van betreding moeten ook hier als ontoelaatbaar worden beschouwd, vooral wanneer hoge actuele natuurwaarden aanwezig zijn. Overigens betekent de kwalificatie 'betreding wellicht (c.q. waarschijnlijk) toelaatbaar' niet dat het aanbeveling zou verdienen de betreffende terreinen voor het publiek geheel open te stellen, zeker niet wanneer het gaat om gebieden die momenteel zijn afgesloten. Men dient vooral te denken aan het toelaten van excursies via vaste routes e.d.

Uitgraven Uitgraven is vanuit natuurbeheersoogpunt bezien een maatregel die geschikt is om in duinvalleien waarvan de vegetatie ten gevolge van een matige tot sterke grondwaterstandsdaling verarmd is, regeneratie van vochtige valleivegetaties te bewerkstelligen. Uitgraven is voor dit doel minder geschikt dan uitstuiven, maar indien dat laatste niet mogelijk is, kan graven worden overwogen. Het verwijderen van de vegetatie en de bovenste bodemlaag met het oog op het tot stand brengen van verstuivingen wordt niet beschouwd als uitgraven, maar als een activiteit die behoort bij laten stuiven.

Van uitgraving kunnen slechts dan gunstige effecten verwacht worden wanneer de richtlijnen die zijn opgesteld ten aanzien van de wijze van uitgraven nauwkeurig in acht worden genomen (Londo, 1971; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979; Bakker et al., 1979a). In het hiernavolgende wordt (evenals in tabel 5 en 6) slechts ingegaan op uitgravingen waarbij deze richtlijnen in acht worden genomen. Op andere wijze uit te voeren uitgravingen moeten in het duingebied als ontoelaatbaar worden beschouwd. Wat betreft de plaatskeuze van uitgravingen kan nog worden opgemerkt dat vooral in kalkrijke of oppervlakkig ontkalkte gebieden nabij zee of nabij de binnenduinrand gunstige effecten van uitgravingen verwacht kunnen worden (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979).

Onder de huidige omstandigheden zijn uitgravingen wellicht (c.q. waarschijnlijk) wenselijk in gebied 12 en 13 op Texel en in gebied 2 t/m 7, 13 en 16 in de duinen bij Bergen. In alle andere gebieden is de maatregel minder wenselijk. De beoordeling van de toelaatbaarheid van uitgravingen vanuit een oogpunt van zandwinning correspondeert geheel met de beoordeling van de wenselijkheid van uitgravingen als natuurtechnische maatregel.

Afplaggen Afplaggen kan vanuit natuurbeheersoogpunt worden beoordeeld als een activiteit die geschikt is om:
- in licht verdroogde valleien het maaiveld te verlagen en nieuwe vochtige valleimilieus te creëren
- een voedselrijke zode te verwijderen en aldus het milieu te verschralen;
- jonge successiestadia in stand te houden;
- in oppervlakkig ontkalkte valleien weer een vegetatieontwikkeling op kalkrijker materiaal mogelijk te maken.

Plaggen is wellicht (c.q. waarschijnlijk) wenselijk in licht verdroogde valleien (fig. 22, gebied 1, 8, 16 en de laagste delen van 12 en 13), in valleien met een geëutrofieerde bodem (fig. 22, gebied 9 en 15; fig. 23, gebied 10 en 14), in niet verdroogde valleien waarvan het kalkgehalte varieert van kalkhoudend tot kalkarm (fig. 22, gebied 5 en 6) en in verruigde valleien (fig. 23, gebied 14). In de overige valleien is afplaggen niet wenselijk.

In het algemeen correspondeert de beoordeling van de toelaatbaarheid van afplaggen van uit een ander dan natuurbehoudsoogpunt met de wenselijkheid van die activiteit als natuurtechnische maatregel. Waar in de valleien hoge actuele natuur-

waarden voorkomen is de toelaatbaarheid in enkele gevallen lager ingeschat dan de wenselijkheid (fig. 22, gebied 4, 5, 6 en 12). Waar de bodem van de valleien geëutrofieerd is (fig. 22, gebied 9 en 15; fig. 23, gebied 10 en 14) is de toelaatbaarheid hoger ingeschat dan de wenselijkheid. Het is in deze gevallen enerzijds twijfelachtig of afplaggen zal leiden tot bevordering van natuurwaarden, maar het is anderzijds ook niet waarschijnlijk dat afplaggen (op kleine schaal) zal leiden tot aantasting van natuurwaarden.

Ten aanzien van de methode van afplaggen kan worden opgemerkt dat er bij de bovenstaande beoordeling van uit is gegaan dat de richtlijnen voor afplaggen uit Londo (1971), Rijksinstituut voor Natuurbeheer (1979) en Bakker et al. (1979a) worden opgevolgd. Andere manieren van afplaggen zijn overal ontoelaatbaar en niet wenselijk.

Kappen van struweel en bos Het kappen van struweel en bos kan, vanuit natuurbeheers--oogpunt beschouwd, in een drietal opzichten van belang zijn. Allereerst kan de maatregel gewenst zijn om in valleien die dichtgegroeid zijn met struweel en bos weer lage valleivegetaties tot ontwikkeling te laten komen. Voorts is het in veel gevallen gewenst om weinig gevarieerde naaldhoutbossen, welke voornamelijk bestaan uit een gering aantal van nature niet in het duingebied voorkomende soorten, te kappen. In bepaalde gevallen is het kappen van bos ook een geschikte maatregel om voortgaande grondwaterstandsdaling in een gebied tot staan te brengen, c.q. grondwaterstandsstijging te bewerkstelligen. Met name het kappen van dennenbos dat groeit op minder dan 3 m boven de gemiddelde grondwaterstand is in dit verband effectief, maar ook door het kappen van naaldbos op duinruggen kan het neerslagoverschot aanzienlijk verhoogd worden. Het neerslagoverschot neemt het sterkst toe wanneer na het kappen het beheer wordt afgestemd op het in stand houden van lage kruidenrijke vegetaties en graslanden. Toch wordt bij het omzetten van naaldbos in loofbos reeds enige verhoging van het neerslagoverschot bereikt (Bakker, 1981). Het kappen van struweel en bos is wellicht wenselijk in gebieden die voor een groot deel met naaldhout bebost zijn en waarvan de valleien voor een belangrijk deel met bos en struweel zijn dichtgegroeid (fig. 23, gebied 7, 8, 9, 11 en 12). In alle overige gebieden is het kappen van struweel en bos niet wenselijk. Overigens moet met nadruk worden gesteld dat het zeker geen aanbeveling verdient de gebieden waar het kappen van struweel en bos wellicht wenselijk is, geheel te ontbossen. Met name waardevolle struwelen en loofbossen alsmede naaldbossen met een bijzondere ondergroei dienen gespaard te worden. De beoordeling van de toelaatbaarheid van het kappen van struweel en bos vanuit een ander oogpunt dan natuurbehoud, correspondeert geheel met de wenselijkheid van die activiteit als natuurtechnische maatregel. Het kappen van struweel en bos ten dienste van het laten stuiven of uitgraven van gebieden is tot laatstgenoemde maatregelen gerekend.

Maaien Maaien is vanuit natuurbeheersoogpunt beschouwd een verschralingsmaatregel (althans wanneer het maaisel wordt afgevoerd) en een maatregel die geschikt is om lage valleivegetaties in stand te houden (de successie wordt afgeremd en afgebogen) (Van der Maarel, 1979). De maatregel komt dan ook vooral in aanmerking in geëutrofieerde milieus en in milieus waar van nature een snelle successie plaatsvindt en de biomassaproduktie relatief hoog is. De maatregel is waarschijnlijk wenselijk in de valleien van gebied 2 t/m 6, 8, 9 en 15 op Texel (fig. 22) en in de gebieden 10 en 14 in de duinen bij Bergen (fig. 23). In gebieden met een vermoedelijk iets minder hoge biomassaproduktie is maaien onder de huidige omstandigheden wellicht wenselijk, zij het dat hier minder frequent gemaaid hoeft te worden dan in meer produktieve terreinen (bijv. één maal in de twee of drie jaar in plaats van jaarlijks). Dit geldt voor een deel van de duinruggen in bovengenoemde gebieden, voor gebied 1, 12, 13, 14 en 16 op Texel en voor gebied 1 t/m 7, 9, 12, 13 en 16 in de duinen bij Bergen. In schaars begroeide, geaccidenteerde en/of kalkarme duinterreinen zonder vochtige valleien is maaien niet wenselijk (fig. 22, gebied 7, 10, 11 en 17; fig. 23, gebied 8, 11 en 15).

