

32/446(166) 2<sup>o</sup> ex

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

**Een ecohydrologische systeembeschrijving van het landinrichtings-  
gebied Ochten-Opheusden**

**J.R. Mulder  
E.T.M. Overkamp  
F. Brouwer  
M. Knotters**

**Rapport 166**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1992**

+ 29 lrt.  
+ 1 bijl.



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0759 8481

ISBN 553262 \*

## REFERAAT

Mulder, J.R., E.T.M. Overkamp, F. Brouwer en M. Knotters, 1992. *Een ecohydrologische systeembeschrijving van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 166; 170 blz.; 24 kaarten, 17 foto's; 32 fig.; 30 tab.

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht is een ecohydrologische systeembeschrijving van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden opgesteld op basis van abiotische en biotische gegevens. Er zijn twee hoofdsystemen onderscheiden: het binnendijkse gebied en de uiterwaarden met resp. 5 en 4 subsystemen. Substelsysteem 1 betreft gebieden met matige en zwakke wegzijging van de ondiepe stromingssystemen met plaatselijk stroomdalsoorten, substelsysteem 2 gebieden met zwakke wegzijging en zwakke kwel van de ondiepe en middeldiepe stromingssystemen, substelsysteem 3 gebieden met wisselende wegzijging en kwel, substelsysteem 4 gebieden met kwel van het middeldiepe systeem, en substelsysteem 5 het centrale komgebied met kwelvensters van het Veluwesysteem. Substelsystemen 6 en 7 betreffen resp. de onbekade en bekade uiterwaarden van de Nederrijn, en substelsystemen 8 en 9 resp. de onbekade en bekade uiterwaarden van de Waal. Stroomdalvegetaties, natte graslandvegetaties, moeras- en pioniervegetaties, kwelindicatoren en mesotrafente water- en helofytenvegetaties vormen de belangrijkste vegetaties voor natuurontwikkeling. Om de vegetatieontwikkeling in de kansrijke gebieden in gang te zetten, is een afname van de menselijke beïnvloeding van primair belang.

Trefwoorden: geologie, zanddiepte, geomorfologie, hydrologie, rivierdynamiek, ecotooptypen, vegetatietypen, aandachtsoorten, systeembeschrijving, natuurontwikkeling.

ISSN 0927-4499

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen  
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het DLO-Staring Centrum.

Project 3313

[125IS.04.92]

## INHOUD

		blz.
	WOORD VOORAF	13
	SAMENVATTING	15
1	INLEIDING	23
1.1	Doel van het onderzoek	23
1.2	Ligging van het gebied	24
1.3	Rapport en kaarten	25
2	HET ABIOTISCHE PATROON VAN HET BINNENDIJKSE GEBIED	27
2.1	Geologie	27
2.1.1	Materialen en methode	27
2.1.2	Resultaten	28
2.1.2.1	Formatie van Kreftenheye	28
2.1.2.2	Betuwe Formatie	29
2.1.2.3	Discussie	32
2.2	Bodem	33
2.2.1	Materialen en methode	33
2.2.2	Resultaten	33
2.2.3	Discussie	35
2.3	Zanddiepte	35
2.3.1	Materialen en methode	36
2.3.2	Resultaten	36
2.3.3	Discussie	37
2.4	Geomorfologie	37
2.4.1	Materialen en methode	37
2.4.2	Resultaten	37
2.5	Hydrologie	39
2.5.1	Agrohydrologie	39
2.5.1.1	Materialen en methode	39
2.5.1.2	Resultaten	39
2.5.1.3	Discussie	40
2.5.2	Geohydrologie	40
2.5.2.1	Materialen en methode	41
2.5.2.2	Resultaten	44
2.5.2.3	Discussie	48
2.5.3	Conclusie	50
2.6	Geohydrologische systeembeschrijving	51
3	HET ABIOTISCHE PATROON VAN DE UITERWAARDEN	55
3.1	Geologie en bodem	55
3.1.1	Materialen en methode	56
3.1.2	Resultaten	56

	blz.	
3.2	Geomorfologie	57
3.2.1	Materialen	57
3.2.2	Methode	58
3.2.3	Resultaten	59
3.3	Overstromingsduur	60
3.3.1	Materialen	60
3.3.2	Methode	61
3.3.3	Resultaten	63
3.3.4	Discussie	63
3.4	Grondwater	63
3.4.1	Materialen en methode	63
3.4.2	Resultaten	64
3.4.3	Discussie	64
4	<b>HET BIOTISCHE PATROON VAN HET BINNENDIJKSE GEBIED EN DE UITERWAARDEN</b>	<b>67</b>
4.1	Methode, schaal en detaillering	67
4.1.1	Ecotooptypen	68
4.1.2	Vegetatietypen	69
4.1.3	Aandachtssoorten	70
4.1.4	Opgaande begroeiing	70
4.1.5	Visuele kwelverschijnselen	71
4.2	Resultaten en interpretatie	71
4.2.1	Watervegetaties en voedselrijkdom	72
4.2.2	Visuele kwelverschijnselen	73
4.2.3	Watervegetaties en kwel	75
4.2.4	Moerasvegetaties	77
4.2.5	Graslandvegetaties	79
4.2.6	Vegetaties van hagen, struwelen en populierenbossen	84
4.3	Veranderingen in de vegetatie	85
4.4	Potentiële vegetatie	87
4.4.1	De potentiële natuurlijke vegetatie van het binnendijkse gebied	88
4.4.2	De potentiële natuurlijke vegetatie van de uiterwaarden	89
5	<b>DE ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING</b>	<b>91</b>
5.1	De ecohydrologische systeembeschrijving van het binnendijks gebied	91
5.1.1	Subsysteem 1, gebieden met matige en zwakke wegzijging	93
5.1.2	Subsysteem 2, gebieden met zwakke wegzijging en zwakke kwel	94
5.1.3	Subsysteem 3, gebieden met wisselende wegzijging en kwel	97
5.1.4	Subsysteem 4, gebieden met kwel van het middeldiepe systeem	98
5.1.5	Subsysteem 5, gebieden met kwelvensters van het diepe systeem	98
5.1.6	De bandijken	99

	blz.
5.2 De ecohydrologische systeembeschrijving van de uiterwaarden	99
5.2.1 Substelsysteem 6, de onbekade uiterwaarden van de Nederrijn	100
5.2.2 Substelsysteem 7, de bekende uiterwaarden van de Nederrijn	101
5.2.3 Substelsysteem 8, de onbekade uiterwaarden van de Waal	103
5.2.4 Substelsysteem 9, de bekende uiterwaarden van de Waal	105
6 MOGELIJKHEDEN VOOR NATUURONTWIKKELING	107
7 EVALUATIE	111
LITERATUUR	117
AANHANGSELS	
1 Digitale verwerking/manipulatie van de verzamelde gegevens	127
2 Sleutel voor de vegetatiekartering	129
2.1 Overzicht van de volledige vegetatie-typologie	129
2.2 Karteringssleutels	133
3 Beschrijving van de vegetatietypen	153
FOTO'S	
1 Een "wel" in een bevroren sloot langs de Bonegraafse Weg	74
2 Slootje in het Eldiksche Veld met matig voedselrijk water indicerende vegetatie van o.a. kranwier, Chara vulgaris, brede waterpest en pijlkruid	74
3 Klein vlooienkruid op de drooggevallede oeverzone van een kleiput in de Hiensche Uiterwaarden	78
4 Droogvallende oeverzone van de vergraven Hiensche Strang bij lage waterstand van de Waal, met uiterst links een aanzet tot ontwikkeling van een zachthoutoobos	78
5 Tweejarige exemplaren van de zwarte populier te midden van schietwilgen op de recent vergraven oever van de Hiensche Strang	80
6 Een gevarieerde moeras- en struweelvegetatie in de Gouverneursche Polder; het resultaat van enkele jaren ongestoorde vegetatie-ontwikkeling in een kleinschalige klei-afgraving	80
7 Vochtige graslandvegetatie op afgeticheld perceel in de Wolfswaard met o.a. late ogentroost, smeerwortel, watermunt en moerasvergeet-mij-nietje	82
8 Kweekvegetatie op een jonge, zandige oeverwal langs de Waal	82
9 Afgetakelde meidoornhaag in de Gouverneursche Polder	90

	blz.
10 "Sprung" direct achter de Marsdijk nabij "De Ambtse"	90
11 Bacteriefilm op kwelwater in de Oude Rijn	92
12 Spontane bosontwikkeling langs de Oude Rijn (Marspolder) met o.a. zwarte els en es	92
13 Bloemrijke stroomdalvegetatie op de Oude Rijndijk met o.a. viltig kruiskruid, gewoon knoopkruid en wilde marjolein	102
14 Laagwater in de Gouverneursche Polder met strandvlakte en rivierduin	102
15 Hoogwater in de Gouverneursche Polder met drooggebleven plek	104
16 Watergentiaanvegetatie in de Kostverloren Strang. Dergelijke vegetaties zijn als gevolg van enkele zomerhoogwaters nog slechts op enkele plaatsen in de Waaluitwaerden te vinden	104
17 Het vastleggen van de Waaloevers met stortsteen betekent het einde van het dynamisch oevermilieu	109
 TABELLEN (apart gebundeld)	
1 Overzicht van het Kwartair vanaf het Holsteinien	179
2 Indeling van het Holoceen	180
3 Administratieve gegevens van IGG-TNO-potentiaalbuizen	181
4 Grondwaterstanden in de periode 8-8-1990 tot 15-4-1991 in de potentiaalbuizen	182
5 Analysecijfers van waterkwaliteitsmonsters op 6-9-1990, 31-1-1991 en 24-6-1991	183
6 Analysecijfers van waterkwaliteitsmonsters, soortelijk elektrisch geleidingsvermogen en zuurgraad, op 6-9-1990, 31-1-1991 en 24-6-1991	185
7 Analysecijfers van referentiemonsters	186
8 Verwantschap in de chemische samenstelling van water tussen eigen monsters en referentiemonsters, op 6-9-1990, 31-1-1991 en 24-6-1991	187
9 Verwantschap in de chemische samenstelling van water tussen de monsters in de raai Rijn-Waal en de referentiemonsters Rijnwater en Grondwater in de zomer- en winterperiode	188
10 Verwantschap in de chemische samenstelling van water tussen de potentiaal- en landbouwbuizen, en de referentiemonsters Rijnwater en Grondwater in de zomer- en winterperiode	188
11 Verwantschap in de chemische samenstelling tussen mengmonsters (Grondwater-Angeren en Rijnwater) en het referentiemonster Grondwater-Veluwe met het berekende elektrisch geleidingsvermogen	189
12 Indeling van de uiterwaarden naar reliëf en terreinvorm	190
13 Overstromingsfrequenties van polders in het groeiseizoen (1 april-31 oktober)	191

	blz.
14 Ecotootypen	192
15 Gewogen gemiddelde trofie-getallen van de waterlaag voor de aanwezige vegetatietypen op basis van het gewogen gemiddelde ortho-fosfaatgehalte van de soorten	193
16 Lijst van aandachtssorten	194
17 Waterkwaliteit in relatie tot de vegetatie, getoetst aan de analysegegevens van 31-1-1991	196
18 Vergelijking wateropnamen provincie Gelderland (1978 -1985) met karteringsresultaten Heidemij (1990)	198
19 Indeling vegetatieopnamen provincie versus Heidemij in trofieklassen	199
20 Absoluut en procentueel aandeel van de graslandtypen voor de uiterwaarden, gezien voor de karteringen van de provincie Gelderland en Heidemij Adviesbureau	200
21 Relatie bodemeenheid, grondwatertrap en potentiële natuurlijke vegetatie voor het binnendijkse gebied	201
22 De potentieel natuurlijke vegetatie van het binnendijkse gebied met bijbehorende vervangingsgemeenschappen en de verwantschap met de voor Ochten-Opheusden gebruikte vegetatietyologie	202
23 De potentieel natuurlijke vegetatie van de uiterwaarden met bijbehorende vervangingsgemeenschappen en de verwantschap met de voor Ochten-Opheusden gebruikte vegetatietyologie	203
24 Syntaxonomische verwantschap van de watervegetaties	204
25 Syntaxonomische verwantschap van de moerasvegetaties	205
26 Syntaxonomische verwantschap van de graslanden	206
27 Syntaxonomische verwantschap van de ruigten en akkers	206
28 Syntaxonomische verwantschap van de kruidachtige, lijnvormige vegetaties	206
29 Syntaxonomische verwantschap van de grienden, struwelen en hagen	206
30 Syntaxonomische verwantschap van de singels, houtwallen, bossen en kapvlakten	206
 FIGUREN (apart gebundeld)	
1 Ligging van het gebied	209
2 Hoogteligging van het gebied	210
3 Ligging van de landbouwbuizen en rivierpeilmerken	211
4 Dwarsprofiel tussen Waal en Rijn met gemeten grondwaterstanden op 8-8-1990, 28-8-1990 en 25-9-1990	212
5 Dwarsprofiel tussen Waal en Rijn met gemeten grondwaterstanden op 29-10-1990, 22-11-1990 en 13-12-1990	212
6 Dwarsprofiel tussen Waal en Rijn met gemeten grondwaterstanden op 8-1-1991, 30-1-1991 en 28-2-1991	213

	blz.	
7	Ligging van de potentiaalbuizen	214
8	Grondwaterstanden in potentiaalbuizen P110h, P110 en landbouwbuis S29	215
9	Grondwaterstanden in potentiaalbus P60 en landbouwbuis S27	215
10	Grondwaterstanden in potentiaalbus P170 en landbouwbuis S26	216
11	Grondwaterstanden in potentiaalbuizen P300(1), P300(2) en P300(3)	216
12	Grondwaterstanden in potentiaalbus PS1 en landbouwbuis S11	217
13	Grondwaterstanden in potentiaalbus PS2 en landbouwbuisen S23 en S25	217
14	Grondwaterstanden in potentiaalbus PS3 en landbouwbuis S28	218
15	Grondwaterstanden in potentiaalbus S13d en landbouwbuis S13	218
16	Ligging van de monsterplekken voor kwaliteitsmetingen van oppervlaktewater	219
17	Rivierstanden van Rijn, Linge en Waal	220
18	Waterstanden van de Linge	220
19	Locaties met kwel van de ondiepe en middeldiepe systemen	221
20	Locaties met wegzijging van de ondiepe en middeldiepe systemen	222
21	Locaties van watermonsters en hun type op 31-1-1991	223
22	Locaties van watermonsters en hun type op 24-6-1991	224
23	Verwantschap van monsters met referentiemonsters LiHdu en Th	225
24	Rivierdynamiek	226
25	Staafdiagrammen van de verschuivingen van de graslandtypen	226
26	Verschuiving binnen graslandtype G5	227
27	Verschuiving binnen graslandtype G7	227
28	Verschuiving binnen graslandtype G9	227
29	Verschuiving binnen graslandtype G10	227
30	Verschuiving binnen graslandtype G11	227
31	Ecologisch diagram voor de potentiële natuurlijke ooibosvegetaties en rivierdynamiek in het Nederlandse rivierengebied	228
32	Dwarsdoorsnede	229

#### BIJLAGEN

- 1 Geologische kaart, schaal 1 : 25 000
- 2 Zanddieptekaart, schaal 1 : 25 000
- 3 Kaart van het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) van het oppervlaktewater, schaal 1 : 25 000
- 4 Geohydrologische kaart, schaal 1 : 25 000
- 5 Bodemkaart van de uiterwaarden, schaal 1 : 25 000



- 6 Geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000
- 7 Kaart van de morfodynamiek, schaal 1 : 10 000
- 8 Overstromingsduren- en GLG-kaart, schaal 1 : 10 000
- 9 Kaart met de verspreiding van de vegetatietypen, schaal 1 : 10 000
- 10 Kaart met de verspreiding van aandachtsoorten, schaal 1 : 10 000
- 11 Kaart met opgaande begroeiing in de uiterwaarden, schaal 1 : 10 000
- 12 Kaart met visuele kwelverschijnselen, schaal 1 : 10 000
- 13 Kaart met de voedselrijkdom van het oppervlaktewater, geïndiceerd door de watervegetatie, schaal 1 : 25 000
- 14 Kaart met de verspreiding van visuele kwelverschijnselen, schaal 1 : 25 000
- 15 Kaart met de verspreiding van mogelijke kwelindicatoren, schaal 1 : 25 000
- 16 Kaart met het totaalbeeld van de verspreiding van kwelindicatoren, schaal 1 : 25 000
- 17 Kaart met de verspreiding van enkele pioniersoorten kenmerkend voor het rivierengebied, schaal 1 : 25 000
- 18 Kaart met de verspreiding van enkele typen moerasvegetaties en moerasplanten, schaal 1 : 25 000
- 19 Kaart met de verspreiding van vegetatietypen en soorten van vochtige graslanden en slootkanten, schaal 1 : 25 000
- 20 Kaart met de verspreiding van gradiëntsoorten, schaal 1 : 25 000
- 21 Kaart met de verspreiding van stroomdalvegetaties en -soorten, schaal 1 : 25 000
- 22 Indicatieve kaart van vlakvormige vegetaties in de uiterwaarden, schaal 1 : 10 000
- 23 Kaart van de ecohydrologische systemen, 1 : 25 000
- 24 Kaart van de kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling, 1 : 10 000

## WOORD VOORAF

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht heeft het DLO-Staring Centrum een ecohydrologische systeembeschrijving van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden opgesteld op basis van abiotische en biotische gegevens. Het onderzoek werd uitgevoerd van juli 1990 tot december 1991 door medewerkers van het DLO-Staring Centrum (SC-DLO) en van Heidemij Adviesbureau BV (HA) Arnhem, nl.:

Ing. F. Brouwer (SC-DLO): veldbodemkundig onderzoek, automatische verwerking en rapportage: grond- en oppervlaktewater;

P. Harbers (oud-medewerker STIBOKA) en

Ing. E. Kiestra (SC-DLO): veldbodemkundig onderzoek;

Ing. M. Knotters (SC-DLO): onderzoek naar het abiotische patroon van de uiterwaarden en rapportage;

Drs. J. van der Linden (HA): vegetatie-onderzoek;

Ing. E.T.M. Overkamp (HA): vegetatie-onderzoek en rapportage;

J.R. Mulder (SC-DLO): projectleiding en rapportage;

Drs. J.A.M. ten Cate (SC-DLO): organisatorische leiding.

Voorts is dankbaar gebruik gemaakt van de diensten en kennis binnen het DLO-Staring Centrum van:

- hoofdafdeling Waterbeheer, afd. Geohydrologie: ing. K.E. Wit, J.G. te Beest en L. Honkoop;
- hoofdafdeling Landinventarisatie en Landevaluatie, afd. Bodem, bos en natuur: drs. R.H. Kemmers;
- hoofdafdeling Landschapsontwikkeling, afd. Geomorfologie: drs. H.P. Wolfert en ir. M.W. van den Berg;
- afdeling Kwantitatieve methoden, GIS en informatica: ing. P.A. van Capelleveen en ing. P.G. Lentjes;
- afdeling Kartografie: G.J. van Dorland en J.J. Verwaal;
- groep Landbouwwiskunde TNO: drs. J.H. Oude Voshaar;
- afdeling Wetenschappelijke informatie-overdracht: I. Jensma.

Het DLO-Staring Centrum is dank verschuldigd voor de ontvangen medewerking bij de uitvoering van dit onderzoek aan:

- drs. E.A. van de Meene en J. van der Staay, Rijks Geologische Dienst (RGD), district Oost;
- ing. J. Kroeze, Polderdistrict Betuwe;
- J. Koolwijk, Rijkswaterstaat, directie Gelderland, afdeling ANII;
- P.A.G. Conijn, van Oranjewoud;
- L.W. Knoop, waardsman van de Hiensche Uiterwaarden;
- de grondeigenaren en grondbeheerders die onze medewerkers toestemming verleenden om hun grond te betreden.

## SAMENVATTING

### *Inleiding*

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht is van juli 1990 tot december 1991 een abiotisch en biotisch onderzoek uitgevoerd in het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden. Het onderzoek (fase 2) bouwt voort op de aanbevelingen die in fase 1 (Ten Cate et al. 1990) zijn gedaan. Door integratie van de resultaten uit het abiotisch en biotisch onderzoek is een ecohydrologische systeembeschrijving van Ochten-Opheusden opgesteld.

Het doel van het onderzoek in fase 2 was:

- het vervaardigen van een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000, van het binnendijkse gebied, en de gronden te beoordelen op hun geschiktheid voor fruitteelt en boomkwekerij. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in SC-DLO-rapport 165.
- het opvullen van de leemten in kennis die in fase 1 zijn gesignaleerd om een ecohydrologische systeembeschrijving op te stellen op basis van de abiotische en biotische patronen en processen (dit rapport).

De resultaten van beide onderzoeken zullen een functie vervullen bij de planvorming, de evaluatie, de nadere afweging van belangen en de schatting van de agrarische ruilwaarde in dit gebied. Op basis van de resultaten van de tweede fase van het onderzoek zal kunnen worden vastgesteld voor welke veranderingen in het abiotische milieu bestaande natuurwaarden kwetsbaar zijn en hoe deze door specifieke inrichtingsmaatregelen en voorzieningen duurzaam veilig gesteld kunnen worden. Tevens kan inzicht verworven worden over locaties waar zich gunstige uitgangssituaties voordoen of gecreëerd kunnen worden voor natuurontwikkeling.

Het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden ligt in de provincie Gelderland binnen het grondgebied van de gemeenten Kesteren, Dodewaard en Echteld, en bestaat uit het binnendijkse gebied en de Rijn- en Waalwaterwaarden. De totale oppervlakte bedraagt 3290 ha.

### *Het abiotische patroon in het binnendijkse gebied*

In het binnendijkse gebied zijn de volgende abiotische aspecten onderzocht: geologie, zanddiepte, bodemgesteldheid, soortelijk elektrisch geleidingsvermogen, geomorfologie, en agro- en geohydrologie.

Een belangrijk deel van het eerste watervoerende pakket in Ochten-Opheusden wordt gevormd door de Formatie van Kreftenheye; het tweede watervoerende pakket door de Formatie van Harderwijk.

De Formatie van Kreftenheye is een fluviatiele eenheid die voornamelijk is afgezet door de Rijn tijdens en na de maximale uitbreiding van het Saalien-landijs. Hierop liggen de holocene afzettingen van de Betuwe Formatie.

Gedurende het Holoceen zijn in Ochten-Opheusden stroomruggen (met restbeddingen) en kommen gevormd. De stroomruggen komen overwegend langs de rivieren voor, de kommen in het centrum. De stroomruggen liggen relatief hoog met grondwatertrap VI en VII. De kommen liggen relatief laag en zijn opgebouwd uit kalkloze, zware klei, al dan niet afgedekt met kalkrijke klei, en veelal rustend op verlandingsveen. De overslaggronden bestaan uit zandgronden.

De bovenkant van het zand varieert in diepte vanaf maaiveld tot meer dan 5 m - mv. Bij Eldik en bij De Spees komt het zand vanaf maaiveld voor. Ter plaatse van de stroomruggen komt het zand meestal tussen 40 en 150 cm - mv. voor, in het centrale komgebied dieper dan 300 cm.

De waterstand van de Nederrijn beschrijft (vanwege de stuwen) een kleinere amplitude dan die van de Waal. De gronden langs de Rijn hebben relatief diepe grondwaterstanden met weinig fluctuatie (Gt VIo en VIIo). Ze zijn in het algemeen goed doorlatend. In het centrale komgebied is het polderpeil gereguleerd: opgezet polderpeil in de zomer en bijna droge sloten in de winter. De natste delen hebben Gt IIa en IIIa, de overige Gt IIIb en IV. De komgronden zijn in de zomer goed en in de winter slecht doorlatend. Langs de Waal treden doorgaans in de winter ondiepe en in de zomer diepe grondwaterstanden op (Gt VIo en VIId en VIIId). De gronden zijn goed tot vrij goed doorlatend.

De watertypen Verzadigd Grondwater (Angeren) en Rijnwater zijn dominant. Er bestaat een samenhang tussen het elektrisch geleidingsvermogen en de verwantschap met Rijnwater en Verzadigd Grondwater.

In Ochten-Opheusden zijn drie geohydrologische stromingssystemen onderscheiden, nl. ondiepe, middeldiepe en diepe systeem, en drie grondwatertypen, nl. Rijnwater-, Verzadigd Grondwater- en Veluwewatertype.

#### *Het abiotische patroon van de uiterwaarden*

In de uiterwaarden zijn de abiotische aspecten geologie, bodem, geomorfologie en rivierdynamiek (morfo- en hydrodynamiek) onderzocht. De uiterwaarden zijn ontstaan uit op- en aanwassen en strangen. De hoogste delen van de stroomruggen bestaan uit ooivaaggronden, de lagere uit poldervaaggronden. In de verlande strangen komen restbeddinggronden voor. Direct langs de Waal zijn smalle rivierduintjes ontstaan. Zowel bij de Rijn- als bij de Waaluitwaarden heeft de mens grote invloed op de morfologie gehad. Ca. 66% van de uiterwaarden is afgegraven.

De morfologie van de natuurlijke terreinen is bepaald door fluviaale sedimentatie en erosie, en in de Waal-uitwaarden ook door opstuiving. Hoewel door menselijke invloed het beeld versnipperd is, zijn de oude strangen nog als dalvormige laagten zichtbaar. De strangen worden begeleid door welvingen en ruggen, ontstaan door fluviaale sedimentatie. De terreinen die voor de kleiwinning zijn afgegraven, hebben doorgaans een vlakke ligging.

Door gebruik te maken van veldkennis, gegevens over de vegetatie en de waterbeheersing in de polders is een vertaling van geomorfologie naar morfodynamiek

gemaakt als onderdeel van de ecohydrologische systeembeschrijving.

Basis voor het onderzoek naar de overstromingsduur vormen gegevens over hoogteligging en geomorfologie, rivierregime en het inlaatbeleid van polders. Voor de bepaling van de gemiddelde overstromingsduur is rekening gehouden met gebieden met een vrije verbinding naar het zomerbed, met ingesloten laagten en met polders. De overstromingsdurenkaart kan dienen om bestaande relaties en mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling aan te geven.

In zowel de Rijn- als de Waal-uiterwaarden hangt de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) nauw samen met de laagste rivierwaterstanden. Op de "ongestuwde" Waal zakt het water jaarlijks tot enkele meters onder het maaiveld van de uiterwaarden. Omdat de Nederrijn bij Amerongen gestuwd is, zakt het water niet dieper dan 6,00 m + NAP. Het GLG-niveau bevindt zich hier ondieper dan bij de Waal-uiterwaarden en is nauw gerelateerd aan de maaiveldhoogte.

#### *Het biotische patroon van het binnendijkse gebied en de uiterwaarden*

Uit de literatuur en op basis van veldervaring is bekend welke plantesoorten en vegetatietypen als indicator kunnen worden beschouwd voor milieufactoren als voedselrijkdom, kwel, rivierdynamiek en cultuurdruk. Zo zijn waterplanten goede indicatoren voor de mate van voedselrijkdom van het water. Een analyse van de kartering van de watervegetatie leert, dat zowel stroomruggen van de Waal en de Rijn als de uiterwaarden voedselrijk tot zeer voedselrijk oppervlaktewater bezitten. Ook het inlaatwater vanuit de Linge (Rijnwater) is voedselrijk. Daarentegen indiceert de watervegetatie van de geïsoleerde sloten in het Eldiksche Veld een slechts matig hoog trofieniveau. Deze watervegetaties bevatten diverse soorten die kenmerkend (kunnen) zijn voor situaties met uittredend lithoclien grondwater, zoals waterviolier, kransvederkruid, grote boterbloem en spits fonteinkruid. Duidelijke concentratiegebieden van deze soorten zijn gevonden in het Eldiksche Veld, het Overbroek ten noorden van Eldik en het meest oostelijke deel van het Dodewaardsche Veld.

De kartering van vochtige graslandtypen en goed ontwikkelde slootkantvegetaties in het binnendijkse gebied leverde een somber beeld op door de hoge cultuurdruk. Soortenrijke vochtige graslanden zijn niet aangetroffen; de steile slootranden zijn hoofdzakelijk begroeid met ruige vegetaties die vaak worden gedomineerd door de grote brandnetel en waarin sporadisch soorten als echte koekoeksbloem en gewone dotterbloem zijn gevonden.

De vegetaties in de uiterwaarden zijn in hoofdzaak de resultanten van de rivierdynamiek en de menselijke beïnvloeding (ontgrondingen en grondgebruik) op de laaggelegen, al dan niet afgegraven gronden. In de Waal- uiterwaarden is de rivierdynamiek bijzonder hoog. Vooral de rivierstranden en de oevers van de plassen en strangen kenmerken zich door extreme milieu-omstandigheden. Bij lage rivierstanden komen hier enkele karakteristieke pioniers binnen de stroomdalflora voor zoals liggende ganzerik, slijkgroen en klein vlooienkruid. Kenmerkend voor periodiek natte, zandige, luwe pioniersmilieus is de zwarte populier. Vooral de vergraven oevers van de Hiensche Strang zijn rijke vindplaatsen van deze soort.

De uiterwaardengraslanden staan vrijwel steeds onder hoge tot zeer hoge cultuurdruk. Op de laaggelegen, gehercultiveerde percelen weerspiegelt de vegetatie in het algemeen nog vrij goed de heersende milieuomstandigheden (overstroming en morfodynamiek). Voor zover deze percelen niet regelmatig met engels raaigras worden doorgezaaid, komen hier graslanden met geknikte vossestaart, fioringras, kweek en akkerkers voor. De hooggelegen, onvergraven graslanden op de oeverwallen waren tot voor kort het domein van de Glanshavervegetaties met typerende stroomdalsoorten. Afgraven en intensief grondgebruik (maïsteelt) hebben deze vegetaties teruggedrongen tot de perceelranden en rivierdijken. Op de bandijken worden de stroomdalvegetaties vervolgens weer bedreigd door de dijkverzwaring. Slechts op enkele binnendijken met extensieve beweiding komen nog goed ontwikkelde stroomdalvegetaties voor. Ook de zo typerende meidoornhagen en struwelen zijn op enkele restanten na uit de uiterwaarden verdwenen.

Ondanks dit sombere beeld over de actuele vegetatie van de uiterwaarden, bezitten deze gebieden nog grote potentiële kwaliteiten, met name voor herstel en ontwikkeling van stroomdalvegetaties en zacht- en hardhoutoibossen. Ook het binnendijkse gebied bezit potentiële kwaliteiten voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties. Bij herstel van de natuurlijke waterhuishouding bieden de binnendijkse kwelgebieden goede mogelijkheden voor verdere ontwikkeling van water-, oever- en graslandvegetaties.

#### *De ecohydrologische systeembeschrijving*

Op basis van de verzamelde abiotische en biotische gegevens is een ecohydrologische systeembeschrijving van Ochten-Opheusden opgesteld. Daarin zijn allereerst twee hoofdsystemen onderscheiden: het binnendijkse gebied en de uiterwaarden. De bandijken vormen de scheiding tussen beide hoofdsystemen.

De ecohydrologische systeembeschrijving van het binnendijkse gebied berust op integratie van de abiotische en biotische aspecten. Hier beperkt de integratie, wat betreft de actuele situatie, zich tot het centrale komgebied, waar waterkwaliteit en slootwatervegetaties duidelijk met elkaar verband houden. Voor de overige aspecten van het biotisch milieu is een beroep gedaan op de beschrijving van de potentiële vegetatie.

Subsysteem 1 wordt gevormd door gebieden met voornamelijk matige en zwakke wegzijging van de ondiepe stromingssystemen. Dat zijn de Marspolder met het lokale systeem van de Rijndijk, het gebied van de Heuning en het gebied ten westen van Dodewaard, beide deel uitmakend van het lokale systeem van de Waaldijk. Subsysteem 1 is een gebied met relatief hooggelegen, kalkrijke, goed doorlatende, lichte stroomruggen met ondiep voorkomende, gefundeerde zanden. Het oppervlaktewater is in het algemeen voedselrijk tot zeer voedselrijk. De cultuurdruk is hoog. Alleen op perceelranden en op wegbermen komen plaatselijk stroomdalsoorten voor. Voor de meest zandige stroomruggen is het Abelen-iepenbos hier het eindstadium van de successie.

Subsysteem 2 wordt voornamelijk gevormd door gebieden met zwakke wegzijging en zwakke kwel van de ondiepe en middeldiepe stromingssystemen. Het betreft het vrij vlakke gebied tussen de Rijnbandijk en de Linge, en het kom-op-stroomgebied tussen Dodewaard en Opheusden. Het gebied vormt de overgang van de hooggelegen

stroomruggen naar het centrale komgebied. Er wordt gedurende het groeiseizoen gebiedsvreemd water ingelaten. Er komen vrijwel geen stroomdalsoorten voor. De zwak ontwikkelde stroomruggen zijn uitsluitend in situaties met lichte textuur nog kansrijk voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties met pnv's (potentiële natuurlijke vegetaties) van het Abelen-iepenbos en, in mindere mate, het Essen-iepenbos. Voor de stroomruggen die zijn afgedekt met komklei, zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties gering. De pnv van dit subsysteem omvat in hoofdzaak Fluitekruidrijke essenbossen.

Subsysteem 3 wordt gevormd door gebieden met wisselende wegzijging en kwel, die zich langs de Waal bevinden. Het betreft stroomgordel-, oever- en dijkdoorbraakafzettingen. Door inlaat van gebiedsvreemd water in de zomer en bij hoge Waalstanden wordt het oppervlaktewater sterk beïnvloed. Subsysteem 3 vormt bij uitstek een geschikt milieu voor de ontwikkeling van Abelen-iepenbossen en Sikkelklavervegetaties. Vooral de zandige, droge overslaggronden (Gt VI) zijn in dit verband bijzonder kansrijk.

Subsysteem 4 wordt gevormd door gebieden met kwel uit het middeldiepe systeem en komt voor in het centrale komgebied. Het gebied is grotendeels opgebouwd uit komklei, al dan niet met een ondergrond van verlandingsveen. De zanddiepte varieert in hoofdzaak tussen 300 en 400 cm - mv. Dit watervoerende pakket staat in verbinding met de Waal. Gedurende hoge Waalstanden vindt zijwaartse en opwaartse druk plaats, wat slootkwel tot gevolg heeft. Door de inlaat van gebiedsvreemd water in de zomer is het oppervlaktewater grotendeels van het Rijnwatertype. De watervegetaties in de sloten indiceren in het algemeen voedselrijk tot zeer voedselrijk water. In de winter wordt geen gebiedsvreemd water ingelaten en voeren de sloten kwelwater naar de Linge. Het oppervlaktewater is dan sterk verwant aan het Verzadigd Grondwater. Dit deel van het centrale komgebied is vrijwel zonder uitzondering het potentiële domein van de Elzenrijke essenbossen, waarbij op zeer natte plaatsen zelfs varianten met Elzenbroekbos tot ontwikkeling kunnen komen. De vervangingsgemeenschap van deze natte bossen is de in vegetatiekundig opzicht interessante Waterkruiskruiddrosdravikassociatie.

Subsysteem 5 wordt gevormd door het laagste deel van het centrale komgebied, waar kwelvensters van het Veluwesysteem voorkomen. Het gebied is opgebouwd uit kalkloze, zware klei rustend op verlandingsveen, met Gt II, IIIa en IIIb. De zanddiepte begint beneden 300 cm - mv. Het grondwater is sterk verwant aan het Grondwatertype. Bij hoge rivierstanden vindt zijwaartse en opwaartse druk plaats, waardoor de kwelstroom toeneemt. Ondanks de inlaat van gebiedsvreemd water (Rijnwatertype) in de zomer, treedt kwel uit het kwelvenster (Grondwatertype) op. Dit meest karakteristieke deel van het komgebied biedt goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van Elzenrijke essen-iepenbossen, op de natste plekken waarschijnlijk ook voor Elzenbroekbossen en graslandvegetaties behorende tot de Associatie van waterkruiskruid en trosdravik. Gezien de aanwezigheid van kwelvensters is dit gebied bij uitstek geschikt voor de ontwikkeling van mesotrafente, kwelindicerende watervegetaties. In de geïsoleerde sloten is de huidige watervegetatie reeds een goede afspiegeling van de mogelijkheden in dit gebied.

De cultuurdruk op de bandijken (substelsysteem 1) is hoog, waardoor stroomdalvegetaties vrijwel ontbreken m.u.v. de Oude Rijndijk. De Waalbandijk is grotendeels in het kader van de deltawerken verzwaaard en op deltahoopte gebracht. De dijkverzwaaing gaat veelal ten koste van de oorspronkelijke stroomdalvegetaties. In potentiële zin blijven de dijken wel van grote betekenis, vooral de op het zuiden gelegen taluds met een lichte, kalkrijke bovengrond.

