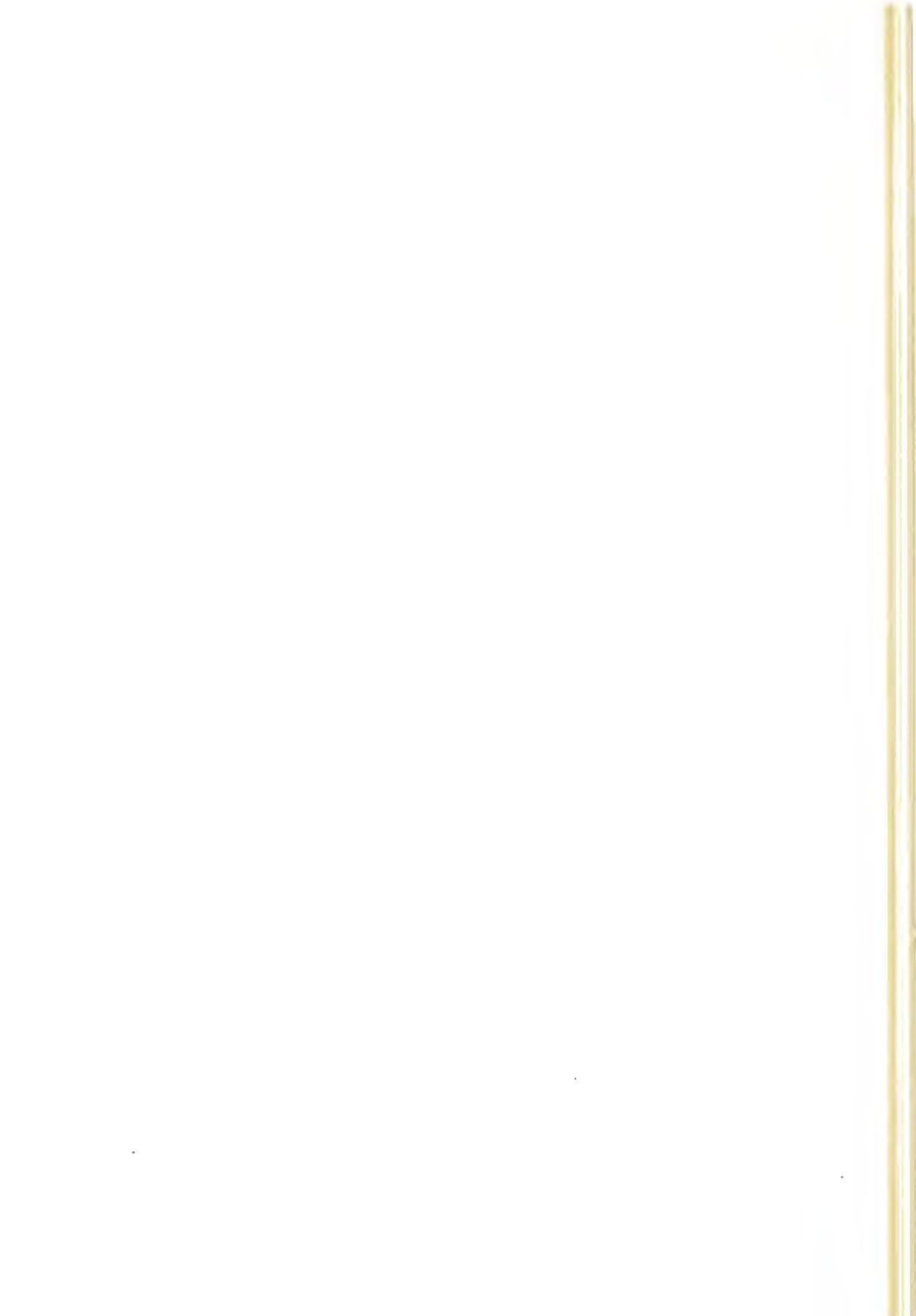


# Duinen en duinvalleien

Een landschapsecologische studie  
van het Nederlandse duingebied





Duinen en duinvalleien - Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de Subcommissie Landschapsecologie van de Commissie TNO voor het onderzoek ten dienste van het milieubeheer, postbus 186, 2600 AD Delft.

# Duinen en duinvalleien

Een landschapsecologische studie  
van het Nederlandse duingebied

**T.W.M. Bakker**

**J.A. Klijn**

**F.J. van Zadelhoff**



**Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie**

**Wageningen - 1979**

ISBN 90 220 0722 7

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1979.

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.

## Woord vooraf

De oorspronkelijke vochtige duinvalleien met hun eigen karakteristieke planten- en dierenwereld zijn in grote delen van het Nederlandse kustgebied verdwenen of in ecologische waarde gedaald door verschillende activiteiten. Een veranderd beheer van het duingebied en in het bijzonder grondwateronttrekkingen en duinwaterinfiltraties hebben hieraan bijgedragen.

Met het verschijnen van het Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening in 1972 zijn in grote trekken de toekomstige beleidslijnen ten aanzien van de exploitatie van grond- en oppervlaktewater duidelijk geworden. Daarin komt tot uiting dat de behoefte aan drink- en industriewater sterk is toegenomen, en wordt er vanuit gegaan dat deze in de toekomst nog zal groeien. In het Structuurschema wordt gesteld dat hierin dient te worden voorzien door uitvoering van vele projecten, waarvan er een aantal betrekking heeft op duinwaterwinning.

Door de Subcommissie Landschapsecologie van de Commissie TNO voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer is destijds geconstateerd dat in het Structuurschema, in het bijzonder voor projecten in de duinen, geen melding wordt gemaakt van landschapsecologische ondersteuning van de beleidskeuzen. Gezien het belang van landschapsecologisch onderzoek voor behoud, beheer en herstel van vochtige duinvalleien, heeft de Subcommissie het initiatief genomen voor het opzetten van een onderzoeksproject op dit gebied.

Het door de Subcommissie Landschapsecologie opgestelde onderzoeksvoorstel is door de Commissie TNO voor het onderzoek ten dienste van het Milieubeheer naar de wetenschappelijke kwaliteit en de maatschappelijke relevantie beoordeeld en vervolgens ter verkrijging van subsidie aan de rijksoverheid aangeboden. De Ministeries van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening en Landbouw en Visserij hebben de Subcommissie financieel in de gelegenheid gesteld het onderzoek te doen uitvoeren. De Landelijke Stuurgroep Onderzoek en Milieuhygiëne heeft aanvullende financiering op zich genomen.

Het voor U liggende werkstuk is een verkorte versie van een verslag van het onderzoek, dat is uitgevoerd in de periode 1976-1979. Het bevat naast een systematisch overzicht van de ontwikkelingen in ons kustduingebied sedert + 1850 een breed spectrum van voor een deel nieuwe gegevens over de geomorfologische, hydrologische, vegetatiekundige en landschapsecologische toestand van de duinvalleien. Er is in het onderzoek aandacht besteed aan effecten van activiteiten verband houdende met de drinkwatervoorziening én aan de effecten van velerlei andere activiteiten. Zodoende is het mogelijk gebleken de aanbevelingen voor beleid en beheer en voor verder onderzoek te plaatsen in een breed kader, en vanuit verschillende invalshoeken te onderbouwen. Het onderzoek is begeleid door een hiervoor ingestelde commissie, bestaande uit vertegenwoordigers van genoemde ministeries en wetenschappelijke onderzoekers. Het secretariaat berustte bij het Studie- en Infor-

matiecentrum TNO voor Milieu-onderzoek. De verschillende beherende instanties van het onderzoeksgebied hebben medewerking verleend door hun terreinen voor het onderzoek open te stellen.

De begeleidingscommissie

november 1979

# Verantwoording

Het onderzoeksproject 'Nederlandse Duinvalleien' is uitgevoerd onder begeleiding van een hiertoe ingestelde commissie en is tot stand gekomen op initiatief van de Commissie TNO voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer. Het secretariaat van de begeleidingscommissie is gevoerd door het Studie- en Informatiecentrum TNO voor Milieu-onderzoek. Het financiële beheer berustte bij de Centrale Organisatie TNO. Het onderzoeksteam kon worden gehuisvest in het Gorleauslaboratorium van de Rijksuniversiteit Leiden. De ministeries van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, Landbouw en Visserij en Volksuisvesting en Ruimtelijke Ordening en de Landelijke Stuurgroep Onderzoek Milieuhygiëne hebben het onderzoek en de uitgave van deze publikatie financieel mogelijk gemaakt.

Deze publikatie vormt een op beleidsvraagstukken afgestemde samenvatting van het onderzoeksverslag en dient als de officiële rapportering te worden beschouwd.

Het onderzoeksverslag bestaat uit een basisrapport en 16 deelrapporten over de onderscheiden gebieden, inclusief kaarten van geomorfologie, hydrologie en vegetatie (schaal 1 : 25 000). Deze zijn te bestellen bij het S.C.M.O., Postbus 186, 2600 AD Delft.

Door vele instellingen en personen is medewerking verleend aan dit onderzoek, zowel in de vorm van adviezen en inlichtingen, als in de vorm van openstelling van terreinen. Het is ondoenlijk allen hier met name te noemen. De auteurs moeten dan ook volstaan met een algemeen woord van dank aan een ieder die, op welke wijze dan ook, heeft bijgedragen tot de totstandkoming van deze publikatie.

Een bijzonder woord van dank willen de auteurs op deze plaats evenwel nog richten tot de teamleden C. ten Haaf, D.M. Hoek en J.A.M. Stevens. Deze publikatie kon slechts tot stand komen dankzij de nauwe samenwerking binnen een hecht team van medewerkers, waarin de inbreng van ieder van de leden van wezenlijk belang was. Deze publikatie moet dan ook gezien worden als het resultaat van de collectieve inspanning van zes personen.

Tenslotte willen de onderzoekers op deze plaats ook gaarne de heer G. Londo bedanken voor zijn belangrijke suggesties en raadgevingen en zijn werkzaamheden als coördinator bij de uitgave van deze publikatie.

## ***Samenstelling onderzoeksteam***

Ir. T.W.M. Bakker (hydroloog)

C. ten Haaf (vegetatiekundig en floristisch medewerker)

D.M. Hoek (landschapsecologisch en vegetatiekundig medewerker)

Drs. J.A. Klijn (fysisch-geograaf)

Ing. J.A.M. Stevens (hydrologisch en fysisch-geografisch medewerker)

Ir. F.J. van Zadelhoff (vegetatiekundige, projectleider)

## ***Samenstelling begeleidingscommissie***

Ir. J.C.A.M. Bervaes (na januari 1979), Ministerie van Landbouw en Visserij  
Dr. J. van Donselaar, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening  
Dr. L.F. Ernst, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen (wetenschappelijk begeleider)  
Drs. H.C. Greven, Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk  
Ing. J. ter Hoeve (+), Ministerie van Landbouw en Visserij  
Mej. C.G. Korteweg, Centrale Organisatie TNO te 's-Gravenhage (financieel beheer)  
Dr. G. Londo, Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum (wetenschappelijk begeleider, coördinator eindrapport)  
Prof. Dr. G.C. Maarleveld, Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam (wetenschappelijk begeleider)  
Mevr. Ir. H.A. Meester-Broertjes, Studie- en Informatiecentrum TNO voor Milieu-Onderzoek te Delft (secretaris tot 24/1/1979)  
Drs A.C. Smaal, Studie- en Informatiecentrum TNO voor Milieu-Onderzoek te Delft (secretaris na 24/1/1979)  
Dr. J.G. Wessels Boer, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (voorzitter begeleidingscommissie)

## ***Illustraties***

Tekeningen: C. ten Haaf, D.M. Hoek, J.A.M. Stevens, Mej. O. de Vré (figuren 2.5)  
Foto's : C. ten Haaf  
KLM Aerocarto  
D. van der Laan

# Inhoud

*Woord vooraf*

*Verantwoording*

1	<i>Inleiding</i>	1
1.1	Ten Geleide	1
1.2	Het duingebied, een eerste verkenning	3
1.2.1	De Nederlandse duinen in nationaal en noordwest Europees verband	3
1.2.2	Duinen en duinvalleien in enkele dwarsdoorsneden	6
1.3	Het 'Duinvalleienproject', doelstellingen en methodieken	8
1.3.1	Doelstellingen	8
1.3.2	Uitgangspunten bij een landschapsecologisch onderzoek	9
1.3.3	De toepassing van een hiërarchisch model	10
1.3.4	Werkwijze van het 'Duinvalleienproject'	11
2	<i>Karakterisering van het duingebied</i>	13
2.1	Inleiding	13
2.2	Klimaat	14
2.2.1	Klimaat en duinvorming	14
2.2.2	Klimaatsschommelingen in het verleden	14
2.2.3	Karakterisering van het Nederlandse kustklimaat	15
2.2.4	Het microklimaat in de duinen	18
2.2.5	Het microklimaat in duinvalleien	19
2.2.6	De invloed van de mens op het klimaat	20
2.3	Kustontwikkeling	20
2.3.1	Algemeen	21
2.3.2	Holocene kustontwikkeling	21
2.3.3	Kustprocessen en kustvormen	23
2.3.4	Invloeden van kustverdediging en kustwerken	28
2.3.5	De verlegging van de duinvoet in de laatste eeuw	30
2.4	Geologie	31
2.4.1	Algemeen	31
2.4.2	Het Pleistoceen	32
2.4.3	Het Holoceen	32
2.4.4	Strandwallen en Oude Duinen	36
2.4.5	De Jonge Duinen	37
2.4.6	Het materiaal van de Jonge Duinen	38

2.5	Geomorfologie	39
2.5.1	Algemeen	39
2.5.2	Duinvormende factoren	40
2.5.3	Primaire duinvorming: duinvorming bij aangroekusten	41
2.5.4	Secundaire duinvorming	44
2.5.5	Complexe genese	48
2.5.6	Invloeden van de mens	49
2.5.7	Toelichting bij de geomorfologische facetkaart 1: 100 000	50
2.6	Hydrologie	52
2.6.1	Algemeen	52
2.6.2	Het 'zoete' grondwater in de duinen	53
2.6.3	Factoren die van invloed zijn op het grondwaterregiem	56
2.6.4	De kwaliteit van het natuurlijke 'zoete' grondwater in de duinen	58
2.6.5	Het grondwaterregiem in de duinen, speciaal met betrekking tot de valleien	59
2.6.6	Oorzaken van grondwaterstandsvaling	62
2.6.7	De invloed van waterwinning en infiltratie op het duinmilieu	68
2.6.8	Bespreking hydrologische facetkaart	70
2.7	Bodem	71
2.7.1	Algemeen	71
2.7.2	Productie en omzetting van organische stof	73
2.7.3	Ontkalking	74
2.7.4	Invloeden van de mens op de bodem	75
2.7.5	Bodemvorming in ruimte en tijd	76
2.8	Vegetatie	78
2.8.1	Inleiding	78
2.8.2	Het Nederlandse duingebied als groeiplaats voor planten	79
2.8.3	De vegetatie van het duingebied in heden en verleden	83
2.8.4	Vegetaties van de droge duinen	84
2.8.5	Vegetaties van de verdroogde valleien	85
2.8.6	Vegetaties van de vochtige valleien	86
2.8.7	Vegetaties van de natte valleien en oevervegetaties van duinmeren	89
2.8.8	Vegetaties van vochtige terreinen langs de binnenduinrand	89
2.8.9	Onder sterke invloed van de mens tot stand gekomen vegetaties	90
2.8.10	Bespreking vegetatiekundige facetkaart	91
2.9	Indeling in landschapstypen: toelichting bij de landschapsecologische kaart 1: 100 000 (bijlage 7)	91
2.9.1	Algemeen	91
2.9.2	Achtergronden en criteria bij de legenda-opbouw	92
2.9.3	De legenda-opbouw, keuze van kleuren, rasters en symbolen	94
2.9.4	Bruikbaarheid en beperkingen van de kaart	95
2.9.5	Bespreking van de landschapsecologische kaart	95

3	<i>Veranderingsprocessen, hun oorzaken en gevolgen</i>	98
3.1	Inleiding	98
3.2	Veranderingsprocessen, algemeen	98
3.3	Veranderingen sinds 1850	100
3.3.1	Kustafslag	102
3.3.2	Gesloten bebouwing, industrievestiging en vuilstorten	105
3.3.3	Aanleg en gebruik van wegen, parkeerterreinen, leidingen en voorzieningen ten behoeve van gas- en olieboringen	105
3.3.4	Infiltratie	106
3.3.5	Open bebouwing en campings	108
3.3.6	Ophogingen	108
3.3.7	Agrarische ontginningen in cultuur	108
3.3.8	Agrarische ontginningen, verlaten of in natuurbeheer	109
3.3.9	Afgravingen	110
3.3.10	Verontreiniging van bodem en grondwater	110
3.3.11	Bebossing	110
3.3.12	Grondwaterstandsaling	112
3.3.13	Aanleg en gebruik van golfbanen	116
3.3.14	Kustaangroei	116
3.3.15	Recreatie	116
3.4	Bespreking van de veranderingenkaart	117
4	<i>Mogelijkheden voor behoud, herstel en nieuwvorming van vochtige duinvalleimilieus</i>	119
4.1	Inleiding	119
4.2	Uitwendig beheer	120
4.3	Inwendig beheer	123
4.3.1	Algemeen	123
4.3.2	Beweiding	124
4.3.3	Maaien	124
4.3.4	Afplaggen	125
4.3.5	Controleren van de vegetatieontwikkeling ten behoeve van het inwendige en uitwendige beheer	126
4.4	Herstel van duinterreinen	128
4.4.1	Gesloten bebouwing, industrievestiging, vuilstortplaatsen	129
4.4.2	Infiltratiegebieden	129
4.4.3	Wegen, parkeerplaatsen, leidingen, voorzieningen ten behoeve van gas- en oliewinning en open bebouwing	130
4.4.4	Opgehoogde terreinen	130
4.4.5	Agrarische ontginningen, in cultuur of verlaten	130
4.4.6	Beboste terreinen	131
4.4.7	Verdroogde terreinen	131
4.5	Creëren van nieuwe vochtige duinvalleien	132
4.5.1	Uitstuiving	132
4.5.2	Uitgraven	133

4.6	Vorming van nieuw duinterrein met primaire valleien	134
5	<i>Enige opmerkingen over de voornemens ten aanzien van de waterwinning in de duinen</i>	136
5.1	Inleiding	136
5.2	De geplande ontwikkeling op de Waddeneilanden en in de vastelandsduinen ten noorden van Castricum	136
5.3	De geplande ontwikkeling in de vastelandsduinen tussen Castricum en Monster	137
5.4	De geplande ontwikkeling in het duingebied ten zuiden van Monster	137
5.5	Beoordeling van de geplande ontwikkeling	140
6	<i>Conclusies en aanbevelingen</i>	142
6.1	Algemeen	142
6.2	Conclusies	142
6.3	Aanbevelingen ten behoeve van beleid en beheer	145
6.4	Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek	147
	<i>Bijlage 1A Effecten van natuurlijke veranderingsprocessen</i>	149
	Ten geleide	149
	Inhoud bijlage 1A	150
	<i>Bijlage 1B Effecten van menselijke activiteiten</i>	165
	Ten geleide	165
	Inhoud bijlage 1B	166
	<i>Bijlage 2 Veranderingen in het voorkomen van freatofyten in het Nederlandse duingebied (op basis van inventarisatiegegevens uit de periode 1850-1978)</i>	187
	Ten geleide	187
	Verklaring der tekens	188
	Gebiedsindeling	189
		189
	<i>Literatuur</i>	199
	<i>Losse kaartbijlagen</i>	
	Bijlage 3 Uitgebreide legenda bij de landschapsecologische kaart	
	Bijlage 4 Geomorfologische facetkaart	
	Bijlage 5 Hydrologische facetkaart	
	Bijlage 6 Vegetatiekundige facetkaart	
	Bijlage 7 Landschapsecologische kaart	
	Bijlage 8 Veranderingenkaart (ca. 1850 - ca. 1970)	

# 1 Inleiding

## 1.1 Ten geleide

Nog steeds vormen de Nederlandse duinen, die deel uitmaken van een slechts hier en daar onderbroken duinzone vanaf Calais (noord Frankrijk) tot Hirtshals (noord Denemarken), een uitgestrekt en rijk natuurgebied. Het behoud van de natuurlijke rijkdommen is een zaak van nationale en internationale betekenis. Dat dit op landelijk niveau wordt erkend, blijkt uit de prioriteit die aan het natuurbehoud in de duinen wordt toegekend in de Nota Landelijke Gebieden (3e Nota Ruimtelijke Ordening, 1974).

Ondanks een dergelijk besef vinden er in onze duinen nog steeds activiteiten plaats die een aanslag betekenen op de natuurlijke rijkdommen: landschap, planten en dieren. Dit houdt verband met het toelaten van allerlei activiteiten in het duingebied, die niet stroken met een optimaal natuurbehoud. De belangrijkste zijn activiteiten als industrievestiging, bebouwing, vuilstorten, de winning van het natuurlijke grondwater en het gebruik van terreinen voor de zuivering en opslag van geïnfiltreerd oppervlaktewater ten behoeve van de watervoorziening.

Dit betekent niet, dat de invloed van de mens op de duinen altijd als negatief beschouwd moet worden. Ook positieve effecten zijn bekend, in het bijzonder die ten gevolge van bepaalde vormen van vroegere agrarische cultuur, zoals extensieve beweiding, het maaien van valleien en het afplaggen van heide. Het wegvallen van deze invloeden heeft op veel plaatsen tot een verarming van de plantengroei geleid.

Het voorgaande geeft al enigszins aan dat men bij een op behoud van natuurlijke rijkdommen gericht beleid en beheer ten aanzien van het duingebied te maken heeft met problemen van complexe aard. Beleidsinstanties op nationaal, provinciaal of gemeentelijk niveau hebben te maken met het uitstippelen en laten uitvoeren van een beleid dat de prioriteit van het natuurbehoud erkent en in het licht daarvan de verenigbaarheid met andere functies moet afwegen. Beheersinstanties moeten zich met de daadwerkelijke uitvoering van het beleid en met het concrete terreinbeheer bezig houden. Beide categorieën, beleid en beheer, zijn gebaat bij een goed overzicht van de aanwezige rijkdommen, inzicht in het functioneren van een natuurlijk landschap en de gevolgen van activiteiten van de mens.

Om hierin te voorzien is het onderzoeksproject 'Nederlandse Duinvalleien' ingesteld, dat zich, zoals de naam aangeeft, vooral richt op de duinvalleien. Deze vormen een zeer soortenrijk, maar tevens zeer kwetsbaar milieutype, dat op vele plaatsen door infiltratie en waterwinning sterk is aangetast en ook in de toekomst daardoor nog wordt bedreigd. Het is tekenend, dat de directe aanleiding voor het 'Duinvalleienproject' werd gevormd door de plannen voor uitbreiding van de infiltratie en waterwinning in de duinen, zoals beschreven in het Structuurschema drink- en industriewatervoorziening (1972). De prognoses voor het toenemend waterverbruik zouden een aanzienlijke uitbreiding van infiltratiegebieden in de

duinen betekenen. De laatste ramingen in het Tienjarenplan (1978) spreken van een toename van de te winnen hoeveelheden water van 175 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in 1978 tot zo'n 275 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in 1990. De hoeveelheid infiltratiewater zou moeten toenemen van 145 tot 245 miljoen m<sup>3</sup>.

Het 'Duinvalleienproject' maakt historisch gezien deel uit van een reeks duinonderzoeken die elk de problematiek of waarde-oordelen van hun tijd weerspiegelen. Eeuwenlang vormden de duinen een bedreiging voor de landerijen door verstuingen. In Gevers (1826) werd echter gerapporteerd over 'het toegankelijk maken van de duinvalleien langs de kust van Holland', dit met de bedoeling duinvalleien in cultuur te brengen. Na de introductie van de waterwinning in de duinen, halverwege de vorige eeuw, signaleerde Vuyck (1898) de effecten van de verdroging voor de planten. Dit leidde mede tot het rapport van de commissie Goethart (1926), die de gevolgen van de wateronttrekking bestudeerde.

In 1940 werden de infiltratiewerken geïntroduceerd. De nadelige effecten op de plantengroei, bodem en het natuurlijk reliëf werden onder andere door Van der Werff (1973) en Londo (1966, 1975a) gesignaleerd. Een promotie-onderzoek naar de effecten van infiltratie op de plantengroei in de waterwingebieden door H.W.J. van Dijk is gaande.

Het 'Duinvalleienproject' is minder op die infiltratieproblematiek toegespitst en heeft een, in wetenschappelijk en geografisch opzicht, wat groter werkterrein. Het werkterrein is echter niet zo veelomvattend, dat allerlei maatschappelijke achtergronden of noodzaken van bijvoorbeeld waterconsumptie zijn onderzocht. Er mag niet worden vergeten dat dit ook één van de randvoorwaarden voor het behoud van duinvalleimilieus vormt. Het is zeer de vraag of het snel stijgende waterverbruik kan worden gezien als een onontkoombaar proces, waarnaar alle andere belangen (zoals het natuurbehoud) zich hebben te richten.

Het 'Duinvalleienproject' is er vooral op gericht geweest een overzicht te geven van het totale Nederlandse duingebied als samenhangend geheel. Daarnaast is het gericht op het aangeven van de veranderingen in het duingebied gedurende de laatste anderhalve eeuw en op het overbrengen van inzichten in het functioneren van het landschap. Al deze aspecten komen in het voor U liggende rapport aan de orde.

Allereerst zal in paragraaf 1.2 een korte introductie worden gegeven van het onderzochte gebied. Dit is gedaan om de plaats van het duingebied in nationaal en internationaal verband aan te geven en daarnaast om aan te geven dat het duingebied een samenhangend, complex geheel vormt met een specifiek karakter.

De bestudering van een dergelijk gebied vraagt, mede tegen de achtergrond van de hierboven kort geschetste problematiek vanwaaruit het 'Duinvalleienproject' is gestart, om een aparte onderzoeksmethodiek. Hierop wordt in paragraaf 1.3 nader ingegaan.

In hoofdstuk 2 wordt een karakterisering van het duingebied gegeven door middel van een afzonderlijke bespreking van een groot aantal facetten van het duingebied, waarbij de onderlinge samenhang van die facetten niet uit het oog wordt verloren. Van een drietal facetten (n.l. geomorfologie, hydrologie en vegetatie) zijn facetkaarten gemaakt. (schaal 1:100 000; bijlagen 4, 5, 6). Een synthese van de onderzoeksresultaten uit hoofdstuk 2 heeft plaatsgevonden in de vorm van een landschapsecologische kaart (schaal 1:100 000; bijlage 7 + legenda-uitleg; bijlage 3).

In hoofdstuk 3 wordt aandacht besteed aan de veranderingen die gedurende de afgelopen anderhalve eeuw in het duinlandschap hebben plaatsgevonden, aan de oorzaken van die veranderingen en aan de manier waarop zij zich hebben voltrokken. De belangrijkste veranderingen zijn op een kaart weergegeven (bijlage 8; schaal 1:100 000). De veranderingen die zijn opgetreden in de flora van de duinvalleien kunnen worden afgelezen uit bijlage 2.

Hoofdstuk 4 heeft betrekking op de mogelijkheden om ecologische kwaliteiten van het duingebied te behouden of te herstellen. Vooral in dit hoofdstuk komen veel aspecten naar voren die voor het beleid ten aanzien van het duingebied en voor het beheer ervan belangrijk zijn. Belangrijke aanvullende informatie bij dit hoofdstuk kan gevonden worden in bijlage 1.

Ook in hoofdstuk 5 komen beheers- en beleidsmatige aspecten aan de orde en wel speciaal met betrekking tot de toekomstplannen voor de drinkwatervoorziening in Nederland en de rol die daarbij is toegedacht aan het duingebied. Dit laatste hoofdstuk is toegevoegd, omdat de drinkwaterproblematiek een centrale rol heeft gespeeld in het onderzoek; het vormde zelfs de aanleiding ertoe!

De nadruk op functionele en beheerstechnische aspecten maken dat dit rapport een vrij technisch karakter heeft gekregen en niet mag worden gezien als een populaire beschrijving van de duinen. Er bestaan overigens zeer leesbare werken over de duinen zoals Westhoff et al. (1970) en Croin Michielsen (1974).

Het rapport en de kaarten zijn door de algemeenheid én de schaal niet geschikt voor een meer regionaal gericht gebruik in planning of beheer.

Voor de aparte gebieden wordt verwezen naar de kaarten op grotere schaal en naar de betreffende hoofdstukken in het veel uitgebreidere basisrapport waarin alle gegevens van het 'Duinvalleienproject' zijn neergelegd (zie hierover verder onder paragraaf 1.3.4).

Tenslotte wordt er met nadruk op gewezen dat, ondanks de vrij brede opzet van het onderzoek, aan de fauna vrijwel nergens aandacht kon worden besteed. Dit levert naar onze mening een ernstige hiaat op voor het geven van richtlijnen voor concreet beleid of beheer. Aanvullend onderzoek op dit gebied is gewenst.

## **1.2 Het duingebied, een eerste verkenning**

### *1.2.1 De Nederlandse duinen in nationaal en noordwest Europees verband*

De duinstreek vormt een duidelijk herkenbaar, samenhangend en in vele opzichten van andere delen van Nederland afwijkend gebied. Als zodanig kan zij als één der (hoofd)landschappen van ons land worden genoemd. Andere landschappen zijn bijvoorbeeld de schorren, de slikken en kwelders, de veen- en zeekleipolders, het rivierenlandschap, het grondmorene- en stuwwallenlandschap en het löss- en krijtlandschap. De duinstreek is zonder twijfel één der gaafste landschappen van Nederland. Afgezien van de nog resterende kwelders, schorren, slikken en wadden en de uiterwaarden langs de rivieren zijn de meeste landschappen zodanig door de 'voortgang overspoeld', dat de combinatie van een oorspronkelijk reliëf en natuurlijke vegetatie daar nog slechts in relatief kleine enclaves terug is te vinden.

Een aantal oorzaken heeft het gebied der Jonge Duinen (ontstaan na 1100 à 1200) tot

voor kort van belangrijke ingrepen door de mens gevrijwaard. Tot in de 17e eeuw was het een onrendabel en vanwege de vele verstuingen zelfs vijandig gebied. Van enige zorg voor de duinen was slechts sprake bij overstuivingsgevaar of waar het directe belang van een solide zeekering gold. Voor het overige was het eeuwenlang een marginaal gebied, waar men vee weidde, hout kapte of het jachtbedrijf uitoefende. Vanaf de 17e eeuw werden er duinvalleien ontgonnen, echter zonder veel opbrengst aan de boeren te leveren.

Hoewel het landbouwbedrijf nooit een grote vlucht heeft genomen (vooral door de slechte geschiktheid van het duingebied voor intensieve landbouw), vormde het landbouwkundig gebruik van de duinen tot het midden van de 19e eeuw de belangrijkste functie van dit gebied. Nadien werd het landbouwbedrijf teruggedrongen door economische veranderingen en doordat prioriteit werd gegeven aan de zeeeringsfunctie van het duingebied en haar functie als winplaats voor drinkwater. Vooral na de 2e Wereldoorlog kwam daar de functie als recreatiegebied bij.

De veranderingen in menselijke beïnvloeding ten gevolge van de wijzigingen in de functie van het duingebied hebben weliswaar geleid tot een achteruitgang in ecologische kwaliteit van het duinlandschap, maar deze achteruitgang is veel geringer geweest dan die in andere landschappen elders in ons land.

Na deze verkenning binnen Nederland is een korte aanduiding van de plaats van onze duinen in noordwest Europees verband gewenst. Geografisch gezien maken zij deel uit van een lange, maar zeer smalle duinstrook vanaf Calais (noord Frankrijk) tot aan de noordpunt van Denemarken. Ook in Groot-Brittannië zijn zowel aan de west- als de oostkust duingebieden te vinden. Het is een hachelijke zaak om zonder vergelijkend onderzoek een waardering van onze duinen in internationaal verband te geven. Wel kan worden gesteld, dat de Nederlandse duinen een relatief groot gebied beslaan en verhoudingsgewijs vrij ongestoord zijn.

Wat betreft de buitenlandse duingebieden kan gesteld worden, dat vooral het vrij smalle duingebied van België en noord Frankrijk sterk is aangetast door vergraving en bebouwing. Ook de kalkarme duingebieden op de Duitse en Deense waddeneilanden en op Jutland zijn op grote schaal aangetast door o.a. bebouwing, verdroging en bebossing. Alleen van de vrij kleine Engelse duingebieden, vooral die langs de westkust, kan gezegd worden dat zij in het algemeen minder aangetast zijn dan de Nederlandse duinen.

Het belang van het Nederlandse duingebied ten opzichte van andere noordwest Europese duingebieden komt enigermate naar voren in het in tabel 1 gegeven (incomplete) overzicht, waarin een aantal voor flora en fauna belangrijke eigenschappen van duingebieden zijn opgenomen.

Dat de Nederlandse duinstrook ook in faunistisch opzicht van meer dan nationale betekenis is, wordt enigszins geïllustreerd door het feit dat de duinstrook een belangrijke schakel vormt in de vogeltrekroutes en plaats biedt aan tal van broedvogels, waaronder zeer veel soorten zangvogels en verschillende soorten zeldzame roofvogels. In het onderhavige onderzoek kon echter geen aandacht aan de fauna worden besteed.

Tabel 1. Overzicht van de ecologische kwaliteiten van de verschillende duingebieden in west en noordwest Europa. (Naar Adriani & van der Maarel, 1968).



1 Duinkerken-De Panne	KZv	16 Juist	kzVS
2 Het Zwin	kvS	17 Norderney	kzVS
3 Walcheren	kzv	18 Langeoog	kzVS
4 Schouwen	kzVS	19 Spiekeroog	zVS
5 Goeree	kzVS	20 Amrum	ZVS
6 Voorne	KZVMS	21 Sylt	zVS
7 Den Haag-Haarlem	KZvm	22 Rømø	ZVS
8 Kennemerduinen	KZvm	23 Eiderstedt	Zvs
9 Noord-Hollands Duinreservaat	KZvm	24 Skallingen	kZvS
10 Texel	kZVms	25 Tvaerstad-Skagen	KZVs
11 Vlieland	ZVS	26 Culbin Sands	Zvs
12 Terschelling	ZVmS	27 Sands of Forvie	kZvms
13 Ameland	ZVmS	28 Tentsmuir Dunes	ZVS
14 Schiermonnikoog	kZVS	29 Blakeney Point-Scolt Head	ZVS
15 Borkum	kZvS	30 Winterton Dunes	Zvs

Per gebied zijn de volgende kenmerken aangegeven:

K Primair kalkrijk	k primair enigszins kalkrijk
Z gedetailleerde zonering	z geringe zonering
V omvangrijke duinvalleien	v weinig omvangrijke duinvalleien
M grote duinmeren	m kleine duinmeren
S omvangrijke schorren in contact met het duingebied	s weinig omvangrijke schorren

Wanneer een bepaald kenmerk ontbreekt is niets vermeld.

1.2.2 Duinen en duinvalleien in enkele dwarsdoorsneden

Waarom de duinen in ecologisch opzicht zo'n rijk gebied vormen is een zaak die in dit rapport, en zeker in deze inleidende paragrafen, slechts globaal aan de orde kan komen. Niettemin valt veel te verduidelijken aan de hand van een aantal dwarsdoorsneden. De duinstrook vormt in zijn geheel een relatief hooggelegen, reliëfrijk zandmassief met een voedselarme bodem en een relatief zelfstandig functionerende waterhuishouding die via de neerslag wordt gevoed met voedselarm water. Het afstromen van grondwater in zijdelingse richting betekent tevens een buffering tegen zoutinvloeden vanuit zee en tegen vervuiling vanuit aangrenzende gebieden. Daardoor hebben grote delen van het dungebied, ondanks de nabijheid van het voedselrijke en sterk door de mens beïnvloede polderland, hun oligotrofe karakter weten te bewaren. De geschetste situatie wordt weergegeven in figuur 1.

In een tweede, wat meer gedetailleerde doorsnede wordt een aantal andere aspecten aangegeven die met de zonering van de duinen verband houden. De meeste duinen kennen een zonering evenwijdig aan de kust met van zee landinwaarts een toenemende ouderdom. Dit betekent dat in het algemeen de bodems meer landinwaarts ouder, humusrijker en in sterkere mate ontkalkt zijn. De vegetatie vertoont in samenhang daarmee een zonering die vanaf de kust naar de binnenduinrand een overgang van pioniersoorten naar bossen kan vertonen (fig. 2). Een en ander houdt dus een macrodifferentiatie in.

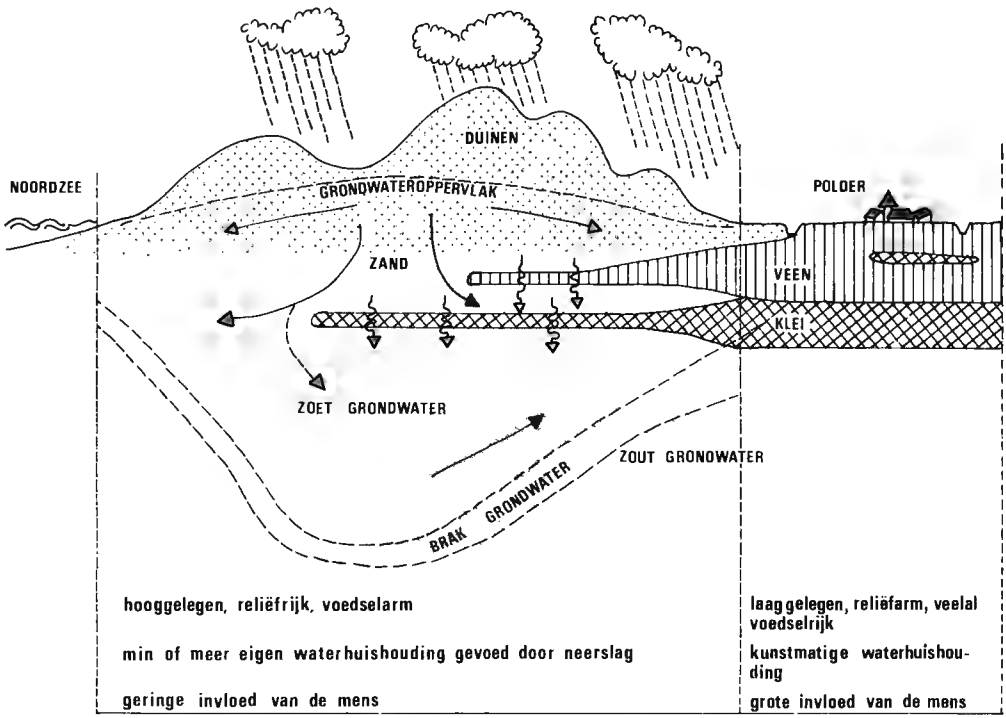


Fig. 1. Globaal overzicht van de verschillen tussen de duinen en het achterliggende polderland qua geologische gesteldheid, reliëf, grondwaterhuishouding en invloed van de mens.

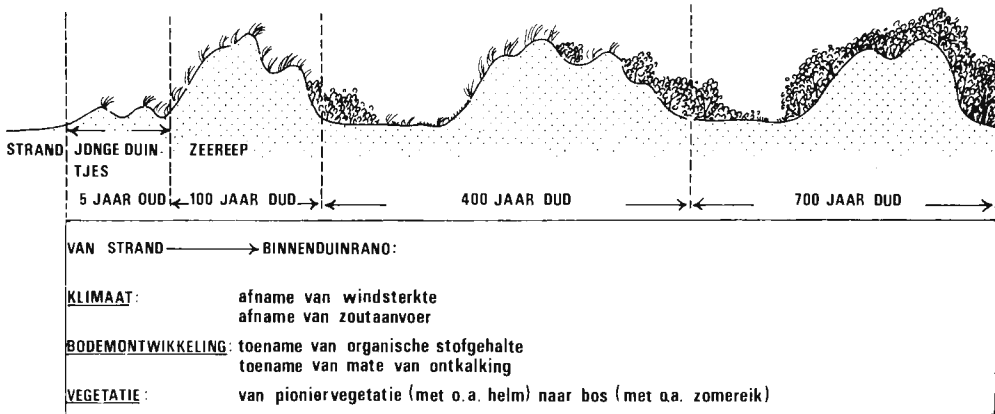


Fig. 2. Globaal overzicht van de zonerings in de duinen van strand tot binnenduinrand met betrekking tot klimaat, bodemontwikkeling en vegetatie.

Figuur 3 geeft een duinvallei met de omringende duinhellingen weer. Het valleimilieu wijkt sterk af van de aangrenzende hellingen: het valleiooppervlak ligt van nature nabij het grondwater, soms zijn er zelfs plassen aanwezig, de duinhellingen zijn droog. Het valleimilieu kent bodemkundig en wat vochtuithouding betreft allerlei verschillen, die samenhangen met kleine hoogteverschillen. Vooral de geleidelijke overgangen (gradiënten) leveren een gevarieerde situatie op, die in soortenrijke vegetaties wordt weerspiegeld.

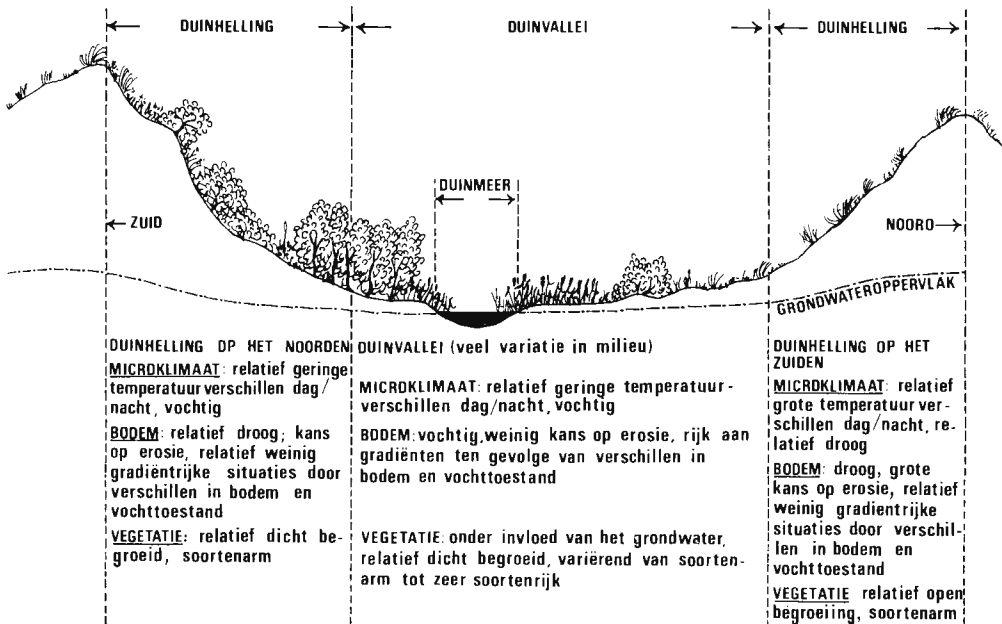


Fig. 3. Globaal overzicht van microklimaat, bodem en vegetatie in een vochtige duinvallei en op de omringende duinhellingen.

De droge hellingen zijn in dit opzicht minder gevarieerd. De planten staan daar niet in contact met het grondwater en de bodem is onder droge omstandigheden gevormd. Er zijn echter wel duidelijke verschillen in noord- en zuidhelling, zowel wat bodemgesteldheid als wat begroeiing betreft, tengevolge van een verschil in microklimaat. De hellingen die op het zuiden zijn gericht hebben een veel warmer en droger microklimaat dan de noordhellingen.

### **1.3 Het 'Duinvalleienproject', doelstellingen en methodieken**

#### *1.3.1 Doelstellingen*

In het kader van de in paragraaf 1.1 aangeduide problematiek is ten aanzien van het 'Duinvalleienproject' een aantal doelstellingen voor het onderzoek geformuleerd. Deze worden hier onverkort weergegeven:

1. Het verschaffen van een totaal-overzicht van eertijds en thans nog aanwezige vochtige duinvalleien<sup>1</sup> 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 der valleien voor de onder 2 genoemde aspecten.
4. Inventarisatie en evaluatie van beheersmaatregelen in heden en verleden met betrekking tot duin(vallei)milieus, zowel voor het inwendig als het uitwendig beheer.
5. Aangeven van het optimaal beheer van de vochtige duinvalleien ten behoeve van 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 een optimale ecologische en geomorfologische variatie, beoordelen van de gevolgen van huidige en toekomstige maatschappelijke activiteiten, zoals winning van delfstoffen (o.a. water), recreatie, bosbouw, etc.

Gezien de doelstellingen van het duinvalleienproject en de bezetting ervan (1 geomorfoloog, 1 hydroloog en 1 vegetatiekundige, ieder geassisteerd door een middelbare medewerker) werden de werkmethodes van de disciplines sterk op elkaar afgestemd en alle geplaatst binnen het kader van één algemene werkmethode op basis van landschapsecologische uitgangspunten. We zullen nu iets dieper op deze landschapsecologische uitgangspunten ingaan.

1. Met vochtige valleien worden, wanneer het woord in zijn algemene betekenis gebruikt wordt, al die valleien bedoeld waar de invloed van het grondwater merkbaar is in de kruidlaag van de vegetatie. Dit zijn alle valleien van weinig vochtig tot zeer nat en tevens de duinmeren.

### 1.3.2 *Uitgangspunten bij een landschapsecologisch onderzoek*

Allereerst dient te worden vastgesteld, dat het landschap bij een landschapsecologisch onderzoek als een functioneel geheel wordt benaderd. Anders gezegd: het landschap wordt bekeken als een systeem ofwel 'een stelsel van samenstellende onderdelen en de relaties daartussen'. Inzicht in het functioneren van een landschap vergt vooral kennis van de aard van de relaties. Een landschap is een uiterst ingewikkeld systeem met talloze componenten en bijbehorende relaties. Wat de componenten of samenstellende onderdelen en hun invloeden betreft, is het gebruikelijk een onderscheid te maken in hoofdgroepen. Op die wijze kan het (duin)landschap worden opgesplitst in abiotische of niet-levende componenten, te weten het klimaat, gesteente, reliëf, (grond)water en bodem en in biotische of levende componenten, waartoe de planten, dieren en mensen zijn te rekenen. Al deze factoren verkeren in wisselwerking met elkaar. Zo'n systeem van levende en niet-levende 'natuur' is een ecosysteem. De ecosysteembenadering bij landschapsonderzoek is in de laatste decennia in buiten- en binnenland sterk in opkomst. Er blijken goede toepassingsmogelijkheden aanwezig te zijn voor ruimtelijke ordening en natuurbeheer.

Dit rapport heeft, gezien de schaal van werken, betrekking op wat wel een landschapelijk ecosysteem genoemd wordt. In elk ecosysteem zijn drie facetten te onderscheiden: de materialen, waaruit het is opgebouwd (b.v. lucht, zand, water, biomassa, etc.), de wijze waarop deze ruimtelijk zijn verdeeld (de ruimtelijke ordening of structuur) en tenslotte de processen, die in het systeem werken en die in feite de relaties of onderlinge invloeden tussen de componenten bepalen. Dit kan aan de hand van het volgende voorbeeld worden toegelicht. Duinen bestaan hoofdzakelijk uit zand (materiaal), waarin door verstuivingen (proces) een ruimtelijke ordening is aangebracht in de vorm van duinruggen en duinvalleien (structuur).

Van de drie onderscheiden facetten: materiaal, structuur en processen zijn het de laatste, die bepalend zijn voor het instandhouden van de evenwichtstoestand in een landschap of juist voor veranderingen daarin. Als in dit verband het betoog op de werking der processen wordt toegespitst, kunnen er in een landschap in ieder geval twee soorten van processen of combinaties daarvan worden onderscheiden: de 'evenwichtsprocessen' en de 'veranderingsprocessen'. Bij de eerste categorie geldt dat twee (of meer) tegengestelde processen elkaar in evenwicht houden. Als voorbeeld kan dienen dat de aanvoer van een neerslagoverschot naar het grondwater bij gelijkblijvende condities in evenwicht komt met de verdamping en de afvoer via (grond)waterstromingen. Een ander voorbeeld: langs de kust kunnen de aanvoer en de afvoer van zand elkaar in evenwicht houden. In zulke gevallen spreekt men van dynamische evenwichten. Dergelijke situaties zijn, zeker op de lange duur, vrij zeldzaam. In de regel overheerst het ene proces over het andere en leidt daarmee tot een verandering en eventueel later tot een nieuw dynamisch evenwicht. Zo kan de zandafvoer de aanvoer overtreffen en tot kustafslag leiden: een natuurlijk veranderingsproces. Ook de mens kan natuurlijke veranderingsprocessen veroorzaken (of beïnvloeden); daarnaast zijn er nog veranderingen die alleen door de mens teweeggebracht kunnen worden. Te denken valt aan de aanleg van wegen en de bouw van huizen. Deze puur menselijke activiteiten kunnen echter wel weer natuurlijke veranderingsprocessen beïnvloeden of op gang brengen.

Vooraf de natuurlijke veranderingsprocessen, zowel die ten gevolge van natuurlijke als

die ten gevolge van onnatuurlijke oorzaken, zijn interessant voor de landschapsecoloog. Deze zal proberen de aanwezigheid en de geaardheid (eventueel kwetsbaarheid) van evenwichts-situaties in het landschap te doorzien en de effecten van veranderingsprocessen te beschrijven en te voorspellen. Juist in dat laatste aspect ligt de bruikbaarheid van landschaps-ecologisch onderzoek voor het natuurbehoud en -beheer.

### 1.3.3 De toepassing van een hiërarchisch model

In paragraaf 1.3.2 werd de benadering van het landschap als ecosysteem bij onderzoek ten dienste van natuurbeheer en -behoud belicht. De natuur is echter een uiterst gecompliceerd en moeilijk te doorgronden geheel. Het verzamelen, verwerken en hanteerbaar maken van gegevens van allerlei aard vereist een voortdurende selectie, ordening en afweging van de gegevens door de onderzoekers. Er is in dit rapport naar gestreefd om de gegevens met betrekking tot de 'statische' landschapscomponenten, hun onderlinge relaties en de werkzame processen in het landschap te ordenen volgens een vast stramien, dat berust op een theoretisch juist en in de praktijk bruikbaar model. Deze methodiek, die o.a. is geïnspireerd op de uitgangspunten van de Samenvatting globaal ecologisch model (1977), berust op het dominantieprincipe. In het kort komt het hier op neer, dat er bij relaties tussen landschapscomponenten (b.v. planten en dieren) weliswaar sprake is van wederzijdse beïnvloeding, maar dat deze invloeden in de regel van ongelijke grootte of belang zijn.

Deze ongelijkheid is bruikbaar voor het aanbrengen van een hiërarchische ordening ofwel de groepering van componenten naar belangrijkheid. De achterliggende theorie is verder uitgewerkt in het basisrapport. In dit bestek volstaan wij met een enkel voorbeeld: planten en dieren beïnvloeden elkaar. Dieren zijn echter naar bestaansmogelijkheid (voedsel!) en bijgevolg naar soortensamenstelling en -aantal sterker afhankelijk van planten dan omgekeerd. Dat dieren op de plantengroei echter ook uiterst belangrijke invloeden uitoefenen, blijkt o.a. uit de afbraak van plantenresten door de bodemfauna, die daarbij weer voedingsstoffen aan de plant levert. Niettegenstaande de wederkerigheid in deze relaties is de mate van afhankelijkheid ongelijk van grootte. In termen van relatie: planten domineren over dieren. In symbolen: planten → dieren.

Het dominantieprincipe is consequent toegepast bij de ordening van landschapscomponenten en de processen en dit heeft uiteindelijk geleid tot een rangorde- of hiërarchisch model (figuur 4). Daarbij zijn een aantal niveaus onderscheiden met van boven naar onder een afnemende dominantie. Er zijn drie kolommen aangebracht: de middenkolom geeft de materiële en structurele aspecten aan (de landschapscomponenten), terwijl de natuurlijke oorzaken van veranderingsprocessen links zijn aangegeven en de invloeden van de mens op het landschap en de natuurlijke veranderingsprocessen rechts.

De verticale dikke en dunne pijlen symboliseren de belangrijkheid van de invloeden tussen de verschillende niveaus. In principe beïnvloeden alle niveaus elkaar. Dit gebeurt ofwel direct, ofwel indirect via 'tussengelegen' niveaus. De van boven naar onder wijzende dikke pijl geeft aan dat veranderingen op een hoog niveau (b.v. klimaat) zeer sterk kunnen doorwerken op alle lagere niveaus. Dat neemt niet weg dat ook de omgekeerde weg wordt afgelegd: de invloed van konijnen in de duinen beperkt zich niet tot het gras, maar kan indirect ook de bodem of de grondwaterstand beïnvloeden, zij het meestal in beperkte

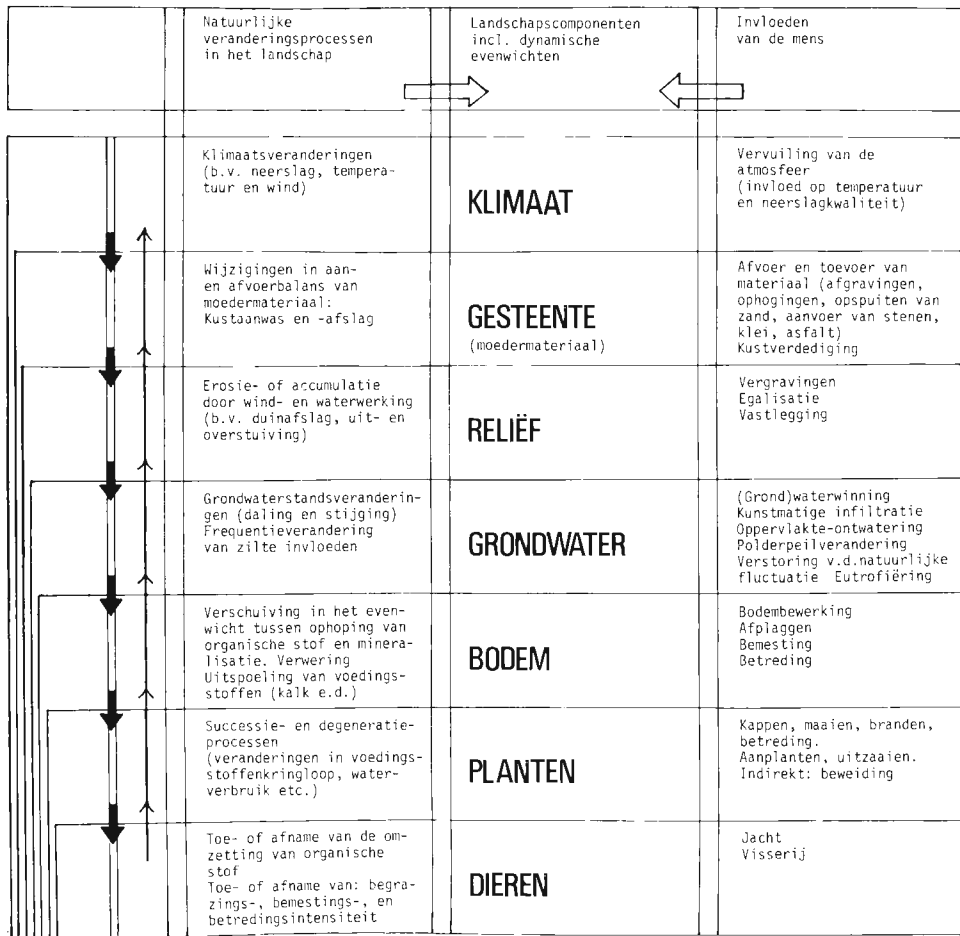


Fig. 4. Uitgebreid rangordemodell van het duinlandschap.

mate. In het model zijn de belangrijkste factoren voor het duingebied en het duinbeheer opgenomen. Het verklaart tevens voor een deel de benadering van de onderzoeksthema's, de opbouw van het rapport en de wijze van integratie in tekst en kaarten. Het 'rangordemodell' wordt tevens in een vereenvoudigde vorm herhaald als vignett bij de paragrafen van hoofdstuk 2, dit om aan te geven op welk niveau de component thuishoort die aan de orde is.

#### 1.3.4 Werkwijze van het 'Duinvalleienproject'

Het 'Duinvalleienproject' heeft gepoogd aan de doelstellingen te voldoen in de beperkte tijd van 2¼ jaar. Een werkelijk landschapsecologische aanpak laat niet toe bepaalde delen van een samenhangend landschap te veronachtzamen of onderwerpen buiten beschouwing te laten, die niet met name in de doelstellingen zijn genoemd, maar toch van belang zijn. Bijgevolg is het gehele gebied van de Jonge Duinen bekeken en is ruime aandacht besteed aan aspecten als klimaat, geologie, kunstontwikkeling en dergelijke. Desalniettemin is de

nadruk blijven liggen op wat wel de 'master-factoren' in de duinen worden genoemd: reliëf, grondwater en plantengroei. Dit blijkt uit de facetten die gekarteerd zijn: geomorfologie, hydrologie en vegetatie. Karteringen hebben vooral tot doel het huidige patroon vast te leggen. Aan de hand daarvan en tezamen met historische en andere gegevens, kan tevens enig inzicht worden verkregen in de processen die in het landschap optreden of zijn opgetreden. Patronen hebben namelijk vaak een grote indicatiewaarde, waardoor het mogelijk wordt in korte tijd iets over het optreden of ontbreken van processen te weten te komen, zonder dat daarvoor langjarige en tijdrovende studies nodig zijn. Met name de vegetatiepatronen zijn zeer indicatief voor de meer actuele processen in het terrein. Niettemin zijn in veel gevallen aanvullende processtudies noodzakelijk voor een meer gedegen landschapsecologische kartering. De tijdsruimte die het 'Duinvalleienproject' ten dienste stond, liet dit soort studies nauwelijks toe. Dit houdt in dat de landschapsecologische kaart, waarbij landstypen zijn onderscheiden op geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige basis, vooral op patroonstudies berust en te weinig op processtudies, die de relaties tussen de landschapscomponenten kunnen verifiëren en kwantificeren.

De karteringen en inventarisaties hebben, met een uitgebreide literatuurstudie, de hoofdmoot van het onderzoek gevormd. De basiskarteringen, uitgevoerd op schaal 1:25 000, hadden betrekking op de geomorfologische, hydrologische en vegetatiekundige gesteldheid. Luchtfoto's vormden een belangrijk hulpmiddel. De flora der valleien is uitgebreid geïnventariseerd en op streeplijsten vastgelegd. Alleen hogere planten, varens, paardestaarten en wolfsklauwachtigen zijn geïnventariseerd; mossen, korstmossen en dergelijke zijn noodgedwongen buiten beschouwing gelaten. Voorts moet worden opgemerkt, dat het niet mogelijk was de waterplanten van duinmeren te inventariseren. Het bodemkundig onderzoek in de valleien had vooral een aanvullend karakter.

De basiskaarten en bijbehorende teksten (deelrapporten) corresponderen met een indeling van de Nederlandse duinen in 16 deelgebieden. In de deelrapporten is derhalve alleen regionale informatie te vinden. Deze regionale beschrijvingen, kaarten en de algemene hoofdstukken over bijvoorbeeld methodieken, klimaat, geologie en overige onderwerpen vormen tezamen het basisrapport. Dit is de basis waarop het voor U liggende eindrapport rust. Tevens dient het als verantwoording daarvan. Het basisrapport is op diverse plaatsen ter inzage of te leen, zoals het Studie- en Informatiecentrum TNO voor Milieuonderzoek te Delft, het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum en de universiteitsbibliotheken.

Het samenvattend eindrapport, dat U hier voor zich heeft, is slechts ten dele een gecomprimeerde versie van het basisrapport. Het accent is gelegd op de integratie der gegevens, op het geven van een 'overzicht' en op de hanteerbaarheid voor beleid en beheer. Regionale beschrijvingen zoals die in het basisrapport voorkomen zijn niet opgenomen. Ook voor een uitgebreide bronnenvermelding moet naar het basisrapport verwezen worden. In dit samenvattend eindrapport zijn slechts de meest relevante titels opgenomen.

## 2 Karakterisering van het duingebied

### 2.1 Inleiding

Landschapsecologische studies als deze richten zich -zoals in hoofdstuk 1 uiteen-gezet- op het landschap als samenhangend geheel. Toch kan er ook in dit geval niet worden ontkomen aan een analytisch gedeelte, waarin de landschapscomponenten min of meer afzonderlijk worden besproken. Het is namelijk, zowel voor de onderzoeker als voor de gebruiker van de gegevens, noodzakelijk om eerst inzicht te verwerven in het functioneren van de verschillende onderdelen van het landschap. Pas daarna kunnen deze inzichten worden samengevoegd tot een geïntegreerde visie op het eigenlijke studie-object: het landschap.

In de paragrafen 2.2 tot en met 2.8 wordt een aantal thema's behandeld die onmisbaar zijn voor het begrip van het ontstaan en het functioneren van het duinlandschap: klimaat, kustontwikkeling, geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem en vegetatie. Er is bewust niet naar gestreefd een uitputtende beschrijving van deze onderwerpen te geven. Als leidraad bij de selectie gold voor ons de relevantie van de gegevens voor het verschaffen van inzicht in het functioneren van het landschap en waar mogelijk de bruikbaarheid voor het natuurbeheer. Per landschapscomponent is de actuele situatie kort gekarakteriseerd en is aangegeven welke randvoorwaarden van belang zijn (geweest) voor het ontstaan of voortbestaan ervan. Tevens is getracht om aan te duiden wat de oorzaken (kunnen) zijn van veranderingen in verleden, heden en toekomst.

De volgorde van de hierna gepresenteerde paragrafen correspondeert met de in para-

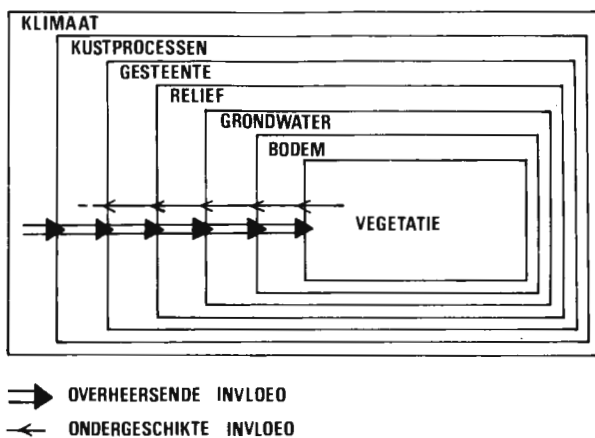


Fig. 5. Geschematiseerd rangordemodell van het duinlandschap.

graaf 1.3.3 behandelde uitgangspunten betreffende de hiërarchische ordening van landschapscomponenten. Begonnen wordt met de sterk dominante component klimaat, dan volgen de andere componenten, die steeds minder dominant zijn. Besloten wordt met de vegetatie, die direct of indirect van alle voorgaande componenten afhankelijk is. Als zodanig is zij ook de expressie daarvan. Om een en ander te verduidelijken is in figuur 5 een sterk vereenvoudigd hiërarchisch model afgebeeld, dat bij elke paragraaf als 'vignet' zal worden herhaald.

Tot slot van het hoofdstuk wordt een eerste aanzet gegeven tot de integratie van de uiteenlopende gegevens in de vorm van een landschapsecologische kaart en de bijbehorende uitleg. De kaart geeft de actuele toestand van het duingebied weer, met het accent op de terreinvormen, de grondwaterhuishouding en de vegetatie.

## 2.2 Klimaat

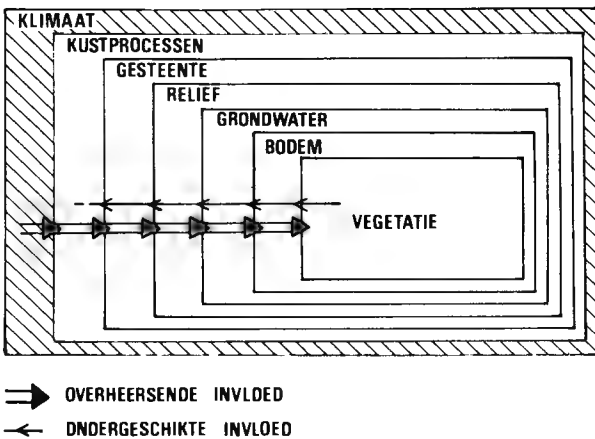


Fig. 6. Vignet klimaat.

### 2.2.1 Klimaat en duinvorming

Het klimaat vormt binnen landschappen een component met een sterk dominerend karakter. Het voorkomen van verschillende landschappen is vaak in sterke mate gebonden aan de verdeling van klimaatszones op aarde. Voor begroeide kustduinen geldt, dat deze voornamelijk gevormd worden in gebieden met een gematigd klimaatstype, dat duidelijk te onderscheiden seizoenen kent.

### 2.2.2 Klimaatsschommelingen in het verleden

Het klimaat is in de loop der tijden aan sterke veranderingen onderhevig geweest; zo heeft het klimaat van west Europa tijdens het Pleistocen (2½ miljoen - 8000 jaar v. Chr.) afwisselend koude en warme perioden (ijstijden en interglacialen) gekend. De aanvoer van de verschillende soorten gesteenten, onder andere die in de ondergrond van het duingebied, is in hoge mate gecorreleerd aan deze klimaatsschommelingen. Ook in het Holo-

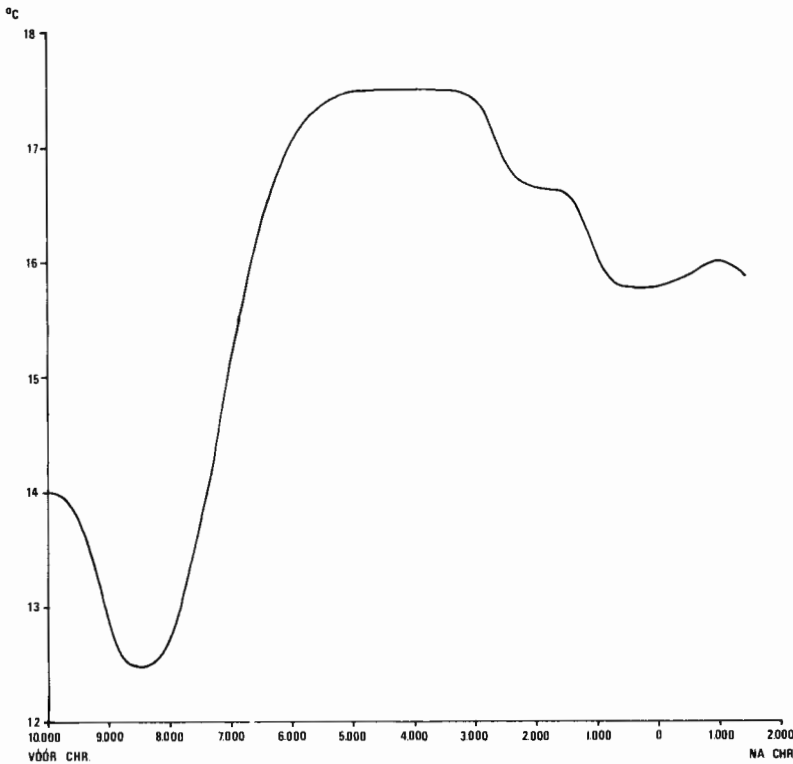


Fig. 7. Het verloop van de zomertemperatuur in centraal Engeland gedurende het Holoceen (naar Lamb, 1973).

ceen (8000 jaar v. Chr. - heden) zijn (kleinere) klimaatsschommelingen te onderscheiden. Voor de verschillende fasen van duinvorming zijn deze waarschijnlijk van doorslaggevende betekenis.

Als voorbeeld van de mate waarin een klimaatsfactor kan fluctueren is in figuur 7 het verloop van de zomertemperatuur in het laagland van centraal Engeland weergegeven van 10 000 jaar v. Chr. tot heden. Deze figuur is gebaseerd op gegevens van zogenaamd paleobotanisch onderzoek en radioactieve datering.

### 2.2.3 Karakterisering van het Nederlandse kustklimaat

Het huidige klimaat in west Europa wordt onder andere gekenmerkt door overheersende westenwinden en het veelvuldig voorkomen van depressies. Het klimaat van Nederland wordt tot de gematigd maritieme klimaten met neerslag in alle seizoenen gerekend. Daarbij wijkt het klimaat aan de kust af van het gemiddelde klimaat in Nederland. Vele klimaatsfactoren vertonen een verloop vanaf de kust landinwaarts, terwijl tevens in de lengterichting van de kust verschillen te constateren zijn.

In de figuren 8 t/m 15 is van een aantal klimaatsfactoren de verdeling over Nederland weergegeven. Bestudering van deze figuren leert dat sommige factoren, zoals relatie-

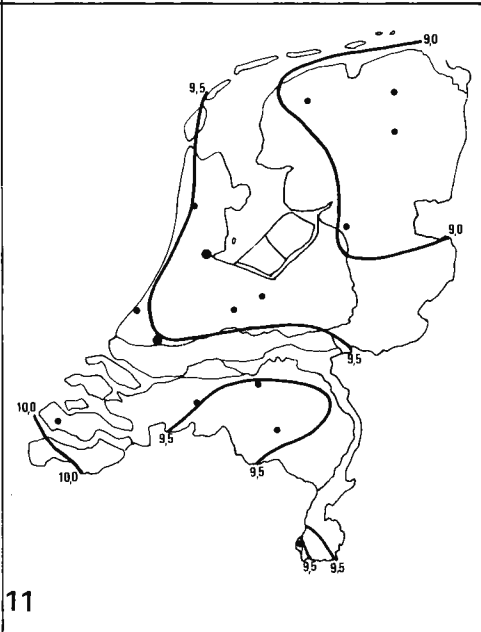
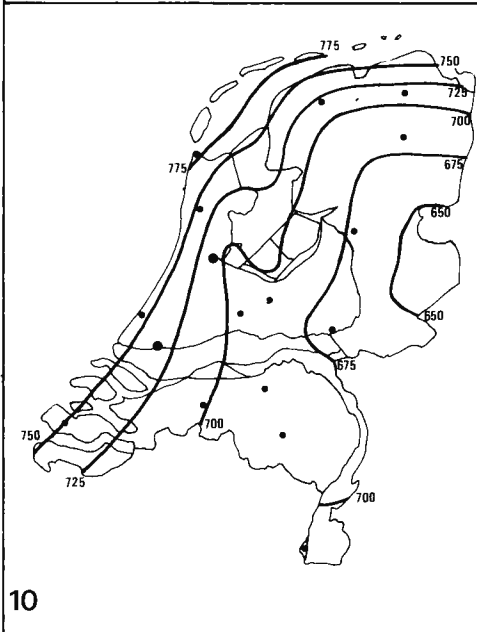
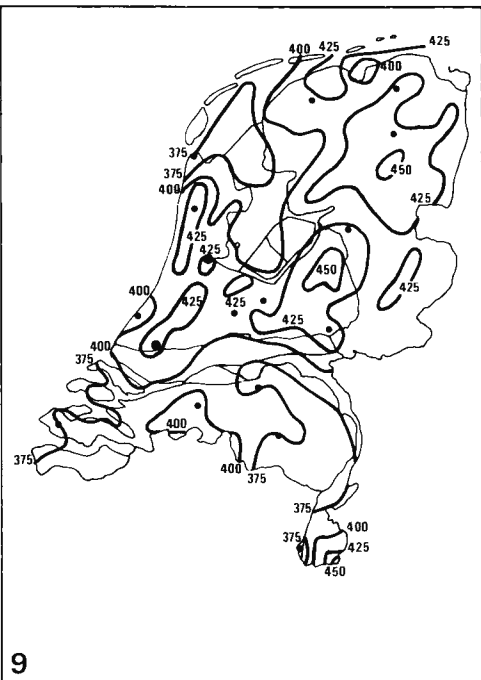
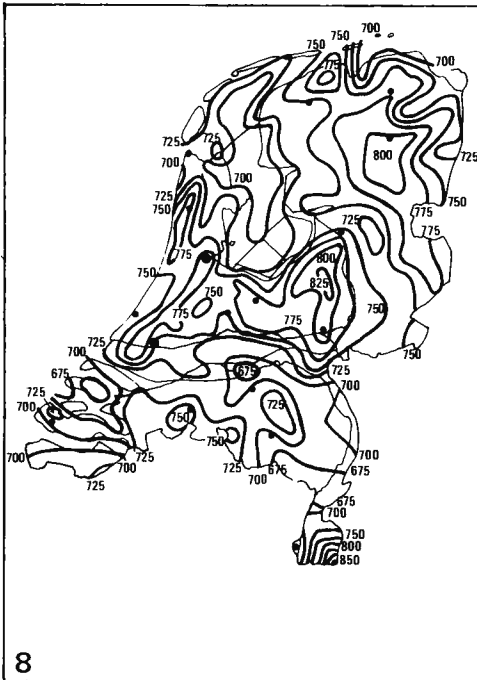
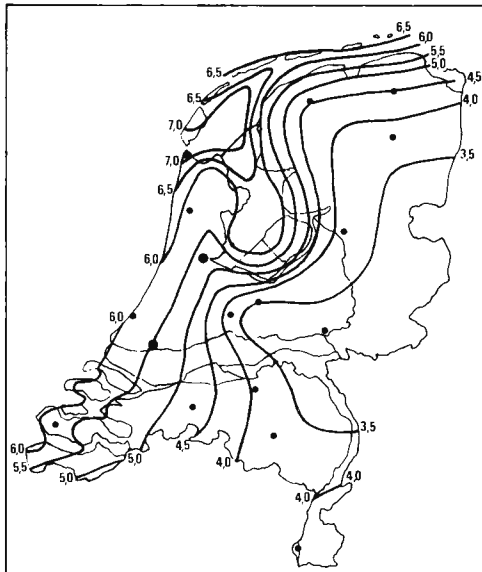
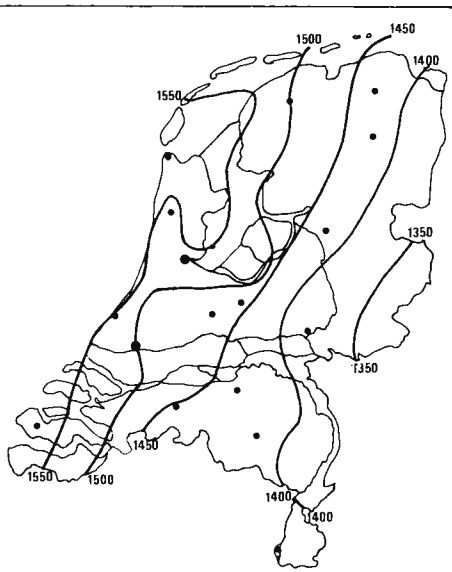


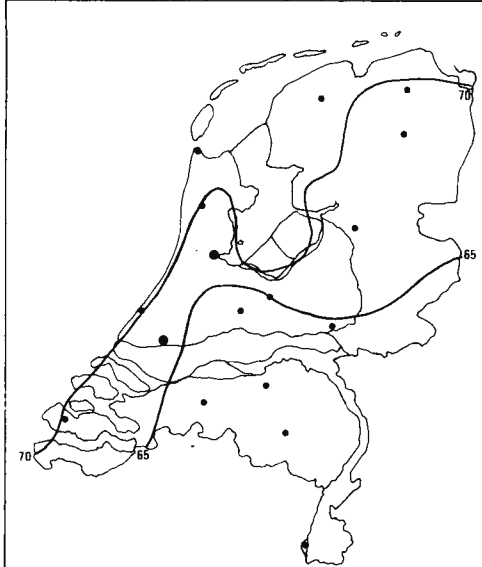
Fig. 8. Jaarneerslag (mm/jaar) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 9. Zomerneerslag (mm/jaar) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 10. Verdamping (mm/jaar) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 11. Gemiddelde jaartemperatuur (°C) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).