De beoordeling van maaien als agrotechnische maatregel loopt grotendeels parallel aan de beoordeling van de wenselijkheid van de activiteit als natuurtechnische maatregel. In gebieden waarin op het ogenblik soortenrijke lage valleivegetaties voorkomen is de toelaatbaarheid evenwel lager ingeschat dan de wenselijkheid (fig.22, gebied 2, 3, 4 en 5). Bij bovenstaande beoordelingen is er overigens van uitgegaan dat de richtlijnen zoals opgesteld door Londo (1971) en Rijkinstituut voor Natuurbeheer (1979) worden opgevolgd.

Beweiden[1] Beweiding is een maatregel die bij uitstek geschikt is om een, vanuit natuurbehoudsoogpunt bezien, optimale differentiatie in de vegetatie van het duingebied in stand te houden of te bewerkstelligen. Het laten grazen van vee in de duinen kan worden gezien als een vervanging van begrazing door grote wilde herbivoren die onder natuurlijke omstandigheden (bij afwezigheid van de mens) zou hebben plaatsgevonden. Voor richtlijnen omtrent het toepassen van beweiding als natuurbeheersmaatregel in het algemeen en in duingebieden in het bijzonder, kan verwezen worden naar Londo (1971), Oosterveld (1975, 1979), Rijksinstituut voor Natuurbeheer (1979).

Van beweiding zijn vooral dán positieve effecten te verwachten wanneer zeer grote aaneengesloten duingebieden extensief of zeer extensief worden begraasd, zodat binnen het in beweiding genomen gebied een zodanige variatie in begrazingsintensiteit

1. Aan de term beweiden wordt hier de voorkeur gegeven boven de in dit verband veel gehanteerde term begrazing, omdat beweiden gezien kan worden als een menselijke activiteit (vergelijkbaar met de eerder besproken menselijke activiteiten), terwijl begrazen in het algemeen door dieren geschiedt (hetzij huisdieren, hetzij wilde herbivoren). Bovendien sluit de term beweiden goed aan op het vanouds gangbare begrip veeweiden dat met betrekking tot het laten grazen van vee in duinen veelvuldig gehanteerd werd (zie par. 5.2.2).

ontstaat dat delen van het gebied geheel buiten de begrazingsinvloed blijven.
In het hiernavolgende zal een beoordeling gegeven worden van de wenselijkheid c.q. toelaatbaarheid van (zeer) extensieve beweiding. Intensievere vormen van beweiding blijven buiten beschouwing, waarbij moet worden opgemerkt dat een dergelijke vorm van beweiding uiteraard in ongewijzigde vorm en met een ongewijzigde intensiteit voortgezet moet worden op plaatsen waar dit heeft geleid tot gevarieerde vegetaties rijk aan bijzondere soorten.
Zeer extensieve of extensieve beweiding is geschikt voor het handhaven van een soortenrijke, gedifferentieerde vegetatie in droge duingebieden met een niet té dynamisch karakter. De maatregel kan tevens positieve effecten hebben in valleien, vooral wanneer deze als één geheel met de duinruggen in beweiding worden genomen. Ook in duinterreinen waarvan de vegetatie verruigd en verarmd is ten gevolge van eutrofiëring (bijvoorbeeld door grondwaterstandsdaling of door onnatuurlijk grote fluctuaties van de grondwaterstand) kan door middel van een extensief begrazingsregiem een grotere variatie in begroeiingstypen bereikt worden. Op basis van de huidige kennis kan worden gesteld dat jong rundvee het meest in aanmerking komt voor (zeer) extensieve beweiding van grote aaneengesloten duinterreinen. Ook schapen komen in aanmerking, zeker op Texel waar vroeger grote delen van het duingebied door schapen werden begraasd (Bakker et al., 1979a). Beweiding met paarden kan eveneens worden toegepast, hoewel onder andere van Terschelling bekend is dat in de periode dat daar het 'overal' plaatsvond (par. 5.2.2.2) galopperende groepen paarden de kwetsbare begroeiing der duinruggen ernstig konden beschadigen (mond. med. Mörzer Bruijns). Nader onderzoek naar de invloed van (zeer) extensieve beweiding op het functioneren van duinecosystemen is gewenst. Daarbij is het vooral van belang de verschillen en overeenkomsten tussen diverse diersoorten en - rassen na te gaan, zowel wat betreft de huisdieren als de wilde herbivoren die (van oorsprong) in het duingebied inheems zijn (vgl. Van der Veen en Van Wieren, 1980). Op basis van dergelijk onderzoek kan een meer gefundeerde keuze gemaakt worden voor diersoorten en - rassen die het meest geschikt zijn voor beweiding in het duingebied.
Extensieve of zeer extensieve beweiding is in grote delen van de beide studiegebieden waarschijnlijk wenselijk (c.q. toelaatbaar) (fig. 22; gebied 6 en 8 t/m 17; fig. 23, gebied 1, 2, 4, 5, 7 t/m 10, 12, 14 en 16). Wellicht is een dergelijke vorm van beweiding ook wenselijk (c.q. toelaatbaar) in enkele relatief dynamische duinterreinen nabij zee (fig. 22, gebied 8, 16 en 17; fig. 23, gebied 3, 6, 8 en 13). In schaars begroeide duinterreinen nabij zee met een sterk dynamisch karakter is beweiding (waarschijnlijk) niet wenselijk (fig. 22, gebied 7; fig. 23, gebied 15).
Voorts is (zeer)extensieve beweiding (waarschijnlijk) niet wenselijk in een aantal duinterreinen nabij de zuidpunt van Texel (fig. 22, gebied 1 t/m 5) vanwege de aanwezigheid van enige duinmeren, de relatief geringe oppervlakte droog duinterrein en vanwege het voorkomen van goed ontwikkelde duindoorn - vlierstruwelen op de duinruggen. Laatstgenoemd vegetatietype is in het Waddengebied vrijwel beperkt tot Texel waar het ook een relatief geringe oppervlakte beslaat. Ook de omstandigheid dat deze

gebieden voor zover bekend nooit beweid zijn geweest (par. 5.4.4), pleit ervoor ze buiten de beweidingsinvloed te houden. De rijke vegetatie en fauna hebben zich buiten de invloed van beweiding ontwikkeld.

Zoals reeds in paragraaf 5.4.3 is aangegeven is bij de beoordeling van de wenselijkheid (c.q. toelaatbaarheid) van beweiding, de omvang van de kaarteenheden niet als criterium gehanteerd. Aangezien het bij (zeer) extensieve beweiding de voorkeur verdient grote aaneengesloten oppervlakten te beweiden, ligt het voor de hand beweidingseenheden te vormen van meerdere aan elkaar grenzende kaarteenheden. Ook is het vanuit natuurbeheersoogpunt wenselijk de aan de duinen grenzende polders en kwelders mee te beweiden. De kaartgrenzen moeten dan ook niet zonder meer als grens van beweidingseenheden beschouwd worden.