De uiterwaarden van de Nederrijn en de Waal bestaan op grond van verschillen in rivierdynamiek uit verschillende subsystemen. De dynamiek van de Nederrijn is te karakteriseren als relatief rustig. De grondwaterfluctuatie in de Rijnuitwaarden is als gevolg van de stuwing bij Amerongen gedempt; de GLG's bevinden zich hierdoor doorgaans ondieper dan in de Waaluitwaarden. In de uiterwaarden zijn vier subsystemen onderscheiden.

Substelsysteem 6 betreft de onbekade uiterwaarden van de Nederrijn.

De rivierdynamiek is vanwege de stuwing van de Rijn gering. Tijdens hoogwatergolven treedt in de afgegraven terreinen kwel op. Stroomdalvegetaties komen voor bij het Opheusdens Veer en op enkele bermen, kaden en perceelsranden. Vrijwel de helft van dit gebied is kansrijk voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties en typische hardhoutoibossen. Moerasvegetaties komen in gebieden langs strangen met een ondiepe GLG voor.

Substelsysteem 7 betreft de bekende uiterwaarden van de Nederrijn. De rivierdynamiek is gering. Inundaties in het groeiseizoen zijn zeldzaam. Grote delen van de polders zijn afgegraven. Stroomdalvegetaties komen plaatselijk voor op de dwars- en zomerkaden en op perceelranden van enkele hooggelegen, niet afgegraven terreinen. De oppervlakte aan kansrijke gebieden voor stroomdalvegetaties en hardhoutoibossen is beperkt. Soorten van vochtige graslanden en van moerasvegetaties komen o.a. ten noordoosten van Opheusden voor.

In substelsysteem 8, de onbekade uiterwaarden van de Waal, is de rivierdynamiek sterk. Een groot gedeelte is niet afgegraven. In deze reliëfrijke terreinen is op korte afstand een grote variatie in overstromingsduur. Op de oevers langs de stranden vormen zich duintjes. Stroomdalvegetaties en -soorten komen zeer schaars voor. Het areaal in potentie geschikte terreinen voor de vestiging van typische hardhoutoibossen en stroomdalvegetaties is hier echter bijzonder groot. Moeras- en watervegetaties komen voornamelijk voor langs de randen van en in zandwinputten.

Substelsysteem 9 wordt gevormd door de bekende uiterwaarden van de Waal. De rivierdynamiek is hier overwegend gering. Het grootste deel van de polders betreft afgegraven terreinen. Zwak ontwikkelde stroomdalvegetaties komen voor in de Gouverneursche Polder op enkele hooggelegen, niet afgegraven terreinen. Gezien de sterke fluctuatie van de (grond-)waterstand komen nauwelijks vegetaties voor, die kenmerkend zijn voor permanent natte graslanden. Moeras- en watervegetaties komen voornamelijk langs de strangen voor.

#### *Mogelijkheden voor natuurontwikkeling*

Uitgangspunt bij de mogelijkheden voor natuurontwikkeling is de huidige inrichtings-



vorm van het gebied. Voor Ochten-Opheusden was de aandacht gericht op de volgende vegetaties:

- 1 stroomdalvegetaties, essen-iepenbos, abelen-iepenbos en typisch hardhoutoibos;
- 2 natte graslandvegetaties en natte elzenrijke essen-iepenbossen;
- 3 moeras- en pioniervegetaties met vochtminnende stroomdalsoorten;
- 4 kwelindicatoren en mesotrafente tot licht eutrafente water- en helofytenvegetaties.

Om de vegetatieontwikkeling in de kansrijke gebieden in gang te zetten, is een afname van de menselijke beïnvloeding van primair belang.

#### *Evaluatie*

Door gebrek aan voldoende gegevens was het in fase 1 niet mogelijk om een ecohydrologische systeembeschrijving op te stellen. Op grond van aanbevelingen heeft de Landinrichtsdienst aan het DLO-Staring Centrum (hoofdaannemer) en Heidemij Adviesbureau BV (onderaannemer) opdracht verleend nader onderzoek te verrichten om een ecohydrologische systeembeschrijving op te stellen. Het was de eerste keer, dat een gecombineerd abiotisch en biotisch onderzoek door bovengenoemde instellingen is uitgevoerd. Tijdens en na het veldwerk werden nieuwe ideeën ontwikkeld om de systeembeschrijving meer inhoud te geven, wat leidde tot de vervaardiging van de volgende aanvullende kaarten: een bodem- en overstromingsdurenkaart van de uiterwaarden, een geologische kaart, een kaart met het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen, een kaart met de morfodynamiek, een indicatieve kaart van vlakvormige vegetaties in de uiterwaarden en een kaart met kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling. Het gevolg van dit aanvullende onderzoek was dat de geplande afleveringstermijn werd overschreden. Daartegenover staat dat in dit project veel ervaring is opgedaan, die bij toekomstige landinrichtingsprojecten gebruikt kan worden.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Doel van het onderzoek

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht is van juli 1990 tot december 1991 een abiotisch en biotisch onderzoek uitgevoerd in het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden. Het onderzoek (fase 2) bouwt voort op de aanbevelingen, die in de eerste fase zijn gedaan (Ten Cate et al. 1990: *Een voorlopige systeembeschrijving en -analyse van het abiotisch en biotisch milieu in het landinrichtingsgebied "Ochten-Opheusden"*, rapport 80).

Door integratie van de resultaten uit het abiotisch en biotisch onderzoek is een ecohydrologische systeembeschrijving van Ochten-Opheusden opgesteld. Voor het eerst hebben het DLO-Staring Centrum (hoofdaannemer) samen met Heidemij Adviesbureau Arnhem BV (onderaannemer) een dergelijk geïntegreerd onderzoek hebben uitgevoerd.

Het doel van het onderzoek in de tweede fase was tweeledig:

- een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart te vervaardigen, schaal 1 : 10 000, van het binnendijkse gebied, en de gronden te beoordelen op hun geschiktheid voor fruitteelt en boomkwekerij. Uit praktische overwegingen zijn, in overleg met de opdrachtgever, de resultaten van dit onderzoek in een apart rapport vastgelegd (Mulder en Brouwer 1991: *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek en de geschiktheidsbeoordeling voor fruitteelt en boomkwekerij*, rapport 165);
- de leemten in kennis op te vullen, die in fase 1 zijn gesignaleerd om een ecohydrologische systeembeschrijving op basis van de abiotische en biotische patronen en processen op te stellen (dit rapport).

In fase 1 zijn de volgende aanbevelingen gedaan:

- een gedetailleerde (geo)morfologische kaart, schaal 1 : 10 000, van de uiterwaarden te maken i.v.m. de daar voorkomende stroomdal- en moerasvegetaties; daarbij zou een gedetailleerde hoogtecijfer- en hoogtelijnenkaart van de uiterwaarden zo'n opname zeer vergemakkelijken;
- een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000, met een beschrijvende legenda te maken, waarin een landschappelijke hoofdindeling de voorkeur verdient (boringsdiepte 1,50 m - mv.); de kaarten zijn o.a. van belang voor de eerste schatting en voor de verdere planvorming en evaluatie;
- aanvullende diepere boringen tot 2,50 m - mv. in het centrale komgebied te verrichten; de verspreiding van kwelindicatoren is daar groot; mogelijk houdt dit verband met het plaatselijk ondiep voorkomen van zand;
- grondwaterstandsbuizen te plaatsen zowel in de uiterwaarden als in het binnendijkse gebied om grondwaterstandsgegevens (tijdreeksen) te verzamelen;
- watermonsters te nemen zowel uit sloten (oppervlaktewater) als uit grondwaterstandsbuizen (grondwater) voor een betere onderbouwing en detaillering van met name de lokale stromingssystemen in Ochten-Opheusden. De metingen zijn nodig

- om de systeemcomponenten als waterkwaliteit (elektrisch geleidingsvermogen en chemische analyses) en doorlatendheidsgegevens (Kh en Kv) te bepalen;
- een geohydrologische kaart, schaal 1 : 25 000, te maken met daarop de kwel- en infiltratiegebieden;
  - een integratiekaart, schaal 1 : 25 000, te maken waarbij het verband tussen bodemgesteldheid en vegetatie centraal staat;
  - een integrale, gebiedsdekkende vegetatiekartering van de uiterwaarden uit te voeren volgens de typologie van het "Land van Maas en Waal"; een gebiedsdekkende kartering van stroomdalsoorten, kwelindicatoren en enkele nader te selecteren moeras- en graslandplanten;
  - een oppervlakte-dekkende kartering uit te voeren in het binnendijkse gebied van:
    - watervegetaties volgens de typologie van het "Land van Maas en Waal";
    - visuele kwelverschijnselen als roodkleuring van het water, ijzeruitvloeking, opborreling en bacterie-vlies;
    - kwelindicatoren in en langs wateren;
    - oevers van zandwinplassen;
    - interessante slootkantvegetaties (enkele slootkanttypes uit het "Land van Maas en Waal").

De resultaten van beide onderzoeken zullen een functie vervullen bij de planvorming, de evaluatie, de nadere afweging van belangen en de schatting van de agrarische ruilwaarde in dit gebied. Op basis van de resultaten van de tweede fase van het onderzoek (Mulder en Brouwer 1991, en dit rapport) zal o.a. kunnen worden vastgesteld voor welke veranderingen in het abiotische milieu bestaande natuurwaarden kwetsbaar zijn en hoe deze door specifieke inrichtingsmaatregelen en voorzieningen duurzaam veilig gesteld kunnen worden. Tevens kan inzicht verworven worden over locaties, waar gunstige uitgangssituaties zich voordoen of gecreëerd kunnen worden voor natuurontwikkeling.

Over het geheel genomen is over de fauna van het gebied redelijk veel bekend (Ten Cate et al. 1990). Daarom is geen opdracht verstrekt om dit aspect mee te nemen in de ecohydrologische systeembeschrijving. Volledigheidshalve vermelden we hier dat het consulentenschap Natuur, Bos, Landschap en Fauna (NBLF) in het voorjaar van 1991 vogels heeft geïnventariseerd in de Hiensche Waarden, de Gouverneursche Polder, de Wolfswaard en in het Eldiksche Veld (Erhart 1991).

## 1.2 Ligging van het gebied

Het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden (fig. 1) ligt in de provincie Gelderland binnen het grondgebied van de gemeenten Kesteren, Dodewaard en Echteld en beslaat 3290 ha. Het gebied bestaat uit:

- de voormalige uiterwaard Leede en Oude Waard die deel uitmaakt van de Marspolder (in dit rapport kortweg Marspolder genoemd);
- het binnendijkse gebied met o.a. het Hooge Veld bij Kesteren, De Heuning bij Ochten, het Eldiksche Veld en Dodewaardsche Veld (fig. 1);
- de huidige uiterwaarden van de Rijn met o.a. de Wolfs- en Manuswaard, en van

de Waal met o.a. de Gouverneursche Polder en de Hiensche Waarden.

De Linge, ook de Wetering genoemd, doorsnijdt het gebied van oost naar west. De belangrijkste wegen zijn: de snelweg A15, de weg Rhenen-Kesteren-Ochten, de Bonegraafse Weg van Ochten naar Dodewaard en de Dalwagen van Dodewaard naar Opheusden. De Rijnbandijk tot aan De Spees en vandaar de Marsdijk beschermen het binnendijkse gebied tegen overstromingen vanuit de Rijn. De Rijnbandijk vanaf De Spees naar Lienden is een slaperdijk. De Waalbandijk keert het water vanuit de Waal.

De hoogteverschillen in het gebied hangen samen met het verval van oost (ca. 6,5-7,5 m + NAP) naar west (ca. 5,5-7,0 m + NAP). Daarnaast zijn er hoogteverschillen van 0,5- > 2,5 m tussen het centrale komgebied en de stroomruggen. Figuur 2 geeft een globaal, driedimensionaal beeld van de hoogteligging van Ochten-Opheusden.

### 1.3 Rapport en kaarten

Materialen, methoden, resultaten, discussies en conclusies van het onderzoek zijn weergegeven in dit rapport en op 24 kaarten. Rapport en kaarten vormen één geheel en vullen elkaar aan. Het is daarom van belang rapport en kaarten gezamenlijk te raadplegen.

Het rapport heeft de volgende opzet:

In hoofdstuk 2 en 3 beschrijven we het abiotische patroon van resp. het binnendijkse gebied en de uiterwaarden; in hoofdstuk 4 beschrijven we het biotische patroon van het binnendijkse gebied en de uiterwaarden; hoofdstuk 5 geeft de ecohydrologische systeembeschrijving. In hoofdstuk 6 behandelen we de mogelijkheden voor natuurontwikkeling en in hoofdstuk 7 koppelen we terug naar fase 1 met een evaluatie. De literatuurlijst bevat de geraadpleegde literatuur. In de aanhangsels staan gegevens, documentatie en verklaringen waarmee we het rapport niet willen belasten. In aanhangsel 1 beschrijven we hoe de resultaten digitaal verwerkt zijn. Aanhangsel 2 geeft een overzicht van de volledige vegetatie-typologie en bevat de karteringssleutels en aanhangsel 3 geeft de beschrijving van de vegetatietypen. Bij het rapport behoren 24 kaarten. De kaarten 1 t/m 8 geven de abiotische patronen weer; kaarten 9 t/m 22 de biotische patronen; kaart 23 geeft de ecohydrologische systemen weer en kaart 24 de mogelijkheden voor natuurontwikkeling.

Het onderzochte gebied zal in dit rapport kortweg worden aangeduid met Ochten-Opheusden.

## 2 HET ABIOTISCHE PATROON VAN HET BINNENDIJKSE GEBIED

### 2.1 Geologie

De bestaande geologische kaart, schaal 1 : 50 000 (Verbraeck 1984), leek voldoende als basis voor de geohydrologische systeembeschrijving van Ochten-Opheusden (par. 2.6). Gaandeweg het onderzoek bleek echter, dat de betreffende kaart op onderdelen kon worden aangevuld met o.a. de uitbreiding van stroomgordels en bijbehorende restbeddingen. Omdat deze gegevens de hydrologische systeembeschrijving ondersteunen, hebben we voor Ochten-Opheusden een geologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 1), vervaardigd. Deze kaart bevat alleen informatie over de afzettingen uit het Holoceen. De rivierafzettingen uit het Pleistoceen, de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye, hebben we in het kort beschreven in paragraaf 2.1.2.1 (zie ook tabel 1). De rivierafzettingen uit het Holoceen, de Betuwe Formatie, worden uitgebreid behandeld in paragraaf 2.1.2.2.

#### 2.1.1 Materialen en methode

Voor de beschrijving van de geologische opbouw van Ochten-Opheusden hebben we gebruik gemaakt van gegevens van Harbers en Mulder (1981), Mulder et al. (1979), Havinga (1969), Havinga en Op 't Hof (1975 en 1983), Op 't Hof (1970), Pons (1953 en 1957), Reineck en Singh (1973), Ten Cate et al. (1990), Verbraeck (1975, 1984 en 1990), Van de Meene (1977), Van der Zwan (1990) en Zagwijn en Van Staalduinen (1975).

Binnen de Formatie van Kreftenheye worden zes deelformaties onderscheiden: Kreftenheye I t/m VI (Verbraeck 1990). Een belangrijk deel van het eerste watervoerende pakket in Ochten-Opheusden wordt gevormd door Kreftenheye VI; het tweede watervoerende pakket door de Formatie van Harderwijk (Verbraeck 1984 en 1990; Ten Cate et al. 1990).

De afzettingen van de rivieren uit het Holoceen rekent de Rijks Geologische Dienst tot de Betuwe Formatie (Zagwijn en Van Staalduinen 1975). De Betuwe Formatie wordt niet onderverdeeld in tegenstelling tot de Westland Formatie (Afzettingen van Gorkum en Afzettingen van Tiel). Dit zijn perimariene afzettingen (rivierafzettingen en veen), die onder invloed van de stijgen de zeespiegel zijn gevormd. Ze reiken tot de lijn 's-Hertogenbosch-Culemborg-Utrecht. Deze indeling kan dus niet voor het rivierengebied, ten oosten van deze lijn, worden gebruikt. Tijdens het onderzoek naar de oude rivierlopen in het oostelijk rivierengebied (Harbers en Mulder 1981) bestond behoefte de afzettingen van de Betuwe Formatie onder te verdelen: Afzettingen van Ressen en Afzettingen van Gendt. Deze indeling is eerder in het herinrichtingsgebied "Ooypolder" toegepast (Mulder 1989).

Voor de opname van de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (Mulder en Brouwer 1991),

hebben we één boring per ha verricht tot een diepte van 150 cm - mv. Op sommige plaatsen hebben we dieper geboord, variërend van 250 tot 600 cm - mv. Op de boorstaten hebben we de aard en samenstelling van het materiaal genoteerd en daaraan, indien mogelijk, de geologische afzetting gekoppeld. Op die manier ontstaat een beeld over de verbreiding van de verschillende afzettingen. De ligging en ouderdom van reeds bekende en door ons ontdekte archeologische vindplaatsen vormden een belangrijk hulpmiddel om de verschillende stroomgordels van elkaar te scheiden.

Op de geologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 1), hebben we aangegeven:

- stroomgordelafzettingen met de bijbehorende restbeddingen;
- komafzettingen;
- dijkdoorbraakafzettingen.

## 2.1.2 Resultaten

In dit hoofdstuk besteden we in het kort aandacht aan het voorkomen van de fluviatiele afzettingen van de Formatie van Kreftenheye (Midden-Saalien tot Vroeg-Holoceen) en gaan we wat uitvoeriger in op de afzettingen van de Betuwe Formatie (fluviatiele en organogene afzettingen uit het Holoceen).

### 2.1.2.1 Formatie van Kreftenheye

De Formatie van Kreftenheye is een fluviatiele eenheid die voornamelijk is afgezet door de Rijn en in mindere mate door de Maas tijdens en na de maximale uitbreiding van het Saalien-landijs (tabel 1) en voor de afzettingen van de Betuwe Formatie. Het fluviatiele pakket bestaat uit zand en grind met verschillende samenstelling dat in deelpakketten naast en onder elkaar voorkomt. Binnen de Formatie van Kreftenheye kunnen zes deelformaties onderscheiden worden (Kreftenheye I t/m VI). Kreftenheye I is afgezet tijdens het Midden-Saalien (landijsbedekking), Kreftenheye II in het Laat-Saalien en Kreftenheye III gedurende het Eemien.

Tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien (tabel 1), werd ons land niet door het landijs bereikt. Er heerste wel een toendra-klimaat. De schaarse vegetatie kon de bodem niet tegen erosie beschermen. Door het zeer lage peil van de Noordzee hadden de Maas en de Rijn een groot verhang. Ze vervoerden grote hoeveelheden zand en grind (Formatie van Kreftenheye) en vormden een vlechtend rivierensysteem. Onder andere in Ochten-Opheusden heeft de Rijn dikke pakketten zand en grind van de Formatie van Kreftenheye IV, V en VI afgezet (Verbraeck 1990). De hoofdstroom van de Rijn liep in het Vroeg-Weichselien oostelijk van het Montferland via het huidige IJsseldal naar het noorden en een zijtak naar het westen (Kreftenheye IV). In het Midden-Weichselien boog de hoofdstroom om het Montferland via de Liemers af naar het westen (Kreftenheye V). In het Laat-Weichselien wijzigde zich de situatie opnieuw. De stuwwal tussen Montferland en Kleef werd door de Rijn opgeruimd, waardoor de

Gelderse Poort werd geopend (Van de Meene 1977). Tussen 10 000 en 13 000 jaar geleden komen twee relatief warmere perioden voor (het Bølling en Allerød interstadiaal). Gedurende deze warme perioden herstelde het plantendek zich en sneed de Rijn zich in de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye in. Veel materiaal werd opgeruimd. In de tussenliggende koude periode werd het vegetatiedek uitgedund en begon de Rijn opnieuw zand (Kreftenheye VI) aan te voeren met daarin puimsteen. De puimsteen is gevormd tijdens vulkaanuitbarstingen in de Eifel. De sedimentatie van de Formatie van Kreftenheye VI zette zich voort tot in het Vroeg-Holoceen (Verbraeck 1990).

### 2.1.2.2 Betuwe Formatie

De afzettingen in dit gebied die op de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye liggen, behoren tot de Betuwe Formatie (Zagwijn en Van Staalduinen 1975). De verschillende afzettingen van de Betuwe Formatie zijn weergegeven in tabel 2 en op bijlage 1.

Het Holoceen begon 10 000 jaar geleden, toen het klimaat warmer werd. De zeespiegel begon te rijzen. Grote delen van Nederland raakten geleidelijk aan begroeid. De rivieren gingen meanderen. Het Holoceen wordt in klimatologisch opzicht onderverdeeld in vijf perioden: Praeboreaal, Boreaal, Atlanticum, Subboreaal en Subatlanticum (tabel 2).

#### *Praeboreaal en Boreaal (ca. 8000-6000 v. Chr.)*

Het Praeboreaal en het Boreaal vormen de overgang van het koude toendraklimaat naar het warmere zeeklimaat. De temperatuur steeg wel, maar het bleef nog koud. De begroeiing op de hogere gronden bestond voornamelijk uit gesloten berken- en dennenbossen. In het Boreaal kwamen ook warmteminnende boomsoorten voor zoals eik, linde, iep en els. De Rijn sneed zich in die periode in zijn stroomgebied in. Grote hoeveelheden grind en zand werden opgeruimd en in het westen van het land weer afgezet. De zeespiegel begon sterk te stijgen, waardoor de rivieren een geringer verhang kregen. De Rijn begon zijn dal op te vullen met zand, dat eveneens tot de Formatie van Kreftenheye VI wordt gerekend (Verbraeck 1990). Deze geulafzettingen zijn veelal blauwgrijs van kleur. De top van deze zanden hebben we nog net binnen 1,50 m - mv. aangetroffen in het noordoostelijke deel van het gebied. Het zand is daar lichtgrijs tot bruingrijs van kleur. We hebben deze afzettingen van Kreftenheye VI tot de Afzettingen van Ressen gerekend (Harbers en Mulder 1981; bijl. 1, code K/R).

#### *Atlanticum (ca. 6000-3000 v. Chr.)*

In het Atlanticum komen vooral de els en het gemengde eikenbos met iep en linde voor. De zeespiegel rees geleidelijk verder. Het verhang van de rivieren nam verder af. Het dal van de Rijn werd verder opgebouwd met zand, klei en veen, die we eveneens tot de afzettingen van Ressen hebben gerekend. Een groot deel van het landinrichtingsgebied werd in die periode omgevormd tot een uitgestrekt moerasgebied, waar doorheen meer of minder belangrijke riviergeulen kronkelden. Met name tussen Opheusden en Eldik komt een uitgestrekt gebied voor waar de

Afzettingen van Ressen zijn afgedekt door humeuze tot venige verlandingskleien. Deze kleien zijn zeer gelaagd. Plaatselijk bestaat de top uit slibrijk bosveen. De geulen werden geleidelijk opgevuld met zand en zavel.

#### *Subboreaal (ca. 3000-900 v. Chr.)*

In het Subboreaal verscheen de beuk in het landschap, terwijl het iepenbestand achteruitging. Voorts nam door de landbouw de invloed van de mens op het landschap toe. De vorming van strandwallen en kustduinen en de daarachter ontwikkelende veengroei (Hollandveen) deden de waterafvoer van de rivieren naar zee stagneren. De rivieren stroomden onder een geringer verhang dan voorheen, waardoor de stroomsnelheid afnam. Ze zetten fijne zanden en "sloefige" (fractie 2-16 µm) kleien af (Afzettingen van Gendt 0, Betuwe Formatie). De afzettingen zijn veelal kalkrijk. Daarmee werden de restgeulen in het uitgestrekte moerasgebied van Ochten-Opheusden opgevuld. Vooral in het gebied tussen de Rijnbandijk en de snelweg A15, verder ten westen van Dodewaard en in de omgeving van de Heuning bij Ochten (fig. 1) hebben we deze sloefige sedimenten van de Afzettingen van Gendt 0 aangetroffen. Ze zijn bedekt met oever- op komafzettingen (bijl. 1, code O/K/SO). In het Dodewaardsche Veld en bij de Varakker zijn de stroomgordelafzettingen van Gendt 0 bedekt met een 70-90 cm dikke laag komklei (bijl. 1, code K/SO).

#### *Vroeg-Subatlanticum (900 v. Chr. tot 250 na Chr.)*

Het Vroeg-Subatlanticum kenmerkt zich door de toename van beuk en haagbeuk. De invloed van de mens deed zich steeds meer gelden. Grote delen van de bovenstroomse gebieden raakten meer en meer ontbost. De rivieren begonnen zich weer in te snijden en zetten in hun geulen voornamelijk zand af (Afzettingen van Gendt I behorende tot de Betuwe Formatie). Van dit systeem zijn in Ochten-Opheusden drie belangrijke Rijntakken te onderscheiden (bijl.1, code S1). De belangrijkste was de Rijn, die ten noorden van Opheusden via Kesteren naar het westen stroomde. Een andere belangrijke tak was een voorloper van de Waal of Linge en kwam bij Dodewaard het gebied binnen en boog met een scherpe bocht naar het zuiden af richting Druten. Vandaar boog de rivier weer scherp naar het noorden en stroomde ter plaatse van het dorp Ochten via de Heuning naar IJzendoorn. Een derde, minder belangrijke Rijntak kwam uit de richting van Hemmen. Een deel van de zuidelijke oeverwal van dit riviertje bevindt zich in het uiterste noordoosten van Ochten-Opheusden. De belangrijke verbindingsweg tussen Dodewaard en Opheusden, de Dalwagen, is tijdens de ontginning van het gebied over de zuidelijke oeverwal aangelegd. Ten oosten van Opheusden boog de rivier naar het noorden om even ten zuiden van de huidige Veerдам van Opheusden weer naar het zuidwesten te stromen. Het smalle watertje doorkruiste het noordelijke deel van het centrale komgebied en mondde uiteindelijk ten noorden van Ochten in de zuidelijke Rijntak uit.

In het algemeen is het zand van de Afzettingen van Gendt I matig fijn tot matig grof en heeft het een witte tot lichtgrijsbruine kleur. Even ten noorden van de Varakker, pal langs de Nieuwe Dijk, bevindt zich een zandlichaam, waarvan het zand opvallend bruin van kleur is (bijl. 1, code S1; Mulder en Brouwer 1991: bijl. 1, code Rn32C). Mogelijk hebben we te maken met een afgesneden meanderbocht van het Gendt I-systeem, waarvan het zandlichaam in de loop der eeuwen door bodemvorming bruin verkleurde.



De veengroei in de moerassen ging gestaag door, alhoewel er bij hoge rivierstanden ook komklei werd afgezet.

Aan het einde van het Vroeg-Subatlanticum, maar nog ruim voor de Romeinse tijd, heeft de Waal zich ergens bij Schenkenschans van de Rijn afgesplitst (Harbers en Mulder 1981). Daarbij heeft de rivier onder meer de meanders van Dodewaard en Ochten afgesneden en een nieuwe loop gevormd.

#### *Midden-Subatlanticum (250-600 à 700 na Chr.)*

Na ca. 250 na Chr. traden de rivieren frequenter buiten hun oevers. De Waal nam steeds meer in betekenis toe en vormde nieuwe oeverwallen (Afzettingen van Gendt II behorende tot de Betuwe Formatie; Harbers en Mulder 1981). De Rijn stroomde in het gebied van de huidige Marspolder. De uitgestrekte moerassen van o.a. het Eldiksche Veld en Dodewaardsche Veld werden herhaaldelijk overstromd, waardoor de veengroei stopte. Over de verlandingsvenen en kleien werd komklei (bijl. 1, code K) afgezet. Ten noordwesten van Ochten forceerde het overstromingswater een doorbraak in de oeverwal op de plaats waar het Gendt I-systeem van Opheusden-Ochten aansloot op het Gendt I-systeem van Dodewaard-Ochten. Tijdens de ontginning van de kommen in de 13e/14e eeuw heeft men van de ontstane laagte gebruik gemaakt door de Linge hierin te graven. Gedurende het Midden-Subatlanticum hebben de rivieren bij hoog water ook kalkrijke zavel en klei afgezet, de Afzettingen van Gendt II. De sedimenten bevatten relatief veel schelpresten (zoetwaterslakjes). Ze komen onder andere voor ten zuiden van de Hamschestraat te Opheusden en vooral in het gebied tussen de Bonegraafseweg en Waalbandijk (bijl. 1, code O/K en O/K/SO). Daar vormen ze de basis van de oevergronden van de Waal. Voorts zijn de vele restbeddingen voor een groot deel opgevuld met sedimenten van de Afzettingen van Gendt II.

#### *Laat-Subatlanticum (600-700 na Chr.) tot de bedijking*

In het begin van het Laat-Subatlanticum nam de invloed van de rivieren steeds meer toe. De Rijn zette in de Marspolder voornamelijk zand en zavel af (Afzettingen van Gendt III behorende tot de Betuwe Formatie; bijl. 1, code S3). Daarbij verplaatste de Rijn zich naar het zuiden en ruimde een deel van de pré-Romeinse oeverwal bij Kesteren op. De restbedding van de Oude Rijn is nog duidelijk in het landschap herkenbaar als een vrij brede wetering met aangrenzende laagten.

Ter hoogte van Opheusden is de Rijn door zijn oeverwal heen gebroken. Het Romeinse bewoningsniveau werd daar onder een 60-100 cm dikke laag zavel bedolven (bijl. 1, code O/S1). Ook te Kesteren bij de Boveneindsestraat heeft de Rijn bij overstromingen over de oudere afzettingen kalkrijke zavel afgezet (bijl. 1, O/S1). Langs de Waal komen de oeverafzettingen in de vorm van kalkrijke zavel en lichte klei voor (bijl. 1, code O/K/S0 en O/K). De oeverwallen van de Afzettingen van Gendt I bij Dodewaard en Ochten (bijl. 1, code S1) lagen te hoog om overstromd te worden. In het centrale komgebied werd zware klei afgezet (bijl. 1, code K en K/S0).

#### *Laat-Subatlanticum na de bedijking tot heden*

Na de bedijking in de 13e/14e eeuw werden de rivieren min of meer geconsolideerd.

De Marspolder maakte in eerste instantie nog deel uit van de Rijnwaterwaarden. Na de aanleg van de Marsdijk (15e eeuw) kwam de Marspolder binnendijks te liggen. Vanaf De Spees werd de Rijnbandijk een slaperdijk.

Het binnendijkse gebied heeft sinds de bedijking veelvuldig geleden van dijkdoorbraken. Daarbij ontstonden doorbraakkolken, waaruit grote hoeveelheden zand, grind en klei (Afzettingen van Gendt III behorende tot de Betuwe Formatie) werden opgenomen die door het kolkende water werden vermengd en over het achterliggende land werden uitgespreid. Eldik langs de Waal is in het verleden herhaaldelijk geteisterd door dijkdoorbraken. Hiervan getuigen de diepe kolken en de slingerende Oude Dijk, waarvoor in het begin van de 19e eeuw een nieuwe rechte bandijk even zuidwaarts in de plaats kwam. De dijkdoorbraakafzettingen zijn bij Eldik erg heterogeen. Ze bevatten plaatselijk grote keien. De afzettingen zijn uitgespreid over het voormalige komgebied (bijl. 1, code D/O/K). Bij De Spees in de Marspolder zijn de dijkdoorbraakafzettingen vrij homogeen. Ze liggen op de jonge stroomgordelafzettingen van de Rijn (bijl. 1, code D/S3). Om zich tegen het overstromingswater te beschermen, wierpen de bewoners kaden, vluchtheuvels en huisterpen (pollen) op.

### 2.1.2.3 Discussie

De geologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 1), is voornamelijk gebaseerd op de gegevens van Verbraeck (1984) en op de resultaten van het gedetailleerde bodemkundig onderzoek (Mulder en Brouwer 1991). Bij dit laatstgenoemde onderzoek hebben we in het algemeen niet dieper dan 150 cm - mv. geboord. De patronen op de kaart zijn dus afgeleid van relatief veel ondiepe boringen.

Ten opzichte van de geologische en geomorfologische kaart, schaal 1 : 50 000 (Verbraeck 1984; Ten Cate et al. 1990), zijn de patronen plaatselijk uitgebreid, verfijnd of anders geïnterpreteerd. Zo hebben wij een pré-Romeinse stroomgordel (Afzettingen van Gendt I) gekarteerd ten oosten van Kesteren aan de Boveneindsestraat, die niet als zodanig op bovengenoemde kaarten is weergegeven. Dat geldt ook voor de dijkdoorbraakafzettingen in het oostelijke deel van de Marspolder. Ten noorden van de Varakker hebben wij het systeem van Opheusden naar Ochten (Afzettingen van Gendt I) met een lob naar het zuiden uitgebreid. Twee voorbeelden van verfijning van het patroon treffen we aan bij de dijkdoorbraakafzettingen ter plaatse van Eldik en bij de Pre-Romeinse stroomgordel (Afzettingen van Ressen en Gendt 0) ten noorden van Dodewaard. Als verschil in interpretatie kunnen we de verbreiding van de komafzettingen aanmerken. Het areaal oever- op kom- op stroomafzettingen is langs de Waal op onze kaart aanmerkelijk groter dan op bovengenoemde kaarten. Wij hebben het sloefige materiaal (Gendt 0) in de ondergrond tot niet gefundeerde stroomafzettingen gerekend; Verbraeck (1984) rekent dit materiaal tot de komafzettingen.

## 2.2 Bodem

De bodemopbouw van het (binnendijkse) gebied is weergegeven op de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 1 in Mulder en Brouwer 1991). Met het oog op de systeembeschrijving is voor de bodemkaart een beschrijvende legenda opgesteld. De hoofdingeling van deze legenda berust op een landschappelijke indeling en geeft voorts informatie over de aard en dikte van de boven- en ondergrond, de grondwatertrappen en de geologische afzettingen. Hieronder behandelen we in het kort de bodemopbouw van het gebied. Voor uitgebreide informatie over de bodemopbouw verwijzen wij naar bovengenoemd rapport en kaart.

### 2.2.1 Materialen en methode

Voor de beschrijving van de bodemopbouw hebben we gebruik gemaakt van gegevens van De Bakker en Locher (1990), Bodemkaart van Nederland (1973), Egberts (1950), Op 't Hof (1970), Locher en De Bakker (1990), Van der Schans en Steeghs (1957), Steur en De Bakker (1984), Veenbos (1955), Ten Cate et al. (1990) en van de bodemkundige overzichtskaarten van Ochten, Dodewaard-Hemmen en Kesteren (1952).

Bij de opname van de bodemkaart is in het veld rekening gehouden met de landschappelijke opzet van de legenda, de geologische opbouw en de terreinvormen. We hebben stroomrug- en oevergronden, restbeddinggronden, bewoningssgronden, komgronden en overslaggronden onderscheiden.

### 2.2.2 Resultaten

#### *Stroomrug- en oevergronden*

Bij stroomruggronden bestaat de ondergrond uit zand, bij oevergronden uit klei en/of veen.

De hoogste delen van de stroomruggronden worden gevormd door bruine, kalkrijke ooivaaggronden, bestaande uit lichte tot zware zavel. De overige stroomruggronden bestaan uit overwegend kalkrijke poldervaaggronden. De textuur van de bovengrond varieert van zeer lichte zavel tot lichte klei. De ondergrond van de stroomruggronden is in hoofdzaak opgebouwd uit kalkrijk, matig fijn en matig grof zand dat tussen 40 tot 80 cm - mv. begint of dieper. De gronden zijn in het algemeen goed tot zeer goed doorlatend.

De hoogste delen van de oevergronden worden gevormd door kalkrijke ooivaaggronden, de overige delen door kalkloze tot kalkrijke poldervaaggronden. De bovengrond bestaat uit matig lichte tot zware zavel, plaatselijk uit lichte klei. Bij Eldik is de bovengrond vermengd met grof zand als gevolg van dijkdoorbraken (overslag). De ondergrond wordt gevormd door zavel en lichte klei, al dan niet

kalkloos, of door zware klei. De gronden zijn in het algemeen goed doorlatend.

#### *Restbeddinggronden*

Restbeddinggronden bestaan alle uit poldervaaggronden. We hebben twee hoofdsystemen onderscheiden, nl. de restbedding van de oude Rijn in de Marspolder en het zuidelijke systeem, dat de stroomrug van Opheusden naar Ochten volgt.

In het oostelijke deel van de Marspolder bestaat de bovengrond voornamelijk uit kalkrijke, zware zavel en in het westelijke deel uit kalkrijke, lichte klei. De ondergrond bestaat in het oostelijke deel uit grof zand en grind, en in het westelijke deel uit zavel, klei en bagger.