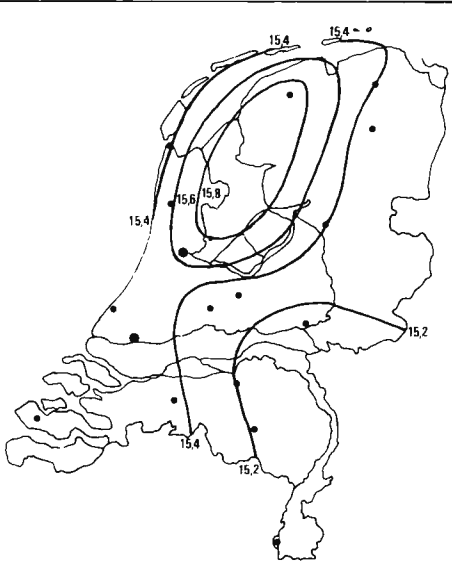
12



13



14



15

Fig. 12. Gemiddelde windsnelheid (m/s) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 13. Totaal aantal uren zon per jaar (uren/jaar) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 14. Relatieve luchtvochtigheid in de maand juli (%) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).  
 Fig. 15. Absolute luchtvochtigheid in de maand juli (mbar) (volgens Klimaatatlas van Nederland, 1970).

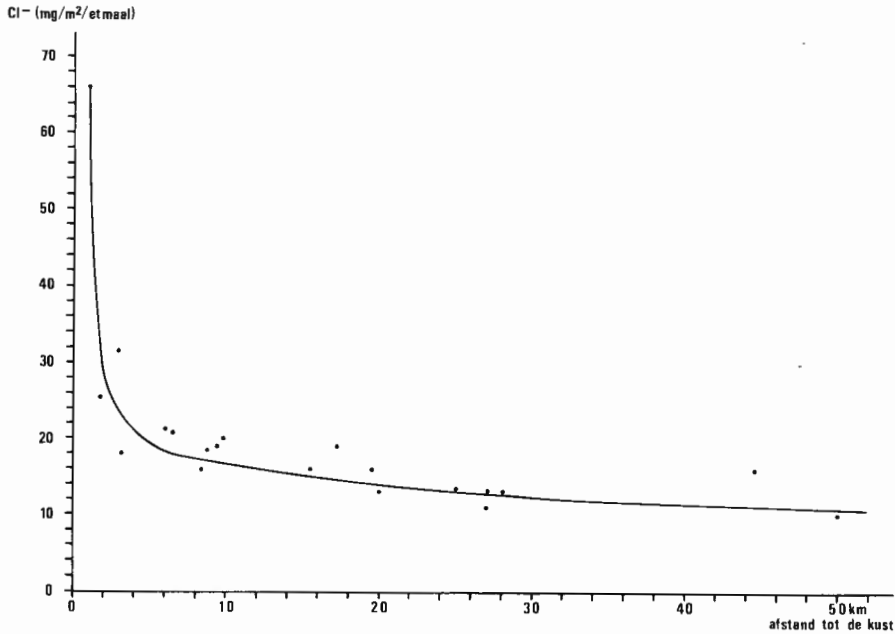


Fig. 16. De neerslag van chloride als functie van de afstand tot de kust (naar Vermeulen, 1970).

ve en absolute luchtvochtigheid, windsnelheid, aantal uren zonschijn en verdamping, aan de kust hun grootste waarde bereiken. Voorts is het opmerkelijk dat de lente en de zomer aan de kust koeler zijn terwijl de herfst en de winter daar juist warmer zijn dan in het

Tabel 2. Overzicht van de waarde van een aantal klimaatsfactoren in drie gebieden langs de Nederlandse kust, in vergelijking met De Bilt. (+) Maximaal voor de Nederlandse kust; (+) Intermediair voor de Nederlandse kust; (-) Minimaal voor de Nederlandse kust.

Klimaatsfactoren	Zeeuws Vlaanderen t/m Goeree	Voorne tot Camperduin	Petten t/m Schiermonnik- oog	De Bilt
Gemiddelde windsnel- heid (m/s)	6,1 (+)	6,0 (-)	6,5 (+)	4
Relatieve luchtvochtig- heid (%) <sup>1</sup>	69 (+)	68 (-)	73 (+)	63
Verdamping, E <sub>o</sub> (mm/j)	760 (+)	750 (-)	780 (+)	690
Absolute luchtvochtig- heid (mbar)	14,9 (+)	14,7 (+)	14,7 (-)	14,7
Gemiddelde temperatuur (°C)	10 (+)	9,5 (+)	9 (-)	9,5
Neerslag (mm/j)	675-725 (-)	725-800 (+)	700-740 (+)	750

<sup>1</sup>. Gemiddelde waarde om 2 uur 's middags gedurende de maanden juni, juli en augustus, wanneer de relatieve luchtvochtigheid het kleinst en de absolute luchtvochtigheid het grootst is.

binnenland. Ook het aantal zomerse, vorst- en ijsdagen is aan de kust veel geringer. De verdeling van de neerslag, met een piek in de herfst, is aan de kust afwijkend van de verdeling meer landinwaarts.

Een factor die wellicht niet als onderdeel van het klimaat beschouwd kan worden maar die hier toch besproken wordt, is de mineraalaanvoer vanuit zee. Onder invloed van het zogenaamde 'sea-spray'-mechanisme worden aanzienlijke hoeveelheden stoffen, vooral chloriden, door de lucht vanuit zee aangevoerd. In figuur 16 is een overzicht gegeven van de verdeling van de chlorideneerslag in een raai loodrecht op de kust van Noordholland.

Ook langs de kust (van zuid naar noordoost) is de waarde van de meeste klimaatsfactoren niet overal dezelfde. Globaal genomen kan het Nederlandse kustgebied in drie delen onderverdeeld worden, die elk een klimaat bezitten dat zich van de overige gebieden onderscheidt. In tabel 2 is een overzicht gegeven van deze drie gebieden met voor elk van hen de waarde van een aantal klimaatsfactoren. Ter vergelijking met omstandigheden meer landinwaarts is bovendien een overzicht gegeven van de omstandigheden te De Bilt.

#### 2.2.4 *Het microklimaat in de duinen*

Binnen het hiervoor beschreven kustklimaat komt in de nabijheid van het maaiveld een luchtlaag voor met klimaatseigenschappen die aanzienlijk kunnen afwijken van hetgeen hiervoor vermeld is. Onder invloed van verschillen in expositie ten opzichte van de inkomende zonnestraling, de afstand van het grondwater tot het maaiveld, bodemverschillen en de mate en soort van begroeiing vertoont dit zogenaamde microklimaat van plaats tot plaats grote verschillen. Wanneer kaal zand begroeid raakt en ook bij verdere ontwikkeling van de vegetatie via grasland en struweel tot bos, nemen de wisselingen in het microklimaat vaak af en wordt dit micro-klimaat gematigder.

Het meest opvallende microklimatologische fenomeen in de duinen is het verschil tussen noord- en zuidhellingen. Daarbij is het microklimaat op zuidhellingen, onder invloed van de ongeveer loodrecht invallende zonnestraling, zeer extreem, met bijvoorbeeld temperaturen die vlak boven het zand op kunnen lopen tot 70 °C.

#### 2.2.5 *Het microklimaat in duinvalleien*

Bij de bespreking van het microklimaat in duinvalleien is onderscheid gemaakt tussen vochtige en droge valleien. Het wel of niet aanwezig zijn van grondwater in de nabijheid van het maaiveld zorgt, dank zij de bufferende werking van water, voor aanzienlijke verschillen tussen beide. Zo is de maximum dagtemperatuur in een vochtige vallei veel lager dan in een droge. Gemiddeld over een maand gerekend is midden op de dag een verschil van 8 °C bekend, zodat aangenomen mag worden dat binnen deze periode, op sommige dagen nog een aanzienlijk groter verschil zal optreden.

De minimumtemperatuur kan in valleien lager zijn dan in de omgeving, doordat de koudere en daardoor zwaardere lucht zich in de valleien verzamelt. Omdat dit tot een toename van het aantal nachtvorsten leidt, wordt dit wel 'het optreden van valleien als vorstmeer' genoemd: in een vallei zijn minimumtemperaturen bekend die 4 à 6 °C lager zijn dan die van een westhelling! De minimumtemperaturen zijn in een vochtige vallei, door de bufferen-

de werking van grondwater en bodemvocht, minder laag dan in een droge vallei.

De relatieve luchtvochtigheid in vochtige valleien is steeds hoog. Voor zeer natte valleien waarschijnlijk nooit veel lager dan 80%.

Over het algemeen geldt dus dat droge valleien een extremer microklimaat hebben dan vochtige valleien. Bij droge valleien moet daarbij onderscheid gemaakt worden tussen de, weinige, van nature droge valleien en de, veel talrijker, verdroogde valleien. Deze laatste hebben vaak, dank zij de humuslaag die in de vochtige periode is opgebouwd, een groter vochthoudend vermogen en een milder microklimaat. Wanneer in zo'n vallei bovendien struweel of bos voorkomt, kan het microklimaat en de vochtvoorziening via het bodemvocht zodanig gunstig zijn, dat plantesoorten die elders in de duinen slechts binnen de invloedssfeer van het grondwater voorkomen in dit geval min of meer onafhankelijk van het grondwater kunnen groeien.

### 2.2.6 De invloed van de mens op het klimaat

Tot slot van deze paragraaf nog een opmerking over de invloed die de mens uitoefent op het klimaat. De sterke industrialisatie die de afgelopen anderhalve eeuw is opgetreden, heeft ervoor gezorgd dat de warmteafgifte van de atmosfeer, het CO<sub>2</sub>-gehalte, het gehalte aan zwevende stof en de concentratie van een groot aantal andere stoffen in de atmosfeer zijn toegenomen. Hierdoor is in West-Europa onder andere een daling van de pH van de neerslag van ongeveer 6 tot ongeveer 4 opgetreden. Daarnaast is het mogelijk dat onder invloed van locale, grote warmte-afgifte, zoals bij grote industriegebieden, en via het zogenaamde broeikas-effect (minder warmte-uitstraling door de aarde als gevolg van de CO<sub>2</sub>-toename), verandering van de luchtcirculatie en stijging van de temperatuur zullen optreden. Hierdoor kunnen in de toekomst mogelijk zeer grote klimaatsveranderingen gaan optreden, die hun terugslag zullen hebben op het duingebied.

## 2.3 Kustontwikkeling

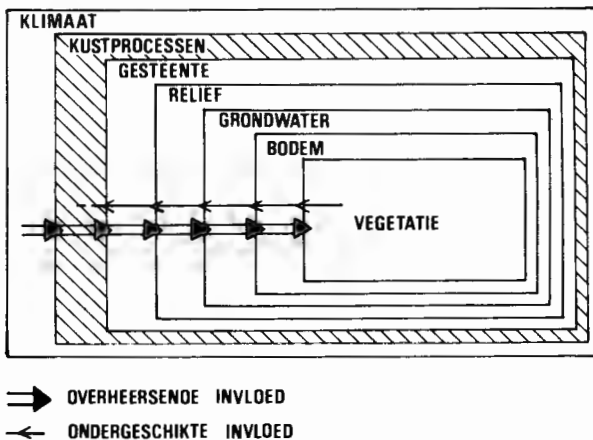


Fig. 17. Vignet kustprocessen.

### 2.3.1 Algemeen

Om twee redenen wordt een aparte paragraaf aan de kustontwikkeling gewijd. Allereerst heeft de holocene kustevolutie een overheersend stempel gedrukt op het ontstaan van de kustgebieden. Dit blijkt ondermeer uit de geologische gesteldheid van de duinen en aangrenzende gebieden, zoals die in de volgende paragraaf (2.4) zal worden behandeld. Een tweede reden is dat de historische en recente kustontwikkeling niet slechts voor het ontstaan van het duingebied, maar ook voor allerlei andere, in landschapsecologisch opzicht, belangwekkende veranderingen in het duingebied verantwoordelijk is. Dit blijkt onder andere uit het feit, dat kustafslag via vermindering van de duinbreedte ook grondwaterstands daling veroorzaakt (paragraaf 2.6).

In deze paragraaf wordt begonnen met een schets van de holocene kustevolutie. Daarna worden de belangrijkste kustprocessen besproken en in verband gebracht met de hoofdtypen van kustvormen. Voorts komt de invloed van de mens op de kustprocessen aan bod. Besloten wordt met de kustontwikkeling in de afgelopen eeuw, toegespitst op de verlegging van de duinvoet.

### 2.3.2 Holocene kustontwikkeling

De temperatuurstijging in het Holoceen (8000 jaar v. Chr. - heden) zorgde voor het afsmelten van ijskappen op het land en mede daardoor voor een stijging van de zeespiegel, de zogenaamde absolute zeespiegelrijzing. Ook het landoppervlak in onze kuststreken is aan daling onderhevig geweest. Dit is ten dele toe te schrijven aan aardkorstbewegingen en ten dele aan klink van veen- en kleipakketten. Al deze processen tezamen resulteerden in de zogenaamde relatieve zeespiegelrijzing, d.w.z. de stijging van de zeespiegel ten opzichte van het landoppervlak langs een bepaald deel van de kust.

De relatieve zeespiegelrijzing sinds de aanvang van het Holoceen bedraagt langs onze kust in totaal ca. 45 m. Het verloop in de tijd van deze rijzing van de zeespiegel langs onze kust is door diverse onderzoekers bestudeerd met uiteenlopende methoden. De conclusies waren vrijwel gelijklopend. De uitkomsten van de belangrijkste onderzoeken zijn in figuur 18 weergegeven door een drietal curven, ontleend aan Pons & van Oosten (1976), naar gegevens van Bennema (1954), Jelgersma (1961) en Louwe Kooijmans (1974).

Het blijkt dat de stijgsnelheid aanvankelijk groot was, maar later belangrijk afnam. Uit de bovenste gedetailleerde curve blijkt voorts dat er in de stijging van het gemiddeld hoogwaterniveau belangwekkende fluctuaties zijn opgetreden. Er zijn tal van aanwijzingen dat deze fluctuaties samenhangen met klimaatsschommelingen van relatief korte duur, en dat de perioden met een versnelde stijging een versterkte invloed van de zee op het land met zich mee brachten, zoals doorbraken en erosie van bestaande afzettingen, maar ook nieuwe afzettingen van zand en klei. De perioden met verhoogde invloed van de zee noemt men transgressiefasen. Dit zijn fasen waarin de zee zich ten koste van het land uitbreidt. Zoals te verwachten, heeft de gedurig stijgende zeespiegel voor een opschuiven van de kustlijn in oost- en zuidwaartse richting gezorgd. Aan het einde van het Pleistoceen lag het Noordzeebekken nog grotendeels droog en met het stijgen van het water verschoof de kustlijn gaandeweg in zuidoostelijke richting.

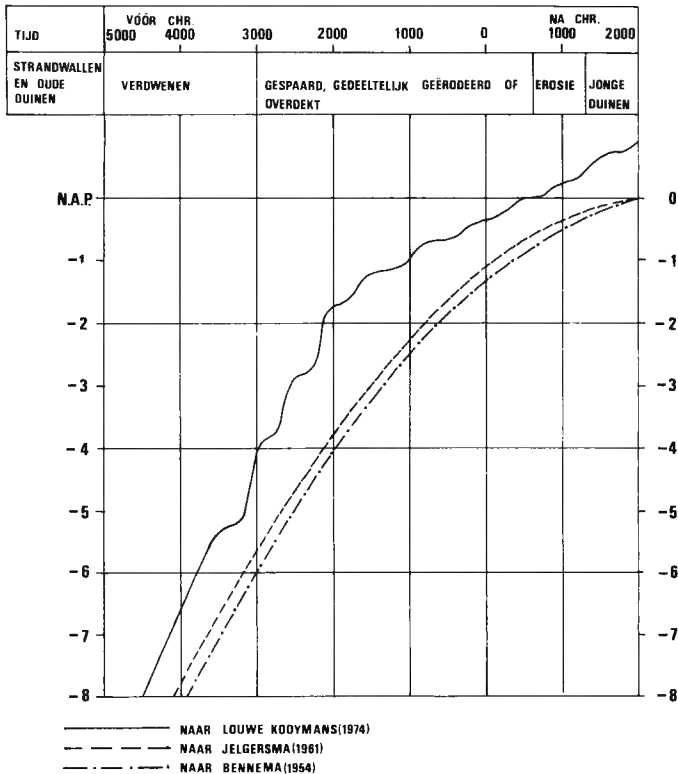


Fig. 18. Relatieve zeespiegelrijzing gedurende het Holoceen (naar Pons & Van Oosten, 1976).

Bepaalde kustgedeelten echter, zoals het gebied tussen Hoek van Holland en Alkmaar ondergingen in de periode tussen 2800 en 1500 v. Chr. paradoxaal genoeg een belangrijke kustuitbreiding. Uit de ligging van de strandwallen en tussenliggende strandvlaktes is namelijk vast te stellen dat de kust zich toen ongeveer tien kilometer westwaarts heeft verlegd. Het valt te vermoeden dat door een gunstige combinatie van de golfwerking en een geschikt profiel van de zeebodem een aanzienlijk landwaarts gericht zandtransport plaatsvond, waarbij de kustzone werd overladen met zand en de zee zichzelf, bij wijze van spreken, terugdrong. Nadien echter overheerste de kustafbraak, hetgeen uiteindelijk heeft geleid tot het huidige beeld. Daarvoor is vooral de kustevolutie in de middel-eeuwen verantwoordelijk. In die tijd, en in mindere mate in later eeuwen, is het landverlies van enorme omvang geweest. In zuidwest Nederland traden grote verliezen op door verbreding van riviermonden tot zeegaten waarbij grote stukken land wegsloegen. Vooral in die tijd ontstond daar de huidige estuariene kustvorm. Ook de Kop van Noord-Holland had met enorme verliezen te kampen en kreeg tijdelijk het karakter van een waddegebied. In dezelfde periode zijn de enorme uitbreiding van de Waddenzee en de Zuiderzee te plaatsen.

Het lijkt erop dat het landverlies ongeveer aan het einde van de 16e eeuw zijn grootste omvang had. Of de daarop volgende verbetering een kwestie is geweest van een minder agriessieve zee, verbeterde zeeveringstechnieken of een combinatie van beide is

niet altijd duidelijk. In ieder geval is de kustafbraak ook in later eeuwen van belang geweest, zij het in duidelijk mindere mate. Zo week bijvoorbeeld de kust tussen Callants-oog en Den Helder tussen 1600 en heden nog 500 à 800 m terug.

Alvorens op de meer recente ontwikkelingen in te gaan, is het noodzakelijk de mechanismen van kustafslag en -aangroei verder te verklaren. Van belang is echter te blijven beseffen dat een relatief snelle zeespiegelrijzing, zoals die in de laatste eeuwen valt te constateren, een achteruitgang van de kustlijn impliceert. Kustprocessen kunnen deze algemene tendens evenwel in belangrijke mate beïnvloeden, waarbij plaatselijk versterkte afslag, maar ook kustaangroei kan optreden.

### 2.3.3 *Kustprocessen en kustvormen*

Een drietal transportmechanismen bepaalt de aan- en afvoer van zand aan de kust.

- de directe werking van golven op de zeebodem;
- de kustdrift: een stroming in de brandingszone, die evenwijdig aan de kustlijn verloopt;
- getijdestromingen.

De directe golfwerking houdt in dat golfslag, die meestal recht of scheef naar het land toe is gericht, de zandkorrels op de bodem landwaarts beweegt. Dit effect reikt waarschijnlijk niet dieper dan 20 m. Bij een niet te steile zeebodem en een gunstig 'golfklimaat' (frequentie, hoogte en richting), kan op deze manier zand naar de kust worden getransporteerd. Daarbij is ook het materiaal waaruit de zeebodem is opgebouwd van belang. Zo kan de zeebodem ten noorden van Camperduin vermoedelijk veel minder zand leveren dan op andere plaatsen door de aanwezigheid van relatief resistente veen- en kleilagen.

De kustdrift ontstaat door scheef invallende brandingsgolven, die een stroming parallel aan de kustlijn opwekken. Dit proces wordt in figuur 19 verduidelijkt. De aldus opgetreden stromingen verplaatsen het zand parallel aan de kustlijn. De intensiteit van het zandtransport wordt vooral door de invalshoek der golven bepaald. De ligging van de kustlijn ten opzichte van golfslag is dan ook van enorm belang. Bij rechte, gesloten en in theorie oneindig lange kusten is in principe van een evenwichtssituatie sprake, aangezien aan- en afvoer op een willekeurig punt in evenwicht verkeren. Anders wordt het bij gebogen kusten, waar de kustexpositie ten opzichte van de golven van plaats tot plaats verschilt of in gevallen waar obstakels de kustdrift onderbreken. Een kustombuiging, waarbij de expositie ten opzichte van de door overheersend westelijke winden opgewekte golfslag een steeds schuinere invalshoek vertoont, zoals bij de overgang van de Noordhollandse vastelandskust via Texel en Vlieland naar de Waddeneilanden, impliceert een sterke erosie ter hoogte van beide eilanden. De zandafvoer wordt namelijk niet of onvoldoende door aanvoer uit 'bovenstroomse' delen gecompenseerd. Ook dammen dwars op de kust kunnen de zandbalans plaatselijk verstoren. Vanzelfsprekend kunnen ook zeegaten het beeld aanzienlijk verstoren.

Getijdestromingen worden opgewekt door de getijdebeweging, die haar oorzaak in de aantrekkingskracht van maan en zon vindt. Getijdestromingen zijn langs de gesloten vastelandskust van Zuid- en Noordholland van relatief gering belang, zeker in vergelijking met de gebieden in zuidwest Nederland en het Waddengebied. Daar treden met name in de diepere

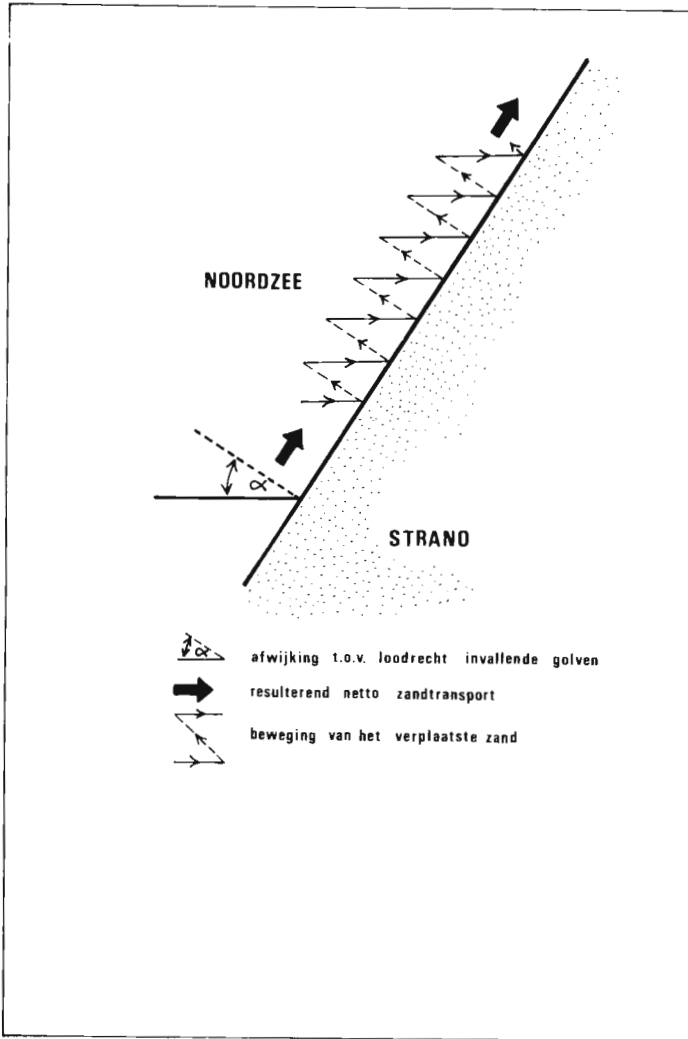


Fig. 19. Zandtransport door kustdrift t.g.v. scheef invallende golven.

geulen in de zeegeaten zeer hoge stroomsnelheden op. Deze kunnen een groot zandtransport veroorzaken. Het verleggen van de stroomgeulen kan in snel tempo landverlies of kustaan-groei teweegbrengen.

De hierboven geschetste mechanismen worden hierna verder uitgewerkt en in verband gebracht met de drie hoofdkustvormen die in Nederland te onderscheiden zijn: de gesloten, de estuariene en de waddenkust.

De gesloten kust (Hoek van Holland-Den Helder) is het meest eenvoudig. De kustont-wikkeling wordt hier in hoofdzaak door de kustdrift bepaald. Expositieverschillen kunnen voor verschillen in de zandbalans zorgen. De kustdrift zorgt vermoedelijk voor een rela-tief gering zandtransport in noordelijke richting. Vooral ten zuiden van Noordwijk treedt dit wat meer op dan ten noorden van deze plaats. De situatie lijkt overigens op een dyna-

misch evenwicht, waarbij veeleer sprake is van een 'heen en weer' verplaatsen van het zand dan van een transport in een bepaalde richting. Vooral in de nabijheid van lange havenhoofden is dit te constateren, zoals later in deze paragraaf zal blijken.

De estuariene kustvorm wordt aangetroffen tussen Cadzand en Hoek van Holland en bestaat in principe uit een aantal eilanden of schiereilanden en zeearmen, die door een krachtige eb- en vloedstroming trechtervormig zijn verwijd. Figuur 20 geeft een schematische voorstelling van zo'n kustvorm. Typisch zijn de uitgebreide stelsels van zandbanken of droogvallende platen, die zich in en voor de mond van de estuaria bevinden en worden doorsneden door stroomgeulen. Deze bankenstelsels spelen een belangrijke rol bij de bescherming van de eilanden tegen golfaanval en kustdrift. Evenals in de zeegaten tussen

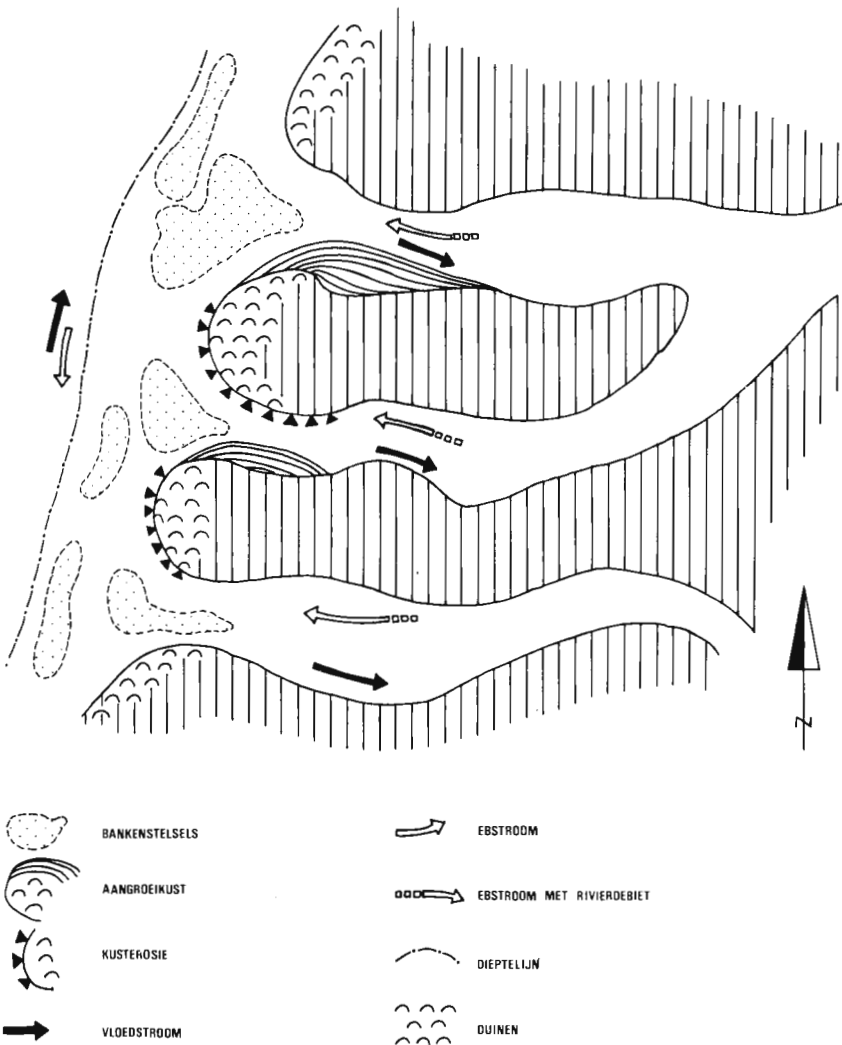


Fig. 20. Schema kustvormen en -processen bij een estuariene kust.

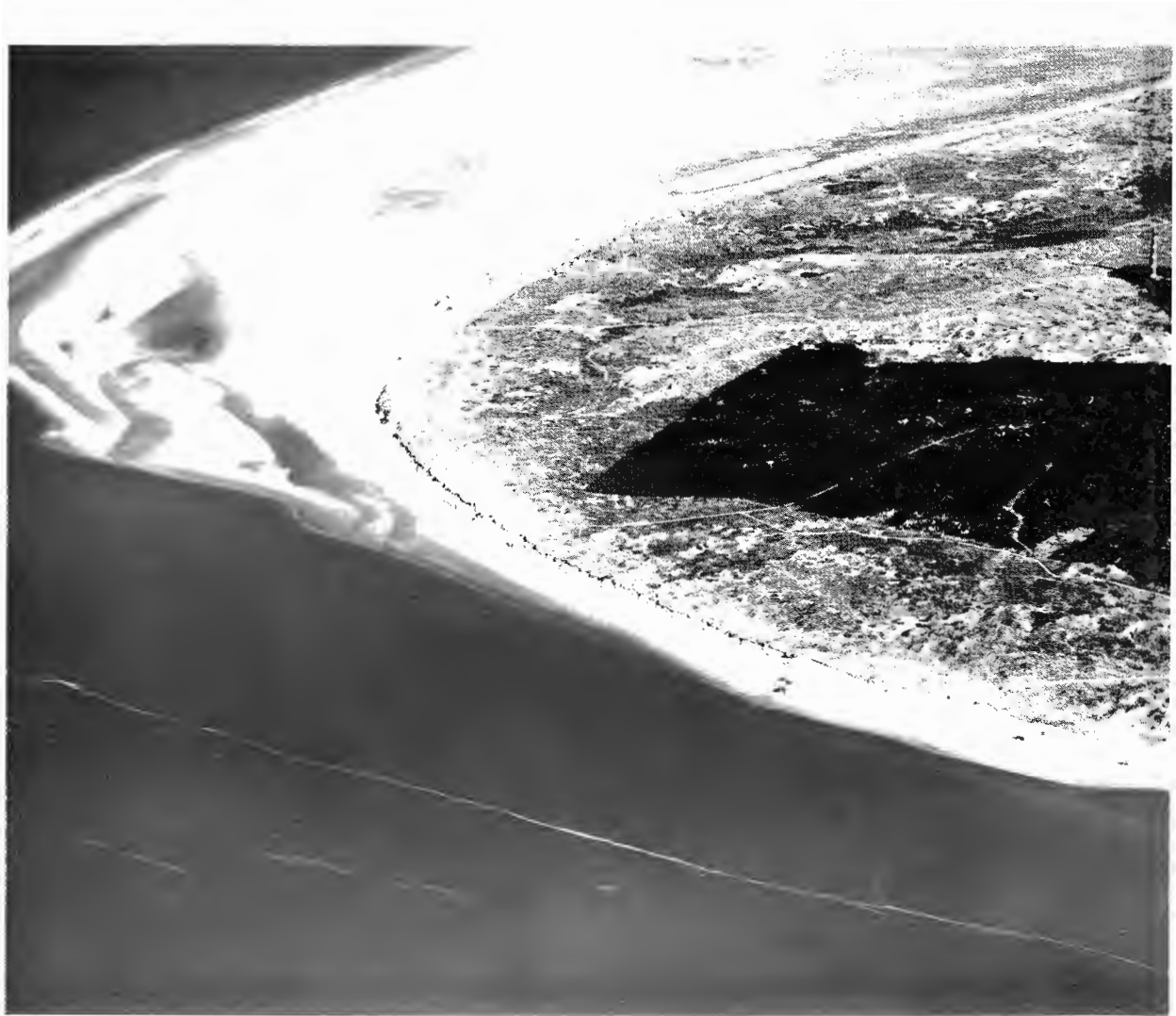
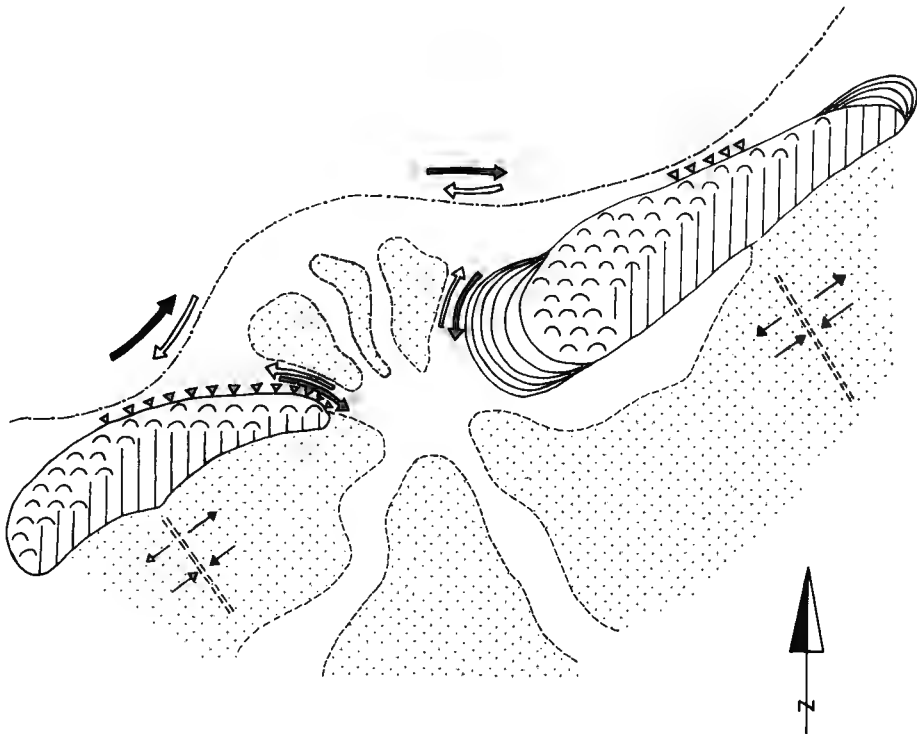


Foto 1. De noordwestpunt van Ameland rond 1950. Vooraan op de foto vindt, getuige het smalle strand en het duinklif, kustafslag plaats. Middenboven een strandvlakte die door kustaangroei is ontstaan. Inmiddels heeft zich daar een grote 'primaire duinvallei' gevormd (foto KLM Aerocarto).

de waddeneilanden verleggen de banken en geulen zich echter van tijd tot tijd. Dit maakt dat de eilanden nu eens door stroomgeulen ondermijnd raken en dan weer door de aangroei van zandplaten uitbreiding ondergaan. Dit resulteert in een zeer dynamisch kustgebied, waar lokaal snelle kustafbraak of -uitbreiding optreedt. De verplaatsing van de kustlijn bedraagt soms vele honderden meters per eeuw. Het feit dat het water van de Rijn, Maas en Schelde hier -in ieder geval vóór de Deltawerken- voor een groot deel uitmondde, betekent zowel een verlaagd zoutgehalte in de kustwateren als een verhoogde slibaanvoer. Dit laatste zorgt voor de sedimentatie van slib op regelmatig overspoelde en beschutte kustgedeelten. Het zal duidelijk zijn dat de Deltawerken ingrijpende veranderingen in de kustprocessen in dit gebied teweegbrengen.

De Waddenkust (fig. 21) heeft enige overeenkomst met de estuariene kust. De eilanden



LEGENDA









	BANKENSTELSLS		EBSTROOM
	AANGROEIKUST		DIEPTELIJK
	KUSTERSOSIE		DUINEN
	VLOEDSTROOM		WANTJ

Fig. 21. Schema kustvormen en -processen bij een waddenkust.

liggen echter duidelijk everwijdig aan de hoofdkustlijn, gescheiden door zeegaten, die de Noordzee met de Waddenzee verbinden. De situatie is hier zo mogelijk nog dynamischer en geeft dan ook spectaculaire kustlijnveranderingen te zien. Zozeer zelfs dat eilanden schijnbaar worden verplaatst. Een belangrijke rol spelen ook hier de bankenstelsels of 'buitendelta's' ter hoogte van de zeegaten. Deze bankenstelsels geven, zoals figuur 21 aangeeft, aan de eilandgedeelten ter weerszijden van het zeegat een bescherming tegen golfaanval en kustdrift. Bovendien spelen zij een rol bij de min of meer periodieke processen van kustafslag en -aangroei aan de uiteinden van de eilanden. De stroomgeulen en zandplaten van de bankenstelsels in de zeegaten ondergaan namelijk een verplaatsing met de hoofdstroming mee in oostelijke richting. Dit resulteert in periodieke strandingen of 'verhelingen' van zandplaten op het westelijke uiteinde van het aangrenzende eiland. Aan-

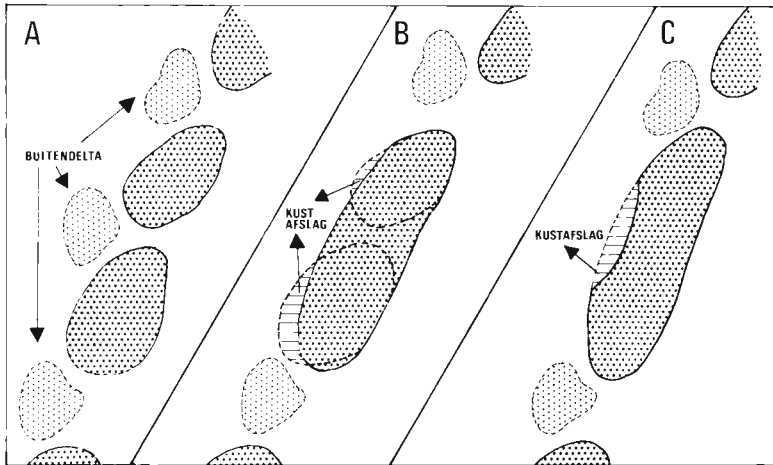


Fig. 22. Schema kustevolutie bij verlenging van een kust na het aan elkaar groeien van twee eilanden.

groei vindt trouwens ook door zandaccumulatie aan het oostelijke uiteinde van een eiland plaats. Een verlegging van een stroomgeul kan echter in korte tijd ook weer grote verliezen opleveren, zodanig dat een eiland in een eeuw tijd vele honderden meters landverlies lijdt.

De beschermende functie van de buitendelta's op de eilandkust komt duidelijk naar voren bij verkleining van de buitendelta. De buitendelta's worden namelijk voor een groot deel door de ebstromingen in stand gehouden. Capaciteitsafname van een zeegat betekent een vermindering van ebstromen en dus een verkleining van de buitendelta. Iets soortgelijks treedt op bij de verbinding van twee eilanden. Met name de middengedeelten komen dan des te meer onder invloed van erosieve kustprocessen (kustdrift) en ondergaan afslag (fig. 21). Dit is waar te nemen bij Texel (verlengd door de verbinding met Eyerland), Terschelling (verlengd met de Noordsvaarder en de Bosplaat) en Ameland (oorspronkelijk bestaande uit drie kernen). Figuur 22 verduidelijkt dit. In mindere mate dan in het estuariene gebied treedt slibafzetting op. Daar een dergelijk proces alleen in een rustig milieu kan plaatsvinden, is de intensiteit het grootst aan de wadzijde der eilanden nabij de wantijen. Regelmatig overspoelde gebieden krijgen een duidelijk slibdek en vormen kwelders.

#### 2.3.4 Invloeden van kustverdediging en kustwerken

Reeds halverwege de Middeleeuwen traden de bewoners van de kustgebieden handelend op tegen de opdringende zee. Toen werden de eerste, vaak nog lage, dijken aangelegd. Inmiddels heeft de waterstaatkundige techniek zich zo ontwikkeld dat men met de Deltawerken zelfs de Zeeuwse en Zuidhollandse zeegaten kan afsluiten. Voor zover van belang voor de stranden en duinen, wordt hier enige aandacht geschonken aan de ingrepen in de kustprocessen. Deze zijn meestal bedoeld als kustverdediging. In enkele gevallen zijn ze ook voor een ander doel uitgevoerd, zoals bij aanleg van havenhoofden of nieuwe industrie-

gebieden.

De duinstrook langs de Nederlandse kust vormt reeds eeuwenlang een redelijk solide en goedkope zeekering. Op plaatsen waar de duinen te veel afsloegen of geheel verdwenen, was men tot dure alternatieven gedwongen. Bekende voorbeelden zijn de Westkappelse Zeedijk op Walcheren (anno 1540) en de Hondsbossche en Pettemer Zeekering. Waar andere kustgebieden werden bedreigd door strandversmalling en duinafslag is al vanouds gepoogd de kustdrift te beperken door de aanleg van paalhoofden dwars op de kust of in later tijd, vooral in de laatste eeuw, door stenen strandhoofden. Inmiddels worden grote kustgedeelten op deze wijze verdedigd: grote delen in het estuariene gebied, de kust tussen Hoek van Holland en Scheveningen, tussen Egmond en Den Helder en delen van Texel, Vlieland en Ameland. Het effect van dergelijke strandhoofden is echter gering. Kusterosie wordt niet volledig verhinderd en bovendien worden aangrenzende onbeschermden kustgedeelten aldus vaak aan versterkte erosie blootgesteld. Men is daarom bij de zeeverende instanties tegenwoordig wat terughoudend met de aanleg van strandhoofden, mede omdat een modernere vorm van kustbescherming kan worden toegepast: de zandsuppletie. Hierbij wordt, zoals reeds op Goeree en Voorne in praktijk gebracht, zand van elders via persleidingen naar de bedreigde delen vervoerd om de ontstane tekorten aan te vullen. Andere vormen van moderne kustverdediging verkeren nog in een experimenteel stadium, zoals de blokkendam, een semi-permeabele stenen dam in dieper water op enige afstand van de kustlijn.

Vergeleken met deze kustverdedigingstechnieken bezitten de Deltawerken een enorme uitwerking op de kustontwikkeling. Hierbij beperkt men zich niet tot het verdedigen van bedreigde stukken, maar gelden de ingrepen vrijwel alle kustprocessen in een groot en van oorsprong dynamisch gebied tussen Walcheren en Hoek van Holland. De afsluiting van de zeegaten brengt essentiële wijzigingen in de kustprocessen met zich mee, waarvan de effecten nog nauwelijks zijn te overzien. In ieder geval zullen de bankenstelsels bij de afgesloten zeegaten door het wegvallen van de getijdestromingen in en uit de zeegaten op de lange duur aan betekenis inboeten. Het gevolg zal zijn dat hun beschermende werking op den duur min of meer verloren gaat, waardoor de 'koppen' van de eilanden aan versterkte afslag bloot zullen staan. Een dergelijk effect is nu nog niet direct merkbaar vanwege de nog korte bestaansperiode van de Deltawerken. De koppen van de eilanden vertoonden ook zonder deze ingrepen al lange tijd achteruitgang. Men verwacht dat in de 'beschutte' delen bij de aansluiting van de dammen op de eilanden kustaanwas zal plaatsvinden.

De aanleg van havenhoofden, zoals bij Hoek van Holland en het Noordzeekanaal (IJmuiden), betekent een relatief grote invloed op de kustdrift. Het gevolg is dat direct naast de soms kilometers lange havenhoofden kustaanwas optreedt, maar dat verder weg gelegen delen het zand leveren voor deze aangroei en zelf de tol moeten betalen in de vorm van kustafslag.

In het kader van kustwerken, die niet direct voor de kustverdediging zijn bedoeld, valt ook de aanleg van de Maasvlakte te noemen, die met name voor Voorne de nodige consequenties zal hebben. Te verwachten valt dat de noordwestkust van Voorne op wat langere termijn kustaanwas ondervinden zal.

Als van alle voornoemde ingrepen in de kustprocessen de balans wordt opgemaakt dan blijkt men meer en meer geneigd de kust op de bedreigde plaatsen te fixeren, met name waar cultuurland of bebouwing in het geding zijn. Vaak wordt het probleem aldus naar aan-

grenzende kustgedeelten verschoven. Tussen Walcheren en Hoek van Holland zijn de ingrepen van immense omvang en nog nauwelijks op een lange-termijneffect te beoordelen. Uiteindelijk zal dit kustgedeelte haar estuariene karakter merendeels verliezen en op een gesloten kust gaan lijken. Grote waterstaatkundige ingrepen zoals havenhoofden of industrie-eilanden betekenen een verstoreng van de zandbalans, die vaak elders kustafslag oproept of andere, corrigerende, ingrepen vereist.

2.3.5 De verlegging van de duinvoet in de laatste eeuw

De voorgaande schets van de kustevolutie had nog vooral betrekking op de kustlijn. De duinvoet blijkt de verschuivingen van de hoogwaterlijn enigszins afgezwakt en ver-

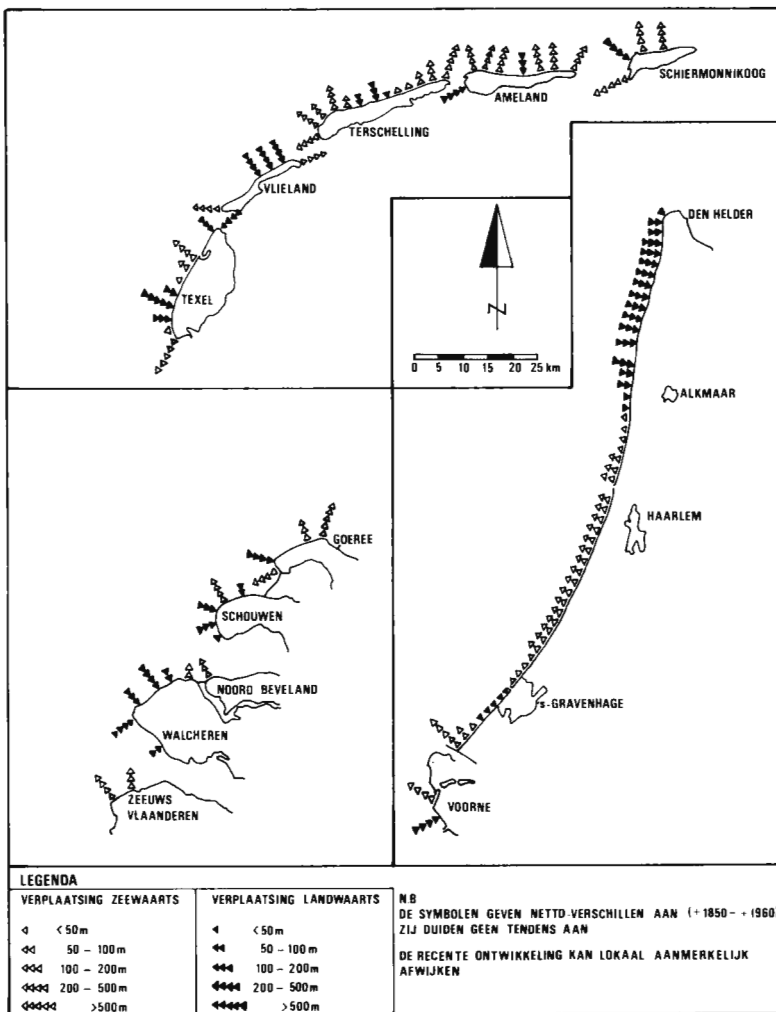


Fig. 23. Netto verplaatsing van de duinvoet langs de Nederlandse kust tussen 1850/1860 en 1960/1970.

traagd te volgen. De duinvoetverlegging in de laatste eeuw is goed bekend. Zij biedt een redelijke afspiegeling van de kustontwikkeling in deze periode. Bovendien hebben duinaangroei en duinafslag gevolgen voor de grondwaterstanden in het aangrenzende duinterrein. Om deze redenen is in figuur 23 een overzicht van de duinvoetverplaatsing opgenomen. Wat direct opvalt zijn de relatief grote veranderingen (winst en verlies) in het estuariene en waddegebied. Dit stemt overeen met de eerder geschetste kustdynamiek. Van belang is echter dat het beeld wat al te flatteus is met betrekking tot de uitbreiding van duingebieden. Een grote activiteit bij de aanleg van stuifdijken heeft relatief grote winstposities opgeleverd in de afgelopen eeuw, met name in het waddegebied. De vastelandskust vertoont een eenvoudiger beeld. Tussen Den Haag en Egmond is de kust stabiel gebleven of zelfs aan aangroei onderhevig geweest. Ten zuiden van Den Haag is de afslag van weinig betekenis, ten noorden van Egmond is zij echter groot. Wat niet uit het kaartje blijkt, is de actuele situatie van duinafslag of, daarmee vergelijkbaar, noodgedwongen landinwaartse verplaatsingen van de zeereep door de mens. De actuele toestand is wat minder rooskleurig dan het overzicht van de afgelopen eeuw doet vermoeden, al vertoont zij in hoofdzaak dezelfde tendensen.

Aan afslag onderhevig is thans vrijwel de gehele Noordzeekust van Texel en Vlieland, het middenstuk van zowel Terschelling als Ameland, vrijwel de gehele kust tussen Egmond en Den Helder, de zuidwestkust van Voorne, de westpunt van Goeree en Schouwen en zuidwestelijk Walcheren. De directe consequenties voor de achter de zeereep liggende valleien zijn negatief. Deze verdwijnen uiteindelijk in zee, raken overstoven of verdrogen. Op deze effecten wordt in de paragrafen 2.6.6 en 3.3.1 verder ingegaan.

**2.4 Geologie**

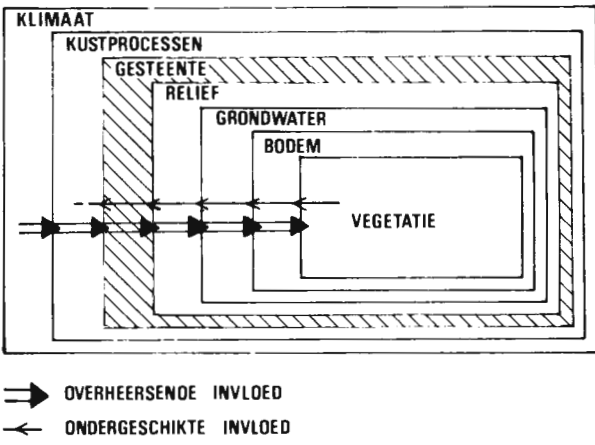


Fig. 24. Vignet gesteente.

**2.4.1 Algemeen**

De geologische gesteldheid van de kustduinen omvat een aantal aspecten die van actueel landschapsecologisch belang zijn. Hiertoe behoren allereerst de fysische en chemische

eigenschappen van het duin- en strandzand. Deze bepalen in hoge mate de bodemkundige eigenschappen. Voorts heeft de profielopbouw van het duingebied grote betekenis voor de waterhuishouding. Onder het duinzand kunnen zowel goed doorlatende zand- en grindpakketten worden aangetroffen als moeilijk doorlatende klei- of veenlagen.

Bij het beschrijven van de geologische opbouw van de kustzone, moeten de diverse afzettingen gesitueerd worden in de tijd en het milieu, waarin zij ontstonden. Hiertoe wordt teruggegaan tot het Pleistocoon, een tijdvak met ijstijden (glacialen), afgewisseld met warmere perioden (interglacialen). Van meer belang echter zijn afzettingen uit het daarop volgende Holoceen, aangezien deze vrijwel overal aan de oppervlakte liggen en dikke pakketten vormen. Deze sedimenten zijn ontstaan in een nauwe relatie met de kustontwikkeling, zoals in paragraaf 2.3. geschetst.

In de hiervolgende bespreking worden slechts hoofdlijnen aangegeven. In werkelijkheid is de geologische geschiedenis zeer ingewikkeld, van plaats tot plaats verschillend en lang niet overal bekend. Bij de bespreking wordt de chronologische volgorde aangehouden. Een overzicht van afzettingen, gerangschikt naar periode én milieu van ontstaan wordt gegeven in de geologische tijdschaal (tabel 3). Een overzicht van afzettingen aan de oppervlakte vindt men in de kaartjes in de figuren 25a, b en c.

#### *2.4.2 Het Pleistoceen*

Van de pleistocene afzettingen worden hier slechts de sedimenten uit de laatste twee ijstijden (Saalien en Weichselien) genoemd. Het Saalien (ca. 200 000-120 000 jaar geleden) bracht in grote delen van noordwest Europa een bedekking met landijs, dat tot halverwege ons land reikte. Uit die tijd stammen de welbekende keileemafzettingen, dit zijn compacte en slecht doorlatende lagen, die ten noorden van IJmuiden kunnen worden gevonden. De diepte varieert van enkele tientallen meters onder NAP tot vele meters boven NAP, zoals op Texel. Elders worden vooral rivierafzettingen van Rijn en Maas gevonden. Tijdens het Eem-interglaciaal (ca. 100 000-75 000 jaar v. Chr.) drong de zee weer op en deponeerde zand en soms kleis sedimenten. De laatste ijstijd bracht ons land geen bedekking met landijs, doch wel een zeer koud toendraklimaat. In die tijd werd veel zand door de wind verplaatst en als dekzand gedeponerd. Aan het eind van het Pleistoceen (ca. 8000 jaar v. Chr.) maakte de huidige kuststreek deel uit van een in noordwestelijke richting aflopend landoppervlak van rivier- of dekzandafzettingen, met hier en daar welvingen van het morenelandschap uit de voorlaatste ijstijd. De zeespiegel lag toen ca. 45 m lager dan nu, wat met zich meebracht dat de Noordzee nog slechts in zeer prille vorm bestond.

#### *2.4.3 Het Holoceen*

In het Holoceen had een aanzienlijke zeespiegelrijzing plaats. Dit had tot gevolg dat de kustlijn in oostelijke of zuidoostelijke richting opschoof. Bij een dergelijk proces blijken de sedimentatiezones die aan zo'n kust gebonden zijn, mee te schuiven. Hier wordt, in navolging van Zagwijn (1975) een drietal zones onderscheiden, die elk verschillende sedimenten opleveren:

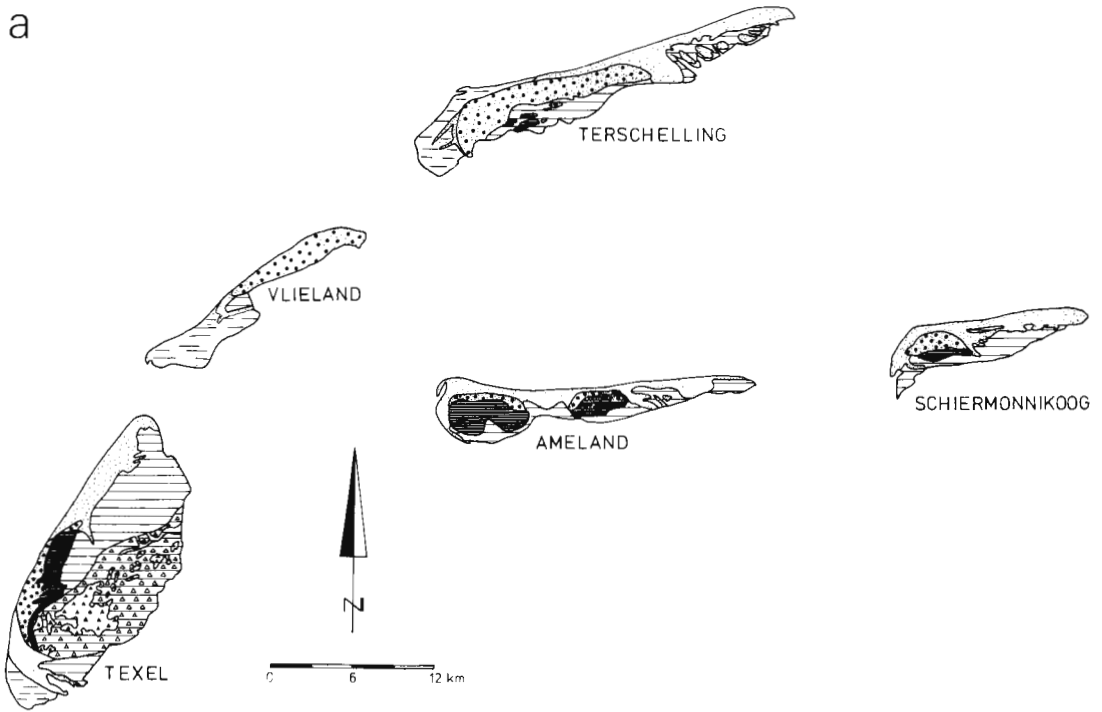
Tabel 3. Stratigrafische tabel van het Holoceen + laat Pleistoceen (naar Pons & Van Oosten, 1976; Zagwijn & Van Staalduinen, 1975; Zagwijn, 1975).

Geologische periode	Tijds-schaal	Mariene afzettingen	Jonge Duinen, Oude Duinen, veen, strandwallen
	2000 n.Chr.	Duinkerke IIIC ná 1200	Vorming Jonge Duinen
H SUB-		Duinkerke IIIB n.Chr.	
O ATLAN-	1000 n.Chr.	Duinkerke IIIA(800-1100 n.Chr.)	Strandwallen en V
O TICUM		Duinkerke II (250-600 n.Chr.)	Oude Duinen V V
L	0	Duinkerke I (500-200 v.Chr.)	gevormd en gespaard V V V
O	1000 v.Chr.	Duinkerke 0 (1500-1000 v.Chr.)	of gedeeltelijk V V V V
C SUB-	2000	Calais IVB (2700-1800 v.Chr.)	geërodeerd of over- Holland- dekt met Jong Duin- V veen
C BOREAAL		Calais IVA (3300-2700 v.Chr.)	zand V V V V
E	3000	Calais III (4300-3300 v.Chr.)	Vorming van strand- V V wallen (later verdwe- V nen)
E ATLAN-	4000 v.Chr.		
E TICUM	5000	Calais I (6000-4300 v.Chr.)	
N	6000		
		BOREAAL	Basis-veen
	7000 v.Chr.		
		PRAE-BOREAAL	
	8000		
P L E I S T O C E E N			
		WEICHSEL IEN (WIRM)	o.a. Formatie van Twente (fijnzandige afzettingen met leemlagen)
	ca. 75000 v.Chr.		
		EEMIEN	o.a. Formatie van Schouwen (grofzandige lagen met schelpfragmenten en fijn grind, soms slibhoudend)
	ca. 120000 v.Chr.		
		SAALIEN (RISS)	o.a. Keileem, fluvio-glaciale en fluvia-tiele afzettingen

- Een zandige kustzone met strandwallen met de daarop gevormde duinen.
- Achter deze zone, afhankelijk van de bescherming tegen de zee, een gebied met wadden, kwelders of brakwaterlagunes. Hierin vindt afzetting van zand of klei plaats.
- Een brak tot zoet, nat milieu, waar veenvorming optreedt.

In feite vertoont de holocene geschiedenis een voortdurend opschuiven en afwisselen van deze zones. Het al of niet gesloten zijn van de zandige kustzone bepaalt in hoge mate het karakter van de afzettingen. Het feit dat we met een opschuivende kustlijn te rekenen hebben, verklaart dat in de ondergrond verschillende van deze sedimenten op elkaar afge-

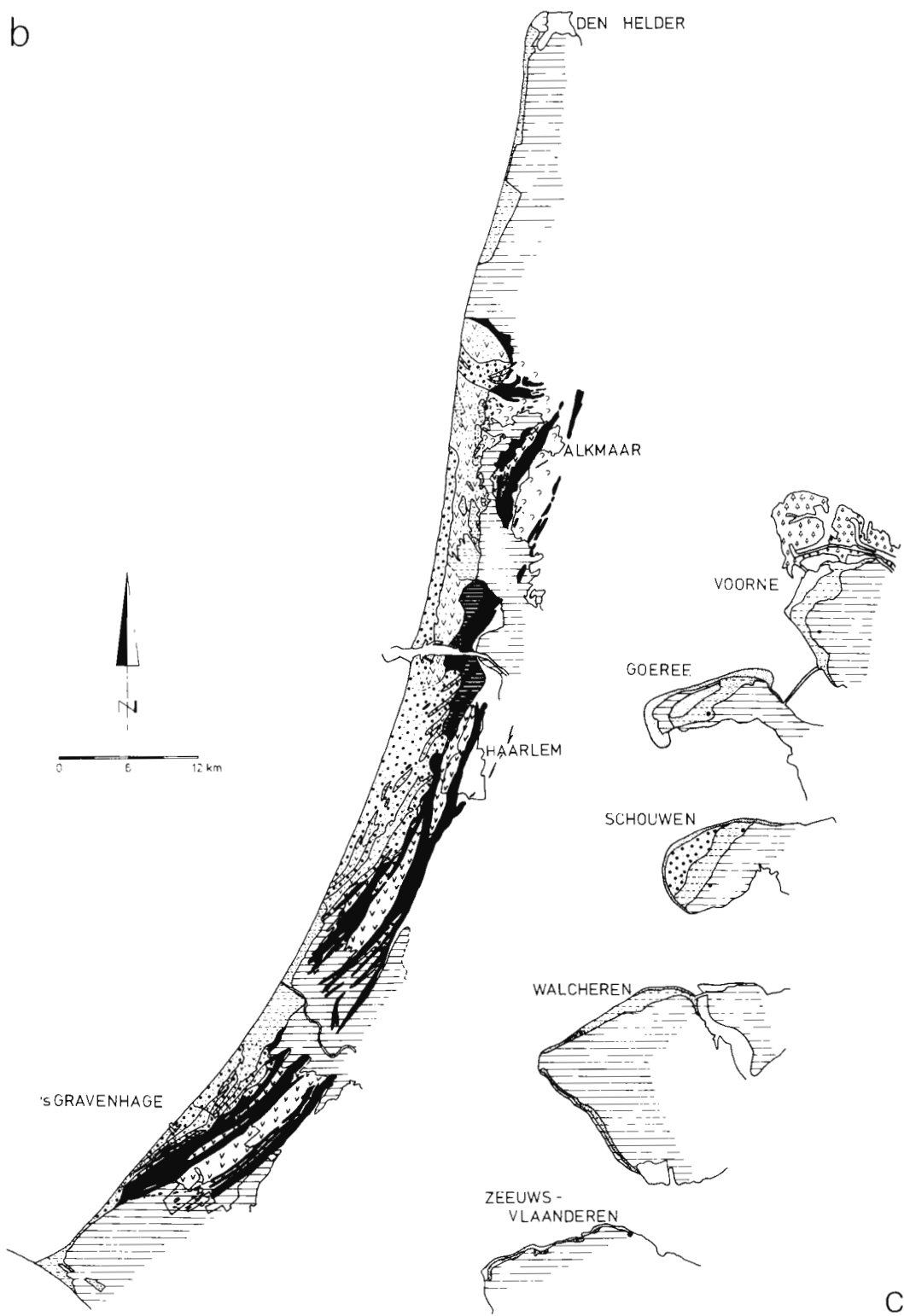
a



LEGENDA			
	JONGE DUINZANDEN		AFZETTINGEN VAN DUINKERKE OP PLEISTOCEN
	JONGE STRANDZANDEN		AFZETTINGEN VAN DUINKERKE; HOLLANDVEEN SOMS AANWEZIG
	JONGE DUIN- EN STRANDZANDEN OP OUDE DUIN- EN STRANDZANDEN		JONGE DUIN- EN STRANDZANDEN OP AFZETTINGEN VAN DUINKERKE (MET EVENTUEEL HOLLANDVEEN)
	STRANDWALLEN MET OUDE DUINEN		VEEN IN DE STRANDVLAKTES TUSSEN DE STRANDWALLEN (HOLLANDVEEN)
	OVERIGE OUDE DUIN- EN STRANDAFZETTINGEN		VEEN IN DE STRANDVLAKTES, BEOEKT DOOR JONGE DUIN- EN STRANDZANDEN
	PLEISTOCEN AAN DE OPPERVLAKTE		KUNSTMATIG OPGEHOOGD TERREIN
<p>Bronnen: Waddengebied: Rijks Geologische Dienst (1977)            Den Helder-Camperduin: NEBO-kaart 1:200.000            Camperduin-Schoorl: Pons &amp; Van Dosten (1976)            Schoorl-Monster: Jelgersma c.s. (1970)            Monster-Cadzand: Geologische kaarten 1:50.000, bladen 37 West (Rotterdam), Goeree en Overflakke, Schouwen-Duiveland, Walcheren, Zeeuws-Vlaanderen (West)</p>			

Fig. 25. Globale geologische kaart van het Nederlandse kustgebied  
 a. Schiermonnikoog t/m Texel,  
 b. Den Helder t/m Hoek van Holland,  
 c. Voorne t/m Zeeuws-Vlaanderen.

b



C

zet worden aangetroffen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van figuur 26.

Perioden, waarin de strandwallen door de zee werden doorbroken en de afzettingen erachter (b.v. veenlagen) werden geërodeerd of later -tijdens rustiger condities- werden overdekt met zand of klei, noemt men transgressiefasen. Aan het eind van een transgressiefase kon de kust zich weer sluiten, waardoor in het achterliggende land weer veenvorming kon gaan optreden. De holocene geschiedenis kent, voorzover bekend, zeker elf van deze transgressiefasen. Deze zijn in twee groepen verdeeld: de Calais-transgressiefasen en de Duinkerke-transgressiefasen, met de daarbij behorende Calais- of Oude Getijde-afzettingen en de Duinkerke- of Jonge Getijde-afzettingen. Beide bestaan uit zand of kleilagen.

In een denkbeeldige dwarsdoorsnede van een kustgebied, zoals aangegeven in figuur 26, zien we dat op het pleistocene oppervlak allereerst een veenpakket is gevormd: het Basisveen. Nadien zijn tijdens doorbraken van de strandwal de Oude Getijde-afzettingen gedeponeerd. In rustiger tijden en op rustiger plaatsen bleef veenvorming belangrijk. Dit gold ook in later tijd, toen de Jonge Getijde-afzettingen tot stand kwamen.

Op de strandwallen ontstonden duinen, die thans als Oude Duinen bekend staan. Eerst na 1100 à 1200 na Chr. vormden zich de Jonge Duinen. Hierna wordt nader op de strandwallen en Oude en Jonge Duinen ingegaan.

#### 2.4.4 Strandwallen en Oude Duinen

Onder invloed van de golfwerking op de zeebodem kan zandtransport in de richting van de kust plaatsvinden. Hierdoor kan een relatief hooggelegen strandwal gevormd worden.

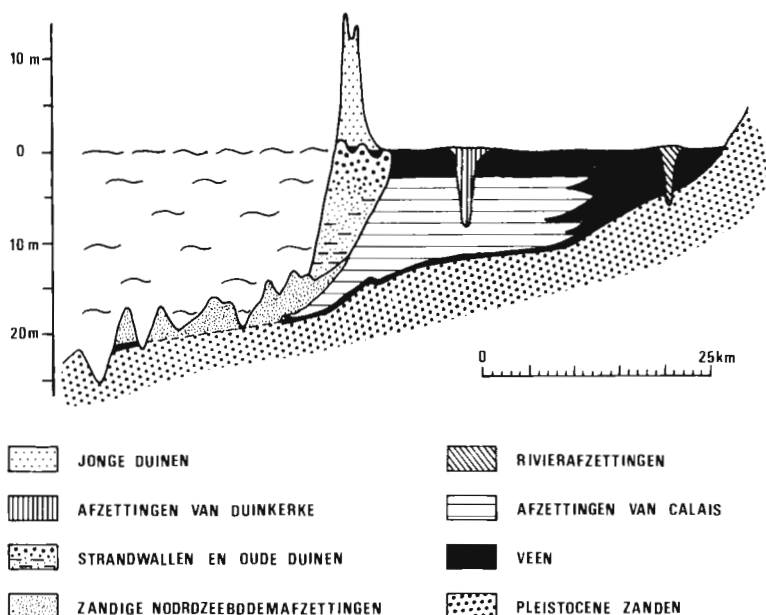


Fig. 26. Globaal overzicht van de geologische opbouw van een duingebied langs de kust, (naar Jelgersma et al, 1970).

Deze is dus op te vatten als een onder invloed van de zee ontstane vorm. Wanneer een strandwal voldoende hoog is, krijgt de wind er vat op en begint de duinvorming.

Het valt te vermoeden dat strandwallen al vanaf de aanvang van het Holoceen de landwaarts opschuivende kustlijn hebben geflankeerd. Het wekt echter bevreemding dat in Noord- en Zuidholland reeksen van strandwallen worden gevonden die juist op kustuitbreiding duiden. Door middel van dateringen is vastgesteld dat de meest oostelijke strandwalseries 2800-2100 jaar v. Chr. werden gevormd. De tweede serie ten westen hiervan werd 2200-1500 jaar v. Chr. gevormd. Het verloop is weergegeven op het kaartje in figuur 25b.

Kennelijk is in die perioden de zandaanvoer in kustwaartse richting groter geweest dan de verliezen aan land door bijvoorbeeld relatieve zeespiegelrijzing. Het is mogelijk dat de gesteldheid van de zeebodem (diepte en helling) tezamen met een gunstig 'golfklimaat' een tijdlang extra gunstige condities kenden voor zandtransport door de golfwerking op de zeebodem.

De strandwallen en het bijbehorende duinreliëf (Oude Duinen) worden afgewisseld met lage vlakke delen, de strandvlakten. Hierin heeft zich veelal veenvorming voorgedaan. In het patroon van nog aanwezige strandwallen komt een tweetal hiaten voor, één bij Egmond-Castricum ter plaatse van een vroegere riviermond, en een ander bij de monding van de Oude Rijn te Katwijk. Verder zuidelijk bij Monster duidt het zeewaarts gebogen verloop van de strandwallen op de monding van Rijn en Maas ten zuiden van Hoek van Holland. In zuidwest Nederland worden, met uitzondering van Schouwen en een klein deel van Walcheren, geen strandwallen en oude duinafzettingen meer gevonden. Op de Waddeneilanden zijn wel oude duinafzettingen aanwezig. Het is echter nog niet zeker of deze aan strandwallen gebonden zijn of dat ze over andere afzettingen zijn heengestoven.

De vorming van Oude Duinen is tot na de Romeinse tijd doorgegaan, dat wil zeggen lang nadat de strandwallen zélf zijn ontstaan. Van het strandwallenlandschap (strandaafzettingen, Oude Duinen en strandvlakten) is een deel door de Jonge Duinen (ontstaan na 1100 à 1200) overdekt. Voor de rest is het overgrote deel afgegraven waarbij het vrijkomende zand grotendeels rendabel werd gemaakt bij de uitbreiding van de grote steden. De afgegraven terreindelen zijn veelal omgezet in hollenland.

#### 2.4.5 De Jonge Duinen

Na de vorming van de Oude Duinen heerste er een rustperiode van enkele eeuwen. In de 12e eeuw, wellicht ook eerder, kwam het echter plotseling en door nog steeds slecht bekende oorzaken, tot de vorming van de zogenaamde Jonge Duinen. Onderzoek in de vastelandsduinen van Noord- en Zuidholland heeft aangetoond dat daar een aantal fasen van Jonge Duinvorming zijn te onderscheiden. Bij de eerste fase, die zich voor 1300 afspeelde, werd, na nivellering van het oppervlak der Oude Duinen, de binnenduinstrand gevormd en westelijk daarvan een golvend zanddek. Tussen 1400 en 1600 voltrok zich de tweede fase. Hierbij ontstonden de reliëfrijke duinen, die merendeels het beeld van de huidige duinstrook bepalen. Een laatste fase van duinvorming voltrok zich vermoedelijk in de 18e eeuw. Hierbij bleef de duinvorming beperkt tot de kuststrook. In sommige vastelandsduinen zijn deze perioden van duinvorming terug te vinden in een drievoudige zonering. De oorzaak van het ontstaan van de Jonge Duinen en de genoemde fasering is nog onduidelijk. Een proces,

waarbij een massaal zandtransport over vele kilometers landinwaarts plaats vindt, kan gestimuleerd zijn door een geconstateerde ontbossing van het kustgebied. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat deze ontbossing de werkelijke oorzaak van zo'n proces vormt. De oorzaak moet eerder gezocht worden in een combinatie van klimaat en kustontwikkeling, die na een periode van rust en zandaanvoer een versnelde kustafbraak (stormvloed) en daaropvolgend een intensief windtransport van zand tot gevolg hadden. Ook wat de fasering betreft zijn voor die verklaring aanknopingspunten in historische klimaatsgegevens te vinden. Er wordt met nadruk op gewezen dat bovenstaande veronderstelling betrekking heeft op de vastelandsduinen. De veel gecompliceerder en tot in de huidige tijd dynamische kustontwikkeling in zuidwest Nederland en het Waddengebied heeft een sterk afwijkende leeftijdsopbouw van de daar aanwezige duinen tot gevolg. Dit komt in paragraaf 2.5 ter sprake.