Laten stuiven Laten stuiven is een specifieke natuurbeheersmaatregel die zeer geschikt is om in een vastgelegd duingebied waarin de grondwaterstand is gedaald, weer vochtige valleimilieus te creëren. Laten stuiven is voor dit doel beter geschikt dan uitgraven omdat het zowel ruimtelijk als temporeel meer variatie in milieu en vegetatie oplevert. Ook in gebieden waar de grondwaterstand niet is gedaald kan het laten stuiven een geschikte maatregel zijn, namelijk om jonge successiestadia (op veelal relatief kalkrijk materiaal) in stand te houden. Teneinde verstuivingen op de gewenste wijze te laten verlopen, zodanig dat uitstuiving tot nabij het freatisch niveau plaatsvindt, is het veelal noodzakelijk de vegetatie en de bovenste bodemlagen via kappen en uitgraven te verwijderen. Verstuivingen dienen bij voorkeur in droge valleien of in lage duinruggen tussen valleien aan te vangen. Voorts dienen de gebieden die men laat stuiven van voldoende omvang te zijn en voor een groot deel uit valleien en lage duinruggen te bestaan (zie voor nadere richtlijnen voor het laten stuiven van duingebieden Bakker et al., 1979b). In de beide studiegebieden is laten stuiven alleen in weinig beschutte gebieden met een matig tot sterk gedaalde grondwaterstand waarschijnlijk (wellicht) wenselijk (fig. 22, gebied 1, 13 en 14; fig. 23, gebied 2, 3, 6, 12 en 13). In enkele gebieden met een sterk beschutte ligging (te oordelen naar de topografische kaart) is laten stuiven niet van toepassing (fig. 22, gebied 11; fig. 23, gebied 9, 16). Hetzelfde geldt voor geheel uit vochtige-natte terreinen bestaande gebieden (fig. 22, gebied 3, 5; fig. 23, gebied 14). In alle overige duinterreinen (fig. 22, gebied 2, 4, 6 t/m 10, 12 en 15 t/m 17); fig. 23, gebied 1, 4, 5, 7, 8, 10, 11 en 15) is laten stuiven niet wenselijk vanwege een geringe kans op verstuivingen in een gunstige vorm.

Niets doen Onder niets doen wordt hier verstaan bewust niet direct ingrijpen in bodem, waterhuishouding of vegetatie. Niets doen kan als natuurbeheersmaatregel in aanmerking komen in terreinen waar de primaire produktie dermate laag is dat (mede dankzij de invloed van wilde herbivoren, met name konijnen) een gevarieerde vegetatiestructuur (open kruidenrijke vegetatie, grasland, struweel en eventueel bos) zonder direct ingrijpen van de mens min of meer permanent blijft bestaan. Dergelijke situa-

ties doen zich voor in schaars begroeide duinterreinen nabij zee (fig. 22, gebied 1, 7; fig. 23, gebied 15), op kalkarme duinruggen (fig. 22, gebied 10, 11 en 17; fig. 23, gebied 11) en in relatief voedselarme duinmeren (fig. 22, gebied 3). In gebieden waar gekozen wordt voor activiteiten als extensieve beweiding, plaggen of uitgraven, bestaat het feitelijke beheer in grote delen van het terrein overigens ook uit 'niets doen'. Een beheersplan voor een duingebied dient zodanig van opzet te zijn dat 'niets' doen in elk terreintype een belangrijke component van het beheer vormt.

5.4.7 Evaluatie van de landevaluatie

De hierboven uitgevoerde landevaluatie omvat vijf van de negen fasen die bij de planning van landgebruik in het kader van het natuurbeheer onderscheiden kunnen worden (par. 5.4.1). De evaluatie resulteert in een beoordeling van relevante activiteiten in relatie tot de terreingesteldheid en biedt keuzemogelijkheden voor het beheer van de duinen van zuidelijk Texel en de duinen bij Bergen als natuurterrein. Een vergelijkbare landevaluatie zou voor het overige duingebied langs dezelfde lijnen uitgevoerd kunnen worden.

De duingebieden van zuidelijk Texel en Bergen-Schoorl zijn als voorbeeld voor de evaluatie gekozen vanwege hun gevarieerde karakter. De landevaluatie dient volledig los gezien te worden van het actuele beheer ter plaatse en houdt op geen enkele wijze een beoordeling van dit beheer in.

Voor duingebieden waarvoor dit nodig geacht wordt, kunnen beheersplannen opgesteld, c.q. gewijzigd worden op basis van een landevaluatie als boven uitgevoerd. Hiertoe dienen ook de drie laatste planningsfasen doorlopen te worden. Tijdens deze laatste planningsfasen zullen voor de verschillende delen van het duingebied definitieve beslissingen genomen moeten worden ten aanzien van het al of niet uitvoeren, c.q. toelaten van de verschillende menselijke activiteiten.

De uitgevoerde landevaluatie onderscheidt zich principieel van tot dusverre uitgevoerde landevaluaties door een verschillend doel. In de eerste plaats onderscheidt deze evaluatie zich van andere evaluaties ten dienste van het natuurbehoud door zijn gerichtheid op het beheer. Tot dusverre stonden dergelijke evaluaties vooral in het teken van de natuurbescherming in het kader van de ruimtelijke ordening (Van der Ploeg & Vlijm, 1978).

In de tweede plaats onderscheidt deze evaluatie zich duidelijk van de voor het agrarisch landgebruik en voor de recreatie uitgevoerde evaluaties. Zowel bij de evaluaties ten dienste van het agrarisch landgebruik als bij de evaluaties ten dienste van het recreatief landgebruik ligt het accent op het vaststellen van de waarde (prestatie) van land voor direct gebruik door de mens. Bij het agrarisch landgebruik en het recreatief landgebruik worden de ecosystemen beschouwd als complexen van variabelen. Als zodanig worden zij ook beïnvloed ten behoeve van de mens. De doelstelling van deze evaluaties is antropocentrisch (zie Vink, 1981).
In een landevaluatie ten dienste van het natuurbeheer ligt het accent op het vast-

stellen van de actuele en potentiële natuurwaarden. De menselijke invloeden worden als variabelen beschouwd en beïnvloed (c.q. afgeschermd) ten behoeve van het in stand houden en tot ontwikkeling laten komen van natuurwaarden. In dit geval is de doelstelling 'ecocentrisch'. Ook de hier uitgevoerde evaluatie heeft een ecocentrische doelstelling. Uit praktische overwegingen is daarbij het accent gelegd op de plantengroei, de evaluatie heeft een 'fytocentrische' doelstelling. De uitvoering van de evaluatie zelf, die gericht is op natuurbeheer als een menselijke activiteit, heeft wel een antropocentrisch karakter.

Het verschil in doelstelling van de diverse soorten evaluaties heeft belangrijke praktische consequenties. Eén daarvan is dat termen en begrippen uit antropocentrisch gerichte evaluaties niet zonder meer kunnen worden toegepast in ecocentrisch (c.q. fytocentrisch) gerichte evaluaties. Zo bleek in de hier uitgevoerde evaluatie het begrip geschiktheid ('land suitability'), dat in landevaluaties met een antropocentrische doelstelling veelvuldig wordt gehanteerd, niet goed bruikbaar. Daarom werd gekozen voor het begrip toelaatbaarheid met betrekking tot niet op natuurbehoud gerichte activiteiten en voor het begrip wenselijkheid in relatie tot natuurbeheersmaatregelen. Een andere belangrijke consequentie is dat de resultaten van evaluaties met antropocentrische, respectievelijk ecocentrische (fytocentrische) doelstellingen niet zonder meer vergelijkbaar zijn. In bepaalde gevallen kan het zinvol zijn om voor dezelfde gebieden beide soorten van evaluaties uit te voeren. Voor duingebieden geldt dit bijvoorbeeld voor evaluaties ten dienste van het natuurbeheer en ten dienste van de recreatie.

Samenvatting

Landschapsecologie is een enkele decennia oude wetenschap, die haar wortels heeft in de fysische geografie en de biologie. In hoofdstuk 1 wordt kort op de geschiedenis van de landschapsecologie ingegaan. Daarbij blijkt dat de theorievorming en methodiekontwikkeling nog ontoereikend zijn, temeer omdat er op het terrein van planning, landgebruik en beheer, milieukartering en milieu-effectenrapportage belangrijke taken voor de landschapsecologie liggen.