De bovengrond in het zuidelijke systeem bestaat voornamelijk uit lichte tot zware klei die overwegend kalkloos is. Ten westen van Opheusden komt kalkrijke, lichte klei voor. De ondergrond wordt in dit systeem veelal gevormd door kalkloze, lichte en zware klei, plaatselijk met bagger en veen. De restbeddinggronden in de Marspolder zijn in het algemeen vrij goed tot goed doorlatend, in het zuidelijke systeem vrij slecht tot vrij goed doorlatend.

#### *Bewoningsgronden*

Bewoningsgronden komen voor op de hoogste delen van de stroomrug- en oevergronden en meestal langs een restbedding. Ze bestaan uit tuineerd- en hofeerdgronden. De bovengrond bestaat in het algemeen uit kalkrijke, lichte tot zware zavel. De ondergrond wordt veelal gevormd door zavel op zand. Het materiaal is meestal rijk aan fosfaatvlekken. De gronden zijn in het algemeen goed doorlatend.

#### *Komgronden*

Komgronden bestaan alle uit poldervaaggronden.

In het centrale deel van het gebied komen diepe komgronden voor. De bovengrond bestaat overwegend uit kalkloze, matig zware klei. De ondergrond wordt gevormd door zeer zware klei, waarin veelal een of meer laklagen voorkomen. De diepere ondergrond bestaat veelal verlandingsveen, dat in samenstelling varieert van zeer humeuze klei tot houtrijk bosveen. Dit materiaal is plaatselijk vrij goed tot goed doorlatend.

In de omgeving van de Varakker en in het gebied tussen Opheusden en Dodewaard wordt de ondergrond gevormd door sloefige, kalkrijke, zware zavel tot lichte klei (kom op stroomruggronden).

Ten westen van Ochten en in het gebied tussen Opheusden en Kesteren komen komgronden voor met zowel een lichte bovengrond als een lichte ondergrond, zgn. oever- op kom- op stroomafzettingen.

De oever- op komgronden langs de Waal bestaan uit kalkloze tot kalkrijke, zware zavel en lichte klei, rustend op zware klei.

De komgronden zijn in de zomer veelal goed doorlatend (kortsluiting via scheuren)

en in de winter slecht doorlatend (dicht zwellen van de klei). Sinds de invoering van lage polderpeilen in de winter zijn deze gronden in het algemeen beter doorlatend geworden. Dit komt, doordat de scheuren die in de zomer in de zware klei-bovengrond worden gevormd, in de winter niet volledig dicht zwellen.

#### *Overslaggronden*

Overslaggronden bestaan uit gooreerd- en vlakvaaggronden bij Eldik en uit kanteerdgronden in de Marspolder nabij De Spees.

Bij Eldik worden de overslaggronden gevormd door een 25 - > 100 cm dik pakket grof zand met daarin grind en plaatselijk grote keien. De ondergrond bestaat veelal uit een laag kalkrijke, zware zavel of lichte klei, die rust op kalkloze komklei. Plaatselijk komt in de diepere ondergrond zeer humeuze tot venige klei voor.

De overslaggronden in de Marspolder hebben een bovengrond, die uit humeus, kalkrijk, matig fijn zand bestaat. Daaronder komt bruin, kalkrijk, matig fijn zand voor. Het materiaal is vrij homogeen van samenstelling. De overslaggronden bij Eldik zijn minder goed doorlatend dan die in de Marspolder (zeer goed doorlatend).

### 2.2.3 Discussie

We hebben in Ochten-Opheusden geen doorlatendheidsmetingen verricht. De doorlatendheid van zand- en kleilagen in het rivierengebied zijn onder meer onderzocht door Dekker en Bouma (1978), Bouma (1982), Bouma en Dekker (1983) en Mulder (1989). Over de doorlatendheid van verlandingsveen is weinig bekend. We hebben in het komgebied met verlandingsveen in de zomer en herfst van 1990, dus bij een lage grondwaterstand, diepe boringen verricht om de zanddiepte vast te stellen. Zodra we het verlandingsveen aanboorden, stroomde het boorgat in enkele gevallen snel vol met water, in andere langzaam. De doorlatendheid van verlandingsveen varieert dus op korte afstand van slecht tot zeer goed. Dit heeft te maken met de heterogene samenstelling van het verlandingsmateriaal. Verlandingsveen kan op korte afstand variëren van houtrijk bosveen tot zeer kleiige bagger.

### 2.3 Zanddiepte

Om de hydrologische processen, die zich in de grond afspelen, beter te kunnen begrijpen, is het belangrijk te weten op welke diepte het zand begint ofwel hoe dik het klei- en veenpakket is. Met de zanddieptekaart, schaal 1 : 50 000, als basis (Ten Cate et al. 1990) hebben we een gedetailleerde zanddieptekaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 2), samengesteld. Daarop is de bovenkant van het zand in decimeters beneden maaiveld weergegeven, ofwel de dikte van de bedekking bestaande uit klei en veen.

### 2.3.1 Materialen en methode

De zanddieptekaart, schaal 1 : 25 000, is afgeleid van:

- a. de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (Mulder en Brouwer 1991);
- b. de zanddieptekaart, schaal 1 : 50 000 (Verbraeck 1986);
- c. de boorgegevens van de Rijks Geologische Dienst (RGD);
- d. de klei-inventarisatiekaart van de Neder-Betuwe, schaal 1 : 10 000 (Veenbos 1955);
- e. elektro-magnetisch onderzoek met behulp van de EM31;
- f. aanvullende diepe boringen.

- Ad a. Op de bodemkaart, schaal 1 : 10 000, hebben we de zanddiepte tot 1,50 m - mv. weergegeven. De zanddiepte komt tot uiting in de legenda-eenheid (overslaggronden: A1 en A2) en in het profielverloop (2, 3 en 5).
- Ad b. Op de zanddieptekaart van de RGD is de bovenkant van het zand in meters beneden maaiveld aangegeven. De kaart bevat 12 legenda-eenheden.
- Ad c. We hebben gebruik kunnen maken van de boorpuntenkaart en de boorgegevens van Geologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, blad 39 Oost van de Rijks Geologische Dienst (RGD), District Oost te Lochem. Deze gegevens bevatten niet alleen belangrijke informatie over de zanddiepte, maar ook over het voorkomen van humeuze en venige lagen.
- Ad d. De klei-inventarisatiekaart omvat het grootste deel van het binnendijkse gebied van Ochten-Opheusden. De Marspolder en een deel van het gebied bij Eldik zijn niet gekarteerd. De kaart geeft o.a. aan de dikte van de klei in enkele trappen tot ca. 1,50 m - mv. Bovendien zijn humeuze en venige lagen op deze kaart aangegeven.
- Ad e. In het centrale komgebied van Ochten-Opheusden hebben we in de zomer van 1990 elektro-magnetisch onderzoek verricht met behulp van de EM31 van Geonics Ltd (McNeill 1980a en 1980b). Met dit apparaat wordt het gewogen gemiddelde van het elektrische geleidingsvermogen tot ca. 6 m - mv. gemeten. Het voornaamste doel van dit onderzoek was om in een relatief korte periode de diepere ondergrond te verkennen op stroomgordelafzettingen, die niet aan de hand van landschappelijke kenmerken te lokaliseren zijn. De gegevens zijn verwerkt met de bij het instrument behorende software.
- Ad f. Aanvullende diepere boringen hebben we onder meer verricht om het bovenvermelde EM31 onderzoek te toetsen. Bovendien hebben we dieper geboord in het noordoosten van Ochten-Opheusden, in het gebied waar Verbraeck (1986) een forse stroomgordel bedekt met komklei heeft gekarteerd, om de aard en samenstelling van deze stroomgordelafzetting vast te stellen. Verder verkregen we gegevens over de zanddiepte bij het plaatsen van de diepe grondwaterstandsbuizen (o.a. de potentiaalbuizen).

### 2.3.2 Resultaten

De bovenkant van het zand varieert in diepte vanaf maaiveld tot meer dan 5 m - mv. (bijl. 2). Bij Eldik en bij De Spees (Marspolder) komt het zand vanaf maaiveld voor

(dijkdoorbraakafzettingen). Bij De Spees is het overslagzand gefundeerd op het zand van de jonge stroomruggronden; bij Eldik rust het overslagzand op een dik pakket komklei. In een groot deel van de Marspolder, bij Dodewaard en Ochten, in enkele gebiedjes tussen Opheusden en Ochten, en in het noordoosten van het gebied (Dalwagen) komt het zand tussen 40 en 150 cm - mv. voor. Dit zand behoort tot de stroomgordelafzettingen van de Afzettingen van Ressen en Gendt I, II en III. Zand tussen 150 en 300 cm - mv. komt in dezelfde stroomgebieden voor. In het oosten van het gebied betreft het ook zand van de Afzettingen van Gendt 0. In het grootste deel van het gebied komt het zand dieper dan 300 cm - mv. voor. Dit zand behoort tot de Formatie van Kreftenheye en tot de Afzettingen van Ressen en Gendt.

### 2.3.3 Discussie

De zanddieptekaart (bijl. 2) geeft geen informatie over de zandgrofheid. De bodemkaart geeft binnen 150 cm - mv. hierover informatie in twee klassen: fijn en grof zand. Dieper dan 150 cm - mv. is alleen informatie over de zandgrofheid bekend uit eigen diepboringen en boringen van de RGD. Vanwege het grote verschil in schaal tussen de bodemkaart, schaal 1 : 10 000, en de geologische kaart, schaal 1 : 50 000, leek het ons niet verantwoord om de zandgrofheid als gebiedsdekkende eenheid op de zanddieptekaart, schaal 1 : 25 000 weer te geven.

## 2.4 Geomorfologie

### 2.4.1 Materialen en methode

Er is geen opdracht verleend om de geomorfologie van het binnendijkse gebied in kaart te brengen. We volstaan in dit rapport met een korte beschrijving van de geomorfologie (zie ook Ten Cate et al. 1990), waarbij we gebruik hebben gemaakt van de gegevens van Brus (1986), en Ten Cate en Maarleveld (1977).

### 2.4.2 Resultaten

Het gehele gebied heeft door de activiteit van de grote rivieren in het Holoceen zijn huidige vorm verkregen. De volgende fluviaatiele terreinvormen komen voor:

#### *Rivieroeverwal of stroomrug*

Langs de Waal komen duidelijk ontwikkelde rivieroeverwallen en stroomruggen voor. De hogere gronden (met zandkern) ten westen van Dodewaard en bij de Heuning te Ochten zijn fraaie voorbeelden van stroomruggen; aan weerszijden van De Snor vinden we fraaie oeverwallen (afgezet op komklei). Langs de Rijn, ten zuiden van de Rijnbandijk vanaf De Spees tot voorbij Kesteren, is de stroomrug deels opgeruimd door latere doorbraken. Een minder duidelijk ontwikkelde stroomrug vinden we in het

gebied tussen Opheusden en Ochten. De stroomruggen dateren alle uit het Vroeg-Subatlanticum.

#### *Geul van meanderend afwateringsstelsel en overloopgeul*

In een aantal stroomruggen bevindt zich een geul die in meer of mindere mate meandert. Het zijn restbeddingen, die zijn dichtgeslibd nadat de rivier haar loop had gewijzigd. Opvallend is de langgerekte, kronkelende geul binnen de stroomgordel van Opheusden naar Ochten. De Kalkestraat ten westen van Dodewaard is ten dele aangelegd in een restbedding. In het Rijnsysteem vinden we ten westen van De Spees aan weerszijden van de Markstraat nog een deel van de restbedding terug. Geulen die dwars over de oeverwal lopen en eindigen in de kom, worden overloopgeulen genoemd. Voor de bedijking stroomde bij hoge rivierstanden het water via deze geulen naar de kom. Overloopgeulen lopen meestal dood, zoals die ten zuiden van de Hamsche Straat bij Opheusden en die ten westen van Dodewaard vanuit de restbedding Kalkestraat het Dodewaardsche Veld in (bijl. 1 in Mulder en Brouwer 1991).

#### *Meanderruggen en geulen*

De recente stroomgordel van de Marspolder is een fraai voorbeeld van een kronkelwaard. Ze is opgebouwd uit meanderruggen en geulen en heeft daardoor een zwak golvend reliëf. De restbedding van de Oude Rijn bij Kesteren ligt aan de buitenzijde van de stroomgordel en dateert uit het Laat-Subatlanticum. De Leigraaf is meegegraven in de noordelijke restbedding en vervult met de Oude Rijn een hoofdrol bij de afwatering van het gebied.

#### *Rivierkom- en oeverwalachtige vlakte en rivierkomvlakte*

De laagste delen van het rivierengebied met een zeer vlak reliëf behoren tot de rivierkomvlakte. Hier ligt over het algemeen zware klei aan het oppervlak, zoals in het centrale komgebied van Ochten-Opheusden, in het Dodewaardsche Veld en Eldiksche Veld. Tussen de rivieroeverwal en de rivierkomvlakte ligt een overgangszone die qua hoogteligging een tussenpositie inneemt en waarbinnen meer reliëf voorkomt dan in de kom. De hoge ligging ten opzichte van de kom is het gevolg van een dunne uitwiggende oeverafzetting aan de oppervlakte of in de ondergrond. Tot deze vormeenheid behoren ook de stroomruggen die naderhand bedekt zijn met een laag komklei. Het zijn de stroomruggen van fossiele rivieren. In het oostelijk deel van het gebied vinden we een voorbeeld van zo'n fossiel systeem, dat is afgedekt met zware klei. Tussen de stroomruggen van Kesteren en Opheusden-Ochten bestaat de rivierkomvlakte uit oever- op zware stroomafzettingen en uit oever- op kom- op stroomafzettingen.

#### *Doorbraakwaaier*

De Waalbandijk bij Eldik is in het verleden herhaaldelijk doorgebroken. Daarvan getuigen de vele kolken. Het overslagzand is over grote oppervlakten over het voormalige komgebied uitgespreid. De Rijnbandijk is tussen Opheusden en Kesteren eveneens een aantal keren doorgebroken. Overslagmateriaal hebben we niet of nauwelijks aangetroffen. De Marsdijk bij De Spees is o.a. in 1855 doorgebroken. Het overslagzand heeft het voormalige landschap grotendeels genivelleerd. De restbedding van de Oude Rijn is er grotendeels onder verdwenen.



*Antropogene terreinvormen zoals dijken, diepe zandgaten, wegen enz.*

Antropogene terreinvormen zijn o.a. de bandijken, kaden en dwarskaden, huisterpen of pollen en vluchtplaatsen. De diepe plassen bij Ochten en Opheusden, de spoorlijn, de secundaire wegen en de snelweg met het viaduct (Varakker), de waterwegen als de Linge en andere weteringen, dorpsuitbreidingen, zijn eveneens voorbeelden van menselijke activiteiten, die herkenbaar zijn in het huidige landschap.

## 2.5 Hydrologie

Het hydrologisch onderzoek bestaat uit twee deelonderzoeken: het agrohydrologisch en het geohydrologisch onderzoek. Deze splitsing is gemaakt om een duidelijke scheiding aan te brengen in onderzoek naar het grondwaterstandsverloop (het freatisch grondwater) en onderzoek naar de diepere stromingen. Het agrohydrologisch onderzoek is van belang voor het vervaardigen van de Gt-kaart; beide onderzoeken zijn van belang voor het opstellen van de ecohydrologische systeembeschrijving.

### 2.5.1 Agrohydrologie

Het agrohydrologisch onderzoek omvat het in kaart brengen van het grondwaterstandsverloop. Hiertoe worden indelingen in grondwaterstandsverlopen gemaakt (grondwatertrappen), grondwaterstandsmetingen verricht en kaartvlakken onderscheiden. De grondwatertrappen zijn weergegeven op de grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 2 in Mulder en Brouwer 1991). In de volgende paragrafen behandelen we in het kort het grondwaterstandsverloop. Voor uitgebreide informatie over methode en resultaten verwijzen wij naar bovengenoemd rapport en kaart.

#### 2.5.1.1 Materialen en methoden

Voor de beschrijving van het grondwaterstandsverloop hebben we gebruik gemaakt van gegevens van Van Heesen en Westerveld (1966), Bodemkaart van Nederland (1973), Van Heesen (1971), Van der Sluijs (1982), Van der Sluijs en Van Heesen (1989), Nelisse en Schoute (1977) en Rijkswaterstaat (1991). De grondwatertrappen zijn afgeleid uit profielkenmerken, veldkenmerken, landschappelijke en topografische kenmerken (zoals maaiveldsligging, reliëf, slootwaterstanden en bodemgebruik). Voor de toetsing van de schattingen hebben we metingen gedaan in buizen en boorgaten.

#### 2.5.1.2 Resultaten

Het binnendijkse gebied van Ochten-Opheusden is onder te verdelen in drie regio's (afb. 8 in Mulder en Brouwer 1991):

- de Rijnregio;
- het centrale komgebied;
- de Waalregio.

Door de stuwen bij Driel en Amerongen beschrijft de waterstand van de Nederrijn een kleinere amplitude dan van de Waal. Dit is merkbaar in de beweging van het grondwater in het aangrenzende gebied. Het maaiveld in de Rijnregio ligt relatief hoog en de gronden zijn goed doorlatend (stroomrug- en oevergronden). De gronden kenmerken zich door tamelijk diepe grondwaterstanden met weinig fluctuatie gedurende het jaar. De meest voorkomende Gt's zijn VIIo en VIo. Nattere Gt's komen voor in restbeddingen.

In het centrale komgebied heeft de rivier geen directe invloed op de schommeling van het freatisch grondwater; het grondwaterstandsverloop staat onder invloed van het peilbeheer. Het polderpeil in het landinrichtingsgebied is sterk gereguleerd: hoge zomerpeilen en bijna droge sloten in de winterperiode. Het maaiveld in het centrale komgebied ligt laag. De gronden zwellen in natte toestand dicht, waardoor ze slecht water doorlaten. De komgronden hebben ondiepe grondwaterstanden met weinig fluctuatie gedurende het jaar. De meest voorkomende Gt's zijn IIIb en IVu. In de kern van het komgebied komen Gt IIa en IIIa voor.

De Waal is geen gestuwde rivier, zodat in de zomer doorgaans diepe waterstanden optreden. De grote amplitude van de rivierwaterstand beïnvloedt het grondwaterstandsverloop in het aangrenzende gebied (zie par. 2.5.4). Het maaiveld ligt hoog ten opzichte van het centrale komgebied en de gronden zijn in het algemeen goed doorlatend (stroomrug- en oevergronden). De gronden in de Waalregio hebben doorgaans in de winter ondiepe, in de zomer diepe grondwaterstanden. De fluctuatie neemt in het algemeen toe in de richting van de rivier. In de omgeving van Eldik komt in de ondergrond komklei voor. Bij deze gronden is de rivierinvloed minder sterk. De meest voorkomende Gt's in de Waalregio zijn VIId, VIId en VIo.

### 2.5.1.3 Discussie

Door de stuwning van de Rijn en het invoeren van polderpeilen is de grondwaterbeweging in het binnendijks gebied veranderd. Hierdoor is het niveau van de GLG in de Rijnregio duidelijk gestegen. Een belangrijk hulpmiddel voor het vaststellen van de GHG en GLG zijn de profielkenmerken. Deze stemmen echter in de Rijnregio en het centrale komgebied niet meer overeen met de huidige grondwaterbeweging. Dit blijkt uit de waarnemingen in de peilbuizen.

### 2.5.2 Geohydrologie

Doel van het geohydrologisch onderzoek is inzicht te krijgen in grondwaterstromingen. In dit rapport hebben we de algemene naamgeving van de stromingssystemen (Ten Cate et al. 1991) aangepast aan de gebiedseigen naamgeving. We

hebben onderscheiden:

- ondiepe stromingssystemen: o.a. het systeem van de Rijndijk, het systeem van de Waaldijk, het Lingesysteem, het oeverwal-restbeddingsysteem en het oeverwal-komsysteem;
- middeldiepe stromingssystemen: het Waal- en Rijnsysteem;
- diepe stromingssysteem: het Veluwesysteem (kwelvensters).

Bij ondiepe systemen liggen kwel- en wegzijgingsgebieden direct naast elkaar; het betreft meestal het freatisch grondwater. Bij middeldiepe en diepe systemen liggen kwel- en wegzijgingsgebieden niet direct naast elkaar en betreffen resp. het eerste en tweede watervoerende pakket. De wegzijgingsgebieden van de middeldiepe en diepe systemen liggen buiten het onderzoeksgebied.

### 2.5.2.1 Materialen en methode

Bij de beschrijving van de geohydrologie hebben we gebruik gemaakt van gegevens van Ten Cate et al. (1990), Verbraeck (1984), Verkooyen (1981), Engelen et al. (1989), Provincie Gelderland (1985), Van Schaik (1948), Kemmers (1990a en 1990b), Kemmers en Jansen (1985), Kemmers en Van Wirdum (1988) en Van Wirdum (1991).

Het onderzoek naar de geohydrologie bestaat uit de volgende onderdelen:

- vergelijking van het grondwaterstandsverloop binnen een raai landbouwbuizen met rivierpeilen van Waal, Linge en Rijn;
- vergelijking van het grondwaterstandsverloop in landbouwbuizen en potentiaalbuizen;
- vergelijking van waterkwaliteit uit landbouwbuizen, potentiaalbuizen en oppervlaktewater met referentiemonsters tijdens één winter- en twee zomermetingen.

De raai landbouwbuizen haaks op de rivierrichting moet inzicht verschaffen in ondiepe systemen. Potentiaalbuizen in combinatie met landbouwbuizen geven informatie over middeldiepe en diepe stromingssystemen. Waterkwaliteitsmonsters van potentiaalbuizen, landbouwbuizen en oppervlaktewater zijn genomen om een totaalbeeld te verkrijgen van de drie systemen. De analyses zijn niet alleen te gebruiken om de herkomst van het water van de monsters vast te stellen, maar geven ook inzicht in de samenhang van de verschillende systemen.

#### *Grondwaterstandsmetingen in een raai, haaks op de rivierrichting*

De landbouwbuizen S1 t/m S18 en P2 zijn zo geplaatst dat ze een raai vormen, haaks op de rivieren de Waal, Linge en Rijn (fig. 3). Deze raai is geplaatst om een indruk te krijgen van de ondiepe systemen. De hoogteligging van deze buizen is ingemeten t.o.v. NAP.

#### *Grondwaterstandsmetingen in potentiaalbuizen*

Om inzicht te krijgen in de middeldiepe en diepe systemen hebben we regelmatig potentiaalverschillen gemeten tussen de watervoerende pakketten en het freatisch

grondwater. Daartoe hebben we op diverse plaatsen buizen met verschillende filterdiepten op één locatie geplaatst: een peilbuis met het filter in het freatische grondwater (landbouwbuis) en één of meer peilbuizen met het filter in het eerste en/of tweede watervoerende pakket (potentiaalbuizen). De grondwaterstanden kunnen vervolgens voor elke potentiaalbuis en bijbehorende landbouwbuis in een grafiek worden uitgezet tegen de tijd. Deze weergave toont in één oogopslag de potentiaalverschillen.

Er zijn in het gebied 10 potentiaalbuizen:

- zeven bestaande buizen die destijds zijn geplaatst door het Instituut voor Grondwater en Geo-energie-TNO (P-nummer);
- drie potentiaalbuizen, die in het begin van het onderzoek door het DLO-Staring Centrum zijn geplaatst (PS-nummer).

Verder is bij landbouwbuis S8 en S13 een extra buis geplaatst met filterdiepte op 3-4 m - mv. (filter net onder het komkleipakket in de Formatie van Kreftenheye). Deze extra "potentiaalbuizen" hebben de codes S8d en S13d. Figuur 7 geeft de ligging van alle potentiaalbuizen weer. Tabel 3 geeft aanvullende informatie over de IGG-TNO-potentiaalbuizen.

Naast de meeste potentiaalbuizen is door het DLO-Staring Centrum een landbouwbuis geplaatst om eventuele potentiaalverschillen aan te kunnen tonen. De grondwaterstanden in de potentiaalbuizen zijn gelijktijdig met de landbouwbuizen 2-4 keer per maand opgenomen.

*Waterkwaliteitsmetingen van landbouwbuizen, potentiaalbuizen en oppervlaktewater*  
Wanneer in een studiegebied watermonsters worden genomen uit potentiaalbuizen, landbouwbuizen en oppervlaktewater, zijn hypothesen te formuleren over grondwaterstromingspatronen op basis van de verspreiding van watertypen. In de kringloop van het water kunnen drie compartimenten worden onderscheiden, waarin het water korte of langere tijd verblijft: de atmosfeer, de lithosfeer en de zee. In elk hiervan neemt het water uiteindelijk een karakteristieke samenstelling aan die weerspiegeld wordt door de ionenratio IR (een maat voor de ionenverhoudingen in het water) en de soortelijke elektrische geleiding EC (een maat voor de concentratie). Na infiltratie van regenwater (AT = atmoclien water) worden bij toenemende invloed van de ondergrond calcium en bicarbonaat dominant in de watersamenstelling door oplossing van kalk onder invloed van koolzuur dat in de wortelzone in het infiltrerende water is opgelost. Hierbij neemt ook de totale concentratie van stoffen in het grondwater toe. Dit verhoudingsgewijs calciumbicarbonaatrijke grondwater (LI = lithoclien water) komt elders, namelijk in kwelzones, rivieren en beken, weer aan de oppervlakte en kan weer invloed op de vegetatie uitoefenen. "Op weg naar zee" neemt het grond- en rivierwater door contact met zeewater in de kustgebieden en door vervuiling o.a. chloride-ionen op, waardoor het steeds meer op zeewater (TH = thalassoclien water) gaat lijken. De drie "extreme" watertypen LI, AT en TH worden wel aangeduid met de namen litho-, atmo- en thalassotroof (Kemmers en Van Wirdum 1988).

Er is door het RIN een programma ontwikkeld (MAIONF) dat de analysecijfers van watermonsters bewerkt en vergelijkt met referentiemonsters, en de verwantschap

daarmee uitdrukt in procenten. Wij hebben de volgende referentiemonsters gebruikt:

- Grondwater van de Veluwe: De Hoge Duvel (relatief weinig calcium en bicarbonaat);
- Verzadigd Grondwater: Angeren (relatief veel calcium en bicarbonaat);
- Rijnwater: Lobith;
- Regenwater;
- Zeewater.

De resultaten kunnen grafisch worden weergegeven in de vorm van Stiff-, Piper- en IR-EC-diagrammen (Van Wirdum 1991).

Bij twee zomermetingen (4-9-1990 en 24-6-1991) en een wintermeting (31-1-1991) hebben wij op 25-32 locaties watermonsters genomen. Figuur 3 geeft de situering weer van de monsters uit landbouwbuizen, figuur 7 van de monsterplekken uit potentiaalbuizen en figuur 16 van de monsterplekken uit oppervlaktewater.

Deze watermonsters zijn door het Waterleidingbedrijf Midden-Nederland te Utrecht onderzocht op de volgende anorganische parameters:

- calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ ;
- chloride,  $\text{Cl}^-$ ;
- waterstofcarbonaat,  $\text{HCO}_3^-$ ;
- kalium,  $\text{K}^+$ ;
- magnesium,  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- natrium,  $\text{Na}^+$ ;
- nitraat,  $\text{NO}_3^-$ ;
- ortho-fosfaat,  $\text{O-PO}_4^{3-}$ ;
- sulfaat,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Tijdens de monsternames hebben wij tevens de soortelijke elektrische geleiding en de zuurgraad (via pH-indicatorstokjes) van de watermonsters vastgesteld.

#### *Elektrisch geleidingsvermogen van oppervlaktewater*

Om gebiedsdekkende informatie te verkrijgen over de waterkwaliteit (ionenconcentratie) van het oppervlaktewater in het binnendijks gebied hebben we half augustus 1991 op ca. 400 locaties het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) vastgesteld. De locaties liggen verspreid over het gebied zowel in A- als in B-slotten (par. 2.5.2.2) en een enkele keer in een wiel of zandgat. Op de stroomruggronden zijn iets minder waarnemingen verricht dan in het centrale komgebied omdat daar meer drooggevallen sloten voorkwamen. Hoewel de metingen zijn verricht in een lijnenstelsel (slootpatronen), hebben we de meetresultaten verwerkt tot een vlakkenkaart, de kaart van soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) van het oppervlaktewater, schaal 1 : 25 000 (bijl. 3). Bij het afgrenzen van de vlakken hebben we rekening gehouden met de ligging, stroomrichting, breedte en begroeiing van de sloten.

Uit bovenstaand onderzoek blijkt dat de watertypen Verzadigd Grondwater (Angeren) en Rijnwater in het onderzoeksgebied dominant zijn. Er blijkt bovendien een samenhang te bestaan tussen het elektrisch geleidingsvermogen en de verwantschap met Rijnwater en Verzadigd Grondwater. Met behulp van lineaire regressie-analyse (Genstat Committee 1987) met logtransformatie hebben we voor alle 93 water-

kwaliteitsmonsters de mate van deze samenhang bepaald. Uit dit regressiemodel kan vervolgens voor een mengmonsterreeks (Verzadigd Grondwater en Rijnwater) het elektrisch geleidingsvermogen worden bepaald. Op deze wijze zijn we in staat om de onderscheiden trajecten op de EC-kaart oppervlaktewater (bijl. 3) rechtstreeks te vertalen naar volumeaandelen Rijnwater en Verzadigd Grondwater.

#### 2.5.2.2 Resultaten

##### *Ondiepe systemen*

Voor een aantal meetdata is de grondwaterstand t.o.v. NAP en het rivierpeilmerk van de Waal, Linge en Rijn uitgezet tegen de afstand (fig. 4, 5 en 6). Deze afbeeldingen laten, wat betreft de maaiveldsligging, zien dat:

- het centrale komgebied het laagst ligt;
- de oeverwallen en de uiterwaarden van de Waal hoger zijn en meer geaccidenteerd dan die van de Rijn;
- de uiterwaarden duidelijk hoger liggen dan de aangrenzende binnendijkse stroomruggonden.

In de periode augustus tot half november 1990 was er weinig neerslag en een lage rivierstand met nauwelijks schommelingen. Hierdoor was de grondwatersituatie stabiel. Figuur 4 en 5 laten zien dat wegzijging optreedt naar de Waal en naar de Linge (ondanks het inlaten van water). In het centrale komgebied valt in deze periode op dat het grondwaterniveau eerst de maaiveldsligging volgt en vervolgens in het laagst gelegen terreingedeelte bijna waterpas loopt. Aan de Waalkant treedt vanaf ca. 900 meter van de rivier (vanaf buis S6) wegzijging op. De wegzijging neemt toe in de richting van de Waal. De buizen S2 en S3 geven enige verstoring doordat ze droogvallen. Opmerkelijk is dat aan de Rijnkant enige wegzijging optreedt (buis S18), hoewel de rivier gestuwd is. Mogelijk heeft dit te maken met de goed doorlatende ondergrond (zanddiepte tussen 80 en 200 cm - mv.; bijl. 2).

Figuur 5 en 6 geven ons inzicht in rivierkwel in de periode half november 1990 tot eind januari 1991. Er hebben in deze periode twee hoogwatergolven plaatsgevonden; de eerste omstreeks 22 november en de tweede en tevens hoogste omstreeks 8 januari (fig. 17). Daarnaast was er meer neerslag. In het centrale komgebied is de invloed van de neerslag goed zichtbaar. Globaal kunnen we in dit traject vaststellen dat de stijging in grondwaterstand ongeveer overal gelijk is; een uitzondering is het traject dicht bij de Linge waar zelfs meer wegzijging optreedt dan in de vorige periode. Dit wordt veroorzaakt door de lage waterstand (geen inlaat van gebiedsvreemd water, maar afvoer van kwelwater). Aan de Waalkant valt op dat vanaf ca. 500 meter van de rivier (vanaf buis S4) de grondwaterstand meer stijgt dan zou worden verwacht uit alleen het neerslageffect. De lokale rivierkwel die deze extra stijging veroorzaakt, is dichtbij de rivier het sterkst. In deze periode is op ca. 1 km afstand van de Waal (bij buis S7) de overgang van goed doorlatende stroomruggonden naar slecht doorlatende komkleigronden goed waarneembaar (fig. 5 en 6). In de Rijn is de amplitude van de hoogwatergolf duidelijk lager dan die in de Waal, waardoor lokale rivierkwel aan de Rijnkant in figuur 5 en 6 niet goed waarneembaar is.

De periode februari tot half april 1991 (op fig. 6 is alleen de meting van 28-2-1991 aangegeven) geeft vanwege het droge voorjaar hetzelfde beeld als de periode augustus tot half november 1990. De wegzijging neemt langs de Waal weer toe, langs de Linge af (waterinlaat vanaf ca. 25 maart) en langs de Rijn verandert er weinig.

#### *Middeldiepe en diepe systemen*

De meetresultaten van de potentiaalbuizen zijn weergegeven in tabel 4. De figuren 8 t/m 15 geven de set grafieken van grondwaterstanden van de meeste potentiaalbuizen en bijbehorende landbouwbuizen, uitgezet tegen de tijd.

Tussen de potentiaalbuizen P110h en P110l, en de landbouwbuis S29, gelegen in de uiterwaard, trad nauwelijks potentiaal verschil op (fig. 8). Dit is te verklaren uit de goede doorlatendheid van het profiel en de korte afstand tot de Waal.

Op de locatie P60/S27 trad sterke wegzijging op van september tot half december en van half februari tot half april 1991 (fig. 9). Kwel vond duidelijk plaats tijdens de hoogwatergolf op 8 januari 1991. Hierbij spoot het grondwater als een fontein uit de peilbuis en bevroor niet. Nadat de plas was opgedroogd, bleef een ijzerfilm op het gras over. Dit betekent dat we te maken hebben met zuurstofarm "oud" grondwater. De druk van het rivierwater veroorzaakt binnendijs dus niet alleen een lokale kwelstroming maar tevens een diepere kwelstroming. Bij de eerste hoogwatergolf is het na-ijlungeffect op deze grafiek goed te zien.

Bij de locatie van P170/S26 is te zien dat in de maand september 1990 wegzijging optrad en kwel plaatsvond vanaf half november t/m half april 1990 met de grootste potentiaalverschillen op het tijdstip van de hoogwatergolven (fig. 10).

De locatie P300 laat zien dat op dit punt het potentiaalverschil tussen het eerste en tweede watervoerende pakket erg klein was (fig. 11). Een landbouwbuis hebben we daar niet geplaatst, omdat deze locatie buiten het herinrichtingsgebied valt. Wel is duidelijk te zien dat beide watervoerende pakketten sterk reageren op de hoogwatergolven.

Bij de locatie PS1/S11 was in de periode augustus t/m oktober potentieel een lichte wegzijging mogelijk en in de periode november t/m half april 1991 potentieel kwel (fig. 12).

Bij de locatie PS2/S23 was over de hele onderzoeksperiode potentiële wegzijging mogelijk en juist het sterkst gedurende de hoogwatergolven (fig. 13). Landbouwbuis S25 ligt dicht bij een sloot met goede afwatering en tevens vlak bij potentiaalbuis PS2 en landbouwbuis S23. Wanneer we de twee buizen S25 en PS2 (fig. 13) met elkaar vergelijken dan vallen de potentiaalverschillen bijna weg. Bij vergelijking van PS2 met S23 was wel een duidelijk potentiaalverschil waarneembaar. Waarschijnlijk is het komkleipakket hier dusdanig slecht doorlatend dat het neerslageffect sterker is dan de kwel.

Bij de locatie PS3/S28 was het gehele jaar door een potentiële wegzijging mogelijk (fig. 14).

De locatie S13/S13d geeft een beeld van de afwatering in de diepere ondergrond naar de Linge (fig. 15). Bij veel neerslag kwam het grondwater in de diepere buis langzamer omhoog. Bij lage standen van de Linge (half februari t/m half april 1991) trad continu wegzijging op. Figuur 18 laat zien dat de Linge bijna het gehele jaar is gestuwd met een peilverschil van ca. 80-110 cm. In de periode half december tot half januari 1991 was de stuw open.

Figuur 17 laat zien dat de Waal grote fluctuaties heeft en dat de Rijn door de stuwning veel kleinere fluctuaties kent. Op beide rivieren zijn de hoogwatergolven goed waarneembaar.

Bij hoogwatergolven "reageren" alle potentiaalbuizen. Hieruit blijkt dat, bij de meetpunten zowel het eerste als tweede watervoerende pakket in verbinding staan met de rivier. Kwel van het middeldiepe systeem is goed aantoonbaar bij de locaties P60, P170 en PS1; wegzijging (middeldiepe systeem) is goed aantoonbaar bij de locaties P60, PS3, PS2 en S13d (fig. 19 en 20).

#### *Waterkwaliteitsmetingen*

Grondwaterstandsmetingen in landbouw- en potentiaalbuizen alleen zijn niet voldoende om volledig inzicht te krijgen in de grondwaterstromingen. Aanvullende informatie geven de analysecijfers van waterkwaliteitmonsters zowel van oppervlaktewater als van grondwater uit verschillende pakketten.