#### *2.4.6 Het materiaal van de Jonge Duinen*

Het duin- en strandzand heeft een aantal eigenschappen die in ecologisch opzicht van groot belang zijn. Duinzand is in fysisch opzicht zeer homogeen. Het bestaat voor het overgrote deel uit korrels met een diameter van ca. 0,1 tot 0,3 mm. Grovere korrels en kleinere delen komen slechts in kleine hoeveelheden voor. Hoewel de korrelgrootte langs de kust enigszins varieert, heeft dit voor de plantengroei vermoedelijk weinig betekenis. Wat wèl van belang kan zijn, is de afzetting van slib op sommige plaatsen, zoals op strandvlakten in het estuariene gebied en in mindere mate in het waddengebied. Dit is een vrij lokaal verschijnsel dat ter plaatse echter voor een belangrijke ecologische variatie kan zorgen, door een andere vochtvoorziening en een afwijkende voedingsstoffensituatie.

In chemisch opzicht zijn duin- en strandzanden veel minder homogeen dan in fysisch opzicht. Met name het gehalte aan mineralen die voor bodemontwikkeling en plantengroei belangrijk zijn, zoals Ca, Mg en K, kan van plaats tot plaats sterk variëren.

Duin- en strandzand bestaat voor het grootste deel uit het nauwelijks verweerbare kwarts, maar bevat ook andere bestanddelen zoals veldspaten en glimmers die van verschillende soorten gesteente afkomstig zijn. Daarnaast is het gehalte aan schelpfragmenten (kalk) van groot belang. Bij verwerking kunnen al deze ingrediënten voedingsstoffen leveren of indirect het milieu beïnvloeden. Voedingsstoffen als fosfor en stikstof zijn in de afzettingen van nature slechts in geringe hoeveelheden aanwezig.

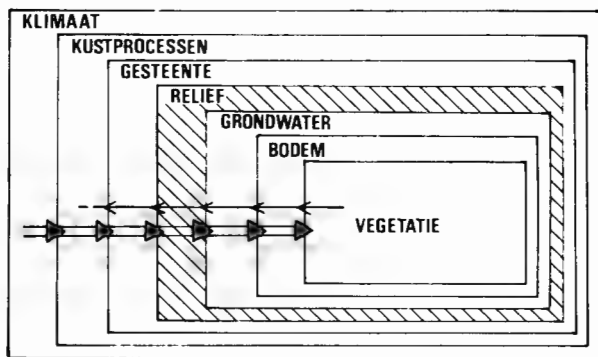
Qua chemische samenstelling kent het duin- en strandzand in Nederland vrij grote verschillen, zeker in vergelijking met andere landen in west Europa. Ter hoogte van Bergen aan Zee ligt een duidelijke grens. Ten zuiden van Bergen is het zand mineraalrijk, met kalkgehalten van ruim 2%, oplopend tot bijna 10%. Noordelijk van deze grens komen gehalten van minder dan 2% en vaak zelfs van ca. 0,5% voor. Dit verschil in samenstelling van het moedermateriaal komt tot uiting in de plantengroei. Daarop berust in hoofdzaak het plantengeografische onderscheid in het kalkrijke Duindistrict en het kalkarme Waddendistrict.

Het verschil in moedermateriaal hangt, zoals door onderzoek van Eisma (1968) kwam vast te staan, samen met de herkomst van het zand en de kustgeschiedenis. De zanden van het Waddendistrict zijn voor een groot deel tijdens de ijstijden aangevoerd, (b.v. dekzanden) en arm aan mineralen. Bovendien hebben de kustgedeelten hier lang buiten het be-

reik van de zee gelegen of waren de kustwateren te ondiep en daardoor door de krachtige golfwerking te ongestuurd voor het ontstaan van tere, gemakkelijk te vergruizen schelpen. De zanden van het Duindistrict zijn in hoofdzaak afkomstig van de Rijn en de Maas en hebben een hoger gehalte aan onder meer veldspaten. Bovendien is de ophoping van schelpen hier groter geweest.

Binnen zowel het Wadden- als het Duindistrict komen gebieden voor die onderling nogal verschillen. In het Waddendistrict hebben Texel en Schiermonnikoog relatief hoge kalkcijfers (0,5-1,5%). In het Duindistrict worden ter hoogte van Haarlem hoge kalkgehalten gevonden, terwijl die op Schouwen en Walcheren laag zijn. Dit maakt dat er vele regionale verschillen bestaan in moeder materiaal die uiteindelijk ook in de plantengroei tot uiting komen.

## 2.5 Geomorfologie



⇒ OVERHEERSENDE INVLOED  
 ← ONDERGESCHIKTE INVLOED

Fig. 27. Vignet reliëf.

### 2.5.1 Algemeen

Dat het Nederlandse duingebied nog steeds als een groot, samenhangend en relatief gaaf landschap is te betitelen is voor een groot deel te danken aan de aanwezigheid van een natuurlijk en ongeschonden reliëf. De gevarieerde terreinvormen dragen ook ten eerste bij aan de landschappelijke aantrekkelijkheid. Karakteristiek voor de duinen zijn de vaak forse hoogteverschillen en de steile hellingen. Hoogteverschillen van meer dan 50 m komen bijvoorbeeld voor bij de Schoorlse duinen. In veel duinen treft men hellingen aan van meer dan 30°. Er zijn echter ook zeer zwak glooiende, bijna vlakke duinterreinen. Een hoge graad van dynamiek, zoals duinafslag tijdens stormvloed, maar ook nieuwvorming van duinen op strandvlaktes of grootschalige verstuingen, is typisch voor de duinen. Al deze kenmerken van een geaccidenteerd en dynamisch terrein vallen des te meer op, aangezien de duinen meestal abrupt in het vlakke cultuurland overgaan.

De studie van duinvormen, van het materiaal waaruit duinen zijn opgebouwd, voorts van de wijze en periode van ontstaan en van de actuele processen, die veranderingen in

het bestaande reliëf te wegbrengen, vormt het werkterrein van de geomorfologie. Geomorfologische studies berusten meestal op karteringen, die de meeste van de bovengenoemde aspecten in kaart brengen. Het 'Duinvalleienproject' maakt hierop geen uitzondering. Een overzichtskaart (1:100 000) wordt in bijlage 4 aangetroffen. Een toelichting bij deze kaart vindt men aan het einde van deze paragraaf.

Alvorens op de duinvormingsprocessen in te gaan, is het wenselijk het belang van het reliëf in het landschap aan te duiden. Het reliëf, waartoe in dit bestek aspecten zijn gerekend als duinbreedte, duinhoogtes, hoogteverschillen, hellingen, ontstaansperiode, duinstructuur, etc., is in sterke mate bepalend voor het grondwater, de bodemvorming en uiteindelijk voor de plantengroei. Het reliëf van de duinen is op zijn beurt te zien als de resultante van de componenten klimaat, kustprocessen, materiaal (zand), grondwater en de plantengroei.

Plantengroei is op zichzelf geen onmisbare factor voor duinvorming. Langs onze kusten spelen planten echter zo'n belangrijke rol bij het ontstaan en het vastleggen van duinen, dat er wel van 'organogene' duinvorming wordt gesproken (van Dieren, 1934).

### 2.5.2 Duinvormende factoren

Toegespitst op de processen van duinvorming, waartoe niet alleen het eerste ontstaan van duintjes op de strandvlakte (primaire duinvorming) valt te rekenen, maar tevens de gehele verdere evolutie via verstuiwingen, vervorming en verplaatsing (secundaire duinvorming), vallen vier hoofdfactoren te onderscheiden: de zee, het zand, de wind en de plantengroei.

De zee neemt een sleutelpositie in door de aan- of afvoer van het bouw materiaal. Enerzijds is er voldoende materiaal met geschikte eigenschappen (onverkit zand) noodzakelijk voordat duinvorming kan optreden, anderzijds oefent de zee door kustuitbreiding of kustafslag een heel beslissende invloed op het verdere verloop van de duinvorming uit. (Dit wordt in een later bestek duidelijk bij de bespreking van de morfologie van aangroei- en afslagkusten). Is er voldoende materiaal en een groot en stuifgevoelig oppervlak voorhanden, dan worden de opname en verplaatsing van zand door de wind mogelijk. De conditie van het oppervlak is daarbij van groot belang. Zijn de zandkorrels vrij klein, onverkit en niet gebonden door slib of vocht of afgedekt door een slib- of schelpenlaag, dan wordt het windtransport bevorderd. De stranden en strandvlaktes zijn wat dat aangaat meestal zeer geschikt. Zij worden tijdens stormvloed door golfslag en stromingen omgewerkt en schoongehouden, terwijl ook de wind zelf het oppervlak in beroering houdt. In beschutte terreindelen kan bij overspoeling echter enige slibafzetting optreden. Bij de meeste stranden en strandvlaktes is dit niet het geval. Verder is een voldoende uitgedroogd zandoppervlak nodig om het tot verstuiwing te laten komen. Voor het opnemen en verplaatsen van zand door wind is een snelheid van ruwweg 5 m/s nodig. Dit staat gelijk met windkracht 3-4 (Beaufort). De hoeveelheid zand die in beweging komt neemt snel toe met de windkracht. Per tijdseenheid verhouden de massa's zand die verplaatst worden bij een windkracht van respectievelijk 5, 8 en 10 (Beaufort) zich als 1:30:100. Om een indruk te krijgen van de hoeveelheid zand, die bij windkracht 11 in beweging is: per uur passeert, gerekend over één meter dwars op de windrichting, zo'n 3½ ton zand. In theorie betekent dit een enorm

zandtransport bij langdurige zware stormen. Het effect wordt bij stormen in werkelijkheid echter verminderd door de overspoeling van de strandvlaktes en stranden.

Bij windtransport van zand bestaat een drietal mechanismen: het rollen, het springen (salteren) en het zweven van korrels. Het saltatieproces is het belangrijkste. Hoe het transport ook verloopt, het zand wordt in hoofdzaak in de onderste decimeter boven het oppervlak verplaatst. Vanzelfsprekend ligt de zaak anders als hoge duintoppen verstuiven.

Windtransport houdt van nature een selectie- of sorteringsproces in. De zwaarste delen blijven liggen of raken achter. Dit geldt ook voor schelpen of grove schelpfragmenten. Het gevolg is dat duinzand vaak minder schelpdelen bevat dan het strandzand waar het uit voortkomt.

Bij de factor wind speelt naast de windsnelheid ook de richting een grote rol. De meeste kustgedeelten ondervinden een groot deel van het jaar aanlandige winden, die het zand landinwaarts stuwen. Minder gunstig gelegen delen, zoals de oostpunten van de Waddeneilanden, kunnen evenwel ook duinvorming ondergaan tijdens de minder frequente (noord-) oostelijke winden.

Na de factoren zee, zand en wind rest de bespreking van de plantengroei als duinvormende factor. Dit is geen onontbeerlijke factor, zoals blijkt op strandvlaktes of in woestijnen, waar ook onbegroeide ofwel fysische duinen voorkomen. Onze kustduinen zijn echter zozeer in samenspel met de begroeiing tot stand gekomen, dat de plaats van vorming en de terreinvormen zelf er in hoge mate door zijn bepaald. Er kan bij duinvorming van een dubbele functie van de begroeiing worden gesproken. Allereerst remmen de aanwezige planten de windsnelheid zodanig, dat het zand ter plaatse tot rust komt. Vervolgens wordt het zand gefixeerd als de planten het zand doorwortelen en het plantendek zich sluit. Bij beschadiging van de vegetatie krijgt de wind opnieuw een kans en kan het duin vervormd of verplaatst worden. De conditie van het plantenkleeft is dan ook van essentiële betekenis voor de evolutie van duinvormen.

Na deze verkenning in duinvormende factoren wordt de duinevolutie verder toegelicht. Hierbij is een splitsing gemaakt in de primaire duinvorming, zoals die vooral bij aangroei-kusten optreedt en secundaire duinvorming, die haar oorzaak in verstuiwing van reeds bestaande duinen vindt.

### *2.5.3 Primaire duinvorming; duinvorming bij aangroei-kusten*

In paragraaf 2.3 zijn de oorzaken van kustaanwas aangegeven, evenals de plaatsen waar dit kan plaatsvinden. Kustaanwas leidt langs de woelige Noordzee tot het ontstaan van brede, zandige en vrij vlakke terreinen met een grondvlak van onbepaalde vorm: de strandvlakten. Een strandvlakte onderscheidt zich van het smalle, duidelijk hellende strand van de erosieve kust o.a. door een ruim zandaanbod voor windtransport en duinvorming. Duinvorming op strandvlaktes kan resulteren in onbegroeide (fysische) duintjes en begroeide duintjes. Fysische duintjes ontstaan voor of achter obstakels, zoals wrakhout en begroeiing of zij bewegen zich vrij over de strandvlakte, zoals in het geval van de sikkelduintjes (lage duintjes met een sikkelvormig grondvlak), ook wel strandbarchaan-tjes genoemd. Gezien het vergankelijke karakter spelen zij in de verdere duinevolutie nauwelijks een rol. Dit gaat wel op voor de begroeide strandduintjes. Een voorbehoud geldt

echter voor de slechts tijdelijk vastgelegde vormen, zoals bij een begroeiing met eenjarige soorten (b.v. zeeraket). Pas een begroeiing met overblijvende soorten zorgt voor een min of meer blijvende fixatie van duinen.

Of vorming van begroeide strandduintjes plaatsvindt en waar dat gebeurt, hangt in tweeërlei opzichten af van de invloed der zee. Allereerst is er het destructieve effect van golfslag en stromingen, die tijdens de stormvloedden in herfst en winter hun werkterrein naar strandvlakte of zelfs zeereep verleggen. Afhankelijk van de stormvloedwerking stelt de zee bij wijze van spreken een ondergrens vast. Onder die grens overheerst de afbraak, erboven kan een ruime zandaanvoer het afbrekende werk van een enkele stormvloed nog compenseren. Het eindsaldo van afbraak en opbouw is dus belangrijker dan het al of niet binnen bereik van een stormvloed liggen.

De zee werkt evenwel beslist niet alleen destructief. Tijdens vloedden of stormvloedden wordt een vloedmerk gedeponeerd: een smalle zone met aangespoeld materiaal, zoals wier, hout, schelpen, maar ook olie, plastic en glas. Dit hoofdzakelijk organische materiaal is zo rijk aan voedingsstoffen, dat plantengroei zich bij voorkeur in deze zones vestigt. Dit verklaart waarom strandduintjes zich zeer vaak op deze plaatsen vormen en bijgevolg ook dezelfde ligging vertonen als deze vloedmerken (fig. 28).

Een verdienstelijke rol bij het ontstaan van de begroeide strandduintjes speelt het biestarwegras, een meerjarige pionierplant die goed zoutbestendig is en een behoorlijke overstuiving verdraagt. Door het overstuiven en het geleidelijk meegroeien van deze soort treedt er ophoging van het duintje op en kan een soort als helm, die minder zouttolerant, maar ook minder afhankelijk van vocht en voedingsstoffen is, zich vestigen. Helm is bij uitstek geschikt voor het vastleggen van overstuivend zand. Een jaarlijkse overstuiving van één meter wordt door deze plant 'bijgehouden'. De verticale duingroei wordt derhalve vooral door deze soort bevorderd. Overigens moet worden bedacht, dat met het zand ook tal van voedingsstoffen worden meegevoerd die voor de groei van deze planten belangrijk zijn.

Een serie strandduintjes kan bij voldoende zandaanvoer en andere gunstige condities, een gesloten duinreeks gaan vormen, die bij voortgaande verticale groei een hechte zee-wering kan worden. Vaak werd en wordt zo'n ontwikkeling door de mens gestimuleerd of begeleid door het plaatsen van schermen en door helmaanplant. Zo'n nieuwe buitenduinreeks of zeereep kan de zeeerende taak van de oorspronkelijke zeereep overnemen en deze tegelijkertijd grotendeels afsluiten van stuifinvloeden en stormvloedeffecten. De nieuwe

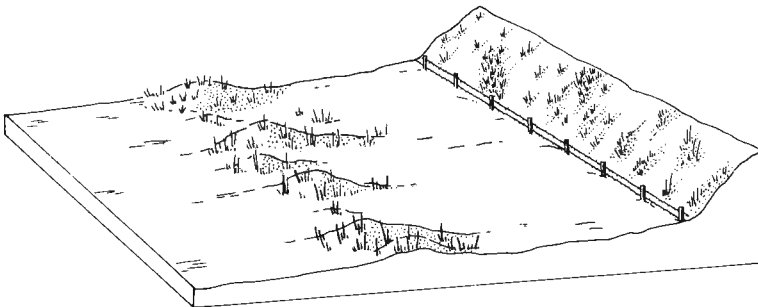


Fig. 28. Duinvorming op het strand.

duinenreeks kan zich tegen de oude zeereep aan vormen, zodat er een 'dubbele' zeereep ontstaat, maar kan zich ook op enige afstand daarvan ontwikkelen, waarbij een deel van de oorspronkelijke strandvlakte door de beide duinenreeksen wordt ingesloten. In dat geval is het van belang of de jonge duinenreeks dit stuk strandvlakte volledig afsnoert door met beide uiteinden op de oude duinen aan te sluiten of dat er slechts één contactpunt tussen oude en nieuwe zeereep bestaat en het stuk strandvlakte nog openligt voor overspoeling en eventueel slibafzetting of overstuiving. De eerste situatie leidt tot het ontstaan van een primaire vallei of afgesnoerde strandvlakte, die na verzoeting een vochtig valleimilieu oplevert. De tweede situatie leidt tot een onvolledig afgesnoerde strandvlakte die ook grotendeels kan verzoeten, maar toch periodiek met zeewater overspoeld wordt. Een dergelijk terrein gaat vaak zeer geleidelijk over in een kale strandvlakte of een kweldergebied. De al dan niet volledig afgesnoerde strandvlakten zijn langgerekt en evenals de bijbehorende duinenreeksen ongeveer parallel aan de kustlijn georiënteerd. Het hangt vaak van de ligging ten opzichte van de zandaanvoer en van de menselijke activiteiten af, of en waar dergelijke valleien ontstaan. Het ontstaan van nieuwe duinenreeksen op strandvlakten is langs de Nederlandse kust, ook in het verleden, zelden een volslagen natuurlijk verschijnsel geweest. In tal van gebieden zijn afgesnoerde strandvlaktes ontstaan, die begrensd worden door onmiskenbare stuifdijken en waar nodig zelfs door puur kunstmatige zanddijken. Dit is ondermeer herkenbaar in de Kroon- en Kroonspolders op Terschelling en Vlieland.

Het proces van kustaanwas is vaak oorzaak geweest van een herhaald optreden van de vorming van nieuwe zeerepen en afgesnoerde strandvlaktes, die min of meer parallel aan elkaar zijn gevormd (fig. 29). Soms overbrugt zo'n serie een ontstaansperiode van meer dan een eeuw en zorgen de leeftijdsverschillen voor interessante bodemkundige gradiënten. Dit geldt bijvoorbeeld voor zuidelijk Texel. Overigens zorgt de ontstaanswijze van de afgesnoerde strandvlakte ervoor dat de bodems soms enigszins slibhoudend zijn, in tegen-

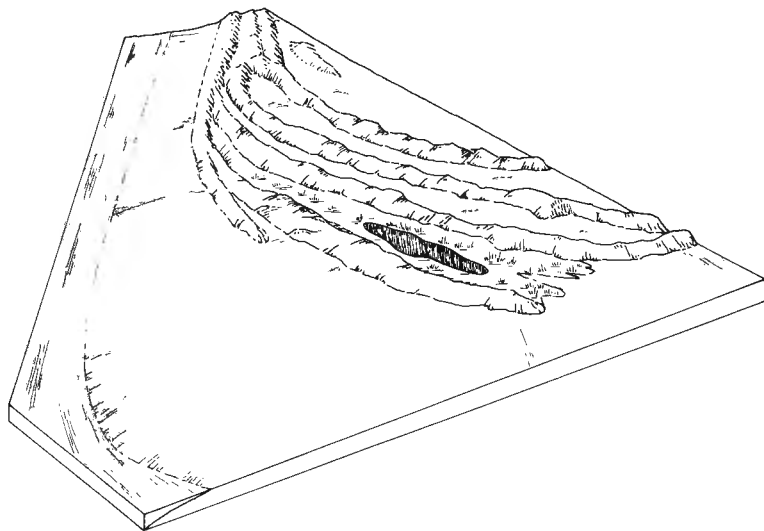


Fig. 29. Afgesnoerde strandvlakten.

stelling tot valleien die door uitstuiving zijn ontstaan.

Rest te vermelden dat de afgesnoerde strandvlaktes, voortkomend uit een in de regel vrij vochtige strandvlakte, van nature nog in vochtigheid kunnen toenemen door stuwning van zoet grondwater. Dit wordt in paragraaf 2.6.3 uiteengezet. Bij aanzienlijke verbreding van de duinenrij ontstaan daardoor soms natuurlijke duinmeren in de laagste delen. Op die wijze zijn bijvoorbeeld het Breede Water op Voorne en het Zwanewater bij Callants-oog ontstaan.

#### 2.5.4 *Secundaire duinvorming*

Hierboven is de gang van zaken beschreven bij kustangroei, een overmaat aan zand en de daaruit voortvloeiende primaire duinvorming. Geheel anders verloopt de duinevolutie bij kustafslag, waarbij bestaande duinen worden aangetast, vervolgens door verstuiving gedeformeerd en gedeeltelijk of geheel verplaatst. Deze ontwikkeling wordt, tezamen met verstuivingen door andere oorzaken, zoals het beschadigen van het plantenkleed, secundaire duinvorming genoemd. Wij beperken ons voorlopig tot de duinevolutie, die door kustafslag wordt ingeluid, hoewel secundaire duinvorming door andere oorzaken regionaal van groot belang is geweest. Bij kusterosie wordt de buitenduinvloet aangetast. De zeeerende duinen vertonen dan een steil en kaalgeslagen front: het afslagklif. Een dergelijk kaal, instabiel klif krijgt de volle laag van de wind en biedt alle kans op verstuivingen. Zo was althans de gang van zaken in vroeger eeuwen in Nederland en zo is zij dat nog steeds in sommige buitenlandse gebieden. Het tegenwoordige beheer is in Nederland echter zo stringent, dat vrijwel elke natuurlijke ontwikkeling in de kiem wordt gesmoord door het plaatsen van schermen, herinplant met helm en dergelijke. Op andere plaatsen schuift men de zeereep, voordat deze door de zee wordt aangetast, direct landinwaarts of laat deze via gecontroleerde stuifprocessen landinwaarts 'rollen' om hem daarna weer vast te leggen (fig. 30).

Bij een ongehinderd verloop leidt duinafslag echter al snel tot het ontstaan van windkuilen en -geulen, plaatsen waar het zand is uitgestoven zonder dat daarbij het grondwater-niveau wordt bereikt. Een zeereep, die door dergelijke erosie-laagtes is aangetast noemen we 'gekerfde zeereep'. Zet de uitstuiving zich voort, dan kunnen deze laagtes zich uitdiepen tot grondwater-niveau, waar het zand vochtig en verder nauwelijks stuifgevoelig is. De vlakke, van nature vochtige, bodems kunnen zich gaandeweg in horizontale richting

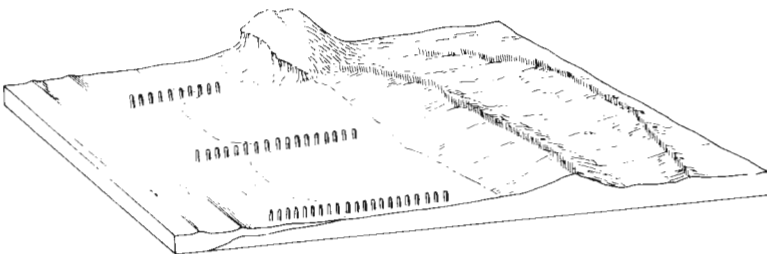


Fig. 30. Rollende zeereep en afslagkust.



Foto 2. Door uitstuiving tot nabij het grondwater kunnen vochtige duinvalleien ontstaan. Het proces van 'secundaire duinvalleivorming' op de foto verkeert nog in het beginstadium.

uitbreiden. Op deze wijze ontstaan de zogenaamde uitblazingsvalleien of secundaire valleien, die dus evenals de afgesnoerde strandvlaktes (primaire valleien) van nature een vochtige bodem kennen. Treedt de uitstuiving op in een droge tijd, met lage grondwaterstanden, dan kan, na herstel van de grondwatersituatie, een zeer natte vallei of een duinmeer het resultaat zijn. In aanleg ontwikkelen de uitblazingsvalleien zich enkelvoudig en breiden zich vooral in de lengterichting uit. De ovale of langgerekte en in de richting van de heersende wind gestrekte valleien noemen wij daarom enkelvoudige uitblazingsvalleien (fig. 31).

Afhankelijk van de onderlinge rangschikking en vorm van valleien en resterende duinruggen kunnen duincomplexen, waarin enkelvoudige valleien aanwezig zijn, aangeduid worden als streepduin- of microparaboolcomplexen. In het eerste geval zijn duinruggen en tussenliggende valleien langgerekte en evenwijdig gerangschikt, in het tweede geval zijn de meer ronde of ovale valleien omsloten door hogere en vaak enigszins paraboolvormige duinkammen. Het totale valleiooppervlak is in beide situaties nog relatief gering en de omringende duinhellingen zijn vaak steil.

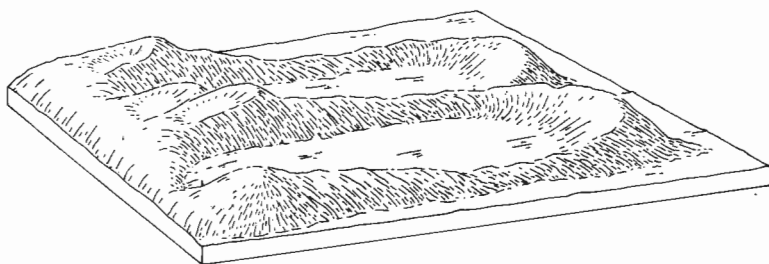


Fig. 31. Enkelvoudige uitblazingsvalleien.

Bij een volgend stadium in de duinevolutie zijn de duinenreeksen verder aangetast, vervormd en zelfs zodanig verplaatst dat de oorspronkelijke ligging niet of nauwelijks te achterhalen is. In de regel zijn de valleien dan ver uitgewaaid en aan de lijzijde en de langsijden omgord door duinruggen, die een hoefijzer- of U-vormig geheel vormen: het paraboolduin (fig. 32). De valleibodem zelf kan vrij vlak zijn of, ten teken van een ontwikkeling met horten en stoten, allerlei lage kopjes en ruggetjes bevatten: restanten van rustfasen in de verplaatsing. Paraboolduinen en bijbehorende valleien of aanverwante vormen, zoals de later te behandelen kamduinen, komen zeer veelvuldig voor. In sommige gevallen treedt een steeds verdere uitwaaiing van de paraboolduinen op, zelfs zoeer dat de 'kop' totaal verwaait en verdwijnt en slechts de paraboolarmen overblijven. Deze zijn evenwijdig aan de heersende wind georiënteerd, hetgeen ook mede de oorzaak was van hun standvastigheid. Deze ruggen noemen wij lengteduinen (fig. 32).

In de evolutiestadia, waarbij de uitwaaiing grote vormen aanneemt, treedt veelal zijdelingse vergroeiing van voorheen geïsoleerde (enkelvoudige) secundaire valleien op. Het resultaat is een samengestelde uitblazingsvallei, waarvan de lengte-as dan loodrecht of schuin op de heersende wind is komen te liggen. Bovendien is het oppervlak van de valleibodems ten opzichte van de duinruggen sterk toegenomen (fig. 33).

Een type duinenreeks met een vrij sterke verwantschap aan de paraboolduinen is de kamduinenreeks, een duinenreeks schuin of dwars op de windrichting met aan de loefzijde een aantal windwaarts wijzende duinruggen. Het geheel is qua ontstaanswijze vergelijkbaar met de paraboolduinen. Het maakt de indruk van een hark of kam, vandaar de naam kamduin (fig. 33). Vermoedelijk houdt de ontstaanswijze het midden tussen een massale verplaatsing van een gehele duinenreeks en het mechanisme van paraboolvorming.

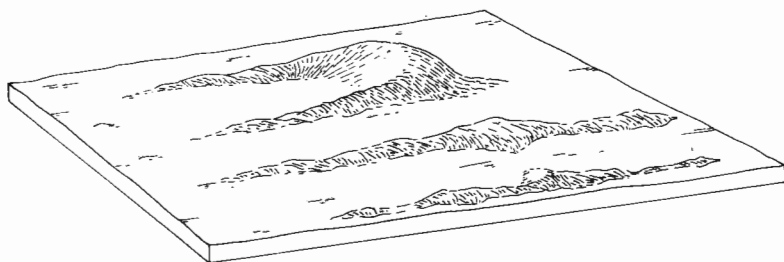


Fig. 32. Paraboolduin met lengteduinen.

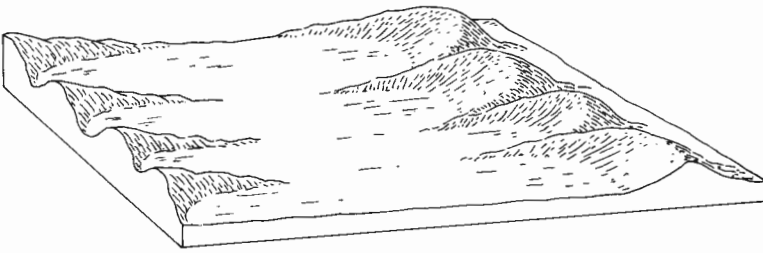


Fig. 33. Kamduinen met samengestelde uitblazingsvallei.

Tot dusverre bespraken wij steeds duinvormen, die geleidelijk en vaak grillig ver-  
 vormden door lokale verstuiwing, terwijl andere delen door de begroeiing werden vastge-  
 houden. De rol der vegetatie was dus duidelijk merkbaar. In het terrein is zoiets vaak  
 af te lezen aan de overwegend steile hellingen, zowel aan de loef- als de lijzijde en de  
 grillige en scherpe contouren. In een aantal gevallen kan de begroeiing evenwel zodanig  
 haar greep op het zand verliezen, dat de wind vat kan krijgen op vrijwel volledig kale,  
 licht verstuiwbare zandmassa's. Het samenspel van zand en wind, zoals we dat van de fy-  
 sische duinen op de strandvlakte of in woestijnen kennen, gaat dan het beeld bepalen.  
 Interessant is dat deze duinvormen 'in het groot' de gedaante van de eerder genoemde  
 strandbarchaantjes gaan aannemen. Er ontstaan vrij grote, vaak ook geïsoleerde duinen  
 met een flauwe, egale loefhelling en een steile lijzijde, de zogenaamde loopduinen (fig.  
 34). In de Nederlandse duinen zijn zij meestal het resultaat van secundaire verstuiwingen.  
 Van Terschelling is bekend dat zij zijn voortgekomen uit gedegradeerde paraboolduinen.  
 Het feit dat de plantengroei zo weinig tegenkrachten uitoefent, is vooral het gevolg van  
 de mineraalarmoede van het zand in gebieden, waar deze duinvorm is aan te treffen. Het is  
 dan niet verwonderlijk dat vooral de 'allerarmste' gebieden, zoals de duinen bij Schoorl  
 en op Terschelling en Vlieland, loopduingebieden kennen. Aan de loopduinen zijn de zoge-  
 naamde loopduinvlaktes verbonden, een bijzonder soort uitblazingsvallei, die na het pas-  
 sieren van de loopduinen achterblijft. Dat de verplaatsing van vrijwel onbegroeide duinen  
 een zeer massaal karakter kan hebben, blijkt uit de aanwezigheid van loopduinenreeksen,  
 aaneengesloten en soms hoge duinenreeksen, die vaak als binnenduinrand zijn ontwikkeld,  
 maar dezelfde flauw oplopende loefzijde en steile lijzijde hebben (fig. 35). Deze zijn  
 dwars of schuin op de windrichting gelegen.

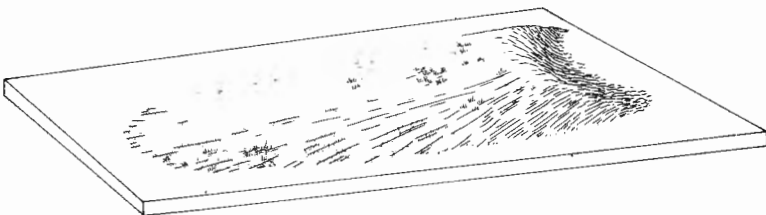


Fig. 34. Loopduin.

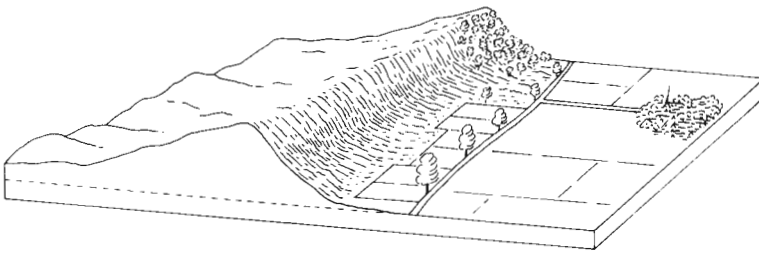


Fig. 35. Loopduinenreeks.

#### 2.5.5 *Complexe genese*

Een aantal duinstructuren zijn niet bij de voorgaande categoriën in te delen vanwege een gecompliceerde ontstaanswijze. Zowel bij primaire als secundaire duinvorming zijn er soms bijzondere omstandigheden werkzaam met als resultaat afwijkende duinvormen. Dit is begrijpelijk, omdat duinen een levensloop kunnen hebben, die een aantal verstuivingsfasen, en rustperiodes omvat. Elk duin kan na een periode van rust en vastlegging weer door winderosie worden aangetast: het proces van 'verjonging'. Dit proces maakt de oorspronkelijke duinvorm moeilijk te achterhalen.

Een typische structuur, waarvan de genese wel redelijk bekend is, is het oogduincomplex, een halfcirkelvormig of cirkelvormig duincomplex, dat gevormd is op een klein eiland ('oog'), of een hoger gedeelte van een strandvlakte. De (half-)cirkelvormige ophouw houdt verband met de min of meer concentrisch verlopende hoogtelijnen van dergelijke, naar alle zijden aflopende terreinen. De vloedmerkzones -waar primaire duinvorming zoals bekend bij voorkeur optreedt- krijgen daar vanzelfsprekend ook een vrijwel cirkelvormig verloop. Herhaling van de processen van primaire duinvorming in dergelijke zones heeft dus een concentrische rangschikking van de duinenreeksen tot gevolg. Dergelijke complexen treffen we aan op Terschelling en Ameland en in fossiele vorm -voor een groot deel zelfs verdwenen- in de Kop van Noordholland (Callantsoog, Huisduinen).

Een tweede terreintype, dat niet altijd ondubbelzinnig de ontstaanswijze verraad, wordt door de kopjesduinen gevormd: lage, chaotisch verspreide duintjes, die soms zijn ontstaan bij overstuiving, soms als complex van ingesloten strandduintjes, soms ook als erosieresten. In zulke twijfelgevallen volstaan we met de neutrale term 'kopjes'.

Ook allerlei andere duinen of duincomplexen laten slechts gissen naar de precieze ontstaanswijze en kunnen op grond daarvan nauwelijks in een categorie ingedeeld worden. Juist bij een kartering stuit men vaak op dergelijke problematische gevallen en is men tot vrij neutrale termen gedwongen.

Tot zover werd bij de evolutie van duinvormen in hoofdzaak de natuurlijke ontwikkeling geschetst. Het Nederlands duingebied kan echter nauwelijks worden besproken zonder op de invloeden van de mens in het verleden en heden in te gaan.

### 2.5.6 Invloeden van de mens

Sedert het ontstaan van het Jonge Duinlandschap heeft de mens directe en indirecte invloeden uitgeoefend, die beide gevolgen voor het reliëf hadden. Zeker in de eerste eeuwen gold de invloed vooral het vegetatiedek. Wat de vastlegging van stuivende duinen aangaat, beperkte men zich vooral tot de gedeelten met een functie als zeewering of stuifduinen, die de landrijen bedreigden. Het resterende gebied diende in hoofdzaak als wingewest, waar men vee weidde, hout kapte, de konijnenjacht beoefende en plaggen stak. Een dergelijke toestand van over-exploitatie, die dan ook talloze verstuivingen veroorzaakte, was tot het einde der 19e eeuw meer regel dan uitzondering. In de vorige eeuw werd de toestand zo onhoudbaar geacht, dat men via allerlei verbodsbepalingen en tegelijkertijd via een grootschalige vastlegging door middel van helmaanplant en bebossing, een vrijwel totale stabilisatie bewerkstelligde. Aan de andere kant evenwel trad de mens vanouds ook constructief op bij nieuwvorming van duinen, aangezien hij reeds in de 16e eeuw het natuurlijke duinvormingsproces dienstbaar maakte door middel van stuifdijkaanleg.

Voor zover bekend, duurde het tot de 17e eeuw voordat men de vochtige, redelijk humeuze en vruchtbare duinvalleien ontdekte als landbouwgrond. Door ontginning trachtte men deze productief te maken. Dit ging gepaard met egalisatie, ontwatering en een ondiepe bodembewerking. Het landbouwarcaal breidde zich in de daaropvolgende eeuwen vrij sterk uit, met name in de kalkrijke vastelandsduinen. Naast de grote ontginningen zijn er de typische en ook cultuurhistorische waardevolle duinakkers in de buurt van de (arme) zeedorpen, zoals bijvoorbeeld Egmond of Zandvoort. De kleine percelen zijn soms diep uitgedolven, vaak in verband met een dalende grondwaterstand. In de twintigste eeuw is de agrarische activiteit om een aantal redenen verminderd. Nu is slechts een klein deel van het totaal ontgonnen oppervlak nog in gebruik, vaak als 'volkstuin'.

De mogelijkheden voor de landbouw werden na ongeveer 1850 door een andere soort exploitatie van de duinen verkleind. De waterwinning deed haar intrede en breidde haar invloedssfeer snel uit. De winning bracht een sterke grondwaterstandsverlaging met zich mee. Het aantal vergravingen ten behoeve van de drinkwaterwinning (kanaalaanleg) bleef beperkt. Dit veranderde rond 1940, toen men overging op infiltratietechnieken. Vanaf die tijd begon men voor de infiltratiebekkens, -kanalen, leidingen en wegen met toenemende intensiteit duingebieden te vergraven. In enkele decennia is in grote gebieden op die manier het oorspronkelijke geomorfologische karakter aangetast. Duinstructuren zijn doorsneden, duinwanden recht afgegraven, uitgegraven gedeelten kwamen naast storthopen te liggen en her en der verspreid treft men infiltratie- of kwelplassen aan. Er bestaan per gebied overigens grote verschillen in de intensiteit van de vergravingen.

Vergravingen zijn echter niet uitsluitend aan infiltratie gebonden. Zandwinning zorgde al eeuwenlang voor lokale afgravingen, in het begin vooral aan de binnenduintrand, later ook in het midden der duinen. In een aantal gevallen dient zo'n uitgraving als 'recreatieplas'. Uit de laatste eeuw dateren de grote verliezen aan duinterrein door bebouwing, zoals bij Den Haag, de grote industriële uitbreidingen bij Velzen (Hoogovens) of de Maasvlakte, waarbij het befaamde terrein 'De Beer' verloren ging. Tenslotte moet nog het effect van de sterk toegenomen recreatie genoemd worden. Er zijn tal van recreatiewoningen in duingebieden opgetrokken. Het recreatief gebruik van duinen betekent een soms zeer in-

tensieve betreding van de steile en gevoelige hellingen. Dit ontketent zeer snel erosieprocessen, zoals verstuing of afspoeling van zand langs hellingen.

#### Actuele processen

Het zou het duingebied geen recht doen om het bij de terreinvormende processen in het verleden te laten. Een natuurlijk duinterrein is een levend en dynamisch gebied. Ondanks het eerder genoemde feit, dat onze duinen al bijna een eeuw lang een ongekende en in veel opzichten ongewenste graad van vastlegging kennen, zijn er nog plaatsen waar actuele processen het beeld wijzigen.

Allereerst zijn er de strandvlaktes op de Waddeneilanden en in zuidwest Nederland, waar nog steeds strandduinvorming optreedt. Dan zijn er langs grote delen van de kust plaatsen waar duinafslag optreedt of waar de zeereep, met goedkeuring of zelfs hulp van de beheerders, landinwaarts stuift. Dit is enerzijds de oorzaak van een direct verlies aan duingebied, inclusief valleien. Anderzijds ondervinden aangrenzende valleien vrij vaak overstuiving.

Gebieden waar, in overigens vastgelegd terrein, uitstuiving van enig belang optreedt zijn tegenwoordig zeldzaam. Uitstuiving tot nabij grondwater -een proces dat secundaire valleien creëert- is vrijwel beperkt tot enkele gebieden op Schouwen, Schiermonnikoog, Vlieland en Terschelling. Andersoortige verstuingen zijn wat algemener. Meestal leiden deze niet tot het ontstaan van nieuwe valleimilieus, maar ze zorgen -integendeel- vaak voor instuiving van lagere terreindelen zoals valleiranden. Juist in niet volledig vastgelegde gebieden vindt op die wijze een nivellering plaats, zonder dat daar nieuwvorming van valleien tegenover staat.

Tenslotte is er nog een proces, dat wellicht vanwege het 'sluipende karakter' ervan, weinig bekendheid geniet en desondanks van groot belang kan zijn. Op veel hellingen treedt tijdens zware buien afspoeling van neerslagwater langs het oppervlak op. Met het water wordt ook bodemmateriaal, zoals zand en organische bestanddelen, getransporteerd. Enerzijds behouden de hellingen hierdoor hun instabiele karakter, anderzijds vindt er accumulatie van materiaal aan de voet van zo'n helling plaats. Vooral de steilere hellingen die op het zuiden zijn gericht, zijn vaak schaars begroeid als gevolg van het extreme microklimaat en bijgevolg aan dergelijke processen onderhevig. De intensiteit van dit materiaaltransport kan toenemen als de helling door overmatige betreding door recreanten kaalgetrapt wordt. Vooral hellingen die kleine valleien omzomen, dragen op deze wijze bij aan een langzame inperking van het oorspronkelijke valleioppervlak.

#### *2.5.7 Toelichting bij de geomorfologische facetkaart 1:100 000*

De geomorfologische facetkaart (bijlage 4) combineert gegevens omtrent de belangrijkste duinvormen, hun ontstaanswijze, de perioden van vorming of eventueel vernietiging, de relatieve hoogtes en enkele actuele processen. Het geomorfologisch patroon, zoals dat ook uit het kaartbeeld naar voren komt, vertoont grote samenhang met de in 2.3 beschreven kustvorm (estuariene-, gesloten- of (ex-)waddenkust) en de mineralrijkdom van het zand. Deze laatste eigenschap werkt door in de terreinvorming via de mate van vitaliteit van de plantengroei en daarmee de stuifgevoeligheid. De genoemde criteria -kustvorm en mineralrijkdom- zouden nog aangevuld kunnen worden met de mate van menselijke beïnvloeding. Vanwege de aandacht voor dit aspect in 3.3 en 3.4, wordt het duingebied echter op basis

van beide eerste criteria ingedeeld en kort gekarakteriseerd naar de geomorfologische gesteldheid:

#### De kalkrijke duinen tussen Cadzand en Hoek van Holland

De veelbewogen kustgeschiedenis is er de oorzaak van dat de duinen, wat ontstaansperiode, maar ook wat geomorfologische gesteldheid betreft, een gevarieerd beeld vertonen. Hoewel kusterosie heeft overheerst, heeft kustaanwas lokaal voor strandvlaktevorming gezorgd. Daardoor ontstonden duinterreinen met afgesnoerde strandvlaktes zoals op noordelijk Walcheren, noord Schouwen, Goeree en 'in optima forma' op Voorne. Het laatste duingebied kent bovendien twee grote duinmeren. Goeree bezit in de Kwade Hoek een jong, maar zeer fraai terrein met onvolledig afgesnoerde strandvlaktes, overgaande in een kweldergebied. Sterk uitgewaaid duinsystemen treft men aan op Schouwen. Bijzondere terreinen, ook in nationaal opzicht, zijn de reliëfarme overgangszones of kopjesduinen van relatief hoge ouderdom: de vroongronden op onder andere Schouwen, de West-, Middel- en Oostduinen op Goeree en de Heveringen op Voorne. Sommige kustgedeelten bezitten, juist in verband met de voortdurende kustafname, slechts een enkele, maar dan soms zeer hoge zeereep (tot 45 m, zuid Walcheren). Kustafslag is op veel plaatsen actueel, zoals blijkt uit de aantasting of verplaatsing van de zeereep. Actieve stuifkuilen van formaat worden alleen op Schouwen aangetroffen.

#### De kalkrijke duinen tussen Hoek van Holland en Bergen

Op enkele kleine duinterreinen bij Hoek van Holland na, treft men in dit kustgedeelte overwegend evenwijdig aan de kust gezonde duinenreeksen en valleisystemen aan. Vrijwel het gehele gebied kent een verstuiwingsmorfologie met ondermeer loopduinenreeksen (vaak als binnenduintrand), kamduinenreeksen of parabolen, allen met samengestelde uitblazingsvalleien en kopjesterreinen. De zone direct langs de kust bestaat vaak uit microparabolen en enkelvoudige uitblazingsvalleien. In veel gevallen stemt de zonering overeen met de eerder beschreven duinvormingsfasen (zie 2.4 Geologie).

De Jonge Duinen hebben op veel plaatsen het gebied met strandwallen en Oude Duinen overdekt. Er zijn bijgevolg aan de binnenduintrand contactzones. Ook zijn duinvalleien in het Jonge Duingebied soms tot op of nabij het oppervlak van de Oude Duinen uitgestoven. De kust is, met uitzondering van het deel zuidelijk van Den Haag, redelijk stabiel gebleven. Ook nu is klifvorming in de zeereep of een soortgelijk proces van gering belang. In het gehele gebied zijn actuele verstuiwingen zeer zeldzaam.

#### De kalkarme duinen tussen Bergen en Petten

Het gebied ten noorden van de 'kalkgrens' vertoont kenmerken van een zeer sterk en langdurig verstoven duinterrein. De mineraalarmoede en het geringe vastleggend vermogen van de planten wordt weerspiegeld in de duinvormen. Een groot oppervlak bestaat uit loopduinen en loopduinvlaktes. De hoge duinenreeksen aan de oostzijde, inclusief de binnenduintrand (50 m of hoger!) zijn als het ware op elkaar vastgelopen. Aan de zeezijde wijst klifvorming of een bewegelijke zeereep op kustafslag.

#### De kalkarme duinen van het ex-waddengebied tussen Petten en Den Helder

Dit gebied vormde een tijdlang een waddengebied met als 'vaste' kernen de eilanden 't Oghe (Callantssoog) en Huisduinen. Na de verzanding der zeegaten verbond men rond 1600 deze kernen door middel van zand- of stuifdijken. Westelijk daarvan ontwikkelden zich, mede door menselijke activiteit, nieuwe duinenreeksen. Tussen Petten en Callantssoog is westelijk van de Zijperzeedijk een fraai gebied met afgesnoerde strandvlaktes en grote duinmeren ontstaan. Tussen Grote Keeten en Huisduinen bestaan de duinen uit weinig meer dan een (dubbele) zeereep. Vrijwel de gehele kustlijn vertoont, getuige een actief duin-klif of een landwaarts 'rollende' zeereep, kustafslag.

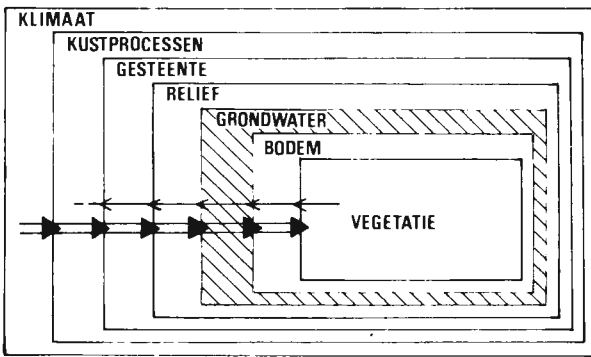
#### De Waddeneilanden: Texel tot en met Rottum

De leeftijdsopbouw van de duinen getuigt van het dynamische karakter van het kustgebied, waarbij de kustlijn steeds verschuift en spectaculaire gevallen van kustafslag en -aanwas oplevert. Daarmee hangt samen dat er steeds jonge duinen ontstaan op de strandvlaktes en daardoor voor aanvulling van verloren gegane delen zorgen. Op Schiermonnikoog dateert zelfs de helft van het duingebied uit de laatste eeuw. De grootste veranderingen vinden aan de uiteinden van de eilanden plaats. Daar vindt men de meeste afgesnoerde strandvlaktes en, met name aan de oostzijden, de onvolledig afgesnoerde strandvlaktes.

Deze vertonen vaak interessante gradiënten naar kwelderterreinen. Sommige eilanden verraden door hun duinstructuren de opbouw uit kleinere kernen, die vaak door stuifdijkaanleg zijn verbonden. Deze verbindingsstukken laten zich herkennen door de aanwezigheid van afgesnoerde strandvlaktes (Texel, Ameland).

De wat oudere duingebieden bestaan merendeels uit verstoven duinen. Paraboolvormen en uitblazingsvalleien overheersen. Op Vlieland en Terschelling, de meest mineraalarme eilanden, zijn ook fraaie voorbeelden van loopduinen aanwezig. Vorming van strandduinen op strandvlaktes is nog op alle eilanden waar te nemen. Verstuivingen in overigens vastgelegde duinen zijn vooral op Vlieland, Terschelling en Schiermonnikoog oorzaak van actuele valleivorming. Kustafbraak, met daaraan gepaard duin-klifvorming of een 'rollende zeereep' tast grote delen van de kust van Texel en Vlieland en gedeelten van Terschelling en Ameland aan.

## 2.6 Hydrologie



⇒ OVERHEERSENDE INVLOED  
 ← ONDERGESCHIKTE INVLOED

Fig. 36. Vignet grondwater.

### 2.6.1 Algemeen

Vochtige valleien nemen in het Nederlandse duingebied een bijzondere plaats in. In tegenstelling tot alle overige duinmilieus bevindt het grondwater zich hier zo dicht in de buurt van het maaiveld dat de planten er gebruik van kunnen maken. Hierdoor ontstaat ter plaatse een milieu met een vegetatie die afwijkt van de rest van het duingebied. Ruim een eeuw geleden waren verreweg de meeste valleien van het Nederlandse duingebied vochtig. Na die tijd heeft zich echter in grote delen een zodanige daling van de grondwaterstand voorgedaan dat vele valleien nu verdroogd zijn. Daarnaast is er de laatste decennia, door infiltratie met oppervlaktewater afkomstig van buiten het duingebied, een ander soort versterking van de grondwatersituatie gaande. Grote hoeveelheden voedings- en toxische stoffen worden aan het van nature voedselarme duinmilieu toegevoegd, wat voor versterking van valleivegetaties zorgt. Hoewel het grondwater in dit geval vaak binnen het bereik van de planten is gekomen, beletten de onnatuurlijke grondwaterkwaliteit en het onnatuurlijke grondwaterregime dat zich daar een karakteristieke vochtige valleivegetatie gaat ontwikkelen of herstellen. In de volgende delen van deze paragraaf wordt, aan de hand van het rangordemodell (figuur 36) ingegaan op de randvoorwaarden die voor de grondwaterstand

in het duinmassief van belang zijn. Verder komen de oorzaken van grondwaterstands­daling in de afgelopen anderhalve eeuw en de invloed van waterwinning en infiltratie op het grondwaterregiem en de waterkwaliteit aan de orde. Tevens wordt de hydrologische facetkaart besproken.

### 2.6.2 Het 'zoete' grondwater in de duinen

Doordat het kustduinmassief zich aanzienlijk boven het zeeniveau (NAP) verheft, reikt de grondwaterstand hier van nature ook tot boven zeeniveau. Dit laatste is mede een gevolg van de wateraanvoer via het neerslagoverschot (neerslag minus verdamping). Door deze grondwaterverheffing krijgt het van oorsprong zoute grondwater in de ondergrond van het duinmassief een grotere druk dan het grondwater in de omgeving (polderland en zee). Tengevolge van deze drukverschillen vindt stroming van grondwater en verdringing van zout door zoet grondwater plaats. Na verloop van tijd leidt dit tot een situatie waarbij een zoetwaterzak in dynamisch evenwicht verkeert met het zoute grondwater in de omgeving. Hierbij is het van belang dat, door het verschil in soortelijke massa van het zoute en het zoete grondwater en het feit dat het zoete grondwater zich boven het zoute bevindt, er hoegenaamd geen menging van de beide watersoorten optreedt, zodat het zoete water als het ware op het zoute drijft. In de dynamische evenwichtssituatie komt dan ook niet alleen zoet water boven zeeniveau voor maar ook tot een aanzienlijke diepte daaronder. In figuur 37 is deze situatie geschematiseerd weergegeven.

De stijg­hoogte ( $h$ ) van het grondwater boven NAP en de diepte ( $H$ ) van de zoetwaterzak eronder hangen sterk met elkaar samen. Bij zee­water met een dichtheid van  $1025 \text{ kg/m}^3$  en zoet water met een dichtheid van  $1000 \text{ kg/m}^3$  verhouden zij zich als 1:40.

De afleiding van deze verhouding gaat volgens het zogenaamde Ghyben-Herzberg principe, dat hierna kort behandeld wordt.

Voor het punt  $P$ , dat op het grensvlak van zoet- en zout grondwater ligt, geldt in de evenwichtssituatie, dat de druk van het zoete en zoute grondwater gelijk is aan elkaar.

Druk zoet grondwater:  $P_{\text{zoet}} = (H+h) \cdot \rho_{\text{zoet}}$  ( $\rho_{\text{zoet}}$ : dichtheid zoet water)

Druk zout grondwater:  $P_{\text{zout}} = H \cdot \rho_{\text{zout}}$  ( $\rho_{\text{zout}}$ : dichtheid zout water)

$$P_{\text{zoet}} = P_{\text{zout}}$$

$$(H+h) \cdot \rho_{\text{zoet}} = H \cdot \rho_{\text{zout}}$$

$$H = \frac{\rho_{\text{zoet}}}{\rho_{\text{zout}} - \rho_{\text{zoet}}} \cdot h$$

Voor zee­water met een dichtheid van  $1025 \text{ kg/m}^3$  en zoet water met een dichtheid van  $1000 \text{ kg/m}^3$  betekent dit:  $H = 40 h$ .

In een werkelijke situatie wordt deze waarde zelden bereikt, daar tal van factoren het hierboven geschetste beeld verstoren. Zo kunnen moeilijk doorlatende klei-, veen- of

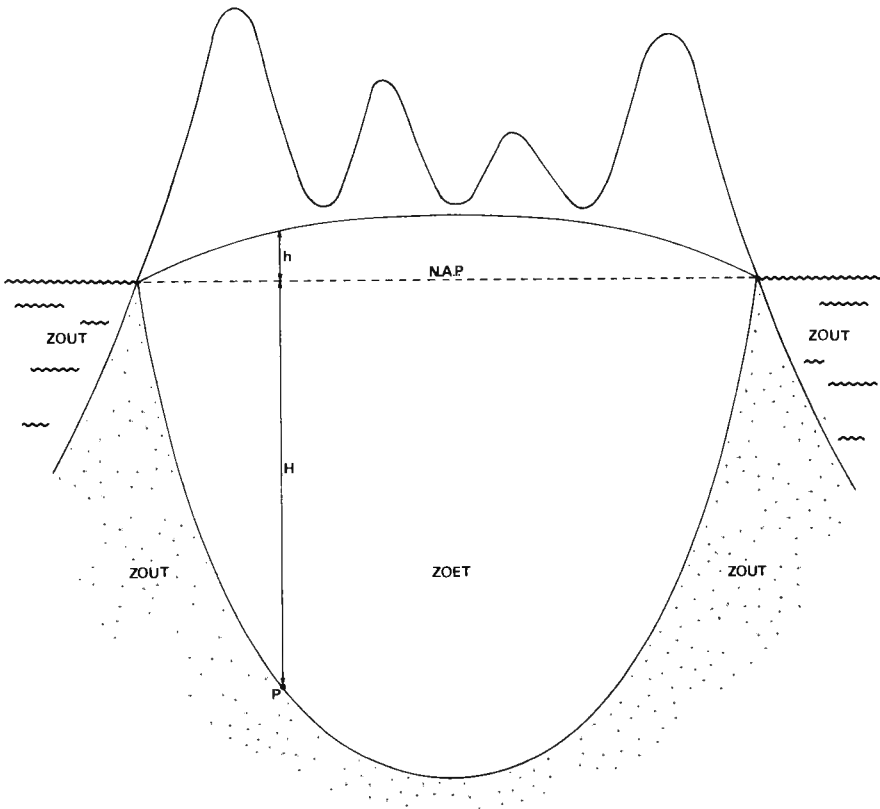


Fig. 37. Duinmassief met zoet- en zout grondwater in de evenwichtssituatie (sterk geschematiseerd).

leemlagen in de ondergrond bovengenoemde verhouding tussen  $h$  en  $H$  aanzienlijk doen veranderen. In de praktijk worden over het algemeen slechts waarden van 1:10 à 1:20 gevonden. Daarbij komen in Nederland maximale grondwaterstanden van ongeveer +10 m (NAP) voor terwijl de grootste diepte van de zoetwaterzak 100 à 150 m bedraagt. Op de hydrologische facetkaart is voor het grootste deel van het Nederlandse duingebied de gemiddelde grondwaterstand gedurende de periode 1968-1977 door middel van zogenaamde isohypsen weergegeven.

De tijd die nodig is om de evenwichtssituatie te bereiken, is voor smalle duingebieden met een breedte van om en nabij 1000 m 50 à 100 jaar; voor duingebieden met een breedte van ongeveer 4000 m is dit 200 à 300 jaar.

In het voorgaande is een sterk geschematiseerde situatie beschouwd. In figuur 38 is een grondwatermodel weergegeven dat een werkelijke situatie beter benadert.

Zoals uit deze figuur blijkt, is tussen zout en zoet water geen scherpe grens aanwezig, maar komt een brakke mengzone voor. Vooral in de richting van het achterliggende polderland neemt deze zone in betekenis toe, met aan de binnenduinrand veelal een dikte van 5 à 10 m. Van de neerslag die aan het grondwater ten goede komt, stroomt ongeveer de helft af in de richting van de aangrenzende polders, het overige deel in de richting van

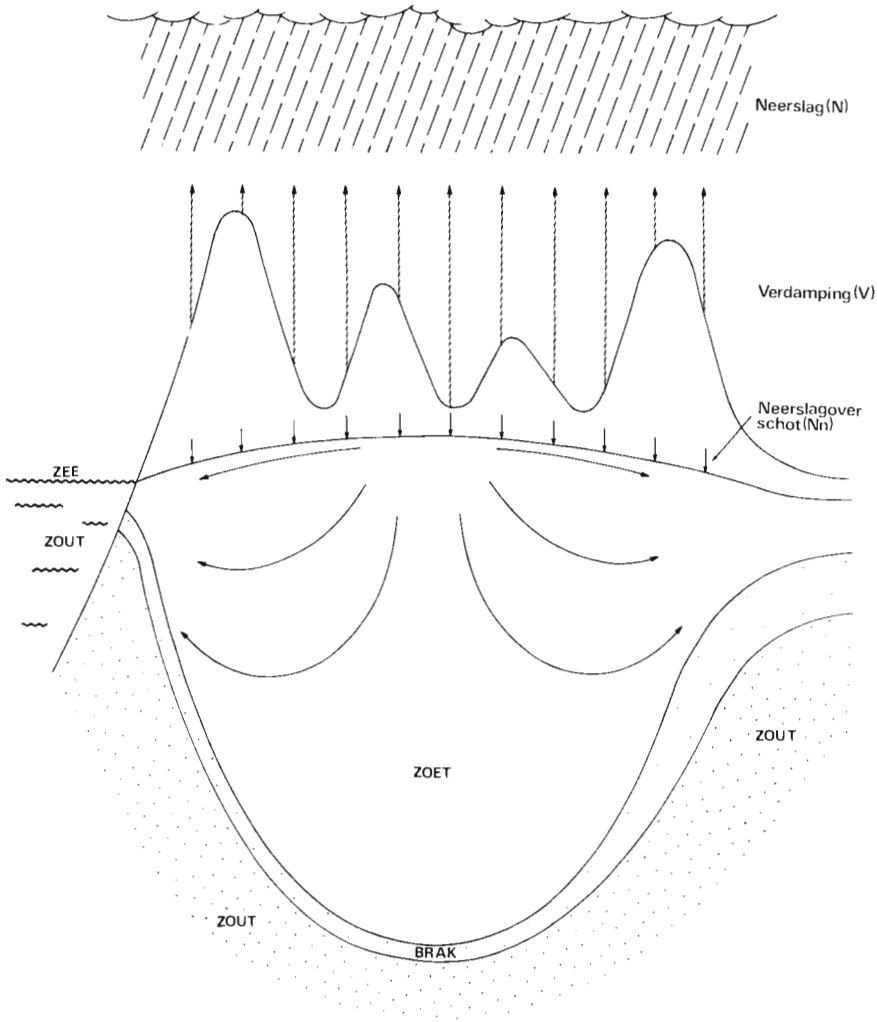


Fig. 38. Duinmassief met de stromingsrichting van het zoete grondwater in de evenwichts-situatie (geschematiseerd).

de zee. Het zal verder op grond van de stroming en stromingsrichting van het grondwater duidelijk zijn dat er sprake is van een dynamisch evenwicht. Deze evenwichtssituatie kan slechts bestaan doordat er via het neerslagoverschot, dat gemiddeld ongeveer 1 mm/dag bedraagt, steeds water aan het duinmassief wordt toegevoegd dat vervolgens ondergronds tot afstroming komt. De horizontale stroomsnelheid van het grondwater in de bovenste meters van het zoetwaterpakket is daarbij 0,05 à 0,15 m/dag. Een veel gehoord misverstand wil doen geloven dat, wanneer in het geval van waterwinning 'slechts' het neerslagoverschot gewonnen wordt, de grondwaterstand hiervan geen nadeel zal ondervinden. Niets is echter minder waar, want in dat geval wordt als het ware de 'motor' achter het dynamische systeem weggehaald. Dit zal, theoretisch, op de lange duur leiden tot het volledig verzilten van de ondergrond. Bij winning van hoeveelheden water kleiner dan het neerslagoverschot

zal zich een nieuwe evenwichtssituatie, met lagere grondwaterstanden en een kleinere zoetwaterzak, instellen die afhankelijk is van de hoeveelheid neerslag die, ondanks de winning, nog ten goede komt aan het grondwater.

Populair beschouwd kan men het voorkomen van zoet grondwater in het duinmassief vergelijken met de aanwezigheid van water in een emmer met een geperforceerde bodem. Er kan zich slechts water in deze emmer bevinden als er steeds voldoende water ingegoten wordt (bij het duinmassief via het neerslagoverschot). Wanneer er minder water wordt ingegoten daalt de waterstand in de emmer en zal zich een nieuwe evenwichtssituatie instellen.

### 2.6.3 Factoren die van invloed zijn op het grondwaterregiem

In het rangordemodell in paragraaf 1.3.3 zijn componenten aangegeven die van invloed zijn op de grondwatersituatie in het duinmassief. Aan de hand van deze componenten worden in het onderstaande de verschillende randvoorwaarden besproken die voor de grondwatersituatie van belang zijn.

#### Het neerslagoverschot

Met neerslagoverschot wordt bedoeld de neerslag verminderd met de verdamping. De omvang van dit overschot wordt voor een belangrijk deel door het klimaat bepaald. Bij de verdamping speelt echter ook de mate en soort van begroeiing een belangrijke rol. In elk willekeurig punt van een duinmassief, waarvan de grondwatersituatie niet door waterwinning of vergelijkbaar menselijk ingrijpen verstoord is, geldt voor de grondwaterstand:

$$C_1 N_n^{0,5} \leq h \leq C_1 N_n^{0,75}$$

In deze 'formule' is  $C_1$  een constante die voor elk duingebied een afzonderlijke waarde heeft die afhankelijk is van de duinbreedte en de hydrogeologische opbouw van de ondergrond,  $h$  is de grondwaterstand ten opzichte van zeeniveau (NAP), terwijl  $N_n$  het neerslagoverschot voorstelt. Neerslag en verdamping zijn niet gelijk over het jaar verdeeld. Vooral de verdamping is sterk seizoengebonden, met hoge waarden in de zomer en lage in de winter. De grondwaterstand ondergaat hierdoor een seizoensfluctuatie met hoge grondwaterstanden in de winter en lage in de zomer. Daarnaast kunnen ook de gemiddelde jaarstanden onder invloed van natte en droge jaren aanzienlijke fluctuaties ondergaan. Dit soort fluctuaties is in vergelijking met de seizoensfluctuaties minder regelmatig en onvoorspelbaar. Verderop in deze paragraaf wordt hier nader op ingegaan.

#### Opbouw van de ondergrond

De invloed van de ondergrond op het grondwaterregiem is tweeledig. Zowel de hoedanigheid van het duinzand als het al of niet aanwezig zijn van moeilijk doorlatende bodemlagen is van belang. Er komen langs de Nederlandse kust geen grote variaties in de granulair samenstelling van het duinzand voor. Over het algemeen is dit zand matig tot middel-fijn. Naarmate het zand fijner is, biedt het meer weerstand tegen de horizontale grond-

waterstroming, waardoor de grondwaterstand, onder overigens gelijke omstandigheden, hoger zal zijn. Ook is de capillaire stijghoogte in fijn zand groter dan in grof zand. Voor duinzand bedraagt deze stijghoogte 0,5 à 0,4 m. In een duingebied met moeilijk doorlatende lagen in de ondergrond, wordt de neerwaartse waterbeweging belemmerd waardoor, onder overigens gelijke randvoorwaarden, een hogere grondwaterstand voorkomt dan in een duingebied zonder zulke moeilijk doorlatende lagen. Wanneer deze lagen slechts plaatselijk in de ondergrond voorkomen, zal de grondwaterstand daar hoger liggen dan in aangrenzende gebieden. Hierdoor wordt de symmetrische vorm van het grondwateroppervlak, zoals aangegeven in figuur 57 en 38, verstoord en treden 'golvingen' op (fig. 39).

De breedte van het duinmassief

De stijghoogte van het grondwater is ook afhankelijk van de breedte (B) van het duinmassief. Voor de grondwaterstand in het midden van een wat de grondwatersituatie betreft ongestoord duinmassief ( $h_m$ ) geldt:

$$C_2 B \leq h_m \leq C_2 B^{1,75}$$

In deze 'formule' is  $C_2$  een constante die voor elk duingebied een afzonderlijke waarde heeft. Deze is hoofdzakelijk afhankelijk van de hydrogeologische opbouw van de ondergrond en het neerslagoverschot.

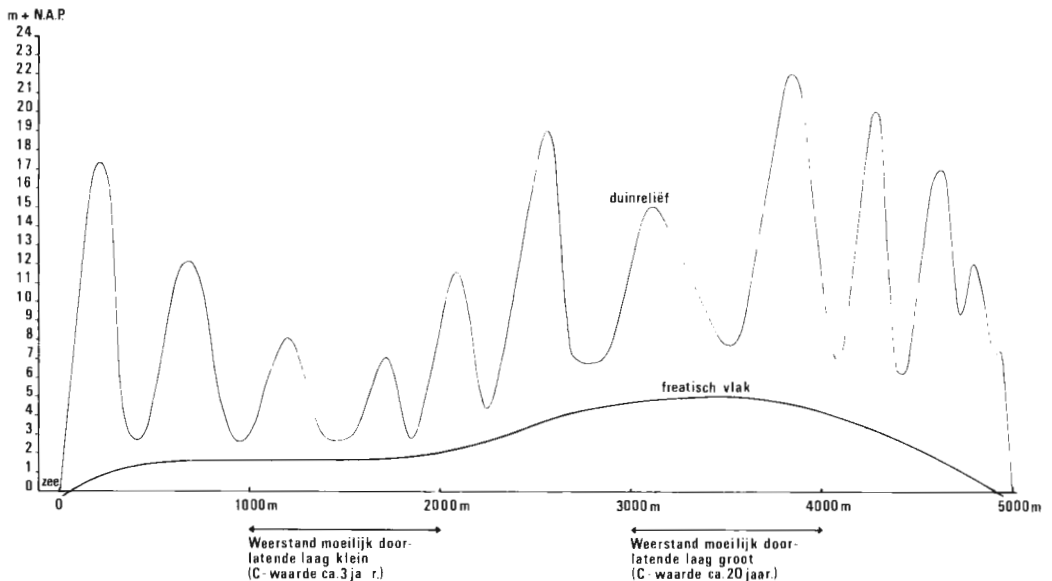


Fig. 39. Invloed moeilijk doorlatende lagen op de opbolling van het zoete water; grondwaterstand in het duingebied bij Haarlem op 9 oktober 1891 (naar Pulvis, 1909).

## Het reliëf

Het grondwateroppervlak vertoont niet alleen 'golvingen' onder invloed van hetgeen in voorgaand punt 2 behandeld is. Ook door het terreinreliëf, zoals in een gebied met vochtige valleien komen kleinere 'golvingen' voor. Daarbij is de grondwaterstand onder duinruggen wat hoger dan die in de aanliggende valleien, wat mede verband houdt met verschillen in verdamping.

## Vegetatie

De vegetatie kan de verdamping en daarmee het neerslagoverschot in sterke mate beïnvloeden. Het begroeid raken van een kaal, stuivend duingebied veroorzaakt een toename van de verdamping en daarmee een daling van de grondwaterstand. Vooral waar bij het vastleggen van duingebieden naaldhout werd gebruikt werkte dit de verdroging van zo'n gebied sterk in de hand. In het laatste deel van deze paragraaf en in hoofdstuk 3 wordt hier nader op ingegaan.

## De mens

Het ingrijpen van de mens in de grondwaterhuishouding in de duinen heeft naast de hiervoor gesignaleerde (in)directe invloed op de verdamping betrekking op de volgende zaken:

- Polderpeilverandering aan en achter de binnenduinrand.
- Waterbeheersing ten behoeve van de landbouw, campings of bebouwing in het eigenlijke duingebied.
- Verandering van de breedte van het duinmassief door afgravingen aan de binnenrand of ingrepen aan de zeeoep.
- Waterwinning en infiltratie ten behoeve van de watervoorziening.

Het effect van deze ingrepen op de grondwaterstand wordt nader besproken in paragraaf 2.6.7, waarin de veranderingen van de grondwatersituatie gedurende de afgelopen anderhalve eeuw in het Nederlandse duingebied aan de orde komt.

### *2.6.4 De kwaliteit van het natuurlijke 'zoete' grondwater in de duinen*

Het 'zoete' grondwater in de duinen is van nature betrekkelijk arm aan voedings- en andere opgeloste stoffen. Deze situatie is aan de volgende factoren toe te schrijven.

1. Duinzand bestaat overwegend uit slecht oplosbare materialen; slechts de schelpfragmenten zijn wat beter oplosbaar. Deze zorgen ervoor dat het grondwater in de duinen vaak een pH van meer dan 7 heeft. Waar de kalk is uitgespoeld, treedt daarentegen een daling van de pH van het bovenste grondwater op tot waarden van 4 à 5. Op wat grotere diepte wordt echter altijd water met een pH van meer dan 7 gevonden.
2. Het grondwater in de duinen wordt in een natuurlijke situatie uitsluitend gevoed met neerslagwater. Hoewel de kwaliteit van de neerslag de laatste decennia door de luchtverontreiniging achteruit is gegaan, is neerslagwater nog steeds relatief arm aan opgeloste

stoffen. Ook de sterke daling van de pH van het neerslagwater van ongeveer 6 tot ruim 4 in de afgelopen decennia, hoewel zeker niet zonder betekenis, brengt nog geen verandering in deze situatie.

3. De kwaliteit van het duinwater wordt voorts beïnvloed door de aanvoer van fijn verdeeld zeewater via de wind; aldus worden mineralen en met name chloride aangevoerd. In paragraaf 2.2 is dit zogenaamde 'sea-spray' mechanisme nader besproken. De aanvoer van mineralen of andere stoffen in een natuurlijke situatie vindt slechts in zeer beperkte mate plaats.

4. Doordat de grondwaterstand in het duingebied aanzienlijk boven die van de omgeving ligt, stroomt er grondwater naar de omgeving, wat uitspoeling van het duinmassief met zich meebrengt. Bovendien wordt door deze hoge grondwaterstanden voorkomen dat voedselrijk water vanuit de omgeving het duingebied binnenstroomt. Hierdoor is het grondwater in het duinmassief in hoge mate tegen verontreinigingen van buiten het duingebied beschermd.