In hoofdstuk 2 worden de theoretische achtergronden van de hier gekozen landschapsecologische aanpak gepresenteerd. Binnen een functionele benadering van het landschap is gebruik gemaakt van een systeemtheoretisch begrippenpakket, waarmee integratie van sterk uiteenlopende gegevens mogelijk wordt. In dit kader worden de diverse onderdelen van het landschap, zoals reliëf, grondwater, bodem, vegetatie etc., opgevat als subsystemen in het grotere geheel. Hun rol daarin en de betekenis van hun onderlinge relaties valt toe te spitsen op de uitwisseling van stoffen en/of energie. De stoffen-en energiestromen, alsmede de opslag daarvan worden beschreven met termen als invoer, doorvoer, berging en uitvoer. Van speciale betekenis zijn de beslissingsvariabelen, die (mede) bepalend zijn voor de stoffen en energiestromen. In landschappen bestaat veelal een soort 'schakeling' tussen de diverse subsystemen - cascade-systeem - waarbij de aard der relaties een bepaalde mate van afhankelijkheid van subsystemen met zich meebrengt.

Systeembegrippen zijn goed toepasbaar in het concept ecosysteem. Vergeleken met het begrip ecosysteem heeft het begrip landschap met twee belangrijke uitbreidingen van het studieterrein te maken. Het landschap omvat allerlei indirect werkzame abiotische processen en is per definitie een, ruimtelijk gezien, heterogeen geheel. In hoofdstuk 2 wordt vooral op het eerste aspect ingegaan. Voor de Nederlandse kustduinen wordt nagegaan welke abiotische en biotische landschapscomponenten en -processen werkzaam zijn en welke variabelen een rol spelen bij stoffen- en energiestromen. Aan de hand van acht criteria is inzicht verkregen in afhankelijkheidsbetrekkingen. Op die wijze is een rangordemodel geconstrueerd (figuren 4 en 5), waarin de diverse componenten en processen, met inbegrip van menselijke ingrepen, naar belangrijkheid zijn gerangschikt. Dit model wordt toegelicht aan de hand van de ontstaansgeschiedenis, actuele processen en hun effecten en patroonkenmerken. Het model heeft praktische betekenis bij de legenda-opbouw van de landschapsecologische kaart (hoofdstuk 4) en de beschrijving van de effecten van natuurlijke veranderingsprocessen en ingrepen door de mens.

In hoofdstuk 3 komen de veranderingen van het Nederlandse kustduinenlandschap

ter sprake. Eerst worden de veranderingen behandeld in een systeemtheoretisch kader dat aansluit bij hoofdstuk 2. Uitgewerkte modellen geven weer hoe de in- en uitvoer in bepaalde subsystemen worden beïnvloed. Er worden voorbeelden gegeven waarbij de component grondwater centraal staat. Nadien wordt het duinlandschap in zijn totaliteit behandeld, waarbij wordt aangesloten bij het rangordemodel uit hoofdstuk 2 om de reeksen van effecten van veranderingsprocessen op een systematische wijze weer te geven. Figuur 6 geeft een illustratie van de belangrijkste wegen waarlangs een verandering binnen een landschapscomponent kan doorwerken in andere componenten.

Bij de oorzaken van veranderingen is onderscheid gemaakt tussen natuurlijke veranderingsprocessen en menselijke activiteiten. Deze laatste kunnen van invloed zijn op natuurlijke processen terwijl ook veranderingen met een aan de mens gebonden karakter bewerkstelligd kunnen worden.

Voor een groot aantal natuurlijke veranderingsprocessen en menselijke activiteiten is aangegeven wat de effecten op het duinlandschap zijn.

Tot slot van hoofdstuk 3 is, aan de hand van historische gegevens en een inventarisatie (grotendeels door middel van karteringen van de actuele situatie, Bakker et al., 1979a), een overzicht gegeven van de belangrijkste veranderingen in de periode tussen circa 1850 en circa 1970 (bijlage 8). Het blijkt dat de achteruitgang in natuurwaarden groot is geweest. Ruim 10% van de oppervlakte van het huidige duingebied is geheel verloren gegaan door kustafslag, industrievestiging of stedelijke bebouwing. Van het resterende deel is meer dan de helft sterk tot matig aangetast doordat het als infiltratiegebied in gebruik is, een open bebouwing bezit, bebost of totaal verdroogd is. In het resterende deel, ruim 40%, is de achteruitgang van de natuurwaarden gering geweest. Lokaal is er sprake van een toename van deze waarden (zie tabel 3).

In hoofdstuk 4 wordt landschapsecologische kaart, schaal 1: 100 000, (bijlage 7) besproken. Deze kaart geeft geomorfologische, hydrologische, bodemkundige en vegetatiekundige gegevens in hun verband weer. De nadruk valt op de valleimilieus. De kaart berust op basiskarteringen, uitgevoerd door Bakker et al. (1979a). Een uitgebreide legenda is opgenomen in bijlage 3. In de legenda-opbouw worden de rangordebetrekkingen weerspiegeld, zoals besproken in hoofdstuk 2. De bruikbaarheid van de kaart - vooral gelegen op provinciaal en nationaal niveau - wordt sterk vergroot door het raadplegen van de veranderingenkaart (bijlage 8) of de facetkaarten uit Bakker (1981), Klijn (1981) en Van Zadelhoff (1981).

In hoofdstuk 5 wordt aangegeven op welke wijze de resultaten van het 'TNO-Duinvalleienonderzoek' kunnen worden toegepast bij de planning van landgebruik in en het beheer van het duingebied. Er wordt een overzicht gegeven van het landgebruik en beheer in het verleden en heden. Activiteiten als beweiden, maaien, plaggen en kappen van struweel en bos worden besproken. Het blijkt dat deze activiteiten vroeger algemeen plaats vonden, maar dat ze tegenwoordig in het duingebied nog slechts op beperkte schaal worden uitgevoerd. Deze verandering heeft op veel plaatsen geleid tot een aantasting van natuurwaarden (hoofdstuk 3). Voor het handhaven van bestaande waarden en voor herstel van verloren gegane waarden is een systematisch gepland, actief natuur-

beheer noodzakelijk. In een algemene beschouwing wordt uiteengezet dat in Nederland van overheidswege hoge prioriteit wordt toegekend aan de natuurfunctie van het Nederlandse duingebied. Mede op grond hiervan is voor enkele delen van het duingebied, zuidelijk Texel en de Schoorlse en Berger duinen, een landevaluatie vanuit een oogpunt van natuurbehoud uitgevoerd. Uitgangspunten en basisgegevens die bij de landevaluatie zijn gehanteerd worden uiteengezet. Er is een selectie gemaakt van de menselijke activiteiten die in de toekomst mogelijk een (grotere) rol gaan spelen en van de activiteiten waarvan invoering of uitbreiding, vanuit natuurbehoudsoogpunt, onder bepaalde omstandigheden wenselijk moet worden geacht. Voor deze 'relevante' activiteiten is per kaartvlak van de landschapsecologische kaart nagegaan in hoeverre deze activiteiten daar vanuit een oogpunt van natuurbehoud toelaatbaar, dan wel wenselijk zijn (tabel 5 en 6). Tot slot wordt een korte beschouwing gegeven over de gevolgde landevaluatiemethode in relatie tot bestaande evaluatiemethoden.

Summary

Landscape ecology has existed for only a few decades. Based in physical geography and biology, it has not yet developed adequate theory and methods necessary for an interdisciplinary science. This need is more strongly felt as it has useful applications in environmental mapping and assessments of environmental impact.

Chapter 2 gives some theory for the approach taken in the study. The landscape is viewed functionally, using a set of concepts derived from systems theory, which allows integration of diverse data and studies the various components, such as relief, groundwater, soil and vegetation, and processes as subsystems of the landscape.

The role of the subsystems and their interrelation can be focused on exchange of material or energy. Flow and storage between subsystems are described, using terms from systems theory like input and output. Of special relevance is identification and description of decision variables (partly) governing the flow of material or energy.

In landscapes, one can often identify a chain of relationships between subsystems, together forming a cascade. The nature of these relationships implies some dependence of each (sub)system on other (sub)systems for material or energy, as described by their respective position in the cascade.