De analysecijfers van de waterkwaliteitsmonsters zijn weergegeven in tabel 5 en 6. De analysecijfers van de referentiemonsters staan in tabel 7. Tabel 8 geeft de verwantschap in de chemische samenstelling van water weer tussen eigen monsters en referentiemonsters. Hieruit blijkt dat geen van de monsters een duidelijke verwantschap heeft met regenwater. De monsters vertonen, zoals hiervoor is vermeld (par. 2.5.2.1), een duidelijke verwantschap met Verzadigd Grondwater en Rijnwater. Dit wijst er op dat deze watertypen dominant zijn in het onderzoeksgebied. De verwantschap met Zeewater is te begrijpen vanwege de sterke gelijkenis met Rijnwater (Van Wirdum 1991). Zeewater als zodanig speelt in het onderzoeksgebied geen rol.

De monsters uit de landbouwbuizen zijn overwegend van het Grondwatertype; de locaties dicht bij de rivieren zijn van het Rijnwatertype. De monsters uit de potentiaalbuizen zijn sterk verwant met het Grondwatertype; slechts de locaties dicht bij de Waal hebben meer verwantschap met Rijnwater (P60 en P110). Bij de oppervlaktewatermonsters zijn beide typen min of meer evenredig aanwezig; wel is ook hier het Rijnwatertype het meest vertegenwoordigd langs de rivieren.

Het temporele effect bij het grondwater is niet groot. Er is een lichte tendens waarneembaar van Rijnwatertype in de zomer (inlaat van "gebiedsvreemd" water) naar Grondwatertype in de winter. Het grondwater in de potentiaalbuizen verandert niet van type. Het temporele effect bij het oppervlaktewater is duidelijk waarneembaar door de inlaat van "gebiedsvreemd" water. In de winterperiode bestaat een duidelijke scheiding tussen het Grondwatertype in het middengebied en het Rijnwatertype langs de rivieren. In de zomer echter komen de sloten met een sterk watervoerende functie



(A-sloten) vol met "gebiedsvreemd" water. Slechts de uiteinden van het waterstelsel (B-sloten) behouden hun karakteristieke "Grondwatersamenstelling". De Linge geeft een verschuiving van Rijnwatertype in de zomer naar Grondwatertype in de winter. De Linge heeft vooral in de winterperiode een drainerende werking en voert dan voornamelijk kwelwater af en het neerslagoverschot dat niet in de bodem wordt geborgen zonder dat nog vermenging met "gebiedsvreemd" water optreedt (zie ook fig. 4, 5 en 6).

Tabel 9 geeft de verwantschap in de chemische samenstelling van water van de monsters in de raai Rijn-Waal met de referentiemonsters Rijnwater en Grondwater in de zomer- en winterperiode. Hieruit is duidelijk af te lezen dat de verwantschap met Rijnwater afneemt en met Grondwater toeneemt, naarmate het monster verder van een rivier verwijderd is. Dit geldt zowel 's winters als 's zomers.

Tabel 10 geeft de verwantschap in de chemische samenstelling van water van de monsters van de potentiaal- en landbouwbuizen, met de referentiemonsters Rijnwater en Grondwater in de zomer- en winterperiode. Significante verschillen in waterkwaliteit bestaan alleen tussen potentiaalbus P60, P170 en PS1 met resp. landbouwbus S27, S26 en S11. In de vorige paragraaf hebben we geconstateerd dat dit juist de locaties zijn met aantoonbare kwel in de winterperiode, vooral bij hoogwatergolven. Bij twee van deze drie locaties valt op dat in de winterperiode de waterkwaliteit van de potentiaalbus en van de landbouwbus op elkaar gaan lijken. Dit onderbouwt de veronderstelling dat hier een verticale waterbeweging optreedt. Bij de locatie P170/S26 blijft het verschil in waterkwaliteit echter gehandhaafd. Dit duidt er op dat op deze plek, ondanks het grote potentiaalverschil, geen verticale waterstroming optreedt, wat te maken heeft met de slechte doorlatendheid van het profiel. De andere locaties zonder significante verschillen in chemische samenstelling hebben geen aantoonbare kwel, hooguit aantoonbare wegzijging. De locaties met aantoonbare wegzijging geven geen significant verschil in waterkwaliteit. In het algemeen treden bij locaties met een groot potentiaalverschil ook grote schommelingen in de chemische samenstelling van het water op (tabel 10). Dit ligt in de lijn van de verwachting; immers alleen bij een potentiaalverschil is een verticale waterbeweging mogelijk.

Bijlage 3 geeft de verbreiding van het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) van het oppervlaktewater. Hieruit blijkt dat de gebieden met lage EC-waarden (klasse 1, 2 en 3; 40-60 mS/m) in hoofdzaak voorkomen in het centrale komgebied. Bij Eldik en op enkele kleine locaties hebben we EC-waarden van groter dan 80 mS/m gemeten (klasse 6). Bij de Rijn- en Waalregio valt het oppervlaktewater evenals het rivierwater voor het grootste deel in klassen 4 en 5 (60-80 mS/m).

De ruimtelijke verspreiding van de watertypen is weergegeven op figuur 21 en 22. In figuur 23 zijn de watermonsters geplot in een diagram met op de X-as de verwantschap met Zeewater ( $r_{Th\%}$ ) en op de Y-as de verwantschap met Grondwater-Veluwe ( $r_{LiHDu\%}$  = Hoge Duvel). In dit diagram is tevens de positie van de gebruikte referentiemonsters aangegeven. Uit het diagram blijkt dat de watermonsters in één gradiënt liggen met als uitersten Rijnwater en Grondwater. Dit betekent dat waar plaatselijk de invloed van Grondwater domineert (= kwel) de invloed van

Rijnwater beperkt is en omgekeerd.

Vervolgens hebben we de chemische parameters berekend van mengmonsters van twee referentiemonsters (Grondwater-Veluwe en Rijnwater) met de volgende volumeaandelen: 0/100, 10/90, 20/80, 30/70, 40/60, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20, 90/10 en 100/0. Daaruit zijn de verwantschappen met Grondwater-Veluwe en de geleiding bepaald (tabel 11). Voor deze mengmonsters hebben we eveneens de verwantschappen bepaald met Zeewater en Grondwater-Veluwe en opgenomen in het diagram. De punten zijn met elkaar verbonden (lijn 1, fig. 23).

Omdat de meeste monsters niet goed bij lijn 1 pasten, hebben we een tweede set mengmonsters (Grondwater-Angereren en Rijnwater) op dezelfde manier doorgerekend en lijn 2 geconstrueerd.

De meeste monsters sluiten beter aan bij lijn 2 dan bij lijn 1. De monsters die afkomstig zijn van grote diepte (P300(1), (2) en (3) en P 170) sluiten daarentegen goed aan bij lijn 1. Deze laatste monsters tonen een zeer grote verwantschap met grondwater dat onder de Veluwe is bemonsterd. De samenstelling van de overige monsters, die afkomstig zijn uit het freatisch grondwater of oppervlaktewater, kunnen worden verklaard uit mengverhoudingen tussen Rijnwater (Rhlob) en Verzadigd Grondwater (LiAng). "LiAng" water is bemonsterd op grote diepte bij Angeren. Dit watermonster is volledig verzadigd met kalk en kan worden beschouwd als een extreem lithotroof watertype (tabel 7). Veluwewater (LiHdu) is nog niet geheel verzadigd (nog niet geheel gerijpt) en is een minder extreem lithotroof watertype. Uit ons onderzoek blijkt dat in Ochten-Opheusden het diepe grondwater verwant is met het Veluwewatertype. Het water is nog onverzadigd (buis P300 en P170). Kennelijk vindt het watertransport door een aquifer plaats, dat arm is aan kalksedimenten. Het ondiepe grondwater lijkt sterk op het Angeren watertype. Dit betekent dat het "arme" Veluwe water, als het aan de oppervlakte komt, kalk heeft opgenomen en volledig verzadigd is. Het verzadigde grondwater kan zich daarna met Rijnwater vermengen.

### 2.5.2.3 Discussie

Hoewel we, door het aantonen van potentiaalverschillen in combinatie met waterkwaliteitmonsters en EC-metingen (bijl. 3), enkele gebieden hebben kunnen lokaliseren waar kwel voorkomt, is de herkomst niet geheel duidelijk. We nemen aan dat het kwelwater van het Veluwe systeem afkomstig is. Immers de EC-metingen in de sloten hebben half augustus plaatsgevonden na een lange droge periode van veel verdamping en een zeer lage Waalstand. Ondanks de inlaat van "gebiedsvreemd" water, bleken de sloten op verscheidene plaatsen toch relatief lage waarden te hebben. Een bewijs van permanente kwel in Ochten-Opheusden is dit nog niet; we kunnen te maken hebben met isolatie van kwelwater uit de winterperiode. Daarom hebben we in september 1991 in het gebied met de grootste verbreiding van lage EC-waarden, in het Eldiksche Veld alsnog een potentiaalbuisk geplaatst. De buis en het slootpeil zijn gewaterpast. Het slootpeil was relatief hoog (zomerpolderpeil). De buis en het slootpeil hebben we enkele dagen later gemeten. Het water in de buis stond 16 cm

hoger dan in de sloot bij een Waalstand bij de Snor van 4,30 m + NAP. Een maand later op 22 oktober bedroeg het potentiaalverschil 28 cm bij een Waalstand van 4,40 m + NAP en bij een iets lager slootpeil. Dit wijst op een permanente kwelstroming veroorzaakt door het Veluwe systeem. Uit de EC-metingen hebben we een idee gekregen van de verbreiding van de kwelvensters. Opvallend is dat de kwelvensters zich verder naar het westen uitstrekken, in tegenstelling tot wat op bijlage 5 van fase 1 (Ten Cate et al. 1990) is weergegeven. De kwelvensters bevinden zich in het centrale komgebied. Bij het onderzoek in fase 2 veronderstelden wij dat deze kwel veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van ondiepe, secundaire stroomrugsystemen. Om deze systeempjes te kunnen lokaliseren, verrichtten we elektro-magnetisch onderzoek (EM31, par. 2.3.1). Hieruit bleek dat dergelijke stroomrugsysteempjes niet voorkomen. De zandondergrond in het centrale komgebied bevindt zich overwegend beneden 3 m - mv. De bodem bestaat er voor een groot deel uit verlandingsveen afgedekt met komklei (Mulder en Brouwer 1991). Dit verlandingsveen is plaatselijk goed doorlatend (par. 2.2.3). De sloten zijn vaak tot in het verlandingsveen gegraven. Via wellen komt het kwelwater in het slootwater terecht. We hebben in enkele sloten in de winter van 1990-1991 dergelijke wellen aangetroffen (foto 1). De kwelvensters in het centrale komgebied worden in het oosten gescheiden door de stroomrug bestaande uit sloefige sedimenten van de Afzettingen van Gendt 0 (par. 2.1.2.2). Daaronder komt vrijwel geen verlandingsveen voor (bijl. 2). Ten noordoosten van de zandwinput tussen Dodewaard en Opheusden komt het grove zand van de Afzettingen van Ressen (par. 2.1.2.2) voor tussen 80 en 150 cm - mv. (bijl. 2). In dit gebied heeft het oppervlaktewater een relatief lage EC-waarde, dat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door kwelwater uit het Veluwe systeem.

De kwelvensters worden groter of kleiner naarmate er meer of minder "gebiedsvreemd" water wordt ingelaten. In de winter is de rivierstand van de Waal gemiddeld hoger, waardoor het potentiaalverschil door de druk van het rivierwater toeneemt. Een mogelijkheid om inzicht in de maximale verbreiding van de kwelvensters te krijgen, is een gebiedsdekkende EC-kartering uit te voeren bij extreem lage waterstanden van de Waal en geen aanvoer van "gebiedsvreemd" water.

Nitrat- en fosfaatuitspoeling kunnen de EC-metingen beïnvloeden. We hebben in ons onderzoek hiermee geen rekening gehouden. Het onderzoek was gericht op het lokaliseren van gebieden met lage EC-metingen en daarmee kunnen we het effect van de uitspoeling vrijwel verwaarlozen. Bovendien bestaat het gebied overwegend uit klei met een groot adsorptie-complex. Verder hebben we in augustus de EC-metingen verricht. In die periode is de uitspoeling minimaal (nauwelijks bemesting en veel opname door het gewas). De hoge EC-waarden (> 80 mS/m) van het oppervlaktewater bij Eldik en enkele andere kleine plekken schrijven we toe aan verontreiniging uit lokale bronnen (lozen van afvalstoffen).

De component Regenwater is nauwelijks bij ons onderzoek betrokken. Vooral in de winter treedt een neerslagoverschot op. Het kwelwater van de vensters zal dus worden vermengd met regenwater. Er dient echter extreem veel neerslag te vallen (een aandeel van meer dan 75 volumeprocent in de waterbalans; Van Wirdum 1991) om een verschuiving in de watersamenstelling van het oppervlaktewater te weeg te brengen. Juist omdat het neerslagoverschot in het bovenste gedeelte van de bodem

infiltrert, is de invloed het sterkst in het bovenste gedeelte van het grondwater in de vorm van een regenwaterlens. Aldus kan het regenwater, al dan niet in een zekere mengverhouding met grondwater, toch invloed uitoefenen op de wortelzone en daarmee op de samenstelling van de vegetatie. Een mogelijkheid om het aandeel van regenwater in het grondwater aan te tonen is een monster te nemen uit het bovenste gedeelte van de waterkolom in een buis of boorgat, die midden op een perceel in een kwelgebied ligt. De bemonstering moet plaatsvinden in de winter (opbolling van grondwater tussen de sloten) na een periode met veel neerslag.

### 2.5.3 Conclusie

#### *Ondiepe systemen*

Binnen de onderzoeksperiode kan in de zomer op de locatie van de buizenraai aan de Waalkant vanaf ca. 900 meter van de rivier wegzijging optreden en in de winter vanaf ca. 500 meter rivierkwel. Aan de Rijnkant is van wegzijging nauwelijks sprake omdat deze rivier gestuwd is. De hoogwatergolven van de Rijn zijn minder hoog dan die van de Waal, waardoor lokale kwel langs de Rijn niet overal duidelijk is waar te nemen. Volgens figuren 4, 5 en 6 blijkt dat het Lingepeil, ondanks de inlaat van water, het gehele jaar door lager is dan de grondwaterstanden in de directe omgeving. De verklaring hiervoor is enerzijds de matig tot slechte doorlatendheid van de komklei, die uitzakking van het grondwater vertraagt en anderzijds het optreden van kwel. De mate van lokale rivierkwel en -wegzijging is elders in het gebied niet onderzocht. Verwacht mag worden dat de aard en samenstelling van de ondergrond sterk bepalend zijn voor de horizontale doorlatendheid.

#### *Middeldiepe systemen*

Bij hoogwatergolven "reageren" alle potentiaalbuizen. Hieruit blijkt dat, bij de meetpunten, zowel het eerste als het tweede watervoerende pakket in verbinding staan met de Rijn en Waal. Kwel van het middeldiepe systeem is goed aantoonbaar bij de locaties dicht bij de Waal en aan de zuidoostkant van het centrale komgebied (Het Dodewaardsche Veld; fig. 19). Wegzijging (Rijn- en Waalsysteem) is goed aantoonbaar bij de locaties bij de Waal en de zuidwestzijde van het middengebied ten zuiden van Kesteren (fig. 20).

#### *Diepe systeem*

Waterkwaliteitsmonsters kunnen, aan de hand van de ionenratio en soortelijke elektrische geleiding, in typen worden ingedeeld. De monsters uit het onderzoeksgebied hebben geen duidelijke verwantschap met Regenwater. De overeenkomst met Grondwater en Rijnwater is daarentegen sterk. De monsters zijn daarom ingedeeld in twee typen, nl. Grondwater en Rijnwater.

Het temporele effect bij het grondwater is niet groot. Er is een lichte tendens waarneembaar van Rijnwatertype in de zomer (inlaat van "gebiedsvreemd" water) naar het Grondwatertype in de winter. Het temporele effect bij het oppervlaktewater is sterk beïnvloed door de inlaat van gebiedsvreemd water. De Linge geeft een sterke verschuiving van Rijnwatertype in de zomer naar het Grondwatertype (afvoer van

kwelwater) in de winter.

## 2.6 Geohydrologische systeembeschrijving

Op grond van de onderzoeksresultaten van de abiotische aspecten en patronen kunnen we wegzijgings- en kwelgebieden van verschillende systemen onderscheiden. Hiervoor hebben we een geohydrologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 4), vervaardigd. De kaart is ontstaan door de volgende patroonkaarten op elkaar te leggen en een generalisatie toe te passen:

- Bodem- en grondwatertrappenkaart (bijl. 1 en 2 in Mulder en Brouwer 1991);
- Geologische kaart (bijl. 1);
- Zanddiepte kaart (bijl. 2);
- Kaart van het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen van het oppervlaktewater, augustus 1991 (bijl. 3);
- Kaart met de verspreiding van visuele kwelverschijnselen (bijl. 14); deze kaart wordt beschreven in paragraaf 4.1.5 en 4.2.2.

Op de geohydrologische kaart hebben we onderscheiden:

### **Ondiepe systemen:**

*Gebieden met matige wegzijging* zijn de relatief hooggelegen stroomrug- en oevergronden, in hoofdzaak ooivaaggronden met een zandondergrond beginnend tussen 40-150 cm - mv. en grondwatertrap VIIo en VIId. De wegzijging vindt het gehele jaar door plaats; het betreft overwegend infiltratie van regenwater. Het wegzijgingswater wordt vanwege de goede doorlatendheid van de gronden vrij snel afgevoerd en heeft daardoor een korte verblijftijd. Deze gebieden komen voor in de Marspolder, ten westen van Opheusden, langs de dijk bij Dodewaard en de Snor, en ten westen van Ochten.

*Gebieden met zwakke wegzijging* zijn de stroomrug- en oevergronden, de kom- op stroomgronden en de oever- op kom- op stroomgronden met een zandondergrond dieper dan 150 cm - mv. en met grondwatertrap IVu, VIo en VIIo. De gronden zijn redelijk goed tot goed doorlatend. De wegzijging vindt het gehele jaar door plaats. Het betreft overwegend infiltratie van regenwater. De verblijftijd is vrij kort. Deze gebieden komen voor in de Marspolder, in een brede strook tussen Kesteren en Opheusden, ten westen van Dodewaard en ten noorwesten van Ochten. Bij een smalle strook aan weerszijden van de Linge treedt zwakke wegzijging op (het Lingesysteem). Dit systeem hebben we, om kaarttechnische redenen, niet op de kaart (bijl. 4) aangegeven.

*Gebieden met afwisselend kwel- en wegzijgingsgebieden* zijn de stroomrug- en oevergronden, en de overslaggronden langs de Waal, met wisselende zanddiepten en met Gt IIIb, VIo en VIIo (het lokale systeem van de Waaldijk). De gronden zijn redelijk goed tot goed doorlatend. De kwel wordt veroorzaakt door hoge rivierstanden; bij lage rivierstanden treedt bij deze gronden wegzijging op.

*Gebieden met zwakke kwel* zijn in hoofdzaak de restbeddinggronden en enkele ingesloten laagtes (al dan niet afgegraven), met wisselende zanddiepten en Gt IIa, IIIa en b, en IVu. De gronden zijn redelijk goed doorlatend. De kwel wordt veroorzaakt door toestroming van geïnfiltreerd regenwater en vindt het gehele jaar door plaats. Gebieden die in verbinding staan met de rivier, hebben met hoge rivierstanden extra kwel, met name de restbedding van de Oude Rijn (het systeem van de Rijndijk). De gebieden met zwakke kwel komen voor in de Marspolder, tussen Kesteren en Opheusden, en ten westen van Dodewaard.

#### **Middeldiepe systemen, Rijn- en Waalsysteem:**

Dit zijn de komgronden en de oever- op komgronden, met zanddiepte beginnend beneden 300 cm - mv. en Gt IIa, IIIa en IIIb. De gronden zijn in de zomer goed en in de winter slecht doorlatend. De kwel treedt op bij hoge rivierstanden. Het kwelwater bestaat niet uit rivierwater, maar uit gerijpt grondwater. Bij hoge rivierstanden neemt de druk op het grondwater toe, waardoor in het centrale komgebied kwelwater in de sloten omhoog wordt geperst.

#### **Diepe systemen, Veluwesysteem:**

Dit zijn in hoofdzaak de komgronden met Gt IIa, IIIa en b, IVu en VIo en met verlandingsveen in de ondergrond. Het zand begint dieper dan 300 cm -mv. Plaatselijk is het verlandingsveen goed doorlatend. De kwel vindt het gehele jaar door plaats, via wellen in de sloten. Het is water met een lange verblijftijd. De gebieden komen voor in het centrale komgebied.

#### **De onderlinge samenhang van de drie verschillende systemen:**

De belangrijkste factoren die invloed uitoefenen op de ondiepe systemen (o.a. de systemen van de Rijndijk en Waaldijk, het Lingesysteem, het oeverwal-restbeddingssysteem en het oeverwal-komsysteem) zijn:

- het inlaten van "gebiedsvreemd" water in het binnendijks gebied, uitgezonderd de Marspolder, via Lakemond en de Linge in de zomer;
- het kunstmatig laaghouden van het waterpeil van de Linge (o.a. door het Lingegemaal bij Lakemond) in de winter (in deze periode wateren de polders af op de Linge);
- de fluctuatie van de rivierstanden, vooral de gebieden langs de bandijken.

De belangrijkste factor die invloed uitoefent op de middeldiepe systemen (Rijn- en Waalsysteem) is de fluctuatie van de rivierstanden. De Waal heeft een grotere amplitude dan de Rijn, omdat deze laatste rivier is gestuwd en verder van het splitsingspunt (Pannerdensch Kop) ligt. Door de stuwing vindt in de Rijnregio een permanente kwelstroming plaats door de stroomrugsystemen. In de Waalregio vindt kwelstroming alleen plaats bij hoge rivierstanden. Wegzijing in de Rijnregio is aanmerkelijk minder dan in de Waalregio.

De belangrijkste factor die invloed uitoefent op het diepe systeem (Veluwe systeem) is het neerslagoverschot op de stuwwallen.

De systemen in Ochten-Opheusden worden natuurlijk en kunstmatig beïnvloed. De natuurlijke invloeden zijn neerslag, verdamping en fluctuatie van rivierstanden. De

kunstmatige invloeden zijn stuwning, inlaten van "gebiedsvreemd" water, kunstmatig laaghouden van het Lingepeil en wateronttrekking (lokaal).

De rivierstanden hebben grote invloed op alle drie systemen. Bij hoge rivierstanden stijgt het freatisch grondwater direct langs de rivier sterker dan verder landinwaarts als gevolg van kwelstroming uit de ondiepe systemen. De toenemende watermassa oefent verder druk uit op het grondwater van zowel het eerste als tweede watervoerende pakket. Daardoor wordt landinwaarts het potentiaalverschil tussen het freatische en diepe grondwater groter en neemt de kans op kwel uit de middeldiepe (Rijn- en Waalsysteem) en diepe systemen (kwelvensters van het Veluwesysteem) toe.

De neerslag heeft direct invloed op de ondiepe systemen en indirect op de middeldiepe en diepe systemen. Het effect van veel neerslag in de bovenstroomse gebieden van de Rijn is na enkele dagen merkbaar door stijging van de rivierstanden. Het naijlingseffect van veel neerslag op de stuwwallen duurt nog langer.

Het inlaten van "gebiedsvreemd" water heeft grote invloed op het ondiepe systeem en een geringe invloed op de middeldiepe en diepe systemen. Door de stijging van het freatische grondwater neemt het potentiaalverschil af ten opzichte van de watervoerende pakketten. Hierdoor kan de kwelstroming worden onderdrukt of de wegzijging versterkt.

Het kunstmatig laaghouden van het waterpeil op de Linge (in de winter) heeft grote invloed op de ondiepe systemen en geringe invloed op de middeldiepe en diepe systemen. Het freatisch grondwater daalt, waardoor de potentiaalverschillen toenemen ten opzichte van de watervoerende pakketten. Hierdoor kan de kwelstroming worden versterkt of de wegzijging verzwakt.

### 3 HET ABIOTISCHE PATROON VAN DE UITERWAARDEN

Doel van het onderzoek in de uiterwaarden is een ecohydrologische systeem-beschrijving op te stellen. In dit hoofdstuk beschrijven wij de methode en de resultaten van het onderzoek naar de abiotische aspecten en processen die bepalend zijn voor het ecohydrologische systeem. Deze vatten wij samen onder rivierdynamiek: die abiotische processen die invloed hebben op de vegetatie (Knaapen en Rademakers 1990).

Rivierdynamiek wordt onderverdeeld in morfodynamiek en hydrodynamiek (afb. 24). Naast de rivierdynamiek speelt het substraat een rol.

Hydrodynamiek omvat overstroming, grondwaterfluctuatie en waterkwaliteit. Overstromingsduur wordt als het belangrijkste aspect gezien bij het aangeven van vegetatiezoneringen (De Graaf et al. 1990; Van de Steeg et al. 1989; en Jongman en Leemans 1982). Wat betreft de grondwaterfluctuatie is vooral van belang de GLG, i.v.m. de overlevingskansen voor vochtminnende vegetaties. Voor de waterkwaliteit veronderstellen wij dat de invloed hiervan op de vegetatie-ontwikkeling gecorreleerd is aan de overstromingsduur. De waterkwaliteitsmetingen die in het buitendijkse gebied verricht zijn, maken deel uit van het onderzoek van de geohydrologische systemen in het binnendijkse gebied (par. 2.5 en 2.6).

Morfodynamiek houdt voornamelijk de veranderingen in als gevolg van sedimentatie en erosie door water en wind. Hiervoor hebben wij ons op het onderzoek naar de geomorfologie gericht. In mindere mate spelen erosie door ijsgang, wegspoelen van rottingslik (sapropelium), aanspoelen van planteresten in zgn. vloedmerken en transport van diasporen een rol. Deze factoren zijn geen onderwerp van onderzoek.

Voor het onderzoek naar de abiotische aspecten in de uiterwaarden hebben we onder meer gebruik gemaakt van gegevens van Boers (1991), De Bruin et al. (1987), Dijkstra et al. (1979), Helmich (1987a en 1987b), Polderdistrict Betuwe (1986), Provincie Gelderland (1988 en 1989), Rijkswaterstaat (1991) en Werkgroep uiterwaardenproblematiek (1986).

In paragraaf 3.1 beschrijven wij het onderzoek naar het substraat. In de volgende paragrafen beschrijven wij het onderzoek naar de verschillende aspecten van morfo- en hydrodynamiek. Iedere paragraaf wordt afgesloten met een korte discussie over de resultaten, als voorbereiding op de ecohydrologische systeembeschrijving.

#### 3.1 Geologie en bodem

Hieronder volgt in het kort een beschrijving van de geologische en bodemkundige opbouw van de uiterwaarden. Het geologische patroon is met dat van het binnendijkse gebied op één kaart weergegeven: de geologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 1).



Er was geen opdracht om een bodemkaart te maken. De gegevens op de bodemkaart, schaal 1 : 50 000 (Bodemkaart van Nedeland 1973), boden in eerste instantie voldoende informatie. Tijdens de verwerking van de gegevens bleek dat een aantal vegetatie-aspecten in verband kon worden gebracht met de bodem. Daarom hebben we alsnog een bodemkaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 5) samengesteld.

### 3.1.1 Materialen en methode

Voor de beschrijving van de geologische opbouw hebben we gebruik gemaakt van de gegevens van Verbraeck (1984) en van diverse schetskaarten uit de 17e en 18e eeuw. De uiterwaarden op de geologische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 1), bestaan alle uit recente stroomgordelafzettingen met de bijbehorende strangen. Bij de samenstelling van de bodemkaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 5), gebruikten we de Bodemkaart van Nederland (1973) en de klei-en inventarisatiekaart, schaal 1 : 25 000, van de uiterwaarden van de Rijn en de Waal (Buringh 1953).

Tijdens de opname van de geomorfologische kaart (bijl. 6) hebben we boringen verricht om de GLG vast te stellen en om een indruk te krijgen van de geologische en bodemkundige opbouw. Daarvoor hebben we één boring per 2 à 3 ha verricht tot 150 cm - mv. en sommige dieper tot aan de gereduceerde zone. Er is een beschrijvende legenda opgemaakt.

### 3.1.2 Resultaten

Sinds de bedijking in de 13e of 14e eeuw stromen de Rijn en Waal bij lage rivierstanden in hun zomerbed; bij hoge afvoeren lopen de uiterwaarden onder en stromen ze van dijk tot dijk in hun winterbed. Er vond (en vindt nog) zowel sedimentatie als erosie plaats. Het proces van meanderen ging onverminderd voort. In de stroomgeulen ontstonden zandbanken, de op- en aanwassen. Door de aanleg van kribben en ridsen versnelde men het proces van opslibbing, waardoor men er aan die zijde land bij kreeg. Dit betekende dat de stroomdraad van de rivier zich verlegde, waardoor aan de overzijde de uiterwaard werd aangetast. Fraaie voorbeelden van opwassen langs de Rijn zijn de Wolfs- en Manuswaard. Langs de Waal ontstonden op deze wijze de Hiensche Waarden en Gouverneursche Polder.

Niet overal in de uiterwaarden heeft de rivier het "oude" land opgeruimd. In de Gouverneursche Polder blijkt ter hoogte van Eldik weinig materiaal in de ondergrond voor te komen, dat qua aard en samenstelling met dat van het binnendijkse gebied overeenkomt.

Over de op- en aanwassen zette (en zet nog) de rivier bij hoog water zand, zavel en klei af, vaak zeer gelaagd afgezet. Sinds de stichting van de kolenmijnen in het Ruhrgebied bevat het rivierwater kolenslib (Mulder 1989). We hebben op verscheidene plaatsen in de uiterwaarden van Ochten-Opheusden kolenslib aangetroffen.

Langs vrijwel de gehele Waaloever ontwikkelen zich rivierduintjes. Het zand wordt vooral bij extreem lage rivierstanden uit de strandvlakte geblazen, en op en langs de oeverwal van de Waal afgezet. Door de stuwing komen langs de Rijn geen of nauwelijks zandstrandjes voor.

Zowel de Rijn- als Waalwaterwaarden waren en zijn voor de klei- en zandwinning van grote betekenis. In het verleden was de kleiwinning een kleinschalige en verspreid uitgevoerde bezigheid. Aan het einde van de 19e eeuw nam de steenfabricage een grote vlucht. Sindsdien zijn grote delen van de Rijn- en Waalwaterwaarden voor de baksteenindustrie afgegraven en weer gehercultiveerd. Door de zandwinning zijn diepe waterplassen ontstaan.

De bodem van de waterwaarden is opgebouwd uit stroomruggronden, restbeddinggronden, en rivierduin- en rivierstrandgronden (bijl. 5). De hoogste delen van de niet-afgegraven stroomruggronden bestaan voornamelijk uit kalkrijke ooivaaggronden, de overige delen uit kalkrijke poldervaaggronden, beide met profielverloop 5.

De afgegraven stroomruggronden bestaan uit kalkrijke poldervaaggronden met in hoofdzaak profielverloop 2 en vlakvaaggronden met een zavel- en/of kleidek.

De restbeddinggronden komen voor in de verlande strangen en bestaan uit poldervaaggronden en nesvaaggronden. Ze zijn opgebouwd uit verlandingsmateriaal bestaande uit zand, zavel, klei en bagger. Grote delen van de restbeddinggronden zijn afgegraven.

De rivierduin- en rivierstrandgronden liggen direct langs het zomerbed van de Waal. De rivierduingronden bestaan uit duinvaag- en ooivaaggronden, afhankelijk van de dikte van het (opgestoven) zanddek. De rivierstrandgronden bestaan overwegend uit vlakvaaggronden. Plaatselijk komt in de bovengrond dan weer zeer grof zand en grind voor, dan weer humeuze zavel of klei (beddingmateriaal).

## 3.2 Geomorfologie

### 3.2.1 Materialen

De geomorfologie van de waterwaarden is in het verleden op verschillende schalen in kaart gebracht, zowel voor het gehele gebied als voor gedeelten ervan. Bij het rapport "De waarden van de waterwaarden" (De Soet 1976), is een geomorfologische kaart, schaal 1 : 50 000, gevoegd. Het kaartblad 39, Tiel, van de Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, waarin het gehele onderzoeksgebied valt, is in 1986 uitgegeven. In het rapport "Waterwaarden, vooronderzoek naar planningscriteria" (Bieleman en Dijkstra 1977) zijn een reliëfkaart en een geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000, van de Gouverneursche Polder opgenomen. De rivierkaarten, schaal 1 : 5000, van Rijkswaterstaat bevatten gedetailleerde informatie over de topografie van de waterwaarden. Het onderzoeksgebied ligt op de bladen 207 (1978), 208, 209 en 210 (1982) van de Nederrijn, en op de bladen 112, 113 (1982) en 114 (1982) van

de Waal.

Hoewel er veel informatie beschikbaar is, bestaat er geen geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000, waarop het gehele gebied volgens gelijke indelingscriteria is weergegeven. Bovendien is de geomorfologie plaatselijk sinds de verschillende opnamedata aan sterke veranderingen onderhevig geweest als gevolg van ontgronding, duinvorming en erosie. Daarom hebben wij de geomorfologie van het gehele buitendijkse gebied in het veld geïnventariseerd (bijl. 6)

Gegevens over de hoogteligging van het terrein ontleenden wij aan de hoogtecijferkaart, schaal 1 : 5000, in 1990 en 1991 opgenomen door ingenieursbureau Oranjewoud, en aan de reeds vermelde rivierkaarten van Rijkswaterstaat.

### 3.2.2 Methode

De opbouw van de legenda (tabel 12) komt overeen met de legenda van de Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Ten Cate en Maarleveld 1977). Deze indeling is gebaseerd op reliëf en terreinvorm. Het reliëf is onderverdeeld in reliëfklassen en reliëfsubklassen. Het reliëf van de uiterwaarden valt in de reliëfklassen vlaklandreliëf en vrij vlak laaggelegen reliëf. De indeling naar reliëfsubklasse is gebaseerd op het lokaal maximaal hoogteverschil. Omdat op schaal 1 : 10 000 een meer gedetailleerde weergave mogelijk is, is het aantal reliëfsubklassen uitgebreid t.o.v. de Geomorfologische Kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

Wij hebben de terreinvormen ingedeeld in zes vormgroepen die naar genese zijn onderverdeeld in 14 vormeenheden. Per vormeenheid vermeldt de legenda de vormbepalende factoren. Het onderscheid tussen welving en rug is uitsluitend gebaseerd op het lokaal maximaal hoogteverschil: < 1,5 m noemen wij welvingen, > 1,5 m ruggen.

In tabel 12 maken wij onderscheid tussen de vormeenheid welvingen (meervoud) in afgegraven terreinen enerzijds, en de vormeenheden welving (enkelvoud) ontstaan door fluviaatiele sedimentatie en welving (enkelvoud) ontstaan door opstuiving anderzijds. De reden hiervan is dat deze geomorfologische eenheden in afgegraven terreinen vrijwel altijd uit meerdere kleine welvingen bestaan, terwijl in natuurlijke terreinen welvingen afzonderlijk konden worden afgegrensd. De rivierstranden behoren tot de vormgroep "glooiingen". Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar reliëfsubklasse, omdat het lokaal maximaal hoogteverschil varieert met de rivierwaterstand.

Intensieve begreppeling, met afstanden tussen de greppels van bijvoorbeeld 10 m, hebben wij als een bijzondere vorm van microreliëf beschouwd en daarom als een toevoeging op de kaart aangegeven.

In het veld hebben wij de verschillende terreinvormen geïnventariseerd en weergegeven op de rivierkaarten, schaal 1 : 5000. Met behulp van de op deze kaarten vermelde hoogtecijfers hebben wij de reliëfsubklasse geschat. Wij hebben tijdens de veldopname boringen, ca 1 per 2 à 3 ha, verricht om onder meer inzicht te krijgen in

veldopname boringen, ca 1 per 2 à 3 ha, verricht om onder meer inzicht te krijgen in de genese van de gekarteerde geomorfologische eenheden.

De hoogtecijfers worden gebruikt bij de benadering van de overstromingsduur. Van de overstromingsduren wordt d.m.v. interpolatie een kaart gemaakt. Om de patronen op deze kaart zo goed mogelijk te laten overeenstemmen met de in het veld waargenomen terreinvormen, vindt de interpolatie plaats binnen de op basis van de geomorfologische kaart aangebrachte strata. De legenda-eenheden van de geomorfologische kaart zijn samengevat tot 12 strata, die de belangrijkste terreinvormen representeren.