Om een indruk te krijgen van de chemische samenstelling van natuurlijk duinwater zijn in vochtige valleien op Terschelling, Voorne en Goeree een twintigtal grondwatermonsters genomen, die op het biologisch station Weeversduin geanalyseerd zijn. Op grond van deze gegevens, aangevuld met gegevens van enige waterleidingsbedrijven die natuurlijk duinwater winnen, is de volgende beschrijving van een natuurlijke grondwaterkwaliteit samengesteld.

pH,  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  : Hoge waarden van de pH ( $> 7$ ) komen voor tezamen met hoge gehalten aan  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  (respectievelijk  $> 75$  en  $> 200$  mg/l).

Lage waarden van de pH ( $> 6$ ) komen voor tezamen met lage gehalten aan  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{HCO}_3^-$  beide  $< 25$  mg/l).

$\text{Cl}^-$  : Het chloridegehalte varieert van 30 tot 100 mg/l. Soms komen pieken tot 200 mg/l voor.

$\text{K}^+$  : Het kaliumgehalte is bijna altijd kleiner dan 5 mg/l.

$\text{Mg}^{2+}$  : Het magnesiumgehalte is bijna altijd kleiner dan 10 mg/l. Soms komen pieken tot 20 mg/l voor.

$\text{SO}_4^{2-}$  : Het sulfaatgehalte is over het algemeen kleiner dan 20 mg/l.

$\text{PO}_4^{3-}$  : Het orthofosfaatgehalte is bijna altijd kleiner dan 0,2 mg/l en vaak zelfs kleiner dan 0,1 mg/l.

$\text{NO}_3^-$  : Het nitraatgehalte ligt meestal tussen 10 en 15 mg/l.

#### 2.6.5 *Het grondwaterregiem in de duinen, speciaal met betrekking tot de valleien*

Globaal genomen is er slechts sprake van vochtige valleien wanneer de grondwaterstand in de zomer tot hoogstens 1 à 1,5 m onder maaiveld daalt. Echt vochtige valleien staan praktisch elke winter onder water en hier daalt de grondwaterstand in de zomer veelal tot niet meer dan 0,5 à 0,75 m onder maaiveld.

Zoals hiervoor al is opgemerkt, fluctueert de grondwaterstand in het duingebied zowel binnen het jaar, met hoge winter- en lage zomergrondwaterstanden, als over langere perioden onder invloed van natte en droge jaren. Voor een viertal duinmeren en een vijftal vochtige valleien is in tabel 4 een overzicht gegeven van het seizoensfluctuatietraject (verschil tussen de hoogste en laagste gemiddelde maandstand over een periode van tien



Foto 3↑ en 4. Opnamen van een secundaire duinvallei op Voorne. Foto 4 geeft de toestand in de winter, waarbij de vallei grotendeels onder water staat. 's Zomers (foto 3) is het grondwater gedaald, maar in natuurlijke omstandigheden niet dieper dan één meter onder het maaiveld. De vallei wordt regelmatig gemaaid om struweelvorming tegen te gaan.

jaar) en het totale fluctuatietraject (verschil tussen de hoogste en laagste peiling gedurende een periode van tien jaar, afgerond op 0,1 m naar boven). Op grond van deze gegevens is voor duinmeren tot een seizoensfluctuatie van 0,3 à 0,5 m en voor vochtige valleien van 0,4 à 0,7 m te concluderen. De gemiddelde jaarstand blijkt onder invloed van natte en droge jaren 0,6 à 0,9 m te kunnen variëren.

De aanzienlijke verschillen in seizoensfluctuatie tussen de diverse vochtige valleien onderling en de duinmeren zijn waarschijnlijk voor een belangrijk deel toe te schrijven aan het zogenaamde open water effect. Hiermee wordt het volgende bedoeld. Wanneer het grondwater in een vallei tot boven maaiveld stijgt, zal een bepaalde hoeveelheid neerslag een geringere stijging van de waterstand tot gevolg hebben dan wanneer het grondwater onder het maaiveld blijft. In het laatste geval hoeven immers slechts de poriën tussen de zandkorrels gevuld te worden. Bij een poriënvolume van 40% betekent dit dat een grondwaterstand bij eenzelfde hoeveelheid neerslag  $100/40 = 2,5$  maal zoveel stijgt als de waterstand van een duinplas. In een duingebied met een groot oppervlak aan open water of vochtige valleien waarin het water 's winters boven maaiveld komt is dan ook een kleiner



fluctuatietraject te verwachten dan in een gebied met weinig of geen open water of vochtige valleien.

De zee heeft, zowel wat betreft het getij als de gemiddeld gelijke zomer- en winterstand, voor zover bekend een te verwaarlozen invloed op het fluctuatietraject in een gebied met vochtige valleien. De werking van eb en vloed op het fluctuatietraject is op enige honderden meters achter de kustlijn al afgenomen tot minder dan een halve centimeter. Voorts werden in een gebied met vochtige valleien geen aanwijzingen gevonden dat,

Tabel 4. Overzicht van het seizoens- en totale fluctuatietraject in een aantal duinmeren en vochtige valleien in het Nederlandse duingebied.

		Seizoensfluctuatie	Totale fluctuatie
<i>Duinmeren</i>			
Quackjeswater	Voorne	33 cm	110 cm
Brede Water	Voorne	41 cm	130 cm
De Geul	Texel	48 cm	130 cm
De Muy	Texel	49 cm	140 cm
<i>Vochtige valleien</i>			
Westduinen	Goeree	60 cm	150 cm
Berkenvallei	Voorne	61 cm	140 cm
Hardrijdersplak	Tersch.	41 cm	120 cm
Zwanewaterduinen	Ameland	63 cm	130 cm
Westelijke duinen	Schierm.	43 cm	110 cm

door de gemiddeld constante zeestand, het seizoens- en het totale fluctuatietraject in de richting van de kust kleiner worden.

Naast fluctuaties van de gemiddelde jaarstand en seizoensfluctuaties ontstaan onder invloed van buien nog kortdurende fluctuaties. Hierover zijn echter geen kwantitatieve gegevens bekend.

#### 2.6.6 Oorzaken van grondwaterstandsaling

Een van de belangrijkste redenen tot het doen van het onderhavige duinvalleienonderzoek is de zorg die er bestaat over het in toenemende mate verdwijnen van vochtige duinvalleien in de afgelopen anderhalve eeuw. In hoofdstuk 3 wordt deze ontwikkeling nader geschetst, hier wordt ingegaan op één van de twee processen die voor het verdwijnen van het natuurlijke vochtige valleimilieu van doorslaggevende betekenis is: de grondwaterstandsaling. Het andere proces, verandering van fluctuatietraject en grondwaterkwaliteit, komt in paragraaf 2.6.7 aan de orde. Het zal duidelijk zijn dat grondwaterstandsaling veroorzaakt wordt doordat één of meer randvoorwaarden een verandering ondergaan. Er zal nu aan de hand van deze randvoorwaarden een overzicht worden gegeven van de manier waarop en de mate waarin deze kunnen veranderen. Bovendien wordt aangegeven wat de betekenis van zo'n verandering is geweest in het Nederlandse duingebied. Een overzicht hiervan is weer gegeven op de hydrologische facetkaart.

#### Het neerslagoverschot

Verandering van het neerslagoverschot kan veroorzaakt worden doordat de neerslag, de verdamping of beide in omvang veranderen. Beide worden in sterke mate bepaald door het klimaat. Er zijn echter geen aanwijzingen dat ze hierdoor in de afgelopen anderhalve eeuw een verandering hebben ondergaan. In figuur 40 is een overzicht gegeven van het verloop van de gemeten neerslaghoeveelheid in Nederland sinds 1750.

Hieruit blijkt dat er over langere perioden geen duidelijke verandering van de gemiddelde neerslaghoeveelheid in de tijd te constateren is. Lamb (1977) noemt voor Engeland de mogelijkheid dat de neerslaghoeveelheid daar sinds 1750 een geringe stijging zou

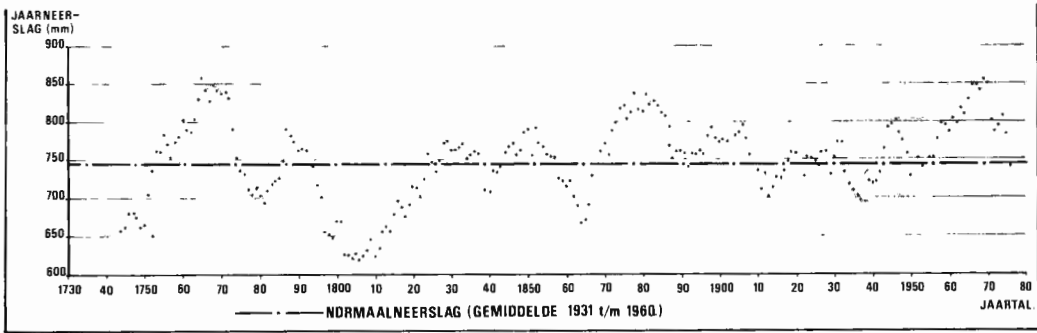


Fig. 40. Voortschrijdend 10-jarig gemiddelde van de jaarneerslag te Hoofddorp-Zwanenburg vanaf 1735 tot 1977 (naar Labrijn, 1945 aangevuld met gegevens van het KNMI).

hebben ondergaan. In Nederland is zo'n trendmatige verandering niet te constateren. Wel zijn natte en droge perioden te onderscheiden. Zo waren de jaren rond 1770, 1880, 1950 en de periode 1960-1970 duidelijk rijk aan neerslag, terwijl de jaren rond 1800, 1865, 1920 en 1935 droog waren. Vergelijking van grondwaterstanden uit de natte periode 1960-1970 met de huidige leidt gemakkelijk tot fouten indien de eerstbedoelde natte periode als 'normaal' zou worden beschouwd. Over de door het klimaat beïnvloede verdamping zijn bijna geen historische gegevens beschikbaar. Er zijn echter geen aanwijzingen dat deze sinds de 18e eeuw een belangrijke verandering zou hebben ondergaan.

Een factor die bij de verandering van de verdamping van groot belang is, is de mate en soort van begroeiing van een gebied en veranderingen daarvan. Op grond van een literatuurstudie is in tabel 5 voor een zevental begroeiingstypen, voor gemiddelde klimaatsomstandigheden aan de Nederlandse kust, de jaarlijkse hoeveelheid verdamping per oppervlakte-eenheid weergegeven. Dat de gehanteerde benadering enigszins grof is, is gezien de uiteenlopende klimatologische en microklimatologische omstandigheden waaronder de verschillende begroeiingstypen voorkomen, onvermijdelijk.

Tabel 5. Overzicht van de jaarlijkse hoeveelheid verdamping van een zevental begroeiingstypen in het Nederlandse duingebied. (Gegevens gebaseerd op literatuurstudie).

Begroeiingstype	Verdamping globaal in mm/jaar
Onbegroeid duinterrein	150 à 200
Droge duinvegetatie	300 à 400
Droog loofbos	400 à 450
Droog naaldbos	500 à 600
Vochtige valleivegetatie	500 à 600
Nat <sup>1</sup> loofbos	500 à 600
Nat <sup>1</sup> naaldbos	650 à 750

1. Nat loofbos c.q. naaldbos wil zeggen: bos dat gebruik maakt van het grondwater.

Het zal aan de hand van deze gegevens duidelijk zijn dat het beplanten of begroei raken van een oorspronkelijk grotendeels kaal duingebied tot een zeer sterke toename van de verdamping leidt, wat daling van de grondwaterstand en verdroging van een duingebied in de hand werkt. Met name de destijds aangeplante naaldbossen in de duingebieden van onder andere Schouwen, Schoorl, Texel, oost Vlieland en west Terschelling hebben daar een grondwaterstands daling veroorzaakt die de verdroging van deze gebieden voor een deel en soms zelfs voor een groot deel verklaren. Het is overigens niet zo dat de grondwaterstand bij verandering van de verdamping terstond en heftig reageert, er is veeleer sprake van een gedurende vele tientallen jaren zeer geleidelijke verandering, waarbij de snelheid van verandering afneemt. Zo geldt voor smalle duingebieden dat de grondwaterstand 10 jaar tot enige decennia aan verandering onderhevig is. Voor brede duingebieden is dit ongeveer een eeuw. De helft van de verandering wordt daarbij bereikt in 30% van de totale tijd, terwijl driekwart van de verandering in de helft van de totale tijd wordt overbrugd.

#### De duinbreedte

Ook verandering van de duinbreedte veroorzaakt een verandering van de grondwaterstand. Waar zo'n verandering in breedte optreedt, wordt deze thans veelal veroorzaakt door kustprocessen en vroeger soms ook door afgravingen aan de binnenduinstrand. Bij kustprocessen is onderscheid te maken tussen kustaangroei en kustafslag. Bij kustaangroei zal de grondwaterstand in het reeds bestaande duingebied een stijging ondergaan, vooral wanneer deze aangroei gepaard gaat met nieuwvorming van duinen. Daarbij kunnen in de valleien direct achter de oorspronkelijke zee-reep zelfs duinmeren ontstaan. Het Breede Water, De Goul en De Muy zijn voorbeelden van aldus gevormde duinmeren. Bij kustafslag is de situatie juist andersom, er treedt niet alleen direct verlies van duinterrein op, ook de grondwaterstand daalt. In figuur 41 is aangegeven hoe de verandering van de grondwaterstand bij verandering van duinbreedte is voor te stellen.

Uit deze figuur blijkt dat de verandering van de grondwaterstand het grootst is aan die zijde van het duinmassief waar de verandering aangrijpt. Kustafslag zorgt voor een relatief snelle daling van de grondwaterstand en kan, direct achter de kustlijn, voor een zodanige daling van de grondwaterstand zorgen dat valleien hierdoor verdrogen. Dit laatste geldt bijvoorbeeld in een deel van de Verklikkerduinen op Schouwen, het duingebied direct achter de zee-reep tussen Petten en Callantsoog en delen van het duingebied op Texel, Vlieland, Terschelling en Ameland.

Afgravingen aan de binnenduinstrand zullen slechts dan een vergelijkbaar effect als kustafslag hebben als deze de grondwateropbolling ook werkelijk insnijden. Wanneer de afgravingen slechts tot doel hebben om het maaiveld dicht bij het grondwater te brengen, zoals vaak het geval was bij afgravingen ten behoeve van land- of tuinbouw, is de invloed op de grondwaterstand in het duinmassief gering; hoogstens is dan enige verandering van de verdamping te verwachten. Voorbeelden van min of meer recente afgravingen die een grote invloed hadden op de grondwaterstand in de duinen zijn schaars. De aanleg van de Zanderijvaart bij Overveen en de afgraving ten zuiden van Katwijk aan Zee zijn enkele van de weinige voorbeelden.

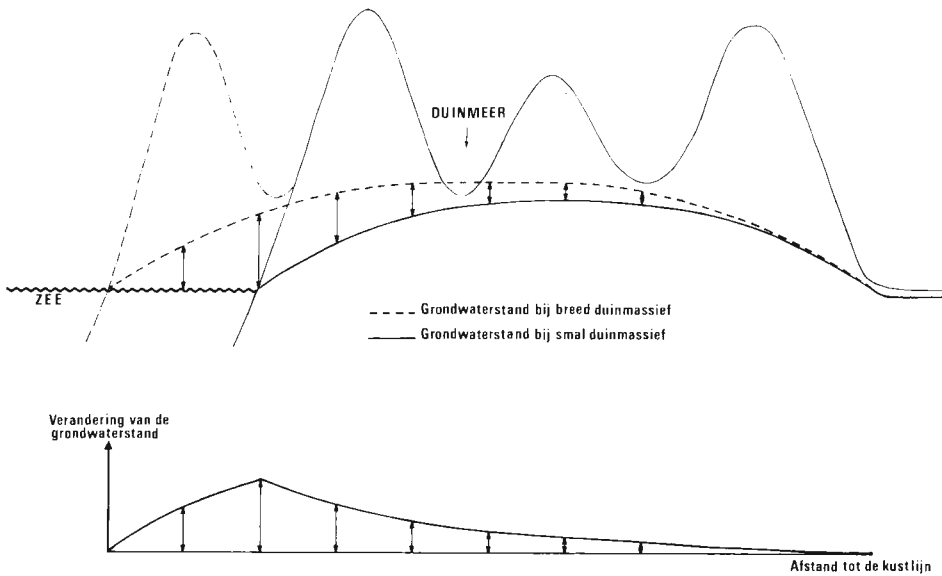


Fig. 41. De invloed van een verandering van de duinbreedte op de grondwaterstand in het achterliggende duinmassief (geschematiseerd).

## Polderpeilen

Verandering van polderpeil heeft eveneens invloed op de grondwaterstand in de duinen. Daarbij is onderscheid te maken tussen peilverandering in polders die direct aan de binnenduinrand grenzen en die in meer landinwaarts gelegen polders.

Bij verandering van het peil van de direct aan de binnenduinrand grenzende polders zal de grondwaterstand in het duinmassief een relatief snelle verandering ondergaan. Deze verandering is in beginsel voor te stellen zoals aangegeven in figuur 42.

Over het algemeen hebben zulke polderpeilen dalingen van slechts één of enkele decimeters ondergaan. De grondwaterstand in het duinmassief heeft hierdoor een veelal geringe daling ondergaan die slechts weinig tot de verdroging van valleien zal hebben bijgedragen.

Verandering van het peil van meer landinwaarts gelegen polders heeft over het algemeen een nog geringere invloed op de grondwaterstand in de duinen. Slechts wanneer er sprake is van zeer grote peilverandering (verscheidene meters) van polders die op geringe afstand (enige kilometers) achter de binnenduinrand gelegen zijn kan de grondwaterstand in het duinmassief een daling van enige decimeters ondergaan. Zo is het waarschijnlijk dat de drooglegging van de Haarlemmermeer en de IJ-polders, welke een peilverlaging van respectievelijk 5 à 6 en 3 à 4 m met zich meebracht, in het duingebied tussen IJmuiden en Zandvoort een grondwaterstands daling van maximaal 0.2 à 0.3 m heeft veroorzaakt.

Bij verandering van het peil van polders die op enige afstand van de binnenduinrand gelegen zijn wordt de plaats waar en de mate waarin grondwaterstands daling optreedt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van moeilijk doorlatende lagen. Globaal genomen geldt echter dat de grootste daling in zo'n geval in het middendeel van het duinmassief optreedt, terwijl aan de binnenduinrand en direct achter de zeereep door de bufferende werking van

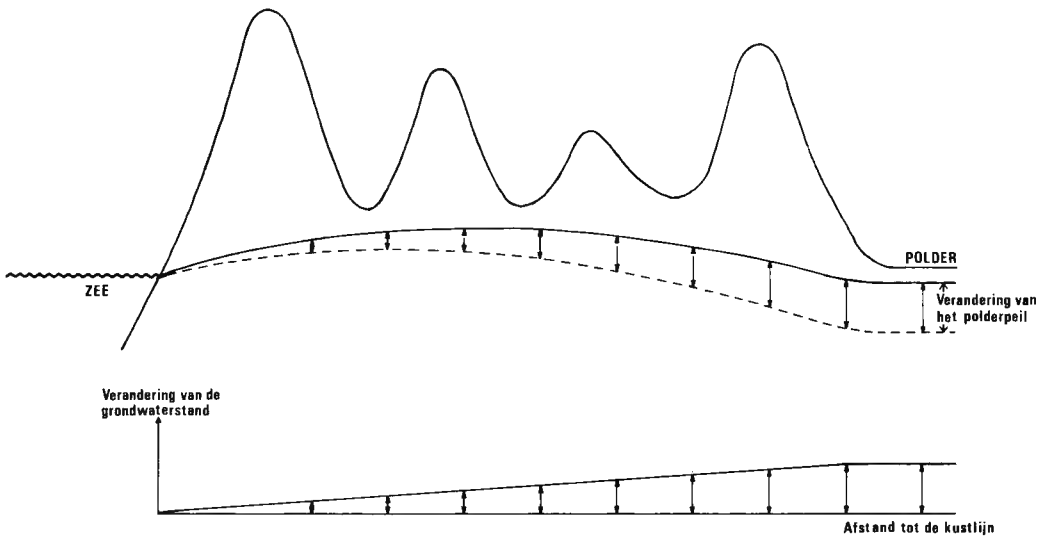


Fig. 42. De invloed van een polderpeilverandering op de grondwaterstand in het aangrenzende duinmassief (geschematiseerd).

respectievelijk het polderpeil direct aan de binnenduinrand en de zee, vrijwel geen verandering van de grondwaterstand plaatsvindt.

#### Oppervlakte-ontwatering

Ten behoeve van de landbouw en in sommige gevallen ook bij bebossing zijn in het verleden ontwateringssloten aangelegd. Hierdoor werd in zo'n gebied met zijn omgeving een daling van de grondwaterstand veroorzaakt. Meestal was deze vrij gering, vooral bij de ontginning van valleien tot grasland had men belang bij een grondwaterregiem dat van een vochtige vallei benaderde. Soms echter, bij het in cultuur brengen van zeer natte valleien of duimmeren, was de grondwaterstands-daling door de aanleg van ontwateringssloten aanzienlijk, zoals bijvoorbeeld in valleien op Terschelling en het Groot- en Pompevlak op Texel.

Ook slotenstelsels ten behoeve van bosaanplant hebben soms een aanzienlijk effect gehad, zeker vlak na het graven ervan. Later, wanneer de verdamping door het bos vaak sterk toenam, werd de betekenis van de slotenstelsels weer geringer.

Ten behoeve van campings of bewoning in het duingebied wordt soms grondwaterstandsverlaging nagestreefd, met name in de zomer. Lokaal is zelfs van een sterke daling sprake.

#### Waterwinning

Toen in 1853 in het duingebied ten zuiden van Zandvoort voor het eerst in de Nederlandse geschiedenis op grote schaal duinwater werd gewonnen, in dit geval bestemd voor de drinkwatervoorziening van Amsterdam, werd een ontwikkeling gestart die tot gevolg had dat nog voor het einde van de 19e eeuw grote delen van de vastelandsduinen van Noord- en Zuidholland als waterwingebied in gebruik kwamen en bleven. De activiteiten van de waterlei-

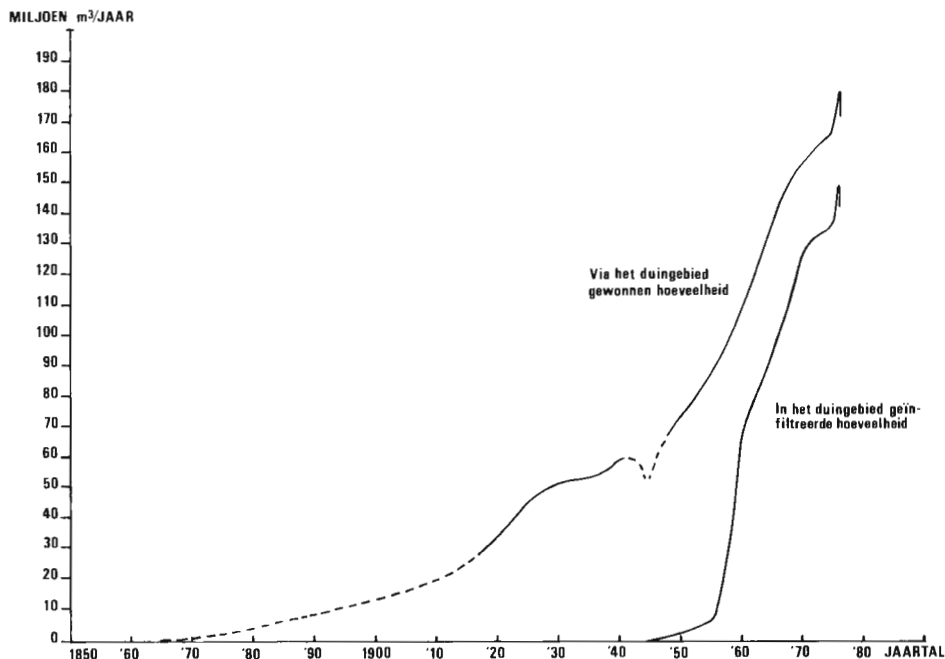


Fig. 43. Ontwikkeling van de waterwinning in het Nederlandse duingebied vanaf 1850 tot 1977 (Gegevens Rapport, 1940; diverse verslagen waterwinbedrijven).

dingbedrijven zijn momenteel veruit de belangrijkste menselijke ingreep in de grondwaterhuishouding van de duinen. In figuur 43 is een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de waterwinning in de duinen.

De reden dat de waterwinning in het duingebied zo'n grote vlucht kon nemen was driedelig. In de eerste plaats was de kwaliteit van het drinkwater in de steden vaak zeer slechts. Het regelmatig voorkomen van allerlei ziekten en epidemieën als cholera en tyfus was hiervan het gevolg. Het was bekend dat de kwaliteit van het duinwater zowel uit fysisch-chemisch als bacteriëel oogpunt bijzonder goed was, iets wat elders in west Nederland zeldzaam was. Tezamen met de ontwikkeling van de openbare drinkwatervoorziening zorgde dit ervoor dat men het duinwater als drinkwater ging winnen. In de tweede plaats was de geologische opbouw van de ondergrond van het duingebied, met name de hoedanigheid van het duinzand, bijzonder geschikt om er water te winnen. Tenslotte maakte het duingebied met zijn talloze vochtige valleien en beken de indruk een bijna onuitputtelijke bron van water te zijn.

De waterwinning in de duinen had tot gevolg dat de grondwaterstanden sterk daalden, zodanig dat in de grote waterwingebieden van de vastelandsduinen van Noord- en Zuidholland praktisch geen vochtige vallei meer overbleef. Tevens trad een sterke verzilting van de zoetwaterzak op waardoor men soms brak water oppompte.

### 2.6.7 De invloed van waterwinning en infiltratie op het duinmilieu

Bij de winning van grondwater treedt daling van de grondwaterstand op. Vaak wordt echter ook het fluctuatietraject in meerdere of mindere mate verstoord, vooral wanneer sterk over het jaar wisselende en seizoensgebonden hoeveelheden water aan het bovenste, freatische, grondwaterpakket worden onttrokken. Het sprekendst doet deze situatie zich voor op de Waddeneilanden, waar onder invloed van het toerisme de gewonnen hoeveelheden in de zomer veel groter zijn dan in de winter. Wanneer een vallei nu ondanks de grondwaterstands-daling die het gevolg is van waterwinning, vochtig blijft, treedt in dit geval een ernstige verstoring van het vochtige valleimilieu op. Vooral in het Groote- en Pompevlak op Texel en in mindere mate in de Hertembosvallei op Schiermonnikoog is dit het geval. Om aan de problematiek van de verdroging en de verzilting van het diepe grondwater t.g.v. een overmatige winning van de natuurlijke watervoorraad een einde te maken, ging men ertoe over water van buiten het duingebied, vaak afkomstig van Rijn of Maas, in de duinen te infiltreren. Rond 1940 is men hiermee begonnen en vooral vanaf het midden der vijftiger jaren zijn de ontwikkelingen stormachtig geweest. Van de huidige hoeveelheid water die via het duinmassief gewonnen wordt, ongeveer 175 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, is veruit het grootste deel, ongeveer 140 miljoen m<sup>3</sup>/jaar oftewel ongeveer 80%, afkomstig van infiltratiewater, terwijl de rest, zo'n 35 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, uit natuurlijk duinwater bestaat. In de loop der tijd is de functie van het duingebied in het kader van de watervoorziening dus veranderd van bron van natuurlijk duinwater tot zuiverings-, kwaliteitsverbeterings- en opslagreservoir van infiltratiewater. Van de laatste functie dient te worden opgemerkt dat deze ook zeer goed op andere wijze vervuld kan worden (b.v. spaarbekkens).

Gezien vanuit het oogpunt van de waterleidingbedrijven is op deze wijze een redelijk ideale situatie geschapen waarbij op eenvoudige en goedkope manier grote hoeveelheden drinkwater geproduceerd kunnen worden. De grondwaterhuishouding van de duinen heeft er echter een drastische wijziging door ondergaan. Weliswaar is het grondwater plaatselijk sterk gestegen, waardoor planten er soms gebruik van kunnen maken, maar de kwaliteit en het gedrag van het grondwater wijken sterk af van een natuurlijke situatie. Ditzelfde geldt voor de aanvoer van stoffen via het infiltratiewater vergeleken met die in een situatie zonder infiltratie.

Het fluctuatietraject ondergaat ook bij infiltratie een sterke verstoring. Het peil in de infiltratiebekkens wordt in de regel vrij constant gehouden, zodat het seizoens- en totale fluctuatietraject in en in de buurt van de infiltratiebekkens een aanzienlijke reductie ondergaat. Wel bestaat de indruk dat het aantal kortdurende fluctuaties sterk toeneemt. Bovendien treden soms sterke en onverwachte grondwaterstands-dalingen op wanneer de infiltratiebekkens ter reiniging van de bodem worden drooggezet en vooral wanneer, door een scheepsramp of anderszins, de bron van het infiltratiewater vergiftigd is en de inname van infiltratiewater gestaakt moet worden. Naast het fluctuatietraject ondergaat ook de snelheid waarmee het bovenste grondwater tussen de zandkorrels doorstroomt bij infiltratie een aanzienlijke verandering. Met 0,5 à 1 m per dag wordt deze ongeveer vijfmaal zo groot als onder natuurlijke omstandigheden.

Veruit de belangrijkste verstoring van de natuurlijke grondwatersituatie door de in-



Foto 5. Infiltratiekanaal nabij Castricum. Langs de oever een ruigkruidenvegetatie met o.a. harig wilgenroosje, gewone kattestaart, grote brandnetel en duinriet.

filtratie is de inbreng van relatief grote hoeveelheden stoffen die van nature niet of in heel geringe mate in het duinmassief gevonden worden. Wanneer de samenstelling van infiltratiewater vergeleken wordt met die van natuurlijk duinwater, dan blijkt dat infiltratiewater gemiddeld tweemaal zoveel chloride, meer kalium en magnesium, tweemaal zoveel sulfaat, twee- à driemaal zoveel fosfaat en wat meer nitraat bevat. Daarnaast is het aannemelijk dat de hoeveelheden zware metalen, gechloreerde koolwaterstoffen en andere afvalprodukten van industrie en landbouw in sterk verhoogde concentraties aanwezig zijn. Hoewel deze cijfers niet op een zeer groot verschil tussen natuurlijk duinwater en infiltratiewater duiden, is de invloed van de infiltratie toch zeer groot. Een km<sup>2</sup> infiltratiegebied krijgt jaarlijks namelijk met 5 à 15 miljoen m<sup>3</sup> een hoeveelheid water te verwerken, die 10 à 20 maal zo groot is als de hoeveelheid die via de neerslag wordt aangevoerd. Ook wanneer het infiltratiewater slechts zeer geringe hoeveelheden van een stof bevat, kan de aanvoer over een jaar gerekend toch zeer aanzienlijk zijn. De hoeveelheid stoffen die via het infiltratiewater wordt aangevoerd, wordt op deze manier vaak veel groter dan de aanvoer via de neerslag en de atmosfeer. Zo geldt in de huidige situatie dat in een infiltratiegebied gemiddeld honderdmaal zoveel chloride, kalium, magnesium en sulfaat, vijftigmaal zoveel nitraat en vijf à twintigmaal zoveel fosfaat wordt aangevoerd als in een ge-

bied zonder infiltratie. Hierbij dient nog bedacht te worden dat de via de neerslag en de atmosfeer aangevoerde hoeveelheden onder invloed van de luchtverontreiniging in de huidige situatie reeds aanzienlijk afwijken van die in een ongestoorde situatie. Van andere stoffen zijn geen gegevens bekend; er mag echter worden aangenomen dat ook die in een situatie met infiltratie (sterk) zullen afwijken van die in een situatie zonder infiltratie.

Door de aanvoer van stoffen vindt niet alleen in het eigenlijke infiltratiegebied een verstoring van bodem en grondwater plaats, maar vaak wordt ook het gebied in de omgeving aangetast doordat infiltratiewater kan uitstromen naar gebieden buiten het infiltratiegebied. Hoewel over de mate waarin neerslagwater en uitstromend infiltratiewater zich mengen nog weinig bekend is, mag op grond van de vegetatieontwikkeling in deze zogenaamde kwelgebieden worden aangenomen dat infiltratiewater in het freatische waterpakket doordringt. Zo kan worden aangenomen dat in praktisch het hele duingebied tussen Scheveningen en Katwijk infiltratiewater in het freatische waterpakket is doorgedrongen.

#### 2.6.8 *Bespreking hydrologische facetkaart*

Tot slot van deze paragraaf wordt in het kort de hydrologische facetkaart besproken. De verschillende legenda-eenheden zijn in het voorgaande al terloops ter sprake gekomen en zijn op het legendablad van deze kaart nader toegelicht.

Op grond van de op deze kaart verzamelde gegevens is het mogelijk het Nederlandse duingebied in vier delen onder te verdelen. Deze worden hierna achtereenvolgens besproken.

##### Het duingebied tussen Rottumeroog en Petten

Van het Nederlandse duingebied is dit het deel met de minst verstoorde grondwatersituatie. Daling van de grondwaterstand is weliswaar voorgekomen, maar deze was meestal niet zodanig dat vochtige valleien hierdoor geheel verdroogden. Sterke daling van de grondwaterstand heeft zich slechts plaatselijk voorgedaan. Kustafslag en toegenomen verdamping door toegenomen en veranderde begroeiing (naaldbosaanplant!) zijn de belangrijkste oorzaken van grondwaterstands daling geweest, terwijl de waterwinning plaatselijk een rol speelt. Met name in het duingebied bij Den Helder heeft zich door de waterwinning een sterke daling voorgedaan. Verstoring van de grondwatersituatie door verontreiniging van het grondwater komt weinig voor, alleen in de omgeving van vuilstorten en mogelijk ook in de omgeving van bungalowparken.

##### Het duingebied tussen Petten en Castricum

Dit duingebied heeft praktisch in zijn geheel een sterke daling van de grondwaterstand gekend. Hoofdzakelijk onder invloed van toegenomen verdamping door toegenomen begroeiing (naaldbosaanplant!) en waterwinning. Hierdoor zijn praktisch alle vochtige valleien in dit gebied verdroogd. Slechts plaatselijk, ten zuiden van Bergen aan Zee, direct achter de zeereep, en ten zuiden van Egmond aan Zee is de daling van de grondwaterstand wat minder groot geweest, zodat hier nog vochtige valleimillieus te vinden zijn.

##### Het duingebied tussen Castricum en Monster

Dit is van het Nederlandse duingebied het deel dat de sterkste verstoring van de grondwatersituatie gekend heeft. Deze is praktisch in zijn geheel een gevolg van de activiteiten ten behoeve van de waterwinning. Bijna overal heeft zich hierdoor een sterke daling van de grondwaterstand voorgedaan. Slechts tussen Castricum en Wijk aan Zee en in de Kennemerduinen komen direct achter de zeereep enkele valleien voor met een wat minder grote daling van de grondwaterstand. Hier worden dan ook de laatste min of meer natuurlijke weinig vochtige valleimillieus gevonden. Ook andere factoren zoals de aanleg van het Noordzeekanaal, toegenomen begroeiing, drooglegging van de Haarlemmermeer en afgravingen aan de binnenduintrand spelen een rol bij de grondwaterstands daling. Deze zijn echter zowel ruimtelijk als wat de grootte van hun invloed betreft ondergeschikt aan de in-

vloed van de waterwinning.

Hoewel in en in de omgeving van de infiltratiegebieden het grondwater, soms sterk, gestegen is en weer binnen bereik van de planten is gekomen, is daar sprake van een nog ernstiger verstoring van de grondwatersituatie. Bodem en grondwater zijn er namelijk verontreinigd met stoffen afkomstig van het infiltratiewater. Daarnaast wijken het fluctuatietraject en de stroomsnelheid van het grondwater sterk af van die in een natuurlijke situatie.

Het duingebied tussen Monster en Cadzand

Dit duingebied neemt landelijk gezien een tussenpositie in, enerzijds komen er gebieden voor met een zeer onnatuurlijke grondwaterhuishouding zoals de infiltratiegebieden op Goeree en Schouwen. Anderzijds zijn er gebieden te vinden die slechts een daling van de grondwaterstand gekend hebben of gebieden met een nog ongestoorde grondwatersituatie. Tot deze laatste zijn de duinen van Voorne en sommige delen van Goeree en Schouwen te rekenen. De belangrijkste oorzaken voor de grondwaterstands daling zijn hier de kustafslag, de toegenomen verdamping door toegenomen begroeiing (naaldbosaanplant!) en in een enkel geval (plaatselijk op Walcheren en Schouwen) de waterwinning.

## 2.7 Bodem

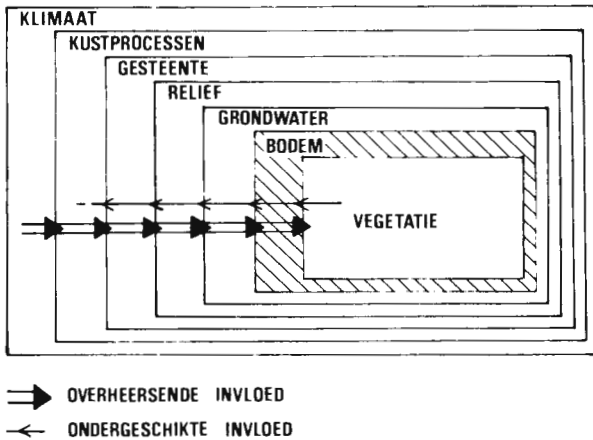


Fig. 44. Vignet bodem.

### 2.7.1 Algemeen.

De bodem is in een aantal opzichten voor de plantengroei van groot belang. In de eerste plaats biedt de bodem houvast aan de wortels. Daarnaast dient hij als leverancier van vocht en voedingsstoffen en speelt hij een rol bij de kieming en overwintering van plantesoorten. De bodem is het resultaat van de wisselwerking van een aantal bodemvormende factoren. Deze zijn: klimaat, moedermateriaal, reliëf, grondwater, planten, fauna en mens.

Bodemvorming houdt in dat het moedermateriaal, in dit geval duin- of strandzand, onder invloed van een aantal processen veranderingen ondergaat. De belangrijkste processen zijn de accumulatie van organisch materiaal (afkomstig van de vegetatie), de gedeeltelijke omzetting van dit materiaal door biologische afbraak in de bodem tot opneembare mineralen (mineralisatie) en de uitspoeling van stoffen als kalk en ijzer. Dit laatste proces vindt plaats onder invloed van doorsijpelend regenwater en de daarin opgeloste zuren.

Al deze processen, die in principe nabij het bodemoppervlak werken, leiden tot de vorming van zones met verschillende fysische en chemische eigenschappen, bodemhorizonten genaamd. In de duinen zijn vaak de volgende horizonten waar te nemen: onder de zodelaag een humushoudende laag, vervolgens een uitgespoelde of uitgeloopte laag (kalk en/of ijzer zijn uitgespoeld), terwijl op grotere diepte het vrijwel onveranderde moedermateriaal te vinden is. Ter illustratie van de bodemvormende processen is figuur 45 opgenomen.

Naarmate de bodems ouder zijn, zijn zij dieper ontwikkeld en zijn de verschillen tussen de horizonten duidelijker. Dit valt onder andere te constateren bij dwarsdoorsneden door de duinstrook, waarbij direct achter de zeereep bodems van enkele jaren oud worden gevonden, terwijl de leeftijd van bodems aan de binnenduinrand tot een achttal eeuwen kan oplopen. Een zeer jonge bodem vertoont nauwelijks profielontwikkeling, een oude bodem kan bijvoorbeeld een dikke humeuze laag bezitten of diep uitgeloopt zijn.

Het uitgangsmateriaal in duinen is, behoudens een enkele uitzondering, zand. Dit zand blijft in de regel het skelet van de bodem vormen. Dit maakt dat de fysische en chemische eigenschappen van zand in jonge maar ook in oude bodems van groot belang zijn. Bovendien beïnvloeden deze eigenschappen het verloop en de snelheid van bodemvorming. Duin- en strandzand bestaat merendeels uit korrels van 0,1-0,3 mm doorsnede, ook al zijn er, in geringe mate, kleinere en grovere korrels aanwezig. De korrelgrootte en de wijze waarop de korrels gestapeld zijn bepalen het poriënvolume. Recent afgezet duinzand heeft een relatief groot poriënvolume. In gestabiliseerde duinen daalt dit volume tot ca. 45%. In valleibodems zijn waarden van 36 à 40% gevonden. Naarmate de bodem dichter wordt en

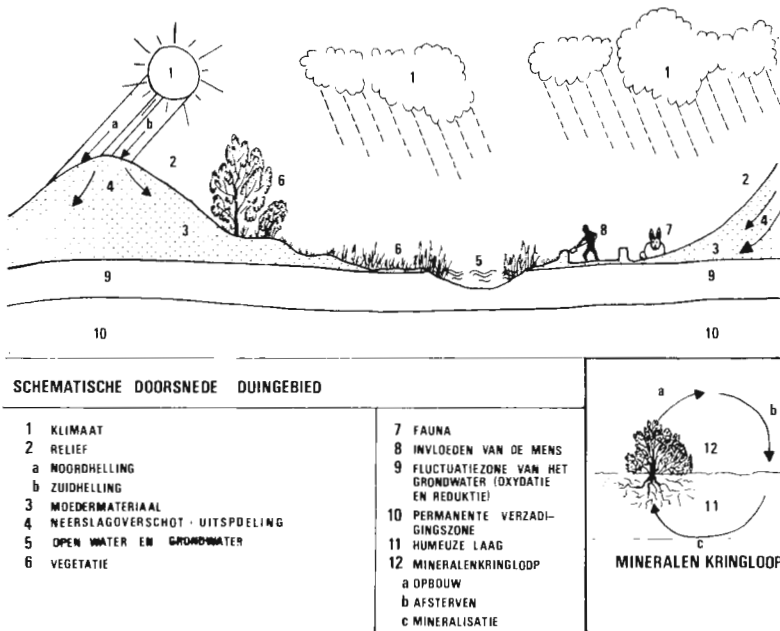


Fig. 45. Overzicht van bodemvorming en bodemvormende factoren (geschematiseerd).

het poriënvolume afneemt, ondervinden de planten steeds meer moeite om met hun wortels in de bodem door te dringen. Het is bekend dat op zandgronden bij poriënvolumes van 40% en minder de plantengroei in sterke mate hinder ondervindt.

Humusloos zand is goed doorlatend en heeft slechts een gering vermogen om het water vast te houden. Het vochtgehalte dat na het uitzakken van het regenwater nog voor de plant beschikbaar is, bedraagt volgens Boerboom (1963) op grond van onderzoek in de Haagse duinen, slechts 1,9 à 2,6%. Vergelijken met bodems die volledig verzadigd zijn met water en dan een vochtgehalte van ca. 40% bezitten, is dit bijzonder weinig.

Zand bestaat niet alleen uit kwartskorrels en schelpfragmenten, maar ook uit andere, verweerbare ingrediënten zoals veldspaten en glimmers. Verder verschilt de samenstelling van het moedermateriaal van plaats tot plaats door uiteenlopende gehalten aan kalk en andere mineralen. In paragraaf 2.4 is er reeds op gewezen dat bij Bergen een duidelijke kalkgrens aanwezig is. Deze vormt in feite niet slechts de scheiding tussen kalkarm en kalkrijk zand maar veeleer tussen mineraalarme en mineraalrijke zanden.

Het Duindistrict is niet alleen gekenmerkt door een relatief hoog kalkgehalte, maar ook elementen als ijzer, aluminium, magnesium en kalium zijn ruimer voorhanden. Het mineraalarme Waddendistrict vertoont veel lagere waarden. Notoire voedingsstoffen als stikstof en fosfor zijn van nature vrijwel overal in het duingebied slecht vertegenwoordigd en dit zijn voor veeleisende planten, zoals cultuurgewassen en ruderaal soorten, beperkende factoren. Dichtbij zee is aanvoer van voedingsstoffen via organische stoffen als wieren mogelijk. Elders zijn deze stoffen hoofdzakelijk opgeslagen in materiaal van plantaardige oorsprong, zoals de organische stof in de bodem.

### *2.7.2 Produktie en omzetting van organische stof*

De produktie en omzetting van organische stof geschiedt door planten en dieren en is bepalend voor de kringloop van voedingsstoffen. Planten produceren bovengronds en in de wortelzone organisch materiaal, dat na afsterven op en in de bodem terecht komt. Dit materiaal wordt door de bodemorganismen (wormen, schimmels, bacteriën en dergelijke) stapsgewijs afgebroken en omgezet in voor de plant opneembare stoffen (mineralisatie) en een aantal bijprodukten. Dit mineralisatieproces is dan ook een belangrijke schakel in de voedingsstoffenkringloop.

Het verloop van de genoemde biologische processen is afhankelijk van de overige milieucondities. Plantesoorten die in een vocht- en voedingsstoffenrijk milieu groeien, produceren veel organische stof. Binnen de duinen zijn de vochtige en mineraalrijke milieus, zoals veel vochtige valleien, dan ook het meest produktief. Op kalkarme droge duinhellingen is de organische stofproduktie laag. De organismen die voor de vertering en omzetting van organische stof zorgen, gedijen het beste in een goed doorluchte bodem met een geschikte zuurgraad: neutraal tot basisch. Hogere temperaturen bevorderen de biologische activiteit. Natte en zure condities daarentegen remmen beide de biologische afbraak. Onder deze omstandigheden kan de aanvoer van organische bestanddelen de afbraak sterk overheersen. In permanente natte milieus uit dit zich in veenvorming. In droge milieus kan onder zure omstandigheden echter ook een bovenlaag ontstaan van onverteerde plantresten, zoals bij de heideplag het geval is.

Een half- of eindprodukt van de omzetting van planteresten is de humus. Deze stof bestaat uit tamelijk resistente en vaak zeer complexe organische verbindingen, die onder bepaalde omstandigheden nog verder afgebroken kunnen worden. Voor de fysische en chemische eigenschappen van de duinbodem is de humus van groot belang. Humusdeeltjes hebben namelijk, evenals kleideeltjes, het vermogen om in belangrijke mate vocht en voedingsstoffen te binden. Dit gebeurt op een wijze dat deze stoffen beschikbaar blijven voor de plantengroei. Het vochthoudend vermogen in zandgronden neemt enorm toe met het humusgehalte. Boerboom (1963) vond in humeuze duinbodems een percentage beschikbaar vocht van 4,1-9,8%. Dit is belangrijk hoger dan bij humusloos zand (1,9-2,6%). Bij zijn waarnemingen was het percentage organische stof in de bodem overigens vrij laag, meestal in de orde van enkele procenten. In natte gebieden met veenvorming kan het gehalte vanzelfsprekend aanzienlijk hoger worden. Van belang is voorts dat ook het poriënvolume bij humusvorming belangrijk vergroot kan worden.

De opslag en leverantie van voedingsstoffen in duinbodems, gebeurt ten dele door de adsorptie van deze stoffen aan humusdeeltjes, ten dele door het vrijkomen van voedingsstoffen bij afbraak van organische verbindingen. Het humusgehalte van de bodems en de gehalten aan fosfor en stikstof zijn sterk gecorreleerd. Zo kennen duinbodems bijvoorbeeld een vrij vaste koolstof-stikstofverhouding die van 10:1 tot 20:1 varieert.

Het proces van humusvorming verloopt vrij langzaam. Hierbij is vooral het kalkgehalte van de bodem van belang. In een kalkrijke bodem wordt de humusvorming door de grote biologische activiteit en de snelle mineralisatie bemoeilijkt. Humusvorming en ontkalking gaan dan ook vaak hand in hand. Het is trouwens de afbraak van organisch materiaal zelf die sterk aan ontkalking bijdraagt. Bij de afbraak komen namelijk humuszuren vrij die, tezamen met de  $\text{CO}_2$  uit de atmosfeer, een zure reactie in het bodemvocht teweeg brengen en de kalk doen uitspoelen.

### 2.7.3 Ontkalking

Onder invloed van het doorsijpelende regenwater en de daarin aanwezige zuren worden stoffen als kalk en ijzer uitgespoeld. In dit bestek wordt alleen op het ontkalkingsproces ingegaan, omdat dit in ecologisch opzicht het meest belangrijk is. In het moedermateriaal is kalk aanwezig in de vorm van schelpfragmenten. Het gehalte varieert in de Nederlandse duinen van enkele tienden van procenten tot bijna tien procent. Het is begrijpelijk dat primair kalkarme zanden sneller ontkalkt zijn dan kalkrijke zanden. De zuurgraad van de bodem, eveneens een ecologisch belangrijke eigenschap, is nauw verbonden met de aanwezigheid van kalk. Ruwweg kan gesteld worden dat bij kalkgehalten hoger dan 0,3% nog voldoende kalk aanwezig is om de bodemreactie neutraal of basisch te doen zijn. Bij kalkgehalten van 0,3% en meer is de bodem gebufferd tegen verzuring. Ontkalking van bijvoorbeeld 5 tot 0,3% heeft daarom voor de zuurgraad weinig effect. Beneden die kritische waarde echter daalt de pH in een vrij snel tempo.

De snelheid en diepte van ontkalking hangen afgezien van de oorspronkelijke kalkgehalten ook af van de mate van vergruizing van de schelpfragmenten, de aanvoer en omzetting van organische stof en de soort begroeiing. Naaldbos en heide leveren voor zover bekend wat agressievere humuszuren dan andere vegetaties. Vanzelfsprekend heeft de hoeveelheid en

de kwaliteit van de neerslag, waarvan de sterke daling van de pH van het regenwater in de afgelopen decennia al eerder is genoemd, eveneens invloed op de snelheid van ontkalking. Ook de grondwatersituatie heeft invloed op de uitspoeling. Hoge grondwaterstanden verkleinen de zone waarin regenwater doorsijpelt. Een indirecte invloed van grondwater is echter evenzeer van belang. Natte bodems remmen de omzetting van organische stof en daarmee de vorming van humuszuren. In natte en vochtige valleien is de ontkalkingsdiepte dan ook veel minder groot dan in hoger gelegen terreingedeelten.

#### *2.7.4 Invloeden van de mens op de bodem*

Door een aantal bewuste of onbewuste invloeden heeft de mens invloed op bodem en bodemprocessen. In dit verband zijn grondbewerking, afplaggen, vergraven, uitgraven, beïnvloeding van grondwaterregiem en -kwaliteit, betreding en luchtverontreiniging (bijvoorbeeld daling van de pH van de neerslag) te noemen.

Bij ploegen of spitten wordt de bovenlaag tot enkele decimeters diep omgewerkt. Als daarbij de humeuze bovenlaag met kalkrijk zand wordt gemengd, treedt een versnelde omzetting van organische stof en een verhoogd voedingsstoffenaanbod op. Dit is dan ook de bedoeling van de boer. Duinakkers vertonen hierdoor vaak een dikkere humeuze laag, maar ook een diepere ontkalking dan natuurlijke valleien in hun omgeving. Het omwerken van de grond uit een ander oogpunt, zoals bij de aanleg van leidingen en kanalen ten behoeve van de waterwinning en infiltratie, heeft een veel sterker storingseffect. Dit gaat vooral op wanneer zulks gebeurt in diep ontwikkelde humeuze bodems op een kalkrijke ondergrond, zoals die veelal aan de binnenduinrand van duingebieden worden aangetroffen.

Bij afplaggen wordt de zode of heideplag en daarmee de organische laag met de aanwezige vegetatie verwijderd. De daaronder aanwezige zandige bodemlaag wordt blootgelegd. De afvoer van organisch materiaal brengt met zich mee dat ook de daarin opgeslagen voedingsstoffen worden afgevoerd. Daarnaast wordt door het blootleggen materiaal aan de oppervlakte gebracht dat, afhankelijk van de bodem, kan variëren van ontkalkt zand, zoals in heidegebieden, tot vrij kalkrijk zand. Bij uitgravingen, zoals in het geval van zandwinning of ter verkrijging van een vochtig valleimilieu, wordt meer bodemmateriaal verwijderd dan bij afplaggen. In de regel wordt hier het moedermateriaal, waarin dus nog geen bodemvorming heeft plaatsgevonden, blootgelegd en worden de volledig organische, dan wel humeuze of uitgeloogde lagen verwijderd. Men heeft dan te maken met een volledig nieuwe start van de bodemprocessen, zoals deze ook in recent gevormde natuurlijke valleien kan optreden.

Veranderingen in het grondwaterregiem, zoals verhoging of verlaging van de grondwaterstand en verandering van het fluctuatietraject, hebben evenzeer effecten op de bodem. Grondwaterstandsverlaging brengt in voormalige natte of vochtige bodems een betere doorluchting zodat de afbraak van organische bestanddelen en de mineralisatie versneld gaan optreden. In welke mate en hoe lang dit proces zich afspeelt hangt af van de hoeveelheid organisch materiaal, maar ook van de kalkrijkdom van het profiel. Zure bodems reageren in dit opzicht minder sterk. Van grondwaterstandsverhoging is vermoedelijk een tegengesteld effect te verwachten. Over het effect van een vergroting van het fluctuatietraject op de bodem zijn weinig kwantitatieve gegevens bekend. Het is echter aannemelijk, mede op grond

van vegetatiekundig onderzoek, dat in vochtige en natte milieus bij vergroting van het fluctuatietraject, waarbij de zomergrondwaterstanden lager komen te liggen, een verhoogde mineralisatie en tevens een verhoogd voedselaanbod zal optreden.

In paragraaf 2.6.7 is uiteengezet dat met infiltratiewater allerlei stoffen zoals fosfaten, nitraten, zware metalen en gechloreerde koolwaterstoffen worden aangevoerd. Vooral de bodems direct naast en onder infiltratiekanalen en -bekkens vertonen verhoogde concentraties van deze stoffen. Dit hangt samen met de adsorptie van deze stoffen aan de met het water meegevoerde slibdeeltjes of humusdeeltjes in de bodem. Bij verzadiging van deze adsorberende complexen treedt 'doorslag' op en daarmee verspreiding van deze verontreinigingen met het afstromende water naar verder van het infiltratiepunt gelegen plaatsen. In kwelgebieden kunnen deze met dit water meegevoerde verontreinigingen, al zijn ze sterk verdund, weer aan de oppervlakte komen. In zuiver zand in de diepere ondergrond vindt namelijk geen of nauwelijks adsorptie plaats. In kwelgebieden kunnen humeuze lagen echter weer adsorberend werken en de genoemde stoffen tot op zekere hoogte binden. Hoewel onderzoek op dit gebied ontbreekt of nog gaande is, is het aannemelijk dat kwelgebieden op deze wijze een accumulatie van deze stoffen ondergaan. In welke mate en in welke verhoudingen genoemde stoffen worden gebonden en welk effect dit op het bodemleven, de flora en fauna van een gebied uitoefent, is een zaak die nader onderzoek verdient.

De mens oefent ook door luchtverontreiniging (pH daling van het regenwater!) invloed uit op de bodem. Versnelde uitloging is één der gevolgen. Ook hier geldt echter dat van kwantitatief onderzoek nauwelijks sprake is.

De laatste, en vergeleken met de eerder vermelde invloeden, relatief kleinschalige factor is die van de betreding. Op droge hellingen is dit vaak oorzaak van vertrapping en erosie. Op vlakke, vochtige bodems zal betreding veelal leiden tot bodemverdichting. De venige of humeuze laag wordt aangetrapt en het poriënvolume daalt, zodat in natte tot vochtige condities de doorluchting van de bodem zal verminderen. Van het effect op mineralisatieprocessen is vooralsnog weinig bekend, temeer daar betreding ook van directe invloed is op de plantengroei en de productie van organische stof. Veel hangt af van de betredingsintensiteit.

#### *2.7.5 Bodemvorming in ruimte en tijd*

In grote trekken wordt het macropatroon in bodemkundig opzicht bepaald door verschillen in moeder materiaal en de ouderdom van bodems. Wat het eerste betreft zijn er de reeds vaak genoemde verschillen in kalkgehalten (zie paragraaf 2.4).

Ouderdomsverschillen tekenen zich af in een zonering van duingebieden met een uiteenlopende ontstaansperiode. Deze verloopt vaak evenwijdig aan de kust. Vanaf de kust naar landinwaarts gerekend, is meestal van een toenemende ouderdom van bodems sprake. Hiermee verband houdend komen meer landinwaarts een grotere ontkalkingsdiepte, een hoger humusgehalte en een dikkere humeuze laag voor, wat weer een hoger gehalte aan opgeslagen voedingsstoffen en soms een lagere pH met zich mee brengt.

Binnen deze macrozonering bestaan nog allerlei verschillen. Daarbij valt te denken aan allerlei verjongingsprocessen, waarbij een gebied door herhaalde verstuing is aangestast, maar vooral ook aan hoogteverschillen. In verband met de hoogteverschillen treden op

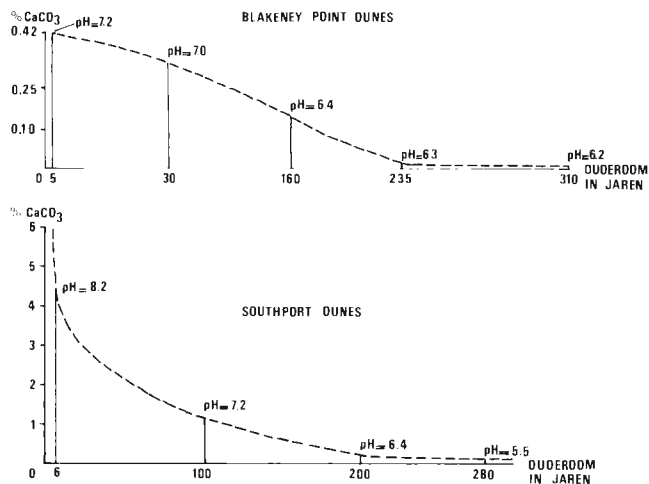


Fig. 46. De relatie tussen kalkgehalte, pH en de ouderdom van de bodem in een tweetal Engelse duingebieden (naar Salisbury, 1952).

korte afstand allerlei variaties in de vochttoestand op. Uitgaande van een gelijksoortig moedermateriaal kunnen op duinhellingen diep uitgeloopte bodems met een ondiepe, zwak humeuze bovenlaag voorkomen, terwijl zich in vochtige valleien een sterk humeuze of venige bovenlaag op een weinig ontcalcate ondergrond kan ontwikkelen. Vooral in valleien met een vochtgradiënt van droog tot zeer nat is er gewoonlijk sprake van een geleidelijk verloop in bodemkundige eigenschappen zoals vochtgehalte, omzettingssnelheid, gehalte aan organische stof en ontcalcingsdiepte. Juist in oudere duingebieden is onder invloed van al deze factoren een rijk micropatroon aanwezig, wat veelal een gevarieerd vegetatiepatroon tot gevolg heeft.

Over de ontcalcingsnelheid is nog weinig bekend. Er bestaan enkele gegevens door bodemonderzoek in duinruggen met een min of meer bekende ouderdom. In figuur 46 is de betrekking tussen leeftijd, kalktoestand en pH tot uitdrukking gebracht, aan de hand van een tweetal voorbeelden in Engelse duingebieden.

Duidelijk is de snelle ontcalcings bij hoge aanvangswaarden van kalk te zien. Later neemt deze snelheid af. Als indicatie voor de ontcalcingsnelheid noemt Ranwell (1972) ca. 5% per honderd jaar in de bovenste 10 cm. Londo (1971) vond in de Kennemerduinen echter een sterkere ontcalcings.

De toename van organische stof in de loop der tijd in de laag van 0-5 cm diepte is in figuur 47 uitgezet, naar gegevens van Ranwell (1972) voor diverse Engelse duingebieden. Uit de figuur blijkt dat duingebieden nogal wat verschillen vertonen. Opmerkelijk is dat de laagste curve (Blakeney Point) behoort bij duinzand met een relatief laag kalkgehalte, hetgeen vermoedelijk remmend werkt op de productie van organische stof.

Er zijn van gebied tot gebied dus nog duidelijke verschillen. Vooral op drogere, kalkarme plaatsen zal de humusvorming na verloop van tijd stagneren door een lage produktiviteit van de planten. In vochtige, wat voedselrijkere situaties kan de ophoping zeer lang doorgaan. Bij dit alles speelt bovendien de soort vegetatie nog een belangrijke rol.

Uit het voorgaande moge duidelijk zijn geworden dat de bodemvormende factoren in tijd

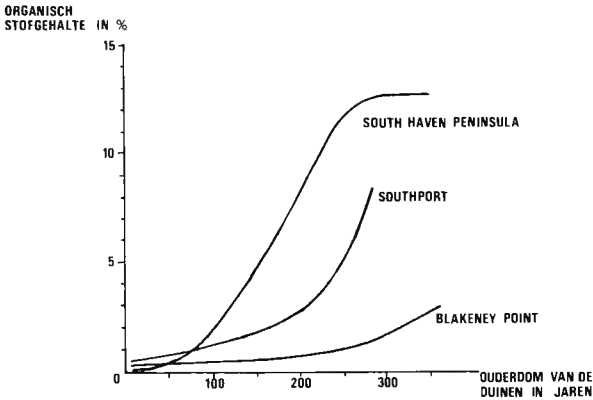
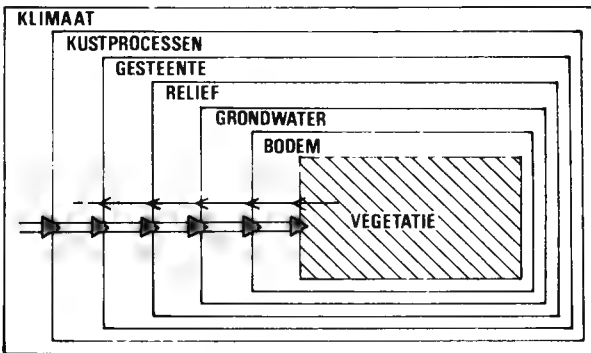


Fig. 47. De relatie tussen het organisch stofgehalte en de ouderdom van de bodem in een drietal Engelse duingebieden (naar Salisbury, 1952).

en ruimte steeds variërende combinaties opleveren. Hierdoor vormen de duinen geen bodemkundig monotoon zandgebied, maar vertonen zij veeleer een rijk geschakeerd bodempatroon.

## 2.8 Vegetatie



⇒ OVERHEERSENDE INVLOED  
 ← ONDERGESCHIKTE INVLOED

Fig. 48. Vignet vegetatie.

### 2.8.1 Inleiding

De plantengroei van de Nederlandse kustduinen is van nature bijzonder soortenrijk en zeer gevarieerd. Naar west Europese maatstaven gemeten staan de biologische kwaliteiten van bepaalde gedeelten zelfs in onze dagen nog aan de top, en uit een oogpunt van vegetatiekunde vormen deze terreinen nog steeds het beste wat Nederland te bieden heeft, wordt opgemerkt in de inleiding tot de uitstekende beschrijving van de vegetatie der duinen in *Wilde Planten deel I* (Westhoff et al., 1970). De grote floristische rijkdom blijkt onder andere uit het feit dat meer dan de helft (ongeveer 64%) van alle plantensoorten die in

Nederland in het wild voorkomen in de duinen kunnen worden aangetroffen. Hieronder zijn vele zeldzame soorten die slechts op door de mens weinig beïnvloede plaatsen groeien.

Zo zijn er tot op heden 25 soorten orchideeën in de duinen gevonden (70% van de Nederlandse orchideeënflora) waarvan 17 nog steeds in het duingebied kunnen worden aangetroffen. Voorts zijn er tot nu toe 31 soorten zegges aangetroffen (53% van de in Nederland voorkomende zeggesoorten) waarvan er nu nog 27 met zekerheid voorkomen. Opvallend is vooral de rijkdom van de vochtige duinvalleien; van de 17 orchideeënsoorten die nu nog in het duingebied groeien, komen 14 soorten uitsluitend in de valleien voor, van de 27 soorten zegges zijn dit er 23!

De vegetatiekundige rijkdom laat zich minder gemakkelijk illustreren als de floristische, maar ook hiervoor geldt dat de duinen rijk bedeed zijn. Er komt een groot aantal verschillende vegetatietypen voor, waaronder vele bijzondere en kwetsbare. Vele vegetatietypen zijn tot het duingebied beperkt.

Nu is het hier niet in de eerste plaats de bedoeling om uitgebreid de talloze plantensoorten en vegetatietypen te beschrijven die men in de duinen kan aantreffen. We zullen ons hier beperken tot een korte beschrijving van het Nederlandse duingebied als groeiplaats voor planten. Daarbij zal worden aangegeven welke factoren bepalend zijn geweest voor het ontstaan van het rijke en gevarieerde plantenkleed dat wij op dit moment nog op veel plaatsen in de duinen kunnen aantreffen. Dit geeft immers de sleutel tot het instandhouden van nog waardevolle vegetaties en het herstellen van verarmde vegetaties. Voorts zullen we een indruk geven van de huidige gesteldheid van het duingebied voor wat betreft haar vegetatie. Dit wordt gedaan aan de hand van een beknopte beschrijving van de verbreiding der belangrijkste vegetatietypen, waarbij ook aandacht wordt besteed aan de veranderingen die in de loop der tijd in die verbreiding zijn opgetreden. Een illustratie van de huidige verbreiding der belangrijkste vegetatietypen kan gevonden worden in de bij dit boekje gevoegde vegetatiekaart (bijlage 6). Een toelichting op deze vegetatiekaart is geheel aan het eind van deze paragraaf opgenomen.

### *2.8.2 Het Nederlandse duingebied als groeiplaats voor planten*

In de vorige paragrafen is ruimschoots aandacht besteed aan het klimaat, de geologie, de geomorfologie, de hydrologie en de bodemkundige gesteldheid van het duingebied. Duidelijk is daarbij naar voren gekomen dat er in het duingebied wat betreft de meeste van deze factoren van plaats tot plaats belangrijke verschillen bestaan. Dit levert een in ruimtelijk opzicht sterk gevarieerd abiotisch milieu op voor de plantengroei.

Voorts bleek uit de voorgaande paragrafen dat het duingebied op veel plaatsen sterk dynamisch van karakter is, dat wil zeggen dat er zich in de loop der tijd sterke veranderingen in de milieu-omstandigheden voordoen. Daarnaast zijn er evenwel ook plaatsen waar zich in de loop der tijd, afgezien van regelmatige dag- en jaarschommelingen, slechts geringe veranderingen in de milieu-omstandigheden hebben voorgedaan. Ook in temporeel opzicht is het abiotisch milieu van de duinen dus sterk gevarieerd.

Het is dit in ruimtelijk én temporeel opzicht zo gevarieerde abiotische milieu, met zijn talloze milieugradiënten, dat de basis vormt voor de floristische en vegetatiekundige rijkdom van het duingebied. Zowel soorten, die slechts gedijen op voedselarme stand-

plaatsen waar in de loop der tijd weinig veranderingen in de milieu-omstandigheden optreden, als soorten van meer voedselrijke en/of dynamische omstandigheden kunnen een plekje vinden dat aan hun specifieke milieueisen voldoet.

Hoewel in de duinen ook onder de soorten van relatief voedselrijke en sterk dynamische milieus bijzondere soorten voorkomen, gaat de aandacht van het natuurbeheer toch allereerst uit naar de soorten van weinig dynamische en relatief voedselarme milieus, die in de duinen nog op veel plaatsen te vinden zijn. Een belangrijke reden voor deze aandacht is, dat door menselijk toedoen dergelijke vrij voedselarme en in evenwicht verkerende milieus, met de talrijke daarbij behorende soorten, in ons land op grote schaal verdwenen of sterk achteruitgegaan zijn. Een andere reden is dat het voor de natuurbeheerder vaak uiterst moeilijk is de goede milieu-omstandigheden voor deze soorten te handhaven of te scheppen.

De gevoelige soorten van evenwichtige, relatief voedselarme milieus vindt men in de duinen vooral op plaatsen waar het abiotisch milieu reeds in belangrijke mate aan hun eisen voldoet zoals in natte valleien, op noordhellingen en langs de binnenduinstrand. Toch zijn in een onbegroeid duinterrein ook op deze plaatsen de milieu-omstandigheden nog niet direct zodanig dat alle 'fijngevoelige' plantensoorten zich er kunnen vestigen. Dit is slechts weggelegd voor een beperkt aantal pioniersoorten. Pas nadat de plantengroei en het dierenleven zich enige tijd ongestoord hebben kunnen ontwikkelen, waarbij de onderlinge relaties tussen planten en dieren sterker worden en de milieudynamiek verder afneemt, worden de milieu-omstandigheden geschikt voor de meest kritische soorten. Zeer gevarieerde en soortenrijke vegetaties, met veel kwetsbare en fijngevoelige plantensoorten, kan men dan ook slechts aantreffen op plaatsen waar de plantengroei en het dierenleven zich min of meer ongestoord hebben kunnen ontwikkelen. Vooral het achterwege blijven van door de mens veroorzaakte verstoringen is daarbij van belang. De duinen danken hun floristische en vegetatiekundige rijkdom dan ook mede aan het feit dat de menselijke beïnvloeding op veel plaatsen vrij gering is geweest. Daar de menselijke invloed in het verleden op veel plaatsen een extensief karakter had en gedurende lange tijd op dezelfde wijze plaatsvond, kan men zelfs constateren dat de mens op veel plaatsen actief heeft bijgedragen aan de natuurlijke rijkdom van het duingebied.

Samenvattend kan gezegd worden dat de duinen hun rijke plantengroei in hoofdzaak danken aan het gevarieerde abiotisch milieu met zijn overwegend voedselarme karakter en aan het feit dat de vegetatie zich op vele plaatsen heeft kunnen ontwikkelen in een situatie waarin de mens eerder een differentiërende dan een nivellerende invloed uitoefende.

Bij wijze van toelichting op de constatering dat het gevarieerde abiotisch milieu van de duinen de basis vormt voor de floristische en vegetatiekundige rijkdom van het duingebied, zullen we nu in een korte bespreking aangeven in hoeverre de verschillende milieufactoren die in de voorgaande paragrafen zijn besproken, en die in hun hiërarchisch verband in figuur 4 van paragraaf 1.3.3 zijn opgenomen, bijdragen tot de verscheidenheid aan plantensoorten en vegetatietypen in het duingebied. Ook op de wijze waarop de fauna en de mens tot die verscheidenheid hebben bijgedragen wordt nog even kort ingegaan.

## Moedermateriaal, klimaat

De samenstelling van het moedermateriaal is in de duinen een factor die, zeker op grote schaal bezien, zorgt voor belangrijke verschillen in de plantengroei. Vooral door de grote verschillen in mineralenrijkdom van het duinzand ten noorden en ten zuiden van Bergen aan Zee (ten noorden van deze plaats overwegend mineraalarm en ten zuiden ervan vaak mineraalrijk, vooral kalkrijk) verschilt de flora ten noorden en ten zuiden van Bergen aan Zee zodanig dat beide gebieden als twee afzonderlijke plantengeografische districten beschouwd worden, namelijk het Wadden- en het Duindistrict.

Het is hierbij overigens van belang op te merken dat, ondanks de soms hoge kalkgehalten, het duinzand nergens echt rijk is aan plantenvoedingsstoffen. Zoals reeds eerder is opgemerkt heeft dit in belangrijke mate bijgedragen tot de floristische en vegetatiekundige rijkdom van het duingebied.

De floristische verschillen tussen het Wadden- en Duindistrict berusten behalve op verschillen in de samenstelling van het moedermateriaal ook op klimatologische verschillen. Deze klimatologische verschillen komen tot uiting in het feit dat het Waddendistrict naast soorten die het hoofdgebied van hun verspreiding in de kuststrook van noordwest Europa hebben, zoals dophei, struikhei, kleine waterweegbree en gagel, ook veel soorten herbergt die kenmerkend zijn voor noord Europa zoals bijvoorbeeld kraaihei, Noordse rus en veenpluis. Het duindistrict daarentegen kent naast soorten uit het noordwesteuropese kustgebied, veel soorten die hun hoofdverspreiding in midden- en oost Europa hebben, bijvoorbeeld kruisbladgentiaan en duinsalomonszegel. Voorts is het voorkomen van zuideuropese soorten als kegelsilene, bitterling en teer guichelheil kenmerkend voor het duindistrict.

Ook op kleinere schaal is het klimaat verantwoordelijk voor verschillen in de plantengroei. Zo wordt het gegeven dat het klimaat dicht langs zee veel extremer is als verder landinwaarts weerspiegeld in het feit dat men goed ontwikkelde struwelen en bossen vooral langs de binnenduinrand en in landinwaarts gelegen valleien aantreft, terwijl dicht bij zee lage kruidenrijke vegetaties en eenvoudig gestructureerde struwelen overheersen. Op nog kleinere schaal draagt het zogenaamde microklimaat bij tot verschillen in de plantengroei. Het microklimaat wordt in belangrijke mate bepaald door het reliëf.

## Reliëf

Het reliëf zorgt voor veel lokale verschillen in de plantengroei van de duinen. Vooral het verschil tussen noord- en zuidhellingen is in dit verband spectaculair. De noordhellingen, met hun koele vochtige microklimaat, dragen gewoonlijk veel dichtere en soortenrijkere vegetaties dan de warme droge zuidhellingen. Ook in de valleien, waar het microklimaat mild en vochtig is, komen vaak soortenrijke vegetaties voor. Met name in valleien draagt overigens ook het microreliëf, in samenhang met grondwater en bodem, nog in belangrijke mate bij tot de variatie in de plantengroei.

## Grondwater

Een volgende factor die binnen het duingebied voor grote verschillen in de plantengroei zorgt is het grondwater.

In de eerste plaats is er het verschil tussen de flora van vochtige valleien en droge duinruggen. De flora van de vochtige valleien bestaat in hoofdzaak uit plantesoorten die zich slechts kunnen handhaven wanneer zij van het grondwater kunnen profiteren. Dergelijke planten worden freatofyten of grondwaterplanten genoemd. De plantengroei van de droge duinen bestaat uitsluitend uit soorten die het ook zonder grondwater kunnen stellen, de zogenaamde afreatofyten. Deze planten hebben voldoende aan de geringe hoeveelheid regenwater die door de bodem wordt vastgehouden, hoewel vele afreatofyten ook in vochtige valleien goed kunnen gedijen.