A systems approach, used with some success in ecosystem research, seems attractive for landscape ecology too. However the study of landscape has to cope with two major extensions. These are indirectly acting abiotic processes and the spatial heterogenity of landscapes. Chapter 2 considers mainly the abiotic processes, in particular those for the Dutch coastal dunes, alongside biotic components and processes, and considers which variables play a role in the flow of material or energy. With eight criteria, the concept of (relative) dependence is further elaborated, ultimately leading to a hierarchic model (Fig. 4 and 5), in which the various natural components and processes, and human activities in the coastal dunes are classified. An explanation of this model includes the history of the dunes, actual processes and their effects. The model has a practical value in the legend of landscape-ecological maps (Chap. 4), and in the description and prediction of effects of human activities and natural processes.

Chapter 3 describes changes in the Dutch coastal dunes in past centuries, first on the basis of systems theory. Special models show how input and output of certain subsystems are influenced. The component groundwater is taken as the key example. Also the dune landscape is dealt with as a complex whole. The chains of effects of major changes are described with the hierarchic model from Chap. 2. Fig. 6 shows the

main ways in which a change in a given component results in changes in other components.

Causes of changes are classed into natural processes (e.g. coastal erosion) and human activities. The human activities may trigger natural processes or result in typical man-made changes.

Many natural processes of change and human activities are assessed for their effect on the dune landscape. With historical data and survey (mainly by mapping) of the actual situation (Bakker et al., 1979a), a map was made with major changes between ca 1850 and 1970 (Encl. 8). The decrease in ecological value is evident. More than 10% with respect to present dune area has been lost completely either by coastal erosion or by urban and industrial development. More than half the rest has been moderately or severely degraded by use for infiltration, 'scattered' building, man-made forests or considerable lowering of the watertable. Only 40% is hardly affected; locally there has been an increase in value, mainly in areas with coastal accretion. Table 3 summarizes changes in area and relative area.

Chapter 4 describes the map of landscape ecology (scale 1:100 000; Encl. 7). This map collects geological, geomorphological, hydrological, pedological and vegetational data, especially of dune slacks. The map is based on larger-scale survey (1:25 000, in Bakker et al., 1979a). The legend takes account of the hierarchic model of Chapter 2. The map is intended mainly for national and provincial planning, and can be made more effective by the use of the Map of Changes (Encl. 8) and the thematic maps from Bakker (1981), Klijn (1981) and van Zadelhoff (1981).

Chapter 5 describes how the results can be used in planning land-use and management. So management in the past is sketched, and was mainly agricultural. Activities like grazing, mowing, removing sods, and cutting of shrubs and forest are dealt with. These activities prove to have been very common in the past, but they are nowadays rare in the dunes. These changes led to a decrease in ecological value (Chap. 3). To maintain present value or to restore value, one must plan systematically for active nature management. In a general review of the planning of land-use and management, the methods of land evaluation used in agriculture proved a good base for ecologically based land-use and management in natural areas.

The socio-economic and political context of land evaluation is decisive for the weighting given to ecological aspects. A high priority is attached to nature conservation in national planning for the Dutch coastal dunes. A land evaluation is presented for some representative parts of the dune area: the south of the island of Texel and the dunes near Schoorl and Bergen in North Holland. Premises and essential data for such land evaluation are explained.

The sort of human activities that could be important in the future are mentioned, as are activities that are desirable under some circumstances if introduced or extended. For such relevant activities, the map of landscape ecology is assessed to provide a measure of whether a certain activity can be considered as 'tolerable' or 'desirable'. Though this evaluation is strictly related to certain mapping units,

an evaluation is also presented without the restriction to a particular area. It proves to be different from the map-based one only for grazing and sand blowing. For other activities, it generally makes no difference whether one selects the same type of management in adjoining areas (Table 3 and 4). Chapter 5 concludes with a comparison of the methods of land evaluation used here with other methods in use.

Begrippenlijst

Deelcomplex (van het landschap). Een vooral naar de functie bij energie- en stoffenuitwisseling te onderscheiden subsysteem van het landschap, bijvoorbeeld onderste luchtlaag, bodemleven (zie Richter, 1968 a en b).

Inwendig beheer. Handhaven van de minimaal vereiste mate van menselijke beïnvloeding van de gewenste soort (vanuit een oogpunt van natuurbehoud).

Landschap. Een relatiestelsel dat gevormd wordt door levende en niet-levende factoren in een aan zijn uiterlijke verschijning te onderscheiden deel van het aardoppervlak (Zonneveld et al., 1975; Neef, 1967).

Landschapscomponent. Een naar uiterlijk en functie duidelijk te onderscheiden onderdeel van landschap, bijvoorbeeld bodem, vegetatie.

Landschapsecologie. De wetenschap die op geïntegreerde wijze studie maakt van het relatiestelsel dat gevormd wordt door de levende en niet-levende factoren in een aan zijn uiterlijke verschijning te onderscheiden deel van het aardoppervlak (Zonneveld et al., 1975; WLO, 1979).

Landevaluatie. Het proces van beoordeling van de prestaties van land als het gebruikt wordt voor goed omschreven doeleinden, bij welk proces betrokken zijn de uitvoering en interpretatie van karteringen en andere onderzoekingen van landvormen, bodems, vegetaties, klimaat en andere aspecten van het land teneinde veelbelovende typen van landgebruik te identificeren en te vergelijken in termen die toepasbaar zijn voor de doeleinden van de evaluatie (Vink, 1980 naar Beek, 1978).

Landgebruik. Het beïnvloeden van land ter vervulling van een of meer menselijke behoeften en/of strevingen.

Natuurbeheer. Complex van doelbewuste handelingen gericht op het instandhouden en bevorderen van natuurwaarden.

Natuurbehoud. Het behoud van een rijke verscheidenheid aan milieutypen met, en ten bate van het laten voortbestaan (c.q. tot ontwikkeling komen) van, zoveel mogelijk van nature in de betreffende milieutypen thuishorende soorten planten en dieren en daaruit samengestelde levensgemeenschappen.

Natuurbescherming. Maatschappelijk streven naar natuurbehoud.

Natuurgebied. a. Gebied dat gerekend wordt tot, of een onderdeel vormt van de halfnatuurlijke, de schijnbaar (nagenoeg) natuurlijke of de natuurlijke landschappen (Westhoff, 1970b).

b. Gebied waarin een actief natuurbeheer (inclusief natuurtechnische milieubouw) gevoerd wordt.

Natuurwaarde. Een waarde die vanuit natuurbehoudsoogpunt kan worden toegekend aan een bepaald deel van het aardoppervlak op basis van structurele en functionele kenmerken van de aldaar voorkomende ecosystemen.

Niche(breedte). Concept dat het totaal van de ecologische voorwaarden c.q. de spreiding daarin, van een taxonomische eenheid (bijvoorbeeld soort) aangeeft (zie onder andere Hutchinson, 1958; Pianka, 1976).

Fundamentele niche(breedte). De niche van een bepaalde botanische eenheid buiten de invloed van inter- en intraspecifieke concurrentie.

Gerealiseerde niche(breedte). Niche van een taxonomische eenheid met inbegrip van inter- en intraspecifieke concurrentie.

(Zelf)regulatie. Een proces waarbij een systeem in staat is om via één of meer tegenkoppelingsprocessen een bepaalde toestand te handhaven bij verandering in de omgevingsvariabelen. Gebeurt dit door een mechanisme dat aan het systeem zelf toebehoort, dan is er sprake van zelfregulatie.

Terugkoppeling. (Kring)proces waarbij de veranderingen in de toestand van een systeem, die zijn veroorzaakt door veranderingen in de omgeving, leiden tot een wijziging in het gedrag van de beslissingsvariabelen ten aanzien van de invoer of uitvoer van een systeem.

Tegenkoppeling. Terugkoppeling waarbij de extern veroorzaakte verandering een reactie oproept in het systeem waardoor het effect van de verandering vermindert.

Meekoppeling. Terugkoppeling waarbij de extern veroorzaakte verandering een reactie oproept in het systeem waardoor het effect van de verandering versterkt wordt.