De mate van morfodynamiek is niet alleen uit de geomorfologische ligging af te leiden. Gebruik makend van veldkennis, gegevens over de vegetatie en over de waterbeheersing in de polders hebben wij een vertaling van geomorfologie naar morfodynamiek gemaakt als onderdeel van de ecohydrologische systeembeschrijving (hoofdstuk 5). De morfodynamiek is weergegeven op bijlage 7, schaal 1 : 10 000.

### 3.2.3 Resultaten

Zowel bij de Rijn- als bij de Waal-uiterwaarden heeft de mens grote invloed op de morfologie gehad. Ca. 66% van de uiterwaarden is afgegraven.

De morfologie van de natuurlijke terreinen is bepaald door fluviaatiele sedimentatie en erosie, en in de Waal-uiterwaarden ook door opstuiving. Hoewel door menselijke invloed het beeld versnipperd is, zijn de oude strangen nog als dalvormige laagten zichtbaar. De strangen worden begeleid door welvingen en ruggen, ontstaan door fluviaatiele sedimentatie. Dit kunnen oeverwallen, opwassen en aanwassen zijn. Hierin kunnen laagten voorkomen -vaak geïsoleerd- die niet dalvormig zijn, maar bijvoorbeeld komvormig. Op de oevers komen zogenaamde overloopgeulen voor, die alleen tijdens hoogwater een afwateringsfunctie hebben. Deze overloopgeulen hebben wij met lijnsymbolen op de kaart aangegeven. Langs de Waal liggen jonge rivierduinen die nog steeds in ontwikkeling zijn. Oostelijk van de zandwinput bij de Gouverneursche Polder is de duinvorming zo sterk, dat stuifzand wordt afgezet in een dalvormige laagte, begroeid met wilgenbos. Het is opvallend dat de duinvorming het sterkst is nabij zandwinputten.

De terreinen die voor de kleiwinning zijn afgegraven, hebben doorgaans een vlakke ligging. Hier en daar komen ook welvingen voor, maar het lokaal maximaal hoogteverschil bedraagt nooit meer dan 1 m. Steilranden vormen meestal de grens met natuurlijke terreinen. In oudere afgravingen komt plaatselijk een intensieve begroeping voor. Oudere afgravingen zijn ook meer gewelfd, zoals bijvoorbeeld tussen het Opheusdensed Veer en De Spees. In de Wolfs- en de Manuswaard is een oude strang nog in het afgegraven terrein zichtbaar. In de afgegraven terreinen komen ook niet-dalvormige laagten voor, die vaak ingesloten liggen tussen een hogere omgeving.

Het terrein nabij de kerk van Dodewaard, dat wij als afgegraven hebben aangegeven,

bestaat voor een deel uit een dichtgestorte strang. Omdat dit morfologisch niet meer tot uiting komt, hebben wij deze dichtgestorte strang gerekend tot de afgegraven terreinen.

Als gevolg van zandwinning zijn grote putten ontstaan. In de meest westelijke van de drie zandwinputten ten zuiden van het dorp Dodewaard zijn bij lage waterstanden natuurlijke patronen zichtbaar die hier als gevolg van sedimentatie ontstaan. In een afgegraven terrein dat grenst aan deze zandwinput, daalt de bodem als gevolg van afschuiving naar de put. Op deze wijze ontstaat een laagte die begrensd wordt door steilranden (glijvlakken).

### 3.3 Overstromingsduur

#### 3.3.1 Materialen

Basis voor het onderzoek naar de overstromingsduur vormen gegevens over hoogteligging en geomorfologie, rivierregime en het inlaatbeleid van polders.

##### *Hoogteligging en geomorfologie*

Gegevens over de hoogteligging ontleenden wij aan de hoogtecijferkaart, schaal 1 : 5000, van ingenieursbureau Oranjewoud en aan de rivierkaart, schaal 1 : 5000, van Rijkswaterstaat, in het totaal ca. 5000 punten. Van deze punten benaderden wij de overstromingsduur. Bij de interpolatie stratificeerden wij naar geomorfologie, op basis van de geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000, bijlage 6.

##### *Rivierregime*

Over het rivierregime is bij Rijkswaterstaat statistische informatie aanwezig. Voor dit onderzoek zijn de overschrijdingsduren van waterstanden van belang, de zgn. waterstandsduurlijnen. Deze waterstandsduurlijnen berusten op de volgende basisgegevens:

- afvoer Bovenrijn 1901 - 1985;
- afvoerverdeling Rijntakken 1986.1;
- betrekkinglijnen 1986.0.

Een betrekkinglijn geeft de betrekking weer tussen de afvoer van de Bovenrijn bij Lobith en de waterstand op een meetpunt langs een Rijntak, rekening houdende met de looptijd van de afvoergolven. De overschrijdingsduren zijn berekend uit de afvoeren bij Lobith over de periode 1901-1985. Uit onderzoek van Rijkswaterstaat (Ver-aart 1984) en uit de rapportage van een internationale commissie voor de hydrologie van het stroomgebied van de Rijn (Commission Internationale de l'Hydrologie du Bassin du Rhin 1977) is gebleken dat trendmatige veranderingen in de afvoer van de Rijn bij Lobith niet aantoonbaar zijn. Hierdoor is het mogelijk overschrijdingsduren te berekenen over de periode 1901-1985. De overschrijdingsduren zijn hieruit berekend op basis van de huidige afvoerverdelingen.

### *Inlaatbeleid van polders*

Gegevens over de inlaat in de polders Ochten (Gouverneursche Polder) en Opheusden I en II (Wolfs- en Manuswaard) werden verstrekt door het Polderdistrict Betuwe (Polderdistrict Betuwe 1986). Informatie over de waterinlaat in de Dodewaardse en Hiensche Uiterwaarden werd gegeven door de heer L.W. Knoop uit Dodewaard, waardsman van de Hiensche Uiterwaarden.

### *Veldwaarnemingen*

Tijdens en na het hoogwater van januari 1991, zijn veldwaarnemingen verricht. Doel hiervan was om te beoordelen of de gevolgde methode leidt tot het in het veld zichtbare overstromingspatroon.

### 3.3.2 Methode

Met gebruikmaking van de bovenstaande informatie is voor ieder hoogtecijfer een gemiddelde overstromingsduur te benaderen, in dagen per jaar. Dit is het criterium dat in onderzoek naar vegetatiezoneringen wordt gehanteerd (Jongman en Leemans 1982, en De Graaf et al. 1990). Bij de bepaling van de gemiddelde overstromingsduur van een punt in een uiterwaard dient het volgende te worden nagegaan:

- 1 Is er een vrije verbinding met het zomerbed van de rivier of is er sprake van een ingesloten laagte of van een polder met een inlaatkunstwerk?
- 2 Wat is de hoogte t.o.v. NAP?
- 3 Ter hoogte van welke rivierkilometer ligt het punt?

Als deze drie vragen beantwoord zijn kan de gemiddelde overstromingsduur bepaald of benaderd worden. Voor gebieden met een vrije verbinding naar het zomerbed, voor ingesloten laagten en voor polders zal de methode achtereenvolgens worden toegelicht.

#### *Vrije verbinding met zomerbed*

Voor deze gebieden is de gemiddelde overstromingsduur eenvoudig te bepalen. Het maaiveld met een bepaalde hoogte heeft een gemiddelde overstromingsduur die gelijk is aan de overschrijdingsduur van de waterstand met dezelfde hoogte. Door de maaiveldhoogten aan te passen ten opzichte van het rivierverhang, met als referentiepunt een meetpunt van Rijkswaterstaat waarvan de overschrijdingsduren bekend zijn, is de gemiddelde overstromingsduur eenvoudig af te leiden. Het rivierverhang is 11 cm per km, zowel van de Nederrijn als van de Waal.

#### *Ingesloten laagten*

Een ingesloten laagte wordt van de rivier geïsoleerd door de -hoger liggende- omgeving. Wanneer tijdens een hoogwater de omgeving overstroomd is, zal ook de ingesloten laagte overstroomd worden. Wanneer de omgeving na een hoogwater weer droogvalt, blijft de ingesloten laagte nog enige tijd vol water staan, omdat het water alleen via inzijging in de bodem en door verdamping de laagte kan verlaten. Hoe lang deze vertraagde droogval duurt, zal in het veld waargenomen moeten worden. In dit onderzoek zijn ingesloten laagten als gebieden met een vrije verbinding beschouwd, aannemende dat het latere tijdstip van droogval wordt gecompenseerd door het latere begin van de overstroming.

### *Polders*

In de winterperiode (1 november-31 maart) behoren polders tot het winterbed van de rivier. Sluizen en andere inlaatkunstwerken zijn in deze periode open. Doordat het water via een sluis in de polder moet stromen, zal de polder tijdens een hoogwater later overstromd zijn dan een gebied met een vrije verbinding. Doordat het water de polder via dezelfde sluis moet verlaten, zal de polder langzamer droogvallen dan de gebieden met een vrije verbinding.

De overstromingsduren voor de polders langs de Waal zijn benaderd voor de winterperiode. Verondersteld is dat de polders via de inlaatpunten als bakken vollopen en het water pas de verhanglijn van de rivier zal volgen, wanneer ook de kaden overstromen. De hoogtecijfers in polders, lager dan de kruin van de kade, zijn daarom niet aangepast aan het riviervershang.

Gedurende het groeiseizoen (1 april-31 oktober) worden de polders tegen hoogwaters beschermd door zomerkaden en afsluitbare kunstwerken, meestal sluizen. Wanneer een waterstand wordt voorspeld die hoger is dan de zomerkaden, wordt water ingelaten om de zomerkaden te beschermen.

De maanden november en maart gelden als overgangperiode. In deze maanden wordt, afhankelijk van de omstandigheden, water ingelaten of gekeerd. Deze omstandigheden worden bepaald door de weersomstandigheden, de waterstanden en de landbouwkundige belangen. Om een te complexe benadering te vermijden, zijn de maanden november en maart gerekend tot de winterperiode.

Langs de Nederrijn liggen twee gereguleerde polders, nl. de Wolfs- en Manuswaard, en het poldertje direct ten westen hiervan, in het vervolg de polder Opheusden genoemd. Bij deze polders is dezelfde procedure gevolgd als bij die langs de Waal, echter niet met waterstandsduurlijnen voor de winterperiode, maar voor het gehele jaar. Hierdoor zullen de overstromingsduren in deze polders in werkelijkheid waarschijnlijk korter zijn dan op de kaart is aangegeven. Waterstandsduurlijnen gesplitst naar zomer- en winterperiode zijn voor de Nederrijn momenteel nog niet beschikbaar. Volgens mededeling van Rijkswaterstaat zullen in de nabije toekomst deze gegevens wel beschikbaar zijn. Desgewenst kunnen de overstromingsduren dan opnieuw benaderd worden.

Bij Den Ambtse, en tussen De Spees en het Opheusdense Veer liggen poldertjes die niet gereguleerd zijn. De uitwateringssluisjes zijn verwaarloosd en functioneren niet of nauwelijks. Uit de veldwaarnemingen tijdens het hoogwater van januari 1991 bleek, dat zich water op het maaiveld bevindt nog vóórdat de kaden overstromen, als gevolg van kwel. Deze poldertjes zijn beschouwd als ingesloten laagten bij de benadering van de overstromingsduur.

Vervolgens is van de ca. 5000 punten waarvan wij de overstromingsduur hebben benaderd, een kaart gemaakt. Hierbij gebruikten wij de interpolatie-optie van ARC-INFO. Interpolatie vond plaats binnen 12 strata, die ontleend zijn aan de geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000, en de belangrijkste terreinvormen vertegenwoordigen. Voor deze vorm van stratificatie is gekozen om te bereiken dat in het veld

zichtbare patronen op de overstromingsdurenkaart tot uiting komen. Omdat we zowel in de Waal- als Rijnwaterwaarden te maken hebben met onbekade en bekende polders, hebben we deze vier polders eveneens verwerkt tot strata.

De isolijnen zijn gekozen op basis van onderzoek naar vegetatiezonering (De Graaf et al. 1990).

### 3.3.3 Resultaten

De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde overstromingsduur hebben wij weergegeven op de overstromingsduren- en GLG-kaart, schaal 1 : 10 000 (bijlage 8). De frequenties van voorkomen van zomerhoogwaters, waarbij de polders overstromen, staan vermeld in tabel 13.

### 3.3.4 Discussie

De overstromingsdurenkaart kan worden gebruikt bij het aangeven van bestaande relaties en bij het aangeven van potentiële mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling. Het criterium "gemiddelde overstromingsduur" geeft geen informatie over de verdeling van de overstromingsduur in de tijd. Deze verschilt tussen onbekade uiterwaarden en polders, en ook tussen de polders onderling. Bovendien zijn voor de Waalpolders waterstandsduurlijnen voor de winterperiode gebruikt bij de benadering van de gemiddelde overstromingsduur, terwijl bij de polders langs de Nederrijn waterstandsduurlijnen voor het gehele jaar zijn gebruikt (zie par. 3.3.2). Daarom moeten relaties tussen gemiddelde overstromingsduur en vegetatieontwikkeling onderzocht worden per deelgebied, dus voor onbekade uiterwaarden en polders afzonderlijk.

Bijlage 8 toont verschillen met de overstromingsdurenkaart van de Wolfswaard en de Gouverneursche Polder uit het onderzoek van Jongman en Leemans (1982). Oorzaken van deze verschillen zijn:

- een dichtere net van recentere hoogtecijfers;
- stratificatie naar geomorfologie;
- verschil in benadering van de gemiddelde overstromingsduur tussen polders en onbekade uiterwaarden;
- andere isolijnen, gebaseerd op recent onderzoek van De Graaf et al. (1990).

## 3.4 Grondwater

### 3.4.1 Materialen en methode

Het grondwater in de uiterwaarden hebben wij onderzocht voor wat betreft de GLG. Aan de hand van profielkenmerken schatten wij de diepte van de GLG, bij een



boringsdichtheid van ca. 1 boring per 2 à 3 hectare. Wat betreft de ruimtelijke verbreiding hebben wij een nauwe samenhang verondersteld met de terreinhoogten en dus met de geomorfologie. Omdat de ondergronden doorgaans goed doorlatend zijn en de afstand tot de rivier klein is, zal het niveau van de GLG sterk bepaald worden door de rivierwaterstand. De diepte van de GLG t.o.v. maaiveld zal daarom voornamelijk door de hoogte van het maaiveld t.o.v. de rivierwaterstand bepaald worden. Daarnaast is het substraat van invloed op de grondwaterbeweging.

De veldwaarnemingen hebben wij geïkt door een gerichte opname op een datum waarop het grondwater zich op of nabij GLG-niveau bevond, nl. op 8 augustus 1990. De 23 punten staan afgebeeld op afbeelding 3 in rapport 165 van het DLO-Staring Centrum (Mulder en Brouwer 1991).

De GLG hebben wij samen met de gemiddelde overstromingsduur op een kaart (bijl. 8) weergegeven. Beide zijn sterk gerelateerd aan hoogteligging en geomorfologie en beide geven informatie over de rivierdynamiek in de uiterwaarden.

#### 3.4.2 Resultaten

De resultaten van de gerichte opname staan vermeld in tabel 6 in Mulder en Brouwer (1991). De ruimtelijke verbreiding van de GLG is weergegeven op bijlage 8: de overstromingsduren- en GLG-kaart, schaal 1 : 10 000. In zowel de Rijn- als de Waal- uiterwaarden hangt de GLG nauw samen met de laagste rivierwaterstanden. Op de "ongestuwde" Waal zakt het water jaarlijks tot enkele meters onder het maaiveld van de uiterwaarden. De GLG bevindt zich in een groot deel van de Waal- uiterwaarden dieper dan 1,80 m beneden maaiveld. Zelfs een groot deel van de laagste terreinen met hoge overstromingsduren heeft een GLG, dieper dan 1,80 m - mv. Enkele terreintjes hebben zowel een hoge gemiddelde overstromingsduur als een ondiepe GLG. Omdat de Nederrijn bij Amerongen gestuwd is, zakt het water niet dieper dan 6,00 m + NAP. Het GLG-niveau bevindt zich ondieper dan bij de Waal- uiterwaarden en is nauw gerelateerd aan de maaiveldhoogte. Als gevolg van het stuwbeheer zakt het grondwater minder diep dan toen de Nederrijn nog een ongestuwde rivier was. Daarom bevindt het GLG-niveau zich nu hoger dan de gereduceerde zone. De GLG is dus niet zonder meer uit profielkenmerken af te leiden in de uiterwaarden van de Nederrijn.

#### 3.4.3 Discussie

De gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) is niet geïnventariseerd, omdat deze moeilijk waarneembaar is in uiterwaarden (Knotters 1990), en voor het opstellen van een ecohydrologische systeembeschrijving een minder relevant criterium is dan de gemiddelde overstromingsduur.

In combinatie met informatie over het substraat (par. 3.1) en de overstromingsduur

(par. 3.3) kunnen uit de overstromingsduren- en GLG-kaart (bijl. 8) kansrijke gebieden voor vochtminnende vegetaties worden afgeleid.

#### 4 HET BIOTISCHE PATROON VAN HET BINNENDIJKSE GEBIED EN VAN DE UITERWAARDEN

In fase 1 van de systeembeschrijving zijn diverse hiaten in de kennis van het biotisch milieu gesignaleerd. Deze hiaten maakten het indertijd niet mogelijk om een min of meer volledige en betrouwbare ecologische systeembeschrijving voor het gebied op te stellen.

Uitgaande van de geformuleerde leemten in kennis van het biotisch milieu (Ten Cate et al. 1990) zijn voor dit onderzoek de volgende aspecten nader geïnventariseerd:

- voor de uiterwaarden een oppervlakedekkende kartering van aandachtsoorten, ecotooptypen en vegetatietypen op basis van de werkwijze beschreven in het rapport "Vegetatiekartering van het Land van Maas en Waal" (Heidemij Adviesbureau 1989). Tevens zijn in de uiterwaarden de opgaande begroeiingselementen gekarteerd;
- voor het binnendijks gebied een kartering van:
  - watervegetaties;
  - slootkant- en vochtige graslandvegetaties;
  - diverse categorieën aandachtsoorten;
  - visuele kwelverschijnselen.

Kennis van andere componenten van het biotisch milieu, zoals de vegetatie van de rivierdijken en de avifauna van met name de uiterwaarden, bleken reeds in fase 1 in voldoende mate voorhanden. In dit onderzoek wordt op deze onderdelen niet nader ingegaan.

##### 4.1 Methode, schaal en detaillering

In deze paragraaf wordt ingegaan op de schaal en de mate van ruimtelijke detaillering van de kartering en wordt beschreven op welke wijze een vegetatietypologie is opgesteld die als basis voor de legenda van de vegetatiekartering heeft gediend. Vervolgens wordt uiteengezet hoe de typologie in het veld met de karteringssleutels wordt toegepast.

De codering van de aangetroffen vegetatie bestaat uit twee onderdelen:

- codering van het ecotooptype (zie 4.1.1);
- codering van het vegetatietype (zie 4.1.2).

Voorts komt de kartering van bijzondere plantesoorten, de zogenaamde aandachtsoorten, aan de orde. Tenslotte wordt de werkwijze wat betreft de aspecten "visuele kwel" en opgaande begroeiing toegelicht.

De kartering is uitgevoerd op schaal 1 : 5000. Voor de minimumgrootte van de kaart-eenheden zijn de volgende grenzen gehanteerd:

- Oppervlakte-elementen in de uiterwaarden;

- Binnen- en buitendijkse lijnvormige elementen.

#### *Oppervlakte-elementen in de uiterwaarden*

In het algemeen zijn binnen de agrarische gebruikseenheden (percelen akkers en graslanden) geen verschillen in de vegetatie gekarteerd, met uitzondering van qua cultuurdruk en/of vochttoestand duidelijk afwijkende vegetaties.

Bij oppervlakte-elementen zijn vegetatietypen met een minimale oppervlakte van 25 x 25 m nog afzonderlijk op de vegetatiekaart, schaal 1 : 5000 ingetekend (5x5 mm op de kaart). Kleinere elementen, alsmede terreinen waar mozaiekachtige vegetatiepatronen aanwezig zijn, worden als complex gekarteerd zonder weergave van de ruimtelijke begrenzing van de aanwezige typen. Binnen een dergelijk vegetatiecomplex worden alle aanwezige vegetatietypen vermeld, hoe klein ook de oppervlakte is die ze innemen. Allereerst worden de dominerende typen vermeld; weinig voorkomende typen (minder dan 10% van de oppervlakte innemend) worden tussen haakjes geplaatst, bijv. M13 + M12 (+M21).

#### *Binnen- en buitendijks lijnvormige elementen*

Binnen lijnelementen zijn verschillen in de vegetatie gekarteerd indien deze over een aaneengesloten lengte van tenminste 100 m optreden. Bij uitzondering is deze grens verlegd naar 50 m. Het betreft dan de aanwezigheid van bijzondere en/of zeldzame vegetatietypen. Ook kunnen dergelijke typen door middel van de aanduiding (..) aan het dominante type worden toegevoegd, bijvoorbeeld V1 (+V5).

### 4.1.1 Ecotooptypen

Een ecotoop omvat een ruimtelijke eenheid die homogeen is in vegetatiestructuur, successiestadium en de voornaamste abiotische standplaatsfactoren (Stevens 1987). Voor dit onderzoek is de ecotopenindeling gebruikt, die is opgesteld voor de kartering van het Land van Maas en Waal. Deze indeling wijkt op diverse punten af van de indeling in ecotooptypen zoals weergegeven in het rapport "Standaardisering digitale vegetatiekartering" (Voet 1990).

In tabel 14 geven we de onderscheiden ecotooptypen weer en geven we tevens aan welke karteringsleutel gebruikt moet worden.

#### Opmerkingen bij tabel 14:

- In sloten en plassen kan naast een watervegetatie ook een vegetatie van helofyten voorkomen zoals liesgras, grote egelskop, riet, kleine lisdodde e.d. Goed ontwikkelde helofytenvegetaties worden gekarteerd volgens de moerastypologie, karteringsleutel 2. Overigens is de begrenzing van de water-, oever-, moeras- en ruigtetypologie niet scherp: de karteringsleutels 1, 2, 3 en 4 gaan als het ware in elkaar over.
- Bij dijken en kaden wijkt de vegetatie van de wegberm of de bovenrand van het talud vaak af van die van de rest van het talud. Dergelijke vegetaties worden apart gekarteerd met toevoeging van de letter r aan het ecotooptype: Tr.

- Op lijnvormige elementen als bermen, perceelranden e.d. komt vaak opgaande beplanting en/of houtopslag voor. Alleen indien dergelijke vegetaties duidelijk als haag of singel kunnen worden opgevat, kiest men voor ecotooptype Hg resp. Hs en karteringssleutel 7, resp. 8. In de overige gevallen kiest men voor ecotooptype D of V, met vermelding van de aard van de beplanting of opslag.
- Kapvlakten van bossen en populierenaanplanten (ecotooptype K), worden gekarteerd volgens de bostypologie (karteringssleutel 8).
- Terreinen waar ten tijde van de kartering een ontgronding plaatsvond, zijn aangegeven met een symbool.
- Verdwenen houtwallen, singels, wegen en watergangen die nog wel op de topografische ondergrond van de vegetatiekaart zichtbaar zijn, zijn doorgestreept.

#### 4.1.2 Vegetatietypen

De hier gebruikte vegetatietypologie is ontleend aan de door de provincie Gelderland vervaardigde indeling in vegetatietypen van de Gelderse uiterwaarden (Jongman en Leemans 1982). Deze provinciale typologie is voor de kartering van het Land van Maas en Waal nader onderbouwd en waar nodig aangepast op basis van veel (700) lokale vegetatie-opnamen. Ondanks de (geringe) regionale verschillen tussen beide landinrichtingsgebieden leek overname van de typologie van het Land van Maas en Waal voor dit onderzoek ons alleszins aanvaardbaar, zeker met inachtneming van de tijds- en kostenaspecten. Slechts wat betreft de kartering van watervegetaties, is enigszins afgeweken van de typologie van het Land van Maas en Waal.

Een volledig overzicht van de typologie wordt gegeven in aanhangsel 2.

Het bewerken van de genoemde 700 vegetatie-opnamen leidde tot het samenstellen van acht karteringssleutels, die als veldtypologie bij de kartering fungeren. De karteringssleutels bevatten alle kenmerkende, differentiërende en begeleidende soorten van een type. Een kenmerkende soort is een soort die optimaal binnen een type voorkomt. Een differentiërende soort is een soort die in een type vaker of 'talrijker' voorkomt dan bepaalde, hiermee vergeleken typen. Een begeleidende soort is een soort die regelmatig in een bepaald vegetatietype voorkomt zonder hiervoor kenmerkend of differentiërend te zijn.

Aanhangsel 2.1 omvat een uitgebreide beschrijving van de in Ochten-Opheusden aangetroffen vegetatietypen, gekoppeld aan een beknopte standplaatsbeschrijving. De karteringssleutels zijn weergegeven in aanhangsel 2.2. De verspreiding van de vegetatietypen is op kaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 9) weergegeven.

Voor het binnendijkse gebied is uitsluitend de verspreiding van de slootkanttypen V5 en V6, en de graslandtypen G4 en G17 vastgesteld.

#### 4.1.3 Aandachtssoorten

Het voorkomen van bepaalde, vaak relatief zeldzame plantesoorten geeft veel informatie over landschapsecologische patronen en processen die voor het natuurbehoud en de landinrichting van belang zijn. Uit de verspreiding van de vegetatietypen is de aanwezigheid van dergelijke soorten niet goed af te leiden, aangezien ze vaak niet tot de kenmerkende of differentiërende soorten gerekend worden. Daarom zijn deze soorten, wanneer ze tijdens de kartering werden aangetroffen, apart genoteerd. Het betreft:

- soorten van matig voedselarme tot voedselrijke, niet vervuilde wateren (kenmerkende soorten voor de typen W9 t/m W38);
- soorten die mogelijk in verband staan met het optreden van kwel;
- minder algemene soorten van moerassen, vochtige graslanden en slootkanten;
- stroomdalsoorten;
- soorten van gradiëntmilieus.

De codering van aantallen en verspreidingspatroon van aandachtssoorten luidt als volgt:

Aantal exemplaren of pollen	Mate van verspreiding		
	lokaal	geklus- terd	verspreid
0- 10	a	k	v
10- 25	b	l	w
25- 100	c	m	x
100-1000	d	n	y
≥1000	e	p	z

De verspreiding van aandachtssoorten is op een kaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 10) weergegeven.

#### 4.1.4 Opgaande begroeiing

Voor de uiterwaarden zijn alle opgaande (lees: houtige) begroeiingselementen afzonderlijk geïnventariseerd en op kaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 11) weergegeven. De beschrijving van deze elementen omvat drie onderdelen:

- de vermelding van de aard van het element in de vorm van de weergave van het ecotooptype; hiervoor is de in tabel 14 (par. 4.1.1) gepresenteerde indeling in ecotooptypen gebruikt;
- de vermelding van de dominante boom- of struiksoort; hierbij zijn de volgende soorten onderscheiden:
  - K - knotwilg (meest *Salix alba*);
  - M - meidoorn (*Crataegus monogyna*);
  - P - populier (*Populus x canadensis*);
  - S - schietwilg (*Salix alba*);
  - W - struikvormige wilgesoorten (meest *Salix viminalis*, *S. alba* en *S. triandra*);

- een (eventuele) toevoeging - z -, die de onderhoudstoestand van het element aangeeft, bijv. geknotte wilgen, teruggezette meidoornhagen en grienden.

#### 4.1.5 Visuele kwelverschijnselen

Tijdens de kartering van vegetatietypen en aandachtsoorten is tevens de verspreiding van visuele kwelverschijnselen in sloten, plassen en moerassen in kaart gebracht. Onder visuele kwelverschijnselen wordt in dit verband verstaan: de visueel waargenomen hydrologische verschijnselen die mogelijk met kwel in verband staan. De volgende verschijnselen geven een indicatie voor uittreidend grondwater (kwel):

- bacterie-film (F), foto 11;
- neerslag van ijzer op planten en/of bodem (N);
- opborreling in het water (O);
- roodkleuring van het water (R);
- uitvlokking in het water (U);
- melkachtige troebeling van het water.

De verspreiding van deze verschijnselen is op kaart, schaal 1 : 10 000 (bijl. 12) weergegeven door een koppeling van één of meer codes aan het betrokken geografische element.

#### 4.2 Resultaten en interpretatie

Uit de literatuur en op basis van veldervaring is bekend welke plantesoorten en vegetatietypen als indicator kunnen worden beschouwd voor milieufactoren als voedselrijkdom, kwel, overstromingsduur, vochttoestand, bodemopbouw, cultuurdruk en beheer. Alle gegevens die zich lenen voor verdere uitwerking en interpretatie, zijn vastgelegd op de basiskaarten, schaal 1 : 10 000 (bijl. 9 t/m 12). Om deze interpretatie te vereenvoudigen zijn diverse thematische kaarten, schaal 1 : 25 000, vervaardigd, afgeleid van de basiskaarten, schaal 1 : 10 000.

De meest eenvoudige vorm om indicaties over milieumstandigheden uit de vegetatie af te leiden, is het samenstellen van patroon- of verspreidingskaarten van bepaalde indicatieve soorten, bijv. droogteminnende stroomdalsoorten.

Een andere methode van interpretatie van de verzamelde gegevens is het bewerken van vegetatie-opnamen die ten grondslag liggen aan de gehanteerde vegetatietyologie. In fase 1 van deze systeembeschrijving zijn bijv. alle opnamen van watervegetaties bewerkt conform de voorgeschreven werkwijze in het rapport "Standaardisering digitale vegetatiekartering" (Voet 1990). Bij de interpretatie van de relatie tussen watervegetatie en milieumstandigheden is onderscheid gemaakt in de twee belangrijkste factoren, nl. kwel en voedselrijkdom.

Voor het aspect voedselrijkdom is de indeling van De Lyon en Roelofs (1986) ge-

bruikt. Ter onderbouwing van deze werkwijze heeft in het gebied op diverse plaatsen bemonstering van het oppervlaktewater plaatsgevonden. In hoofdstuk 2, par. 2.5 wordt hierop nader ingegaan.

#### 4.2.1 Watervegetaties en voedselrijkdom

Waterplanten zijn goede indicatoren voor de waterkwaliteit. Ze zijn in de regel gemakkelijk te determineren en veelal plaatsgebonden. Bovendien hebben ze een, in vergelijking met bijvoorbeeld algen, lange levenscyclus, zodat ze de waterkwaliteit over (middel-)lange termijn weerspiegelen. Op grond van uitgebreide bemonsteringen van vegetatie en diverse chemische en fysische parameters is veel bekend geworden over de relatie tussen waterplanten en waterkwaliteit (De Lyon en Roelofs (1986, en Bloemendaal en Roelofs 1988). Als één van de belangrijkste aspecten van de waterkwaliteit geldt de voedselrijkdom ofwel trofie van het water. Ook voor dit aspect zijn waterplanten uitstekende graadmeters. Voor de voedselrijkdom van het water spelen de gehalten aan beschikbaar fosfaat, stikstof en anorganische koolstof de hoofdrol. In zwak gebufferde of zure wateren met een  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie  $< 100 \mu\text{mol.l}^{-1}$  is anorganische koolstof vaak limiterend voor de productie van ondergedoken waterplanten (Bloemendaal en Roelofs 1988).

Buiten dit type wateren zijn in de regel stikstof en fosfaat de bepalende factoren, waarbij het storende effect van koolstoflimitatie zoveel mogelijk wordt beperkt door soorten uit te sluiten die doorgaans voorkomen bij  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie  $< 100 \mu\text{mol.l}^{-1}$ . De Lyon en Roelofs (1986) en Bloemendaal en Roelofs (1988) hebben de voedselrijkdom van het water vastgesteld op basis van het ortho-fosfaatgehalte. Voor deze studie is vervolgens gekozen om de  $\text{O-PO}_4^-$ -getallen te hanteren, die gebaseerd zijn op alle door bovengenoemde auteurs verrichte waarnemingen in Nederlandse wateren, dus ook voor wateren waarin N (en mogelijk zelfs C) limiterend kunnen zijn.

Aan de meeste (minder zeldzame) waterplanten is een gewogen gemiddelde ortho-fosfaatgetal gekoppeld, waarmee het mogelijk wordt berekeningen uit te voeren. Een voorbeeld van het berekenen van de voedselrijkdom van het water door de vegetatie wordt gegeven in het rapport "Standaardisering digitale vegetatie-kartering" (Voet 1990). Deze rekenwijze heeft model gestaan voor het bepalen van het indicatieve voedselrijkdom van de in Ochten-Opheusden onderscheiden typen watervegetaties. Hierbij is gebruik gemaakt van de in het landinrichtingsproject "Het Land van Maas en Waal" gemaakte vegetatie-opnamen. Voor het gebied Ochten-Opheusden was slechts een 30-tal wateropnamen uit het archief van de provincie Gelderland beschikbaar (Ten Cate et al. 1990). Indien geen opnamen aan een type ten grondslag lag, is gekozen voor het  $\text{O-PO}_4^-$ -getal van de dominante soort. De Lyon en Roelofs (1986) brengen wateren naar hun trofieniveau onder in vier klassen:

I	voedselarm water	: $0,0 \leq \text{O-PO}_4^- < 0,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$
II	matig voedselrijk water	: $0,5 \leq \text{O-PO}_4^- < 2,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$
III	voedselrijk water	: $2,5 \leq \text{O-PO}_4^- < 9,0 \mu\text{mol.l}^{-1}$
IV	zeer voedselrijk water	: $9,0 \leq \text{O-PO}_4^- \mu\text{mol.l}^{-1}$



In tabel 15 worden de berekende gemiddelde trofiegetallen van alle aanwezige typen watervegetaties weergegeven.

Op grond van onze afwijkende interpretaties en de aanwezigheid van afzonderlijk gekarteerde soorten A t/m F (tabel 16) zijn de watervegetaties in het landinrichtingsgebied naar de mate van voedselrijkdom van de waterlaag als volgt ingedeeld:

- indicatief voor zeer voedselrijk water, de typen W2 t/m W8;
- indicatief voor voedselrijk water, de typen W2 t/m W8 met toevoeging van de letter(s) s en v tot en met F (met uitzondering van z), bijv. W7 sD, W9 t/m W24, W25, W27, W28, W33 en W39;
- indicatief voor matig voedselrijk water, de typen W26, W29 t/m W33 en W34 t/m W38.

Deze indeling is vervolgens op bijlage 9 (vegetatietypen) geprojecteerd, waarbij elke gekarteerde slootvegetatie is ingedeeld in één van de drie indicatieklassen. Het resultaat van deze bewerking is overgebracht op een thematische kaart, schaal 1 : 25 000 (bijl. 13: kaart met de voedselrijkdom van het oppervlaktewater, geïndiceerd door de watervegetatie). Een analyse van het kaartbeeld levert de volgende conclusies op:

- alle uiterwaarden bevatten voedselrijk tot zeer voedselrijk water met uitzondering van enkele geïsoleerde kleiputten in de Gouverneursche Polder;
- het trofie-niveau van wateren op de stroomruggen van zowel Rijn als Waal is zeer hoog;
- de veelal geïsoleerde sloten in het Eldiksche Veld en het meest noordelijke deel van het Dodewaardsche Veld bezitten een watervegetatie die matig voedselrijk oppervlaktewater indiceert, afkomstig van toestroming van (diep) grondwater (foto 2);
- het inlaatwater (via Linge) is voedselrijk; het lag echter in de lijn van de verwachting dat dit water tot de indicatieklasse "zeer voedselrijk water" zou behoren.

Hieruit kan voorzichtig worden afgeleid dat gebiedseigen processen verantwoordelijk zijn voor het zeer hoge trofie-niveau van de meeste sloten. Hierbij moet worden gedacht aan uitspoeling van meststoffen, lozingen, en effluent van zuiveringsinstallaties.

#### 4.2.2 Visuele kwelverschijnselen

Naast de inventarisatie van kwelindicerende plantesoorten (par. 4.2.3) zijn voorts de mogelijk met kwel in verband staande verschijnselen in kaart gebracht. Deze zogenaamde "visuele kwelverschijnselen" treden vaak op bij uitstroming van (diep) grondwater in de sloten (subregionale en regionale kwel) en duiden meestal op de aanwezigheid van ijzerverbindingen of bacteriën. Er bestaat echter eveneens de mogelijkheid dat visuele kwelverschijnselen het gevolg zijn van toestroming van ijzerrijk water uit de percelen (lokale kwel).