Voorts bestaan er belangrijke verschillen tussen de plantengroei van de vochtige duinvalleien onderling. Zo is de vegetatie van valleien met een constant natuurlijk grondwaterregiem meestal veel soortenrijker en gedifferentieerder dan die van valleien die een grondwaterstandsvaling gekend hebben of waarin onnatuurlijk grote grondwaterstandsfluctuaties zijn gaan optreden. Ook de vegetatie van vochtige valleien met verontreinigd grondwater is soortenarmer en minder gedifferentieerd dan die van valleien waarin de grondwaterkwaliteit natuurlijk is. Verontreinigd grondwater komt vooral voor in de nabijheid van infiltratiegebieden. Aangezien door de infiltratie- en winningsactiviteiten in dergelijke gebieden ook het grondwaterregiem wordt beïnvloed, hebben valleien in en nabij infiltratiegebieden naast verontreinigd grondwater vaak ook nog een onnatuurlijk grondwaterregiem. Een gevolg daarvan is dat in dergelijke valleien meestal weinig soorten voorkomen die karakteristiek zijn voor de duinen of die in Nederland zeldzaam zijn. Het aandeel van de algemene, in het gehele land voorkomende soorten als grote brandnetel, akkerdistel, harig wilgeroosje en koninginnekruid is er daarentegen juist bijzonder groot. In bijlage 2 is een zo compleet mogelijk overzicht gegeven van het voorkomen van freatofyten in het Nederlandse duingebied. Daarbij is zo goed mogelijk aangegeven of die soorten in de verschillende delen van het Nederlandse duingebied in de afgelopen eeuw zijn vóór- of achteruitgegaan.

## Bodem

Naast het moedermateriaal, het klimaat, het reliëf en het grondwater vormt ook de bodem een belangrijke differentiërende factor voor de plantengroei. Daarbij zijn een tweetal bodemkundige processen van overheersend belang; te weten de uitspoeling van mineralen en de vorming en omzetting van organische stof.

De uitspoeling van de mineralen, met name van kalk, veroorzaakt een langzame verzuring van de bodem. Na korte of lange tijd is deze verzuring zo sterk dat zich heide kan ontwikkelen. In gebieden waar het moedermateriaal kalkrijk is, kan het honderden jaren duren voordat het uitlogingsproces zover is voortgeschreden. Zo vindt men in het kalkrijke Duindistrict slechts heide op kleine plekken aan de binnenduintrand bij De Zilk, Loosduinen en op Schouwen. In het Waddendistrict, waar het moedermateriaal een veel lager kalkgehalte bezit, kan de bodem binnen enige decennia reeds zover zijn uitgelooft dat

heide-ontwikkeling plaatsvindt. Doordat het kalkgehalte, zelfs op zeer kleine schaal, onder invloed van uitspoeling kan verschillen, ontstaat een grote mate van ruimtelijke variatie. Naast de uitspoeling van mineralen is ook de omzetting van organische stof van belang. Op kalkrijke basische plaatsen waar de omzetting snel verloopt is het milieu voedselrijker dan op plaatsen met een kalkarme zure bodem waar ophoping van humus en in natte omstandigheden veenvorming plaatsvindt. Doordat de mate van omzetting van plaats tot plaats verschillend is, draagt ook deze factor bij tot de ruimtelijke variatie in de plantengroei.

#### Fauna en mens

Naast de hierboven besproken abiotische milieufactoren, kunnen de dieren en de mens bijdragen tot de variatie in de plantengroei. Dieren kunnen dit onder andere doen via hun rol bij de verspreiding van plantensoorten en via directe beïnvloeding (betreding, begrazing). Er is ons wat betreft de invloed van in het wild levende dieren op de vegetatie evenwel weinig concreets bekend, aangezien aan dit aspect in het kader van deze studie geen aandacht besteed kon worden.

De mens heeft op een groot aantal verschillende manieren bijgedragen tot de verscheidenheid in de plantengroei der duinen onder andere via maaien, beweiden, kappen, afplaggen, afgraven en laten stuiven van het duingebied. Daarbij geldt dat deze ingrepen alleen op die plaatsen hebben bijgedragen tot de verscheidenheid in de plantengroei, waar de invloeden gedurende lange tijd op dezelfde wijze hebben plaatsgevonden en niet te intensief zijn geweest. Fraaie voorbeelden van de wijze waarop de mens op indirecte wijze, namelijk via beweiding, een gunstige invloed op de vegetatie heeft uitgeoefend, worden gevormd door de vrij extensief beweidde duingraslanden die men op verschillende plaatsen langs de binnen-duinrand kan aantreffen, onder andere op Schouwen, Goeree, bij Monster, bij Egmond en op de Waddeneilanden. In dergelijke vegetaties kan men verschillende botanische bijzonderheden aantreffen zoals de herfstschroeforchis (alleen op Goeree), de brede duingentiaan en de harlekijnsorchis. Ook betreding kan, wanneer deze niet te intensief is, differentiërend werken. Op sommige plaatsen, in heidevelden of kruipwilgstruwelen, kan men juist langs paadjes veelvuldig orchideeën aantreffen.

#### *2.8.3 De vegetatie van het duingebied in heden en verleden*

Het duingebied biedt levensmogelijkheden aan tal van plantesoorten aangezien de levensomstandigheden van plaats tot plaats sterk verschillen. Twee duinvalleien zullen nooit exact gelijke vegetaties bevatten. Wel vertonen valleivegetaties vaak een duidelijke verwantschap. Zo zal de vegetatie van een vochtige, kalkarme duinvallei op Schouwen meer soorten gemeen hebben met een soortgelijke vallei op Terschelling dan met een aangrenzende kalkrijke duinrug. Vegetatiekundigen maken van dit gegeven dankbaar gebruik door vegetaties die qua structuur en soortensamenstelling verwant zijn samen te voegen tot vegetatietypen of plantengemeenschappen. Hierdoor is het mogelijk een classificatie van vegetatietypen te maken. Een dergelijke classificatie is noodzakelijk om de (vallei)-vegetaties van het uitgestrekte en soortenrijke Nederlandse duingebied te kunnen bespre-

ken en op kaarten te kunnen weergeven. Omdat een voor dit doel bruikbare classificatie voor het hele Nederlandse duingebied niet bestond, is, speciaal ten behoeve van het 'Duinvalleienproject' een aparte classificatie opgezet. Op basis van literatuurgegevens (o.a. Westhoff & den Held (1969) en Doing (1974)) en eigen veldwaarnemingen werden classificatie-eenheden onderscheiden die in het veld goed herkenbaar zijn op basis van hun structuur en floristische samenstelling en die een duidelijke correlatie vertonen met milieufactoren die in het kader van het 'Duinvalleienproject' van groot belang geacht werden, zoals waterhuishouding, bodem en voedingsstoffenhuishouding. De aldus samengestelde classificatie diende als basis voor de landschapsecologische kaart (deze laatste kaart is mede op de geomorfologische en hydrologische classificatie gebaseerd). In bijlage 3 vindt men een uitgebreid overzicht van deze legenda; voor een uitgebreide bespreking van de classificatie wordt verwezen naar het basisrapport. Overigens kan men bijlage 3 ook raadplegen voor het verkrijgen van nadere plantensociologische informatie over de verschillende begroeiingstypen, waarvan in de onderstaande tekst sprake is, zoals wilgenstruweel, duinhei etc.

Alvorens over te gaan tot de bespreking van enige belangrijke aspecten van de duinvegetaties in heden en verleden, moet worden opgemerkt dat in dit korte bestek slechts aan enkele binnen dit onderzoek relevante zaken aandacht kan worden geschonken. Het is dan ook belangrijk hier te wijzen op de omvangrijke literatuur die over de vegetatie en flora van de duinen is verschenen en waarvan in de literatuurlijst de belangrijkste titels zijn weergegeven. In deze literatuur wordt ook aan talloze vegetatiekundige en floristische aspecten die hier niet ter sprake kunnen komen aandacht besteed.

#### *2.8.4 Vegetaties van de droge duinen*

De vegetatie van de droge duinen bestaat uitsluitend uit afreatofyten. Het vegetatiepatroon is op kleine schaal vaak mozaiekvormig. Op grotere schaal is in de regel een zonatie te onderscheiden vanaf de zeereep tot de binnenduinen welke gepaard gaat met de bodemkundige zonatie.

##### *Kalkrijke droge duinen*

In gebieden met een kalkrijke bodem kan men stuifduinvegetaties, duindoornstruwelen, duindoorn-vlierstruwelen, duindoorn-ligusterstruwelen, duingraslanden, meidoornstruwelen en berken- en eikenbossen aantreffen. Vooral het veelvuldig voorkomen van soortenrijke duindoorn-ligusterstruwelen, waarin naast de naangevende soorten onder andere asperge en verschillende soorten rozen voorkomen, is voor de droge kalkrijke duinen kenmerkend. Daarnaast is het voorkomen van soortenrijke hoogopgaande meidoornstruwelen, die behalve meidoorn vaak rijk zijn aan onder andere kardinaalsmuts en wegedoorn, opvallend. Dit type meidoornstruweel treft men vooral aan tussen IJmuiden en Den Haag en op Voorne, op welke laatste plaats het ook vaak onder invloed van het grondwater voorkomt. Tussen IJmuiden en Noordwijkerhout overheerst vaak kardinaalsmuts. De meidoornstruwelen en kardinaalsmutsstruwelen die men in de genoemde gebieden op enige afstand van de zee aantreft worden vaak afgewisseld door eikenbosjes. Zowel de duindoorn-ligusterstruwelen als de meidoornstruwelen zijn in het Nederlandse duingebied zeer goed ontwikkeld, zeker in vergelijking

met soortgelijke vegetaties in de andere noordwesteuropese duingebieden. De soortenrijkste duinstruwelen in Europa worden op Voorne aangetroffen!

De met struweel begroeide oppervlakte van de Nederlandse droge kalkrijke duinen is in de afgelopen anderhalve eeuw sterk toegenomen, voornamelijk als gevolg van vastlegging van de duinen en de stopzetting van de beweiding. Dit is ten koste gegaan van een ander waardevol vegetatietype van de droge kalkrijke duinen; het duingrasland. Duingraslanden op kalkrijke bodem kunnen zeer soortenrijk zijn. Fraaie voorbeelden van dergelijke soortenrijke duingraslanden kan men nog op diverse plaatsen in het Duindistrict aantreffen. Naast soorten die in deze begroeiingen algemeen zijn, zoals fakkelgras, grote wilde tijm, echt walstro en kruipend stalkruid, komen er plaatselijk ook (zeer) zeldzame soorten in voor zoals kruisbladgentiaan, hondskruid, nachtsilene en kleine pimperl. Floristisch nauw verwant aan de duingraslanden van kalkrijke bodem zijn bepaalde stuifduinvegetaties met onder andere duinsterretje en zanddoddegras.

Bovenbeschreven vegetaties van droge tot kalkhoudende bodem treft men hoofdzakelijk aan in het Duindistrict, hoewel duingraslanden, duindoornstruwelen en duindoorn-vlierstruwelen van kalkhoudende bodem ook wel in het Waddendistrict in de nabijheid van de zee voorkomen, zij het vaak in een arme vorm.

#### Kalkarme droge duinen

In gebieden met een kalkarme of volledig ontkalkte bodem, zoals men voornamelijk in het Waddendistrict aantreft, maar ook op enkele plaatsen in het duindistrict, komen stuifduinvegetaties, duingraslanden, duinheiden en eikenbossen voor. De duingraslanden zijn in dit geval veel soortenarmer dan die van de kalkrijke duinen. Zij zijn met hun ijle, ondiep wortelende vegetatie bovendien veel kwetsbaarder voor betreding. Buntgras is een soort die veelvuldig optreedt in duingraslanden van kalkarme bodem. Opvallend is dat dergelijke duingraslanden vaak zeer rijk zijn aan op de bodem groeiende korstmossen.

Duinheiden met onder andere kraaiheide, struikheide en stekelbrem komen in het hele Waddendistrict veel voor, vooral op noordhellingen. Alleen op Schiermonnikoog en Rottum ontbreken zij geheel. Zowel de duingraslanden als de duinheiden zijn op veel plaatsen in kwaliteit achteruit gegaan als gevolg van het wegvallen van beweiding en plaatselijk door overmatige betreding.

Eikenbossen komen in het droge kalkarme duingebied slechts sporadisch voor; het eikenbos aan de binnenduinrand bij Schoorl is een van de weinige voorbeelden.

Tussen de vegetatietypen van de droge kalkrijke en droge kalkarme duinen komt nog een heel scala van tussenvormen voor. In dergelijke overgangssituaties vindt men vaak vegetaties waarin het duinroosje de boventoon voert en waarin men soms soorten als rozenkransje en zonneroosje kan aantreffen.

#### 2.8.5 Vegetaties van de verdroogde valleien

De vegetaties van de volledig verdroogde valleien (zomergrondwaterstand meer dan 1,5 m onder maaiveld) bestaan voornamelijk uit afreatofyten, hoewel vaak nog enige freatofyten

kunnen worden aangetroffen die goed tegen verdroging bestand zijn. Deze planten leiden echter meestal een kwijnend bestaan. Bovendien kunnen nieuwe planten van deze soorten zich niet meer vestigen doordat het milieu ongunstig is geworden voor kieming. Voorbeelden van dergelijke weinig verdrogingsgevoelige freatofyten in kalkrijke duinen zijn riet, zeegroene zegge, oeverzegge, moeraszegge en zachte berk. Voor de kalkarme duinen kunnen in dit verband onder andere riet, blauwe zegge, biezeknoppen en pijpestrootje genoemd worden.

Afgezien van het voorkomen van enkele weinig verdrogingsgevoelige freatofyten wijkt de soortensamenstelling van de vegetaties van de volledig verdroogde valleien weinig af van die van de droge duinen. Wel heeft in verdroogde valleien struweel, en in kalkarme duingebieden duinhei, vaak de overhand. Voorts bereikt duinriet in verdroogde valleien vaak een hoge bedekking.

#### 2.8.6 *Vegetaties van de vochtige valleien*

De vegetatie van de vochtige valleien bestaat hoofdzakelijk uit freatofyten, hoewel langs de randen van de valleien en op drogere kopjes vaak ook veel afreatofyten voorkomen. De overheersende rol die de factor grondwater in de valleien speelt ten aanzien van de vegetatie komt duidelijk tot uiting in het patroon van de vegetatie. De vegetatietypen (en ook de verschillende plantesoorten afzonderlijk) zijn vaak in smalle zones, evenwijdig aan de hoogtelijnen, gerangschikt. Men spreekt in zo'n geval van een gezoneerd vegetatiepatroon. Zo groeit gewoon duizendguldenkruid veelal in een smalle zone langs de hoogste randen van de valleien. Oeverkruid daarentegen treft men slechts aan op de laagste moerasige plaatsen van een vallei, die alleen bij (zeer) lage waterstanden droogvallen.

#### Vochtige valleien met kalkrijke bodem

In vochtige valleien (grondwaterstand in de zomer niet meer dan ongeveer 1 m onder maaiveld en 's winters meestal enige tijd boven het maaiveld) met een kalkrijke bodem kan men pioniervegetaties, gras- en rietlanden, kruipwilgstruwelen, doornstruwelen, berkenbossen, elzenbossen en elzenbroekbossen aantreffen. Bij een natuurlijk grondwaterregiem en dito grondwaterkwaliteit zijn de vegetaties vaak zeer soortenrijk. Vooral de valleien begroeid met lage valleivegetaties (pioniervegetaties, lage kruipwilgstruwelen en schrale graslanden) zijn vermaard vanwege hun grote soortenrijkdom. Zo zijn van een tweetal aan elkaar grenzende valleien op Voorne (de Gentiananvallei en het Vliegveld), die een dergelijke vegetatie bezitten, in totaal zo'n 68 soorten freatofyten bekend, waaronder bijzonderheden als bitterling, sturnia en vlakke bies. Daarnaast komen meer algemene soorten (althans algemener in dergelijke valleien, landelijk gezien zijn het zeldzaamheden) als slanke duingentiaan, parnassia, moeraswespenorchis, fraai en strandduizenguldenkruid, vleeskleurige orchis en sierlijk vetmuur voor.

De oppervlakte in het Nederlandse duingebied die met soortenrijke lage valleivegetaties van kalkrijke vochtige bodem is begroeid, is de afgelopen anderhalve eeuw zeer sterk achteruit gegaan. Een van de oorzaken daarvan is het dichtgroeien van de valleien met struweel en bos door het wegvallen van de beweiding door vee en het wegvallen van het maaien en houtkappen door de plaatselijke bevolking. Hoewel ook de duinstruwelen en ber-

kenbossen hun waarde bezitten, betekent het geheel dichtgroeien van de vochtige valleien met struweel en bos een verarming. Een situatie waarbij lage valleivegetaties, struweel en bos elkaar ruimtelijk afwisselen (een situatie die onder andere bij extensieve beweiding kan worden aangetroffen) is vanuit natuurbeheersoogpunt bezien ideaal.

Een veel belangrijker oorzaak voor het teruglopen van de oppervlakte aan soortenrijke lage valleivegetaties van vochtige, kalkrijke bodem is de verdroging door grondwaterstands-daling (zie paragraaf 2.6). De vegetatie van enigermate verdroogde valleien is soortenarmer, ruiger en minder gedifferentieerd dan die van ongestoorde vochtige valleien. De lage valleivegetaties van enigszins verdroogde valleien worden vaak gedomineerd door duinriet, terwijl ook soorten als addertong en rondbladig wintergroen er veelvuldig in kunnen voorkomen. Bij verdergaande verdroging gaan deze vegetaties weer over in die van geheel verdroogde valleien, welke hiervoor reeds besproken zijn. De effecten van grondwaterstands-daling op de vegetatie komen in hoofdstuk 3 uitgebreider aan de orde.

Op verschillende plaatsen is de grondwaterstand in verdroogde valleien recent weer gestegen door de infiltratie met oppervlaktewater ten behoeve van de drinkwaterleiding-bedrijven. De lage valleivegetaties van dergelijke zogenaamde kwelgebieden vertonen aanvankelijk nog wel enige overeenkomst met soortenrijke lage valleivegetaties uit gebieden met een natuurlijk grondwaterregiem en dito kwaliteit. Na verloop van tijd krijgen zij echter een sterk gestoord, voedselrijk karakter met veel ruigtekruiden zoals koninginncruuid en harig wilgeroosje en op moerassige plaatsen algemene soorten als riet en grote lisdodde. Op den duur kunnen bij nog verdere voedselverrijking zelfs brandnetelvegetaties ontstaan, zoals die ook vaak langs de infiltratieplassen en -kanalen in dergelijke gebieden aangetroffen kunnen worden. Ook struwelen en bossen zijn in kwelgebieden nabij infiltratiewerken ruiger en soortenarmer dan in ongestoorde gebieden.

Wanneer men de verbreiding van de verschillende hierboven beschreven vegetatietypen der vochtige valleien langs de Nederlandse kust nagaat, dan blijkt dat soortenrijke lage valleivegetaties van kalkrijke tot kalkhoudende bodem, waarin plaatselijk doornstruwelen en berkenbossen voorkomen, tegenwoordig hoofdzakelijk beperkt zijn tot Voorne en de Waddeneilanden. (In het laatste geval vaak in jonge geheel of gedeeltelijk afgesnoerde strandvlaktes als de Buiten Muy op Texel, de Kroonspolders op Vlieland en de Strandvlakte op Schiermonnikoog, waar zij plaatselijk overgaan in kweldervegetaties). Daarnaast komen deze vegetaties nog voor op Schouwen, Goeree, bij Monster, bij Egmond Binnen, bij Petten en hier en daar langs gegraven plassen, zij het hier op kleine schaal en/of in een andere vorm.

Valleien met een natuurlijk grondwaterregiem en -kwaliteit die grotendeels zijn dichtgegroeid met struweel en bos treft men vooral aan op Voorne en voorts op kleine schaal in Zeeuws-Vlaanderen, op Walcheren, Schouwen en Goeree en bij Hock van Holland.

Overal elders treft men in het Duindistrict (en plaatselijk ook in het Waddendistrict) op grote schaal vegetaties aan, die door verstoring van het grondwaterregiem en/of verontreiniging van het grondwater sterk zijn verarmd.

## Vochtige valleien met kalkarme bodem

In vochtige valleien met kalkarme bodem kan men pioniervegetaties, gras- en rietlanden, kruipwilgstruwelen, duinheiden, wilgenstruwelen, berken- en elzenbroekbossen vinden. Ook in het kalkarme gebied geldt dat bij een natuurlijk grondwaterregiem en een natuurlijke grondwaterkwaliteit de lage valleivegetaties soortenrijk kunnen zijn. Vooral pioniervegetaties op paadjes, langs oevers van duinmeertjes en op ijsbaantjes zijn vermaard, zowel vanwege het voorkomen van bijzondere soorten als ronde zonnedauw, draadgentiaan, pilvaren en moeraswolfsklauw, als vanwege het relatief grote aantal soorten. (Op een ijsbaantje op Terschelling 32 soorten freatofyten!) De vochtige heideterreinen en schrale graslanden van de kalkarme duinen doen hier weinig voor onder, met hun plaatselijke rijkdom aan onder andere orchideeën (gevlekte orchis, welriekende nachtorchis en harlekijnsorchis) en klokjesgentiaan.

In het gehele Waddendistrict, met uitzondering van Rottum en het gebied Bergen-Schoorl, vindt men soortenrijke valleivegetaties van kalkarme bodem. Op het relatief kalkrijke Schiermonnikoog nemen dergelijke vegetaties een kleine oppervlakte in.

In vochtige valleien met kalkarme bodem komen vaak verspreide wilgenbosjes voor, en soms ook gagelstruwelen en berkenbosjes. Anders dan in kalkrijke duingebieden is hier echter meestal geen sprake van het volledig dichtgroeien van valleien. Toch is ook in de kalkarme gebieden het veranderde agrarisch beheer van belang, zoals het stopzetten van extensieve beweiding ofwel het intensiveren van beweiding en het stoppen van plaggensteken, maaien en kappen (van o.a. kruipwilg, andere wilgesoorten en heide). Hierdoor zijn vooral schrale graslanden en pioniervegetaties in kwaliteit achteruitgegaan (dichtgroeien met heide en kruipwilg). Ook eutrofiëring tengevolge van recreatie veroorzaakt plaatselijk een verarming van de vegetatie. Dit geldt met name voor pioniervegetaties langs oevers van duinmeren. Verder is grondwaterstandsaling een belangrijke oorzaak van achteruitgang.

Vegetaties van verdroogde valleien met kalkarme bodem, die grotendeels bestaan uit soortenarme kruipwilgstruwelen en duinheiden, vindt men in het gehele Waddendistrict op vrij grote schaal. In het gebied Bergen-Schoorl overheerst dit type terwijl het op zuid Texel, geheel Vlieland, west en midden Terschelling en delen van Ameland grote oppervlakten beslaat.

## Vochtige valleien met kalkhoudende tot kalkarme bodems.

Tussen valleivegetaties van kalkrijke-kalkhoudende en die van kalkarme bodem zit nog een scala van overgangstypen met zowel soorten van kalkrijke bodem (b.v. parnassia, knopbies en vleeskleurige orchis) als soorten van kalkarme bodem (b.v. dophei en heidekartelblad) en tevens soorten als tandjesgras en vlozegge die zich vooral in dergelijke overgangssituaties goed thuisvoelen.

Men treft deze overgangssituaties in kalkrijkdom vooral aan in afgesnoerde strandvlakten in het Waddendistrict, bijvoorbeeld in het Geul- en het Muygebied op Texel, in de Kroonspolders op Vlieland, in de Kroonspolders op Terschelling.

Onlangs is in de Kroonspolders op Terschelling in een dergelijk overgangsmilieu het zeldzame vetblad gevonden. Tot op heden werd aangenomen dat dit de eerste maal was dat vetblad zich spontaan in het Nederlandse duingebied had gevestigd. Bij een bezoek aan het

fotoarchief van het Provinciaal Waterleidingbedrijf in Noord Holland troffen wij onder het hoofdje 'Terrein Bakkum' echter een foto uit 1932 van vetblad aan!

#### *2.8.7 Vegetaties van de natte valleien en oevervegetaties van duinmeren*

Over de vegetaties van moerassige plaatsen, waar het grondwater zich praktisch het hele jaar vlak onder of vlak boven het maaiveld bevindt en die men voornamelijk kan aantreffen langs de oevers van duinmeren en in de diepste delen van valleien, kan nog het volgende opgemerkt worden.

In de jongste successiestadia vertonen de vegetaties van natte valleien en langs de oevers van duinplassen een sterke overeenkomst met die van vochtige valleien (zie paragraaf 2.8.6). De oudere successiestadia wijken evenwel vrij sterk af van die van de vegetaties der vochtige valleien. De vegetaties van oudere natte valleien en rond oudere duinmeren bestaat hoofdzakelijk uit rietland en wilgenstruweel, terwijl plaatselijk ook elzenbroekbos voorkomt. Hoewel deze vegetaties vaak niet bijzonder soortenrijk zijn, zijn ze vanuit faunistisch en landschappelijk oogpunt van groot belang (broedbiotoop van de bruine kicken-dief!), temeer daar dit soort vegetatietypen tegenwoordig hoofdzakelijk beperkt is tot de Waddeneilanden, de Zwanenwaterduinen bij Callantsog en het duingebied van Voorne.

Vroeger waren deze vegetatietypen in het duingebied veel algemener en kwamen ze bijvoorbeeld in het zuidelijk deel van Texel (Pompevlak, Groote Vlak, Natte Vlak en Noord Vlak) op uitgebreide schaal voor; door grondwaterstands-daling zijn ze daar verdwenen. Duinmeren van enige omvang, waarvan de oevers begroeid zijn met moerasvegetaties, zijn in Nederland ten opzichte van het buitenland overigens nog relatief talrijk. Genoemd kunnen worden het Quackjeswater en het Breede Water op Voorne, het Zwanewater bij Petten, De Geul en De Muy op Texel en de meertjes in het Griltjeplak, Badhuisplak en Kroonpolders op Terschelling.

Natuurlijke duinmeertjes met pioniervegetaties langs de oevers kan men vinden in de Meeuwenduinen op Vlieland en bij de plasjes in het Oerd op Ameland. Ook op de tijdelijk drooggevalle bodem van ondiepe duinplassen (met moerasvegetaties langs de oevers) komen pioniervegetaties voor. Voorts kan nog worden vermeld dat op vele plaatsen in het Nederlandse duingebied gegraven plassen voorkomen, met soms belangwekkende oevervegetaties. Overigens moet worden opgemerkt dat de waterplantenvegetaties van de duinmeren bij dit onderzoek onvoldoende zijn bestudeerd. Hiervoor kan onder andere verwezen worden naar de publikaties van Leentvaar (1963 en 1967).

#### *2.8.8 Vegetaties van vochtige terreinen langs de binnenduinrand*

De binnenduinrand vormt de overgang van het duingebied naar het achterliggende polderland of de achterliggende kwelders. De binnenduinrand is daardoor altijd een gradiëntrijk gebied waar zich tal van bijzondere bodemkundige en hydrologische situaties kunnen voordoen, hetgeen levensmogelijkheden oplevert voor tal van bijzondere plantesoorten. Vooral in vroeger dagen was de binnenduinrand met zijn moerasgebieden, bronnen en beekjes zowel in vegetatiekundig als in floristisch opzicht (en ongetwijfeld ook in faunistisch opzicht) bijzonder rijk. Veel van deze rijkdom is verloren gegaan onder andere door ontginning van

de binnenduintrand tot land- en tuinbouwgrond, door bebossing en door grondwaterstands daling. Slechts op de Waddeneilanden, bij Petten, bij Egmond Binnen, bij Hoek van Holland en op de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden zijn fragmenten van de oorspronkelijke en soortenrijke vegetaties bewaard gebleven, veelal in de vorm van beweide graslanden op kalkarme bodem. Door de bijzondere hydrologische situatie komen verdroogde terreinen langs de binnenduintrand minder frequent voor dan in de valleien in de rest van het duingebied. Op de meeste plaatsen heeft echter wel enige daling van de grondwaterstand plaatsgevonden met steeds als gevolg: verarming van de vegetaties en in dit geval het verdwijnen van bijzondere landschapselementen als bronnen en beekjes.

In cultuur gebrachte binnenduinterreinen komen langs de gehele binnenduintrand op grote schaal voor. Bossen treft men vooral aan langs de binnenduintrand in het Duindistrict.

#### *2.8.9 Onder sterke invloed van de mens tot stand gekomen vegetaties*

In het voorgaande zijn vegetaties besproken die in belangrijke mate spontaan tot ontwikkeling zijn gekomen. Daarnaast komen echter vegetaties voor die voor een belangrijk deel bestaan uit door de mens aangeplante of uitgezaaide soorten zoals dennenbossen, loof- en hakhoutbossen, cultuurgraslanden en bouwlanden.

Uitgestrekte dennenbossen (voor het merendeel aangeplant in de periode 1920-1940) komen voor op Walcheren, Schouwen, langs de binnenduintrand tussen Den Haag en IJmuiden, in het duingebied tussen IJmuiden en Camperduin en op alle Waddeneilanden behalve Rottum. Ten zuiden van IJmuiden liggen deze dennenbossen voornamelijk op de duinruggen en langs de binnenduintrand, ten noorden van deze plaats zijn veelal ook valleien beplant met dennenbos. Vermeldenswaard is dat op enkele plaatsen in oude dennenbossen in het Waddendistrict verschillende noord Europese soorten voorkomen zoals dennenorchis, Linnaeusklokje, eenbloemig wintergroen en kleine keverorchis.

Aangeplante loofbossen hebben vaak een veel natuurlijker karakter dan dennenbossen. Vooral bij oudere bossen, waarin van nature in het duingebied thuishorende loofhoutsoorten zoals zomereik, zwarte els, iep en zwarte populier voorkomen, is het vaak moeilijk om vast te stellen of men met een natuurlijk dan wel met een aangeplant bos te doen heeft. Dit geldt bijvoorbeeld voor de grotendeels in de 17<sup>e</sup> en 18<sup>e</sup> eeuw aangeplante binnenduintrandbossen in het Duindistrict. Men treft in deze soortenrijke bossen onder andere veel bol- en knolgewassen aan zoals gewone en knikkende vogelmelk, wilde hyacint, helmbloem, daslook en verder bosanemoon en stengelloze sleutelbloem. In de binnenduintrandbossen komen ook vaak hakhoutpercelen voor.

Cultuurgraslanden en bouwlanden die nog steeds in gebruik zijn of die kort geleden verlaten zijn treft men in het hele Nederlandse duingebied nog op grote schaal aan langs de binnenduintrand. Voorts komen nog grote percelen voor in duinvalleien op Terschelling, Texel en bij Castricum. Kleinere percelen, die tegenwoordig vaak in gebruik zijn als volkstuin, komen overal in het duingebied nog voor, vooral in de nabijheid van dorpen.

## 2.8.10 Bespreking vegetatiekundige facetkaart

De vegetatiekaart geeft een karakterisering van de vegetatie van het gehele Nederlandse duingebied. De legenda-eenheden dienen in principe ter karakterisering van de vegetatie der vochtige valleien. Ontbreken deze, of zijn ze volledig verdroogd, dan dienen de legenda-eenheden ter karakterisering van de vegetatie der duinruggen en de verdroogde valleien.

Ook bij het samenstellen van de vegetatielegenda van de landschapsecologische kaart is op deze wijze te werk gegaan (zie paragraaf 2.9). De vegetatiekaart onderscheidt zich van de landschapsecologische kaart door het feit dat sterker het accent is gelegd op lage valleivegetaties van vochtige bodem en dat minder aandacht is besteed aan de struwelen en bossen.

Doordat het accent op de lage valleivegetaties is gelegd vertonen de legenda-eenheden van de vegetatiekaart een sterke samenhang met de grondwatersituatie en de hydrologische kaart. Men kan dan ook aan de hand van de vegetatiekaart dezelfde grove geografische onderverdeling maken van het Nederlandse duingebied als gebeurd is op basis van de hydrologische kaart (zie paragraaf 2.6.8).

Bij bestudering van de vegetatiekaart valt onder andere op dat in de vastelandsduinen tussen Den Haag en Egmond op grote schaal en tot dicht bij zee vegetaties van bodems met een kalkgehalte variërend van kalkhoudend tot kalkarm gekarteerd zijn. Dit is vooral gebeurd in droge en sterk verdroogde gebieden (legenda-eenheden 3 en 03), maar plaatselijk ook in gebieden met vochtige valleien (legenda-eenheid 12). Dit is des te meer opmerkelijk omdat in deze streek het kalkgehalte van het moedermateriaal in het algemeen hoog is (zie landschapsecologische kaart). De oorzaak moet gezocht worden in het feit dat op de duinruggen veel planten zeer oppervlakkig wortelen in een bodemlaag die vaak al enigszins ontkalkt is. In valleien ligt de oorzaak veelal in de aanwezigheid van (eventueel met kalkrijk zand overstoven) venige lagen waardoor de bodem plaatselijk oppervlakkig ontkalkt is of althans een lage zuurgraad heeft.

Bijzondere elementen op de vegetatiekaart die speciale aandacht verdienen zijn de bevochtige graslanden (legenda-eenheid 9) die men vooral op Schouwen en Goeree kan aantreffen maar onder andere ook bij Hoek van Holland, Monster en tussen Egmond-Binnen en Castricum. Hoewel in de legenda staat aangegeven dat deze graslanden een ongestoord grondwaterregiem kennen, moet gezegd worden dat met name in de graslanden tussen Egmond en Castricum wel enige verdroging is opgetreden. Toch vormen ook hier de graslanden nog een soortenrijk en kwetsbaar vegetatietype dat alleen bij handhaving van het huidige grondwaterregiem en de huidige mate van beweiding kan blijven voortbestaan. Overigens geldt ook voor alle overige nog vochtige gebieden (legenda-eenheden 6 t/m 12) dat handhaving van de huidige grondwatersituatie de voornaamste voorwaarde is voor het laten voortbestaan van de vochtige valleivegetaties (Voor verdere aanwijzingen voor behoud, herstel en nieuwvorming van vochtige duinvalleimilieus moet naar hoofdstuk 4 verwezen worden).

Tot slot nog enige opmerkingen over de kartering van gebieden zonder vochtige valleien. Door het accent op de valleivegetaties bij de vegetatiekaart konden ter karakterisering van droge duingebieden slechts weinig eenheden onderscheiden worden. Lage kruidenrijke vegetaties, struwelen en bossen werden samengenomen. Aangezien het onderscheid tussen natuurlijke en aangeplante bossen vaak moeilijk is, zijn alleen die bossen en struwelen, waarvan het evident was dat ze werden aangeplant, als zodanig onderscheiden. Op plaatsen waar voormalig cultuurland is bebost is alleen de bebossing aangegeven.

## 2.9 Indeling in landschapstypen: toelichting bij de landschapsecologische kaart 1:100 000 (bijlage 7)

### 2.9.1 Algemeen

In paragraaf 1.3.4 is uiteengezet dat de landschapsecologische kaart, zoals in het kader van deze studie vervaardigd, vooral berust 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.

### *2.9.2 Achtergronden en criteria bij de legenda-opbouw*

In ideale vorm zou een landschapsecologische kaart alle terreindelen kunnen weer-geven, 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 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 vanzelf 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 dan 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 constatering 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 op welke wijze 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 1.3.2 en vooral 1.3.3 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 evenzeer 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 paragraaf 2.4). 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 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, het fluctuatietraject 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 grondwaterstandsvaling, 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 volgende 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 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 aspect dat de laatste verfijningen in de landschapskaart kan aanbrengen. Het heeft niet slechts een bodemkundige indicatiewaarde, maar weerspiegelt vele andere componenten 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 (zie 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, bijvoorbeeld pioniervegetaties, struwelen, bossen etc.

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 rel. opp. van de elementen. Karakterisering door middel van ontstaanswijze (Incl. 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 landschapsfactor in de legenda verwerkt en gekarakteriseerd. Een uitgebreide legenda-beschrijving vindt men in bijlage 5. Deze geeft een toelichting op de korte legenda, die op de kaart is afgedrukt.

### 2.9.3 De legenda-opbouw, keuze van kleuren, rasters en symbolen

De kaartlegenda, die al enige tientallen onderscheidingen kent, maakt nog veel meer 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 landschapsfactor 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 naar de legenda verwezen.

#### 2.9.4 Bruikbaarheid en beperkingen 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 het 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. Vaak zal echter aanvullend en doelgericht onderzoek noodzakelijk blijven. Dit geldt in ieder geval voor de faunistische gegevens, die in dit rapport moesten ontbreken. In alle geval dient advies aan het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum te worden gevraagd en aan de auteurs van dit rapport via het Studie- en Informatiecentrum T.N.O. voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer, te Delft.

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. De hierin opgenomen gegevens kunnen zowel een toelichting als een detaillering betekenen. Zo kan de hydrologische facetkaart, waarin de oorzaken en mate van grondwaterstands dalingen en de versterking van de grondwaterkwaliteit zijn opgenomen, relevante informatie verlenen. Overigens kan ook de kaart met veranderingen sinds 1850 (bijlage 8) verhelderend zijn.

#### 2.9.5 Bespreking van de landschapsecologische kaart

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).

Bijzondere contactzones tussen het Jonge en Oude Duin-landschap 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 Jonge Duingebied, hoewel zij zeker voor een deel tot de Oude Duinen kunnen behoren. 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 Jonge 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.

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 zuidwest Nederland. Deze terreinen ontstaan door kustaan groei, 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 strandvlaktes.

Onvolledig afgesnoerde strandvlaktes 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 zuidwest 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 heideontwikkeling optreden. Het feit dat op Texel en Schiermonnikoog relatief mineraalrijke gebieden kennen, uit zich daar dan ook in overgangssituaties. Alvorens over te gaan op de duinen, die door verstuing 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. Wie zien dit in optima forma op Texel (de 'Slufter'), in Zeeuws-Vlaanderen bij het Zwin (deels Belgisch) en in miniatuur bij de Verdrongen Zwarte Polder eveneens in Zeeuws-Vlaanderen.

Duinen en duinvalleien, ontstaan door verstuing, zijn zeer algemeen en in allerlei leeftijdscategorieën voorhanden. Men treft deze aan op de eilanden, in zuidwest 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 zuidwest Nederland, al zijn ook daar verdroogde of anderszins gedegradeerde terreinen. De Waddeneilanden hebben overwegend heidevegetaties of vegetaties van kalkovergangssituaties. In zuidwest Nederland zijn de valleien overwegend struweelrijk. De vastelandduinen hebben ten gevolge van uiteenlopende, maar vooral menselijke invloeden veel van 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 grondwaterstandsaling die de karakteristieke valleivegetaties deed verdwijnen. Slechts enkele 'vluchtplaatsen', zoals in enkele laagten ten zuiden van Egmond, ontstaan door mijnopruijing, 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 resulterende 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 (zie hoofdstuk 3) als de zeldzame nog ongestoorde situaties in het huidige gebied nadrukkelijk wijzen op de regeneratiemogelijkheden (zie hoofdstuk 4). 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, grondwaterstandsaling en vaak het volstuiven van valleien.

Deze processen zijn in de geomorfologische facetkaart (bijlage 4) nader gepreciseerd, evenals het proces van uitstuiving tot grondwater. Andere belangwekkende processen van hydrologische aard worden in de hydrologische facetkaart verduidelijkt. Een gezamenlijk gebruik der kaarten maakt het op die wijze mogelijk de landschapsecologische kaart een zekere voorspellingswaarde te geven.

Aan de hand van het kaartoverzicht kan worden vastgesteld dat de in landschapsecologisch opzicht grootste variatie en in het bijzonder wat de valleimilieus betreft de meest ongestoorde situaties zijn aan te treffen in de Kop van Noordholland en het Waddengebied. Ook zuidwest Nederland kent zeer karakteristieke en gave landschapstypen. De vastelandduinen, van nature al wat minder gedifferentieerd, zijn over relatief grote oppervlakten gedegeneerd ten gevolge van vooral antropogene invloeden. Veel valleien hebben hun oorspronkelijke vochttoestand verloren, zijn ontgonnen of bebost of zijn geomorfologisch, bodemkundig en hydrologisch door infiltratiewerken aangetast. In tal van gebieden zijn regeneratiemogelijkheden aanwezig. Hiervoor wordt verwezen naar de hoofdstukken 4 en 6.

## **3 Veranderingsprocessen, hun oorzaken en gevolgen**

### **3.1 Inleiding**

In hoofdstuk 2 is een karakterisering van de huidige situatie van het Nederlandse duingebied gegeven aan de hand van een bespreking van de verschillende componenten die in het landschap kunnen worden onderscheiden. Daarbij is veel aandacht besteed aan het huidige patroon van ieder van deze componenten, terwijl ook is ingegaan op de processen die aan deze patronen ten grondslag liggen en op de relaties die er tussen de componenten bestaan. Terloops is daarbij tevens naar voren gekomen dat het duinlandschap in de loop der tijden aan een sterke verandering onderhevig is geweest.

In dit hoofdstuk wordt in de eerste plaats nagegaan wat onder veranderingsprocessen verstaan dient te worden en hoe hun werking in het duingebied is voor te stellen (ook in hoofdstuk 1 is hier al kort op ingegaan). Vervolgens wordt aan de hand van de veranderingenkaart en de daarbij behorende legenda nagegaan wat sinds ongeveer 1850 de belangrijkste veranderingen in het Nederlandse duingebied zijn geweest en welke natuurlijke en/of menselijke invloeden aan deze veranderingen ten grondslag liggen. Kennis van veranderingen en veranderingsprocessen is niet alleen van belang ter verkrijging van een beter inzicht in de oorzaken van veranderingen die bijvoorbeeld in de loop der tijd in de plantengroei zijn opgetreden, maar vooral om iets te kunnen zeggen over de te verwachten effecten van voorgenomen ingrepen in het duingebied. Vooral voor het voeren van een goed beheer ten aanzien van het duingebied is deze kennis onontbeerlijk.

### **3.2 Veranderingsprocessen, algemeen**

Het duinlandschap is geen star en statisch geheel; talloze veranderingsprocessen<sup>2</sup>, zoals kustafslag, kustaan groei, grondwaterstands daling, verstuingen, successie, etc. hebben in de afgelopen anderhalve eeuw voor sterke veranderingen in het uiterlijk van het duingebied gezorgd. Deze veranderingsprocessen worden in belangrijke mate bepaald door de aard en het functioneren van het landschap waarin zij zich voltrekken. We noemen dergelijke processen natuurlijke veranderingsprocessen die zowel door natuurlijke oorzaken als door menselijke activiteiten op gang gebracht kunnen worden.

Naast veranderingen ten gevolge van de min of meer natuurlijke veranderingsprocessen zijn er ook veranderingen die alléén ten gevolge van menselijke activiteiten optreden, zoals de aanleg van wegen en de bouw van huizen, vergravingen en verontreiniging van bodem

2. Bij het 'Duinvalleienproject' worden alleen die veranderingsprocessen besproken die door een natuurlijke oorzaak of door een menselijke activiteit op gang gebracht kunnen worden en die leiden tot een merkbare en langdurige wijziging van het patroon en de soortensamenstelling van de vegetatie en eventueel van de duinvormen.

en grondwater. Deze activiteiten voltrekken zich vrijwel onafhankelijk van de aard en het functioneren van het landschap waarin zij zich voordoen. De veranderingen die slechts ten gevolge van menselijke activiteiten kunnen optreden, hebben overigens vaak wel als neven-effect het op gang komen van allerlei natuurlijke veranderingsprocessen in de nabijheid van de ingreep tot gevolg.

Het mechanisme van een natuurlijk veranderingsproces is het beste voor te stellen door er van uit te gaan dat binnen een landschap vóór het in werking treden van het proces een dynamisch evenwicht hoerste (een toestand die overigens weinig voorkomt in de duinen). Wanneer door wijzigingen binnen één of meer componenten van het landschap dit dynamisch evenwicht verstoord wordt, zullen de processen binnen de andere componenten van het landschap zich ook wijzigen, veelal in de richting van een nieuw, dynamisch evenwicht. Meestal is een dergelijke wijziging onomkeerbaar.

Voor de effecten die natuurlijke veranderingsprocessen op het landschap hebben, is het van belang op welk niveau van het hiërarchisch model een wijziging zich voltrekt (zie hoofdstuk 1, paragraaf 1.3.3). Is dit een 'hoog' niveau zoals bijvoorbeeld het geval is bij het klimaat, dan zal dit meestal tot ingrijpende wijziging binnen de componenten van vele, zo niet alle, lagere niveaus leiden. Omgekeerd geldt, dat een verandering die plaatsvindt binnen een 'laag ingeschaalde' component, zoals bijvoorbeeld plantengroei en dierenleven, meestal van ondergeschikte invloed is op de hogere componenten. Om een en ander te illustreren worden hierna twee voorbeelden gegeven.

Als voorbeeld van een verandering op hoog niveau is in figuur 49 aangegeven hoe bij een klimaatsverandering talloze directe en indirecte invloeden op de 'lagere' componenten van het landschap worden uitgeoefend. Daarbij is het voor te stellen dat een warmer worden van het klimaat als direct effect heeft dat het mediterrane element in de flora van de duinen toeneemt ten koste van het boreale element. Een indirect effect kan zijn de afname van het aantal soorten freatofyten in het duingebied als gevolg van grondwaterstands-daling door toename van de verdamping.

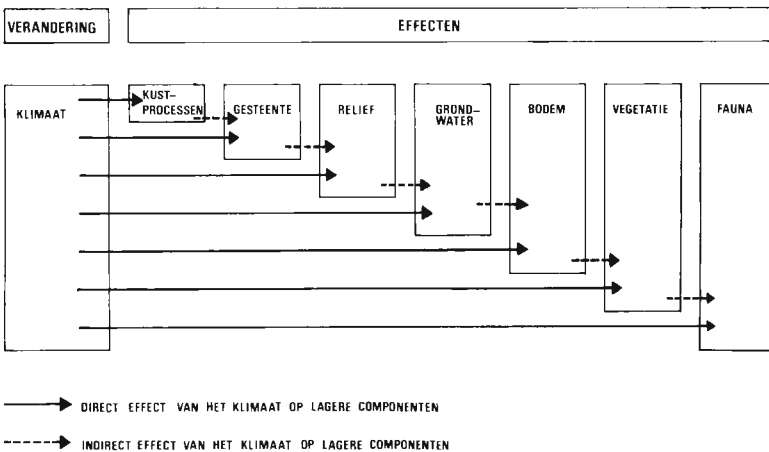


Fig. 49. De invloed van een klimaatsverandering op de vegetatie (geschematiseerd).

In het algemeen gesproken geldt dat een verandering op een 'hoog' niveau grootschalige 'landschapsomvattende', onontkoombare en vaak onomkeerbare gevolgen met zich meebrengt.

Als voorbeeld van een verandering op een laag niveau kan een verandering van het aantal konijnen gelden. Konijnen beïnvloeden het duingebied langs directe weg vooral via vraat en graverij. Hierbij verkeren ze in wisselwerking met hun omgeving. Ze zijn afhankelijk van het voedselaanbod en kunnen slechts grasachtige vegetaties en lage struwelen 'begrazen'. Hogere struiken en bomen zijn gevrijwaard van hun invloed. Graven vindt slechts in het droge duingebied en niet in vochtige valleien plaats. Hun invloed is meestal lokaal van aard. Naast deze directe invloeden op vegetatie en bodem zijn de activiteiten van het konijn ook indirect van invloed op hoger gelegen niveau's. Zo kan door graverijen en begrazing de wind vrij spel krijgen en verstuiwingen veroorzaken, waardoor het reliëf wordt gewijzigd. De mate waarin dit gebeurt is echter afhankelijk van talloze factoren. Het maakt bijvoorbeeld verschil of graverij aan de lij- of aan de loefzijde van een duin plaatsvindt, of bescherming door een hogere vegetatie aanwezig is en/of de vegetatie het vermogen bezit om zich snel te herstellen. Zo zal een toename van het aantal konijnen op de ene plaats grootschalige verstuiwingen kunnen veroorzaken (met name in droge kalkarme duingebieden), terwijl elders vegetatie en bodem dermate veel weerstand bieden dat grootschalige verstuiwingen niet zullen optreden.

Landschapsecologisch gezien betekent dit dat de gevolgen van een verandering op een laag niveau niet alomvattend behoeven te zijn, maar slechts onder bepaalde voorwaarden kunnen optreden, waardoor de werking ruimtelijk beperkt is en soms zelfs de ruimtelijke variatie kan doen toenemen.

Bij de veranderingen die in de afgelopen anderhalve eeuw in het duingebied opgetreden zijn, heeft, naast allerlei natuurlijke oorzaken, vooral de mens een rol van groot en vaak doorslaggevend belang gespeeld. Dat deze rol zo belangrijk is geweest, houdt verband met het feit dat de mens in toenemende mate in staat is om 'hooggeplaatste' landschapcomponenten te beïnvloeden. Wanneer de mens optreedt op een wijze zoals dat in het verleden het geval was, is zijn invloed vaak regulerend en leidt dit tot differentiatie in het landschap. Dit geldt bijvoorbeeld nog steeds bij extensieve betreding, extensieve beweiding en bij kleinschalige ingrepen als maaien, kappen en plaggen. Hoewel het ingrijpen van de mens op 'hoog ingeschaalde' componenten soms differentiërend werkt, hebben de meeste ingrepen in dat geval mede door hun grootschaligheid een verarming van vegetatie en fauna tot gevolg.

We zullen nu overgaan tot een bespreking van de belangrijkste veranderingen, waarbij ook wordt ingegaan op de oorzaken van de veranderingen.

### **3.3 Veranderingen sinds 1850<sup>3</sup>**

Bestudering van talloze publikaties uit de vorige en het begin van deze eeuw maakt duidelijk, dat het uiterlijk van het Nederlandse duingebied in de afgelopen anderhalve

3. Het jaartal 1850 is gekozen omdat vooral na die datum sterke veranderingen ten gevolge van waterwinning, infiltratie, recreatie, bebouwing, etc. zijn opgetreden. Bovendien dateren de eerste betrouwbare topografische kaarten uit die tijd, evenals de eerste uitgebreide vegetatiekundige en hydrologische studies.

eeuw sterk veranderd is. Dit geldt zowel ten aanzien van de hogere droge duinen als voor de valleien.

Rond 1850 was het hogere droge duingebied veel minder begroeid dan tegenwoordig. Deze situatie werd onder andere door het op grote schaal weiden van vee, het snijden van takken, het kappen van struiken en bomen, etc. en de geringe aandacht voor het vastleggen van het duin in de hand gewerkt. Vooral in de van nature wat onvruchtbaarder duinen van het Waddendistrict traden hierdoor aanzienlijke verstuivingen op, waarbij soms vrijwel onbegroeide duinterreinen voorkwamen zoals bij Schoorl, op Vlieland en op Terschelling. De kalkrijke en wat vruchtbaarder duinen van het Duindistrict waren over het algemeen wat beter begroeid, zonder dat daarbij ook maar bij benadering het huidige niveau van vastlegging bereikt werd. Compleet stuivende terreinen kwamen hier veel minder voor, slechts van de duinen van Schouwen en Walcheren is bekend dat ze sterk stoven.

Het voorgaande kan aan de hand van de volgende citaten geïllustreerd worden. Holkema (1870) vermeldt van de duinen van Vlieland dat deze 'voor het merendeel onbegroeid, steeds meer en meer de daartussen gelegen valleien overstuiven'. Ook noemt hij de sterke verstuivingen in het oostelijk deel van Terschelling. Van Eeden (1872) die rond 1870 het duingebied nabij Schoorl bezocht, trof daar een gebied aan dat plaatselijk onbegroeid was. Zo beschrijft hij een duinrug als 'een uitgestrekte, kale, witte bergrug met breede stoute omtrekken, zonder een enkele plant, zonder een grasschetje zelfs, ...., een zandgletscher waarop gij huiverig zijt den voet te zetten, en rondom U niets dan barre wildernis'. Elders in dit gebied moeten toen echter ook begroeide duinhellingen zijn voorgekomen, blijkens een opmerking van dezelfde auteur dat de duinen op sommige plaatsen 'aan de noordzijde voor een groot deel met welig eikenhout begroeid' waren. Het gaat hier waarschijnlijk over de nog altijd met eikenbos begroeide binnenduinrand bij Schoorl.

Hoewel deze stuivende situatie plaatselijk overlast bezorgde, was het vanuit natuurbehoudsoogpunt vaak gunstig. De voortdurende verstuivingen zorgden namelijk voor de nieuwvorming en verjonging van vochtige valleien, wat de ruimtelijke variatie ten goede kwam. Tevens werden valleien die door grondwaterstands daling verdroogd waren, door hernieuwde uitstuiving vaak weer vochtig. De voortdurende mogelijkheid tot nieuwvorming van valleien had tezamen met het ontbreken van menselijke activiteiten die tot grondwaterstands daling leidden, 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 sterker begroeid geraakt en bijna volledig vastgelegd. Slechts op Schiermonnikoog, Terschelling, Vlieland en Schouwen laat men nu nog enkele gebieden min of meer hun 'eigen gang' gaan. Daar kan men dan ook tot op de dag van vandaag de nieuwvorming van vochtige valleien waarnemen.

Vanaf 1850 is ook een sterke toename opgetreden in het aantal activiteiten dat voor daling van de grondwaterstand zorgt.

Het is hierbij overigens van belang te weten dat het vastleggen van de duinen, speciaal wanneer dit met naaldbomen gebeurt, voor een soms sterke toename van de verdamping en daarmee voor grondwaterstands daling en verdroging van valleien kan zorgen. Vastlegging van de duinen verhindert dus niet alleen het door hernieuwde uitstuiving weer vochtig wor-

den van verdroogde valleien, maar vormt op zich reeds een oorzaak voor deze verdroging.

Naast veranderingen ten gevolge van het beplanten van de duinen en grondwaterstands-daling is er op veel plaatsen verandering opgetreden doordat het reliëf is aangetast, het fluctuatietraject is verstoord, bodem en grondwater verontreinigd zijn of de vegetatie is aangetast door menselijke activiteiten als bebouwing, industrievestiging, aanleg en gebruik van wegen en leidingen, het storten van vuil, infiltratie ten behoeve van de water-voorziening, waterwinning, afgravingen, etc. Daarnaast zijn ook belangrijke veranderingen in vegetatie opgetreden door veranderingen in het agrarisch beheer. Tenslotte hebben ook min of meer natuurlijke processen als kustafslag en kustaangroei plaatselijk voor belang-rijke veranderingen gezorgd.

Al deze veranderingen hebben vanzelfsprekend een belangrijke invloed gehad op de plantengroei van de duinen. In bijlage 2 is hiervan een indruk gegeven door een overzicht van de veranderingen in het voorkomen van freatofyten in het Nederlandse duingebied. Hier-uit blijkt overduidelijk dat in veel duingebieden vele freatofyten, en vooral de als waar-devol<sup>4</sup> aangeduide soorten, sterk achteruit zijn gegaan of zelfs geheel zijn verdwenen. Be-studering van meer gedetailleerde gegevens (zie paragraaf 3.3.12) leert dat op veel plaat-sen de achteruitgang in werkelijkheid nog veel sterker is dan uit dit globale overzicht naar voren komt. Vrijwel steeds blijkt de achteruitgang samen te hangen met de hiervoor ge-schetste, vaak door de mens veroorzaakte, veranderingen in het abiotisch milieu. De meeste activiteiten en processen die zich sinds 1850 voltrokken hebben, hebben tot een ernstige verarming van de flora geleid. Slechts kustaangroei kan als een positieve uitzondering genoemd worden.

We zullen nu overgaan tot een nadere bespreking van de belangrijkste veranderingen die zich sinds 1850 in het Nederlandse duingebied voltrokken hebben. Dit doen we aan de hand van de activiteiten en processen die zijn terug te vinden op de veranderingenkaart en waarvan in tabel 6 van dit hoofdstuk en in tabel 10 van hoofdstuk 6 verkorte overzich-ten zijn gegeven. Een compleet overzicht van effecten van menselijke activiteiten en na-tuurlijke veranderingsprocessen kan men vinden in bijlage 1.

### 3.3.1 *Kustafslag*

De meest ingrijpende verandering in een duingebied doet zich natuurlijk voor wanneer een deel ervan door kustafslag verdwijnt. Vooral op de Waddeneilanden, in de Kop van Noord-Holland en op de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden zijn hierdoor plaatselijk aanzienlijke oppervlakten duinterrein verloren gegaan. Bij kustafslag is niet alleen sprake van direct verlies van duinterrein, maar treden in het resterende duinmassief belangrijke neveneffec-ten op. Vooral in de zone direct achter de nieuwe zeereep daalt de grondwaterstand, veelal zelfs in zodanige mate, dat het verdrogen van valleien hiervan het gevolg is. Bovendien vindt in deze zone vaak een versterkte zandaanvoer plaats, waardoor valleien vol kunnen stuiven. Meer naar het midden van het duinmassief nemen deze beide invloeden in betekenis af, hoewel de grondwaterstands-daling daar nog aanzienlijk kan zijn. (Zie voor processen

4. De onderstreepte soorten in de Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten van Londo (1975).

Tabel 6. Overzicht van de belangrijkste veranderingsprocessen en menselijke activiteiten en de hierdoor veroorzaakte veranderingen in het Nederlandse duingebied. ( -- geheel verdwenen of sterk aangetast; - matig tot licht aangetast; 0 weinig tot geen verandering of niet van toepassing; + positief effect).

	Reliëf		Grondwater		Vegetatie	
	ruggen	valleien	kwaliteit	regiem	ruggen	valleien
1. Kustafslag (verdwijnen van duingebied)	--	--	0	--	--	--
2. Industrievestiging, gesloten bebouwing, vuilstorten	--	--	--	--	--	--
3. Aanleg en gebruik van wegen, parkeerplaatsen, leidingen, boorplatforms	0 --	--	- (--)	-	0 --	--
4. Infiltratie	-	--	--	--	-	--
5. Open bebouwing, campings	-	-	-	-	-	-
6. Ophoging	-	-	0 (-)	0	-	-
7. Agrarische ontginning (in cultuur)	0	--	-	-	0	--
8. Agrarische ontginning (verlaten)	0	--	0	0 (-)	0	+ -
9. Afgravingen	-- 0	--	0	0	-- 0	+ -
10. Verontreiniging bodem, grondwater	0	0	--	--	0	--
11. Bebossing	0	0	0	-	--	--
12. Grondwaterstands daling	0	0	0	-	0	--
13. Aanleg en gebruik golfbanen	0	0	0	0	-	-
14. Kustaan groei (nieuwvorming duingebied)	+	+	0	+	+	+

en menselijke activiteiten die van invloed zijn op kustafslag paragraaf 2.3).

Hoewel kustafslag overwegend een negatief effect heeft, moet bedacht worden dat het een natuurlijk proces is, waarbij grote hoeveelheden zand vrijkomen die elders tot kustaan groei kunnen leiden. Het overal uit alle macht tegengaan van kustafslag kan tot een verstoring van de zandbalans leiden, waardoor elders verminderde kustaan groei kan optreden.



Foto 6† en 7‡ Opnamen van noordelijk Texel (Eyerland) uit resp. 1937 en 1959. De bovenste foto laat een 'rollende zeereep' zien (rechtsboven) ten teken van kustafslag. Op de onderste foto is reeds een groot gebied, waaronder een vochtige duinvallei, verdwenen (foto's KLM Aerocarto).



### 3.3.2 Gesloten bebouwing, industrievestiging en vuilstorten

Duinterreinen met een gesloten bebouwing, een industrievestiging of terreinen die als vuilstort in gebruik zijn, hebben het duinreliëf en de karakteristieke vegetatie geheel verloren, terwijl de grondwaterkwaliteit en het grondwaterregiem sterk verstoord zijn.

De belangrijkste uitbreiding van stedelijke bebouwingen heeft plaats gevonden rond Den Haag, Velzen-IJmuiden en de meeste zeedorpen. De aanleg van Hoogovens en Europoort zijn de belangrijkste voorbeelden van industrievestiging in het duingebied, terwijl ook de aanleg van het reactorcentrum in de duinen bij Petten tot dit soort ingrepen gerekend moet worden. Bij de aanleg van de Hoogovens zijn de laatste resten van een uitgestrekte vallei 'De Breesaap', die reeds door de aanleg van het Noordzeekanaal ernstig was aangetast, verloren gegaan. De aanleg van de Nieuwe Waterweg en Europoort bracht het verlies van uitgestrekte en belangwekkende duingebieden rond 'Hoek van Holland' met zich mee, onder andere het legendarisch geworden gebied 'De Beer'.

Bij de aanleg en het gebruik van vuilstorten hebben zich lokaal vergelijkbare verstoringen voorgedaan als bij gesloten bebouwing en industrievestiging. Het reliëf is vaak in sterke mate aangetast, de vegetatie ter plaatse is volledig vernietigd, terwijl tevens grote hoeveelheden 'duinvreemde' stoffen zijn aangevoerd, waardoor de kwaliteit van het grondwater ernstig is verstoord.

Vuilstorten waren in het verleden praktisch overal in het duingebied te vinden. Op het ogenblik zijn de meeste gesloten en afgedekt, slechts op de Waddeneilanden en ten zuiden van Den Haag zijn ze nog in gebruik.

Bovenstaande activiteiten hebben niet alleen ter plaatse van de ingreep voor een sterke achteruitgang van de ecologische kwaliteiten gezorgd, ze zijn ook indirect van invloed geweest op het duingebied in de omgeving. Bij dit laatste zijn luchtverontreiniging, verontreiniging van bodem en grondwater en grondwaterstandsval en toegenomen recreatie de belangrijkste oorzaken.

### 3.3.3 Aanleg en gebruik van wegen, parkeerterreinen, leidingen en voorzieningen ten behoeve van gas- en olieboringen

Bij het aanleggen en het gebruik van wegen, parkeerplaatsen en platforms ten behoeve van boringen naar olie en gas hebben zich vergelijkbare veranderingen als in de hiervoor besproken gevallen voorgedaan. Hoewel altijd al wegen in het duingebied aanwezig zijn geweest, is vooral in de afgelopen decennia het aantal verharde wegen sterk uitgebreid. Grote parkeerplaatsen en boorplatforms zijn nieuw voor het duingebied en hebben eerst in de laatste decennia hun intrede gedaan. Ook de aanleg en het gebruik van leidingen ten behoeve van het transport van olie, gas en riool- en infiltratiewater heeft in aanzienlijke mate plaats gevonden. De veranderingen die dit teweeg brengt zijn vergelijkbaar met die van wegen en dergelijke. Gezien het feit dat leidingen niet op topografische kaarten zijn weergegeven en er geen aparte kartering van heeft plaats gevonden in het kader van dit onderzoek, volstaan we ermee deze activiteit te noemen en hem niet op kaarten weer te geven.

Bij al deze activiteiten worden het reliëf en de vegetatie ter plaatse van de ingreep



Foto 8. Waar vroeger de uitgestrekte en botanisch rijke duinvallei 'De Breesaep' lag, bevinden zich nu de Hoogovens met daarachter het Noordzeekanaal. Op de voorgrond Wijk aan Zee (foto KLM Aerocarto).

sterk aangetast of geheel vernietigd, terwijl daarnaast verontreiniging van bodem en grondwater plaats vindt. Deze bij het normale gebruik niet groot te noemen verontreiniging is en blijft beperkt tot de directe omgeving van de activiteit. Dit is meestal het gevolg van lekkage van olie of andere stoffen, het strooien van zout bij gladheidsbestrijding en het wegwerpen van afval. Soms, in het geval van leidingbreuk, auto-ongeluk of een andere calamiteit, kan echter over grote oppervlakten een sterke verontreiniging van bodem en grondwater plaatsvinden.

#### 3.3.4 Infiltratie

Een menselijke activiteit die eveneens een sterke achteruitgang van de ecologische kwaliteiten in grote delen van het duingebied heeft bewerkstelligd, maar waarbij, met name in het droge deel van de duinen, toch nog natuurlijke elementen gespaard zijn geble-

ven, is de aanleg en het gebruik van infiltratiegebieden ten behoeve van de zuivering en opslag van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening.

Bij infiltratie wordt vervuild oppervlaktewater, afkomstig van buiten het duingebied, in de duinen gebracht. Hierbij worden tevens een groot aantal stoffen, die van nature niet of in heel geringe mate in het duingebied voorkomen, in aanzienlijke hoeveelheden aangevoerd. Ook het grondwaterregiem ondergaat een sterke verstoring. In de aanlegfase worden bovendien vaak grootschalige vergravingen uitgevoerd, waardoor het reliëf ernstig wordt aangetast en een soms eeuwenlange bodemontwikkeling teniet wordt gedaan. Naast deze verstoringen in het eigenlijke infiltratiegebied wordt ook de omgeving aangetast. Hoewel zich daar geen vergravingen voordoen, vindt via verontreiniging van bodem en grondwater een verstoring van het grondwaterregiem toch een aanzienlijke aantasting plaats. Bij sommige infiltratiegebieden stroomt infiltratiewater praktisch ongehinderd naar de omgeving af, wat de hiervoor genoemde gevolgen met zich meebrengt. Op deze wijze is bijvoorbeeld praktisch al het freatisch grondwater in het duingebied tussen Den Haag en Katwijk aan Zee verontreinigd met infiltratiewater. Ook de andere infiltratiegebieden in de Nederlandse duinen zijn min of meer 'lek', hoewel de hoeveelheden infiltratiewater die 'ontsnappen' soms zeer gering zijn.

Infiltratie brengt met zich mee, dat in een gebied waarvan de valleien vaak door de waterwinning verdroogd zijn, een sterke stijging van de grondwaterstand optreedt, zodanig zelfs, dat weer plantengroei onder invloed van het grondwater mogelijk is (zie paragraaf 2.6). Hoewel in eerste instantie een vegetatie kan optreden die enigszins vergelijkbaar is met die van natuurlijke vochtige valleien, zorgen de onnatuurlijke aanvoer van stoffen en het onnatuurlijke fluctuatietraject van het grondwater binnen enkele jaren voor een sterke verarming en verruiging van de vegetatie. Kenmerkend is dat op den duur ruderalesoorten als grote brandnetel en akkerdistel gaan domineren, soorten die overal elders in Nederland op uitgebreide, en naar gevreesd moet worden op steeds uitgebreidere schaal gevonden worden en die in het geheel niet karakteristiek zijn voor het duingebied.

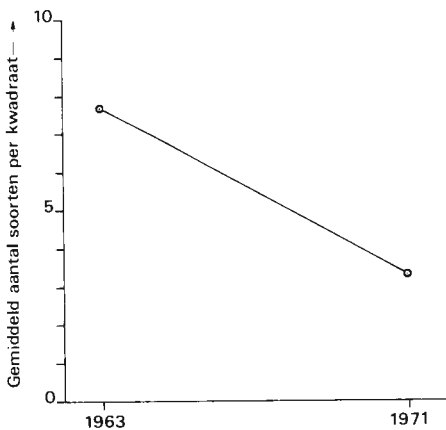


Fig. 50. Floristische achteruitgang bij infiltraties in een zestal kwadraten, gelegen langs infiltratiegeulen in het eerste infiltratiegebied nabij Zandvoort (naar Londo, 1975).

Ze kwamen er van nature dan ook slechts op beperkte schaal voor. Figuur 50 geeft een indruk van de achteruitgang van soorten-aantal bij toenemende ouderdom van het infiltratiegebied in de duinen bij Zandvoort.

Onder invloed van infiltratie heeft zich in zeer grote delen van het Nederlandse duingebied een sterke aantasting van reliëf en vegetatie voorgedaan. Zoals op de veranderingenkaart is aangegeven betreft het gebieden in de omgeving van Castricum en Wijk aan Zee, tussen Zandvoort en Den Haag, nabij Monster en op Goeree en Schouwen.

### *3.3.5 Open bebouwing en campings*

Op terreinen met open bebouwing (bungalowparken, pomp- en zuiveringsgebouwen ten behoeve van de watervoorziening), campings, sportvelden, tuinen en plantsoenen, is het reliëf vaak in lichte mate verstoord, de vegetatie verarmd, terwijl bodem en grondwater soms enigszins verontreinigd zijn en het grondwaterregiem wat verstoord kan zijn. Deze veranderingen, die vooral in de directe omgeving van de genoemde voorzieningen maar ook in de iets wijdere omgeving optreden, zijn een gevolg van de lozing van afvalwater, waterwinning, bronbemaling, het wegwerpen van afval en een toenemende recreatiedruk in het omliggende duinterrein, met alle daarmee samenhangende effecten.

De sterkste uitbreiding van bungalowparken en campings heeft plaatsgevonden op de Wadden-, Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden. In de vastelandsduinen van Noord- en Zuid-Holland is dit wat minder het geval geweest; hiertegenover staat echter een sterkere uitbreiding van bebouwing ten behoeve van de watervoorziening.

### *3.3.6 Ophogingen*

Het aantal ophogingen in het duingebied is aanzienlijk geweest. De uitvoering van deze ingreep vindt vaak plaats in het kader van de zeeveringsfunctie van de duinen, vooral op de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden, in de Kop van Noord-Holland en in het Waddengebied. Bij ophogingen wordt, evenals bij alle andere vergravingen, een soms eeuwenlange bodemontwikkeling ongedaan gemaakt, terwijl in sommige gevallen, zoals bijvoorbeeld op Goeree en Texel, de bestaande duinvormen worden doorsneden door de aanleg van een secundaire waterkering. In al deze gevallen wordt de oorspronkelijke vegetatie ter plaatse geheel vernietigd. Bovendien wordt soms materiaal aangevoerd van een heel andere samenstelling dan het oorspronkelijke moedermateriaal, waardoor zich een onnatuurlijke vegetatie kan ontwikkelen.

### *3.3.7 Agrarische ontginningen in cultuur*

Bij grootschalige agrarische ontginningen is in de aanlegfase door het egaliseren van valleibodems en het aanleggen van een sloten- en begreppelingsstelsel een sterke verstoring van het reliëf opgetreden. Daarnaast wordt in de gebruiksfase de vegetatie sterk aangetast en soms zelfs geheel vernietigd. Bovendien ondergaat het grondwaterregiem een, zij het een meestal geringe, verstoring, terwijl door het gebruik van meststoffen en vergiften bodem en grondwater verontreinigd worden.



Foto 9. Kampeerterrein op Schiermonnikoog. Intensieve recreatie brengt onder andere padvorming en erosie met zich mee. Op de achtergrond de duinvallei 'Het Kapenglop' met in het midden een grotendeels verlaten agrarische ontginning (foto KLM Aerocarto).

Agrarische ontginningen die nog in cultuur zijn, kan men heden ten dage op de Waddeneilanden, langs de binnenduinrand van Noord- en Zuid-Holland en in de duinen van de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden vinden.

### *3.3.8 Agrarische ontginningen, verlaten of in natuurbeheer*

Bij agrarische ontginningen die niet meer in cultuur zijn, blijft de aantasting van het reliëf, die nog uit de aanlegfase stamt, gehandhaafd. Bij een goed beheer kan echter de verstoring van het grondwaterregiem teniet worden gedaan, terwijl op de lange duur voor de verontreiniging van bodem en grondwater hetzelfde geldt. Soms ontwikkelen zich dan weer soortenrijke vegetaties.

### 3.3.9 Afgravingen

Terreinen die zijn afgegraven ten behoeve van zandwinning, aanleg van recreatieplassen of anderszins, hebben een sterke aantasting van het reliëf gekend. Dat de oorspronkelijke vegetatie ter plaatse geheel is vernietigd spreekt vanzelf. Het grondwaterregiem en de grondwaterkwaliteit hebben daarentegen hooguit een geringe verstoring ondergaan.

Bij afgravingen ten behoeve van zandwinning, aanleg van recreatieplassen of anderszins ontstaan vaak laagtes met een onnatuurlijk reliëf en soms zeer steile taluds. Dit is met name het geval in het duingebied tussen Zandvoort en IJmuiden, waar duinmeren zijn gegraven met zeer steile hellingen en oevers, die niet te vergelijken zijn met op natuurlijke wijze gevormde duinmeren. Daar afgravingen meestal tot in de buurt van het grondwateroppervlak plaatsvinden, vormen ze in verdroogde gebieden vaak de laatste plekjes waar vochtige valleivegetaties gevonden kunnen worden. Zo vormen de oevers van de genoemde duinmeren praktisch de enige groeiplaatsen van freatofyten in een overigens verdroogd gebied. Toch kan in vegetatiekundig opzicht pas van een duidelijke verrijking worden gesproken wanneer de afgraving gekenmerkt wordt door flauwe taluds en tot een zodanige diepte heeft plaatsgevonden dat de bodem van de afgraving 's winters gedeeltelijk ondiep onder water staat en 's zomers droogvalt. Ook dergelijke afgravingen komen voor onder andere op Voorne.

Bij afgravingen aan de binnenduinstrand kunnen zich complicaties voordoen. Wanneer zo'n afgraving namelijk de opbolling van het grondwater (zie paragraaf 2.6) insnijdt, zal zich in het aangrenzende duingebied een grondwaterstandsvaling voordoen met alle gevolgen van dien (zie paragraaf 3.3.12).

### 3.3.10 Verontreiniging van bodem en grondwater

Verontreiniging van bodem en grondwater heeft op grote schaal in en in de omgeving van infiltratiegebieden plaatsgevonden en voorts op kleinere schaal bij vuilstortplaatsen, boorlocaties, wegen en op plaatsen waar het effluent van afvalwaterzuiveringsinstallaties of het spoelwater van de snelfilters van de waterleidingbedrijven geloosd wordt. Ook is plaatselijk, door lekkages van leidingen en door het storten van het schraapsel van langzame zandfilters en het bezinksel van spoelvijvers, verontreiniging van bodem en grondwater opgetreden.