Steady state. Een bijzondere vorm van dynamisch evenwicht waarbij open systemen slechts geringe schommelingen rond een evenwichtstoestand kennen ten overstaan van grotere veranderingen in hun omgeving.

Systeem. Een gestructureerd stelsel van objecten of attributen bestaande uit componenten of variabelen, die onderkenbare verbanden met elkaar vertonen en die te zamen werken als complex geheel, volgens een waargenomen patroon (naar Chorley & Kennedy, 1971).

Cascade systeem. Een systeem dat is opgebouwd uit een keten van subsystemen, die ten aanzien van de doorvoer van stoffen of energie in serie zijn geschakeld.

Ecosysteem. Een systeem van een levensgemeenschap en de daarmee in wisselwerking verkerende omgeving (Van der Maarel & Dauvelier, 1978).

Subsysteem. Een systeem dat deel uitmaakt van een groter systeem.

Geïsoleerd systeem. Een systeem met grenzen die gesloten zijn voor de in- en uitvoer van zowel stoffen als energie (zie Chorley & Kennedy, 1971).

Gesloten systeem. Een systeem met grenzen die gesloten zijn voor de in- en uitvoer van stoffen, maar niet voor energie (zie Chorley & Kennedy, 1971).

Open systeem. Een systeem, waarvan de grenzen het passeren van zowel stoffen als energie toestaan (zie Chorley & Kennedy, 1971).

Uitwendig beheer. Isolatie tegen (ofwel afweer van) een overmaat aan menselijke invloeden (vanuit een oogpunt van natuurbehoud).

Variabele. Een verschijnsel dat in de tijd verschillende groottes kan aannemen.

Beslissingsvariabele. Variabele die (mede) de aard en de grootte van invoer en uitvoer naar c.q. vanuit een systeem bepaalt.

Sleutelvariabele. Een beslissingsvariabele die door de mens gemanipuleerd kan worden.

Toestandsvariabele. Variabele die verbonden is met de toestand van/in het systeem en afhankelijk is van in- en uitvoervariabelen. Bijvoorbeeld de hoeveelheid of de vorm van de in het systeem opgeslagen stoffen of energie.

Veerkracht (i.c. van een levensgemeenschap). Het vermogen van een levensgemeenschap om na een verstoring snel de oorspronkelijke toestand te herkrijgen.

Weerstand (i.c. van een levensgemeenschap). Het vermogen van een levensgemeenschap om storingen vanuit de omgeving af te weren zonder dat de toestand daarbij sterk verandert.

Literatuur

Anonymus, 1915. Rapport omtrent de uitkomsten van een grondwater- en bodemonderzoek in het duingebied nabij Schoorl. RID Den Haag.

Anonymus, 1956. Vijftig jaar natuurbescherming in Nederland. Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland (2e druk).

Anonymus, 1979. Milieu-effect rapportage. Nota houdende het regeringsstandpunt inzake de milieu-effect rapportage. Tweede kamer der Staten Generaal, zitting 1978-1979, 15715, nr. 1 en 2, Staatsuitgeverij Den Haag.

Arnold, G.W. & C.T. de Wit (eds.), 1976. Critical evaluation of systems analysis in ecosystems research and management. Pudoc, Wageningen, 108 p.

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1979a. Basisrapport 'TNO-duinvalleienonderzoek', algemene hoofdstukken, deelrapporten + kaarten 1: 25 000. TNO Den Haag.

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1979b. Duinen en duinvalleien, een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen. 201 p.

Bakker, T.W.M., 1981. Nederlandse kustduinen; geohydrologie. Pudoc, Wageningen.

Baren, F.A. van, 1970. De bodem als natuurlijke milieufactor. In: Biosfeer en mens, Pudoc, Wageningen, p. 80-104.

Beatty, M.T., G.W. Petersen & L.D. Swindale, 1979. Planning the uses and management of land. American Society of Agronomy etc., Wisconsin, 1028 pp.

Beek, K.J., 1978. Landevaluation for agricultural development. Publ. 23. Institute for land reclamation and improvement, Wageningen. 333 pp.

Bennema, J., 1980. Wat is landevaluatie? Landbouwkundig tijdschrift 92 (1980) nr. 2: 35-41.

Bennett, R.J. & R.J. Chorley, 1978. Environmental systems. Philosophy, analysis & control. Methuen & Co., London, p. 624.

Blackmore, M., 1974. The Nature Conservancy: its history and role. In: A. Warren & F.B. Goldsmith (Eds). Conservation in practice. John Wiley & Sons, London.

Blom, C.W.P.M., & R.J.B.M. Willems, 1971, De Westduinen op Goeree. De Levende Natuur, 74. 219-225.

Boerboom, J.H.A., 1957. Les pelouses sèches des dunes de la côte nêerlandaise. Acta Bot. Neerl. 6: 642-680.

Boerboom, J.H.A., 1957. Begroeiing en landschap van de duinen onder Scheveningen en Wassenaar van ± 1300 tot heden. Lab. voor Plantensyst. en -geografie. Landbouwhogeschool, Wageningen.

Bok, S.T., 1958. Cybernetica; hoe sturen wij ons leven, ons werk en onze machines? Aula nr. 4, Spectrum Utrecht/Antwerpen. 259 p.

Boodt, P., 1934. De bebossing op de Noordzee-eilanden. Ned. Bosbouw Tijdschrift nr. 7 (1 t/m 7).

Bolwerkgroep, 1976. Natuurwaardenkaart van Nederland. Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk, Rijswijk.

Bormann, F.H. & G.E. Likens, 1979. Pattern and process in a forested ecosystem. Springer Verlag, New York/Heidelberg/Berlin.

Bouwer, K., 1980. Milieukunde en geografie. K.N.A.G. Geogr. Tijdschrift XIV (1980) (4): 269-287.

Braak, K., 1919. De morphologie der Schoorlse duinen. K.N.A.G. Geogr. Tijdschrift.

Büdel, J., 1977. Klima-Geomorphologie. Gebrüder Born träger, Berlin/Stuttgart.

Burggraaff, M., L. van Deijl, G. Laijendecker. H.A. Meester-Broertjes & A.H.P. Stumpel, 1979. Milieukartering: methoden, toepassing en perspectief. Pudoc, Wageningen. 224 p.

Bijhouwer, J.T.P., 1926. Geobotanische studie van de Berger duinen. Diss. Wageningen. 201 p.