In paragraaf 4.1.5 is een overzicht gegeven van de gekarteerde visuele kwelverschijnselen. De verspreiding van deze verschijnselen in het gebied is gekarteerd op schaal 1 : 10 000 (bijl. 12). Bijlage 14 geeft een overzicht op schaal 1 : 25 000. Er komen



*Foto 1*  
*Een "wel" in een*  
*bevroren sloot langs*  
*de Bonegraafse*  
*Weg*



*Foto 2*  
*Slootje in het*  
*Eldikse Veld*  
*met matig*  
*voedselrijk water*  
*indicerende*  
*vegetatie van o.a.*  
*kranswier, Chara*  
*vulgaris, brede*  
*waterpest en*  
*pijlkruid*

twee duidelijke concentratiegebieden met visuele kwelverschijnselen naar voren: het komgebied tussen Kesteren en Opheusden en de Oude Rijn ten noorden van Kesteren. In laatstgenoemde waterloop zijn zelfs alle mogelijk met kwel in verband staande verschijnselen waargenomen. In het Eldiksche Veld is in vrijwel alle sloten een melkachtige troebeling van het oppervlaktewater geconstateerd. De herkomst van deze verschijnselen is niet geheel duidelijk. In andere gekarteerde gebieden elders zoals het Noorderpark bij Utrecht, bleek de aanwezigheid van sloten met melkachtig water duidelijk gebonden te zijn aan de hydrologisch bepaalde kwelgebieden.

#### *Kanttekeningen*

Op 31 januari 1991 heeft een veldbezoek plaatsgevonden voor de tweede bemonsteringsronde van het oppervlaktewater. Tijdens dit veldbezoek kon een goede indruk van de verspreiding van visuele kwelverschijnselen in de winterperiode worden opgedaan. Vooral in het komgebied is de verspreiding van deze verschijnselen in de winter belangrijk groter vergeleken met het zomerbeeld. Zo waren in vrijwel alle kavelslootjes in het Eldiksche Veld visuele kwelverschijnselen aanwezig in de vorm van een bacterievlies of roodkleuring van het water. Uit bijlage 14 blijkt dat hier in de zomer nauwelijks visuele kwel is waargenomen. De belangrijke toename van de verspreiding van visuele kwelverschijnselen in de winter kan als volgt verklaard worden:

- toename van de kwelstroom in de winter als gevolg van een toename van het potentieelverschil (hoge rivierstanden en lage slootpeilen);
- de afwezigheid van inlaatwater in de sloten; in de winterperiode is uitsluitend gebiedseigen water aanwezig;
- de afwezigheid van kroos- of hefotypenvegetaties in de sloten; veel ondiepe kavelslootjes zijn in de zomerperiode volledig bedekt met kroos of dichtgegroeid met riet, liesgras, grote egelskop e.d., zodat visuele kwelverschijnselen niet of slechts moeilijk waarneembaar zijn;
- als gevolg van het diep schonen van de sloten met een ijzerhoudende bodem kan in najaar (en winter) roodkleuring van het water en ijzerneerslag optreden.

De geconstateerde verschillen tussen het zomer- en winterbeeld van de verspreiding van visuele kwelverschijnselen doen afbreuk aan de gepresenteerde karteringsresultaten (bijl. 14). Wel is hiermee bij de verdere interpretatie/integratie rekening gehouden.

#### 4.2.3 Watervegetaties en kwel

Na infiltratie van (neerslag-)water worden bij toenemende verblijfsduur en bij doorstroming in kalkhoudende afzettingen, calcium en bicarbonaat dominant in de samenstelling van het grondwater. Verrijking van het kwelmilieu met bicarbonaat heeft belangrijke effecten op de watervegetatie. Er bestaat een duidelijke relatie tussen het voorkomen van waterplanten en het anorganische koolstofgehalte. Anorganische koolstof bepaalt in belangrijke mate het bufferend vermogen van het water, is één van de belangrijkste voedingsstoffen voor waterplanten en heeft grote invloed op de concentraties aan andere voedingsstoffen (Bloemendaal en Roelofs 1988).

Het uittreden van lithoclien grondwater heeft tot gevolg dat in het watermilieu een overmaat aan calcium-ionen aanwezig is. De aanwezige fosfaten worden gebonden tot onoplosbare zouten die zich op de slootbodem afzetten. Als gevolg van bovengenoemde processen kan fosfaat slechts in beperkte mate aanwezig zijn.

Op basis van literatuurgegevens en veldervaring zijn enkele plantesoorten geselecteerd die kenmerkend kunnen zijn voor situaties met uittredend lithoclien grondwater. Deze mogelijke kwelindicatoren zijn:

- bosbies;
- brede waterpest;
- drijvend fonteinkruid;
- gewone dotterbloem;
- grote boterbloem;
- holpijp (alleen bij grote aantallen);
- krabbescheer;
- kransvederkruid;
- puntig fonteinkruid;
- schildereprijs;
- spits fonteinkruid;
- waterviolier.

De verspreiding van deze soorten is weergegeven op bijlage 15. Uit deze tekening kan het volgende beeld worden afgeleid:

- brede waterpest is de meest algemene kwelindicator in het gebied; desondanks beperkt de verspreiding zich vrijwel uitsluitend tot het Eldiksche en Dodewaardsche Veld.
- holpijp kent een vergelijkbaar verspreidingsbeeld; bij deze soort zijn alleen rijke groeiplaatsen (> 100) in beeld gebracht.
- waterviolier, spits fonteinkruid en kransvederkruid komen regelmatig verspreid over het gebied voor, echter met een duidelijke voorkeur voor de komgebieden; het is opmerkelijk dat in de kwelgebieden van het Land van Maas en Waal het kransvederkruid vrij algemeen voorkomt en in Ochten-Opheusden slechts op beperkte schaal;
- de in het rivierengebied vrij zeldzame grote boterbloem is in diverse sloten in het Dodewaardsche Veld goed vertegenwoordigd.

Uit bijlage 15 zijn uitsluitend de vindplaatsen van de kwelindicatoren af te lezen. Indien ook de bedekking van deze soorten bij de weergave wordt betrokken, ontstaat een totaalbeeld van de verspreiding van kwelindicatoren zoals weergegeven op bijlage 16. Op deze kaart komen vier duidelijke concentratiegebieden van kwelindicatoren naar voren:

- het Overbroek ten noorden van Eldik;
- het Eldiksche Veld ten noorden van de A15;
- het Eldiksche Veld ten zuiden van de A15;
- het meest oostelijke deel van het Dodewaardsche Veld.

#### 4.2.4 Moerasvegetaties

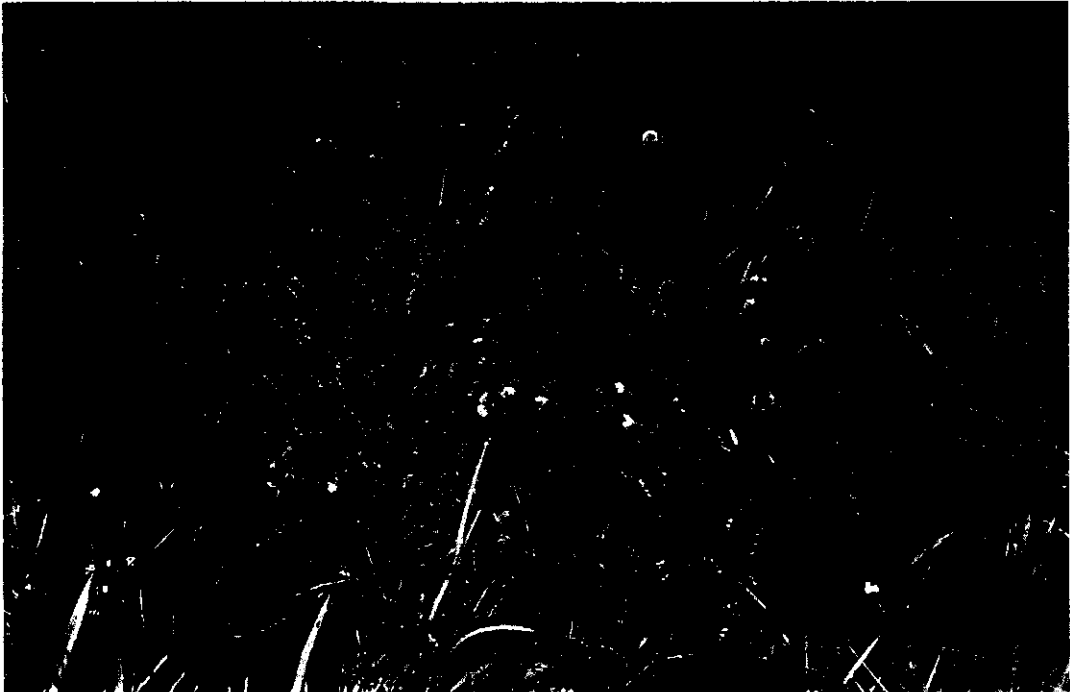
De moerasvegetaties zijn gerangschikt naar afnemende milieudynamiek. De hoogste graad van milieudynamiek doet zich voor in de directe nabijheid van de Waal. Door de voortdurende schommelingen van het rivierpeil zijn de laaggelegen delen van de Gouverneursche Polder en de Hiensche Uiterwaarden afwisselend overstromd, nat of droog. Vooral de rivierstranden en slibhoudende oevers van plassen en strangen kenmerken zich door extreme milieuomstandigheden. Op deze plaatsen kan zich geen blijvende vegetatie vestigen, maar valt een jaarlijkse cyclus waar te nemen van het ontkiemen, groeien, bloeien, zaad vormen en afsterven van eenjarige soorten. Deze tijdelijke begroeiingen van oeverzones behoren tot het type M2. Meestal wordt het aspect van deze vegetaties bepaald door ganzevoetachtigen. Enkele karakteristieke pioniers voor dit milieu onder de stroomdalflora komen vooral in dit type voor, zoals kaal breukkruid, oeverstekelnoot, liggende ganzerik en slijkgroen.

De karterperiode (zomer 1990) kenmerkte zich o.a. door aanhoudende droogte en lage rivierpeilen (van de Waal). Grote delen van de oeverzones van kleiputten in de Hiensche Uiterwaarden vielen droog, wat een uitstekend milieu voor bovengenoemde pioniers opleverde. Hier werden rijke vindplaatsen van de anders vrij zeldzame liggende ganzerik en klein vlooienkruid aangetroffen (foto 3), naast algemene soorten als slijkgroen en oeverstekelnoot. Laatstgenoemde soort is frequent op de zandige Waalstranden aangetroffen.

Kenmerkend voor periodiek natte, zandige, luwe pioniermilieus is de zwarte populier. Naast de reeds genoemde oevers van de kleiputten in de Hiensche Uiterwaarden is langs de Hiense Strang tegenover restaurant "de Engel" een rijke vindplaats van zwarte populier aanwezig. Dit milieu is geschapen in het kader van de dijkverzwaring, waarbij de bestaande strang deels werd gedempt en in zuidelijke richting verder is ontgraven (foto 4). De flauwe oeverzone vormde een uitstekend kiemmilieu voor de zwarte populier. Er komen hier inmiddels vele honderden 1-3 jarige exemplaren voor (foto 5).

De verspreiding van de vochtminnende pioniers onder de stroomdalflora is weergegeven op bijlage 17. Duidelijk is, dat de qua waterhuishouding veel minder dynamische Rijnwaterwaarden, geen geschikt milieu voor deze soorten bieden. Naast het relatief stabiele peilregime van deze rivier, draagt ook de met stortsteen vastgelegde oever bij aan de lage graad van dynamiek.

Op permanent vochtige, enigszins luwe oevermilieus van kleiputten gaat het M2-type over in het M3-type. In dit type neemt het aandeel aan overblijvende soorten toe, zoals wolfspoot, gewone waterbies en diverse soorten russen. Bij verdere isolatie van ondiepe, open wateren ten opzichte van de rivier treedt een pioniervegetatie op met watertorkruid, grote waterweegbree, gele waterkers en liesgras: type M4. Deze



*Foto 7 Vochtige graslandvegetatie op afgetichel perceel in de Wolsfwaard met o.a. late ogentroost, smearwortel, watermint en moerasvergeetmij-nietje*



*Foto 8 Kweekvegetatie op een jonge, zandige oeverwal langs de Waal*

zijn onder meer wilde bertram, zilverschoon, vijfvingerkruid, veenwortel en vertakte leeuwetand (foto 8). Ook de vrij zeldzame engelse alant wordt frequent op de jonge oeverwallen aangetroffen (bijl. 20). In dit extreme milieu kan engels raaigras zich slechts korte tijd handhaven. Het cultuurgraslandtype G9 wordt dan ook slechts incidenteel op de oeverwallen aangetroffen. Op de niet of spaarzaam beweede oeverwallen, alsmede op de jonge rivierduinen, maakt het G8-type plaats voor het ruige R4-type, waarin de grove grassoorten rietzwenkgras en/of duinriet domineren.

Bij ongestoorde ontwikkeling bereiken de oeverwallen en rivierduinen een hoogte, waarbij vrijwel geen zomerinundaties meer optreden. De totale jaarlijkse overstromingsduur loopt terug tot beneden de 20 dagen. Nu wordt het milieu geschikt voor de vestiging van droogteminnende stroomdalsoorten als kruisdistel, cichorei, ruige weegbree, sikkelklaver en kattedoom. Helaas wordt dit ontwikkelingsstadium zelden of nooit bereikt. Meestal worden de jonge oeverwallen afgegraven in verband met handhaving van de afwateringscapaciteit van het winterbed. Ook vindt verstoring plaats door werkzaamheden aan de rivieroever en door activiteiten als egalisatie en afgraving. In de Gouverneursche Polder wordt het proces van erosie en sedimentatie afgebroken door het vastleggen van de rivieroever met stortsteen. Langs de Rijn zijn reeds lange oevertrajecten op deze wijze definitief van gedaante veranderd. Slechts op enkele plaatsen in zowel de Rijn- als Waal-uiterwaarden komen op de oeverwallen fragmentair ontwikkelde glanshavervegetaties met stroomdalsoorten voor. Concentratiepunten zijn hierbij de Rijn- uiterwaard tegenover de Blauwe Kamer en het westelijke deel van de Gouverneursche Polder. De verspreiding van typen en soorten is weergegeven op bijlage 21.

De hooggelegen, niet vergraven oeverwallen en rivierduinen zijn van oudsher begroeid met relatief soortenrijke glanshavergraslanden. Binnen deze graslanden kunnen zowel vochtminnende als droogteminnende varianten onderscheiden worden. Vooral de hooggelegen, warme, kalkrijke, zavelige tot zandige stroomruggen zijn vegetatiekundig gezien van grote betekenis. Deze stroomruggen zijn de natuurlijke groeiplaatsen van de voor het riviereengebied karakteristieke, droogteminnende vertegenwoordigers van de stroomdalflora. Glanshavervegetaties komen optimaal tot ontwikkeling op extensief gebruikte gronden, bijv. bij een maai-beheer of extensieve beweiding zonder of met lichte bemestingsdruk. De combinatie onvergraven, hooggelegen uiterwaardgrasland en een extensieve agrarische gebruiksvorm is tegenwoordig een zeldzaam verschijnsel. In de grotendeels vergraven Waal- uiterwaarden is deze combinatie vrijwel afwezig: slechts op twee hooggelegen, minder zwaar bemeste delen van de Gouverneursche Polder komt een fragmentair ontwikkelde vorm van het glanshavergrasland voor: type G11 met als kenmerkende soorten: veldgerst, rood zwenkgras en glanshaver (bijlage 21). De aangrenzende delen van de belangrijkste onvergraven stroomrug worden zeer intensief gebruikt, zowel in de vorm van grasland (type G9) als maisakker (type A1).

De stroomdalflora is grotendeels teruggedrongen tot perceelranden, kaden en rivierdijken. Op deze elementen zijn in het landinrichtingsgebied nog diverse voorbeelden van goed ontwikkelde glanshavervegetaties te vinden. Toch loopt ook hier het areaal aan deze vegetaties terug als gevolg van dijkverbetering en intensivering van het agrarisch gebruik. Vooral op de Oude Rijndijk aan weerszijden van Kesteren is de stroomdalflora plaatselijk nog goed vertegenwoordigd in de vorm van o.a. rapunzelklokje,

sikkelklaver en wilde marjolein.

#### *Binnendijkse graslanden*

Tijdens de inventarisatie van de watervegetaties is tevens aandacht besteed aan de verspreiding van soortenrijke natte graslandvegetaties en goed ontwikkelde slootkantvegetaties. Beide aspecten bleken echter niet (meer) in het binnendijkse gebied vertegenwoordigd. Alle graslanden bezitten een dermate hoge cultuurdruk, dat eventueel aanwezige potenties in de vorm van laaggelegen permanent vochtige (kwel)graslanden niet in de actuele vegetatie tot uiting komen. Voor de slootkanten geldt in hoofdlijnen het volgende beeld.

De steile oevers, in combinatie met de lage slootpeilen maken de ontwikkeling van soortenrijke oevervegetaties vrijwel onmogelijk. Onder de heersende omstandigheden zijn veelal sterk verruigde, door brandnetel en triviale vochtige ruigtekruiden begroeide slootkanten aangetroffen. Illustratief voor deze gebiedsschets is de verspreiding van vochtminnende grasland- en slootkantsoorten als echte koekoeksbloem, gewone dotterbloem en hertshooisoorten. In het binnendijkse gebied zijn in totaal slechts een twintigtal vindplaatsen van deze soorten vastgesteld (bijl. 19).

#### 4.2.6 Vegetaties van hagen, struwelen en populierenbossen

Bijlage 11 geeft een beeld van de verspreiding van opgaande begroeiing in de uiterwaarden. In hoofdlijnen kunnen hierbij de volgende begroeiingsvormen onderscheiden worden:

- de populieren- en schietwilgenaanplanten; deze relatief jonge bossen (typen B2 en B3) bezitten in de regel een matig tot slecht ontwikkelde struiklaag, waarbij de kruidlaag afhankelijk van hoogteligging en vochttoestand uit grote brandnetel, dauwbraam en/of vochtminnende ruigtekruiden bestaat;
- spontaan ontwikkelde wilgenstruwelen; op afgetichelde, niet in agrarisch gebruik zijnde oeverhoeken en randen van plassen heeft zich wilgenstruweel kunnen ontwikkelen; vooral in delen van de Hiensche Uiterwaarden en Rijn-uiterwaarden bij Opheusden zijn deze spontane struwelen markante elementen in het landschap;
- meidoornhagen; van deze voor het rivierengebied zo kenmerkende landschapselementen resten nog slechts enkele overblijfselen in de Gouverneursche Polder; zowel de Rijn-uiterwaarden als de Hiensche Uiterwaarden bevatten vrijwel geen meidoornhagen (meer). Ook de schaarse restanten van deze landschapselementen staan onder sterke druk. Als gevolg van het zeer kort afzetten van hagen en aantasting door vee takelen de hagen verder af (foto 9). Alleen langs de Oude Veerweg in de Gouverneursche Polder kwamen in 1990 nog goed ontwikkelde meidoornhagen voor. Kenmerkende soorten als rode kornoelje, wegedoorn en kardinaalsmuts zijn hier echter niet aangetroffen. In de zomer van 1991 zijn deze hagen echter afgezet om uitbreiding van perenvuur tegen te gaan.



### 4.3 Veranderingen in de vegetatie

De beschrijving van het biotisch patroon in fase 1 (Ten Cate et al. 1990) was gebaseerd op bestaande vegetatiekundige gegevens. In paragraaf 4.1 van dit rapport is een opsomming gegeven van de gebruikte bronnen. Aan deze bestaande gegevens ligt in sommige gevallen een werkwijze ten grondslag die zich leent voor monitoring. Vooral de door de provincie Gelderland gemaakte vegetatiekartering en, zij het in iets mindere mate, de provinciale uiterwaardenkartering, bieden voldoende mogelijkheden om tussentijdse ontwikkelingen te kunnen analyseren.

Uiteindelijk zijn twee aspecten van de historische en actuele gegevens nader uitgewerkt, nl. de watervegetaties in relatie tot de voedselrijkdom of trofie van het water en de uiterwaardgraslanden in relatie tot de cultuurdruk.

#### *Watervegetaties en voedselrijkdom*

In het landinrichtingsgebied zijn door de provincie Gelderland in de periode 1978-1985 in totaal 32 vegetatie-opnamen van wateren gemaakt. Al deze locaties zijn opnieuw geïnventariseerd. Hoewel hierbij geen vegetatie-opnamen werden gemaakt, is dankzij de registratie van indicatieve soorten, toch adequaat vergelijkingsmateriaal verzameld. Voorafgaande aan de vergelijking zijn allereerst de historische vegetatie-opnamen vertaald in de voor 1990 gehanteerde werkwijze. In tabel 18 wordt een overzicht gegeven van de historische opnamen, de situatie van 1990 en eventuele bijzonderheden die voor de vergelijking van belang zijn.

De situering van de genoemde opnamennummers is weergegeven op bijlage 7 van Ten Cate et al. (1990).

Bij het vergelijken van beiden karteringsresultaten valt in eerste instantie het grote aandeel verlande of dichtgegroeide watergangen op. Veelal betreft het hier dermate weelderige helofytenvegetaties van riet, liesgras, grote lisdodde en/of grote egelskop, dat geen ruimte resteert voor de aanwezigheid van submerse (onderwater-)vegetaties. De toename van helofyten-vegetaties kan het gevolg zijn van het uitblijven van schoningswerkzaamheden. Mogelijk spelen ook waterhuishoudkundige aspecten een rol, bijv. in de vorm van lage zomerpeilen, onderbemaling, verminderde wateraanvoer e.d.

Indien op beide typering, genoemd in tabel 18, de in par. 4.2.1 gepresenteerde indeling in trofieklassen wordt geprojecteerd, kunnen mogelijk verschuivingen in trofieniveau aan het licht komen. Tabel 19 geeft de resultaten van deze bewerking mee. Hierbij zijn uitsluitend de vergelijkbare waarnemingen betrokken (verlande sloten zijn niet opgenomen). Als toelichting op tabel 19 kunnen we het volgende opmerken. Bij ongewijzigde omstandigheden is op 7 locaties sprake van een toename van het indicatieve trofie-niveau met één klasse, terwijl voor slechts één locatie (opname 12) geldt een afname van het trofie-niveau met één klasse. Anders gesteld: in 30% van de vergelijkbare (niet dichtgegroeide) wateren is sprake van een duidelijke door de vegetatie geïndiceerde toename van de voedselrijkdom, tegen slechts 4% van de wateren waarvoor het omgekeerde geldt. De tendens tot verdere eutrofiëring van het oppervlaktewater kan veroorzaakt worden door:

- "inwendige" effecten in de vorm van toename van de bemestingsdruk op de aangrenzende percelen, wat direct (inwaaien oppervlakteafvoer) of indirect (instroming

- via grondwater) leidt tot een verhoogde nutriënteniveau in het slotwater.
- "uitwendige" effecten in de vorm van een verhoogde beïnvloeding van het gebieds-eigen oppervlaktewater door gebiedsvreemd, voedselrijk, vervuild inlaatwater (Rijnwater).

#### *Uiterwaardgraslanden en cultuurdruk*

De kartering van vegetatietypen van de uiterwaarden maakt een vergelijking tussen de historische (provinciale) en actuele karteringsresultaten mogelijk. Immers, de in 1990 uitgevoerde kartering is uitgevoerd met een typologie die ontleend is aan de provinciale typologie (Jongman en Leemans 1982). Met deze provinciale typologie zijn in de periode rond 1980 de Gouverneursche Polder, de Hiensche Waard en de Wolfswaard in kaart gebracht.

Een eerste vergelijking tussen beide karteringen leert, dat voor het areaal aan water- en moerasvegetaties vooral de ontgrondingsactiviteiten maatgevend geweest zijn voor de ontwikkelingen in de tijd. Deze vergelijking toont tevens aan dat, onafhankelijk van de stand van zaken wat betreft de ontgrondingen, ook belangrijke veranderingen hebben plaatsgevonden in de samenstelling van de graslandvegetaties. Voor een nadere analyse van de ontwikkelingen in de tijd zijn uitsluitend de graslandvegetaties betrokken. Hiertoe is de volgende werkwijze gehanteerd. Als uitgangspunt voor de vergelijking fungeerde de kartering van de uiterwaardgraslanden van de provincie Gelderland. Perceelsgewijs zijn deze resultaten vergeleken met de kartering uit 1990. Uiteindelijk zijn op deze wijze de vegetatietypen van 237 graslanden met elkaar vergeleken. Het totaalresultaat, bezien over de drie genoemde uiterwaarden, is weergegeven in tabel 20.

De verschuivingen tussen de waarnemingen van de provincie Gelderland uit 1982 en die van de Heidemij uit 1990 (tabel 20) zijn uitgewerkt in de vorm van staafdiagrammen (fig. 25).

Voor een aantal graslanden zijn de geconstateerde verschuivingen nader per type uitgewerkt in de vorm van vijf taartpuntfiguren (fig. 26 t/m 30).

Aan de hand van de tabellen 19 en 20 en figuren 25 t/m 30 kunnen enkele belangrijke conclusies getrokken worden:

- het aantal percelen met (periodiek) vochtige graslandtypen (G2 t/m G6) is duidelijk toegenomen als gevolg van de voortschrijdende ontgrondingen en hercultivaties. Deze activiteiten gaan namelijk gepaard met verlaging van de oorspronkelijke maai-veldhoogte, wat de toename aan vochtminnende graslandtypen verklaart;
- het aantal percelen met kweekvegetaties (G7 en G8) is nagenoeg onveranderd;
- het aantal percelen met soortenarme engels raaigras-vegetaties (G9) is duidelijk toegenomen (toename: ruim 300%); deze toename is grotendeels toe te schrijven aan het teruglopen van het aantal soortenrijke droge typen G10 t/m G14; goed ontwikkelde glanshavervegetaties (G12 t/m G14) zijn in de drie onderzochte uiterwaarden in het geheel niet meer aangetroffen, terwijl de matig soortenrijke kamgras- en glanshavertypen G10 en G11 aanzienlijk in aantal en verspreiding zijn afgenomen (van 105 waarnemingen rond 1980 tot 11 waarnemingen in 1990).

De verschuiving van de typen G10 t/m G14 richting G9 kan verklaard worden door

van is het Engels raaigrastype (type G9). Dit type heeft door de hoge cultuurdruk de plaats ingenomen van herkenbare vervangingsgemeenschappen als Glanshaver-, Kamgras- en Dotterbloemvegetaties.

Voor Ochten-Opheusden hebben we bij het vaststellen van de pnv onderscheid gemaakt in binnendijkse en buitendijkse gebieden (par. 4.4.1 en 4.4.2). Voor het binnendijks gebied zijn substraat en vochttoestand (grondwatertrappen) de bepalende milieufactoren voor de vegetatie (Kalkhoven et al. 1976 en Van der Werf i.v.). Voor de uiterwaarden komen deze factoren pas op de tweede plaats; hier is rivierdynamiek de sterkst differentiërende factor (De Graaf et al. 1990). De rivierdynamiek manifesteert zich voor de volgende processen en aspecten, die voor de vegetatie van belang zijn:

- tijdstip en duur van de overstroming;
- waterkwaliteit;
- erosie- en sedimentatieprocessen.

Voor zowel het binnendijkse als buitendijkse gebied is naast de bovengenoemde milieufactoren ook de aard van het terreingebruik van essentiële betekenis voor de vegetatie(-ontwikkeling). In paragraaf 4.4.2 worden de consequenties besproken van een intensivering van het grondgebruik (hoge cultuurdruk) voor de vegetatie in de uiterwaarden. Wat betreft de vegetaties op graslanden, wegbermen en perceelsranden bereikt de pnv in het landinrichtingsgebied vrijwel nergens het eindstadium, waarschijnlijk met uitzondering van enkele schietwilgenbossen in de Rijn-uiterwaarden en Gouverneursche Polder. Ook de herkenbare vervangingsgemeenschappen (half-natuurlijke graslandvegetaties) staan sterk onder druk door het intensieve grondgebruik. In het binnendijkse gebied zijn deze vervangingsgemeenschappen reeds grotendeels verdwenen.

In de volgende paragrafen noemen we de pnv (potentieel natuurlijke vegetatie), die we voor de abiotische eenheden hebben onderscheiden, inclusief de bijbehorende vervangingsgemeenschap (half-natuurlijke graslandvegetatie) en/of ontwikkelingsgemeenschap (pionier- en moerasvegetatie).

#### 4.4.1 De potentiële natuurlijke vegetatie van het binnendijks gebied

Voor het bepalen van de pnv hebben we voor het binnendijkse gebied in hoofdzaak de werkwijzen conform Kalkhoven et al. (1976) en Van der Werf (i.v.) gevolgd. Hierbij is aan alle bodemeenheden, in combinatie met de grondwatertrappen, een pnv gekoppeld die in eerste instantie is afgeleid van de indeling van Kalkhoven et al. (1976), en op enkele punten aangepast c.q. aangevuld naar de inzichten van Van der Werf (i.v.) en naar eigen interpretaties. Voor dit onderzoek zijn voor alle onderscheiden bodemeenheden en grondwatertrappen in tabel 21 de bijbehorende pnv's genoemd. In tabel 22 staan voor elke pnv de vervangingsgemeenschappen, die voor het natuurbehoud het meest relevante zijn en, waar mogelijk, gedocumenteerd met de gebruikte vegetatietypologie in Ochten-Opheusden. De water- en moerasvegetaties zijn hierbij niet besproken, aangezien de samenstelling van de watervegetaties in hoofdzaak wordt bepaald door andere factoren zoals de bodemgesteldheid (zie par. 4.2.1).

de belangrijke toename van de cultuurdruk in de uiterwaarden, in de vorm van hogere mestgiftten en veebezettingen, beregening, doorzaai van engels raaigras en het gebruik van herbiciden.

#### 4.4 Potentiële vegetatie

De belangrijkste resultaten van de vegetatiekartering zijn weergegeven op diverse thematische kaarten, schaal 1 : 25 000. Hieruit kunnen de actuele verspreidingspatronen van belangrijke soorten en typen worden afgeleid.

Voor het binnendijks gebied geven deze patroonkaarten uitsluitend een beeld van de verspreiding van kwelindicatoren en watervegetaties. Van de graslanden, wegbermen en perceelsranden zijn geen gegevens verzameld. Voor de uiterwaarden is wél een gebiedsdekkende kartering uitgevoerd. De afgeleide patroonkaarten van de uiterwaarden zijn echter een flauwe afspiegeling van de potentiële kwaliteiten en mogelijkheden van deze gebieden.

Gezien het beperkte beeld van de actuele patroonkaarten gaan we in deze paragraaf in op de potentiële betekenis van de aanwezige abiotische milieufactoren. Hierbij besteden we vooral aandacht aan die milieufactoren die in hoofdzaak bepalend zijn voor de biotische ontwikkeling en waarvan voor dit onderzoek voldoende gegevens zijn verzameld. Deze werkwijze resulteert in het aangeven van de potentieel natuurlijke vegetatie (hierna steeds pnv genoemd) voor de werkzame milieufactoren. Met het toekennen van een pnv voor het gehele landinrichtingsgebied komt de ecohydrologische systeembeschrijving (hoofdstuk 5) beter van de grond. Voorts biedt deze werkwijze de mogelijkheid tot het onderscheiden van kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling. Onder de pnv van een bepaalde plaats verstaan we de vegetatie die daar binnen een periode van 50-200 jaar uiteindelijk zal ontstaan, wanneer alle directe, menselijke invloed op de plaats zelf of op de onmiddellijke omgeving ervan zou ophouden (Kalkhoven et al. 1976 en Van der Werf i.v.). Het terugdraaien van eenmaal verrichte, menselijke ingrepen zoals de aanleg van dijken en de beïnvloeding van de bodem en waterhuishouding is niet bij de definitie van de pnv inbegrepen. Nog afgezien van de vaak onomkeerbare processen als gevolg van deze ingrepen, is het terugdraaien ook vanuit maatschappelijk oogpunt irrelevant.

Aan elke pnv (potentieel natuurlijke vegetatie) is een vegetatiereeks gebonden. Onder een vegetatiereeks wordt hier verstaan een verzameling van vegetatie-eenheden die als ontwikkelings-, vervangings-, storings- en degradatiegemeenschap verbonden zijn met dezelfde pnv. Men kan een serie vegetaties onderscheiden die door een natuurlijke ontwikkeling (successie) met elkaar verbonden zijn; van een pionierstadium tot en met een eindstadium. De gemeenschappen van zo'n serie worden ontwikkelingsgemeenschappen genoemd. Wanneer een stadium als gevolg van een bepaalde mate van menselijke beïnvloeding onderdrukt wordt, neemt een andere gemeenschap die plaats in en wordt dan vervangingsgemeenschap genoemd. Zo is voor het rivierengebied een Glanshavervegetatie een vervangingsgemeenschap van het Essen-iepenbos. Soms wordt de vegetatie dermate sterk door de mens beïnvloed, dat in het geheel geen verwantschap met een bepaalde pnv meer herkenbaar is. Een duidelijk voorbeeld hier-

#### 4.4.2 De potentiële natuurlijke vegetatie van de uiterwaarden

Met het verschijnen van het plan Ooievaar zijn diverse studies verricht naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in de uiterwaarden. Hierbij is vooral aandacht besteed aan de mogelijkheden voor herstel van processen en patronen die voor het rivierengebied kenmerkend zijn, waarbij, vegetatiekundig gezien, vooral gedacht moet worden aan oobossen, stroomdalvegetaties en water- en moerasvegetaties.

De uitgevoerde studies richtten zich met name op de relatie tussen vegetatie en milieu-omstandigheden, waarbij we kunnen concluderen dat de werkzame milieuomstandigheden voor de uiterwaarden in belangrijke mate voortvloeien uit de dynamiek van de rivier. In hoofdlijnen manifesteert de rivierdynamiek zich in 2 processen (Knaapen en Rademakers 1990):

- het erosie- en sedimentatieproces (morfodynamiek);
- de overstroming (hydrodynamiek).

Voor het aspect overstroming speelt een belangrijke rol bij de vegetatie-ontwikkeling in de uiterwaarden. Veel waardevolle vegetaties, met name soortenrijke stroomdalvegetaties en enkele water- en moerasvegetaties, blijken erg gevoelig te zijn voor overstroming tijdens het vegetatie seizoen (De Graaf et al. 1990).

Bij het streven naar natuurontwikkeling in de uiterwaarden staan vooral het behoud en de ontwikkeling van stroomdalvegetaties, moerasvegetaties en oobos centraal. Uit recent onderzoek (De Graaf et al. 1990; Duel 1991; Jongman en Leemans 1982, Van de Steeg et al. 1989) komt naar voren, dat stroomdalvegetaties optimaal voorkomen op onvergraven, zandige oeverwallen en rivierduinen met beperkte jaarlijkse overstromingsduur. Bovengenoemde auteurs geven een overzicht van de gemiddelde boven- en ondergrens in dagen overstroming per jaar voor een aantal kenmerkende vegetatietypen. Om bovengenoemde onderzoeksresultaten te benutten voor het vaststellen van de pnv, is getracht om in hoofdlijnen aansluiting te zoeken bij de werkwijze volgens De Graaf et al. (1990) en Van der Steeg et al. (1989). In tabel 23 is de relatie tussen de overstromingsduur en de pnv met de meest relevante vervangingsgemeenschappen gepresenteerd. Voorts is in deze tabel een koppeling opgenomen van de pnv of vervangingsgemeenschap met de vegetatietypologie van Ochten-Opheusden.

Zoals in het voorgaande reeds is beschreven, is de overstromingsduur slechts één aspect van de rivierdynamiek. Ook de factoren morfodynamiek en waterkwaliteit spelen een belangrijke rol voor de vegetatie. Knaapen en Rademakers (1990) hebben getracht om de pnv te bepalen voor alle processen die uit de rivierdynamiek voortvloeien. Op figuur 31 is een ecologisch diagram weergegeven voor de potentiële natuurlijke oobosvegetaties en rivierdynamiek in het Nederlandse rivierengebied.

Bij het selecteren van kansrijke gebieden voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties in de uiterwaarden zijn wij niet alleen uitgegaan van de factor overstromingsduur, maar hebben we ook de factor morfodynamiek als toetsingscriterium gebruikt (bijl. 7; hoofdstuk 6).



*Foto 9 Afgetakelde meidoornhaag in de Gouverneursche Polder*



*Foto 10 "Sprung" direct achter de Marsdijk nabij "De Ambtse"*

## 5 DE ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING

Op basis van de verzamelde abiotische en biotische gegevens hebben wij in dit hoofdstuk een ecohydrologische systeembeschrijving van Ochten-Opheusden opgesteld. Daarin hebben we allereerst twee hoofdsystemen onderscheiden nl. het binnendijkse gebied en de uiterwaarden. De bandijken vormen de scheiding tussen beide hoofdsystemen. In paragraaf 5.1 en 5.2 beschrijven we deze ecohydrologische systemen, die zijn aangegeven op bijlage 23. Figuur 32 geeft een vereenvoudigde, driedimensionale dwarsdoorsnede.