### 3.3.11 Bebossing

In het voorgaande, bij de bespreking van het vastleggen van de duinen, is bebossing reeds kort ter sprake gekomen. In beboste terreinen is het reliëf meestal in geringe mate aangetast, het grondwaterregiem is soms aanzienlijk verstoord (met name door daling van de grondwaterstand), terwijl de oorspronkelijke vegetatie veelal geheel is verdwenen.

Het bebossen van de duinen is voornamelijk gebeurd om verstuiving tegen te gaan en heeft dan ook in hoofdzaak in het hogere, droge duingebied plaatsgevonden. Wanneer bij deze bebossing gebruik is gemaakt van soorten die van nature in de duinen voorkomen, zoals sommige loofhoutsoorten, is de schade vrij gering. In de uitgestrekte naaldhoutbossen is echter een duidelijke achteruitgang opgetreden. De vegetatietypen van de droge duinen,

die landelijk en soms zelfs internationaal gezien zeldzaam zijn, zijn vervangen door veel algemenere vegetaties die van nature niet in de duinen thuis horen. Bovendien is het kenmerkende duinreliëf in sterke mate versluierd, terwijl de verdamping, die bij het vastleggen van de duinen altijd al toeneemt, in dit geval zeer sterk omhoog gaat. Dit leidt tot grondwaterstandsaling tot ver in de omgeving van het beboste gebied.

Tegenover al deze negatieve aspecten staan slechts enkele positieve. In de naaldboutbossen hebben zich enige nieuwe, en landelijk gezien, zeldzame soorten als dennenorthis, kleine keverorthis, Linnaeusklokje en éénbloemig wintergroen kunnen vestigen. Hierbij dient overigens bedacht te worden dat vooral de drie laatgenoemde soorten slechts op enkele plaatsen in het uitgestrekte naaldboutbestand van de Nederlandse duinen voorkomen.

Waar het aanleggen van naaldboutbossen ter beteugeling van grootschalige verstuuvingen nog acceptabel is, is het vanuit natuurbehoudsoogpunt bezien volstrekt af te keuren dat dit is gebeurd in van nature al goed begroeide vochtige valleien, temeer daar dit vaak gepaard is gegaan met aanleg van ontwateringssloten, waardoor de grondwaterstand in zo'n gebied en in de omgeving daalde. Bovendien groeien de bomen in valleien onder invloed van het grondwater wat een sterke toename van de verdamping met zich meebrengt, hetgeen leidt tot verdere daling van het grondwater.

Om een indruk te geven van de mate waarin de vegetatie van een vochtig gebied onder invloed van bebossing kan veranderen, wordt de ontwikkeling ter plaatse van De Miente, een binnenduinrandgebied tussen Den Hoorn en De Koog op Texel, geschetst. Thijsse (1927) geeft een beschrijving van het uiterlijk van dit gebied rond 1890. Hij noemt de Fontein-sol, een duin waar zich een bron bevond, 'een echte bron, een holte in het witte zand, waaruit het klare water opwelde en dat stroomde omlaag, zich telkens vertakkend door kussens van veenmos'!! Dit beekje mondde uit in De Miente, 'een allermerkwaardigst landschap, ....., half heide, half moeras'. Holkema (1870) noemt van dit gebied onder andere de volgende waardevolle plantesoorten: armbloemige waterbies, knolrus, trekruis, dwergbies, teer guichelheil, fraai-, gewoon- en strandduizendguldenkruid, ronde zonnedauw, kleine waterweegbree, klokjesgentiaan, moeraswolfsklauw, vleeskleurige orchis, moeraskartelblad, heidekartelblad, welriekende nachtorthis, dwergglas, sierlijk vetmuur, kleine zonnedauw, waterpostelein, veenbies en late zegge. In 1895 is men hier begonnen naaldbos aan te leggen, waarbij ook ontwateringssloten zijn gegraven. In de huidige situatie bestaat de vegetatie dan ook hoofdzakelijk uit naaldbos met wat vochtig loofbos. Vegetatiekundig is hier sprake van een sterke achteruitgang. De prachtige soortenrijke kruidenvegetatie is vervangen door een veel algemener en een veel soortenarmer begroeiing. Slechts ter plaatse van 't Mientje bij Den Hoorn, een gebied dat vroeger waarschijnlijk deel uitmaakte van De Miente, kan nu nog een vegetatie gevonden worden die, met soorten als klokjesgentiaan en ronde zonnedauw, enigszins vergelijkbaar is met die uit de vorige eeuw.

Bebossingen hebben overal in het Nederlandse duingebied plaatsgevonden, zij het niet overal in dezelfde mate. Vooral op de Waddeneilanden en bij Schoorl hebben ze geleid tot een sterke achteruitgang van de ecologische kwaliteiten van de duinen.

### 3.3.12 Grondwaterstandsaling

De grondwaterstandsaling is de belangrijkste oorzaak van de ecologische achteruitgang in het Nederlandse duingebied. Hierdoor zijn op talloze plaatsen verdrogingsgevoelige planten verdwenen. Bovendien zijn allerlei bodemprocessen in de valleien veranderd, waardoor vaak versnelde ontkalking en/of voedselverrijking is opgetreden, hetgeen ook heeft bijgedragen tot de verruiging van de vegetatie.

Een goede indruk van de veranderingen die in de vegetatie optreden bij grondwaterstandsaling kan gegeven worden aan de hand van de resultaten van een tweetal detailstudies, die zijn uitgevoerd in verdroogde en verdrogende duingebieden, te weten bij Bergen aan Zee en op Schiermonnikoog. De detailstudie bij Bergen aan Zee had betrekking op een terrein waarvan uitgebreide vegetatiekundige gegevens beschikbaar waren uit het begin van de twintiger jaren van de hand van J.T.P. Bijhouwer (1926), terwijl ook over de hydrologische situatie uit het begin van deze eeuw vrij uitgebreide gegevens beschikbaar waren. In het kader van het 'Duinvalleienproject' is de kartering van Bijhouwer in 1978 gedeeltelijk herhaald, terwijl tevens studie is gemaakt van huidige hydrologische situaties. Bij vergelijking van de hydrologische gegevens bleek, dat in het noordelijk deel van het gebied een daling van de gemiddelde grondwaterstand is opgetreden van rond 1,5 m, terwijl de daling in het zuidelijk deel ongeveer 1 m bedroeg. Uit de vergelijking van de floristische gegevens bleek een sterke achteruitgang van het aantal freatofyten. Van het totaal aantal freatofyten dat voor 1950 gevonden werd, verdween per vak (zie voor vakkenindeling fig. 51) gemiddeld 64%, van het totaal aantal waardevolle freatofyten<sup>5</sup> gemiddeld 76%! De freatofyten die na 1950 nieuw werden aangetroffen zijn meestal triviale soorten, zodat in het gehele gebied van een ernstige verarming van de vegetatie gesproken moet worden.

In het kalkrijke zuidelijke deel van het studiegebied hebben zich in enige bomkraters en berkenbosjes nog een relatief groot aantal soorten freatofyten weten te handhaven. Daardoor is de achteruitgang in soortenrijkdom in het zuidelijk deel van het gebied minder groot dan in het kalkarme en sterker verdroogde noordelijke deel. Toch leiden ook hier de freatofyten een kwijnend bestaan.

Een illustratie van bovenbeschreven veranderingen in de samenstelling van de flora kan worden gevonden in figuur 51.

De gegevens over veranderingen in de flora, zoals die gepresenteerd zijn in deze figuur, spreken reeds duidelijke taal: de verarming van de flora is schrikbarend. Als we ook naar de kwantitatieve toestand (aantal exemplaren, oppervlaktebedekking) per soort kijken, dan wordt de achteruitgang nog veel duidelijker. In figuur 52 is een kartografisch beeld gegeven van de enorme achteruitgang van de verbreiding van een aantal soorten freatofyten in het studiegebied.

De detailstudie op Schiermonnikoog werd uitgevoerd door twee studenten van de Rijksuniversiteit van Groningen, in overleg met de medewerkers van het 'Duinvalleienproject'. In het Kapenglop op Schiermonnikoog werden de effecten van de aldaar opgetreden grondwaterstandsaling op de vegetatie bestudeerd. Daartoe had men de beschikking over hydrologische en vegetatiekundige gegevens uit 1965, toendertijd eveneens verzameld in het ka-

5. De soorten die in bijlage 2 als waardevol zijn aangegeven.

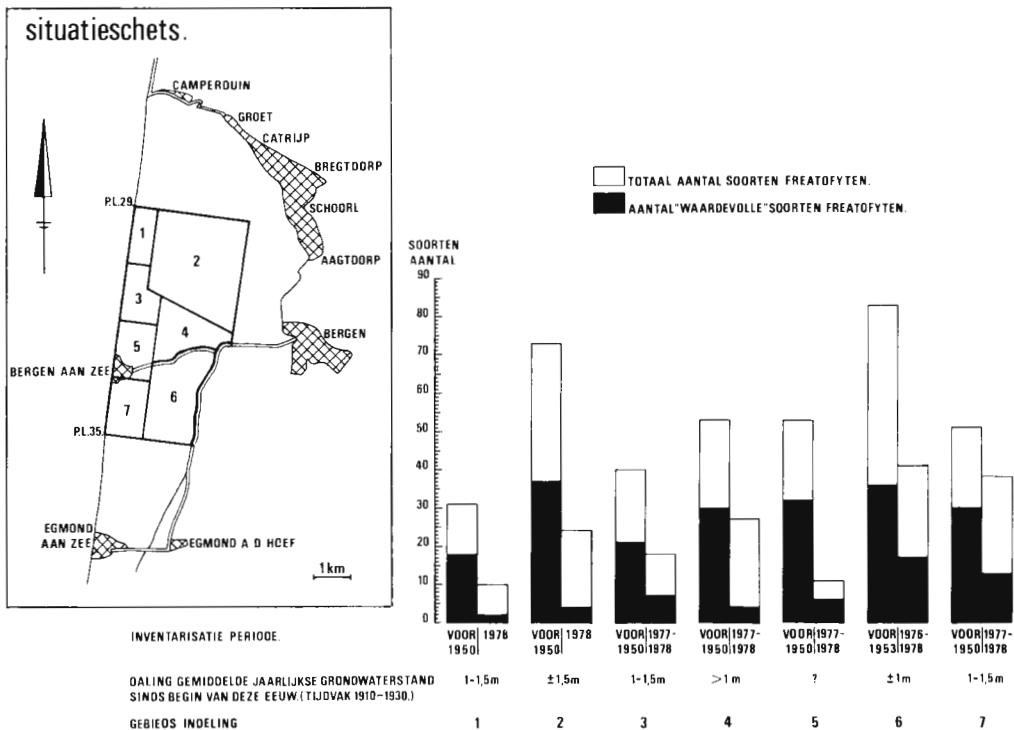
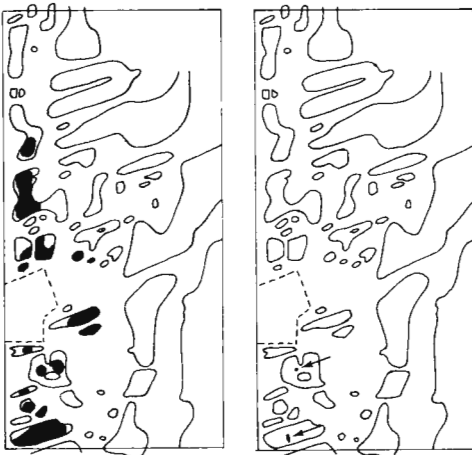


Fig. 51. Verandering van het aantal freatofyten bij verdroging (gegevens betreffende het duingebied Bergen-School, naar Bijhouwer, 1926 en eigen onderzoek).

der van een studentenonderzoek aan de Groningse Universiteit. Ook hier betrof het een vergelijkend onderzoek, waarbij de gegevens uit 1965 vergeleken werden met gegevens die in 1977 op dezelfde wijze door de onderzoekers vergaard werden. Uit de studie bleek, dat de grondwaterstandsdaaling (die niet exact gekwantificeerd kon worden, maar enkele decimeters heeft bedragen) geleid heeft tot een sterke achteruitgang van het aantal freatofyten. In 1965 bedroeg het totaal aantal soorten freatofyten 61, waaronder zich 30 waardevolle soorten bevonden. In 1977 was het totaal aantal soorten freatofyten gedaald tot 49, waaronder 24 waardevolle. Voorts bleek dat in het gehele gebied verruiging van de vegetatie was opgetreden. Deze verruiging was het sterkst in de laaggelegen, humusrijke delen van de vallei.

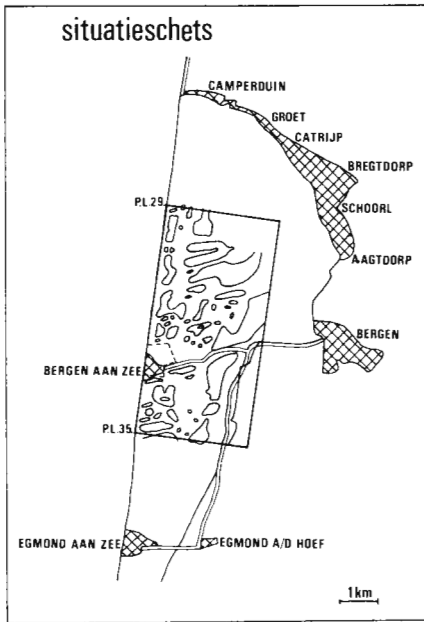
Ook aan de hand van een wat algemenere beschrijving van de vegetatie van een vallei die vroeger vochtig was en inmiddels praktisch in zijn geheel verdroogd is, kan men zich een idee vormen over de veranderingen die zich in de vegetatie voordoen bij verdroging. Zo'n vallei ligt ter hoogte van Overveen direct achter de zoereep. Van Eeden (1866) geeft de volgende beschrijving van de vroegere situatie: 'De groene strepen die wij van verre reeds aanschouwden, zijn de vochtigste plaatsen van het dal; dikwijls vindt men er water'. Van de planten noemt hij in de eerste plaats de grote muggenorchis, 'die hier bijna bij uitsluiting groeit, ....., en zij staan in zulk een menigte bijeen, dat men binnen weinige minuten een ruiker daarvan verzamelt'. Verder noemt hij de volgende waardevolle planten-



1926 *PARNASSIA PALUSTRIS* 1977



1926 *SCHOENUS NIGRICANS* 1977



1926 *MYRICA GALE* 1977



1926 *EPIPACTIS PALUSTRIS* 1977

Fig. 52. Verandering van de ruimtelijke verbreiding van een aantal freatofyten bij verdroging (gegevens betreffende het duingebied Bergen-Schoorl, naar Bijhouwer, 1926 en eigen onderzoek).

soorten: pamassia, pyrola, breedbladige orchis, vleeskleurige orchis, herminium, sturmia, gevlekte orchis, breedbladige wespenorchis, moeraswespenorchis en slanke duingentiaan. Tegenwoordig vindt men in het gebied waarin bovenbeschreven vallei gelegen is een vegetatie die hoofdzakelijk bestaat uit soortenarm liguster- en kruipwilgstruwcel, dat slechts hier en daar vochtig is, gezien het voorkomen van een overigens vrij algemene soort als koninginnekruid. Slechts langs een gegraven pool zijn nog restanten van een vochtige valleivegetatie te vinden, waarin soorten voorkomen als slanke duingentiaan, strandruizendguldenkruid en sierlijke vetmuur.

Verdroogde duinvalleien komen in het hele Nederlandse duingebied voor, zij het niet overal op dezelfde schaal. Zo komen in de vastelandsduinen tussen Hock van Holland en Camperduin hoegenaamd geen natuurlijke vochtige valleien meer voor. Op de Wadden-, Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden worden daarentegen nog op redelijk uitgebreide schaal vochtige valleien gevonden.

Het op grote schaal voorkomen van verdroogde valleien is enerzijds een gevolg van grondwaterstands daling (zie paragraaf 2.6) anderzijds speelt ook de praktisch volledige vastlegging van het duingebied een belangrijke rol. Vastlegging van het duingebied verhindert immers niet alleen de nieuwvorming van valleien, de toegenomen begroeiing zal voor een toename van de verdamping en daarmee voor een daling van de grondwaterstand zorgen, vooral wanneer gebruik wordt gemaakt van naaldhout.

Met name de waterwinning heeft ervoor gezorgd, dat in de afgelopen anderhalve eeuw het aantal en de grootte van de grondwaterstandsdalingen sterk is toegenomen.

Een ander aspect bij grondwaterstands daling is het verdwijnen of in aantal achteruitgaan van twee andere en bijzondere milieus in de duinen, namelijk duinbeken en duinmeren. Duinbeken werden tot aan het eind van de vorige en in het begin van deze eeuw vooral aan de binnenduintrand van de vastelandsduinen in redelijke aantallen gevonden. Nu zijn ze echter geheel verdwenen. Slechts in het Hargergat bij Schoorl en op het westelijk deel van Terschelling worden nog enkele sloten gevonden die enigszins vergelijkbaar zijn met duinbeken. Om een idee te geven over het uiterlijk van duinbeken volgen hier een tweetal citaten. Van Eeden (1866) geeft een beschrijving van de 'frissche beekjes en watervallen van Leiduin', die hem doen denken aan de schoonste plekjes van Gelderland' en waar 'lage re heuvels zich uitstrekken tusschen de boschjes en de beekjes met steile oevers omsluiten'. Hier vond hij plantesoorten als moerasspirea, sleutelbloem, witte en rode koekoeksbloemen, dotterbloem, iris en zwanenbloem. Thijssen (1898) beschrijft een duinboek in het duingebied De Oranjezon op Walcheren nabij de daar aanwezige eendenkooi; hij noemt onder andere de 'heerlijk paarse waterviolieren en grote orchideeën'.

Hoewel nog steeds duinmeren voorkomen in het Nederlandse duingebied zijn er ook hiervan in de loop der tijd een aantal verloren gegaan. Het meest spectaculaire voorbeeld is waarschijnlijk de verdroging van de duinmeren in de zuidwesthoek van Texel, waar, in het huidige Grote- en Pompevlak, rond 1870 nog uitgestrekte zoetwaterplassen voorkwamen. Verder kwamen er duinmeren voor in de duingebieden van Terschelling en op 'De Beer'; in het laatste gebied een tweetal blijkens de topografische kaart van 1850.

Naast grondwaterstands daling is er nog een andere verstoring van het grondwaterregiem die voor een verarming van de vegetatie zorgt. Deze treedt vooral op in het geval van waterwinning wanneer sterk wisselende hoeveelheden water aan het freatische grond-

water worden onttrokken. Wanneer in zo'n geval, ondanks de grondwaterstandsval die altijd optreedt bij waterwinning, een vallei vochtig blijft doch onderhevig is aan grotere grondwaterfluctuaties, zal een verruiging van de vegetatie optreden. Soorten als hennegras, duinriet, melkdistel, pitrus, tweerijige zegge, nemen sterk in aantal toe, ten koste van meer bijzondere soorten van vochtige valleien. Deze situatie doet zich het sprekendst voor in het Grote- en Pompevlak op Texel, terwijl ook in de Hertenbosvallei op Schiermonnikoog een vergelijkbare situatie optreedt (zie ook paragraaf 2.6).

### *3.3.13 Aanleg en gebruik van golfbanen*

De aanleg en het gebruik van golfbanen heeft ook een, zij het niet zo grote, aantasting van het reliëf en soms een aanzienlijke achteruitgang van de vegetatie met zich meegebracht, zoals te constateren valt bij de golfterreinen nabij Zandvoort, Noordwijk en op Walcheren.

Er vinden vergravingen plaats, graszaad wordt gezaaid, er wordt besproeid, kunstmest gestrooid en soms wordt 'onkruid' bestreden. Daarnaast zijn er vergelijkbare effecten als bij toegenomen recreatie, zoals verstoring van de fauna, wegwerpen van afval. (zie paragraaf 3.3.15).

### *3.3.14 Kustaangroei*

Een verandering die als positief beoordeeld kan worden, is de vorming van nieuw duingebied door kustaangroei. Vooral op de Wadden-, Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden hebben zich hierdoor plaatselijk nieuwe duingebieden met uitgestrekte vochtige valleien gevormd. De Kroons- en Kroonpolders op Vlieland en Terschelling, de Zwanenwaterduinen op Ameland, het Muy- en het Geulgebied op Texel, het duingebied ten noorden van de Groene Punt op Voorne en de Verklikkerduinen op Schouwen zijn hiervan de belangrijkste voorbeelden. Elders hebben zich kwelders met talloze zoet-zout-gradiënten met vochtige milieu's gevormd, zoals de Boschplaat op Terschelling en de Kwade Hoek op Goeree.

Kustaangroei zorgt niet alleen voor directe winst van nieuw duingebied; in het reeds aanwezige duinmassief treedt ook een verandering op. Daar stijgt de grondwaterstand, soms zelfs in zo'n mate dat duinmeren ontstaan. De Muy, De Geul, Het Zwanenwater en Het Breede Water zijn voorbeelden van op deze wijze gevormde duinmeren.

### *3.3.15 Recreatie*

Aan het aspect recreatie is op de veranderingenkaart slechts indirect aandacht geschonken (open bebouwing, campings, etc.). Bij de beoordeling van de effecten van de recreatie op het duinmilieu kan onderscheid gemaakt worden tussen dag- en verblijfsrecreatie. Dagrecreatie hoeft niet schadelijk te werken, juist langs extensief betreden paadjes kan men vaak orchideeën aantreffen. Te grote recreatiedruk, zoals in de vorm van intensieve dagrecreatie of verblijfsrecreatie, heeft via de verstoring van de fauna, erosie van duinhellingen, verontreiniging van de bodem door het wegwerpen van afval, etc., evenwel in grote delen van het duingebied gezorgd voor achteruitgang van ecologische kwaliteiten.



Foto 10. De 'Muyen': afgesnoerde strandvlakten of 'primaire duinvalleien' op Texel. Op de voorgrond het natuurlijke duinmeer van de Binnenmuy, een rietzoom met vlierbosjes, vervolgens de stuifdijk anno 1871 met duindoornstruweel met daarachter de Buitenmuy en de stuifdijk anno 1888 en de inmiddels door kustafslag vrijwel verdwenen Buitenste Muy. De opname dateert uit 1965 (foto KLM Aerocarto).

### **3.4 Bespreking van de veranderingenkaart**

Wanneer de ontwikkeling van het Nederlandse duingebied vanaf 1850 tot heden 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 vrij geringe grondwaterstands dalingen voorgedaan. Verdroogde valleien komen vooral voor in het middendeel van Ameland, op westelijk Terschelling, oost Vlieland, noord en midden Texel, het duingebied ten zuiden van Den Helder en heel in het bijzonder in het 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 toename 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 wegen en 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 vochtig zijn, 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 industrie centra als het Hoogovengebied en Europoort, hebben een aanzienlijke oppervlakte duinterrein volledig 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. Vele 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, wegeaanleg, aanleg van bungalowparken, campings en bebossing. Toch komen nog prachtige duingebieden met talrijke vochtige valleien voor zoals op Voorne, op Schouwen en op Goeree.

## **4 Mogelijkheden voor behoud, herstel en nieuwvorming van vochtige duinvalleimilieus**

### **4.1 Inleiding**

De talloze veranderingen die in de afgelopen anderhalve eeuw in het Nederlandse duingebied hebben plaatsgevonden leiden plaatselijk tot een sterke achteruitgang in ecologische kwaliteit van duinen en (vooral) van duinvalleien. Desondanks bezitten grote delen van het duingebied nog steeds belangrijke ecologische kwaliteiten, terwijl bovendien op veel plaatsen goede mogelijkheden bestaan om verloren gegane kwaliteiten weer terug te krijgen.

Het behoud van de ecologische kwaliteit van nog waardevolle gebieden vereist een doeltreffend beheer, dat gericht is op het instandhouden en zo mogelijk vergroten van die kwaliteit. Het beheer waarbij dit doel wordt nagestreefd, wordt aangeduid als natuurbeheer. Het natuurbeheer is een vorm van beheer, die zich in feite steeds bezighoudt met het reguleren van menselijke invloeden in een bepaald gebied. Dit reguleren is noodzakelijk geworden, omdat de rol van de mens in het landschap in de loop der tijd is veranderd.

Vroeger was de mens een min of meer tot het landschap behorende component, die in zijn doen en laten sterk afhankelijk was van dat landschap en er vaak een verrijkende invloed op uitoefende. Door allerlei veranderingen op technisch en economisch gebied is de mens steeds meer als een niet meer tot het landschap behorende, externe, factor gaan functioneren met een verarmende invloed op het landschap.

In het huidige natuurbeheer is men zich van deze tweeledigheid van de menselijke invloed terdege bewust. Enerzijds streeft men ernaar om ongewenste neveneffecten van menselijke activiteiten te weren, terwijl men anderzijds de verrijkende invloeden van de mens niet wenst te verliezen. Men maakt daarom bij het natuurbeheer tegenwoordig onderscheid in uitwendig en inwendig beheer. Het uitwendig beheer houdt zich bezig met het weren van een teveel aan menselijke invloeden, terwijl het inwendig beheer is gericht op het handhaven van de minimaal vereiste hoeveelheid menselijke invloeden van de gewenste soort.

Tot het uitwendig beheer behoort bijvoorbeeld het reguleren van de recreatie, zodat de betreding niet te intensief wordt. Ook het reguleren van de waterwinning (zowel wat betreft de plaats waar gewonnen wordt, als de te winnen hoeveelheden) en het beperken van oppervlakkige ontwatering door het plaatsen van stuwen in afwateringssloten zijn maatregelen die behoren tot het uitwendig beheer. Zij zijn gericht op het instandhouden van vochtige duinvalleimilieus.

Bij het inwendig beheer gaat het om maatregelen als extensieve beweiding en het regelmatig maaien en afplaggen van duinvalleien.

Naast de maatregelen in het kader van het in- en uitwendig beheer gericht op het

behouden van nog waardevolle gebieden, behoren ook de maatregelen nodig voor het herstel van gedegenererde gebieden (d.w.z. gebieden waarvan de ecologische kwaliteiten sterk zijn achteruitgegaan) tot het natuurbeheer. Op dit onderdeel van het natuurbeheer, dat ook wel wordt aangeduid met de term natuurbouw of natuurtechnische milieubouw, zal in paragraaf 4.5 aandacht worden besteed. Allereerst zullen we evenwel nader ingaan op het uitwendig en het inwendig beheer.

## **4.2 *Uitwendig beheer***

Voor het instandhouden van de ecologische kwaliteiten van een duingebied is een goed uitwendig beheer van overhoersend belang; een zorgvuldig uitgekiend maaregim in een vochtige duinvallei heeft geen zin als tengevolge van waterwinning een snelle verdroging van die vallei plaatsvindt. In een nog rijk duingebied zal men ervoor moeten zorgen dat in het complex van menselijke activiteiten, zowel in als buiten het gebied, zo weinig mogelijk verandert, zelfs indien de bestaande situatie niet geheel optimaal is.

Het continueren van een iets te hoge recreatiedruk bijvoorbeeld is soms te prefereren boven het geheel stopzetten van de recreatie. Zo heeft de vrij intensieve betreding van een nabij zee gelegen duinterrein op Schiermonnikoog plaatselijk de vernietiging van (overigens vrij algemene) droge duingraslandvegetaties tot gevolg. Een sterke vermindering van de recreatiedruk zou door het wegvallen van de betreding echter kunnen leiden tot het dichtgroeien van de vochtige valleien in dit gebied, waardoor de vooral langs paadjes groeiende zeldzame orchideeën als sturmia, grote muggenorchis en rietorchis zouden kunnen verdwijnen. In dit geval is stabilisatie van de huidige mate van betreding (althans in de valleien) te verkiezen boven een te sterke vermindering daarvan, hoewel een intensivering van de betreding nog veel erger zou zijn. Het bovenstaande mag natuurlijk geen argument vormen om overall in het duingebied intensieve betreding toe te staan. De bedoeling is alleen om aan te geven dat men zeer voorzichtig moet zijn met het wijzigen van een reeds lang bestaand complex van menselijke activiteiten in een gebied dat vegetatiekundig en floristisch gezien zeer rijk is. Wel moet men ook in het bovengenoemde voorbeeld trachten negatieve effecten van recreantenbezoek, zoals het wegwerpen van afval en het plukken of uitsteken van planten en het verstoren van de fauna, te vermijden.

Veranderingen in het complex van menselijke activiteiten zijn lang niet altijd te vermijden. Enerzijds verdwijnen oude vormen van landgebruik, terwijl anderzijds voortdurend nieuwe activiteiten met negatieve neveneffecten in en nabij het duingebied ontplooid worden, ondanks de prioriteit die men in planologisch opzicht aan het natuurbehoud in de duinen heeft geschonken. Wat betreft de maatregelen die genomen moesten worden bij het wegvallen van oude vormen van landgebruik en andere menselijke activiteiten die een verrijkende invloed hadden op het duingebied, moet verwezen worden naar paragraaf 4.3. We zullen hier nu trachten aan te geven welke mogelijkheden er bestaan om negatieve effecten van voorgenomen menselijke activiteiten, die niet op het natuurbeheer gericht zijn, te voorkomen of te beperken.

De negatieve effecten van voorgenomen ingrepen kunnen vaak voor een deel voorkomen worden door een juiste keuze van plaats, tijd en wijze van ingrijpen. Zo kan men bijvoorbeeld de negatieve effecten van wegaanleg ten dele voorkomen door een juiste keuze

van het tracé, door het gebruiken van geschikt materiaal voor verharding (geen asfalt, maar bij voorkeur schelpen), door het achterwege laten van grootscheepse vergravingen, door de wegaanleg uit te voeren buiten het broedseizoen en door de weg, wanneer hij eenmaal gereed is, af te sluiten tijdens het broedseizoen en tijdens perioden met sneeuw en ijzel, zodat geen wegezout gestrooid hoeft te worden.

Daarnaast is het in sommige gevallen mogelijk om negatieve effecten van menselijke activiteiten te beperken door het nemen van gerichte maatregelen bij het inwendig beheer. Zo kan men voedselverrijking van de bodem, die veelal optreedt bij een vergroting van het fluctuatietaject van het grondwater en die kan leiden tot verarming van de vegetatie, ten dele beperken door de vegetatie te maaien en het maaisel af te voeren. In bijlage IB is voor een groot aantal menselijke activiteiten aangegeven wat de effecten ervan zijn voor het abiotisch milieu en de vegetatie en voorts welke mogelijkheden er zijn om negatieve effecten ervan te voorkomen of te beperken.

In het voorgaande is voorzichtigheidshalve gesproken over het ten dele kunnen voorkomen of beperken van de negatieve effecten van menselijke activiteiten. Voor het uitwendig beheer is het van groot belang te weten in welke mate negatieve effecten kunnen worden vermeden. Men kan wat dit betreft een onderscheid maken in activiteiten, waarvan de negatieve effecten óf grotendeels, óf gedeeltelijk óf in geringe mate voorkomen of beperkt kunnen worden. We zullen nu iets dieper ingaan op ieder van deze drie categorieën.

Activiteiten waarvan de negatieve effecten grotendeels of geheel zijn te vermijden

De activiteiten die tot deze categorie behoren, hoeven niet te leiden tot achteruitgang van de ecologische kwaliteiten van een duingebied. Deze activiteiten hoeven dan ook niet uit het duingebied te worden geweerd. In veel gevallen zal men ze zelfs in het kader van het inwendig beheer willen handhaven of stimuleren.

Men kan hierbij denken aan landbouwkundige activiteiten als:

- extensieve beweiding;
- regelmatig maaien;
- regelmatig afplaggen.

In paragraaf 4.5 zal nader worden ingegaan op het toepassen van deze maatregelen in het kader van het inwendig beheer.

Activiteiten waarvan de negatieve effecten ten dele zijn te vermijden

Deze activiteiten hoeven niet in alle gevallen te leiden tot achteruitgang van de ecologische kwaliteiten van een duingebied. Bij deze activiteiten moet men van geval tot geval bekijken of het in het kader van het uitwendig beheer wenselijk is ze uit het duingebied te weren.

De volgende activiteiten kunnen tot deze categorie gerekend worden:

- kustverdediging;
- gebruik van bestaande gebouwen, wegen en parkeerterreinen;
- ondiepe afgravingen in het duingebied (tot minder dan 1 m beneden de gemiddelde grondwaterstand);

- laten ontstaan en het gebruik van paden;
- kappen van struweel en bos;
- extensief gebruik van bestaande bouwlanden (mits niet of weinig bemest);
- afbranden van vegetaties;
- vastleggen van stuivende duinen.

Activiteiten waarvan de negatieve effecten slechts in geringe mate zijn te vermijden

Deze activiteiten, met vaak sterk negatieve effecten, leiden vrijwel altijd tot sterke achteruitgang van de ecologische kwaliteiten van een duingebied.

Genoemd kunnen worden:

- industriëvestiging en industriële activiteit;
- waterwinning en infiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening (zelfs indien dit geschiedt met zeer ver voorgezuiverd water);
- aanleg en gebruik van leidingen (met name riool-, gas- en olieleidingen);
- gas- en oliëwinning;
- storten of lozen van afval;
- diepe uitgravingen in het duingebied (dieper dan 1 m beneden de gemiddelde grondwaterstand);
- afgravingen langs de binnenduinrand;
- aanleg van wegen, parkeerterreinen, huizen, bungalowparken en campings, en in sommige gevallen het gebruik van dergelijke voorzieningen die al langer bestaan;
- aanleg van bouw- en weilanden en het intensieve gebruik ervan;
- graven van ontwateringssloten;
- aanplanten van bos in voordien niet met bos begroeid duinterrein;
- intensieve dag- en verblijfsrecreatie;
- peilverlaging in de direct aan de binnenduinrand grenzende polders.

De meeste activiteiten die hierboven zijn opgesomd hebben effecten met een regionale werkingssfeer (zie ook bijlage 1B). Zij zullen daardoor, ook wanneer zij niet in maar nabij het duingebied plaatsvinden, negatieve effecten op het duingebied uitoefenen, welke slechts in geringe mate te voorkomen of te beperken zijn.

Het is dan ook in het kader van het uitwendig beheer wenselijk om de bovengenoemde activiteiten die vrijwel altijd leiden tot achteruitgang van de ecologische kwaliteiten van de duinen, geheel te weren uit het duingebied en haar (directe) omgeving. Daarnaast moet er vanzelfsprekend naar gestreefd worden om bij activiteiten, die niet noodzakelijkerwijs behoeven te leiden tot achteruitgang van ecologische kwaliteiten van het duingebied, de negatieve effecten zo goed mogelijk te voorkomen of te beperken.

Dit alles geldt zowel voor (de omgeving van) duingebieden met belangrijke actuele kwaliteiten als voor gebieden met belangrijke potentiële kwaliteiten; door het toelaten van activiteiten met onvermijdbare negatieve effecten kunnen de mogelijkheden tot herstel van een bepaald gebied (de zgn. regeneratiemogelijkheden) namelijk nadelig beïnvloed worden.

## 4.3 Inwendig beheer

### 4.3.1 Algemeen

De belangrijkste inwendige beheersmaatregelen zijn beweiden, maaien en kappen en afplaggen. Deze maatregelen zijn afkomstig uit de landbouw. Wanneer ze in het kader van het natuurbeheer worden toegepast spreken we van natuurtechnische maatregelen. Ze vormen de belangrijkste 'instrumenten' voor de natuurbeheerder. Hiermee kan het wegvallen van oude vormen van landgebruik gecompenseerd worden en kunnen soms de negatieve effecten van menselijke activiteiten en van natuurlijke veranderingsprocessen worden beperkt. Bovendien kan met behulp van deze maatregelen vaak de van nature aanwezige variatie van gebieden waar tot op heden de menselijke invloed gering is geweest, worden vergroot onder andere doordat in dergelijke gebieden de natuurlijke successie kan worden omgebogen en vertraagd, waardoor het mogelijk wordt jonge, soortenrijke successiestadia te behouden.

Ook maatregelen als het laten stuiven of uitgraven van valleien passen in het kader van het inwendig beheer. Deze maatregelen, die van veel ingrijpender aard zijn dan maaien, kappen, plaggen en beweiden, komen in paragraaf 4.4 aan de orde.

Bij het invoeren of wijzigen van 'inwendige' beheersmaatregelen is het van belang, dat deze maatregelen qua methodiek zoveel mogelijk overeenstemmen met de maatregelen die voorheen werden uitgevoerd in het kader van het oude agrarisch beheer of het natuurbeheer. Bovendien moeten zij zo mogelijk in de tijd direct hierop aansluiten. Dit betekent bijvoorbeeld in het geval van de Goereese Westduinen en de beweidde duingraslanden nabij Egmond, dat, wanneer het huidige landbouwkundige beheer er onverhoopt zou worden gestaakt en het beheer door een natuurbeschermingsinstantie zou worden overgenomen, de beweiding met hetzelfde soort vee zonder onderbreking en met dezelfde intensiteit zou moeten worden voortgezet.

Het is ook van belang dat de werking van de inwendige beheersmaatregelen ruimtelijk beperkt is, gradiëntsgewijs plaatsvindt en constant werkzaam is. Ruimtelijk beperkt houdt in dat de maatregel niet over de gehele oppervlakte moet plaatsvinden. Dus bijvoorbeeld in een duinvallei niet alles maaien, maar ook plaatselijk struweel of bos laten ontstaan. 'Gradiëntsgewijs' betekent dat er naar gestreefd moet worden om geleidelijke overgangen in de beheersmaatregelen te verkrijgen. Zo geeft de geleidelijke ruimtelijke overgang van één maal per jaar maaien - één maal in de paar jaar maaien - periodiek kappen - niets doen - een grotere ecologische variatie dan alleen de twee uitersten. Bij de tweede maatregel zullen de bloemrijke ruigtkruidenvegetaties zich juist optimaal kunnen ontwikkelen. 'Constant' houdt in dat het beheer hetzelfde blijft en dat men slechts tot het invoeren van een beheersmaatregel moet overgaan, wanneer men de garantie heeft dat de betreffende maatregel tot in lengte van jaren op dezelfde wijze kan worden uitgevoerd. Ook moet de zekerheid bestaan dat het abiotisch milieu in de toekomst niet sterk zal veranderen. Zo is het voor het uitstippelen van het inwendig beheer van een duingebied waarin waterwinning plaatsvindt, van groot belang dat de zekerheid bestaat dat de te winnen hoeveelheid water in de toekomst niet zal veranderen.

Tenslotte is het van belang er op te wijzen dat grootschalige experimenten op het gebied van het inwendig beheer, alsook voortdurende wijziging van het inwendig beheer

respectievelijk een desastreuze uitwerking kunnen en zullen hebben op de levensgemeenschappen in de duinen. Al deze wijzigingen veroorzaken namelijk een sterke toename van de milieodynamiek, met alle ongunstige gevolgen van dien. Ook het meer definitief invoeren of wijzigen van beheersmaatregelen zal echter in het begin altijd een storende werking hebben. Pas een jaar of vijf (soms nog langer) nadat een nieuwe beheersvorm is ingevoerd, kan de invloed op de vegetatie goed beoordeeld worden.

We zullen nu voor de drie belangrijkste 'inwendige' beheersmaatregelen, namelijk beweiden, maaien en afplaggen, aangeven hoe de hierboven gegeven aanwijzingen in praktijk gebracht kunnen worden. Meer technische details over beweiden, maaien, kappen en afplaggen kan men vinden in het Handboek voor Natuurbeheer, dat door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer is samengesteld.

#### 4.3.2 *Beweiding*

Beweiding is zowel in de droge duinen als in vochtige duinvalleien een goede manier om een grote ecologische variatie in stand te houden of te verkrijgen. Voor het verkrijgen van een zo groot mogelijke ecologische variatie dient de beweiding zo extensief te zijn, dat tenminste de helft van de oppervlakte buiten de beweidinginvloed valt. Bij koeien en paarden wordt dit bereikt bij maximaal 1 beest per 10 ha. Men spreekt in dit geval van zeer extensieve begrazing. Voor zeer extensieve begrazing moet het te beheren terrein bij voorkeur groter zijn dan 100 ha. Bij schapen spreekt men van zeer extensieve begrazing bij maximaal 1 beest per 5 ha (minimale oppervlakte 20 ha). Bij zeer extensieve begrazing is struweelontwikkeling wel mogelijk, maar het geheel dichtgroeien wordt voorkomen. Zeer extensieve begrazing dient bij voorkeur te worden uitgevoerd in de vorm van permanent grasbeheer (d.w.z. zomer en winter), hoewel ook seizoenbeweiding goede resultaten kan opleveren.

Waar een intensievere begrazing tot een waardevol milieu heeft geleid dient dit beheer gecontinueerd te worden. Ook in terreinen die te klein zijn voor zeer extensieve begrazing kan men een intensievere vorm van beweiding kiezen indien het terrein zich daartoe leent. Binnenduinterreinen en valleien blijken bij beweiding met paarden of jongvee nog bij een beweidingintensiteit van 1 beest per ha waardevolle vegetaties te bezitten. Een nog hogere intensiteit is vrijwel altijd schadelijk voor het duinterrein, mede door de extra bemesting die dan noodzakelijk wordt.

#### 4.3.3 *Maaien*

Maaien komt vooral in aanmerking in valleien waarin geen beweiding mogelijk is (b.v. omdat de oppervlakte te gering is). Bovendien is maaien een geschikte maatregel in gebieden waar door invloeden van buitenaf voedselverrijking optreedt. Voor lage duinvallei-vegetaties, en speciaal die in de kalkrijke duinen, is eenmaal per jaar maaien in de periode eind augustus - oktober het meest geschikt. In voedselarme situaties onder andere in het Waddendistrict, kan vaak met minder frequent maaien (eenmaal in de paar jaar) volstaan worden, terwijl dergelijke begroeiingen op allerlei plaatsen ook lange tijd zonder een maaibeheer kunnen blijven bestaan. Wel of niet maaien moet men dan van de vegetatie-



Foto 11. Een natte vallei op Terschelling (Gritljeplak), waarvan de randzones gemaaid worden vanuit het oogpunt van een optimaal natuurbeheer.

ontwikkeling en -productie laten afhangen. Voor bloemrijke ruigtkruidenvegetaties is minder vaak maaien vereist dan voor lage duinvalleivegetaties. In kalkrijke duinvalleien kan men daarvoor eenmaal in de paar jaar aanhouden. In alle gevallen dient het maaisel te worden afgevoerd. In met houtgewas dichtgegroeide valleien moet uiteraard eerst gekapt worden alvorens men met maaien kan beginnen.

#### 4.3.4 Afplaggen

Afplaggen is een maatregel die in natte valleien kan leiden tot een toename van de ecologische variatie. Bij afplaggen begint de successie geheel van voren af aan, zodat de maatregel bij uitstek geschikt is om pioniervegetaties en zeer jonge successiestadia te verkrijgen of in stand te houden. Vooral in kalkarme valleien en in oppervlakkig ont-kalkte valleien kan afplaggen leiden tot een gunstig resultaat. De successie die door het afplaggen op gang wordt gebracht, kan overigens wel enigszins afwijken van de oorspronkelijke successie ter plaatse, waar de huidige vegetatie het resultaat van is. Dit draagt evenwel bij tot de ecologische variatie van het betreffende terrein.

Afplaggen komt ook in aanmerking in situaties waarin lokaal enige voedselverrijking plaatsvindt of heeft plaatsgevonden. Zo kunnen gestoorde vochtige vegetaties, zoals voorheen bemeste graslanden, door afplaggen weer hersteld worden; de meeste voedingsstoffen worden dan met de plag afgevoerd. Afplaggen is de methode die het snelst tot verschraling

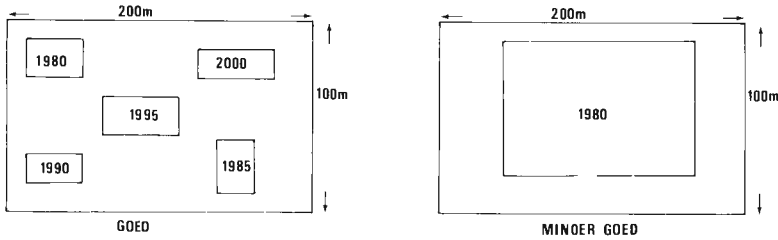


Fig. 53. Voorbeelden van een goede en een minder goede manier van afplaggen als natuurbeheersmaatregel.

leidt. In situaties waar een lichte grondwaterdaling is opgetreden, is afplaggen eveneens een zeer geschikte beheersmaatregel; door het afplaggen komt het maaiveld dichtter bij het grondwater en ontstaat er weer een geschikt milieu voor duinvalleivegetaties. Afplaggen kan uitgevoerd worden in combinatie met beweiding of met een maaibeheer. Afplaggen heeft alleen zin in vochtige duinvalleien en komt in droge terreinen met diepe grondwaterstanden niet in aanmerking. Gewoonlijk heeft afplaggen het meeste resultaat in de zones die worden aangeduid als het lagere deel van de mesoserie ('s winters niet of zeer kort geïnundeerd) en het hogere deel van de hygroserie ('s winters meest geïnundeerd en in het voorjaar droogvallend).

Het verdient de voorkeur om relatief kleine oppervlaktes in de tijd gespreid af te plaggen, bijvoorbeeld iedere vijf jaar steeds een ander deel van het terrein, zodat men op den duur een mozaïek van (niet direct aan elkaar grenzende) afplagstukken van verschillende ouderdom verkrijgt. In figuur 53 is dit schematisch weergegeven.

#### 4.3.5 Controleren van de vegetatieontwikkeling ten behoeve van het inwendige en uitwendige beheer

We hebben nu aandacht geschonken aan maatregelen die in het kader van het in- en uitwendig beheer genomen moeten worden om de ecologische kwaliteit van duinterreinen te behouden of eventueel te vergroten. Voor een goed beheer van een terrein is het vanzelfsprekend van groot belang de uitwerking van de verschillende maatregelen in het veld te controleren. Vooral patroon en soortensamenstelling van de vegetatie geven belangrijke informatie over het effect van de verschillende maatregelen. Veranderingen in de vegetatie en flora kunnen geconstateerd worden door periodieke karteringen, onderzoek van permanente kwadraten en herhaalde inventarisaties, waarbij men vooral dient te letten op de soortenrijke vegetatietypen van vochtige tot natte, voedselarme bodem en op de waardevolle en verdrogingsgevoelige plantesoorten (zie bijlage 2). Constataert men een duidelijke verarming van de vegetatie in een terrein (d.w.z. verdwijnen van bovengenoemde plantesoorten en vegetatietypen) dan is het belangrijk de oorzaak op te sporen en op het

Foto 12. Afplaggen vanuit het oogpunt van een optimaal natuurbeheer. Het lichte vierkant is recent afgeplagd en bevat een pioniervegetatie van een vochtige kalkarme bodem, daarachter een ouder successiestadium met vochtige heide. Op de achtergrond het oudste successiestadium met wilgenstruweel.



gebied van het inwendig of het uitwendig beheer hiertegen maatregelen te nemen (zie ook bijlage 1B).

Naast het volgen van de vegetatieontwikkeling in een terrein is het ook bijzonder nuttig om de grondwaterstand regelmatig te bepalen, dit om veranderingen in het grondwaterregiem vroegtijdig te kunnen signaleren en om bijtijds maatregelen te kunnen nemen. Veranderingen in het grondwaterregiem kunnen het meest betrouwbaar worden geconstateerd, wanneer de grondwaterstand om de veertien dagen gepeild wordt met behulp van peilschalen of peilbuizen.

#### **4.4 Herstel van duinterreinen**

Herstel van duinterreinen die sterk in ecologische kwaliteit zijn achteruit gegaan, is vaak slechts ten dele mogelijk. Het herstel van een bepaald grondwaterregiem of het weer tot stand brengen van een natuurlijke grondwaterkwaliteit in een gebied met verontreinigd grondwater is, hoewel moeilijk, niet geheel onmogelijk. Een omgewerkte of verontreinigde bodem en een verstoord reliëf zijn daarentegen nauwelijks te herstellen; er hebben zich dan vrijwel onomkeerbare veranderingen voorgedaan. Wel is het in dergelijke gevallen tot op zekere hoogte mogelijk om een situatie te scheppen die lijkt op hetgeen (ooit) aanwezig was. Men kan dit doen door grondwaterregiem en -kwaliteit te herstellen, door weer een min of meer natuurlijk reliëf aan te brengen of door stuiven te laten ontstaan, door aan de oppervlakte gelegen verontreinigde bodemlagen te verwijderen en door ervoor te zorgen dat er onbegroeid substraat van natuurlijke samenstelling aan de oppervlakte aanwezig is. Er kan dan spontaan een bodem- en vegetatieontwikkeling plaatsvinden, waarbij bodems en vegetaties kunnen ontstaan overeenkomend met die welke men wenst te herstellen. Een dergelijke vorm van herstel, meestal aangeduid met de term regeneratie, vergt vaak veel tijd. De tijd die voor regeneratie nodig is kan variëren van enige jaren voor pioniersgemeenschappen tot meer dan een eeuw voor goed ontwikkelde binnenduinrandbossen.

We zullen nu voor de belangrijkste oorzaken van achteruitgang van de Nederlandse duinen in de afgelopen anderhalve eeuw (zoals die ook zijn onderscheiden in de legenda van de veranderingenkaart) aangeven welke maatregelen zouden moeten worden genomen om tot herstel te komen. Hoewel een herstel van ecologische kwaliteiten bij de hierna te noemen oorzaken van achteruitgang vanuit natuurbeheersoogpunt in het algemeen wenselijk is, zal dit in de praktijk lang niet altijd gerealiseerd kunnen worden. Naast het natuurbehoud spelen immers tal van andere belangen in het duingebied een rol.

Toch is het nuttig om aan te geven wat de mogelijkheden zijn voor het herstel van gedegenererde gebieden. Eén van de redenen daarvoor is dat een sterke verarming van plantengroei en dierenleven in een bepaald gebied nog niet hoeft te betekenen, dat het betreffende gebied voor het natuurbehoud voorgoed verloren is. Voor verschillende verdroogde terreinen in het duingebied geldt bijvoorbeeld dat het herstel van schrale, vochtige, soortenrijke graslanden op de lange termijn meer perspectieven biedt dan het behoud van dergelijke vegetatietypen in kleine reservaten temidden van cultuurland in een poldergebied, hoe graag men de laatste ook wil behouden. Sterke negatieve invloeden van de mens (denk aan het inwaaien van kunstmest en het instromen van verontreinigd polderwater) zijn

namelijk in het laatste geval vrijwel niet te vermijden, terwijl dat in het geïsoleerde, hooggelegen duingebied vaak veel beter mogelijk is.

Een andere reden voor het bespreken van de mogelijkheden voor herstel is dat verschillende vormen van menselijke activiteit niet alleen in het verleden reeds hebben geleid tot een sterke achteruitgang van de ecologische kwaliteit van de duinen, maar dat zij ook voor de toekomst van het verarmde gebied een bedreiging inhouden. Bij activiteiten als infiltratie van verontreinigd oppervlaktewater, vuilstorten en afval lozen, wordt bijvoorbeeld regeneratie, door een steeds verder voortschrijdende verontreiniging van de bodem, steeds moeilijker. Men dient zich dan ook steeds af te vragen of het verder aantasten van het biotisch en abiotisch milieu nog wel verantwoord is, niet alleen met het oog op de actuele ecologische kwaliteiten, maar ook tegen de achtergrond van de mogelijkheden op herstel, nu en in de toekomst.

In de onderstaande bespreking kan slechts een globale aanduiding worden gegeven voor de mogelijkheden van herstel en de wijze waarop herstelmaatregelen zouden moeten worden uitgevoerd. Uitgebreid aanvullend onderzoek op dit terrein is noodzakelijk!

#### *4.4.1 Gesloten bebouwing, industrievestiging, vuilstortplaatsen*

Industrieterreinen en terreinen met gesloten bebouwing zijn bijzonder moeilijk te herstellen omdat het reliëf en de bodem ter plaatse zijn aangetast, het grondwaterregiem en de grondwaterkwaliteit sterk zijn gestoord en de oorspronkelijke vegetatie vrijwel geheel verdwenen is. Voor herstel van ecologische kwaliteiten is het noodzakelijk de industriële activiteiten en de bewoning te stoppen, bebouwing en bestrating te verwijderen, het natuurlijk grondwaterregiem en, voor zover mogelijk, het reliëf te herstellen, ervoor zorg te dragen dat de grondwaterkwaliteit weer natuurlijke waarden bereikt en verontreinigde bodemlagen te verwijderen uit het duingebied of deze te overdekken met voedselarm duinzand.

Herstel van vuilstortplaatsen (stortplaatsen van huisvuil, boorspoelingen van gas- en oliewinning, slib uit infiltratiebekkens, schraapsel van langzame zandfilters, spoelwater van snelfilters, etc.) is alleen mogelijk door het verwijderen van het aangevoerd materiaal en van verontreinigde bodemlagen en zo mogelijk herstel van het reliëf. Is verwijdering van het aangevoerde materiaal niet mogelijk, dan is het wenselijk dezelfde maatregelen te nemen als bij ophogingen met onnatuurlijk materiaal (zie paragraaf 4.4.4). Een volledig herstel kan op deze wijze niet bereikt worden, omdat verontreiniging van grondwater op kan blijven treden.

#### *4.4.2 Infiltratiegebieden*

In infiltratiegebieden is herstel van ecologische kwaliteiten eveneens moeilijk, omdat ook daar veelal sterke aantasting van reliëf, grondwaterregiem en -kwaliteit, bodem en vegetatie heeft plaatsgevonden, zij het in minder sterke mate dan bij industrievestiging en stadsuitbreiding. Voor herstel van het duingebied is het noodzakelijk de infiltratie te stoppen, er voor te zorgen dat grondwaterregiem en grondwaterkwaliteit weer na-

tuurlijke waarden bereiken, verontreinigde bodemlagen te verwijderen (in het bijzonder aan de oppervlakte gelegen verontreinigde lagen uit de infiltratiebekkens en uit kwelplassen), terwijl het ook noodzakelijk is de vegetaties van de valleien regelmatig te maaien of af te pluggen teneinde voedingsstoffen af te voeren. Herstel van het natuurlijke reliëf is echter nauwelijks te verwezenlijken.

#### *4.4.3 Wegen, parkeerplaatsen, leidingen, voorzieningen ten behoeve van gas- en olie-winning en open bebouwing*

Bij terreinen met open bebouwing, leidingen, wegen, parkeerterreinen en voorzieningen ten behoeve van gas- en oliewinning geldt voor de plaatsen waar de desbetreffende objecten zich bevinden hetzelfde als bij industrieterreinen en gesloten bebouwing. Een belangrijk verschil met industrieterreinen en terreinen met gesloten bebouwing is natuurlijk, dat het ruimtebeslag veel minder is en dat, bijvoorbeeld in het geval van open bebouwing, tussen de huizen nog min of meer ongestoord duinterrein kan voorkomen. Wanneer een gebied is achteruitgegaan door activiteiten samenhangend met open bebouwing, wegen, parkeerterreinen en leidingen, dan kan het herstel van de ecologische kwaliteiten dan ook ten dele bestaan uit maatregelen die negatieve effecten van de genoemde punten tegengaan (zie bijlage 1B).

#### *4.4.4 Opgehoogde terreinen*

Bij opgehoogde oorspronkelijk vochtige terreinen is herstel van vochtige valleivegetaties alleen mogelijk door het weer afgraven van het aangevoerde materiaal. Wanneer het aangevoerde materiaal bestaat uit niet verontreinigd duinzand, kan zich ter plaatse ook een duinvegetatie van de xeroserie (reeks van plantengemeenschappen, die zich ontwikkelt buiten de invloedssfeer van het grondwater) ontwikkelen, zodat het soms de voorkeur kan verdienen het aangevoerde materiaal te laten liggen. Is het aangevoerde materiaal van een onnatuurlijke samenstelling (zoals het geval is bij vuilstorten) dan verdient het zeker de voorkeur het aangevoerde materiaal te verwijderen, omdat anders verontreiniging van bodem en grondwater kan optreden. Is verwijdering van het aangevoerde materiaal beslist niet mogelijk, dan is het wenselijk het materiaal van onnatuurlijke samenstelling af te dekken met een enige meters dikke laag zand van natuurlijke samenstelling, zodat zich ter plaatse een natuurlijke vegetatie van de xeroserie kan ontwikkelen. Bepplanten met bomen of struiken of vastleggen met takken is ongewenst. Bij verstuivingsgevaar verdient beplanten met helm de voorkeur.

#### *4.4.5 Agrarische ontginningen, in cultuur of verlaten*

Bij bemeste bouw- en weilanden is slechts door verschraling weer een rijker gevarieerd milieu te verkrijgen. Het snelst is verschraling te bereiken door het afpluggen of ondiep uitgraven van de bouwvoor of zode, waarna een spontane vegetatieontwikkeling kan optreden. Mettertijd dient er dan gemaaid of beweid te worden wanneer men lage vegetaties in stand wil houden of verder wenst te ontwikkelen.

Ook door maaien en beweiden is verschraling mogelijk; door maaien gaat dat wat sneller dan bij beweiden. Kiest men voor maaien dan is aanvankelijk bij hoge voedselrijkdom tweemaal per jaar maaien nodig. Bij afname van de produktie kan dan op eenmaal per jaar maaien worden overgegaan. Bij beweiding van voedselrijke situaties dient de veebezetting in de eerste jaren zodanig te zijn dat de primaire produktie geheel wordt afgevoerd. Pas wanneer een zekere verschraling is bereikt, kan men met extensieve en nog later met zeer extensieve begrazing aanvangen.

Bemeste bouwlanden kan men ook eerst nog enkele jaren in cultuur houden, waarbij indien nodig wel met stikstof en kalium maar niet met fosfor bemest mag worden. De eerste twee stoffen spoelen gemakkelijk uit in tegenstelling tot fosfor, welke stof nog vaak lang nadat voedingsstoffen als stikstof en kalium zijn uitgespoeld door zijn overmatige aanwezigheid het ontstaan van soortenrijke vegetaties verhindert.

Bij uit cultuur genomen bouw- en weilanden verdient het de voorkeur om na enige jaren over te gaan tot een extensieve of zeer extensieve begrazing van zowel de verlaten bouw- en weilanden als van het omringende duinterrein. Binnen het totale gebied dat in begrazingsbeheer genomen wordt, dienen voormalige landbouwgronden, wanneer ze nog vrij voedselrijk zijn, niet meer dan 1/3 van de totale oppervlakte in te nemen. Indien deze gronden al sterk verschraald zijn, maakt de oppervlakterverhouding niet veel uit.

#### 4.4.6 *Beboste terreinen*

In beboste gebieden is het reliëf weinig of niet aangetast, is de waterhuishouding licht verstoord, maar zijn de bodem en de vegetatie sterk verstoord. Dit geldt zeker voor dennenbossen. Herstel van beboste terreinen is in zoverre moeilijk, dat de bodem vaak diep omgewerkt is en vaak ook diep doorworteld. Bij het kappen van een bos kan men daarvoor, ook wanneer het gekapte materiaal en de strooisellaag verwijderd worden, nog langdurig te maken krijgen met verruiging van de vegetatie ten gevolge van voedselverrijking door sterke mineralisatie.

In terreinen die bebost geweest zijn is het in veel gevallen, vanuit natuurbeheers-oogpunt gezien, minder wenselijk om te trachten bijvoorbeeld opnieuw vochtige vallei-vegetaties te laten ontstaan. Wel is het vaak wenselijk naaldbos om te zetten in loofbos met een natuurlijke soortensamenstelling. Dit geldt vooral voor terreinen waar het grondwater zich gemiddeld op minder dan 4 m beneden het maaiveld bevindt, dit met het oog op een herstel van het natuurlijke grondwaterregiem. Vanuit dezelfde overweging kan men in dergelijke valleien het bos omzetten in struweel of lage kruidenvegetaties.

#### 4.4.7 *Verdroogde terreinen*

Herstel van terreinen, waarvan het reliëf niet is aangetast en de grondwaterkwaliteit min of meer natuurlijk is, maar waarvan het grondwaterregiem gestoord is, waardoor de bodem enigszins geëutrofiëerd en de vegetatie verarmd is, biedt in het algemeen goede perspectieven. Dat geldt vooral wanneer de verstoring van het grondwaterregiem een daling van de gemiddelde grondwaterstand inhoudt, zonder dat het gemiddelde jaarlijkse fluctuatietraject wijzigingen heeft ondergaan. Men heeft in dit geval twee mogelijkheden voor her-

stel:

- het weer laten stijgen van de grondwaterstand, bijvoorbeeld door stoppen waterwinning, tegengaan van verdamping (bv. door kappen van naaldbos dat groeit beneden 4 m boven de gemiddelde grondwaterstand), verhoging polderpeil en vermindering van slootafvoer.
- het uitgraven van nieuwe valleien of het laten uitstuiven van een duingebied, zodat op natuurlijke wijze nieuwe vochtige valleien ontstaan.

Wat betreft de eerste mogelijkheid moet worden opgemerkt, dat dit alleen in aanmerking kan komen wanneer het mogelijk is de stijging van de grondwaterstand te begeleiden met uitgebreide beheersmaatregelen, zoals het kappen, maaien of afplaggen van de vegetatie in de valleien, eventueel gevolgd door een begrazingsbeheer. Bij stijging van de grondwaterstand zullen namelijk veel planten afsterven waardoor de mineralisatie vaak sterk zal toenemen, hetgeen een sterke verruiging van de vegetatie tot gevolg heeft. Door afvoer van voedingsstoffen via kappen, maaien en afplaggen kan deze verruiging worden tegengegaan. In veel gevallen zal de tweede mogelijkheid gemakkelijker uitgevoerd kunnen worden.

Vanwege het grote belang van de mogelijkheden voor nieuwvorming van duinvalleimilieus zullen we in een aparte paragraaf iets dieper ingaan op het creëren van vochtige valleimilieus door middel van uitgraven of laten uitstuiven. Alvorens hiertoe over te gaan moet nog worden opgemerkt dat het laten stijgen van het grondwater of het uitgraven of laten uitstuiven van valleien alleen zin heeft wanneer grondwaterkwaliteit en fluctuatietraject natuurlijk zijn en verwacht mag worden dat dit ook voorlopig zo zal blijven. In gebieden met een onnatuurlijke grondwaterkwaliteit of een onnatuurlijk fluctuatietraject zal men er allereerst voor moeten zorgen dat dit hersteld wordt. Pas dan kan worden overgegaan tot uitgraven of uitstuiven.

## **4.5 Creëren van nieuwe vochtige duinvalleien**

### *4.5.1 Uitstuiving*

De beste wijze van nieuwvorming van vochtige duinvalleien is die door middel van natuurlijke uitstuiving. Dit is in de regel een langdurig proces, dat plotseling op gang kan en mag komen, maar waarbij het omgekeerde proces, het weer vastleggen van de duinen door de vegetatie, juist langzaam moet verlopen. Bij langzame vastlegging van de duinen en met name van de valleien kunnen gevarieerde begroeiingen ontstaan, gevarieerder dan bij een plotselinge ontwikkeling van de vegetatie zoals die na een uitgraving optreedt. Door voldoende diepe uitstuiving ontstaat vanzelf een voor de duinvegetatie gunstig milieu, zowel qua grondwaterstand als (micro)reliëf.

Uitstuivingen kunnen op gang gebracht worden door de mens door in een duinterrein de vegetatie te verwijderen. Bij het op gang brengen van uitstuivingen is een juiste plaatskeuze van groot belang. Er moet rekening worden gehouden met de geomorfologische, (micro)klimatologische, hydrologische, bodenkundige en vegetatiekundige situatie in het gebied.

Allereerst dient voorkomen te worden dat door de verstuuvingen waardevolle geomorfologische of vegetatiekundige elementen verloren gaan. Voorts moet worden gezorgd voor

een voldoende grote oppervlakte van het terrein waar de verstuingen op gang gebracht kunnen worden (minstens enige ha). Bij voorkeur dient dit een betrekkelijk laaggelegen terrein te zijn, waar het grondwater zich niet op al te grote diepte bevindt. Bij kleine, diepinsnijdende verstuingen in hoge duinruggen (zoals die op Schouwen te vinden zijn) treden ongewenste neveneffecten op zoals instuiving in de valleien en afspoeling van materiaal langs hellingen.

Het is van groot belang dat er voldoende tijd verstrijkt tussen het moment van uitstuing en het weer vastleggen van de duinen. Bij het weer vastleggen van stuivende duinen dient men zich te beperken tot de hogere stuivende delen. Beneden de invloedssfeer van het grondwater, (d.w.z. binnen ca 1 m boven de gemiddelde hoogste grondwaterstand) is vastlegging niet noodzakelijk en zelfs schadelijk. Er zullen vanzelf verstuingen-gradienten ontstaan, waarbij sterk stuivende terreindelen en delen die nog niet (of niet meer) stuiven elkaar ruimtelijk afwisselen. Overigens moet er hier nogmaals op gewezen worden, dat het weer tot op het grondwater laten uitstuing van delen van het duingebied (zowel in gebieden waar grondwaterstandsdeling heeft plaatsgevonden als in gebieden waar dit niet het geval is) van groot belang is. Het duingebied is vanouds een sterk dynamisch landschap en een te 'fixerende' instelling ten aanzien van het beheer van dit gebied gaat ten koste van de ecologische kwaliteit ervan. De extreme mate van vastlegging van het duingebied die we tegenwoordig kennen, is één van de belangrijkste oorzaken van het (vrijwel) uit de duinen verdwijnen van onder andere de in geheel Nederland zeer zeldzame koprus en de zeldzame dwerggras. Door het opnieuw laten uitstuing van valleien kunnen voor deze soorten weer nieuwe milieus ontstaan! De betrekkelijk geringe nadelen van het onderstuing van aangrenzende delen van het duingebied zinken in het niet bij de voordelen, zoals men bijvoorbeeld bijzonder goed kan constateren in verschillende duingebieden langs de Engelse westkust, waar nog op vrij grote schaal verstuingen voorkomen.

#### 4.5.2 *Uitgraven*

Na het laten uitstuing van duinvalleien komt het uitgraven van valleien als tweede mogelijkheid in aanmerking voor het creëren van nieuwe vochtige valleien. De volgende opmerkingen kunnen als globale richtlijn gelden bij uitgravingen.

Bij een uitgraving moet de geomorfologische gesteldheid een dergelijke kunstgreep toelaten; het is noodzakelijk de uitgraving zo goed mogelijk in de bestaande geomorfologische structuur in te passen. Uitgraven van laagtes volgens het natuurlijk patroon is wenselijk. Het doorgraven van bestaande ruggen dient vermeden te worden. Voor het creëren van milieus voor duinvalleivegetaties is het uitgraven van een vallei (waar alleen 's winters het water in een deel boven het maaiveld staat) te prefereren boven het graven van een meer. In valleien moet men zorgen voor voldoende microreliëf met daarin variatie tussen zeer flauw hellende taluds (1:80 tot 1:30) en vrij steil hellende taluds 1:5 tot 1:3). In het algemeen moeten de taluds binnen de invloedssfeer van het grondwater flauwer zijn dan daarbuiten. Voor het verkrijgen van een optimale ecologische variatie is het van belang dat een groot deel van het valleioppervlak op een zodanige hoogte ligt, dat het 's winters geïnundeerd is en het 's zomers, op een enkel laag punt na, is drooggevalen. Voorts is het gunstig, wanneer lagere terreindelen van elkaar geïsoleerd worden door hoge-

re delen in de vorm van lage duinruggen.

Bodemkundig onderzoek voorafgaande aan de uitgraving is gewenst in verband met de eventuele aanwezigheid van storende lagen, die bij blootlegging voor complicaties kunnen zorgen. Ook de kalktoestand moet worden onderzocht. De soortenrijkste duinvalleivegetaties ontstaan op plaatsen, waar de bovengrond ontkalkt is en in de ondergrond kalkrijk zand voorkomt, en op plaatsen waar kalkrijk kwelwater aanwezig is.

Bij de uitgraving dient gewaakt te worden voor vermenging van humus- of veenhoudende lagen met mineraal- en kalkrijk zand in verband met de negatieve effecten van versnelde mineralisatie van organisch materiaal. Om dezelfde reden moet voorkomen worden dat er humus, plantendelen of andere grondsoorten met het zand vermengd worden. Een gunstig resultaat kan bij uitgraven bereikt worden door de uitgraving na de aanleg nog enige jaren te laten uitstuiven en geleidelijk spontaan te laten begroeien.

Voorts is de plaatskeuze van een uitgraving van belang. Nabij zee heeft de wind meer invloed op de uitgraving, zodat uitstuiwing beter mogelijk is. Bovendien ontwikkelt zich nabij zee door de sterke wind niet zo snel struweel en bos als verder landinwaarts, zodat beheersmaatregelen gericht tegen struweel- en bosontwikkeling niet zo snel nodig zijn.

In sommige gevallen zal men in plaats van vochtige duinvalleien duinmeren willen creëren. Eerder is er al op gewezen, dat ondiepe vochtige valleien voor de vegetatie gunstiger zijn dan diepe duinmeren. Eén van de redenen daarvoor is dat een plas in een overigens droog duingebied voor concentratie van vogels kan zorgen waardoor veelal voedselverrijking optreedt (guanotrofie). Om dezelfde redenen bieden ook eilandjes in een duinmeer een minder gunstige situatie voor de ontwikkeling van soortenrijke valleivegetaties.

Duinmeren zijn, mits ze niet al te diep zijn, vanuit ornithologisch oogpunt vaak wel interessant. Men zal dan ook ornithologische en vegetatiekundige argumenten in dergelijke gevallen tegen elkaar moeten afwegen.

Bij het graven van duinmeren gelden ongeveer dezelfde richtlijnen als bij vochtige valleien, echter met dien verstande dat voor de oevers een nog flauwer hellend talud dan voor vochtige valleien aangehouden moet worden, onder andere in verband met afkalvingsgevaar van de oevers tengevolge van golfslag. Naarmate het meer groter is moet het oevertalud flauwer zijn; voor een meer met een diameter van 200 m dient men als maximum een talud van 1:50 aan te houden. Een grillige oeverlijn verdient de voorkeur boven een strakke, terwijl het creëren van meer plassen van uiteenlopend formaat aan te bevelen is boven het scheppen van één groot meer.

#### **4.6 Vorming van nieuw duinterrein met primaire valleien**

Op plaatsen waar kustaangroei plaatsvindt, verdient het aanbeveling in het algemeen een natuurlijke ontwikkeling te laten plaatsvinden. In het geval van primaire valleien dient men er dus niet naar te streven om ze door middel van stuifdijken snel van zee af te sluiten. Een snelle afsluiting leidt tot een aanzienlijk minder gevarieerd milieu dan een geleidelijke afsluiting zoals van nature plaatsvindt.

Alleen indien plaatselijk een snellere afsluiting om een of andere reden wenselijk geacht wordt en het natuurlijke proces zeer lang duurt, kan de afsnoering gestimuleerd worden door middel van de aanleg van een stuifdijk. Hiermee dient echter voorzichtig te

werk te worden gegaan en het beste resultaat wordt dan verkregen door een periode van enige tientallen jaren te laten verstrijken tussen het moment van vorming van een onvolledig afgesnoerde strandvlakte en de volledige afsluiting van zee daarvan.

De vorming van meer kleine valleien verdient in zulke gevallen de voorkeur boven het laten ontstaan van een grote vallei. De te vormen valleien mag niet te smal zijn (minstens enige tientallen meters breed).

Een dergelijk actief beleid met betrekking tot de vorming van nieuwe primaire valleien kan wenselijk zijn omdat zonder tussenkomst van de mens het merendeel van de onvolledig afgesnoerde strandvlakten (met name die op de Wadden-, de Zuidhollandse en de Zeeuwse eilanden) nooit van zee zouden worden afgesloten.

Voornoemde anthropogene ingrepen dienen slechts plaatselijk te gebeuren en op andere plaatsen moet men de natuur haar gang laten gaan. Op een dergelijke wijze wordt een grote mate aan ecologische variatie verkregen en blijft de invloed van de mens op de kustontwikkeling, zoals die al eeuwen lang heeft plaatsgevonden, voortbestaan.

## **5 Enige opmerkingen over de voornemens ten aanzien van de waterwinning in de duinen**

### **5.1 Inleiding**

In verschillende paragrafen van hoofdstuk 2 en 3 is aangegeven in welke mate het duinvalleienmilieu wordt aangetast door de activiteiten ten behoeve van de waterwinning. Het zal tegen die achtergrond duidelijk zijn, dat de geplande ontwikkeling van de waterwinning in de duinen, die één van de belangrijkste en gemakkelijkst te beïnvloeden randvoorwaarden vormt ten aanzien van het voortbestaan van vochtige valleien, hier extra aandacht krijgt.

De voorgenomen ontwikkeling van de waterwinactiviteiten in het duingebied is door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID) geschetst in het Structuurschema drink- en industriewatervoorziening (1972) en nader gepreciseerd in het door de Verenigingen van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN) opgestelde Tienjarenplan (1978). Uitgaande van een, als onvermijdelijk beschouwde, toename van het waterverbruik in geheel Nederland van ongeveer 1 miljard m<sup>3</sup>/jaar in de huidige situatie tot ongeveer 1,5 miljard m<sup>3</sup>/jaar in 1990 is voor het duingebied de volgende ontwikkeling geschetst. In de periode tot 1990 dient de winning in de duinen uitgebreid te worden van ongeveer 175 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in de huidige situatie (gemiddeld 1974 t/m 1976) tot zo'n 275 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in 1990. Deze uitbreiding van de winning met zo'n 100 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, dient praktisch in z'n geheel gerealiseerd te worden via uitbreiding van de infiltratiewinningscapaciteit. Op grond van de geopperde plannen zijn met betrekking tot de toekomstige ontwikkeling van het Nederlandse duingebied een drietal gebieden te onderscheiden, waarvan we de geplande ontwikkeling zullen schetsen.