Chorley, R.J. & B.A. Kennedy, 1971. Physical geography. A systems approach. Prentice Hall, London. 370 p.
Clapham, W.B., 1973. Natural ecoystems. Macmillan, New York.
Colinvaux, P., 1973. Introduction to ecology. John Wiley & Sons, New York.
Davidson, D.A., 1978. Science for physical geographers. Edw. Arnolds Ltd., London.
Davies, J.L., 1972. Geographical variation in coastal development. Oliver & Boyd, Edinburgh.
Derde nota over de ruimtelijke ordening. deel 3: Nota landelijke gebieden. deel 3A: Beleidsvoornemens over ontwikkeling, inrichting en beheer. Ministerie voor Volkshuisvesting en ruimtelijke ordening.
Dieren, J.W. van, 1934. Organogene Dünenbildung. Diss. Amsterdam. 304 p.
Dissel, E.D. van, 1907. Vastlegging en ontginning der duinen, speciaal in Schoorl en op Texel. Rapport Staatsbosbeheer.
Dobben, W.H. van, & R.H. Lowe-McConnell (eds.), 1975. Unifying concepts in ecology. Junk, Den Haag; Pudoc, Wageningen. 333 p.
Doing, H., 1966. Beschrijving van de vegetatie der duinen tussen IJmuiden en Camperduin. Mededelingen LH Wageningen, 66 (13), 63 p.
Doing, H., 1974. Landschapsecologie van de duinstreek tussen Wassenaar en IJmuiden. Mededelingen LH Wageningen, 74 (12), 111 p.
Doing, H., in prep. Handleiding voor een landschapskartering op vegetatiekundige grondslag van de Nederlandse kustgebieden. Landbouwhogeschool, Wageningen.
Drijver, J., 1934. Texel het vogeleiland.
Duffey, E. & A.S. Watt, (eds.), 1970. The scientific management of animal and plant communities for conservation. Blackwell, Oxford. 652 p.
Eeden, F.W. van, 1866. De Flora der Hollandsche Duinen.
1867. Tessel.
1872. De Omstreken van Alkmaar.
1885. Terschelling.
In: Onkruid, heruitgave 1974. Schuyt & Co., Haarlem.
Eisma, D., 1968. Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland. Netherland Journal of Sea Research 4 (2): 123-267.
Ellenberg, H., 1973. Ziele und Stand der Ökosystemforschung. In: Ellenberg, H. (ed.), Ökosystemforschung. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, p. 1-31.
F.A.O., 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin no. 32. F.A.O. Rome. 72 pp.
Ferrari, Th.J., 1978. Elements of system-dynamics simulation; a textbook with exercises. Pudoc, Wageningen. 89 p.
Firet, F.J., 1978. De Standortskartierung ten behoeve van de bosbouwkundige planning in Nedersaksen. Staatsbosbeheer, Utrecht. 29 pp.
Gevers, T., 1826. Verhandeling over het toegangbaar maken van de duinvalleien langs de kust van Holland. Amsterdam.
Goethart, J.W.C., P. Tesch, E. Hesselink & M.D. Dijt, 1924. Cultuur en waterleidingbelangen, uittreksel uit het rapport inzake het verband tussen wateronttrekking en plantengroei. Mededeling Rijksboschbouwproefstation, Den Haag.
Haeckel, E., 1866. Generelle Morphologie der Organismen. Bd. 1: Allgemeine Anatomie der Organismen. Bd. 2: Allgemeine Entwickelungsgeschichte der Organismen. Berlin.
Hanken, A.F.G. & H.A. de Reuver, 1976. Inleiding tot de systeemleer. Stenfert Kroeze, Leiden, 147 p.
Hartog, C. den, 1951. Plantensociologische structuur van de Binnen-Geul. Ned. Kruidk. Archief 51 (58): 141-159.
Heimans, E. & J.P. Thijsse, 1899. In de duinen. Amsterdam.
Henket, N.H., 1869. Duinwaterleiding voor 's Gravenhage en Leiden.
Hoeve, J. ter & Chr. G. van Leeuwen, 1954. De Moksloot op Texel. Natuur & Landschap (8): 48-52.
Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. Ann. Rev. Ecol. Systematics (4): 1-23.
Holkema, F., 1870. De plantengroei der Nederlandsche Noordzee-eilanden Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog en Rottum. Diss. Amsterdam. 268 p.
Hoogenraad, H.R. & D. de Visser Smits, 1902. Een botanische excursie naar Texel. D.L.N. (6): 51-54.

Hutchinson, G.E., 1958. Concluding remarks. Cold spring Harbor Symp. Quant. Biol. 22: 415-427.
Immerzeel, J., 1977. De beschikbaarheid van fosfaat in de bodem. RIN Arnhem, intern verslag. 75 pp.
Jelgersma, S., J. de Jong, W.H. Zagwijn & J.F. van Regteren Altena, 1970. The coastal dunes of the western Netherlands: geology, vegetational history and archeology. Mededeling Rijks Geologische Dienst Haarlem, N.S. (1970) p. 93-167.
Jelles, J.G.G., 1968. Geschiedenis van beheer en gebruik van het Noordhollands duinreservaat. Mededeling nr. 87 ITBON, Arnhem.
Jungerius, P.D., E.A. Koster & F.J.P.M. Kwaad (red), 1973. Fysische geografie, aspecten van het landschapsonderzoek. Oosthoek, Utrecht.
Kalkhoven, J.T.R., A.H.P. Stumpel & S.E. Stumpel-Rienks, 1976. Landelijke milieukartering. Staatsuitgeverij, Den Haag.
Keulen, H. van, 1976. Evaluation of models. In: Arnold, G.W. and C.T. de Wit (eds.), Critical evaluation of systems analysis in ecosystems research and management. Pudoc, Wageningen. p. 22-29.
Klink, H.J., 1978. Ökologische Raumgliederung aus geographischer Sicht. In: Olschowy, G., 1978.
Klijn, J.A., 1981. Nederlandse kustduinen; geomorfologie en bodems. Pudoc, Wageningen.
Kuenen, D.J. (red.), 1976. Inleiding in de milieukunde. Van Gorcum, Assen/Amsterdam.
Kwakernaak, C., A.J.J. Bolt, Th.W.M. Levelt & A.P.A. Vink, 1979. Voorne-Putten, een landschapsecologisch onderzoek. K.N.A.G. Geogr. Tijdschr. XIII (2): 116-143.
Leeuwen, Chr.G. van, 1965. Het verband tussen natuurlijke en anthropogene landschapsvormen, bezien vanuit de betrekkingen in grensmilieus. Gorteria (2): 93-105.
Leeuwen, Chr.G., 1966a. A relation theoretical approach to pattern and process in vegetation. Wentia (15): 25-46.
Leeuwen, Chr.G. van, 1966b. Het botanisch beheer van natuurreservaten op structuuroecologische grondslag. Gorteria (3): 16-28.
Leeuwen, Chr.G. van, 1967. Tussen observatie en conservatie. In: Tien jaren RIVON, RIVON, Arnhem, p. 38-58.
Leeuwen, Chr. G. van, 1977. Rangordebetrekkingen en landschapstechniek. Landbouwk. Tijdschr.: 324-328.
Leeuwen, Chr. G. van, 1979. Ekologie; Syllabus I. TH Delft.
Leeuwen, Chr. G. van, 1980. Over de 'dynamiek' van een systeem. RIN Leersum, intern verslag. 16 p.
Leser, H., 1976. Landschaftsökologie. Ulmer Uni-Taschenbuch, Stuttgart, 432 p.
Liddle, M.J., 1975. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. Biol. Conserv.: 7.
Likens, G.E., F.H. Bormann, R.S. Pieree, J.S. Eaton & N.M. Johnson, 1977. Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer Verlag, New York/Heidelberg/ Berlin.
Lockwood, J.G., 1979. Causes of climate. Edward Arnold, London.
Londo, G., 1971. Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen. RIN, Leersum, 279 p.
Londo, G., 1975. Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten. RIN, Leersum, 52 p.
Maarel, E. van der, 1971. Oecologische evaluatie en ruimtelijke ordening. Inleiding Kromme Rijn Project, januari 1971 Seminair. Rapp. afd. Geobotanie, Nijmegen, 6 p.
Maarel, E. van der, 1979. Environmental management of coastal dunes in the Netherlands. In: Jefferies, R.L. and A.J. Davies (eds.). Ecological processes in coastal environments. Blackwell scientific publications. Oxford/London/Edinburgh/ Melbourne, P. 543-571.
Maarel, E. van der & P.L. Dauvellier, 1978. Naar een globaal ecologisch model voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland. 2 Dln. Staatsuitgeverij, Den Haag, 314 p. en 166 p.
Maarleveld, G.C., 1977. Geomorfologie. In: Ten Houte de Lange, S.M. (ed.), Rapport van het Veluwe-onderzoek. Pudoc, Wageningen, p. 15-26.
Möbius, K., 1877. Die Auster und die Austern-Wirtschaft. Berlin, 126 p.
Mörzer Bruyns, M.F., 1965. Natuurbehoud als gemeenschapsbelang. Rede Wageningen. 20 pp.
Neef, E., 1967. Die theorethischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha, Leipzig, 152 p.