### 5.1 De ecohydrologische systeembeschrijving van het binnendijkse gebied

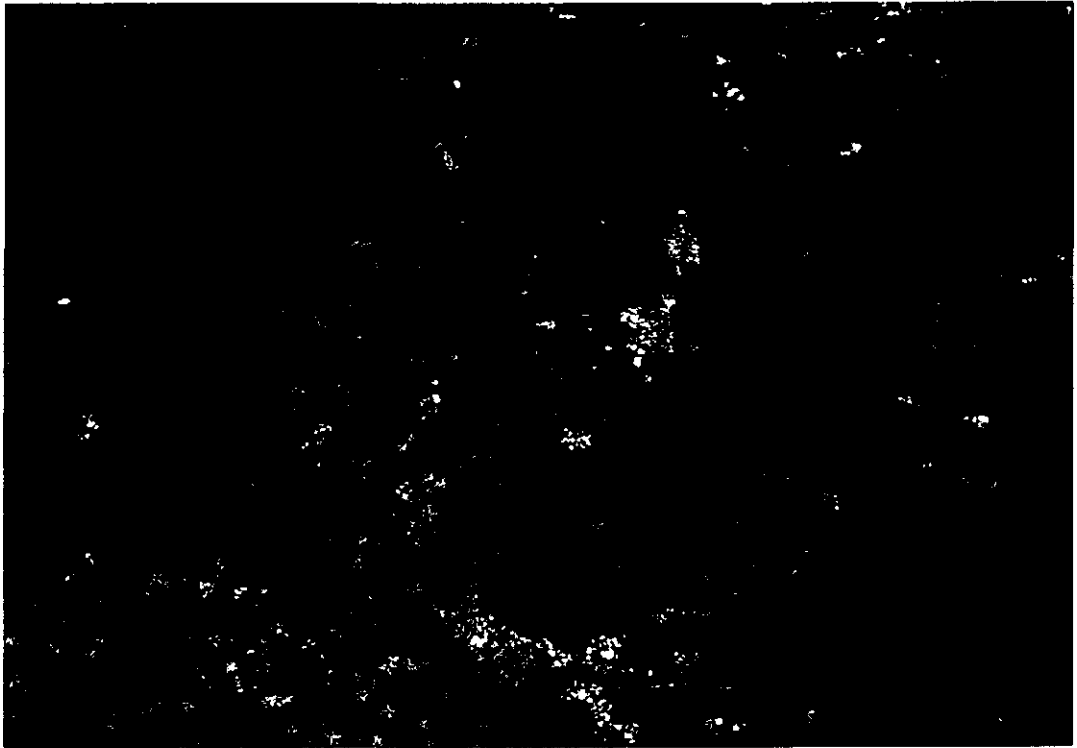
De ecohydrologische systeembeschrijving van het binnendijkse gebied berust op integratie van de abiotische en biotische aspecten. De integratie beperkt zich tot het centrale komgebied, waar waterkwaliteit en slootwatervegetaties duidelijk met elkaar verband houden. Voor de overige aspecten van het biotisch milieu is gebruik gemaakt van de beschrijving van de potentiële vegetatie in paragraaf 4.4. Gezien de inhoud van de vegetatiekartering en de sterke mate van menselijke beïnvloeding biedt het beeld van de actuele vegetatie in het binnendijkse gebied onvoldoende aanknopingspunten.

Tabel 17 toont de waterkwaliteit zoals geïndiceerd door de watervegetatie (par. 4.2.1) en getoetst aan de feitelijke analysegegevens van 31-1-1991 (tabel 5). Voor de ligging van de monsters verwijzen wij naar figuur 16. Uit bovenstaande tabel blijkt dat het beeld van de vegetatie redelijk overeenstemt met dat van de waterkwaliteit m.u.v. enkele uitschieters. Uit de analysegegevens blijkt dat op 24-6-1991 nauwelijks orthofosfaat in het oppervlaktewater aanwezig is. Ondanks het koude, natte voorjaar heeft de watervegetatie vrijwel alles opgenomen.

Aan de hand van de patronen op de geohydrologische kaart (bijl. 4) en de patroonkaart van de vegetatie hebben we het binnendijkse gebied onderverdeeld in 5 subsystemen (bijl. 23), nl. gebieden met:

- matige en zwakke wegzijging van de ondiepe systemen, subsysteem 1 (par. 5.1.1);
- zwakke wegzijging en zwakke kwel van de ondiepe en middeldiepe systemen, subsysteem 2 (par. 5.1.2);
- wisselende wegzijging en kwel van de ondiepe systemen, subsysteem 3 (par. 5.1.3);
- kwel van de middeldiepe systemen, subsysteem 4 (par. 5.1.4);
- kwel van het diepe systeem, subsysteem 5 (concentratiegebied voor kwelindicatoren, par. 5.1.5).

De bandijken vormen aparte systemen; deze hebben we uit praktische overwegingen ondergebracht bij subsysteem 1. De systemen van de bandijken worden beschreven in paragraaf 5.1.6.



*Foto 11 Bacteriefilm op kwelwater in de Oude Rijn*



*Foto 12 Spontane bosontwikkeling langs de Oude Rijn (Marspolder) met o.a. zwarte els en es*



### 5.1.1 Substelsysteem 1, gebieden met matige en zwakke wegzijging

Substelsysteem 1 wordt gevormd door gebieden met voornamelijk matige en zwakke wegzijging van de ondiepe stromingsystemen. Deze gebieden zijn de Marspolder met het lokale systeem van de Rijndijk (1a), en het gebied van de Heuning (1b) en het gebied ten westen van Dodewaard (1c), beide deel uitmakend van het lokale systeem van de Waaldijk. Substelsysteem 1 wordt gekarakteriseerd als een gebied met relatief hooggelegen, kalkrijke, goed doorlatende, lichte stroomruggen met ondiep voorkomende, gefundeerde zanden. De cultuurdruk is in alle gebieden hoog. Het bodemgebruik bestaat uit boomkwekerijen, boomgaarden, akkers en weilanden.

#### *1a De Marspolder*

De Marspolder wordt begrensd door de Marsdijk in het noorden en de Rijnbanddijk in het zuiden en vormt binnen het binnendijkse gebied een afzonderlijke waterstaatkundige eenheid. Vanwege de relatief hoge ligging van de gronden komen weinig sloten voor. Door de stuwning van de Rijn is de fluctuatie van het grondwater gedempt. De GLG's bevinden zich ondieper dan voor de stuwning van de Rijn. Dit effect neemt naar het westen van de polder af. Bij extreem hoge Rijnstanden kan dicht langs de Marsdijk, op plaatsen waar het zand ondiep voorkomt, "piping" optreden (zandmeevoerende wellen of "sprungen", foto 10). De goed doorlatende zanden van de stroomrug- en overslaggronden staan borg voor een snelle ondergrondse afvoer van het gestuwde Rijnwater. Het grondwater heeft een korte verblijftijd.

De restbeddingen van de Leigraaf en de Oude Rijn zijn lokale kwelgebieden. Vooral in de waterloop van de Oude Rijn treden allerlei visuele kwelverschijnselen op, zoals bacteriefilm (foto 11), neerslag van ijzer, roodkleuring van en opborreling in het water. Via een uitwateringssluuis in de Rijnbanddijk tussen Aalst en Lienden wordt het overtollige kwel- en regenwater naar de Beneden-Betuwe afgevoerd. Er wordt geen gebiedsvreemd water ingelaten.

Vanwege de stuwning van de Rijn komt het grond- en oppervlaktewater overeen met het Rijnwatertype. Het oppervlaktewater is in het algemeen voedselrijk tot zeer voedselrijk. In enkele min of meer geïsoleerde sloten komen matig voedselrijk water indicerende watervegetaties voor.

De cultuurdruk in de Marspolder is hoog. Alleen op perceelsranden en op wegbermen komen plaatselijk stroomdalsoorten voor. Het bodemgebruik bestaat uit boomkwekerijen (voornamelijk in het oostelijke deel), boomgaarden, akkers en weilanden. Langs de Oude Rijn in het westen van de polder bestaat de opgaande begroeiing uit peppels en wilgen.

De huidige variatie in het abiotische milieu in de vorm van hoge, droge, zandige stroomruggen enerzijds en natte restbeddingen anderzijds resulteren in een gedifferentieerd beeld van de pnv's. Voor de meest zandige stroomruggen is het Abelen-iepenbos hier het eindstadium van de successie. De bij deze reeks behorende vervangingsgemeenschap, de Associatie van sikkelklaver en zachte haver, bezit een rijk scala aan droogteminnende stroomdalsoorten. Ondanks de hoge cultuurdruk bieden de aanwezige soorten op de perceelranden een duidelijke indicatie van de mogelijkheden. In

dit verband kan de Marspolder zowel qua areaal als potentie tot het belangrijkste binnendijkse subsysteem worden gekwalificeerd.

De natte restbeddingen met Gt III bieden de mogelijkheid tot ontwikkeling van het Elzenrijke essen-iepenbos. Langs de Oude Rijn is op enkele plaatsen al een aanzet tot deze ontwikkeling waarneembaar (foto 12).

#### *Ib e Ic De Heuning en Dodewaard*

Beide gebieden bestaan uit stroomgordel- en oeverafzettingen. Binnen de stroomgordels komt het zand ondiep voor. Het grondwater in de goeddoorlatende zandondergrond reageert direct op de fluctuaties van de Waal. Bij extreem hoge Waalstanden kan plaatselijk kwel optreden. Hoewel in het groeiseizoen in het binnendijkse gebied gebiedsvreemd water wordt ingelaten, sorteert dit bij de stroomgordels weinig effect. De slootbodems rusten op een zandondergrond, waardoor bij lage grondwaterstanden het inlaatwater naar de ondergrond wordt afgevoerd. Het grondwater heeft er een korte verblijftijd en komt evenals het oppervlaktewater overeen met het Rijnwatertype.

Buiten de meandergordel treedt stagnatie op in de waterafvoer vanwege de slecht doorlatende, zware afzettingen in de ondergrond. Daar sorteert de inlaat van gebiedsvreemd water tijdens het groeiseizoen wel effect. In de zomer komt het oppervlaktewater overeen met het Rijnwatertype; in de winter treedt een lichte verschuiving op naar het Grondwatertype (geen waterinlaat). Het grondwater heeft er een langere verblijftijd en neigt meer naar het Grondwatertype.

Vooraf in de Heuning komen in de sloten watervegetaties voor die indicatief zijn voor zeer voedselrijk water. De cultuurdruk is in beide gebieden hoog. Bij Dodewaard vinden we vrijwel geen stroomdalsoorten, in De Heuning alleen langs de Cuneraweg. Het bodemgebruik bestaat in beide gebieden uit boomkwekerijen, boomgaarden en weilanden.

Ondanks het vrijwel ontbreken van stroomdalsoorten bezitten beide gebieden in dit verband wel degelijk potentiële kwaliteiten. Belangrijke delen van deze stroomruggen behoren tot de vegetatiereeks van het Abelen-iepenbos in tamelijk kleinschalige afwisseling met Essen-iepenbossen en Fluitekruidrijke essenbossen op de zwaardere dan wel kalkarme gronden. Ondanks de periodieke kwel is onder de huidige omstandigheden de ontwikkeling van vochtminnende vegetaties op graslanden, wegbermen en perceelsranden niet mogelijk, met uitzondering van een oppervlakkig, afgegraven terrein tussen de Kalkestraat en de Waalbandijk in Dodewaard.

#### 5.1.2 Substelsysteem 2, gebieden met zwakke wegzijging en zwakke kwel

Substelsysteem 2 beslaat de grootste oppervlakte van het binnendijkse gebied en wordt voornamelijk gevormd door gebieden met zwakke wegzijging en zwakke kwel van de ondiepe en middeldiepe stromingsystemen, waaronder resp. het Lingesysteem en het oeverwal-restbeddingsysteem, en het Waal- en Rijnsysteem. Substelsysteem 2 wordt gekarakteriseerd als een middelhoog en vrij vlak gebied, dat in hoofdzaak is opgebouwd

uit kalkloze tot kalkrijke stroomruggen, die al dan niet zijn gefundeerd. Er komen vrijwel geen stroomdalsoorten voor. We hebben drie subsystemen onderscheiden, nl. gebieden met:

2a gefundeerde stroomgordelafzettingen ten noorden van de Linge;

2b niet gefundeerde stroomgordelafzettingen ten noorden van de Linge;

2c stroomgordelafzettingen, afgedekt met komafzettingen, ten zuiden van de Linge.

De gebieden vormen de overgang van de hooggelegen stroomruggen naar het centrale komgebied. In alle gebieden wordt gedurende het groeiseizoen gebiedsvreemd water ingelaten. Het bodemgebruik bestaat uit boomkwekerijen, boomgaarden, akkers en weilanden.

#### *2a Gebieden met gefundeerde stroomgordelafzettingen ten noorden van de Linge*

Het betreft de zwak ontwikkelde stroomrug tussen Opheusden en Ochten en de erosierest van de stroomrug tussen Opheusden en Kesteren met overwegend Gt VIo. Het zand komt ondiep tot vrij ondiep voor. De gronden zijn goed tot vrij goed doorlatend.

De stuwing van de Rijn heeft consequenties voor de waterhuishouding van het binnendijkse gebied ten noorden van de Linge. Vooral in de periferie van de Bandijken is de GLG sinds de stuwing gestegen en is de fluctuatie van het grondwater gedempt. De beide gefundeerde stroomsystemen vervullen een belangrijke rol bij de afvoer van het gestuwde Rijnwater en van de neerslag. Het grondwater heeft er een betrekkelijk korte verblijftijd. Het grondwater en oppervlaktewater komen overeen met het Rijnwatertype.

De restbeddingen zijn opgevuld met bagger en klei, plaatselijk met zavel en zand. Ze fungeren als lokale kwelgebieden en voeren het overtollige kwel- en regenwater af.

Op enkele plaatsen o.a. ten noorden van de Nieuwe Dijk komt slootkwel voor. Het kwelwater komt daar overeen met het Grondwatertype en kan in verband worden gebracht met de kwelvensters van het Veluwesysteem (bijl. 3 en 4). Kwelindicatoren ontbreken hier echter.

De zwak ontwikkelde stroomruggen zijn uitsluitend in situaties met lichte textuur nog kansrijk voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties (pnv's: Abelen-iepenbos en, in mindere mate, Essen-iepenbos). Deze stroomruggen, die zich tot in de kern van het landinrichtingsgebied voortzetten, worden geflankeerd door oude restbeddingen. Onder natte omstandigheden (Gt III) kunnen zich daar Elzenrijke essen-iepenbossen en vochtige Glanshavervegetaties ontwikkelen. De drogere delen van de restbeddingen alsmede de oude bewoningsgronden en de kalkarme poldervaaggronden op de stroomruggen lenen zich (potentieel gezien) voor de ontwikkeling van Fluitekruidrijke essenbossen en soortenarme droge Glanshavervegetaties als vervangingsgemeenschap.

Ondanks de afwezigheid van kwelindicatoren lijkt een gedeelte van het Hooge Veld in potentie geschikt voor de ontwikkeling van watervegetaties, mits geen beïnvloeding door gebiedsvreemd water plaatsvindt.

*2b Gebieden met niet gefundeerde stroomgordelafzettingen ten noorden van de Linge*  
Het betreft de zeer zwak ontwikkelde stroomruggen, afgedekt met oeverafzettingen die min of meer brede slenken vormen tussen de wat hoger gelegen stroomruggen van subsysteem 2a. De stroomruggen zijn niet gefundeerd en bestaan uit sloefige afzettingen, die afhankelijk van de zwaarte vrij goed tot vrij slecht doorlatend zijn. De overgang van kom naar stroomrug verloopt zeer geleidelijk, waardoor rivierkom- en oeverwalachtige vlakten zijn ontstaan. De oevergronden ten westen van Opheusden liggen hoger in het landschap en hebben in het algemeen een vrij groot waterbergend vermogen. De diepere ondergrond wordt gevormd uit kalkloze, zware klei en plaatse-lijk uit verlandingsveen. Het zand komt relatief diep voor.

Het diepe grondwater heeft een lange verblijftijd en komt overeen met het Grondwatertype. Het ondiepe grondwater heeft een vrij lange verblijftijd. Het wordt enerzijds bevoled door de inlaat van gebiedsvreemd water in de zomer en anderzijds door de permanente stuwing van de Rijn. In het groeiseizoen zal het ondiepe grondwater meer met het Rijnwatertype overeenkomen, in de winter, dicht bij de Rijn, met Rijnwatertype en verder er vandaan met het Grondwatertype. Het oppervlaktewater komt in de zomer overeen met het Rijnwatertype vanwege de inlaat van gebiedsvreemd water, in de winter meer met het Grondwatertype.

In enkele kleine, relatief laaggelegen gebieden (voornamelijk restbeddingen) treedt lokale kwel op.

In enkele gebieden aan weerszijden van de Tielsestraat en in een gebied ten zuidwesten van Kesteren komt slootkwel voor, dat we in verband kunnen brengen met kwelvensters van het Veluwesysteem. Het kwelwater komt namelijk overeen met het Grondwatertype. Kwelindicatoren ontbreken hier echter.

De merendeels reliëfarme overgangsgebieden van de noordelijke stroomruggen naar de kommen bestaan zowel uit vrij droge, kalkrijke als kalkarme poldervaaggronden met als bijbehorende pnv's, de Essen-Iepenbossen en Fluitekruidrjke elzenbossen. In de omgeving van Opheusden komen binnen dit subsysteem lichte poldervaag- en ooivaaggronden voor, waarop de vegetatiereeks van het Abelen-iepenbos met als vervangingsgemeenschap de Associatie van sikkelklaver en zachte haver tot ontwikkeling kan komen.

Op plaatsen met mogelijke kwel van lithoclien grondwater kunnen bij afdoende isolatie, mesotrafente watervegetaties met kwelindicatoren tot ontwikkeling komen.

*2c Stroomgordelafzettingen, afgedekt met komafzettingen, ten zuiden van de Linge*  
De stroomgordel doorsnijdt het centrale komgebied tussen Opheusden en Dodewaard en bestaat uit een geïsoleerde zandkern (Afzettingen van Ressen), die is gefundeerd op het zand van de Formatie van Kreftenheye. Ten westen van de zandkern is de stroomgordel niet gefundeerd en bestaat uit sloefige sedimenten (Gendt 0). De stroomgordel is afgedekt met komafzettingen en langs de Waal met kom- en oeverafzettingen. De zanddiepte varieert van 120 tot 300 cm - mv. in de kern van stroomgordel, en dieper dan 300 cm - mv. daarbuiten.

Het diepe grondwater komt overeen met het Grondwatertype en maakt deel uit van de middeldiepe (Rijn- en Waalsysteem) en diepe systemen (Veluwesysteem). Het ondiepe grondwater wordt licht beïnvloed en het oppervlaktewater sterk door de inlaat van gebiedsvreemd water tijdens het groeiseizoen. In het gebied, waar het zand relatief ondiep voorkomt, treedt plaatselijk kwel (kwelvensters) in de sloten op, ook gedurende lage Waalstanden. Op de meeste plaatsen ontbreken kwelindicatoren vrijwel, behalve in een geïsoleerd gebiedje ten noordoosten van de zandwinput.

De pnv van dit subsysteem omvat in hoofdzaak Fluitekruidrijke essenbossen. Hierbinnen zijn de mogelijkheden voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties gering. Slechts ter plaatse van de kwelvensters (bijl. 24) zijn, bij afdoende isolatie, mogelijkheden aanwezig voor de ontwikkeling van soortenrijke, mesotrafente watervegetaties.

### 5.1.3 Substelsiem 3, gebieden met wisselende wegzijging en kwel

De gebieden met wisselende wegzijging en kwel bevinden zich langs de Waal. Het betreft stroomgordel-, oever- en dijkdoorbraakafzettingen. De stroomgordelafzettingen vinden we bij boerderij De Snor. Het zand komt daar ondiep voor; de invloed van de Waal is hier zeer sterk. Bij hoge Waalstanden kan "piping" (zandmeevoerende wellen) optreden. De fluctuatie van het grondwater is er het grootst. De oeverafzettingen en de dijkdoorbraakafzettingen (Eldik) rusten meestal op een ondergrond van zware klei op verlandingsveen. De zanddiepte varieert van 300 tot meer dan 500 cm - mv. De dijkdoorbraakafzettingen bestaan uit meestal goed doorlatende grove zanden en gronden, plaatselijk vermengd met klei. Als gevolg van de slecht doorlatende ondergrond treedt zelden plasvorming door kwel op. Het grondwater heeft er een relatief lange verblijftijd. Het diepe grondwater staat in verbinding met de Waal. Bij hoge Waalstanden wordt het bovenliggende systeem als het ware naar boven gedrukt. Het ondiepe grondwater is zowel in de zomer als in de winter sterk verwant aan het Rijnwatertype. Door de inlaat van gebiedsvreemd water in de zomer en bij hoge Waalstanden wordt het oppervlaktewater sterk beïnvloed. Het zand komt meestal dieper dan 400 cm - mv. voor.

In de kolken komen voedselrijk water indicerende watervegetaties voor; in enkele sloten zelfs zeer voedselrijk water indicerende watervegetaties. Samen met subsysteem 1c vormt deze ecohydrologische gebiedseenheid bij uitstek een geschikt milieu voor de ontwikkeling van Abelen-iepenbossen en Sikkelklavervegetaties. Vooral de zandige, droge overslaggronden (Gt VI) zijn in dit verband bijzonder kansrijk.

De hier aanwezige oude bewoningsgronden bezitten als pnv voedselrijke subassociaties van het Essen-iepenbos en zijn als zodanig minder geschikt voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties. Gezien het Rijnwaterachtige karakter van het ondiepe grondwater mogen we in dit gebied geen goed ontwikkelde mesotrafente watervegetaties verwachten.

#### 5.1.4 Subststeeem 4, gebieden met kwel van de middeldiepe systemen

Gebieden met kwel uit de middeldiepe systemen komen voor in het centrale komgebied. Het gebied is grotendeels opgebouwd uit komklei, al dan niet met een ondergrond van verlandingsveen. Het materiaal is in het algemeen slecht doorlatend. Via lekken in het veenpakket treedt slootkwel op. De zanddiepte varieert in hoofdzaak tussen de 300 en 400 cm - mv. (Formatie van Kreftenheye). Dit watervoerende pakket staat in verbinding met de Waal. Gedurende hoge Waalstanden treedt zijwaartse en opwaartse druk plaats, wat slootkwel tot gevolg heeft.

Zowel het diepe als het ondiepe grondwater heeft een relatief lange verblijftijd en is sterk verwant aan het grondwatertype. Door de inlaat van gebiedsvreemd water in de zomer is het oppervlaktewater grotendeels van het Rijnwatertype. De watervegetaties in de sloten indiceren in het algemeen voedselrijk tot zeer voedselrijk water. Op een aantal lokale (kwel)plekken komen matig voedselrijk indicerende watervegetaties voor, vaak in combinatie met één of meer kwelindicatoren. In de winter wordt geen gebiedsvreemd water ingelaten en voeren de sloten kwelwater naar de Linge. Het oppervlaktewater is dan sterk verwant aan het Grondwatertype.

Dit deel van het centrale komgebied met subststeeem 4 is vrijwel zonder uitzondering het potentiële domein van de Elzenrijke essenbossen, waarbij op zeer natte plaatsen (Gt II) zelfs varianten met Elzenbroekbos tot ontwikkeling kunnen komen. De vervangingsgemeenschap van deze natte bossen is, in vegetatiekundig opzicht, de interessante Waterkruiskruid-trosdravikassociatie.

Het isoleren van dit gebied tegen toestroming van gebiedsvreemd rivierwater biedt voor vrijwel het gehele subststeeem kansen voor de (verdere) ontwikkeling van kwelgebonden watervegetaties.

#### 5.1.5 Subststeeem 5, gebieden met kwelvensters van het diepe systeem

Subststeeem 5 wordt gevormd door het laagste deel van het centrale komgebied, waar kwelvensters van het Veluwesysteem voorkomen. Het gebied is opgebouwd uit kalkloze, zware klei rustend op verlandingsveen, met Gt II, IIIa en IIIb. De zanddiepte begint beneden 300 cm - mv. (Formatie van Kreftenheye). Het grondwater heeft een zeer lange verblijftijd en is sterk verwant aan het Grondwatertype. Bij hoge rivierstanden vindt zijwaartse en opwaartse druk plaats, waardoor de kwelstroom toeneemt (foto 1).

Ondanks de inlaat van gebiedsvreemd water (Rijnwatertype) in de zomer, treedt kwel uit het kwelvenster (Grondwatertype) op. Dit matig voedselarme water, dat via lekken in het verlandingsveen naar boven borrelt (wellen), vormt een goede groeiplaats voor kwelindicatoren.

Dit meest karakteristieke deel van het komgebied biedt goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van Elzenrijke essen-iepenbossen en op de natste plekken waarschijnlijk

ook voor Elzenbroekbossen en graslandvegetaties behorende tot de Associatie van waterkruiskruid en trosdravik. Gezien de aanwezigheid van kwelvensters is dit gebied bij uitstek geschikt voor de ontwikkeling van mesotrafente, kwelindicerende watervegetaties. In de geïsoleerde sloten is de huidige watervegetatie reeds een goede afspiegeling van de mogelijkheden in dit gebied.

#### 5.1.6 De bandijken

De bandijken beschermen het binnendijkse gebied tegen rivieroverstromingen. De cultuurdruk op de dijken is vrij hoog, waardoor stroomdalvegetaties vrijwel ontbreken. Een uitzondering hierop vormt de Oude Rijndijk, een slaperdijk. Vooral langs het westelijke deel van deze dijk komen veel stroomdalsoorten voor (foto 13). De Waalbandijk is grotendeels in het kader van de deltawerken verzwaaard en op deltahoogte gebracht. Dergelijke werkzaamheden zullen nog plaatsvinden aan de Marsdijk en De Rijnbandijk van De Spees naar Opheusden. De dijkverzwaring gaat veelal ten koste van de oorspronkelijk aanwezige stroomdalvegetaties. In potentiële zin blijven de dijken wel van grote betekenis, vooral de op het zuiden gelegen taluds met een lichte, kalkrijke bovengrond.

#### 5.2 De ecohydrologische systeembeschrijving van de uiterwaarden

De ecohydrologische systeembeschrijving van de uiterwaarden berust op integratie van de abiotische en biotische aspecten. Om de integratie van de resultaten van de vegetatiekartering en de abiotische inventarisaties te vereenvoudigen, hebben we de volgende stappen ondernomen:

- a het digitaliseren van de vegetatiekaarten van de uiterwaarden, opgesplitst in vlakvormige en lijnvormige elementen;
- b het samenvoegen van vegetatietypen naar identieke milieu-indicatie.

Hiertoe is de vegetatietypologie nader geanalyseerd op de mogelijkheden voor milieu-indicatie. Naast onze terreinkennis hebben we hierbij voorts bestaande informatie gebruikt over de relatie tussen vegetatie en waterhuishouding (Ellenberg 1976 en De Graaf et al. 1990). Uiteindelijk zijn vier hoofdgroepen met min of meer identieke indicatie voor waterhuishouding en cultuurdruk onderscheiden en op kaart weergegeven (bijl. 22):

- 1 vegetatietypen kenmerkend voor permanent vochtige tot natte milieus;
- 2 vegetatietypen kenmerkend voor afwisselend natte en droge milieus;
- 3 vegetatietypen kenmerkend voor overwegend droge milieus;
- 4 vegetatietypen kenmerkend voor zeer hoge cultuurdruk.

Verder zijn de twee volgende hoofdgroepen onderscheiden:

- 5 wateren;
- 6 vergraven terreinen, erven, fabrieksterreinen enz.

Voor de onderscheiden vegetatietypen van de vlakvormige elementen is de volgende indeling van toepassing:

Hoofdgroep	Vegetatietypen
1	alle M, m.u.v. rivierstrandjes; G1, G2, St1, St2, B4, B5
2	G5, G6, G7, G8, St3, Sg3, B3 en rivierstrandjes
3	G10, G11, G12, G13, R3, R4
4	G9, A
5	alle W
6	in uitvoering, afgegraven, E, NK

De uiterwaarden van de Nederrijn en de Waal vormen niet één ecohydrologisch systeem, maar bestaan op grond van verschillen in rivierdynamiek uit verschillende subsystemen. De dynamiek van de Nederrijn is te karakteriseren als relatief rustig. Dit hangt samen met het aandeel in de totale Rijnafvoer: ca. 2/9 deel. Ter vergelijking: de Waal voert 6/9 deel af en de IJssel 1/9 (De Bruin 1982). Ondanks dit relatief geringe aandeel in de totale Rijnafvoer inunderen vrijwel jaarlijks de uiterwaarden tijdens de afvoer van hoogwatergolven. De grondwaterfluctuatie in de Rijnuitwaarden is door de stuwings bij Amerongen gedempt; de GLG's bevinden zich hierdoor veelal ondieper dan in de Waal-uitwaarden.

We hebben de volgende vier subsystemen onderscheiden:

- de onbekade uiterwaarden van de Nederrijn, subsysteem 6 (par. 5.2.1);
- de bekende uiterwaarden van de Nederrijn, subsysteem 7 (par. 5.2.2);
- de onbekade uiterwaarden van de Waal, subsysteem 8 (par. 5.2.3);
- de bekende uiterwaarden van de Waal, subsysteem 9 (par. 5.2.4).

De subsystemen beschrijven wij in de volgende paragrafen, zowel afzonderlijk als in hun relatie met andere systemen. Bijlage 23 geeft de ligging van de onderscheiden subsystemen aan.

### 5.2.1 Substysteem 6, de onbekade uiterwaarden van de Nederrijn

De rivierdynamiek in de onbekade uiterwaarden van de Nederrijn is vanwege de stuwings van de Rijn gering. De ongereguleerde poldertjes bij Den Ambtse, en tussen De Spees en het Opheusdensed Veer hebben wij tot de onbekade uiterwaarden gerekend. Ze zijn voor een groot deel afgegraven. Tijdens hoogwatergolven treedt in de afgraven terreinen kwel op. Gezien de doorlatendheid van de ondergrond en de geringe dikte van het kleidek kan deze kwel aanzienlijk zijn. Deze lokale, tijdelijke kwel is niet van betekenis voor de vegetatieontwikkeling.

Alleen in de laagste terreinen treedt permanent lokale kwel op. Vanwege de korte verblijftijd komt het kwelwater overeen met het Rijnwatertype. Daarom treffen we in deze gebieden geen kwelindicatoren en matig voedselrijk indicerende watervegetaties aan.

Als gevolg van het geringe aandeel in de totale afvoer van de Rijn is de aanvoer van



sediment en dus de sedimentatie gering. Doordat lage rivierwaterstanden nagenoeg niet voorkomen en de Rijn oevers merendeels door stortsteen zijn vastgelegd, komen er geen rivierstrandjes bloot te liggen en vindt er geen rivierduinvorming plaats. Duidelijke vormen van erosie hebben wij niet waargenomen. De morfodynamiek is wat betreft sedimentatie en erosie door het water gering, en wat betreft sedimentatie en erosie door de wind nihil. Een uitzondering hierop vormt de verlanding van de zandwininput nabij Opheusden; hier is de fluviatiele sedimentatie sterk.

Stroomdalvegetaties komen voor bij het Opheusdens Veer op de hoge kunstmatig aangelegde pol met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 2 dagen per jaar. Bij de overige hoge gronden met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 14 dagen is de cultuurdruk te hoog. Hier beperkt de verspreiding van stroomdalsoorten zich tot bermen, kaden en perceelsranden. Ongeveer de helft van dit subsysteem is kansrijk voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties en typische hardhoutoobossen. Vooral (het restant van) de meest oostelijke rivierbegeleidende oeverwal is in dit verband van grote betekenis. Moerasvegetaties vinden we langs strangen met een ondiepe GLG. Soorten van vochtige graslanden treffen we aan op de natte oevers langs de grote zandput tegenover het dorp Opheusden. Het gehele complex van kleiputten is zowel in actueel als potentieel opzicht van belang voor diverse typen moerasvegetaties.

Het meest westelijke deel van deze uiterwaard bestaat uit oppervlakkig afgetichelde, permanent natte graslanden en heeft mogelijkheden voor de ontwikkeling van Dotterverbond-achtige vormen van de Associatie van geknikte vossestaart. De watervegetaties zijn indicatief voor zeer voedselrijk water.

### 5.2.2 Substelsysteem 7, de bekade uiterwaarden van de Nederrijn

Evenals in de onbekade uiterwaarden is in de bekade uiterwaarden van de Nederrijn (Wolfs- en Manuswaard, en in de polder Opheusden) de rivierdynamiek gering. Inundaties in het groeiseizoen zijn zeldzaam: resp. eenmaal per 18 en eenmaal per 30 jaar (tabel 13). Het gebruik van diverse percelen als maïsland is hiervoor indicatief. In de winterperiode inunderen de polders vrijwel jaarlijks.

Grote delen van de polders zijn afgegraven. In deze gebieden komen ook 's zomers ondiepe grondwaterstanden voor. Tijdens het optreden van hoogwaters treedt kwel op in de afgegraven gebieden. Gezien de doorlatendheid van de ondergrond en de geringe dikte van het kleidek kan deze kwel aanzienlijk zijn. Deze lokale, tijdelijke kwel is niet van betekenis voor de vegetatieontwikkeling. Alleen in de laagste terreinen treedt permanent lokale kwel op. Vanwege de korte verblijftijd komt het kwelwater overeen met het Rijnwatertype. Daarom treffen we in deze gebieden geen kwelindicatoren en matig voedselrijk water indicerende watervegetaties aan. De morfodynamiek is gering, met uitzondering van de verlandende moerassen in de beide polders.

Stroomdalvegetaties komen plaatselijk voor op de dwars- en zomerkaden, en op perceelranden van enkele hooggelegen, niet afgegraven terreinen (stroomruggronden) in



*Foto 15 Hoogwater in de Gouverneursche Polder met doorggebleven plek.*



*Foto 16 Watergentiaanvegetatie in de Kostverloren Strang. Dergelijke vegetaties zijn als gevolg van enkele zomerhoogwaters nog slechts op enkele plaatsen in de Waal-uiterwaarden te vinden.*

nog de (her-)vestiging van stroomdalsoorten. Moeras- en watervegetaties treffen we voornamelijk aan langs de randen van en in zandwinputten. De in de zomer droogvallende, slikkige oeverzones van de rivier en van de kleiputten vormen bij uitstek het domein van de vochtminnende vertegenwoordiging van de stroomdalflora zoals liggende ganzerik, klein vlooienkruid (foto 3) en zwarte populier. De watervegetaties zijn indicatief voor zeer voedselrijk water (Rijnwatertype).

#### 5.2.4 Substelsiem 9, de bekade uiterwaarden van de Waal

In de Gouverneursche Polder en de Hiensche Uiterwaarden is de rivierdynamiek overwegend gering. Jaarlijks overstromen de polders in de winterperiode (foto 15). Tijdens het groeiseizoen overstromen de polders gemiddeld eenmaal per 4,5 resp. 4,3 jaar. Geringe overstromingsduren komen voor in de niet-afgegraven terreingedeelten. Grote overstromingsduren komen voor langs de Hiensche Strang en langs de Kostverloren Strang in de Gouverneursche Polder. Het grootste deel van de polders betreft afgegraven terreinen met een gemiddelde overstromingsduur van minimaal 14 tot maximaal 80 dagen per jaar.

Tijdens hoogwaters treedt kwel op in de afgegraven gebieden. Gezien de doorlatendheid van de ondergrond en de geringe dikte van het kleidek kan deze kwel aanzienlijk zijn. Deze lokale, tijdelijke kwel is niet van betekenis voor de vegetatieontwikkeling.

Door de lage waterstanden jaarlijks in de zomer en het najaar op de Waal bevindt de GLG zich vrijwel overal dieper dan 180 cm - mv.

De morfodynamiek is overwegend gering. Alleen in restbeddingen, ingesloten laagten en verlandende moerassen treedt sterke fluviaatiele sedimentatie op. Onder het huidige beheer verlanden de Hiensche en de Kostverloren Strang.