### **5.2 De geplande ontwikkeling op de Waddeneilanden en in de vastelandsduinen ten noorden van Castricum**

In dit gebied vindt tot op heden slechts de winning van natuurlijk duinwater plaats. Dit zal ook in de toekomst zo blijven, zij het dat de gewonnen hoeveelheden soms aanzienlijk, tot zo'n 30%, zullen toenemen in de periode tot 1990. Dit geldt voor de winningen op Schiermonnikoog, Ameland, Vlieland en die ten zuiden van Den Helder. Op Terschelling is een afname, bij Bergen en mogelijk op Texel een stabilisering van de winning te verwachten. Op Terschelling is dit een gevolg van het feit, dat de watervoorziening rond 1980 voor een deel via een pijpleiding vanaf de vaste wal verzorgd wordt. Bij Bergen worden de opgepompte hoeveelheden gestabiliseerd; dit omdat elders, zoals bij de infiltratiegebieden te Castricum en Wijk aan Zee, een toename van de waterwinning plaatsvindt. Op Texel wordt het in de komende jaren wellicht mogelijk de overcapaciteit die de zoetwaterfabriek 's winters bezit te benutten, door dit water in de ondergrond op te slaan en deze

hoeveelheid in de zomer tijdens het piekverbruik op te pompen (onderzoek hiernaar is gaande). Hierdoor kan de duinwaterwinning in de zomer ontlast worden, waardoor de te winnen hoeveelheden gelijkmatiger over het jaar verdeeld kunnen worden.

In tabel 7 is de huidige situatie en de geplande ontwikkeling van de verschillende waterwingebieden kort geschetst. Duidelijk is de uitbreiding van de te winnen jaarhoeveelheden en vooral die van de maximale maandhoeveelheden op Schiermonnikoog, Ameland en Vlieland te zien. Tevens zijn de hoeveelheden die volgens de geldende vergunningen gewonnen mogen worden, opgenomen. Hieruit blijkt dat reeds in de huidige situatie veel meer dan de toegestane hoeveelheid gewonnen wordt, wat meestal een aantasting van vochtige valleimilieus in de omgeving met zich meebrengt. De uitbreidingen van de waterwinning zullen verdere grondwaterstands daling en vaak ook een toename van het fluctuatietraject met zich meebrengen, waardoor vochtige valleien in de nabijheid van de winningsputten een (verdere) verdroging of verstoring zullen ondergaan. Dit geldt vooral voor Schiermonnikoog, en in mindere mate voor Ameland en Vlieland. Uitbreiding van de winning nabij Den Helder vormt een bedreiging voor de laatste vochtige valleimilieus die in dit gebied zijn overgebleven.

### ***5.3 De geplande ontwikkeling in de vastelandsduinen tussen Castricum en Monster***

In dit gebied waar nu reeds het leeuwendeel van de waterproductie plaatsvindt, waardoor over grote oppervlakten van dit duingebied een zeer sterke aantasting is opgetreden, is ook verreweg het grootste deel van de geplande uitbreiding gesitueerd. De huidige situatie en de geplande ontwikkeling, die het mogelijk moet maken de uitbreiding van de infiltratiecapaciteit met zo'n 100 miljoen m<sup>3</sup>/jaar te realiseren is in tabel 8 weergegeven.

Dit betekent, dat bij uitvoering van de plannen zoals vermeld in het Tienjarenplan (1978), een kleine 800 ha duinterrein moet worden omgezet in infiltratiegebied, terwijl tevens in een groot gebied in de omgeving de grondwatersituatie in aanzienlijke mate verstoord zal worden. Vooral de geplande uitbreiding in de Kennemerduinen, een gebied dat tot op heden praktisch gevrijwaard is gebleven van infiltratie, dient als een ernstige aanslag op de natuurwaarden beschouwd te worden.

### ***5.4 De geplande ontwikkeling in het duingebied ten zuiden van Monster***

Hier geldt dat de geplande toename van de te winnen hoeveelheden water betrekkelijk klein zal zijn. De winning van natuurlijk duinwater op Goeree en Walcheren zal gestabiliseerd worden, terwijl op Schouwen zelfs sprake zal zijn van een afname. Hier tegenover staat een toename van de infiltratie-activiteiten. Zowel op Goeree als op Schouwen is een uitbreiding met enkele miljoenen m<sup>3</sup>/jaar gepland.

Het is niet te verwachten dat de verminderde waterwinning op Schouwen een zodanige stijging van de grondwaterstand zal veroorzaken, dat weer vochtige valleien ontstaan. Wel heeft de inmiddels voltooide aanleg en de start van de infiltratie via vergravingen en verontreiniging van het grondwater en de bodem voor een verdere aantasting van de meest westelijke duinen gezorgd. Verdere aantasting is ook te verwachten in de Middel- en Oostduinen op Goeree wanneer daar de uitbreiding van de infiltratiecapaciteit gerealiseerd wordt. In tabel 9 is een overzicht gegeven van de huidige situatie en de geplande ontwikkeling van de waterwinactiviteiten in dit gebied.

Tabel 7. Overzicht van de huidige situatie van de duinwaterwinning in het duingebied ten noorden van Castricum en de geplande situatie rond 1990. (Gegevens Tienjarenplan, 1978).

Gebied	Huidige capaciteit (1978) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Huidig jaar-gebruik (1974 t/m 1976) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Huidige max. mind. gebruik (1974 t/m 1976) ( $10^6\text{m}^3/\text{maand}$ )	Huidige jaar-vergunning (1978) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Huidige max. mind. vergunning (1978) ( $10^6\text{m}^3/\text{maand}$ )	Gepland jaargebruik (1990) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Gepland max. mind. gebruik (1990) ( $10^6\text{m}^3/\text{maand}$ )
Schiermonnikoog	0,23	0,12	ca. 0,02	0,15	0,02	0,16	0,028
Ameland Buren	0,24	0,13	ca. 0,035	0,10	0,015	0,24	0,05
Hollum	0,24	0,20	ca. 0,035	0,10	0,015	0,24	0,05
Terschelling	0,35	0,32	ca. 0,065	0,19	0,030	0,19	?
Vlieland	0,14	0,11	ca. 0,025	0,04	0,0085	0,14	0,03
Texel	0,5	0,36	ca. 0,08	0,7	0,091	?	?
Den Helder	0,5	0,33				0,5	
Bergen		2,86				3	

Tabel 8. Overzicht van de huidige situatie van de infiltratie en duinwaterwinning in het duingebied tussen Castricum en Monster en de geplande situatie rond 1990. (Gegevens Tienjarenplan, 1978).

Gebied	Huidige infiltratiecapaciteit (1978) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Huidig infiltratiegebruik (1974/1976) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Uitbreiding infiltratiecapaciteit (1990) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )	Uitbreiding oppervlakte infiltratiegebied (1978) (ha)	Uitbreiding oppervlakte infiltratiegebied (1990) (ha)	Huidige winning natuurlijk grondwater (1974 t/m 1976) ( $10^6\text{m}^3/\text{jaar}$ )
Castricum	20	20	15	ca. 125	ca. 75	2,6
Wijk aan Zee	14	3	-	ca. 60	-	1,2
Kennemerduinen	2	2	26	ca. 10	ca. 250	14,5
Zandvoort	70	53	-	ca. 800	-	9,6
Katwijk-Wassenaar	17	15	23	ca. 225 <sup>5</sup>	ca. 225 <sup>5</sup>	0,8
Wassenaar-Scheveningen	45	44	15	ca. 500	ca. 175	?
Monster	3	3	10	ca. 10	ca. 50	0,6

1. Waarden volgens Tienjarenplan 1978.

2. Waarden afkomstig van de waterleidingbedrijven.

3. Oppervlak van infiltratiebekkens en omringend duingebied met winningsmiddelen volgens kaarten van de waterleidingbedrijven.

4. Geschatte waarden volgens geplande locaties of extrapolatie vanuit de huidige situatie.

5. Infiltratiebekkens voor uitbreiding zijn reeds klaar, uitbreiding van de winningsmiddelen moet nog worden gerealiseerd.

Tabel 9. Overzicht van de huidige situatie van de infiltratie en de duinwaterwinning in het duingebied ten zuiden van Monster en de geplande situatie rond 1990. (Gegevens Tienjarenplan, 1978).

Gebied	Huidige to- tale winning (1974 t/M 1976) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Huidige in- filtratie (1974 t/m 1976) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Huidige win- ning natuur- lijk duin- water (1974 t/m 1976) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Gepland ge- bruik (1990) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Geplande uit- breiding in- filtratie (1990) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)	Geplande win- ning natuur- lijk duin- water (1990) (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jaar)
Goeree	2,0	1,3	0,7	3,8	1,6	0,6
Schouwen	2,0	- <sup>1</sup>	2,0	3,9	3,4	1,1
Walcheren: Oranjezon	0,9	-	0,9	1,0	-	1,0
Biggekerke	0,2	-	0,2	0,2	-	0,2

1. Infiltratie gestart per 1-8-1978.

## 5.5 Beoordeling van de geplande ontwikkeling

De geplande ontwikkeling zoals geschetst in het Tienjarenplan (1978) geeft aanleiding tot enige kritische kanttekeningen. Er moet namelijk geconstateerd worden dat bij de gepresenteerde planning weliswaar melding gemaakt wordt van de noodzaak om rekening te houden met de natuurbeschermingsbelangen, maar dat dit in de plannen nog steeds niet tot uiting komt. Waterwinning en infiltratie vormen, afgezien van atmosferische verontreiniging, ook voor de toekomst waarschijnlijk de belangrijkste bedreiging voor het Nederlandse duingebied. Dit is vanuit natuurbeschermingsoogpunt onaanvaardbaar gezien de nog altijd zeer hoge actuele en potentiële kwaliteiten van de duinen.

Het is voor het instandhouden en herstel van de ecologische kwaliteiten van het Nederlandse duingebied van groot belang dat gestreefd wordt naar stabilisering of afname van de invloed van de waterwinning en de zuivering en opslag van infiltratiewater in het duingebied. Dit kan bereikt worden door:

1. Afname van het waterverbruik.
2. Watervoorziening met verschillende waterkwaliteiten: drinkwater en ander water. Tezamen met fysisch-chemische zuivering of hyperfiltratie van oppervlakte- of brak water en de mogelijkheid om grote hoeveelheden water buiten het duingebied, in bijvoorbeeld het IJsselmeer op te slaan, kan hierdoor de hoeveelheid water die via het duinmassief gezuiverd en gewonnen moet worden, drastisch verminderen.
3. Waterwinning in minder kwetsbare gebieden buiten het duingebied, zoals bijvoorbeeld infiltratiewinning via persputten op grotere diepte in de ondergrond van het polderland, en oeverinfiltratie langs het IJsselmeer of andere wateren.

Negatieve effecten tengevolge van de winning van natuurlijk duinwater zijn slechts in geringe mate te beperken door:

4. Gelijkmatige winning in de tijd, waardoor de verstoring van het fluctuatietraject kleiner zal zijn, terwijl het tevens mogelijk is met het beheer op een constante grondwatersituatie in te spelen. Mogelijkheden om deze constante winning te bereiken zijn onder andere watervoorziening van elders, zoals voor de eilanden via een pijpleiding of per schip vanaf de vaste wal. (Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met de effecten van de winning in het gebied waar de extra hoeveelheid gewonnen wordt!) Ook opslag van een deel van de winterproductie die dan in de zomer weer gebruikt kan worden is een mogelijkheid om deze constante winning te bereiken.
5. Water van onder een moeilijk doorlatende laag winnen.
6. Geen afvalwater of afvalstoffen, zoals spoelwater van de snelfilters, bezinksel van bezinkingsbekkens, schraapsel van langzame zandfilters of anderszins, in het duingebied lozen.
7. Pomp-, filter- en opslaggebouwen buiten het duingebied aanleggen.

Negatieve effecten tengevolge van infiltratie kunnen in nog geringere mate beperkt worden door:

8. Vergaande voorzuivering van het infiltratiewater. Een infiltratiegebied krijgt via het infiltratiewater 10 à 20 maal zoveel water te verwerken als een gebied zonder infiltratie,

dat slechts via de neerslag gevoed wordt. Wanneer men in een infiltratiegebied een vergelijkbare stoffenaanvoer wil creëren als in een gebied zonder infiltratie dan dient het infiltratiewater 10 à 100 maal zo zuiver te zijn als regenwater. Hoewel een dermate vergaande voorzuivering wel nooit zal plaatsvinden, heeft ook een mindere voorzuivering tot gevolg dat de hoeveelheid aangevoerde stoffen vermindert, waardoor de verontreiniging van bodem en grondwater afneemt, terwijl tevens door de verminderde dichtslibbing van de bodem van de infiltratiebekkens de verstoring van het grondwaterregiem wat minder groot wordt.

9. Bij een toename van de infiltratiewinningsactiviteiten infiltratiegebieden uitbreiden of intensiveren in plaats van over te gaan tot het aanleggen van nieuwe infiltratiegebieden in duinterreinen die nog niet door infiltratieactiviteiten zijn aangetast.

10. Infiltratiegebieden zodanig construeren dat geen infiltratiewater naar het omringende duingebied 'ontsnapt'. Hiermee wordt voorkomen dat ook in het omringende duingebied grondwater en bodem worden verontreinigd.

11. Infiltratiewinningssystemen ontwikkelen die het via persputten mogelijk maken deze activiteit in de ondergrond uit te voeren. Liefst zodanig dat het freatisch water door een moeilijk doorlatende laag van dit diepere pakket is gescheiden.

12. Zie voorgaande punten 6 en 7.

Hierbij kan het volgende nog worden opgemerkt. Het opgepompte infiltratiewater is, ondanks de stoffen die in het duinmassief zijn achtergebleven, nog in aanzienlijke mate verontreinigd. Dit water wordt via fysisch-chemische of biologische weg gezuiverd. Daarbij komen in de vorm van spoelwater, slib of schraapsel, afvalstoffen vrij die zeer hoge concentraties verontreinigingen bevatten. Nog steeds wordt dit spoelwater, slib of schraapsel in de duinen geloosd, zodat uiteindelijk alle stoffen die via het infiltratiewater worden aangevoerd, aangevuld met de stoffen die ter zuivering worden toegevoegd (actief koolpoeder bijvoorbeeld) en slechts uitgezonderd datgene dat via het drinkwater wordt aangevoerd, in het duingebied achterblijven. In een enkel geval wordt het opgepompte infiltratiewater naar een zuiveringsgebouw elders in de duinen getransporteerd, zodat op een plek die vele kilometers van het eigenlijke infiltratiegebied afligt een geconcentreerde lozing van stoffen die met het infiltratiewater worden meegevoerd plaatsvindt, met sterke verontreiniging van bodem en grondwater in een groot gebied in de omgeving van zo'n zuiveringsgebouw als gevolg.

Tot slot moet erop gewezen worden dat wanneer men, ondanks de grote ecologische bezwaren, besluit tot uitbreiding van de te winnen hoeveelheden water, uitbreiding van bestaande infiltratiewinningsgebieden vaak de voorkeur verdient boven uitbreiding van de winning van natuurlijk grondwater.

Zo is het voor te stellen dat men, in plaats van het aanleggen van een infiltratiegebied, op Schouwen de watervoorziening verzorgd had door de infiltratie op Goeree uit te breiden en dit water naar Schouwen te transporteren.

Min of meer hetzelfde geldt, wanneer men door een relatief geringe uitbreiding van de infiltratiecapaciteit in een gebied kan bewerkstelligen, dat elders, in een gebied waar slechts winning van natuurlijk duinwater plaatsvindt, deze winning zodanig vermindert kan worden, dat daar weer vochtige valleien ontstaan.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Algemeen

De in de volgende paragrafen geformuleerde conclusies en aanbevelingen berusten op inzichten die grotendeels in dit rapport vermeld staan, maar ten dele ook uit het basisrapport afkomstig zijn. Bij concrete besluitvorming is het dan ook noodzakelijk het basisrapport te raadplegen, terwijl doelgerichte adviezen bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum kunnen worden ingewonnen.

Bij de presentatie is een onderverdeling gemaakt in algemene conclusies, aanbevelingen ten behoeve van beleid en beheer en aanbevelingen ten aanzien van toekomstig onderzoek.

### 6.2 Conclusies

#### Algemeen

- Zowel in geomorfologisch als ecologisch opzicht vormen de duinen één van de gaafste landschappen van Nederland.
- De Nederlandse duinen zijn zeer rijk aan valleien. Vochtige valleimilieus, inclusief de duinmeren, komen nog in allerlei vormen voor. De kwalitatieve en kwantitatieve achteruitgang van dit milieutype in de laatste anderhalve eeuw is echter onrustbarend.
- Sinds 1850 hebben zich talloze veranderingen voorgedaan in het Nederlandse duingebied. Hoewel sommige van deze veranderingen door een natuurlijke oorzaak tot stand zijn gekomen, is het toch vooral de mens geweest die voor de meeste van deze veranderingen gezorgd heeft. In tabel 10 is een overzicht gegeven van deze veranderingen. De oorzaken van de veranderingen en de oppervlakte duingebied waarin zo'n verandering heeft plaatsgevonden zijn eveneens opgenomen.

#### Klimaat

- Het klimaat is gedurende de afgelopen twee eeuwen niet zodanig veranderd dat de verdroging van valleien hiermee, ook niet ten dele, verklaard kan worden.
- Vochtige valleien hebben een gematigder microklimaat dan droge of verdroogde.
- Wanneer in een verdroogde vallei bos of struweel aanwezig is, is het microklimaat er minder droog dan in een lage kruidenvegetatie. Dit heeft tot gevolg dat freatofyten zich bij grondwaterstands daling onder bos of struweel langer handhaven dan elders.

Tabel 10. 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).

Verandering	Oorzaak	Ha	%
Verdwenen duingebied <sup>1</sup>	Kustafslag	2000	5
Oorspronkelijk karakter 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%).

## Kustprocessen

- Kustafslag is een proces dat zowel door natuurlijke oorzaken als door menselijke invloeden bepaald kan worden. Op het ogenblik is dit laatste in aanzienlijke mate het geval. Naast direct verlies van duingebied heeft kustafslag tevens grondwaterstands daling in het achterliggende duingebied tot gevolg.
- Kustverdediging met behulp van strandhoofden betekent een vermindering en géén stopzetting van kustafslag. Vaak zijn aangrenzende, onbeschermdde kustgedeelten aan versterkte erosie onderhevig.
- Havenhoofden, afsluitdammen en andere kunstwerken (b.v. de Maasvlakte) verstoren de kustprocessen. Vaak treedt in de nabijheid van de kunstwerken kustaangroei op, doch op wat grotere afstand kustafslag.
- De aanleg van de Deltawerken in zuidwest Nederland doet aldaar op de zeer lange duur de natuurlijke dynamiek met periodieke kustaangroei en -afslag verminderen. Op middellange termijn is kustaanwas bij de dammen te verwachten en versnelde afslag bij de koppen der eilanden.
- In veel gevallen gaat kustafslag gepaard met de verplaatsing van de zeereep landinwaarts en het volstuiven van achterliggende valleien.

## Geomorfologie

- De ontstaanswijze van valleien brengt met zich mee dat deze, door de aanwezigheid van het grondwater dicht onder of boven het maaiveld van nature bijna altijd vochtig zijn.
- Het volstuiven van valleien is in de afgelopen anderhalve eeuw nauwelijks van invloed geweest op het verdrogen van valleien. Wel kunnen kleine valleien en valleien die direct achter een afslagkust gelegen zijn door verstuiwingen van omringende duinruggen zijn volgestoven en daardoor droger geworden zijn.
- In het verleden heeft de mens, via aanleg van stuifdijken, een belangrijke rol gespeeld bij de vorming van afgesnoerde strandvlakten. De ecologische diversiteit wordt echter veelal vergroot wanneer men de processen van afsnoering zo natuurlijk mogelijk laat verlopen. Een snelle kunstmatige afsluiting met zand- of stuifdijken heeft een tegengesteld effect.
- De natuurlijke dynamiek, waarbij de duinen zich sinds hun ontstaan in geomorfologisch en bodemkundig opzicht konden 'verjongen' door verstuiwingen, is sinds de grootschalige vastlegging na 1850 in grote delen van het gebied verloren gegaan.

## Hydrologie

- In natuurlijke vochtige duinvalleien ligt het grondwateroppervlak 's zomers maximaal 1 m onder maaiveld en komt het elke, of bijna elke winter in een groot deel van de valleien boven het maaiveld. Het seizoensfluctuatietraject bedraagt er 0,4 à 0,7 m, terwijl de gemiddelde jaarstand in de loop der jaren 0,6 à 0,8 m fluctueert. Kortdurende fluctuaties komen slechts voor onder invloed van buien. Het grondwater is, met uitzondering van kalkbestanddelen, arm aan opgeloste stoffen en heeft een stroomsnelheid van 0,1 à 0,2 m/dag.
- Grondwaterstands daling, verandering van het fluctuatietraject en/of de stroomsnelheid van het grondwater of toename van het gehalte aan plantenvoedingsstoffen of stoffen die schadelijk of giftig zijn voor planten in het grondwater, hebben in de afgelopen anderhalve eeuw, zowel in kwalitatief als kwantitatief opzicht voor een sterke achteruitgang van het vochtige valleimilieu gezorgd.
- In praktisch het gehele Nederlandse duingebied is de grondwaterstand in meerdere of mindere mate gedaald, waardoor vochtige valleien meer of minder sterk verdroogd zijn. Slechts in duingebieden waar een sterke kustaangroei heeft plaatsgevonden is de grondwaterstand gestegen. De daling van de grondwaterstand wordt veroorzaakt door één of meer van de volgende factoren:
  - . waterwinning;
  - . toegenomen verdamping door naaldbosaanleg alsook door de natuurlijke vegetatieontwikkeling van lage duinbegroeiing naar struweel en bos;
  - . kustafslag;
  - . afgraving aan de binnenduinstrand, waarbij de grondwateropbolling is 'aangesneden';
  - . oppervlakte-ontwatering;
  - . polderpeilverlaging in nabijgelegen polders;
- Verandering van het fluctuatietraject en de stroomsnelheid van het grondwater vindt hoofdzakelijk plaats onder invloed van menselijke activiteiten als:

- . waterwinning;
  - . infiltratie;
  - . fluctuaties van het peil van aan het duinmassief grenzende polders;
  - . bronbemaling.
- Toename van het gehalte aan plantenvoedingsstoffen of schadelijke c.q. giftige stoffen is het gevolg van menselijke activiteiten zoals:
- . infiltratie;
  - . lozing rioolwater, effluent zuiveringsinstallaties of spoelwater van de waterleidingbedrijven;
  - . storten van afval, schraapsel en slib van bezinkingsbassins;
  - . bemesting en het gebruik van bestrijdingsmiddelen.
- Door het vastleggen van het duingebied, speciaal wanneer dit met naaldbos gebeurt, neemt de verdamping soms sterk toe en wordt verdroging in de hand gewerkt. Bovendien wordt door het vastleggen van de duinen voorkomen dat verdroogde valleien door hernieuwde uitstuiwing weer vochtig worden, iets wat vroeger in een situatie waarbij de duinen veel minder waren vastgelegd veel frequenter plaatsvond.

#### Bodem

- Verzuring van een bodem kan pas optreden als het kalkgehalte tot minder dan 0,3% gedaald is, boven deze waarde is een bodem 'gebufferd' tegen verzuring.
- Verstoring van het bodemprofiel en in veel gevallen de verdroging van bodems resulteren in versnelde mineralisatie van de organische stof en derhalve in een verhoogd voedingsstoffenaanbod.

#### Vegetatie

- In floristisch en vegetatiekundig opzicht behoren vochtige duinvalleien tot de rijkste milieus der duinen.
- Grondwaterregiem en grondwaterkwaliteit vormen de belangrijkste milieufactoren (zgn. masterfactors) voor duinvalleivegetaties.
- Menselijke activiteiten zoals extensieve betreding, extensieve beweiding, lokale ondiepe uitgravingen, regelmatig plaggen en maaien hebben op veel plaatsen geleid tot een verrijking van duinvalleivegetaties. De meeste andere menselijke activiteiten hebben een verarming tot gevolg gehad.

### **6.3 Aanbevelingen ten behoeve van beleid en beheer**

In bijlage 1 is van een groot aantal menselijke activiteiten aangegeven hoe de negatieve effecten ervan beperkt kunnen worden. In onderstaande aanbevelingen zijn slechts de belangrijkste maatregelen naar voren gebracht; voor een meer gedetailleerd beeld wordt naar de bovengenoemde bijlage alsmede naar hoofdstuk 4 verwezen.

## Algemeen

Het verdient vanuit het oogpunt van natuurbehoud aanbeveling de volgende menselijke activiteiten, die onvermijdelijke negatieve effecten met zich meebrengen, uit het duingebied en haar directe omgeving te beëindigen ofwel verdere uitbreiding en/of intensivering tegen te gaan.

- Industrievestiging en industriële activiteiten.
- Aanleg en gebruik van wegen, leidingen, parkeerplaatsen, gas- en oliewinningen (boringen).
- Storten of lozen van afval, zoals bij vuilstorten en lozing van effluent van waterzuiveringsinstallaties, rioolwater, spoelwater van waterleidingbedrijven.
- Stedelijke en open bebouwing, zoals bungalowparken en campings.
- Infiltratie van oppervlaktewater ten behoeve van de waterwinning.
- Waterwinning.
- Het uitvoeren van diepe uitgravingen (dieper dan 1 m onder het wateroppervlak).
- Het uitdiepen van de zeebodem direct voor de kust.
- Het ontginnen van valleien ten behoeve van de landbouw.
- Intensief gebruik van bestaande bouw- en weilanden.
- Het aanplanten van bos in de duinen.
- Het verlagen van het polderpeil van de achter het duinmassief gelegen polders.
- Het aanleggen van ontwateringssloten.

## Kustprocessen

- Bij kustafslag verdient zandsuppletie op het strand de voorkeur, mits daarbij met duinzand overeenkomend materiaal wordt gebruikt en de zandwinning elders geen schade toebrengt.
- Indien bij kustafslag de zeereep landinwaarts wordt gebracht, dient dit zorgvuldig te worden begeleid via het plaatsen van schermen en helmaanplant, zodat valleien niet onnodig volstuiven.
- Bij verplaatsing van de zeereep kan het nuttig zijn de achterliggende, veelal verdrogende valleien uit te diepen.
- De aanleg van secundaire waterkeringen dient waar mogelijk vermeden te worden. Indien uitvoering toch noodzakelijk blijkt, dan is aanpassing van ligging, vorm en materiaal naar de bestaande structuren noodzakelijk.
- In sommige gebieden met kustafslag kan, waar bestaande waarden en het aspect van zeevering dit toestaan, doorbraak van de zeevering worden toegelaten en de vorming van 'sluffers' worden gestimuleerd. Grote, laaggelegen valleien komen hiervoor in aanmerking.

## Geomorfologie

- Verstuiwingen dienen bij voorkeur in verdroogde of bodemkundig genivelleerde gebieden met natuurlijk grondwaterregiem en -kwaliteit plaats te vinden. Zij moeten van voldoende formaat zijn om uitstuiwing tot nabij het grondwater op te leveren. Het vastleggen dient daarna gespreid in de tijd plaats te vinden en bij voorkeur tot de droge hellingen beperkt

te blijven. Met bestaande geomorfologische waarden dient rekening te worden gehouden. Met name duinruggen langs kwetsbare, waardevolle valleitjes dienen tegen hellingerosie beschermd te worden. Instuivend zand of afgespoeld hellingmateriaal kan het vochtige valleimilieu bedreigen.

#### Hydrologie

- Niet verontreinigd neerslagwater dient aan de duinen ten goede te komen en niet via bijvoorbeeld riolerings afgevoerd te worden.
- Oppervlakte-ontwatering dient zoveel mogelijk te worden stopgezet, bij voorkeur door het dichten of anders door het stuwen van sloten. De maatregel kan het best ineens worden uitgevoerd en met maaien of kappen van weer vochtig wordende valleien begeleid worden.
- Het aanleggen van naaldbossen dient, vooral in de valleien, vermeden te worden. Bestaande naaldbossen dienen, waar mogelijk, gekapt ofwel door loofbos vervangen te worden. Dit geldt speciaal voor de valleien wanneer naaldbomen voorkomen in een gebied waar het grondwateroppervlak zich minder dan 4 m onder het maaiveld bevindt

#### Vegetatie

- Struweelontwikkeling in snel 'dichtgroeïende' vochtige valleien dient te worden tegengegaan en het behoud van lage valleivegetaties dient te worden bevorderd door kappen en maaien of, bij voorkeur, door extensief beweiden. Gekapt of gemaaid materiaal dient te worden afgevoerd.
- Bemesting met kunstmest en het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de duinen dient te worden stopgezet.
- Voormalige akkers of weilanden dienen verschaald te worden, bij voorkeur door extensieve beweidingen en eventueel door middel van maaien. Soms is uitstuiwing of uitgraving gewenst.
- Inwendige natuurbeheersmaatregelen zoals maaien, kappen, plaggen en extensief beweiden, dienen ruimtelijk gespreid en in de tijd (per plek) constant te zijn. Afvoer van het materiaal is noodzakelijk. De toepassing van deze maatregelen is noodzakelijk voor het behoud ofwel het vergroten van de ecologische variatie in de duinen.

### **6.4 Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek**

#### Landschapsecologisch

- Nader onderzoek naar processen in het landschap (standplaatsanalyse) is noodzakelijk. Kennis van bijvoorbeeld de voedingsstoffenkringloop en de kringloop van het water vergroot het inzicht in het functioneren van ecosystemen in het algemeen en die van de duinen in het bijzonder. Hiermee kunnen ook de landschapstypen zoals onderscheiden op de landschapsecologische kaart beter gekarakteriseerd worden, wat het mogelijk maakt de effecten van menselijke activiteiten in de verschillende landschapstypen beter te beoordelen.

- Nader onderzoek naar de effecten van grondwaterstands­daling en wijziging van het fluctuatietraject op de bodem en bodem­processen is noodzakelijk. Dit om de wijzigingen in de vegetatie tengevolge van deze veranderings­processen beter te begrijpen en om de regeneratiemogelijkheden beter te kunnen beoordelen.
- Nader onderzoek naar de invloed van de luchtverontreiniging op grondwater, bodem, planten en dieren is zeer gewenst; vooral vergelijkend onderzoek in proefvlakken in overeen­komstige min of meer ongestoorde vegetatietypen in de verschillende delen van het land (bijvoorbeeld korstmossenrijke duingras­landen). Dit zowel op één moment als in de loop der tijd, gecombineerd met analyses van lucht, neerslag, grondwater, bodem en fauna. Dit kan aangevuld worden met laboratorium­experimenten.
- Nader onderzoek en experimenten met betrekking tot regeneratiemogelijkheden van ge­genereerde terreinen is wenselijk.

#### Waterwinning, waterzuivering en opslag van water

Onderzoek naar mogelijkheden om de hoeveelheid water die in of via het duinmassief ge­wonnen, gezuiverd of opgeslagen wordt te verminderen is zeer gewenst. Hierbij valt te denken aan:

- Beperking van het waterverbruik zowel in directe zin als ook door hergebruik van water en watervoorziening met verschillende waterkwaliteiten.
- Zuivering en opslag van water via andere methoden of in minder kwetsbare en waardevolle gebieden buiten het duingebied. Hierbij valt te denken aan de volgende mogelijkheden:
  - . fysisch-chemische zuivering;
  - . hyperfiltratie;
  - . oeverfiltratie langs binnenwater, sloten, kanalen en plassen;
  - . infiltratiewinningssystemen dieper in de ondergrond, ook buiten het duingebied;
  - . opslag van water in grote plassen of in binnenmeren (IJsselmeer).

# Bijlage 1A Effecten van natuurlijke veranderingsprocessen

## *Ten geleide*

In deze bijlage worden de effecten van enkele belangrijke natuurlijke veranderingsprocessen besproken. Bij deze bespreking wordt van een natuurlijke, ongestoorde, beginsituatie uitgegaan. Zo wordt er bijvoorbeeld bij de bespreking van de effecten van grondwaterstands daling vanuit gegaan dat zich voordien nog geen daling heeft voorgedaan en het grondwater zich in de valleien dus in de nabijheid van het maaiveld bevindt. Overigens wordt in hoofdstuk 3 dieper ingegaan op de werking van natuurlijke veranderingsprocessen, hun oorzaken en gevolgen. In deze bijlagen zijn geen literatuurverwijzingen opgenomen, de gegevens zijn in hun geheel ontleend aan het basisrapport, waar ook de achterliggende literatuur te vinden is. Bij de bespreking van de effecten van de verschillende natuurlijke veranderingsprocessen wordt het volgende model gehanteerd.

*Titel* Naam van het veranderingsproces.

*Algemeen* Omschrijving en algemene opmerkingen.

*Natuurlijke oorzaken* Aangegeven wordt onder invloed van welke natuurlijke oorzaken een veranderingsproces op gang kan komen. De cursieve zetwijze + volgend nummer van zo'n oorzaak duidt erop dat de oorzaak een veranderingsproces is, dat elders in deze bijlage 1A besproken wordt. Het nummer achter zo'n cursief gezette oorzaak correspondeert met het nummer van het betreffende veranderingsproces elders in deze bijlage 1A.

*Menselijke beïnvloeding* Aangegeven wordt welke menselijke activiteiten het onderhavige veranderingsproces 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 duidt erop dat zo'n activiteit in bijlage IB 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 termijn-effecten worden die effecten verstaan die tijdens of vlak na het eindigen van het veranderingsproces optreden en onder lange termijn-effecten degene die enige tijd (enige jaren) na het eindigen van het veranderingsproces optreden. Ook hier

wijst cursieve zetwijze + volgend nummer naar een veranderingsproces elders in deze bijlage. 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 is het op wat grotere schaal en wat langere termijn bekeken meestal zo dat natuurlijke veranderingsprocessen als positief beschouwd kunnen worden. 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 verstuingen) 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 zal in bijlage IB worden teruggekomen.

Tenslotte wordt nog opgemerkt dat ook bij het totaal effect op de vegetatie, cursieve zetwijze + volgend nummer verwijst naar overeenkomstige effecten als bij een veranderingsproces elders in deze bijlage.

## ***Inhoud bijlage IA***

I	Klimaat	
	A <i>Klimaatverandering</i>	(1)
II	Kustprocessen	
	A Verandering van de ligging van de duinvoet	
	<i>Duinaangroei</i>	(2)
	<i>Duinafslag</i>	(3)
III	Geomorfologie	
	A Verandering van duinbreedte	
	<i>Toename duinbreedte</i>	(4)
	<i>Afname duinbreedte</i>	(5)
	B Verandering van maaiveldhoogte	
	<i>Verhoging maaiveld</i>	(6)
	<i>Verlaging maaiveld</i>	(7)

IV	Grondwater	
	A Verandering gemiddelde grondwaterstand	
	<i>Grondwaterstandsstijging</i>	(8)
	<i>Grondwaterstandsval</i>	(9)
	B Verandering fluctuatietraject	
	<i>Toename fluctuatietraject</i>	(10)
	<i>Afname fluctuatietraject</i>	(11)
	C <i>Toename voedselgehalte grondwater</i>	(12)
V	Bodem	
	A <i>Ontkalking van de bodem</i>	(13)
	B Verandering organisch stofgehalte	
	<i>Toename organisch stofgehalte</i>	(14)
	<i>Afname organisch stofgehalte</i>	(15)
	C Verandering voedselrijkdom	
	<i>Voedselverrijking</i>	(16)
	<i>Voedselverarming</i>	(17)
VI	Plantengroei	
	A Verandering in levende biomassa/hoogte van de vegetatie	
	<i>Toename</i>	(18)
	<i>Afname</i>	(19)
VII	Dierenleven	
	A Verandering in levende biomassa fauna	
	<i>Toename</i>	(20)
	<i>Afname</i>	(21)

## I K l i m a a t

### A (1) *Klimaatverandering*

#### Algemeen

Onder een klimaatverandering verstaan we een duidelijke verandering in één of meerdere factoren die voor het klimaat van belang zijn zoals bijv.: temperatuur, wind, neerslag, aantal uren zonneschijn etc.

#### Natuurlijke oorzaken

Klimaatveranderingen hebben in het verleden veelvuldig plaatsgevonden. De oorzaken zijn onbekend, maar zijn waarschijnlijk overwegend van natuurlijke aard geweest.

#### Menselijke beïnvloeding

De laatste decennia oefent de mens in toenemende mate via thermische en *luchtverontreiniging* (22) invloed uit. Mogelijk brengt dit in de nabije toekomst belangrijke klimaatveranderingen met zich mee.

#### Effecten

De gevolgen van een klimaatverandering zijn groot en grootschalig. Er wordt invloed uitgeoefend op alle componenten van het landschap, wat tot ingrijpende en nauwelijks te overziene veranderingen leidt.

## II K u s t p r o c e s s e n

### A VERANDERING VAN DE LIGGING VAN DE DUINVOET

#### Algemeen

- Er wordt onderscheid gemaakt in de duinaangroei en duinafslag.
- Duinaangroei: zeewaartse verplaatsing van de duinvoet.
  - Duinafslag: landwaartse verplaatsing van de duinvoet.

#### (2) *Duinaangroei*

#### (3) *Duinafslag*

#### Natuurlijke oorzaken

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Strandverbreding door kustaangroei of strandverhoging.</li><li>- Verlaagde stormvloedfrequentie</li><li>- Toename zandaanvoer via transport met de wind</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Strandversmalling door kustafslag of strandverlaging.</li><li>- Verhoogde stormvloedfrequentie.</li><li>- Afname zandaanvoer via transport met de wind</li></ul> |
|---|--|

## Menselijke beïnvloeding

- Stuifdijkaanleg, opspuiten van terrein (zandsuppletie), aanleg van dammen loodrecht op de kust en afsluitdijken (aangroei veelal in directe omgeving der werken).

- Uitdiepen van de zee nabij de kust (zandwinning!), aanleg van dammen loodrecht op de kust en afsluitdijken (afslag veelal op enige afstand van de werken).

- Landinwaarts laten rollen van de zee-reep, of naar binnen schuiven met bulldozers.

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

- Vorming nieuw duinterrein.
- Verandering (micro)klimaat vooral in zone direct achter oude zeereep, zoals vermindering gemiddelde windsnelheid en afname zoutaanvoer
- *Grondwaterstandsstijging (8)*  
Vooral in zone direct achter oude zeereep.

- Verlies duinterrein.
- Verandering (micro)klimaat vooral in zone direct achter nieuwe zeereep, door toename gemiddelde windsnelheid en zoutaanvoer.
- *Grondwaterstands daling (9)*  
Vooral in zone direct achter nieuwe zeereep.
- Soms *verhoging maaiveld (6)* van valleien direct achter de zeereep door overstuiving

## Totaal effect op de vegetatie (vooral m.b.t. die van de valleien)

- In oorspronkelijk duinmassief vaak *toename levende biomassa/hoogte van de vegetatie (18)*, versnelde struwel- of bosontwikkeling. Vooral in zone achter oude zeereep.
- In nieuw gebied vaak ontwikkeling vochtige valleivegetaties.
- Over het algemeen verrijking.

- Veelal *afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19)* achter de nieuwe zeereep.
- Verlies duinvalleivegetaties door verlies duinterrein.
- Over het algemeen verarming.

## Opmerking

Negatieve effecten kunnen in sterke mate worden beperkt of gecompenseerd door *maaien/kappen (41)* en *afplaggen (42)* in valleien waar verrijking optreedt.

Negatieve effecten kunnen in sterke mate worden beperkt of gecompenseerd door *laten stuiven (45)* van de duinen, *afgraven (36)* en *afplaggen (42)* in valleien waar verdroging en/of verrijking optreedt.

### III Geomorfologie

#### A VERANDERING VAN DE DUINBREEDTE

##### Algemeen

Onder verandering van duinbreedte wordt hier een verandering van de afstand tussen de duinvoet en de binnenduinrand verstaan.

##### **(4) Toename duinbreedte**

##### **(5) Afname duinbreedte**

##### Natuurlijke oorzaken

- *Duinaangroei* (2)
- Stuiven van duinen over het achterliggende land.
- *Duinafslag* (3)

##### Menselijke beïnvloeding

- Stimuleren *duinaangroei* (2)
- Opspuiten terrein langs de kust of aan de binnenduinrand.
- Veroorzaken *duinafslag* (3)
- Afgraven binnenduinrand.

##### Direct effect op abiotisch milieu

- *Grondwaterstandsstijging* (8), vooral in een zone nabij de plaats waar de verandering aangrijpt.
- Ontstaan nieuw duinterrein.
- Bij *duinaangroei* (2) soortgelijke effecten als daar besproken.
- *Grondwaterstands daling* (9), vooral in een zone nabij de plaats waar de verandering aangrijpt.
- Verlies duinterrein.
- Bij *duinafslag* (3) soortgelijke effecten als daar besproken.

##### Totaal effect op de vegetatie (vooral m.b.t. die van de valleien)

- Over het algemeen verrijking.
- In nieuw duingebied vaak ontwikkeling vochtige valleivegetaties.
- Bij *duinaangroei* (2) soortgelijke effecten als daar besproken.
- Over het algemeen verarming.
- Soortgelijke effecten als bij *duinafslag* (3).

#### B VERANDERING MAAIVELDHOOGTE

##### Algemeen

Onder verandering van de maaiveldhoogte wordt hier een verandering van de ligging van de valleibodem ten opzichte van een vast referentieniveau (NAP) verstaan.

## **(6) Verhoging maaiveld**

Natuurlijke oorzaak

- Volstuiven.

Menselijke beïnvloeding

- *Ophogen (34)* met zand van natuurlijke samenstelling.

Direct effect op abiotisch milieu

- Vergroting afstand maaiveld tot grondwater
- Veelal afname microreliëf.
- Begraven bodemprofiel.
- Bij bedelving humeuze bodem op korte termijn soms eutrofiëring.

Totaal effect op de vegetatie

- *Afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19)*.
- Oorspronkelijke vegetatie bedolven, successie uit de xeroserie kan op gang komen.
- Veelal verarming, soms, in samenhang met uitstuiven, verrijking.

## **(7) Verlaging maaiveld**

- Uitstuiven.

- *Afgraven (36), afplaggen (42)*.

- Verkleining afstand maaiveld tot grondwater. Vooral bij uitstuiven grote kans dat vochtige valleien ontstaan.

- Onthoofding bodemprofiel.
- Bij verdwijnen humeuze bovenlaag afvoer van voedingsstoffen.

- *Afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19)*.
- Bij voldoende grote verlaging kan successie uit hygroserie op gang komen.
- Na verloop van tijd veelal verrijking.

## **IV Grondwater**

### **A VERANDERING GEMIDDELDE GRONDWATERSTAND**

Algemeen

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

- Grondwaterstandsstijging: stijging van deze gemiddelde waarde.
- Grondwaterstands daling : daling van deze gemiddelde waarde.

### **(8) Grondwaterstandsstijging**

Natuurlijke oorzaken

- *Toename duinbreedte (4)*.
  - *Klimaatsverandering (1)*
- toename neerslag, afname verdamping.

### **(9) Grondwaterstands daling**

- *Afname duinbreedte (5)*.
  - *Klimaatsverandering (1)*
- afname neerslag, toename verdamping.

- Afname verdamping door verandering plantengroei.
- Kustprocessen: ondieper worden van stroomgeulen.

- Toename verdamping door verandering plantengroei.
- Kustprocessen: dieper worden van de zeebodem.

#### Menselijke beïnvloeding

- Stimuleren *toename duinbreedte (4)*.
- Belemmeren oppervlakte-ontwatering, plaatsen van stuwen in sloten e.d.
- Ondieper maken van de zee door zand-suppletie.
- *Polderpeilverhoging (38)*
- Bevorderen *afname levende biomassa/ hoogte van de vegetatie (19)* (kappen naaldhoutbestand).
- Stoppen *waterwinning (32)*.
- Starten *infiltratie (31)*.

- Stimuleren *afname duinbreedte (5)*.
- Stimuleren oppervlakte-ontwatering door slootaanleg e.d.
- Uitdiepen van de zee t.b.v. zandwinning.
- *Polderpeilverlaging (37)*
- Bevorderen *toename levende biomassa/ hoogte van de vegetatie (18)* (beplanten duinen, vooral met naaldhoutsoorten).
- Starten of intensiveren *waterwinning (32)*.
- 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 dagelijks en jaarlijkse temperatuursamplitude bovenste bodem- en onderste luchtlagen.
- Mogelijk ontstaan van duinmeren en dan *verkleining fluctuatietraject (11)*.
- Toename kwelverschijnselen nabij binnenduinrand waardoor aanvankelijk enige eutrofiëring mogelijk is.
- Soms ook elders, op korte termijn eutrofiëring.
- Bij permanente verzadiging bodem met grondwater *toename organisch stofgehalte (14)* van de bodem.

- Tegengesteld effect op temperatuursamplitude als bij grondwaterstandsverhoging. Toename nachtvorsten en hogere temperaturen overdag.
- Mogelijk verdwijnen duinmeren en dan *toename fluctuatietraject (10)*.
- Afname kwelverschijnselen.
- In neutraal-basische bodem veelal eutrofiëring.
- *Afname organisch stofgehalte (15)* van de bodem door versterkte mineralisatie.
- In zure bodem 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)

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Afname levende biomassa (19)</i></li><li>op korte termijn.</li><li>- Op den duur echter vaak <i>toename levende biomassa (18)</i>.</li><li>- Plaatselijk afsterven vegetatie door verdrinking wortels.</li><li>- Na verloop van tijd veelal verrijking van de oorspronkelijke vegetatie.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Afname levende biomassa (19)</i>.</li><br/><li>- Plaatselijk afsterven vegetatie door verdroging.</li><li>- Veelal verarming van de oorspronkelijke vegetatie. Vooral water- en grondwaterplanten verdwijnen.</li></ul> |
|---|--|

#### 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 fluctuatie wordt de verticale beweging van het grondwater verstaan. In een situatie zonder direct menselijk ingrijpen in de grondwaterhuishouding kunnen de volgende fluctuaties onderscheiden worden: Jaarfluctuaties (0,6 à 0,8 m), die ontstaan door natte en droge jaren; seizoensfluctuaties (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).
- *Afname fluctuatietraject*: afname van de grootte (hogere zomer- en/of lagere winterstanden).

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

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Klimaatsverandering (1)</i>, grotere variaties in neerslag- en/of verdampingshoeveelheden in de tijd.</li><li>- <i>Toename levende biomassa/hogte vegetatie (18)</i>, waardoor toename verdamping in de zomer.</li><li>- Verdwijnen c.q. afname van oppervlakte open water, ('open-water effect').</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Klimaatsverandering (1)</i>, kleinere variaties in neerslag- en/of verdampingshoeveelheden in de tijd.</li><li>- <i>Afname levende biomassa/hogte vegetatie (19)</i>, waardoor afname verdamping in de zomer.</li><li>- Ontstaan c.q. toename van oppervlakte open water, ('open-water effect').</li></ul> |
|---|---|

## Menselijke beïnvloeding

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

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

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

### Natuurlijke oorzaken

- 'Sea-spray', aanvoer door de lucht vanuit de 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.

## **V B o d e m**

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

#### Algemeen

Onder ontkalking wordt verstaan, het in oplossing gaan en het uitspoelen van kalk dat in het duinzand aanwezig is.

#### Natuurlijke oorzaken

- Uitspoeling via doorsijpelend water afkomstig van de neerslag waarin humuszuren en uitscheidingsprodukten van planten en dieren zijn opgelost.

#### Menselijke beïnvloeding

De mens vergroot de snelheid van ontkalking door:

- Verlaging van de pH van de neerslag door *luchtverontreiniging (22)*.
- Stimuleren vrijkomen humuszuren door extra aanvoer organische stof.
- Aanplant van o.a. dennenbos (zure humus).
- Menging van kalkrijk zand met humeus materiaal.
- Mogelijk remming ontkalkingsnelheid door afvoer organisch materiaal. Bij *afplagen (42)* en bij *maaien/kappen (41)*.

#### Direct effect op abiotisch milieu

Het effect van ontkalking hangt sterk van de uitgangssituatie af. In een kalkrijk gebied (kalkgehalte > 1,5 à 2%) heeft ontkalking aanvankelijk weinig effect. Soms, bij zeer hoge kalkgehaltenes in de uitgangssituatie, kunnen sommige ionen gefixeerd worden door overmaat aan Ca-ionen. Bij ontkalking kunnen deze dan beschikbaar komen. Wanneer kalkgehalte daalt tot beneden 0,3% dan daalt ook de pH sterk en treedt verzuring van de bodem op, wat ophoping van organisch materiaal met zich mee kan brengen. In gebieden waar de uitgangssituatie kalkhoudend of kalkarm is, treedt de verzuring en de ophoping van organisch materiaal veel eerder op dan in (zeer) kalkrijke situaties.

#### Totaal effect op de vegetatie

In kalkrijke uitgangssituatie aanvankelijk weinig effect. Bij verzuring verdwijnen kalkminnende soorten en verschijnen soorten die zijn aangepast aan zuur milieu.

### B VERANDERING ORGANISCH STOFGEHALTE

#### Algemeen

Onder het organisch stofgehalte van de bodem wordt verstaan het gehalte aan organische verbindingen van plantaardige en dierlijke herkomst in alle stadia van afbraak. Organische stof van plantaardige oorsprong bestaat uit dode planteresten, humus en alle tussengelegen afbraakstadia.

#### **(14) Toename organisch stofgehalte**

##### Natuurlijke oorzaken

- Verschuiving van de verhouding aanvoer/afbraak organisch materiaal ten gunste van de aanvoer door:
- Toename aanvoer doodt organisch materiaal, door verhoging produktiviteit of afsterving van een deel van de vegetatie.
- Aanvoer organisch materiaal door inspoeling vanaf helling of door aanspoelen langs de oever van een meer of langs de kust.
- Afname omzettingssnelheid organische stof door: *grondwaterstandsstijging (8)* in vochtige valleien, *afname fluctuatietraject (11)* bij natte tot vochtige bodem, *daling pH bodem door ont-kalking (13)*.

#### **(15) Afname organisch stofgehalte**

- Verschuiving van de verhouding aanvoer/afbraak organisch materiaal ten gunste van de afbraak door:
- Afname aanvoer doodt organisch materiaal door vermindering produktie.
- Toename omzettingssnelheid organische stof door: *grondwaterstandsstijging (8)* bij bodem die in uitgangspositie droog was, *grondwaterstands-daling (9)* bij bodem die nat was, *toename fluctuatietraject (10)* bij natte tot vochtige bodem.

### Menselijke beïnvloeding

- Vergroten aanvoer organische stof door niet afvoeren van materiaal bij *maaien/kappen (41)*.
- Stimuleren *ontkalking (13)*.
- Veroorzaken inspoeling door verwijderde vegetatie van omringende hellingen.
- Veroorzaken verandering grondwaterregiem.
- Afvoer organische stof door afvoer bomen, struiken en maaisel en *afplaggen (42)*.
- Stimuleren omzetting organisch materiaal door spitten, ploegen, bemesten bodem.
- Veroorzaken verandering grondwaterregiem.

### Direct effect op abiotisch milieu

- Vergroting poriënvolume van bodem.
- Stijging vochthoudend vermogen van bodem.
- Gematigder worden van het microklimaat.
- Mogelijk *voedselverrijking (16)* door grotere hoeveelheid organische stof; is echter afhankelijk van omzettingssnelheid.
- Afname poriënvolume van bodem.
- Afname vochthoudend vermogen van bodem.
- Extremer worden van het microklimaat.
- Op korte termijn *voedselverrijking (16)*.
- Op lange termijn *voedselverarming (17)*.

### Totaal effect op de vegetatie

- Zowel verarming als verrijking is mogelijk.
- Zowel verarming als verrijking is mogelijk.

## C VERANDERING VOEDSELRIJKDOM

### Algemeen

Met voedselrijkdom wordt bedoeld: het gehalte aan voedingsstoffen in bodem en bodemvocht dat voor planten beschikbaar is.

### **(16) Voedselverrijking**

#### Natuurlijke oorzaken

- Versterkte mineralisatie door *verandering grondwaterregiem (8, 9, 10, 11)*.
- Aanvoer via dieren (vogelkolonies!).

### Menselijke beïnvloeding

- Veroorzaken *toename voedselgehalte grondwater (12)*
- *Afval storten (27)*
- Veroorzaken versterking mineralisatie, bijv. door *verandering grondwaterregiem (8, 9, 10, 11)*.

### **(17) Voedselverarming**

- Uitspoeling met neerslagwater.

- Starten of intensiveren van *maaien/kappen (41)* waarbij maaisel, takken en stammen worden afgevoerd.

- *Omwerken van de bodem (35)*
- Starten of intensiveren bemesting.

- Starten of intensiveren van afvoer door beweiding (zonder extra bemesting) waarbij aanwas vee wordt afgevoerd.

Direct effect op abiotisch milieu

- *Toename voedselgehalte grondwater (12).*
- Stijging pH waardoor de snelheid van *ontkalking van de bodem (13)* minder wordt.

- Daling pH waardoor de snelheid van *ontkalking van de bodem (13)* groter wordt.

Totaal effect op de vegetatie

- *Toename levende biomassa/hoogte van de vegetatie (18).*
- In het algemeen verarming.

- *Afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19).*
- Bij geleidelijke niet al te grote voedselverarming treedt veelal verrijking op.

## VI Plantengroei

A VERANDERING IN LEVENDE BIOMASSA/HOOGTE VAN DE VEGETATIE

### ***(18) Toename levende biomassa/hoogte vegetatie***

Natuurlijke oorzaken

- *Klimaatsverandering (1).*
- Afname windsterkte en eventueel 'sea-spray', zoals bij *duinaangroei (2)*.
- Verhoging produktiviteit van de vegetatie, bijv. door betere vochtvoorziening of betere voedingsstoffenvoorziening.
- Successie van de vegetatie.
- Afname begrazing.

### ***(19) Afname levende biomassa/hoogte vegetatie***

- *Klimaatsverandering (1).*
- Toename windsterkte en 'sea-spray', zoals bijv. bij *duinafslag (3)*.
- Afsterven vegetatie bijv. door verandering in grondwaterregiem.
- Toename begrazing.

Menselijke beïnvloeding

- Aanplant struweel, bos.
- Stoppen of extensiveren *beweiding (40)*, *maaien/kappen (41)* en *afplaggen (42)*.
- Bemesting.

- Starten of intensiveren van *maaien/kappen (41)*, *beweiden (40)*, *branden (43)*, *betreding (recreatie (46))* en *platrijden* door voertuigen.

Direct effect op abiotisch milieu

- Verandering microklimaat. Vooral onder het vegetatiedek: minder licht, geringere schommelingen in temperatuur en luchtvochtigheid, lagere windsnelheid.
- Veelal toename poriënvolume van de bodem door beworteling.
- Veelal *grondwaterstandsaling* (9) door toename verdamping.
- Verandering voedingsstoffenhuishouding en *verandering* (veelal toename) *organisch stofgehalte bodem* (14, 15).

- Verandering microklimaat, in tegengestelde zin als bij toename levende biomassa/hoogte van de vegetatie.

- Veelal *grondwaterstandsstijging* (8) door afname van verdamping.
- Verandering voedingsstoffenhuishouding en *verandering* (*vermindering*) *organisch stofgehalte bodem* (14, 15).

Totaal effect op de vegetatie

- Zowel verarming als verrijking is mogelijk.

- idem

## VII Dierenleven

### A VERANDERING LEVENDE BIOMASSA FAUNA

#### (20) Toename biomassa fauna

Natuurlijke oorzaken

- Wegvallen predatoren, ziektes.
- *Verandering levende biomassa/hoogte vegetatie* (18 + 19).
- Toename oppervlakte open water t.g.v. *grondwaterstandsstijging* (8).

#### (21) Afname biomassa fauna

- Toename predatoren, ziektes.
- *Verandering levende biomassa/hoogte vegetatie* (18 + 19).
- Afname oppervlakte open water t.g.v. *grondwaterstandsaling* (9).

Menselijke beïnvloeding

- Verminderen afschot.
- Invoeren of intensiveren *beweiding* (40).
- Veroorzaken *toename levende biomassa/hoogte vegetatie* (18).
- Creëren open water (drinkpoelen e.d.).

- Vermeerderen afschot.
- Stoppen of extensiveren *beweiding* (40).
- Veroorzaken *afname levende biomassa/hoogte vegetatie* (19).
- Doen verdwijnen van open water (drinkpoelen e.d.).

Direct effect op abiotisch milieu

- Toename lokale bodemverdichting (vooral in valleien) en bodemerosie (vooral op duinruggen).

- Verandering voedingsstoffenhuishou-  
ding en *verandering organisch stofge-  
halte van de bodem (14, 15)*, o.a. her-  
verdeling van voedingsstoffen over het  
terrein+

- *Afname levende biomassa/hoogte van de  
vegetatie (19)*.

- Idem.

- *Toename levende biomassa/hoogte van de  
vegetatie (18)*.

Totaal effect op de vegetatie

- Zowel verarming als verrijking moge-  
lijk.

- Idem.

## **Bijlage 1B Effecten van menselijke activiteiten**

### ***Ten geleide***

Onder invloed van menselijke activiteiten hebben zich een groot aantal ingrijpende veranderingen in het duingebied voorgedaan. Deze veranderingen zijn vaak van een heel andere orde en grootte dan die tengevolge van natuurlijke veranderingsprocessen. Te denken valt aan het bebouwen van een duingebied met huizen en het bekleden van duin met een asfalt-bitumen-laag in het geval van de aanleg van wegen en parkeerplaatsen. Vaak treden bij deze menselijke activiteiten als neveneffecten natuurlijke veranderingsprocessen op. Zo brengt een vergraving vaak een aantasting van het reliëf teweeg die van nature nooit zal voorkomen. Verstuiving, dat een gevolg van een vergraving kan zijn, is echter een veranderingsproces dat ook van nature in de duinen voorkomt. Ook in bijlage IA is dit tot uiting gekomen, waar bij de oorzaken van het op gang komen van een natuurlijk veranderingsproces ook menselijke beïnvloeding is behandeld.

In deze bijlage komen de effecten van ingrepen in het kader van infrastructurele werken, zoals de aanleg van dijken, wegen, leidingen, industrievestiging, bebouwing, recreatie en mijnbouw (civieltechnische activiteiten), landbouw en bosbouw (cultuurtechnische activiteiten) en natuurbescherming (natuurtechnische activiteiten) aan de orde.

Bij de bespreking worden de effecten die bij de verschillende activiteiten optreden in de aanlegfase, bij het in gebruik nemen of bij het intensiveren van het gebruik, samen genomen. De effecten die optreden bij het staken of extensiveren van een activiteit zijn niet opgenomen, vaak zijn deze tegengesteld aan die bij het in gebruik nemen of intensiveren.

Tevens wordt aangegeven op welke wijze en in welke mate negatieve effecten van menselijke activiteiten beperkt of gecompenseerd kunnen worden.

De wenselijkheid van de activiteiten en de aanvaardbaarheid van de negatieve effecten staan hier niet ter discussie, deze effectenbespreking kan (en mag) slechts dienen ter ondersteuning van de discussie en besluitvorming over deze zaken in een breder maatschappelijk verband!

De bespreking van de effecten van menselijke activiteiten gebeurt aan de hand van onderstaand model.

*Titel* Naam van de activiteit.

*Algemeen* De aard van de activiteit (civieltechnisch, cultuurtechnisch of natuurtechnisch) wordt aangegeven. Dit is van belang omdat de aard van de activiteit iets zegt over het effect. Zo zal een afgraving die vanuit civieltechnisch oogpunt wordt uitgevoerd vaak negatieve effecten met zich meebrengen, terwijl het, vanuit natuurtechnisch oogpunt uitgevoerd, 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 + volgend nummer verwijst soms naar een natuurlijk veranderingsproces dat elders in bijlage IA 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 of 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 bijlage IB. Dit duidt erop dat de onderhavige activiteit dezelfde effecten als de onderstreepte activiteit veroorzaakt.

Bij de effectenbespreking zijn alleen tendensen aangegeven (die niet altijd merkbaar behoeven te zijn); de effecten zijn niet gekwantificeerd. In die gevallen dat 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 beoordeeld als positief. Bij vergroving van het vegetatiepatroon en afname van de soortenrijkdom wordt gesproken van verarming; deze ontwikkeling wordt beoordeeld als negatief. 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.

## ***Inhoud bijlage IB***

<i>Luchtverontreiniging</i>	(22)
<i>Zeevering: A Stimuleren duinaangroei</i>	(23)
<i>B Tegengaan duinafslag</i>	(24)
<i>Industrieverstiging</i>	(25)

<i>Bebouwing</i>	(26)
<i>Afval storten</i>	(27)
<i>Wegen</i>	(28)
<i>Leidingen</i>	(29)
<i>Gas- en oliewinning</i>	(30)
<i>Infiltratie</i>	(31)
<i>Waterwinning</i>	(32)
<i>Landbouw 'intensief'</i>	(33)
<i>Ophogen</i>	(34)
<i>Omwerken van de bodem</i>	(35)
<i>Afgraven</i>	(36)
<i>Polderpeilverandering: A Polderpeilverlaging</i>	(37)
<i>B Polderpeilverhoging</i>	(38)
<i>Paden</i>	(39)
<i>Beweiden</i>	(40)
<i>Maaien/kappen</i>	(41)
<i>Afplaggen</i>	(42)
<i>Branden</i>	(43)
<i>Bepplanten</i>	(44)
<i>Laten stuiven</i>	(45)
<i>Recreatie</i>	(46)

## **(22) Luchtverontreiniging**

### ALGEMEEN

Door de uitworp van afval- en verbrandingsgassen en van warmte treedt een verandering van de fysisch-chemische eigenschappen van de atmosfeer op. Het meest opvallende fenomeen hierbij is de daling van de pH van de neerslag van ongeveer 6 tot ongeveer 4 sinds circa 1900.

### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

- Bij daling pH versnelde *ontkalking van de bodem (13)*.
- Afhankelijk van de mate en soort van verontreiniging kan verontreiniging van bodem en grondwater optreden.
- *Klimaatsverandering (1)*.

### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

- Afhankelijk van de mate en soort van verontreiniging. Tot nog toe weinig effect te constateren bij hogere planten. Wel is sterke achteruitgang te constateren van verschillende soorten epifytische korstmossen.

### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen vrijwel niet worden tegengegaan. Negatieve effecten kunnen alleen worden voorkomen door het weren van activiteiten die luchtverontreiniging veroorzaken of door bestrijding bij de bron, d.w.z. tegengaan van de uitworp van afval- en verbrandingsgassen en van warmte.

## **Z e e w e r i n g**

### ALGEMEEN

Civieltechnische maatregelen met als doel: kustafslag tegengaan of kustaangroei stimuleren. Heeft langs vele kustgedeelten een rol gespeeld.

## **A (23) Stimuleren duinaangroei**

### ALGEMEEN

Omvat stuifdijkaanleg, aanleg zanddijken en opspuiten van terreinen.

### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

#### Regionaal en lokaal

Soortgelijke effecten als bij *duinaangroei (2)*. In geval van opspuiten terreinen geen vorming vochtige valleien.

Langs een groot deel van het kustgebied wordt de zandbalans beïnvloed.

#### OPMERKING

De beïnvloeding van de zandbalans, door b.v. het vastleggen van grote hoeveelheden zand, kan elders tot afslag leiden. Het stimuleren van kustaangroei kan dan ook slechts goed beoordeeld worden wanneer het effect op de kustprocessen in de omgeving bestudeerd wordt.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Overeenkomend met dat van *duinaangroei* (2). Kwaliteit van de vegetatie van nieuw gevormde valleien is vaak minder groot dan bij natuurlijke kustaangroei.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen grotendeels vermeden worden door:

- te voorkomen dat nieuw gevormde strandvlakten te snel van zee afgesloten worden,
- te zorgen voor voldoende breedte van de nieuw gevormde strandvlakten,
- zo mogelijk meer reeksen van valleien van verschillende ouderdom te laten ontstaan in plaats van één grote vallei ineens.

### **B (24) Tegengaan duinafslag**

#### ALGEMEEN

Omvat bescherming zeereep via: beplanten met helm, plaatsen schermen, aanbrengen steen- of asfaltlaag, bouwen strandhoofden, naar binnen laten rollen of met bulldozers naar binnen schuiven van de zeereep.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

##### Regionaal

- Verminderen effecten van *duinafslag* (3)
- Bij afdekken zeezijde duinen met een verharde laag, mogelijk *grondwaterstandsstijging* (8).
- Volstuiven valleien achter de zeereep, vooral bij naar binnen laten rollen of schuiven zeereep.

##### Lokaal

- Afdekken bodem met verharde laag (asfalt, basaltblokken).

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

##### Regionaal

- Bij volstuiven van valleien verarming van de vegetatie.

##### Lokaal

- Bij afdekken bodem met verharde laag verdwijnen van de vegetatie.
- Bij planten helm verandering soortensamenstelling en patroon vegetatie.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts ten dele worden beperkt door:

- Zo veel mogelijk beperken van naar binnen laten rollen of schuiven zeereep.

- Voorkomen van onnodige overstuiving van achtergelegen valleien, door plaatsen van schermen e.d.
- Bij verdroging of overstuiving van valleien *afgraven (36)* of *afplaggen (42)*.

#### OPMERKING

Langs een groot deel van het kustgebied kan, vooral bij aanleg van strandhoofden en in mindere mate bij het naar binnen schuiven of laten rollen van de zeeleep, de zandbalans verstoord worden, wat elders weer aanleiding kan geven tot sterke afslag.

### **(25) Industrievestiging**

#### ALGEMEEN

Ingreep van civieltechnische aard. Bedoeld worden industrievestigingen als: reactorcentrum Petten, Hoogovens met omgeving, Europoortgebied en verschillende industrievestigingen langs de binnenduinrand van Noord- en Zuidholland.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Langs een groot deel van het kustgebied

- *Luchtverontreiniging (22)*.

#### Regionaal

- Veelal *grondwaterstandsaling (9)* tijdens de bouwfase en soms ook blijvend lagere standen bij waterwinning ten behoeve van de industrie.
- Door lozen afvalstoffen, dumpen of opslag vervuilde stoffen, verontreiniging bodem en grondwater.

#### Lokaal

- Overeenkomstig effect als bij *bebouwing (26)*, *wegen (28)*.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

#### Regionaal

- Vrijwel altijd sterke verarming.

#### Lokaal

- Geheel verdwijnen oorspronkelijke vegetatie.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

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

- Lucht- en bodemverontreiniging bij de bron te bestrijden.
- Zie verder tegengaan negatieve effecten *bebouwing (26)*, *wegen (28)*.

#### OPMERKING

Ook industrievestiging buiten het duingebied kan van invloed zijn op de vegetatie in de duinen, met name via de *luchtverontreiniging (22)*.

## **(26) Bebouwing**

### ALGEMEEN

Ingrep van civieltechnische aard. Bebouwing kan variëren van gesloten bebouwing, zoals die van Scheveningen en de meeste zeedorpen, tot 'open' bebouwing in de vorm van bungalows, caravans, badpaviljoens, pompgebouwen, etc.

### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

#### Regionaal

- *Grondwaterstandsaling (9)* door bronbemaling bij aanleg, soms ook op lange termijn door waterwinning en/of door afvoer van neerslag die op bebouwing en wegen valt.
- Aanleg *wegen (28)*, ontstaan van *paden (39)*.
- Bij aanleg wanneer materiaal moet worden aangevoerd *omwerken van de bodem (35)* door voertuigen.
- Door lozing van afval- en rioolwater verontreiniging van bodem en grondwater.
- Soortgelijke effecten als bij *recreatie (46)*.

#### Lokaal

- Ter plaatse bouwwerken *ophogen (34)* en *afgraven (36)*.

### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

#### Regionaal

- Veelal verarming van de vegetatie.

#### Lokaal

- Volledige vernietiging van de vegetatie ter plaatse van de bebouwing.

### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts in geringe mate beperkt worden door:

- Neerslag op bebouwing en straten in de ondergrond te lozen.
- Zo weinig mogelijk te vergraven.
- Geen tuinen aan te leggen.

### OPMERKING

Ook bebouwing buiten het duingebied kan van invloed zijn op de duinen. Vooral wanneer bij de bouw diepe bouwputten nodig zijn kan in het aangrenzende duingebied een tijdelijke *grondwaterstandsaling (9)* optreden. Dit kan een verarming van de vegetatie tot gevolg hebben.

## **(27) Afval storten**

### ALGEMEEN

Bedoeld is het legaal storten van stadsvuil door bijv. gemeentereinigingsdiensten, het storten van boorspoeling en andere zaken bij gas- en oliewinning en het storten van slib of schraapsel bij de waterzuivering t.b.v. de watervoorziening.

## DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal

- Soortgelijke effecten als bij *toename voedselgehalte grondwater (12)*, *voedselverrijking van de bodem (16)*, *aanleg wegen (28)*.
- Verontreiniging van bodem en grondwater.

### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *ophogen (34)*.

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Regionaal

- Verarming, vooral in vochtige valleien in de omgeving.

### Lokaal

- Geheel verdwijnen van de vegetatie.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn slechts in geringe mate te beperken door:

- Voorkomen dat afval wegwaait of te gemakkelijk ter beschikking staat van dieren door dit af te dekken.

## **(28) Wegen**

### ALGEMEEN

Besproken worden de effecten van aanleg en gebruik van wegen.

Aanleg van wegen is een civieltechnische activiteit. Onder wegen worden hier geheel verharde en halfverharde wegen, inclusief parkeerplaatsen, verstaan.

## DIRECT EFFECT OP ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal

- Verontreiniging van grondwater en bodem door strooien zout, verlies olie en benzine, wegwerpen afval, soms bij ongelukken kans op zeer sterke verontreiniging.
- *Luchtverontreiniging (22)* via uitlaatgassen.
- Soms, wanneer neerslag op wegen wordt afgevoerd, *grondwaterstandsvaling (9)*.
- Soortgelijke effecten als bij *recreatie (46)*.

### Lokaal

- Verdichting van de bodem.
- *Omwerken van de bodem (35)*, doorgraven duinruggen.
- *Ophogen (34)* van valleien.
- Afdekken van de bodem met verharde laag.

## TOTAAL EFFECT OF DE VEGETATIE

### Regionaal

- Halfverharde wegen en klinkerwegen kunnen in een enkele geval, bij zeer extensief gebruik, verrijkend werken. Doordat echter vrijwel overal al een dicht wegennet aanwezig is, werkt de aanleg van nieuwe wegen van dit soort verarmend.

- Geasfalteerde wegen met druk autoverkeer werken altijd verarmend.

#### Lokaal

- Ter plaatse van de weg het geheel verdwijnen van de vegetatie of sterke achteruitgang door mechanische verstoring.
- Vooral bij aanleg parkeerterreinen in valleien kunnen over aanzienlijke oppervlakten vochtige valleivegetaties verloren gaan, waardoor sterke verarming.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen in sterke mate beperkt worden door:

- Duinruggen niet te doorsnijden en valleien niet op te hogen.
- Geen aanleg evenwijdig aan hoogtelijnen. Hierdoor geen vernietiging van één vegetatiezone waardoor 'pendelen' van planten onmogelijk wordt.
- Wegen aan te leggen als schelpweg of met opengewerkte klinkers.
- Geen zout te strooien.
- Autoverkeer zoveel mogelijk beperken.
- Zie verder tegengaan negatieve effecten van *recreatie* (46).

#### OPMERKING

Bij intensief in gebruik zijnde autowegen wordt ook de fauna sterk verstoord.

### **(29) Leidingen**

#### ALGEMEEN

Besproken worden de effecten van aanleg en gebruik van leidingen.

Aanleg van leidingen is een civieltechnische activiteit. Hier worden uitsluitend de effecten van ondergrondse leidingen, zoals electriciteits-, telefoon-, riool-, water-, gas- en olieleidingen besproken.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU .

##### Regionaal

- Verontreiniging bodem en grondwater, speciaal in geval lekkage of breuk van riool-, gas-, en olieleidingen.

##### Lokaal

- Vergraving, *omwerking van de bodem* (35).

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

##### Regionaal

- Verarming, vooral bij lekkage of leidingbreuk.

##### Lokaal

- Op korte termijn geheel verdwijnen van de vegetatie. Op lange termijn negatief effect.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts in geringe mate worden beperkt door:

- Concentreren van leidingen in één trace.
- Bij voorkeur aanleggen langs of onder wegen, mede in verband met onderhoud.

### **(30) Gas- en oliewinning**

#### ALGEMEEN

Gas- en oliewinning zijn civieltechnische activiteiten.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

##### Regionaal + lokaal

- Verontreiniging van bodem en grondwater bij lekkage, onderhoudswerkzaamheden of calamiteiten.
- Soortgelijke effecten als bij aanleg *wegen (28)* (waartoe we in dit geval ook boorplatforms rekenen) en *bebouwing (26)* en *leidingen (29)*.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

##### Regionaal

- Verarming.

##### Lokaal

- Geheel verdwijnen van de vegetatie.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn vooral bij lekkage of calamiteit hoegenaamd niet te beperken. Bij normaal bedrijf in geringe mate. Zie *wegen (28)*, *bebouwing (26)* en *leidingen (29)*.

### **(31) Infiltratie**

#### ALGEMEEN

Aard van de activiteit: civieltechnisch. Over het algemeen wordt water afkomstig van Rijn of Maas in de duinen geïnfilteerd. 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. Soms kwelverschijnselen in de omgeving.
- Soms *grondwaterstandsval (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)*.
- 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. 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.