Odum, E.P., 1971. Fundamentals of ecology. W.B. Saunders Comp., Philadelphia. 574 p.
Olson, J.S., 1958. Rates of succession and soil changes on Southern Lake Michigan sand dunes. Bot. Gaz. (119): 125-170.
Oosten Slingeland, J.F. van, 1958. De Sijsselt; een bijdrage tot de kennis van de Veluwse bosgeschiedenis. Diss. Wageningen. 142 pp.
Oosterveld, P., 1975. Beheer en ontwikkeling van natuurreservaten door begrazing. Natuur en landschap 29 (6): 161-171.
Oosterveld, P., 1979. Maaien, grazen of stuiven, via natuurbeheer naar meer natuur. Duin 2 (4): 3-8.
Otten, F.P.J.M., 1980. Ruimtelijke ordening en milieubeheer. Diss. Utrecht. 397 pp.
Pianka, E.R., 1976. Competition and niche-theory. In: May, R.M. (ed.), Theoretical ecology, principles and application. Blackwell, Oxford, p. 114-141.
Pielou, E.C., 1975. Ecological diversity. Wiley Intersc. Publ. London/New York.
Ploeg, S.W.F. van der & L. Vlijm, 1978. Ecological evaluation, nature conservation and land use planning with particular reference to methods used in the Netherlands. Biol. Conserv. 14 (1978).
Prigogine, I., 1973. Can thermodynamics explain biological order? Impact of Science on Society, Vol. XXIII (3): 159-179.
Rentenaar, R. 1977. De Nederlandse duinen in de Middeleeuwse bronnen tot omstreeks 1300. Geogr. Tijdschr. N.R. XI.
Richter, H., 1968a. Beitrag zum Modell des Geocomplexes. In: Neef, Festschr./landschaftsforschung. Pet. Mitt. Erg. H. 271: 39-48.
Richter, H., 1968b. Naturräumliche Strukturmodelle. In: Pet. Mitt. 112: 9-14.
Rigler, F.H., 1975. The concept of energy flow and nutrient flow between trophic levels. In: Dobben, W.H. and R.H. Lowe-McConnell (eds), 1975.
Roberts, J.C., 1978. Principles of land use planning. In: Beatty, M.T., G.W. Petersen & L.D. Swindale, 1978, Planning the uses and management of land. American Society of Agronomy etc., Wisconsin.
Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1979. Natuurbeheer in Nederland; Levensgemeenschappen. Pudoc, Wageningen. 392 p.
Schmithüsen, J., 1976. Allgemeine Geosynener. De Gruyter, Berlin.
Schroevers, P.J., 1950. De structuur van het plantendek der Buiten-Geulvallei. Ned. Kruidk. Archief 38. p. 176-192.
Sipkes, C., 1917. Landschap en plantengroei van de Berger duinen. De Levende Natuur.
Sloet van Oldruitenborgh, C.J.M., 1976. Duinstruwelen in het Deltagebied. Diss. Wageningen. Mededelingen LH 76 (8). 112 p.
Steijn, J.A. van, 1933. Duinbebossching. Diss. Wageningen.
Stichting voor Bodemkartering, 1967. Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50 000; Toelichting bij kaartblad 36, Goedereede en het Goereese deel van kaartblad 42 Oost, Zierikzee. Stiboka, Wageningen.
Streekplan Kop van Noord-Holland en Texel, 1978. Provinciale Staten van Noord-Holland.
Streekplan voor het Amsterdam-Noordzeekanaalgebied, 1979. Provinciale Staten van Noord-Holland.
Streekplan Zuid-Holland West, 1978. Provinciale Staten van Zuid-Holland.
Swaen, A.E.H., 1948. Jacht-Bedrijff; naar het handschrift in de Koninklijke bibliotheek te 's Gravenhage, Leiden.
Tansley, A.G., 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology (16): 284-306.
Terwindt, J.H.J., 1977. Landschap en proces in de fysische geografie. Utrecht, openbare les.
Thijsse, J.P., 1910. Blonde duinen. Verkade album, Zaandam, 100 p.
Thijsse, J.P., 1928. Texel. Verkade-album, Zaandam. 94 p.
Thijsse, J.P., 1946. Onze duinen. Amsterdam.
Twirdy, H.R., 1975. Allgemeine grundlagen und ökologischen Probleme des Naturschutzes.
Udo de Haes, H.A., C.A. Drijver & C.T.M. Vertegaal, 1980. Is duininfiltratie wel zo gunstig voor de vogelstand? Duin 3(1):3-11.
Usher, M.B., 1973. Biological management and conservation. Chapman and Hall, London.
Veen, H.E. van de & S.E. van Wierum, 1980. Van grote grazers, kieskeurige fijnproevers en opportunistische gelegenheidsvreters. Instituut voor Milieuvraagstukken V.U., Amsterdam. 31 pp.
Vink, A.P.A. (red.), 1971. Criteria voor milieubeheer. Oosthoek, Utrecht, 180 p.
Vink, A.P.A., 1975. Land use in advancing agriculture. Springer Verlag, Heidelberg/Berlin/New York.

Vink, A.P.A., 1980. Landschapsecologie en landgebruik. Bohn Scheltema & Holkema, Utrecht. 151 p.
Vink, A.P.A., 1981. Anthropocentric landscape ecology in rural areas. In: Proceedings 'Perspectives in ecology', in prep.
Voûte, A.D. & J.F. de Vries Broekman, (eds.) 1973. Natuurbeheer in Nederland. Samson, Alphen aan de Rijn. 219 p.
Vuyck, L., 1898. De plantengroei der duinen. Diss. Leiden.
Warren, A. & F.B. Goldsmith, 1974. Conservation in practice. John Wiley & Sons, London etc. 512 pp.
Waterman, T.H., 1968. Systems theory and biology; view of a biologist. In: Mesarovic, M.D. (ed.). Systems theory and biology. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/ New York.
Westhoff, V., 1947. The vegetation of dunes and salt marshes on the Dutch islands of Terschelling, Vlieland and Texel. Diss. Utrecht.
Westhoff, V., 1967. The ecological impact of pedestrian, equestrian and vehicular traffic on vegetation. I.U.C.N. Publications New Series no. 7.
Westhoff, V., 1970a. Natuurbehoud en samenleving. Natuur en landschap 24 (3).
Westhoff, V., 1970b. Botanisch onderzoek als grondslag voor de keuze van natuurreservaten. In: J.C. van de Kamer. Het verstoorde evenwicht. Oosthoek, Utrecht.
Westhoff, V., 1974. Natuurbehoud en natuurbeheer. Natuurkundige voordrachten. Nieuwe reeks no. 52.
Westhoff, V., 1979. Natuurbeheer en het agrarisch landschap. In: W. Bongers (red.), Natuurbeheer vandaag, een terugblik, een plaatsbepaling en een blik vooruit. Pudoc, Wageningen. 168 pp.
Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland, Thieme, Zutphen, 324 p.
Westhoff, V., P.A. Bakker, Chr.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1970. Wilde planten, deel 1. Vereniging tot behoud van natuurmonumenten in Nederland. 320 p.
Werf, S. van der, 1977. Ecologische aspecten van recreatie. Landbouwkundig Tijdschrift (1977). p. 89-109.
Weijde, H. van der, 1976. Ruimtelijke ordening in Nederland. Hand- en leerboek der bestuurswetenschappen. Samsom, Alphen aan den Rijn.
Willems, J.H., 1972. Recreatie - Natuurbehoud. Werkcollege. Inst. syst. Plantk., Utrecht. 192 p.
Willems, J.Th.J.M. (red.), 1971. De noodzaak van natuur- en milieubeheer. Bruna & Zn., Utrecht, Antwerpen.
Zadelhoff, F.J. van, 1981. Nederlandse kustduinen: geobotanie. Pudoc, Wageningen.
Zielhuis, R.L. & K. Biersteker, 1975. Inleiding in de milieuhygiëne. Stafleus wetenschappelijke uitg. maatschappij. 200 p.
Zonneveld, I.S., 1972. Landevaluation and land(scape)science. ITC, Enschede. 106 p.
Zonneveld, I.S., 1979. Land information ecology and development. ITC, Enschede. 20 p.
Zonneveld, I.S., S.P. Tjallingii & H.A. Meester-Broertjes, 1975. Voorstel tot het gebruik van termen voor studie en beheer van het landschap. Meded. Werkgem. Landsch. Ecol. Onderz., 38 p.