### **(33) Landbouw 'intensief'**

#### ALGEMEEN

Besproken worden de gevolgen van de aanleg en het gebruik van bouwland en cultuurgrasland; beide activiteiten van cultuurtechnische aard. Cultuurgrasland is grasland, dat geëgaliseerd, begreppeld en ingezaaid is met een graszaadmengsel, veelal na grondbewerking. Bouwland, tegenwoordig nog slechts weinig door boeren in gebruik en veelal verlaten of dienst doende als 'volkstuintje', vindt men vooral in de omgeving van zeedorpen. Het gaat hier om bouwland en cultuurgrasland dat intensief wordt beheerd, door o.a. maaien, spitten, ploegen, bemesten, behandelen met bestrijdingsmiddelen, etc.

## DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal

- Voedselverrijking en verontreiniging van bodem en grondwater door gebruik meststoffen en bestrijdingsmiddelen.

### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *afgraven (36)* en *omwerken van de bodem (35)* en bij gebruik als cultuurgrasland effecten als bij *beweiding (40)*.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Regionaal + lokaal

- In het begin het geheel verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie. Op lange termijn negatief effect. Ook de vegetatie die zich ontwikkelt bij het staken van de activiteiten is veelal armer dan de oorspronkelijke.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn slechts in geringe mate te beperken door:

- Zo weinig mogelijk gebruik te maken van kunstmest, bestrijdingsmiddelen en niet te diep te ontwateren.
- Soortgelijke maatregelen als bij *afgraven (36)* en *omwerken van de bodem (35)* en, in het geval van cultuurgrasland, als bij *beweiden (40)*.

#### OPMERKING

Bij uit cultuur nemen: Afvoeren van organische stof en voedingsstoffen door *maaien/kappen (41)*, *afplaggen (42)* of *afgraven (36)*. Ook *beweiden (40)* (zonder extra bemesting) komt in aanmerking.

#### **(34) Ophogen**

#### ALGEMEEN

Civieltechnische activiteit. Bij ophogen wordt materiaal van buiten het duingebied aangevoerd of binnen het duingebied verplaatst. Ophogen heeft in heden en verleden regelmatig plaatsgevonden ten behoeve van wegeaanleg, bebouwing, dijkenbouw, aanleg parkeerterreinen, infiltratiegebieden, etc.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Bij aanvoer van materiaal van buiten het duingebied soms verontreiniging van bodem en grondwater.
- *Maaiveldverhoging (6)* door overstuiving.

Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *maaiiveldverhoging (6)*.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Regionaal

- Bij aanvoer van materiaal van buiten het duingebied soms sterke verarming van de valleien in de omgeving.
- Bij overstuiving van valleien verarming.

Lokaal

- Geheel verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie. Op lange termijn veelal een negatief effect.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn slechts in zeer geringe mate te beperken door:

Plaats

- Niet in valleien.

Wijze

- Geen aanvoer van materiaal van buiten het duingebied.
- Aanbrengen van zo natuurlijk mogelijk reliëf, waaronder microreliëf.
- Wanneer de ophoging uit materiaal afkomstig van buiten het duingebied bestaat, deze afdekken met een 2 m dikke laag humusloos duinzand.

### **(35) Omwerken van de bodem**

#### ALGEMEEN

Cultuurtechnische of civieltechnische activiteit. Onder omwerken van de bodem wordt het verstoren van het reliëf en het bodemprofiel verstaan, zonder dat van ophogen of afgraven gesproken kan worden. Deze ingreep doet zich voor bij de aanleg van wegen, leidingen, omspitten of omploegen van de grond t.b.v. landbouw en bij het egaliseren van terrein t.b.v. huizenbouw, landbouw of infiltratiewerken.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Lokaal

- Vermenging van de humeuze bovengrond met minerale (vaak kalkrijkere) ondergrond, waardoor op korte termijn *voedselverrijking van de bodem (16)* en verlaging humusgehalte.
- Verstoring van soms eeuwenoude bodemontwikkeling.
- Afname microreliëf.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Lokaal

- Geheel verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie, op lange termijn negatief effect.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen slechts in geringe mate worden beperkt door:

- Vastleggen door helmaanplant, niet met takken.
- Geen menging van bovenste humeuze bodemlaag met minerale ondergrond.
- Waar mogelijk laten uitstuiven tot op het grondwater.
- Zo goed mogelijk herstel van het reliëf.

### **(36) Afgraven**

#### ALGEMEEN

Natuur, cultuur- of civieltechnische maatregel. Bij afgraven wordt materiaal uit het duingebied afgevoerd of binnen het duingebied verplaatst. Afgraven heeft in heden en verleden regelmatig plaats gevonden.

## DIRECTE EFFECTEN OP ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal

- Bij afgraving aan de binnenduinrand soms *grondwaterstandsaling* (9).
- Bij diepe uitgravingen waarbij open water ontstaat: *afname van het fluctuatietraject* (11).

### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *verlaging maaiveld* (7).

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Lokaal

- Geheel verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie. Op lange termijn veelal positief effect mits de negatieve effecten beperkt worden.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen in sterke mate beperkt worden.

### Plaats

- Niet aan de binnenduinrand omdat soms, bij het insnijden van de zoetwateropbolling, in het aangrenzende duinmassief *grondwaterstandsaling* (9) kan optreden.
- Bij voorkeur niet in het midden van het duinmassief; beter meer in de richting van de binnenduinrand.
- Bij voorkeur in de valleien.
- Niet op plaatsen met waardevolle geomorfologische of vegetatiekundige elementen.

### Tijdstip

- Afgraven bij voorkeur in de periode nazomer-najaar.

### Wijze

- Zodanig dat de uitgraving voor een groot deel 's winters onder water komt te staan en 's zomers droog valt. (Dit op basis van hydrologisch onderzoek).
- Microreliëf aanbrengen, zorgen voor flauwe taluds.
- Bij creëren duinmeren zorgen voor brede oevers met flauwe taluds.
- Hellingen rondom uitgraving niet vastleggen met takken, liefst laten stuiven of vastleggen met helm. Tot ruim boven hoogste winterstand van het grondwater niets planten.
- Humeus materiaal afvoeren, niet mengen met kalkhoudend of kalkrijk zand.

## **Polderpeilverandering**

### ALGEMEEN

Cultuurtechnische (soms civieltechnische) maatregel. Er kan onderscheid gemaakt worden in polderpeilverlaging, polderpeilverhoging en verandering van het fluctuatietraject van het polderpeil. Vooral de polders direct grenzend aan het duinmassief zijn voor de duinen van belang.

### **A (37) Polderpeilverlaging**

DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Vooral aan de binnenduinrand en in mindere mate in het middendeel van het duinmassief *grondwaterstands­daling* (9).

TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Regionaal

- Verarming van valleivegetaties.

MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen worden beperkt door:

- Direct achter de binnenduinrand enige sloten op het oude of een nog hoger peil dan voor de verlaging te handhaven of te brengen.
- Zie verder *grondwaterstands­daling* (9).
- *Laten stuiven* (45) tot op grondwaterniveau.
- *Afgraven* (36).

### **B (38) Polderpeilverhoging**

DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Vooral aan de binnenduinrand en in mindere mate in het middendeel van het duinmassief *grondwaterstands­stijging* (8).

TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Overeenkomstig met *grondwaterstands­stijging* (8).

MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen grotendeels vermeden worden door:

- Vooral in het begin tegengaan verruiging d.m.v. *maaien/kappen* (41) of *afplaggen* (42).

### **(39) Paden**

ALGEMEEN

Paden onderscheiden zich van wegen, doordat ze onverhard of in geringe mate verhard zijn en gewoonlijk veel smaller. We beperken ons hier tot paden die ontstaan door menselijke betreding of door berijding met voertuigen.

DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Bij het verstevigen van paden wordt soms gebruik gemaakt van puin, sintels e.d., hierdoor kan verontreiniging van bodem en grondwater optreden.

- Soms worden houtsnippers, boomschors of maaisel gebruikt, hierdoor *voedselverrijking* (16) en *toename voedselgehalte grondwater* (12).

#### Lokaal

- Verdichting of loswerken van de bodem.
- Soortgelijke effecten als bij toename van de *recreatie* (46).

### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

#### Regionaal

- Bij het min of meer verhardten van de paden; verarming.

#### Lokaal

- *Afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie* (19).
- Wanneer het padennet niet te dicht is en de betreding regelmatig en met lage frequentie plaats vindt, of bij berijding met lichte voertuigen zonder profielbanden en in heel extensieve mate, kan verrijking optreden. Een dicht padennet met onregelmatige betreding en/of berijding werkt verarmend.

### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen grotendeels beperkt worden door:

#### Plaats

- Paden bij voorkeur door valleien aanleggen.

#### Wijze

- Vermijden van te hoge intensiteit, te grote schommelingen in frequentie en te zware voertuigen.
- Paden niet afdekken en zeker niet met materiaal dat afkomstig is van buiten het duingebied, zoals sintels, puin, etc. Wanneer men besluit toch af te dekken dan bij voorkeur schelpen. Geen organisch materiaal als houtsnippers, boomschors of maaisel gebruiken.

### OPMERKING

Een regionaal effect is de verstoring van de fauna.

### **(40) Beweiden**

#### Algemeen

Cultuurtechnische ingreep of natuurtechnische maatregel. Beweiding vindt meestal plaats in valleien en aan de binnenduinrand op de zgn. vroongronden met jongvee of paarden. Op sommige plaatsen ook beweiding in het droge duin met schapen of geiten.

### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

#### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *toename levende biomassa van de fauna* (20).

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Lokaal

- *Afname levende biomassa/hogte vegetatie (19).*
- Indien negatieve effecten worden beperkt kan beweiding verrijkend werken.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen geheel worden vermeden door:

### Plaats

- Voorkomen dat belangrijke grenzen in het abiotisch milieu zoals bijv. grens vallei-duinrug, samenvallen met beweidingsgrenzen.
- Bij voorkeur zowel duinruggen als valleien en aangrenzende gebieden als één gebied beheren.

### Tijdstip

- Het gehele jaar door beweiden, vooral wanneer beweiding als verschralingsmaatregel bedoeld is en in verdroogde valleien.

### Wijze

- Beweiding niet te intensief en zo constant mogelijk. In verschralingsprocessen een geleidelijke vermindering van de intensiteit, niet een plotselinge.
- Te beweiden oppervlakte niet te klein.

## **(41) Maaien/kappen**

### ALGEMEEN

Maaien is hoofdzakelijk een cultuurtechnische of natuurtechnische maatregel, soms (langs oevers van infiltratiebekkens) ook als civieltechnische maatregel toegepast. Tegenwoordig worden over het algemeen nog slechts riet of grasachtige vegetaties gemaaid, vroeger ook hei, kruipwilg en wilgen. Kappen is bij aanleg van wegen, leidingen, bouwterrein een civieltechnische maatregel. Soms bij het in cultuur brengen van terreinen of bij kappen vanuit bosbouwkundig oogpunt is het een cultuurtechnische maatregel.

### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

#### Lokaal

- Bij gebruik zware machines bodemverdichting.
- Bij afvoer maaisel *voedselverarming van de bodem (17).*
- Soortgelijke effecten als bij *afname levende biomassa/hogte van de vegetatie (19).*

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Lokaal

- Wanneer negatieve effecten worden beperkt werkt maaien verrijkend. Bij kappen is dit wat minder duidelijk.
- *Afname levende biomassa/hogte van de vegetatie (19).*

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen geheel worden vermeden door:

##### Plaats

- Niet kappen op plaatsen dicht bij de zeereep die sterk onder invloed van de wind staan.
- Alleen maaien in vochtige valleien, niet op duinruggen.

##### Tijdstip

- Niet vóór 1 juli.
- Met regelmatige tussenpozen maaien, afhankelijk van de produktiviteit van de vegetatie eenmaal per jaar of eenmaal in de paar jaar.

##### Wijze

- Maaisel afvoeren.
- Geen zware machines gebruiken, bij voorkeur maaien met de hand of met lichte machines.
- Geen soortenrijke pioniervegetaties of vroege successiestadia van soortenrijke valleivegetaties maaien.
- Indien maaien niet voortgezet kan worden, is het het beste over te schakelen op *beweiden* (40).

#### **(42) Afplaggen**

#### ALGEMEEN

Cultuurtechnische of natuurtechnische maatregel. Tegenwoordig vrijwel alleen het laatste. Incidenteel nog civieltechnisch, b.v. bij aanleg/onderhoud van wegen en paden.

#### DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

##### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *afgraven* (36) en *afname organisch stofgehalte van de bodem* (15).
- Vergroting van microreliëf.

#### TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

##### Lokaal

- Op korte termijn geheel verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie, op de lange termijn, wanneer de negatieve effecten worden beperkt, positief effect.

#### MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen in het geheel worden vermeden door:

##### Plaats

- Afplaggen in vochtige valleien, vooral wanneer deze verruigd zijn. Niet op hellingen en op duinruggen.

##### Tijdstip

- Nazomer-najaar.

Wijze

- Met de schop. Indien dit niet mogelijk is met lichte machines.
- Relatief kleine oppervlakten tegelijk, zodat in één jaar slechts een klein deel van een vallei afgeplagd wordt.
- Spreiding in de tijd, dus bijvoorbeeld steeds om de 5 of 10 jaar een deel afplagen, zodat verschillende successiestadia naast elkaar voorkomen.

### **(43) Branden**

ALGEMEEN

Meestal onbedoeld effect van recreatie; als natuurtechnische of cultuurtechnische maatregel vrijwel niet toegepast. Soms door natuurlijke oorzaak (blikseminslag). Door de goede bewaking van het duingebied spelen branden slechts een ondergeschikte rol in het duingebied.

DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

Regionaal

- Soortgelijk effect als bij *afname levende biomassa/hoogte van de vegetatie (19)*.

Lokaal

- Op korte termijn *afname organisch stofgehalte van de bodem (15)* en *voedselverrijking van de bodem (16)*. Op de lange duur mogelijk *voedselverarming van de bodem (17)* en tevens beïnvloeding van de bodemstructuur.

TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

Lokaal

- Niet voldoende bekend. Veelal verarmend, soms mogelijk verrijkend, b.v. bij verdroogde vegetaties en heiden.

MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn bij branden als beheersmaatregel geheel te vermijden door:

Tijdstip

- Uitvoeren in het najaar.

Wijze

- Kleinschalig uitvoeren.

Negatieve effecten van ongewilde branden zijn slechts ten dele te beperken door:

- Brandbestrijding.

### **(44) Beplanten**

ALGEMEEN

Civieltechnische of cultuurtechnische maatregel, t.b.v. vastleggen der duinen of recreatie. Gebeurt nog steeds, zij het minder dan vroeger. Tegenwoordig vooral aanplant van loofhoutsoorten. Bij vastleggen der duinen veelal planten van helm.

## DIRECT EFFECT OP ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal

- *Grondwaterstands daling* (9) door toegenomen verdamping (vooral bij naalddhoutaanplant), soms ook doordat sloot- of greppelaanleg wordt uitgevoerd (bij bebossing).

### Lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *omwerken van de bodem* (35), *toename levende biomassa/hooft van de vegetatie* (19).
- Voorkomen van verstuiwingen en daardoor fixatie van het reliëf.

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Regionaal + lokaal

- Verarming van de oorspronkelijke vegetatie met name in geval van bebossing met naalddhout.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen beperkt worden door:

### Plaats

- Planten van bos beperken tot zone die minstens 4 m boven de gemiddelde grondwaterstand ligt. Dit om te voorkomen dat boomwortels het grondwater bereiken en zodoende zorgen voor een zeer sterke toename van de verdamping. Helmaanplant niet beneden de invloedssfeer van het grondwater (ca 2 m boven de gemiddelde grondwaterstand).
- Niet planten op plaatsen waar verstuiwing gewenst is, b.v. in verdroogde duingebieden.
- Waar verstuiwing ongewenst is dit voorkomen door *beplanten* (44) met helm.

### Wijze

- Beperken omwerken van de bodem.
- Soorten gebruiken die van nature voorkomen in duingebied, uitsluitend loofhout toepassen.
- Helmplanten bij voorkeur met de hand.

### Tijdstip

- Niet in het voorjaar.

## OPMERKING

In het kader van het natuurbeheer is aanplanten van bos en/of struweel altijd ongunstig, ook wanneer dit beplantingen op zgn. plantensociologische basis zijn.

### **(45) Laten stuiven**

## ALGEMEEN

Natuurtechnische maatregel. Bewust laten stuiven gebeurt weinig, meestal onbedoeld neveneffect van intensieve betreding, duinafslag of graverij door konijnen.

## DIRECT EFFECT OP HET ABIOTISCH MILIEU

### Regionaal + lokaal

- Soortgelijke effecten als bij *verlaging maaiveld* (7) en *verhoging maaiveld* (6).

## TOTAAL EFFECT OP DE VEGETATIE

### Regionaal + lokaal

- Grotendeels verdwijnen van de oorspronkelijke vegetatie.
- Bij uitstuiven tot op grondwater op lange termijn positief effect.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten kunnen praktisch in het geheel vermeden worden door:

### Plaats

- Niet in gebieden waar soortenrijke vochtige valleivegetaties voorkomen.
- Bij voorkeur in gebieden die verdroogd zijn.
- Niet alleen de schaars begroeide duinruggen, maar ook de valleien laten stuiven.

### Wijze

- In de valleien stuiven stimuleren door de vegetatie weg te halen en de organische laag te verwijderen en af te voeren.
- Voorkomen dat alle terreindelen tegelijk stuiven en ook weer tegelijk vastgelegd worden. Plaatselijk laten stuiven, zodat gradiënten kunnen ontstaan.
- Waar verstuing ongewenst is dit voorkomen door *beplanten (44)* met helm.

## **(46) Recreatie**

### ALGEMEEN

Onder recreatie vallen een groot aantal activiteiten die in de voorgaande punten behandeld zijn. Het gaat om een min of meer onbewuste beïnvloeding door: *bebouwing (26)*, *wegen (28)* en *paden (39)*, terwijl daarnaast een aantal min of meer bewuste invloeden voorkomen, zoals vergravingen, brand stichten/veroorzaken, plukken/uitgraven van planten, het verstoren van dieren, het wegwerpen van afval. Eén van de belangrijkste effecten van de recreatie is de piekbelastingen die bij waterwinning ontstaat in het zomerseizoen, waardoor naast *grondwaterstandsaling (9)* vaak *toename van fluctuatietraject (10)* in het waterwingebied optreedt. In het algemeen gesproken geldt dat verschillende vormen van rustige (extensieve) dagrecreatie, mits goed begeleid, weinig schadelijk en soms zelfs positief zijn, althans voor de vegetatie. Verblijfsrecreatie en intensieve dagrecreatie daarentegen moeten vrijwel altijd als negatief beoordeeld worden.

## MOGELIJKHEDEN OM NEGATIEVE EFFECTEN TE BEPERKEN

Negatieve effecten zijn slechts bij rustige (extensieve) dagrecreatie geheel te vermijden. In de andere gevallen slechts in geringe mate te beperken door:

### Plaats

- Recreanten, bij voorkeur wandelaars, plaatselijk toelaten, gradiëntsgewijs, in beperkte aantallen. Geen gemotoriseerd verkeer in duin toelaten.

### Wijze

- Padennet niet te dicht laten worden.
- Constante aantallen over het jaar.
- Niet tijdelijk afsluiten en weer openstellen van gebieden,
- Zie ook *bebouwing (26)*, *wegen (28)* en *paden (39)*.

## **Bijlage 2 Veranderingen in het voorkomen van freatofyten in het Nederlandse duingebied (op basis van inventarisatiegegevens uit de periode 1850-1978)**

### ***Ten geleide***

Onderstaand overzicht geeft een beeld over het voorkomen van freatofyten (grondwaterplanten) in het Nederlandse duingebied, terwijl uit het overzicht bovendien de voor- of achteruitgang van een groot aantal plantesoorten kan worden afgelezen. Het Nederlandse duingebied is ten dienste van het overzicht opgedeeld in 17 deelgebieden. De deelgebieden corresponderen met die welke zijn weergegeven op de bij dit rapport behorende landschapsecologische kaart, ook de nummering is dezelfde. Het gebied waarop de inventarisatiegegevens betrekking hebben komt overeen met het gebied dat op de landschapsecologische kaart als duingebied is aangegeven (d.w.z. duinen en strandvlaktes). De overige terreinen (de kwelders, polders, Oude Duinen etc.) zijn buiten beschouwing gelaten. Het was hierdoor vaak niet mogelijk de inventarisatiegegevens van het IVON te gebruiken, de uurhokken van het IVON omvatten immers vaak zowel polders als duinterrein. Bij het samenstellen van het overzicht is alleen gebruik gemaakt van inventarisatiemateriaal waarvan met zekerheid kon worden vastgesteld dat het op het duingebied betrekking had.

Van de soortenlijsten uit de publikatie van Gremmen & Kremers (1971) 'De flora van de Nederlandse, Duitse en Deense waddeneilanden' zijn alleen die van Vlieland en Rottum gebruikt. Alleen bij deze eilanden ontbreekt het polderland geheel, zodat we er zeker van kunnen zijn dat deze opgaven op de duinen betrekking hebben. Een aantal adventieven die slechts voor één deelgebied werden opgegeven, zijn niet in de lijst opgenomen.

Kolom nr. 10 en 13 werden grotendeels samengesteld aan de hand van mondelinge mededelingen van respectievelijk G. Londo en D. van der Laan.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat het overzicht een optimistisch beeld geeft van de floristische rijkdom van het duingebied: de inventarisatieeenheden zijn zeer groot, waardoor het kan gebeuren dat een soort voor een heel deelgebied is opgegeven, terwijl slechts enkele exemplaren op één klein plekje voorkomen (b.v. slanke duingentiaan in het gebied IJmuiden-Noordwijkerhout). Tevens moet er op gewezen worden dat soorten die pas onlangs in het duingebied zijn aangetroffen, maar die sinds het moment van hun ontdekking zijn achteruitgegaan, ook zijn aangegeven als achteruitgaand. Enigszins twijfelachtige opgaven van andere auteurs zijn opgenomen in categorie 0 of ?. Bij zeer sterke twijfel aan de juistheid van een opgave is de betreffende soort niet opgenomen.

Meer gedetailleerde gegevens over de voor- en achteruitgang van plantesoorten kan men overigens vinden in het Basisrapport; hierin is ook een uitgebreide bronnenvermelding opgenomen. De nomenclatuur in deze bijlage is volgens de 18e druk van de Flora van Nederland (Heukels & van Oostrom, 1975).

## Verklaring der tekens

Kolom A - Freatofytenindeling naar Londo (1975).

- W Soorten die in Nederland voor een goede ontwikkeling en voltooiing van hun levenscyclus (o.a. kieming) vereisen dat het (grond-)water gedurende een deel van het jaar, of min of meer permanent, ongeveer even hoog of hoger dan het maaiveld staat in jaren met normale waterstanden. Tot deze categorie behoren o.a. vele moerasplanten, soorten die onder water wortelen, maar waarvan de stengels met bladeren grotendeels boven water uitsteken, amfibische soorten die meestal een deel van het jaar ondergedoken zijn en daarna droogvallen, en allerlei eenjarige soorten waarvan het kiemingsmilieu gebonden is aan recent drooggevallen bodem. Enkele tot W behorende soorten, o.a. Riet, kunnen incidenteel ook wel eens buiten de invloedssfeer van het grondwater groeien, maar kunnen daar niet kiemen. Behoudens deze uitzonderingen kunnen we alle soorten van categorie W rekenen tot de obligate freatofyten.
- F Soorten die in Nederland uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatisch oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt. Obligate freatofyten.
- f Soorten die in Nederland hoofdzakelijk of vrijwel uitsluitend groeien binnen de invloedssfeer van het freatisch oppervlak, dat zich in de regel onder het maaiveld bevindt. De soorten van deze categorie, alsook die van de volgende categorieën (f) en a, zijn niet-obligate freatofyten.
- (f) Soorten die in het grootste deel van het verspreidingsgebied in Nederland binnen de invloedssfeer van het freatisch oppervlak groeien (grondwater in de regel onder het maaiveld), maar die in bepaalde gebieden ook veel buiten deze invloedssfeer voorkomen. Meestal betreft het soorten die alleen op kalkrijke bodem in Zuid-Limburg 'droog' kunnen groeien.
- a Soorten die in vele milieus in Nederland niet aan de invloedssfeer van het freatisch oppervlak gebonden zijn (dus die daar afreatofyt zijn), doch die lokaal (meestal in duin- of andere zandgebieden) wel uitsluitend of voornamelijk aan deze invloedssfeer gebonden zijn.

Onderstreept duidt aan dat de betreffende soorten kenmerkend zijn voor de meer constante (minder dynamische) en/of relatief oligotrofe (voedselarme) en/of uitwendig kwetsbare milieus, ofwel dat het relatief zeldzame soorten van meer dynamische en/of voedselrijkere milieus zijn.

Niet onderstreept zijn dus de algemenere soorten van overwegend voedselrijkere milieus.

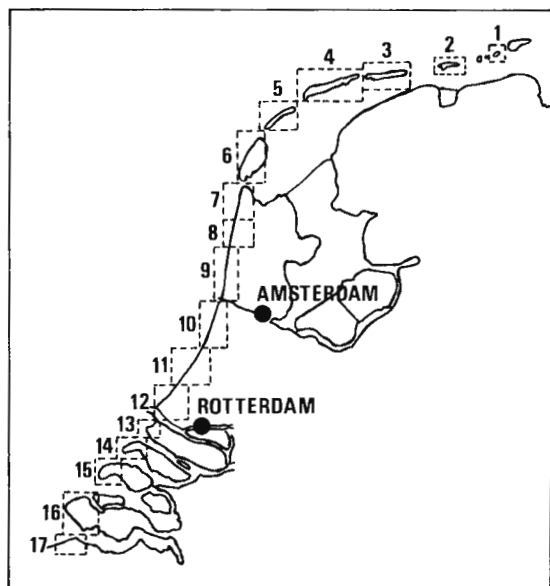
Kolom B - Verdrogingsgevoeligheid (eigen indeling).

	-	Verdrogingsgevoeligheid onbekend	
I	-	"	zwak
II	-	"	matig
III	-	"	sterk

Kolom 1 t/m 17 - Veranderingen in het voorkomen van freatofyten (kwantitatief: aantal groeiplaatsen en/of aantal exemplaren per groeiplaats) (eigen indeling).

- Verandering onbekend
- = Geen (weinig) verandering
- + Toename
- Afname
- 0 Verdwenen
- ? Waarschijnlijk verdwenen

**Gebiedsindeling (de nummers van de gebieden corresponderen met de nummers van de kolommen)**



- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Rottum            | 11. Noordwijkerhout-  |
| 2. Schiermonnikoog   | Den Haag              |
| 3. Ameland           | 12. Den Haag-Hoek van |
| 4. Terschelling      | Holland               |
| 5. Vlieland          | 13. Voorne            |
| 6. Texel             | 14. Goeree            |
| 7. Den Helder-Petten | 15. Schouwen          |
| 8. Camperduin-Egmond | 16. Walcheren         |
| 9. Egmond-IJmuiden   | 17. Zeeuws-Vlaanderen |
| 10. IJmuiden-Noord-  | wijkerhout            |

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 <i>Achillea ptarmica</i> (Wilde bertram)	F								0	0									
2 <i>Acorus calamus</i> (Kalmoes)	W		?																
3 <i>Alisma gramineum</i> (Smalbladige waterweegbree)	W	III										.	0	.	.	.	.	.	
4 <i>Alisma lanceolatum</i> (Middelste waterweegbree)	W	III										-	0	.	.	.	.	.	
5 <i>Alisma plantago-aquatica</i> (Grote waterweegbree)	W	III	=	=	-	.	-	-	+	.	-	-		=	-	.	-		
6 <i>Allium ursinum</i> (Daslook)	(f)									.	=			=					
7 <i>Alnus glutinosa</i> (Zwarte els)	f	I	+	-	=	=	=	-	=	=	.	-	=	=		-	.	.	
8 <i>Alopecurus geniculatus</i> (Geknikte vossestraat)	f	III	-	=	.	-	.	.	?			.		.	.	.	-	.	
9 <i>Althaea officinalis</i> (Heemst)	F													-	=				
10 <i>Anagallis tenella</i> (Teer guichelheil)	W	III			0	-		-				0	0	=	+				
11 <i>Angelica archangelica</i> (Grote engelwortel)	W	III			.											.			
12 <i>Apium inundatum</i> (Ondergedoken moerasscherm)	W	III		=	.	0	0	0								.			
13 <i>Apium nodiflorum</i> (Groot moerasscherm)	W	III						0		+		-	+	.	.	.		?	
14 <i>Apium repens</i> (Kruipend moerasscherm)	W													.	.	.			
15 <i>Arnica montana</i> (Valkruid, wolverlei)	(f)	III	.									.		.	.	.			
16 <i>Aster tripolium</i> (Zeeaster, zulte)	W	II										.	.	.	-				
17 <i>Barbarea vulgaris</i> (Gewoon barbarakruid)	(f)	II	.									.		.	.	.			
18 <i>Betula pubescens</i> (Zachte berk)	(f)	I	+	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	=	=		-	=	
19 <i>Bidens cernuus</i> (Knikkend tandzaad)	W	III		?						0		+							
20 <i>Bidens tripartitus</i> (Driedelig tandzaad)	W	III		.	.	.	.	.		0		+	.			.	.	.	
21 <i>Blackstonia perfoliata</i> (Bitterling)	F	III												0		=	0		
22 <i>Blechnum spicant</i> (Dubbelloof)	(f)				?			.		0		+							
23 <i>Briza media</i> (Bevertjes)	a	II						.	-	?	-	-	-	?	=	=	-		
24 <i>Butomus umbellatus</i> (Zwanebloem)	W	III		.	?			.				.							
25 <i>Calamagrostis canescens</i> (Hennegras)	W	I	.	+	+	+	?		+	+		-	=	+	.	.	.	.	
26 <i>Calla palustris</i> (Slangewortel)	W	III										.		.					
27 <i>Caltha palustris</i> (Dotterbloem)	W	III			.	-		-	=	-	-	.	.	?	+	-	.		
28 <i>Cardamine flexuosa</i> (Bosveldkers)	F	I							+			.	+	.	.	.			
29 <i>Cardamine pratensis</i> (Pinksterbloem)	f	III	.	=	=	=	-	-	-	-	-	-	.			=	=	=	
30 <i>Carex acuta</i> (Scherpe zegge)	W			.	.			.	.			.		.		=	.		
31 <i>Carex acutiformis</i> (Moeraszegge)	W	I	?	-	.		.	.	.	-		-		?	=				
32 <i>Carex demissa</i> (Lage zegge)	W				.			.	.	.		.	0	.		.	?		
33 <i>Carex dioica</i> (Ronde zegge)	W	III		?	.			-	.										
34 <i>Carex dioica</i> (Tweehuizige zegge)	W							0											
35 <i>Carex disticha</i> (Tweerijige zegge)	W	I	+	=	+	+	=	+	-	-	-			=	+	+	+	.	

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
36 <i>Carex echinata</i> (Sterzegge)	W	III				=	?	-		0									
37 <i>Carex flacca</i> (Zeegroene zegge)	(f)	II	=	=	=	-	=	-	=	-	-	-	=	=	.	.			-
38 <i>Carex hartmanii</i> (Schellinger zegge)	F	II				-													
39 <i>Carex hudsonii</i> (Stijve zegge)	W	II				-	=	.			.	.							
40 <i>Carex lasiocarpa</i> (Draadzegge)	W	III						0	-										
41 <i>Carex nigra</i> (Gewone zegge)	F	II	=	=	=	+	=	=	-	-	-	.	=	=	.	=	=	-	
42 <i>Carex otrubae</i> (Valse voszegge)	F	III	.	-	.	.	=	?	?			.	=	=	-	.	?	.	
43 <i>Carex ovalis</i> (Hazezegge)	f	II	.				0	-			.					.	0		
44 <i>Carex panicea</i> (Blauwe zegge)	f	I	.	=	=	+	=	=	-	-	-	-	=	=	=				
45 <i>Carex paniculata</i> (Pluimzegge)	W	II			0	.					.								
46 <i>Carex pseudocyperus</i> (Cyperzegge)	W	II			=	+		+	=	+		.						-	
47 <i>Carex pulicaris</i> (Vlozegge)	F	III						-	-							0			
48 <i>Carex remota</i> (IJle zegge)	F	III															.		
49 <i>Carex riparia</i> (Oeverzegge)	W	I	?	.	=	.	.	.	.	-	.	+			.			+	
50 <i>Carex rostrata</i> (Snavelzegge)	W	I		?		.		-	0			-	.						
51 <i>Carex serotina</i> (Late zegge)	W	III	=	=	=	=	=	-	=	.	.	-	-	-	-	.	.	-	
52 <i>Carex trinervis</i> (Drienerlige zegge)	F	I	.	=	+	=	=	=	=	+	=	-	.		=	=	=	=	
53 <i>Carex vesicaria</i> (Blaaszegge)	W	I			?	?		0											
54 <i>Catabrosa aquatica</i> (Watergras)	W	I								.		+							
55 <i>Centaureum erythraea</i> (Echt duizendguldenkruid)	a	II			?	.	-	-		0		.	.	.	=	=	=	?	
56 <i>Centaureum littorale</i> (Strandduizendguldenkruid)	F	III	=	-	=	=	=	-	-	-	.	-	.	+	=	-	=	?	
57 <i>Centaureum pulchellum</i> (Fraai duizendguldenkruid)	F	III	=	-	-	-	=	-	0	0		0		+	=	.	=	-	
58 <i>Centunculus minimus</i> (Dwergbloem)	F	III	-	-	-	.	-	.	0		-			0	=	=	.		
59 <i>Chrysosplenium alternifolium</i> (Verspreidbladig goudveil)	F	I														.			
60 <i>Cicendia filiformis</i> (Draadgentiaan)	f	III				-	0												
61 <i>Cicuta virosa</i> (Waterscheerling)	W	III														.			
62 <i>Circaea lutetiana</i> (Groot heksenkruid)	f	I										-			.				
63 <i>Cirsium dissectum</i> (Spaanse ruiter)	W	III	=	0	=				?								0		
64 <i>Cirsium oleraceum</i> (Moesdistel)	W	I																	
65 <i>Cirsium palustre</i> (Kale jonker)	f	I	?	=	=	=	=	=	=	-	-	-	=	=	=	.	=	=	
66 <i>Cladium mariscus</i> (Galigaan)	W	II						-	=	-		.	0						
67 <i>Cochlearia officinalis</i> (Echt lepelblad)	W	III	?					.					0		.				
68 <i>Deschampsia cespitosa</i> (Ruwe smele)	f	I						.	0	0		.			.				
69 <i>Deschampsia setacea</i> (Moerassmele)	W	I				-		.											
70 <i>Dipsacus fullonum</i> (Wilde kaardebol)	a	I	.									.			.				

Naam plant	A	B	Gehied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
71 <i>Drosera intermedia</i> (Kleine zonnedaau)	F	III			0	0			0		0								
72 <i>Drosera rotundifolia</i> (Ronde zonnedaau)	F	III	?	-	-	-	-	-	-	-									
73 <i>Dryopteris carthusiana</i> (Smalle stekelvaren)	a	II	.	=	+	.	=	.	.			.	.	.			=	.	
74 <i>Dryopteris cristata</i> (Kamvaren)	F	II	.	.				.				.	.	.	=			.	
75 <i>Dryopteris dilatata</i> (Brede stekelvaren)	a	I	+	.	=	=	=	=	=	-		.	.	.	=	=	=	.	
76 <i>Echinodorus ranunculoides</i> (Kleine waterweegbree)	W	III	=	-	-	-	-	0	0			.	.	.	=	-		0	
77 <i>Eleocharis acicularis</i> (Naaldwaterbies)	W	III				0	0	0	0	0									
78 <i>Eleocharis multicaulis</i> (Veelstengelige waterbies)	W	III	.	+	=	=	=	-	=	0				.	?			.	
79 <i>Eleocharis palustris</i> (Gewone waterbies)	W	III	-	=	=	=	=	=	=	=	-	-	=	=	=	=	=	.	
80 <i>Eleocharis quinqueflora</i> (Armbloemige waterbies)	W	III	-	?	=	-	-			0		0		.	=	-	.	.	
81 <i>Epilobium adenocaulon</i> (Beklierde basterdwederik)	F											+	+				.	.	
82 <i>Epilobium hirsutum</i> (Harig wilgenroosje)	f	II	.	=	-	.	=	=	=	=	.	+	+	=	+	+	=	=	
83 <i>Epilobium obscurum</i> (Donkergroene basterdwederik)	f		?	.		.	.	.	.	+	.	+		.	.	.	.	.	
84 <i>Epilobium palustre</i> (Moerasbasterdwederik)	W	II	0	.	-	=	=	=	-	-	-	-	.	=	=	.		=	
85 <i>Epilobium parviflorum</i> (Kleinbloemige basterdwederik)	F	II	=	=	=	=	.	.	0		.	.	.	=	=	.	-	?	
86 <i>Epilobium roseum</i> (Rose basterdwederik)	f		.									.	.				.	.	
87 <i>Epilobium tetragonum</i> (Kantige basterdwederik)	f								0		.	+					.	.	
88 <i>Epipactis palustris</i> (Moeraswespenorchis)	F	III	=	=	-	=	=	-	-	-	-	0	0	=	-	-	0	-	
89 <i>Equisetum fluviatile</i> (Holpijp)	W	II	-	?	-		.	0	0		-			=	=				
90 <i>Equisetum hyemale</i> (Schaafstro)	a												.	=					
91 <i>Equisetum palustre</i> (Lidrus)	W	II	=	?	=	.	.	=	0	.	.	+		=	=	.	-	.	
92 <i>Equisetum variegatum</i> (Bonte paarstaart)	F	III	?							-	-	0		=		.	.	.	
93 <i>Erica tetralix</i> (Dophei)	(f)	I	+	=	=	=	=	=	=	0	0	0	0	=		+		.	
94 <i>Eriophorum angustifolium</i> (Veenpluis)	W	III	0	=	-	=	-	-	0		0	0		-	0		0	.	
95 <i>Eriophorum latifolium</i> (Breed wollegras)	W	III												=	0			.	
96 <i>Eupatorium cannabinum</i> (Koninginnekruid)	(f)	II	+	.	.			=	=	-	.	+	+	=	=	=	=	.	
97 <i>Euphorbia palustris</i> (Moeraswolfsmelk)	W																		
98 <i>Euphrasia borealis</i> (Noordse ogentroost)	a		-					.											
99 <i>Euphrasia curta</i> (Korte ogentroost)	a	II	.		-	.	0					.	.	.	.	.	.	-	
100 <i>Euphrasia nemorosa</i> (Bosogentroost)	a	II	-	=	.	.	=	.	.	.	.	.	=	.	.	.	-	?	
101 <i>Euphrasia officinalis</i> (Stijve ogentroost)	a	II	?	-	=	=	=	=	.	-	-	-	.	.	=	-	.	-	
102 <i>Festuca arundinacea</i> (Rietzwenkgras)	f	II	.	-		+		=	+			-	=	.	=	=	.	+	
103 <i>Festuca gigantea</i> (Reuzenzwenkgras)	(f)	II							+	.		-	.	.	.	.	.	.	
104 <i>Filipendula ulmaria</i> (Moerasspirea)	F	II	.			.	=	=	0		-	.	.	.	.	.	.	.	
105 <i>Frangula alnus</i> (Vuilboom)	(f)	I	.	.			+	.	.	.	.	.	.	=		.	.	.	

Naam plant	A	B	Gebied															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
106 <i>Fraxinus excelsior</i> (Es)	(f)	II			.			.			=	.		=		.		.
107 <i>Fritillaria meleagris</i> (Kievitsbloem)	<u>W</u>	III												-				
108 <i>Galeopsis bifida</i> (Gespleten hennepnetel)	<u>a</u>													=				
109 <i>Galium palustre</i> (Moeraswalstro)	<u>W</u>	II	?	=	=	=	=	=	=	=	-	-	-	=	=	=	=	=
110 <i>Galium uliginosum</i> (Ruw walstro)	<u>W</u>	I	?	+	.	+	=	=	=	+	-	-	=	=	=	=	+	=
111 <i>Genista tinctoria</i> (Verfbrem)	<u>a</u>	II		=	?	=		-	.	.	.							
112 <i>Gentiana pneumonanthe</i> (Klokjesgentiaan)	<u>F</u>	III		-	-	-	-	-					0					
113 <i>Gentianella amarella</i> (Slanke duingentiaan)	<u>F</u>	III		-	=	-	-	.	0	-	-	0		=	-			
114 <i>Gentianella campestris</i> (Brede duingentiaan)	<u>f</u>	III		.	?	0	0	0	0	-	0	0		=	-			
115 <i>Glaux maritima</i> (Melkkruid)	<u>W</u>	III	?	=	=	=	=	=	?					=	=	=	-	-
116 <i>Glyceria declinata</i> (Getand vlotgras)	<u>F</u>														.			
117 <i>Glyceria fluitans</i> (Mannagras)	<u>W</u>	II		.	=	+	.	+	.	=	.			.	.	.	.	=
118 <i>Glyceria maxima</i> (Liesgras)	<u>W</u>	II		.		+	+			+	.		+	.		+		.
119 <i>Glyceria plicata</i> (Geplooid vlotgras)	<u>W</u>													.	.	.	.	.
120 <i>Gnaphalium luteo-album</i> (Bleekgele droogbloem)	<u>f</u>	III			0		.	0		0	0	-	.	.	=	-	-	0
121 <i>Gnaphalium uliginosum</i> (Moerasdroogbloem)	<u>f</u>	III		-	=	=	-	=	-	-	-	.	.	.	-	.	0	
122 <i>Gymnadenia conopsea</i> (Grote muggenorchis)	(f)	III		-	-	=	-	-	0	0	0	0	0		-		.	0
123 <i>Hammarbya paludosa</i> (Malaxis)	<u>W</u>				0		0							-	0			
124 <i>Herminium monorchis</i> (Herminium)	<u>f</u>	III		-			0			0	-	0		-				0
125 <i>Hierochloa odorata</i> (Veenreukgras)	<u>F</u>	III							?	0	-	0		=				0
126 <i>Holcus lanatus</i> (Echte witbol)	<u>f</u>	I		.	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	+	.	.
127 <i>Humulus lupulus</i> (Hop)	<u>f</u>	I												=	=	.	.	.
128 <i>Hydrocotyle vulgaris</i> (Waternavel)	<u>W</u>	III		.	=	=	.	=	-	=	-	-	-	.	=	-	=	-
129 <i>Hypericum humifusum</i> (Liggend hertshooi)	<u>f</u>						0						.	.	.	.	.	.
130 <i>Hypericum maculatum</i> (Kantig hertshooi)	<u>f</u>					0				0				.	.	.	.	.
131 <i>Hypericum tetrapterum</i> (Gevleugeld hertshooi)	<u>F</u>	II		0	.	.	.	-	=	-	-	-	.	?	=	=	-	-
132 <i>Impatiens noli-tangere</i> (Groot springzaad)	<u>F</u>	III											-		=			
133 <i>Inula britannica</i> (Engelse alant)	<u>f</u>												.	.	.	.	.	.
134 <i>Iris pseudacorus</i> (Gele lis)	<u>W</u>	I	?	.	=	=	=	=	=	=	-	-	=	=	+	=	.	.
135 <i>Juncus acutiflorus</i> (Veldrus)	<u>W</u>	II		?		?		.	0	-	-	-	.	.	.	.	.	.
136 <i>Juncus alpino-articulatus</i> (Duinrus)	<u>W</u>	III		=	=	=	=	=	-	-	-	-	=	=	.	.	.	?
137 <i>Juncus arcticus</i> (Noordse rus)	<u>F</u>	II		=	-	-	-	-	.			.						
138 <i>Juncus articulatus</i> (Zomprus)	<u>f</u>	III		=	=	=	=	=	=	=	-	-	=	=	.	-	-	.
139 <i>Juncus bufonius</i> (Greppelrus)	<u>f</u>	II	?	-	=	=	=	=	=	=	-	-	-	.	=	=	=	.
140 <i>Juncus bulbosus</i> (Knolrus)	<u>W</u>	III		?	-	-	-	-	.	-								0

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
141 <i>Juncus capitatus</i> (Koprus)	<u>F</u>	III				?													0
142 <i>Juncus compressus</i> (Platte rus)	<u>f</u>		?	?	?	.	.		0		.		.					?	
143 <i>Juncus effusus</i> (Pitrus)	<u>f</u>	II	.	+	=	+	+	+	=	-	.	+	+	.	.	=	=	=	.
144 <i>Juncus filiformis</i> (Draadrus)	<u>W</u>											.							
145 <i>Juncus inflexus</i> (Zeegroene rus)	<u>f</u>	II								0		+	.		.	=	.	-	.
146 <i>Juncus mutabilis</i> (Dwergrus)	<u>F</u>	III				-	-	0		0					0				
147 <i>Juncus squarrosus</i> (Trekruis)	<u>f</u>	II	.	-	=	0	?	.	-										
148 <i>Juncus subnodulosus</i> (Padderus)	<u>W</u>	II	0			.	=	.			-	=	?	=	+	+			
149 <i>Juncus subuliflorus</i> (Biezeknoppen)	<u>F</u>	I	=	=	+	=	-	=	-	.	-	=	?	.	=	=		?	
150 <i>Juncus tenageia</i> (IJle rus)	<u>F</u>								0										
151 <i>Juncus tenuis</i> (Tengere rus)	<u>f</u>	II		+		+	.	.		+		+			+				
152 <i>Lamium galeobdolon</i> (Gele dovenetel)	<u>a</u>	I														+			
153 <i>Lathyrus palustris</i> (Moeraslathyrus)	<u>F</u>	II	.	?					?			-			.				
154 <i>Leontodon nudicaulis</i> (Thrinicia)	<u>a</u>	II	=	=	=	=	=	=	-	-	-	-	-	=	=	=	-	-	=
155 <i>Limosella aquatica</i> (Slijkgroen)	<u>W</u>	III										+	+						
156 <i>Linum catharticum</i> (Geelhartje)	<u>a</u>	I	=	=	=	-	=	-	-	-	-	=	=	=	=	-	-	.	-
157 <i>Liparis loeselii</i> (Sturmia)	<u>W</u>	III	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	=		0	0		
158 <i>Listera ovata</i> (Grote keverorchis)	<u>a</u>	I	+	?	.	.	.	.	-	-	-	-	.	=	.	=	.		
159 <i>Littorella uniflora</i> (Oeverkruid)	<u>W</u>	III	-	=	=	=	-	-	0	-	0	0	0	=	-				
160 <i>Lotus tenuis</i> (Smalbladige rolklaver)	<u>F</u>	III												.	=	.			?
161 <i>Lotus uliginosus</i> (Moerasrolklaver)	<u>f</u>	II	.	+	+	=	=	=	=	-	-	-	.	.	=		=	-	
162 <i>Luzula multiflora</i> (Veelbloemige veldbies)	(f)	I	.	=	=	+	=	=	=	=	=	=	.	.	.	.	.	.	
163 <i>Lychnis flos-cuculi</i> (Koekoeksbloem)	<u>F</u>	II	=	=	+	=	=	=	0	-	-	=	.	-	.	=	-		
164 <i>Lycopodium inundatum</i> (Moeraswolfsklauw)	<u>W</u>	III			+	.	-	0	-	0									
165 <i>Lycopaeus europaeus</i> (Wolfspoot)	<u>W</u>	I	=	=	=	=	=	=	=	0	-	.	+	=	=	=	=	.	
166 <i>Lysimachia nummularia</i> (Peningkruid)	<u>f</u>	III							=		-	.	+	.	=	.	.		
167 <i>Lysimachia thyrsoflora</i> (Moeraswederik)	<u>W</u>	III							?			0	0		.				
168 <i>Lysimachia vulgaris</i> (Wederik)	<u>f</u>	II	0		=	=	?	=	=	-	-	-	.		=	.	-	?	
169 <i>Lythrum salicaria</i> (Kattestaart)	<u>F</u>	II	=	=	-	=	?	=	=	-	-	-	=		=	.	=		
170 <i>Mentha alopecuroides</i> (Wollige munt)	<u>f</u>														.				
171 <i>Mentha aquatica</i> (Watermunt)	<u>F</u>	II	-	=	=	=	=	=	=	-	-	-	=	-	=	=	-	-	=
172 <i>Mentha arvensis</i> (Akkermunt)	<u>f</u>	II										.	-	.					?
173 <i>Mentha longifolia</i> (Hertsmunt)	<u>f</u>		.										0						
174 <i>Mentha rotundifolia</i> (Witte munt)	(f)	I										.			=				
175 <i>Menyanthes trifoliata</i> (Waterdrieblad)	<u>W</u>	III	=	?	=		-	=				.	0		=	.			

Naam plant	A	B	Gebied															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
176 <i>Molinia caerulea</i> (Pijpestrootje)	(f)	I		=	=	=	=	=	=	=	-	=	.	-		-		=
177 <i>Monotropa hypopithys</i> (Stofzaad)	<u>a</u>	I	.	=	=	+	=	=	=	=	=	=	=	.	.			?
178 <i>Montia fontana</i> (Bronkruid)	<u>f</u>	III			?	=	.										.	.
179 <i>Myosotis cespitosa</i> (Zomp-vergeetmijnietje)	W	III	?	.	-	=	=	=	=	-	-	-	-	.	.	.	.	.
180 <i>Myosotis scorpioides</i> (Moerasvergeetmijnietje)	W	III	?		-		.	-	-	-	-	-	.	.	.	.	.	.
181 <i>Myosoton aquaticum</i> (Watermuur)	F												.	.	.	.	.	.
182 <i>Myrica gale</i> (Gagel)	F	I				=	.	=	-		-	-	.	.	.	.	.	.
183 <i>Narcissus pseudonarcissus</i> (Wilde narcis)	<u>f</u>														=	.	.	.
184 <i>Narthecium ossifragum</i> (Beenbreek)	W	III			0													.
185 <i>Nasturtium microphyllum</i> (Slanke waterkers)	W	III			-			+			.	-	+		=	=	.	.
186 <i>Nasturtium officinale</i> (Echte waterkers)	W	III						-	?	0			0		=	0		.
187 <i>Neottia nidus-avis</i> (Vogelnestje)	?	II								?	0							.
188 <i>Oenanthe aquatica</i> (Watertorkruid)	W	III					.	-					?		.	.	.	?
189 <i>Oenanthe fistulosa</i> (Pijptorkruid)	W	III					-	=						=	.	.	.	?
190 <i>Ophioglossum vulgatum</i> (Addertong)	F	II		=	-	+	=	-	=	-	.	-	0		=	=	=	.
191 <i>Orchis incarnata</i> (Vleeskleurige orchis)	F	III		=	-	=	=	-	-	0	0	-	0	-	=		?	-
192 <i>Orchis maculata</i> (Gevlekte orchis)	(f)	III	0	.	?	=	0	-	.	?		0	0	-	0		0	0
193 <i>Orchis majalis</i> (Breedbladige orchis)	<u>f</u>	III		=	?		.	-	?	0	-	0	0	.	=		0	.
194 <i>Orchis morio</i> (Harlekijn)	(f)	II		?		=	.	-	-	-	-	0	0	-	=	=	=	?
195 <i>Orchis praetermissa</i> (Rietorchis)	F	II	+	+	?	=	.	+	=	-	-	+	+	0	.	.	.	.
196 <i>Osmunda regalis</i> (Koningsvaren)	<u>F</u>	II					.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
197 <i>Oxycoccus macrocarpus</i> (Lepeltjeheide of Cranberry)	<u>F</u>	I		=	+	=	+	.	0									.
198 <i>Parnassia palustris</i> (Parnassia)	<u>f</u>	III	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	?
199 <i>Pedicularis palustris</i> (Moeraskartelblad)	W	III		-	-	-	=	?	.	0		-	0		=			.
200 <i>Pedicularis sylvatica</i> (Heidekartelblad)	<u>F</u>	II			?	=	=	-	=	-			0		.	.	.	?
201 <i>Peplis portula</i> (Waterpostelein)	W	III			=	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
202 <i>Petasites hybridus</i> (Groot hoefblad)	<u>f</u>	I										.	+		.	.	.	.
203 <i>Peucedanum palustre</i> (Melkeppe)	W																	.
204 <i>Phalaris arundinacea</i> (Rietgras)	<u>f</u>	II	.	.					=	0		.	.	.	.	.	.	.
205 <i>Phragmites australis</i> (Riet)	W	I	=	.	=	=	+	-	=	-	=	-	+	=	=	=	=	=
206 <i>Pilularia globulifera</i> (Pilvaren)	W	III				?				0								.
207 <i>Pinguicula vulgaris</i> (Vetblad)	W	III					+				0							.
208 <i>Platanthera bifolia</i> (Welriekende nachtorchis)	(f)	III			?	=	=	-	=	-								.
209 <i>Poa palustris</i> (Moerasbeemdgras)	W						.							.	.	.	.	.
210 <i>Polygonum amphibium</i> (Veenwortel)	f	I			=	+	=	=	=	=	.	.	.	=	-	=	.	.

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
211 <i>Polygonum bistorta</i> (Adderwortel)	F							0				0							
212 <i>Polygonum hydropiper</i> (Waterpeper)	W	III			.		=		?		.	.							
213 <i>Polygonum lapathifolium</i> (Knopige duizendknoop)	a	II			.				0		+	+		.		.			
214 <i>Polygonum minus</i> (Kleine duizendknoop)	W							0			+			.		.			
215 <i>Polygonum mite</i> (Zachte duizendknoop)	W	II	?							.		+				.	.		
216 <i>Populus nigra</i> (Zwarte populier)	a	I			.					.	.	.	=	.	.	.	.		
217 <i>Potentilla anglica</i> (Kruipganzerik)	a			.	?		.							.	.	.	.		
218 <i>Potentilla anserina</i> (Zilverschoon)	a	II	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
219 <i>Potentilla erecta</i> (Tormentil)	(f)	I	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	?	0	=	=	=	=	=
220 <i>Potentilla palustris</i> (Wateraardbei)	W	III	=	=	=	?	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
221 <i>Prunella vulgaris</i> (Brunel)	a	I	?	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
222 <i>Pulicaria dysenterica</i> (Heelblaadjes)	f	III					=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
223 <i>Pyrola minor</i> (Klein wintergroen)	a	II		?	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
224 <i>Pyrola rotundifolia</i> (Rondbladig wintergroen)	<u>a</u>	I	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
225 <i>Radiola linoides</i> (Dwergvlas)	<u>f</u>	III		=	=	=	=	=	=	0	=	=	=	=	=	=	=	=	=
226 <i>Ranunculus auricomus</i> (Gulden boterbloem)	(f)	I						+											
227 <i>Ranunculus flammula</i> (Egelboterbloem)	W	III	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	0	-	+	=	=	=	.
228 <i>Ranunculus lingua</i> (Grote boterbloem)	W	III						-	.	+									
229 <i>Ranunculus sceleratus</i> (Blaartrekkende boterbloem)	W	III	?	=	=	.	=	=	.	=	.	+	+	.	.	.	.	+	.
230 <i>Rhinanthus minor</i> (Kleine ratelaar)	(f)	I	?	-	=	.	-	.	-	-	-	.	.	?	.	-	.	.	.
231 <i>Rhinanthus serotinus</i> (Grote ratelaar)	(f)	II		-	=	.	-	=	-	-	.	=	=	.	-	.	.	.	?
232 <i>Rhynchospora alba</i> (Witte snavelbies)	W	III			0			0						.					
233 <i>Rhynchospora fusca</i> (Bruine snavelbies)	W	III			0			0											
234 <i>Ribes nigrum</i> (Zwarte bes)	<u>F</u>	I						?											
235 <i>Roegneria canina</i> (Hondstarwegras)	f											.							
236 <i>Rorippa amphibia</i> (Gele waterkers)	W	III	?	.	-	.			.			+							
237 <i>Rorippa islandica</i> (Moeraskers)	f	III		+	.	+	=	+	.		+	+	+						
238 <i>Rorippa prostrata</i> (Middelste waterkers)	W													+					
239 <i>Rorippa sylvestris</i> (Akkerkers)	a	II												.					
240 <i>Rumex aquaticus</i> (Paardezuring)	W	III												.					
241 <i>Rumex hydrolapathum</i> (Waterzuring)	W	II	?	=	=	.	=	=	.	.	.	.		=	.	.	.	=	.
242 <i>Rumex maritimus</i> (Zeezuring)	W	III		.	=		+		-		.	+		.	.	.	.	-	?
243 <i>Rumex palustris</i> (Moeraszuring)	W								?	0	.	.		.	.	.	.	.	.
244 <i>Rumex sanguineus</i> (Bloedzuring)	f								.		.	.		-	.	.	.	.	.
245 <i>Sagina nodosa</i> (Sierlijke vetmuur)	<u>f</u>	III	=	.	=	-	=	-	-	0	0	-	-	?	=	.	-	?	-

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
246 <i>Sagittaria sagittifolia</i> (Pijlkruid)	W	III								0	.	.							
247 <i>Salix alba</i> (Schietwilg, knotwilg)	W	I	.	.			=	.	.	?	-	+	.	.			=	=	
248 <i>Salix aurita</i> (Geoorde wilg)	F	II	.	.	-	.	.	=	?	.	.	.	-	.	.				
249 <i>Salix cinerea</i> (Grauwe wilg)	F	I	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	-	+	-	.	.	=	=
250 <i>Salix fragilis</i> (Kraakwilg)	W										.	+	=	.					
251 <i>Salix pentandra</i> (Laurierwilg)	W	II			=														
252 <i>Salix purpurea</i> (Bittere wilg)	$\overline{W}$	II	.			.	.		.		.	+		+		-	+		
253 <i>Salix repens</i> (Kruipwilg)	a	I	=	=	=	=	=	=	=	=	.	=	=	+	.	=	=	.	
254 <i>Salix triandra</i> (Amandelwilg)	W					.					-	+		.	-	-			
255 <i>Salix viminalis</i> (Katwilg)	W		.			.					.	+		.	.	.	0		
256 <i>Samolus valerandi</i> (Waterpunge)	W	III	-	=	-	=	-	=	0	-	.	.	.	=	=	-	-	=	
257 <i>Schoenus nigricans</i> (Knopbies)	$\overline{W}$	II	-	=	=	=	-	-	-	-	-	-	-	=	-				
258 <i>Scirpus cespitosus</i> (Veenbies)	$\overline{F}$	III				.	0	0											
259 <i>Scirpus lacustris</i> (Mattenbies)	$\overline{W}$	II	?	=	=	-	=	=	.	.	-	.	=	=	=	=	.	-	-
260 <i>Scirpus maritimus</i> (Zeebies)	W	II	.	=	=	=	=	=	.	?	.	.	=	-	=	.	=	.	
261 <i>Scirpus planifolius</i> (Platte bies)	F	III					0				0	0	=	+	=	-			
262 <i>Scirpus setaceus</i> (Dwergbies)	$\overline{f}$	III	?	-	.	=	.	.	-	-	-	0	-	=	-	-	?		
263 <i>Scirpus sylvaticus</i> (Bosbies)	$\overline{F}$						-				.	0							
264 <i>Scrophularia auriculata</i> (Geoord helmkruid)	$\overline{W}$	III									.								
265 <i>Scrophularia neesii</i> (Middelst helmkruid)	W								0		.	.	=	.	.				
266 <i>Scutellaria galericulata</i> (Blauw glidkruid)	F	I	+	=		-	-	=	-	-	.	-	-	=	.	.	=		
267 <i>Senecio aquaticus</i> (Waterkruiskruid)	W	III	?	+	.		?	=			.	+		.	.				
268 <i>Senecio congestus</i> (Moerasandijvie)	W	III						=			.	+		.	.				
269 <i>Senecio fluviatilis</i> (Lancetbladig kruiskruid)	W										.	.							
270 <i>Sium erectum</i> (Kleine watereppe)	W	III	?	.	=	.	-				.	.	+		=	.	-		
271 <i>Sium latifolium</i> (Grote watereppe)	W	III	?				0				.	.		=					
272 <i>Solanum dulcamara</i> (Bitterzoet)	(f)	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	=	.	=	.	.	.	=
273 <i>Sonchus palustris</i> (Moerasmelkdistel)	F	II				.		+						.					
274 <i>Sparganium emersum</i> (Kleine egelskop)	W						0	0	0		.	-		.					
275 <i>Sparganium erectum</i> (Grote egelskop)	W	III	.	=	.		-	-	0		.	-		=	-				
276 <i>Spiranthes spiralis</i> (Herfstschroeforchis)	a	III			0											-	0		
277 <i>Stachys palustris</i> (Moerasandoorn)	$\overline{f}$	III	.		.		=	.	?		.	=		=	=				?
278 <i>Stellaria alsine</i> (Moerasmuur)	F	III		.	.				=		.				.	.			
279 <i>Stellaria palustris</i> (Zeegroene muur)	f		.	.			?	=			.	0				?			
280 <i>Succisa pratensis</i> (Blauwe knoop)	( $\overline{f}$ )	III					-				-	0		-		=	?		

Naam plant	A	B	Gebied																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
281 <i>Symphytum officinale</i> (Smeerwortel)	f	II					.		=		.	.	=	=	+	.	.	.	
282 <i>Teucrium scordium</i> (Moerasgamander)	W	III												=					
283 <i>Thalictrum flavum</i> (Poelruit)	F	III			?		.		-		-		.			-			
284 <i>Thelypteris palustris</i> (Moerasvaren)	W	III		+	.		.	=	=	0		-		.					
285 <i>Trientalis europaea</i> (Zevenster)	F			-	.	.													
286 <i>Trifolium fragiferum</i> (Aardbeiklaver)	f	III	=	.	=	=	=	=	=					=	-	=	-	.	.
287 <i>Trifolium micranthum</i> (Kleinste klaver)	a	III		.			.							.	-	.	.		
288 <i>Triglochin palustris</i> (Moeraszoutgras)	W	III	?	.		.	.	.	.	.	.			.	=	.	.	.	?
289 <i>Typha angustifolia</i> (Kleine lisdodde)	W	II			=	=	.	=	=	0	+	+	+	=	.	.	.		
290 <i>Typha latifolia</i> (Grote lisdodde)	W	II			=	=	.	=	=	+	+	+	+	=	.	.	.		
291 <i>Vaccinium uliginosum</i> (Rijsbes)	F	II	.	=	=	-			0										
292 <i>Valeriana dioica</i> (Kleine valeriaan)	F					.	.		?				0	=					
293 <i>Valeriana officinalis</i> (Echte valeriaan)	f	I	=	-	+	+	=	=	.	-	-	=	-	=	.	-	.	?	
294 <i>Veronica anagallis-aquatica</i> (Blauwe water-ereprijs)	W	III			?			-	-		.	-		=	.	.			
295 <i>Veronica beccabunga</i> (Beekpunge)	W	III			?		.				.	-		=	.	-			
296 <i>Veronica catenata</i> (Rode waterereprijs)	W	III		=	=	.	+				+	.	.	.	.	.	.	.	
297 <i>Veronia longifolia</i> (Langbladige ereprijs)	F											+		.	.	.	.		
298 <i>Veronica scutellata</i> (Schildbladige ereprijs)	W	III		-	=	-	.					-		.	.	.	.	0	.
299 <i>Veronica serpyllifolia</i> (Tijmbladige ereprijs)	a			.							.	.		.	.	.	.		
300 <i>Viburnum opulus</i> (Gelderse roos)	F	II	=		.		=	?	-	=	.	.	-	=	.	.	.		
301 <i>Viola palustris</i> (Moerasviooltje)	W	III			?			0									.		

## Literatuur

- Abrahamse, J., G.J. Borghuis, C. v.d. Burgt, J.D. Buwalda, T. Edelman, R.J. de Glopper, H. Halbertsma, J.Tj. Piebenga, H.W. Rozema en L.M.J.U. van Straaten, 1964. Het Waddenboek. 223 p.
- Adriani, H.I. & E. van der Maarel, 1968. Voorne in de branding. Stichting Wetenschappelijk Duinonderzoek.
- Anonymus 1974. Nota ruimtelijke ordening. Oriënteringsnota ruimtelijke ordening. Eerste deel van de derde nota over ruimtelijke ordening. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage. 124 p.
- Anonymus, 1977. Eilanden onder de voet. Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, Harlingen.
- Anonymus, 1977. Samenvatting globaal ecologisch model. Ministerie van volkshuisvesting en ruimtelijke ordening, Den Haag.
- Bagnold, R.A., 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen London.
- Bakker, W.T. & D.Sj. Joustra, 1970. Studierapport W.W.K. 70-12. Rijkswaterstaat, afdeling kustonderzoek.
- Bennema, J., 1954. Bodem- en zeespiegelbeweging in het Nederlandse kustgebied. Dissertatie Wageningen.
- Beukeboom, Th.I., 1976. The hydrology of the Frisian islands. Dissertatie Amsterdam.
- Boerboom, J.H.A., 1963. Het verband tussen bodem en vegetatie in de Wassenare duinen. Boor en spade 13: 120-155.
- Boerboom, J.H.A., 1964. Microklimatologische waarnemingen in de Wassenare duinen. Mededelingen LH Wageningen, 64-3.
- Bijhouwer, J.T.P., 1926. Geobotanische studie van de Berger duinen. Dissertatie Wageningen.
- Croin Michielsens, N. (ed.), 1974. Meyendel. Duin-water-leven, W. van Hoeve, Den Haag. 271 p.
- Depuijdt, F., 1972. De Belgische strand- en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust. Koninklijke Academie van Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten, Brussel.
- Dieren, J.W. van, 1934. Organogene Dünenbildung. M. Nijhoff, Den Haag. 304 p.
- Doing, H., 1966. Beschrijving van de vegetatie der duinen tussen IJmuiden en Camperduin. Mededelingen LH Wageningen 66 (13). p. 1-63.
- Doing, H., 1974. Landschapsoecologie van de duinstreek tussen Wassenaar en IJmuiden. Mededelingen LH Wageningen 74-12.
- Dubois, E., 1909. De prise d'eau der Haarlemsche Waterleiding. Haarlem.
- Dijk, H.W.J. van, 1979. Invloeden van waterwinning door infiltratie op de spontane kruidenvegetatie. Rapport in de loop van dit jaar (1979) te verschijnen bij het ministerie van volksgezondheid en milieuhygiëne.
- Eeden, F.W. van, 1866. De duinen en bosschen van Kennemerland, 1872. De omstreken van Alkmaar. 1885. Terschelling. In: Eeden, F.W. van, 1974. Onkruid. Heruitgave, Haarlem.
- Edelman, T., 1967. Vormverandering aan zandige kusten-Dl.II: het dwarstransport en het materiaaltransport haaks op de kust. Studierapport Rijkswaterstaat 67-3.
- 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.
- Engelmoer, M. & P. Hendriksma, 1979. Veranderingen in de vegetatie van het Kapenglop op Schiermonnikoog tussen 1965 en 1977. Studentenverslag Universiteit van Groningen (in prep.).
- Gevers, T., 1826. Verhandeling over het toegankelijk maken van de duinvalleien langs de kust van Holland. Amsterdam.
- Goethart, I.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.
- Gremmen, N.I.M. & J.W.P.M. Kremers, 1971. De flora van de Nederlandse, Duitse en Deense Waddeneilanden. Universiteit Nijmegen.
- Hageman, B.P., 1964. Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, blad Goeree en Overflakkee. R.G.D., Haarlem.
- Hageman, B.P., 1975. Geologische kaart 1:50.000, blad 37W (Rotterdam). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

- Holkema, F., 1870. De plantengroei der Nederlandsche Noordzee-eilanden Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog en Rottum. Dissertatie Amsterdam.
- Huisman, L., 1972. Groundwater Recovery. Macmillan Press Ltd., London.
- 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. Nwe Serie no. 21.
- Jelgersma, S., 1961. Holocene sea level changes in the Netherlands. Dissertatie Leiden.
- Jelles, J.G.G., 1968. Geschiedenis van beheer en gebruik van het Noordhollands duinreservaat. Mededeling no. 87/1968. ITBON Arnhem.
- Klimaatatlas van Nederland, 1970. KNMI De Bilt.
- Labrijn, A., 1945. Het klimaat van Nederland gedurende de laatste twee en halve eeuw. KNMI-mededeling no. 102.
- Lamb, H.H., 1977. Climate, present, past and future. Methuen and Co. Ltd. London.
- Leentvaar, P., 1963. Dunewaters in the Netherlands I. Quackjeswater, Breede Water and Vogelmeer. Acta Botanica Neerlandica 12: 498-520.
- Leentvaar, P., 1967. Duinmeren II. Zwanewater, Muy, Oerd en Van Hunenplak. RIN-Rapport.
- Leser, H., 1976. Landschaftsökologie. Ulmer Uni-Taschenbücher 521.
- Londo, G., 1966. De huidige flora van het infiltratiegebied bij Zandvoort in vergelijking met andere natte duinvalleien in heden en verleden. De Levende Natuur 69: 145-151.
- Londo, G., 1971. Patroon en proces in duinvalleivegetaties langs een gegraven meer in de Kennemerduinen. Verhandelingen nr. 2 RIN, Leersum.
- Londo, G., 1975a. Infiltreren is nivelleren. De Levende Natuur 78: 74-79.
- Londo, G., 1975b. Nederlandse lijst van hydro-, freato- en afreatofyten. RIN-Rapport.
- Louwe Kooymans, L.P., 1974. The Rhine-Maas Delta: Four studies on its prehistoric occupation and Holocene Geology. Dissertatie Leiden.
- Makkink, G., 1962. Vijf jaren lysimeteronderzoek. Verslagen van landbouwkundige onderzoeken 68-1, Pudoc, Wageningen, 1962. 241 p.
- Nota ruimtelijke ordening, 1974. Oriënteringsnota ruimtelijke ordening. Eerste deel van de derde nota over ruimtelijke ordening. Staatsuitgeverij 's Gravenhage. 124 p.
- Odm, E.P., 1971. Fundamentals of ecology. 3rd Ed., W.B. Saunders Comp.
- Pons, L.J. & M.F. van Oosten, 1976. De bodem van Noordholland. Stiboka Wageningen.
- Ranwell, D.S., 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, London.
- Rapport, 1940. Rapport van de commissie drinkwatervoorziening van het westen des lands. Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening, Den Haag.
- Rummelen, F.F.F.E. van, 1965. Toelichting bij de geologische kaart van Nederland (1:50.000), blad Zeeuws Vlaanderen-west. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Rummelen, F.F.F.E. van, 1970. Toelichting bij de geologische kaart van Nederland (1:50.000), blad Schouwen-Duiveland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Rummelen, F.F.F.E. van, 1972. Toelichting bij de geologische kaart van Nederland (1:50.000), blad Walcheren. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Salisbury, E.J., 1925. Note on the edaphic succession in some dune soils with special reference to the time factor. Journal of ecology 13: 322.
- Salisbury, E.J., 1952. Downs and dunes. Bell, London.
- Schoorl, H., 1972. Zeshonderd jaar water en land. Bijdrage tot de historische geo- en hydrografie van de Kop van Noord-Holland in de periode 1150-1700. Groningen.
- Staalduinen, C.J. van, et al., 1977. Geologisch onderzoek van het Nederlands Waddengebied. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Stoutjesdijk, Ph., 1961. Micrometeorological measurements in vegetations of various structure. Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen. C.64.
- Straaten, L.M.J.U. van, 1961. Directional effects of winds, waves, and currents along the Dutch North Sea Coast. Geologie en Mijnbouw: 333-350 en 363-391.
- Straaten, L.M.J.U. van, 1965. Coastal barrier deposits in South- and North-Holland. In: Mededeling Geologische Stichting. Nieuwe serie 17. p. 41-75.
- Strack, O.D.L., 1971. Stationaire problemen. In: Stroming zout grondwater. Stichting Post-academiale Vorming, Delft.
- Structuurschema drink- en industriewatervoorziening, 1972. Ministerie van volksgezondheid en milieuhygiëne, Den Haag.
- Svasek, J.N. & J.H.J. Terwindt, 1974. Measurements of sand transport by wind on a natural beach. Sedimentology 21: 311-322.
- Thijsse, J.P. & E. Heimans, 1898. In de duinen.
- Thijsse, J.P., 1927. Texel. Verkade-album, Zaandam.
- Tienjarenplan, 1978. Vereniging van exploitanten van waterleidingbedrijven in Nederland, Rijswijk.
- Twent, A.P., 1805. Wandelingen naar de zeeduinen van Wassenaar tot dicht aan Scheveningen.

- Veenstra, H.J., 1976. Getijdenlandschap: structuur en dynamiek. In: Abrahamse (ed.), 1976. Waddenzee. Uitg. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten & Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee.
- Vermeulen, A.J., 1977. Immissie-onderzoek met behulp van regenvangers; opzet, ervaringen en resultaten. Rapport provinciale waterstaat Noordholland.
- Verruijt, A., 1970. Theory of groundwaterflow. Macmillan Press ltd., London.
- Volmuller, I.L., 1972. Een concept van ontwateringseisen voor bos aan de hand van de evapotranspiratie van bos en de invloed van bos op het grondwater en omgekeerd. Ingenieurs-scriptie LH Wageningen.
- Vries, V. de, 1950. Vlieland, landschap en plantengroei. Leiden, Brill.
- Vuyck, L., 1898. De plantengroei der duinen. Dissertatie Leiden.
- Werf, S. van der, 1974. Infiltratie: met water meer plant. In: Croin Michielsen, N., 1974, Meyendel, W. van Hoeve, Den Haag. p. 226-230.
- Westhoff, V., 1947. The vegetation of dunes and saltmarshes on the dutch islands of Texel, Vlieland and Texel. Dissertatie Den Haag.
- Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme en Cie, Zutphen.
- Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo, 1970. Wilde planten, deel 1. Amsterdam.
- Willis, A.I. & E.W. Yemm, 1961. Mineral nutrient status of the dune soils. Journal of ecology 49: 377-390.
- Wilson, K., 1960. The time factor in the development of dune soils at South Haven Peninsula, Dorset. Journal of ecology 48: 341-359.
- Zagwijn, W.H., 1975. De paleogeografische ontwikkeling van Nederland in de laatste drie miljoen jaar. Tijdschrift Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap 9; no. 3.
- Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen, 1975. Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