Zwak ontwikkelde stroomdalvegetaties vinden we in de Gouverneursche Polder op enkele hooggelegen, niet afgegraven terreinen met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 14 dagen per jaar. Op één perceel in deze polder en op één in de Hiensche Uiterwaarden (nabij de kerncentrale) treffen we restanten van stroomdalvegetaties aan op locaties die een langere gemiddelde overstromingsduur per jaar hebben, de ondergrens voor stroomdalvegetaties voor onbekade uiterwaarden (De Graaf et al. 1990). Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat de polders voornamelijk in de winter overstromen, en slechts eenmaal per 4,5 jaar in het groeiseizoen. Kennelijk is de frequentie dermate laag, dat hier toch vestigingsmogelijkheden voor stroomdalvegetaties aanwezig zijn. Bij de overige hooggelegen gebieden is de cultuurdruk te hoog en/of de bovengrond te zwaar. De hoogste oeverwallen in de Gouverneursche Polder zijn ten dele in gebruik als maïsland.

Gezien de sterke fluctuatie van de (grond)waterstand komen nauwelijks vegetaties voor die kenmerkend zijn voor permanent natte graslanden.

Moeras- en watervegetaties vinden we voornamelijk langs de Hiensche Strang en de

Kostverloren Strang en in een kleiput ten zuiden van Eldik. In de beide strangen indiceren de watervegetaties voedselrijk water en in de kleiput zeer voedselrijk water. In de Kostverloren Strang treffen we nog watergentiaanvegetaties (foto 16) aan. Deze soort is als gevolg van frequente zomerhoogwaters vrijwel uit de Waal-uiterwaarden verdwenen.

De flauwe, zandige oevers van de Hiensche Strang, die voor de dijkverzwaring zijn vergraven, bieden een uitstekend kiemingsmilieu voor de zwarte populier en schietwilg. Hier ontwikkelt zich de vegetatie merendeels in de richting van een zachthout-ooibos (foto 5).

## 6 MOGELIJKHEDEN VOOR NATUURONTWIKKELING

De belangrijkste resultaten van de vegetatiekartering zijn weergegeven op diverse thematische kaarten, schaal 1 : 25 000. Hieruit kunnen de in actueel opzicht belangrijke verspreidingspatronen van soorten en typen worden afgeleid. Voor het binnendijks gebied geven de patroonkaarten van kwelindicatoren en geïndiceerde voedselrijkdom van het water een goed beeld van de nu voor het natuurbehoud belangrijke gebieden (kwelgebieden). Voor de uiterwaarden bieden de biotische patroonkaarten slechts een flauwe afspiegeling van de potentiële kwaliteiten en mogelijkheden. In de vorige hoofdstukken is uiteengezet hoe met name de intensivering van het agrarisch gebruik debet is geweest aan het teruglopen van de natuurwaarden in de uiterwaarden, vooral wat betreft het areaal aan stroomdalvegetaties.

Dankzij de integratie met de diverse abiotische patroonbeschrijvingen, gecombineerd met literatuurstudie en veldervaring, hebben we ons een goed beeld kunnen vormen over de relatie tussen vegetatie en abiotische milieuomstandigheden. Deze ecohydrologische systeembeschrijving is hiervan het eindprodukt. Gewapend met deze kennis is het vervolgens goed mogelijk om voor de belangrijkste, meest kenmerkende vegetatie de kansrijke gebieden voor herstel en ontwikkeling te definiëren en te lokaliseren. Bij het aangeven van de ontwikkelingsmogelijkheden richten we ons vooral op vegetaties die in algemene zin van belang zijn voor het natuurbehoud en met een duidelijk accent op de gebondenheid van deze vegetaties met het rivierengebied.

Uitgangspunt bij de verdere werkwijze is de huidige inrichtingsvorm van het gebied, met andere woorden: aspecten als binnendijkse waterhuishouding (peilbeheersing) en de aanwezigheid van sluizen en zomerkaden in de uiterwaarden worden als vaste uitgangssituatie verondersteld. Wel is het met de huidige kennis van de werkzame processen mogelijk om de effecten van ingrijpende inrichtingsmaatregelen op de natuurontwikkeling te kunnen inschatten. Gedacht wordt in dit verband aan het afgraven van zomerkaden en vergravingen (maaiveldverhoging en -verlaging) in de uiterwaarden en peilveranderingen binnendijks.

Binnen het landelijke en provinciale beleid voor natuurontwikkeling neemt het rivierengebied een belangrijke plaats in. Voortvloeiend uit het Natuurbeleidsplan en de daarin gepropageerde Ecologische Hoofd Structuur zijn de uiterwaarden als kern- resp. ontwikkelingsgebied aangegeven. Daarin staat het scheppen van ruimte voor natuurlijke processen centraal. Voor de vegetatie in de uiterwaarden is de rivierdynamiek hierbij de allesoverheersende factor, wat tot uiting komt in de vorm van overstromingsduur, -frequentie en tijdstip (hydrodynamiek), en erosie- en sedimentatieprocessen (morfodynamiek). Wat de overstromingsduur betreft liggen de voor natuurontwikkeling meest interessante zones vooral in de hydrologische uitersten.

Aan het binnendijkse gebied is binnen de Ecologische Hoofd Structuur geen expliciete functie toegekend. Toch kunnen ook hier maatregelen getroffen worden, die gericht zijn op verdere ontwikkeling van de natuurwaarden, bijv. in de vorm van weidevogelgebieden of water-, moeras- en natte graslandenvegetatie binnen het kwelgebied.

Voor Ochten-Opheusden hebben we ons voor het aangeven van kansrijke gebieden gericht op de volgende vegetaties:

- 1 stroomdalvegetaties, Essen-iepenbos, Abelen-iepenbos en typisch hardhoutooibos;
- 2 natte graslandvegetaties en natte Elzenrijke essen-iepenbossen;
- 3 moeras- en pioniervegetaties met vochtminnende stroomdalsoorten;
- 4 kwelindicatoren en mesotrafente tot licht eutrafente water- en helofytenvegetaties.

Het selecteren van de kansrijke gebieden voor deze vier deelgroepen heeft in hoofdlijnen plaatsgevonden op grond van de volgende criteria:

ad 1 **Binnendijks gebied:** gebieden met het Abelen-iepenbos als pnv (tabel 21) en gebieden met het Essen-iepenbos als pnv, voor zover deze voorkomen op lichte gronden (17-25% lutum).

**Uiterwaarden:** voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties en typisch hardhoutooibossen is onderscheid gemaakt in kansrijke en matig kansrijke gebieden.

De kansrijke gebieden onderscheiden zich in hoofdlijnen door:

- een gemiddelde jaarlijkse overstromingsduur van < 14 dagen;
- een lichte bovengrond (< 20% lutum);
- een matig sterke tot sterke morfodynamiek (sterke sedimentatie door water en/of wind).

Vooraf direct langs de Waal zijn deze processen het sterkst. Daar is de vorming van oeverwallen en rivierduinen in volle gang en kunnen zich binnen afzienbare tijd stroomdalsoorten vestigen. De dynamiek in de Rijn-uiterswaarden is veel minder sterk, slechts langs de oeverzone is sprake van een matig sterke morfodynamiek. Er vormen zich geen rivierduinen, terwijl de sedimentatie op de oeverwallen veel minder sterk is dan langs de Waaloever. De matig kansrijke gebieden bestaan in de regel uit onvergraven ooivaag- en poldervaaggronden met een eveneens lichte bovengrond, maar die frequenter en langduriger worden overstromd, nl. 14-35 dagen jaarlijkse overstroming. Dit komt neer op een overstromingsfrequentie in het groeizeizoen van eenmaal per drie à vijf jaar. Voor de ontwikkeling van glanshavervegetaties met veel stroomdalsoorten zijn deze omstandigheden al niet meer optimaal.

ad 2 Permanent vochtige tot natte binnen- en buitendijkse gronden met Gt I en IIa;

ad 3 Gebieden in de uiterwaarden met een bovengrens van 80 tot 130 dagen jaarlijkse overstroming (scherpe zegge- en slijkgroenvegetaties);

ad 4 Het hydrologisch bepaalde binnendijkse kwelgebied in relatie tot het verspreidingspatroon van de kwelindicatoren. Bij het vaststellen van kansrijke gebieden voor de ontwikkeling van watervegetaties is uitgegaan van de situatie, waarin niet langer sprake is van inlaat van gebiedsvreemd water.

De kansrijke gebieden voor de vier deelgroepen zijn weergegeven op bijlage 24. Om de vegetatieontwikkeling in de gesignaleerde kansrijke gebieden in gang te zetten, is een afname van de menselijke beïnvloeding van primair belang. Zowel voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties, natte graslandvegetaties als (spontane) bossen is een geleidelijke afname van de cultuurdruk het meest geëigende middel om het doel te bereiken. In zeer voedselrijke, sterk antropogeen beïnvloede situaties kan hierbij tevens gedacht worden aan het verwijderen van de bovenste bemeste bodemlaag. Het maaiveld kan ook worden verlaagd voor de ontwikkeling van natte, eventueel door

kwel beïnvloede graslanden in het centrale komgebied.

Zoals in het voorgaande reeds is opgemerkt, zal voor de ontwikkeling van stroomdalvegetaties en oobossen in de uiterwaarden, de aantasting van de rivieroeveren moeten worden beëindigd. De eenmalige of regelmatig terugkerende maatregelen om de rivieroeveren met stortsteen vast te leggen en jonge oeverwallen en rivierduinen af te graven en te egaliseren, betekenen een ernstige verstoring van de karakteristieke, morfodynamische processen voor dit milieu (foto 17). Deze werkzaamheden verhinderen de ontwikkeling zowel van vochtminnende pioniervegetaties op de strandjes als van de droogteminnende stroomdalvegetaties op de oeverwallen en duintjes. Voor de Rijn oevers is er in dit verband weinig meer te behalen. Het merendeel van de Waal oevers is echter nog niet op definitieve wijze beïnvloed, zodat dit dynamische milieu nog steeds als zeer kansrijk kan worden betiteld.

Het behoud en de verdere ontwikkeling van de kwelindicerende watervegetaties in het centrale komgebied zijn in eerste instantie gebaat bij een afdoende isolatie ten opzichte van het gebiedsvreemde water. Concreet betekent dit een afkoppeling van de aanvoerwateringen ter hoogte van de Bonegraafse Weg (o.a. de Buitengraaf). Voorts kan door een aangepast peilbeheer het kwelwater beter benut worden (minder snelle afvoer van het kwelwater).

Tenslotte is de vegetatieontwikkeling in de watergangen gebaat bij extensieve, natuurtechnisch verantwoorde onderhoudsvormen.



*Foto 17 Het vastleggen van de Waal oevers met stortsteen betekent het einde van het dynamische oevermilieu*

## 7 EVALUATIE

Door gebrek aan voldoende gegevens was het in fase 1 (Ten Cate et al. 1990) niet mogelijk om een ecohydrologische systeembeschrijving op te stellen. Op grond van aanbevelingen (Ten Cate et al. 1990) heeft de Landinrichtingsdienst te Utrecht aan het DLO-Staring Centrum (hoofdaannemer) en Heidemij Adviesbureau BV (onderaannemer) opdracht verleend nader onderzoek te verrichten om een ecohydrologische systeembeschrijving op te stellen. Het was de eerste keer dat een gecombineerd abiotisch en biotisch onderzoek door deze instellingen is uitgevoerd. Tijdens en na het veldwerk werden nieuwe ideeën ontwikkeld om de systeembeschrijving meer inhoud te geven, wat leidde tot de vervaardiging van de volgende aanvullende kaarten: een bodem- en overstromingsdurenkaart van de uiterwaarden, een geologische kaart, een kaart met het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen, een kaart met de morfodynamiek, een indicatieve kaart van vlakvormige vegetaties in de uiterwaarden en een kaart met kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling. Het gevolg van dit aanvullende onderzoek was dat de geplande afleveringstermijn werd overschreden. Daartegenover staat dat we in dit project veel ervaring hebben opgedaan, die we bij toekomstige landinrichtingsprojecten kunnen gebruiken.

Hieronder volgen nogmaals de aanbevelingen zoals die voor fase 2 zijn geformuleerd en geven we per deelonderzoek een korte toelichting.

Aanbevelingen voor nader onderzoek van het abiotisch milieu in fase 2:

- een gedetailleerde (geo)morfologische kaart, schaal 1 : 10 000, van de uiterwaarden te maken i.v.m. de daar voorkomende stroomdal- en moerasvegetaties; daarbij zou een gedetailleerde hoogtecijfer- en hoogtelijnenkaart van de uiterwaarden zo'n opname zeer vergemakkelijken;
- een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000, met een beschrijvende legenda te maken, waarin een landschappelijke hoofdindeling de voorkeur verdient (boringsdiepte 1,50 m - mv.); de kaarten zijn o.a. van belang voor de eerste schatting en voor de verdere planvorming en evaluatie;
- aanvullende diepere boringen tot 2,50 m - mv. in het centrale komgebied te verrichten; de verspreiding van kwelindicatoren is daar groot; mogelijk houdt dit verband met het plaatselijk ondiep voorkomen van zand.
- grondwaterstandsbuizen te plaatsen zowel in de uiterwaarden als in het binnendijkse gebied om grondwaterstandsgegevens (tijdreeksen) te verzamelen;
- watermonsters te nemen zowel uit sloten (oppervlaktewater) als uit grondwaterstandsbuizen (grondwater) voor een betere onderbouwing en detaillering van met name de lokale stromingssystemen in Ochten-Opheusden. De metingen zijn nodig om de systeemcomponenten als waterkwaliteit (elektrisch geleidingsvermogen en chemische analyses) en doorlatendheidsgegevens (Kh en Kv) te bepalen;
- een geohydrologische kaart, schaal 1 : 25 000, te maken met daarop de kwel- en infiltratiegebieden;
- een integratiekaart, schaal 1 : 25 000, te maken waarbij het verband tussen bodemgesteldheid en vegetatie centraal staat.



Aanbevelingen voor nader onderzoek van het biotisch milieu in fase 2:

- een integrale, gebiedsdekkende vegetatiekartering van de uiterwaarden uit te voeren volgens de typologie van het "Land van Maas en Waal";
- een gebiedsdekkende kartering van stroomdalsoorten, kwelindicatoren en enkele nader te selecteren moeras- en graslandplanten;
- een oppervlakedekkende kartering uit te voeren in het binnendijkse gebied van:
  - watervegetaties volgens de typologie van het "Land van Maas en Waal";
  - visuele kwelverschijnselen als roodkleuring van het water, ijzeruitvloeking, opborreling en bacterie-vlies;
  - kwelindicatoren in en langs wateren;
  - oevers van zandwinplassen;
  - interessante slootkantvegetaties (enkele slootkanttypes uit het "Land van Maas en Waal").

Per deelonderzoek geven we een korte toelichting.

#### *Geologische kaart en zanddieptekaart*

In tegenstelling tot de zanddieptekaart is voor het vervaardigen van de geologische kaart geen opdracht versterkt. Gaandeweg het onderzoek bleek echter, dat de bestaande geologische kaart, schaal 1 : 50 000 (Verbraeck 1984), op onderdelen kon worden aangevuld, zoals de uitbreiding van stroomgordels en bijbehorende restbeddingen. Vooral de niet gefundeerde stroomgordels met de sloefige sedimenten van de Afzettingen van Gendt 0 spelen een belangrijke rol in het ecohydrologische systeem van Ochten-Opheusden (er treedt daar vrijwel geen kwel van het Veluwesysteem op). Daarom hebben we, behalve de zanddieptekaart, ook een geologische kaart, schaal 1 : 25 000, vervaardigd. Beide kaarten maken deel uit van de integratie van de abiotische en biotische aspecten.

#### *Aanvullende diepe boringen in het centrale komgebied*

Omdat de oorzaak van de grote verspreiding van kwelindicatoren in het centrale komgebied werd gezocht in de aanwezigheid van smalle stroomrugsysteempjes in de ondergrond, is voorgesteld om een aantal diepe boringen tot 250 cm - mv. te verrichten. In plaats daarvan hebben we een elektro-magnetisch onderzoek (EM31) uitgevoerd om op een snelle en efficiënte manier eventuele, ondiep voorkomende zandlichamen te kunnen lokaliseren. Daarbij kwam duidelijk de fossiele stroomgordel (Afzettingen van Ressen) tussen Opheusden en Dodewaard tot uiting. De globale ligging van dit systeem was reeds bekend (Verbraeck 1984). In het overige deel van het centrale komgebied werden geen ondiepe zandvoorkomens aangetroffen en diende de bovengenoemde hypothese te worden bijgesteld. Daarom hebben we op enkele plaatsen in het centrale komgebied alsnog diepboringen verricht om de aanwezigheid van kwelindicatoren in de sloten te kunnen verklaren. Daaruit bleek dat onder het kleipakket vrij goed tot goed doorlatend verlandingsveen voorkomt en dat het lithocliene kwelwater via "wellen" in de sloten opborrelt.

#### *Gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart*

In de aanbevelingen is er vanuit gegaan, dat zowel van de uiterwaarden als van het binnendijkse gebied een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart zou worden vervaardigd. Tijdens de opdrachtbesprekingen bleek echter alleen behoefte te bestaan

aan een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart van het binnendijkse gebied. Beide kaarten zijn als bijlagen gevoegd bij DLO-SC rapport 165 (Mulder en Brouwer 1991). Het bodemgeografisch onderzoek berustte op veel boringen en waarnemingen in grondwaterstandsbuizen. De boringen geven niet alleen informatie over de bodem en de grondwaterhuishouding, maar ook over geologie en zanddiepte. Deze gedetailleerde informatie met de opgedane terreinkennis (geomorfologie, hoogteligging, vegetatie, bodemgebruik, plasvorming, droogteplekken enz.) en de veldervaring bleken onmisbaar voor het opstellen van een ecohydrologische systeembeschrijving voor dit landinrichtingsproject.

#### *Watermonsters uit sloten en grondwaterstandsbuizen, en EC-metingen*

Met het nemen van watermonsters en het meten van het elektrisch geleidingsvermogen van grondwater en oppervlaktewater is in fase 2 van dit onderzoek meer inzicht verkregen in de hydrologische systemen van het binnendijkse gebied. Het bemonsteren van het oppervlaktewater had ten doel om enerzijds aanwezige watertypen vast te stellen en anderzijds koppeling mogelijk te maken met de trofiekaart geïndiceerd door de watervegetatie. Verder bleek de gebiedsdekkende inventarisatie van het elektrisch geleidingsvermogen van oppervlaktewater in augustus 1991 een efficiënte en snelle methode om een min of meer gebiedsdekkend beeld te verkrijgen van de verspreiding van de verschillende watertypen. Daarom hebben we een kaart van het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) van het oppervlaktewater, schaal 1 : 25 000, vervaardigd. Met het computerprogramma MAIONF is een duidelijk verband aangetoond tussen de verschillende watertypen en het geleidingsvermogen in Ochten-Opheusden. De EC-kaart ondersteunt het geohydrologische onderzoek en vormt een belangrijke basis voor het opstellen van de ecohydrologische systeembeschrijving van het binnendijkse gebied.

#### *Geohydrologische kaart*

Conform de aanbevelingen is een geohydrologische kaart, schaal 1 : 25 000, van het binnendijkse gebied samengesteld; voor de uiterwaarden vervult de overstromingsduren- en GLG-kaart dezelfde functie. Beide kaarten vormen de basis voor de systeembeschrijving. De gedetailleerde geohydrologische kaart geeft aanzienlijk meer informatie dan die op schaal 1 : 50 000 (Ten Cate et al., 1990).

#### *De bodemkaart van de uiterwaarden*

In de uiterwaarden hebben we 1 boring per 2 à 3 ha verricht. De boringen dienden in eerste instantie als hulpmiddel bij de opname van de geomorfologische kaart. Tijdens het onderzoek bleek een gedetailleerde bodemkaart van de uiterwaarden met name voor het aangeven van kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling van essentieel belang. Daarom hebben we als aanvulling op de geomorfologische kaart en vanwege de directe relatie tussen stroomdalvegetatie en substraat alsnog een bodemkaart van de uiterwaarden, schaal 1 : 25 000, samengesteld.

#### *Geomorfologische kaart van de uiterwaarden*

De geomorfologische kaart, schaal 1 : 10 000, vormt met de hoogtecijferkaart de basis voor het in kaart brengen van de rivierdynamiek. Verder is gebleken, dat de veldervaring en de opgedane terreinkennis tijdens de opname van de geomorfologische kaart onmisbaar zijn bij:

- de integratie van de abiotische en biotische aspecten;
- het aangeven van de processen die hierin een rol spelen;
- het opstellen van de ecohydrologisch systeembeschrijving;
- het signaleren van kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling.

#### *Rivierdynamiek*

Het in kaart brengen van de rivierdynamiek in de uiterwaarden is in de aanbevelingen en bij de opdrachtverstrekking niet aan de orde gekomen. Wel was globaal onderzoek naar de grondwaterhuishouding in de uiterwaarden voorgesteld. Tijdens het onderzoek bleek dat informatie over de rivierdynamiek onmisbaar is bij het beschrijven van de ecohydrologische systemen in uiterwaarden. Abiotische aspecten en processen die een belangrijke rol spelen in deze systemen, samengevat onder rivierdynamiek (Knaapen en Rademakers 1990), zijn daarom alsnog geïnventariseerd en weergegeven op de kaart met de morfodynamiek en de overstromingsduren- en GLG-kaart, beide op schaal 1 : 10 000.

#### *Vegetatie-kartering van het binnendijks gebied*

Zoals in de aanbevelingen is geformuleerd, heeft het vegetatie-onderzoek in het binnendijks gebied zich beperkt tot een oppervlaktedekkende kartering van slootkantvegetaties, visuele kwelverschijnselen, kwelindicatoren in en langs wateren en oevers van zandwinplassen. Tevens is de verspreiding van bijzondere plantesoorten zoals stroomdalsoorten gebiedsdekkend vastgelegd. Dit onderzoek heeft een duidelijke relatie aangetoond tussen de geohydrologische systemen, de voedselrijkdom van het oppervlaktewater en de aanwezigheid van kwelindicatoren in het centrale komgebied.

#### *Vegetatie-kartering van de uiterwaarden*

Conform de aanbevelingen omvatte het vegetatie-onderzoek in de uiterwaarden een integrale, gebiedsdekkende kartering van vegetatietypen volgens de typologie van "Het Land van Maas en Waal". Tevens hebben we een gebiedsdekkende kartering van bijzondere plantesoorten uitgevoerd zoals droogteminnende en vochtminnende stroomdalsoorten, en moeras- en vochtige graslandplanten. Als aanvulling op de aanbevelingen hebben we in de uiterwaarden alle opgaande begroeiingselementen geïnventariseerd en beschreven.

Omdat de vlakken en lijnen op de vegetatiekaart van de uiterwaarden, schaal 1 : 10 000, zijn gedigitaliseerd, was het betrekkelijk eenvoudig om een indicatieve kaart van vlakvormige vegetaties te vervaardigen op basis van een interpretatie van de onderscheiden vegetatietypen naar cultuurdruk en tolerantie tot de rivierdynamiek. Deze gerubriceerde, gekleurde vegetatiekaart geeft een duidelijk, maar somber beeld van de actuele situatie. Uit dit vegetatie-onderzoek in de uiterwaarden blijkt, dat de verspreiding van stroomdalvegetaties drastisch is teruggelopen. Dit geldt tevens voor de vochtige grasland- en moerasvegetaties in de Wolfs- en Manuswaard.

#### *Kaart met de ecohydrologische systemen*

Door integratie van de abiotische en biotische patronen (zowel actueel als potentieel) hebben we verschillende gebieden kunnen typeren. Op basis hiervan hebben we een kaart met de ecohydrologische systemen, schaal 1 : 25 000, samengesteld. De kaart bevat 5 subsystemen in het binnendijkse gebied, en vier in de uiterwaarden. De pa-

troonkaarten, schaal 1 : 50 000, die in fase 1 zijn vervaardigd, zijn te globaal om een dergelijke indeling te kunnen maken.

*Kaart van kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling*

Voor de selectie van kansrijke gebieden hebben we ons vooral gericht op de mogelijkheden van het gebied voor de ontwikkeling van stroomdalsoorten, moerasvegetaties en kwelindicerende watervegetaties. We hebben niet alleen de kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling beschreven zoals in de aanbevelingen en bij de opdrachtbespreking is voorgesteld, maar we hebben ze ook in kaart gebracht. Om kaarttechnische redenen was integratie met de kaart van de ecohydrologische systemen niet mogelijk.

## LITERATUUR

BAKKER, H. DE en W.P. LOCHER, 1990. *Bodemkunde van Nederland; deel 2; Bodemgeografie*. Den Bosch, Malmberg.

BIELEMAN, J. en J. DIJKSTRA, 1977. *Uiterwaarden, vooronderzoek naar planningscriteria*. Wageningen, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp".

BLOEMENDAAL, F.H.J.L. en J.G.M. ROELOFS, 1988. *Waterplanten en waterkwaliteit*. KNNV.

BOERS, M., 1991. *Een nieuw morfologisch model voor de Nederlandse Rijntakken op basis van rivmor*. 's-Gravenhage, Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat en Rijksinstituut voor integraal zoetwaterbeheer en afvalwaterbehandeling. Nota 91.026.

BOUMA, J., "Measuring the hydrolic conductivity in two subsurface horizons with continuous macro-pores". *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 219-222.

BOUMA, J. en L.W. DEKKER, 1983. "Nieuwe fysische meetmethoden bij waterbeweging in kleigronden". *Landbouwkundig Tijdschrift* 95,4: 26-29.

BRUIN, D. DE, 1982. *Rivierbeheer op de Nederlandse Rijntakken*. Arnhem, Rijkswaterstaat, Directie Bovenrivieren.

BRUIN, D. DE, D. HAMHUIS, L. VAN NIEUWENHUYZEN, W. OVERMARS, D. SIJMONS en F. VERA, 1987. *Ooievaar, de toekomst van het rivierengebied*. Stichting Gelderse Milieufederatie.

BRUS, D.J., 1986. *Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; Toelichting op kaartblad 39, Tiel*. Wageningen, STIBOKA en Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

BURINGH, P., 1953. *Rapport betreffende de inventarisatie van de uiterwaardgronden langs de Rijn en de Waal, ten behoeve van de steenindustrie*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 282.

CATE, J.A.M. TEN en G.C. MAARLEVELD, 1977. *Toelichting op de legenda van de geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000*. Wageningen, STIBOKA en Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

CATE, J.A.M. TEN , J.R. MULDER, E.T.M. OVERKAMP en J. VAN DER LINDEN, 1990. *Een voorlopige systeembeschrijving en -analyse van het abiotisch en biotisch milieu in het landinrichtingsproject "Ochten-Opheusden"*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 80.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'HYDROLOGIE DU BASSIN DU RHIN, 1977. *Le bassin du Rhin*. Monographie Hydrologique.

DEKKER, L.W. en J. BOUMA, 1978. "Relaties tussen de verticale verzadigde doorlatendheid van enige komkleigronden en het voorkomen van plasvorming". *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 3: 126-142.

DUEL, H., 1991. *Natuurontwikkeling in uiterwaarden; perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van ooibossen in de uiterwaarden van de Rijn*. *Publikaties en rapporten van het project "ecologisch Herstel Rijn"*, Rijkswaterstaat, RIVM en RIVO. Publikatie no. 29. .

DIJKSTRA, H., A.H.F. STORTELDER en W. VOS, 1979. *Ontgrondingen in de uiterwaarden*. Wageningen, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp". Rapport 211.

EGBERTS, H., 1950. *De bodemgesteldheid van de Betuwe*. Wageningen, STIBOKA. Versl. Landbouwk. onderz. No. 56.19.

ELLENBERG, H., 1979. *Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas*. Göttingen: Verlag Erich Goltze.

ENGELN, G.B., J.M.J. GIESKE en S.O. LOS, 1989. *Grondwaterstromingsstelsels in Nederland*. 's-Gravenhage, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Staatsbosbeheer. SDU Uitgeverij.

ERHART, F., 1991. *Broedvogels van Ochten-Opheusden; resultaten van een broedvogelinventarisatie in de Hiensche Uiterwaarden, Gouverneurschepolder en Wolfswaard*. Consulentenschap Natuur, Bos, Landschap en Fauna Gelderland.

GENSTAT 5 COMMITTEE, 1987. *Genstat 5, Reference Manual*. Oxford, Clarendon Press.

GRAAF, M.C.C. DE, H.M. VAN DE STEEG, L.A.C.J. VOESENEK en C.W.P.M. BLOM, 1990. *Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat*. Rijkswaterstaat, RIVM en RIVO. *Publikaties en rapporten van het project "Ecologisch Herstel Rijn"*, publikatie no.16.

HARBERS, P. en J.R. MULDER, 1981. "Een poging tot reconstructie van het Rijnstelsel in het oostelijk riviereengebied tijdens het Holoceen, in het bijzonder in de Romeinse tijd". *KNAG, Geografisch tijdschrift* XV, 5: 404-421.

HAVINGA, A.J., 1969. *A physiographic analysis of a part of the Betuwe, a Dutch river clay area*. Wageningen, Mededelingen Landbouwhogeschool 69-3.

HAVINGA, A.J. and A. OP 'T HOF, 1975. "De Neder-Betuwe, opbouw en ontstaan van een jong rivierkleigebed". *KNAG, Geografisch Tijdschrift* IX-4: 261-277.

HAVINGA, A.J. and A. OP 'T HOF, 1983. *Physiography and formation of the holocene floodplain along the lower course of the Rhine in The Netherlands*. Wageningen, Mededelingen Landbouwhogeschool 83-8.

HEESEN, H.C. VAN en G.J.W. WESTERVELD, 1966. "Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart". *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 5, 5: 189-207.

HEESEN, H.C. VAN, 1971. "De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten". *Boor en Spade* 17: 127-149. Wageningen, Veenman en Zn.

HEIDEMIJ ADVIESBUREAU, 1989. *Vegetatiekartering Land van Maas en Waal*. Arnhem, Heidemij Adviesbureau BV. Rapportnr. 630-04426.

HEIDEMIJ ADVIESBUREAU, 1990. *Ecologische systeembeschrijving en vegetatiekartering t.b.v. landinrichting*. Arnhem, Heidemij Adviesbureau BV, Rapport 630-6608.

HELMICH, F., 1987a. "Waterkering en waterbeheersing in enkele uiterwaardgebieden; deel 1: Technische aspecten". *Waterschapsbelangen* 72, 2: 42-46.

HELMICH, F., 1987b. "Waterkering en waterbeheersing in enkele uiterwaardgebieden; deel 2: Bestuurlijke aspecten". *Waterschapsbelangen* 72, 3: 82-86.

HOF, A. OP 'T, 1970. *Opheusden tussen Rijn en Linge; een gedetailleerde bodemkartering*. Wageningen, Landbouwhogeschool.

JONGMAN, R.H.G. & J.A.A.M. LEEMANS, 1982. *Vegetatie-onderzoek Gelderse Uiterwaarden; een onderzoek naar de relatie tussen vegetatie, rivierregime en ontgroningen*. Provincie Gelderland, Dienst Landinrichting en Landbouw, afdeling Natuur en Landschap.

KALKHOVEN, J.T.R., A.H.P. STUMPEL en S.E. STUMPEL-RIENKS, 1976. *Landelijke milieukartering; een landschapsecologische kartering van het natuurlijk milieu in Nederland t.b.v. de ruimtelijke planning op nationaal niveau*. 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij.

KATWIJK, M.M. VAN en J.G.M. ROELOFS, 1988. *Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu*. Katholieke Universiteit Nijmegen, afd. Aquatische Oecologie.

KEMMERS, R.H., 1990a. "De stikstof- en fosforhuishouding van mesotrofe standplaatsen in relatie tot mogelijkheden van aanvoer van gebiedsvreemd water". In: *The Utrecht plant ecology news report*. Workshop Interne Eutrofiëring: 7-23. Rijksuniversiteit Utrecht.

KEMMERS, R.H., 1990b. *Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties; de stalenmethode*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 64.1.

KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN, 1985. "Hydrologie in relatie tot de beschikbaarheid van vocht en voedingsstoffen voor natuurlijke begroeiingen". *Cultuurtechnisch*

*Tijdschrift* 24, 4: 195-211.

KEMMERS, R.H. en G. VAN WIRDUM, 1988. "De betekenis van de chemische samenstelling van het grondwater voor het milieu van wilde planten". *Biovisie Magazine* 2: 1-6.

KNAAPEN, J.P. en J.G.M. RADEMAKERS, 1990. *Rivierdynamiek en vegetatieontwikkeling*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 82.

KOOYMAN, C., 1983. "De inrichting van een uiterwaard". *Tijdschrift vereniging Koninklijke Nederlandsche Heide Maatschappij*. 94e jaargang, nr. 5: 185-195.

LOCHER, W.P. en H. DE BAKKER, 1990. *Bodemkunde van Nederland; deel 1. Algemene Bodemkunde*. Den Bosch, Malmberg.

LYON, M.J.H. DE en J.G.M. ROELOFS, 1986. *Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid*.

MAENEN, M.M.J., 1989. *Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988; hun voorkomen en relatie met algemene fysisch-chemische parameters*. Rijkswaterstaat, RIVM en RIVO. Publikaties en rapporten van het project "Ecologisch Herstel Rijn", publikatie no. 13.

MCNEILL, J.D., 1980a. *Electrical conductivity of soils and rocks*. Ontario, Geonics Limited. Technical Note TN-5.

MCNEILL, J.D., 1980b. *Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers*. Ontario, Geonics Limited. Technical Note TN-6.

MEENE, E.A. VAN DE, 1977. *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50 000, blad Arnhem Oost [400]*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

MULDER, J.R., H.R. SALVERDA en J.A. VAN DEN HURK, 1979. *Ruilverkaveling Over-Betuwe-Oost; bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid*. Wageningen; STIBOKA. Rapport 1389.

MULDER, J.R., 1989. *De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied "Ooypolder"; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek en geschiktheidsbeoordeling voor weidebouw, akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en fruitteelt*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1914.

MULDER, J.R. en F. BROUWER, 1991. *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 165.

NELISSE, G.A.G. en H.R. SCHOUTE, 1977. *Grondwaterkaart van Nederland; inventarisatie rapport Rhenen, Kaartblad 39 Oost*. Delft, Dienst Grondwaterverkenning TNO.



POLDERDISTRICT BETUWE, 1986. *Het beheer van de zomerwaterkeringen 1986-1995; plan en bijlagen*. Elst.

PONS, L.J., 1953. "Oevergronden als middeleeuwse afzettingen en overslaggronden als dijkdoorbraakafzettingen in het rivierkleigebied". *Boor en Spade* VI: 126-134. Wageningen, H. Veenman en Zonen.

PONS, L.J., 1957. *De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal, en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen*. Wageningen, STIBOKA. Bodemkundige studies 3.

PROVINCIE GELDERLAND, 1985. *Grondwaterplan*. Bijlage 1 Geohydrologie.

PROVINCIE GELDERLAND, 1988. *Uiterwaarden: behoud waar nodig, ontwikkelen waar nodig*. Dienst Landinrichting en Landbouw.

PROVINCIE GELDERLAND, 1989. *Beleidsplan uiterwaarden concept-ontwerp*. Arnhem. Gedeputeerde Staten van Gelderland.

REINECK, H.E. en I.B. SINGH, 1973. *Depositional Sedimentary Environments*.

RIJKSWATERSTAAT, 1991. *Beschrijving van de provincie Gelderland behorende bij de 5e editie van de waterstaatskaart*. Delft, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst.

ROELOFS, J.G.M. en F.H.J.L. BLOEMENDAAL, 1988. "Trofie". In: Bloemendaal en Roelofs (red.). *Waterplanten en Waterkwaliteit. Natuurhistorische bibliotheek KNNV* nr. 45: 113-125.

SCHAIK, H.C. VAN, 1948. "Over de kwel als oorzaak van dijkdoorbraken". *Boor en Spade* 1: 164-170. Wageningen, STIBOKA. Utrecht, Oosthoek.

SCHANS, R.P.H.P. VAN DER en B.H. STEEGHS, 1957. *De bodemgesteldheid van een gedeelte van de Over-Betuwe (ten zuiden van de Linge en ten westen van de Rijksweg Arnhem-Nijmegen)*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 462.

SLUIJS, P. VAN DER, 1982. "De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop". *H<sub>2</sub>O tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling* 15: 42-46.

SOET, F. DE, 1976. *De waarden van de uiterwaarden*. Wageningen, PUDOC.

STEEG, H.M. VAN DE, C.W.C.J. VAN DE RIJT, M.J. REIJNEN en C.W.P.M. BLOM, 1989. *Zonering van vegetatietypen en Rumex-soorten in overstromingsgradiënten in het rivierengebied van Rijn, Waal en IJssel*. Nijmegen, Katholieke Universiteit Nijmegen. Rapport 17.

STEUR, G.G.L. en H. DE BAKKER, 1984. "De lagere niveaus van de Nederlandse bodemclassificatie". In: RUYTEN ET AL. (ed), 1984. *Bodem en landschap kwalitatief*

en kwantitatief bekeken. Wageningen, PUDDOC.

STEVERS, R.A.M., J. RUNHAAR, H.A. UDO DE HOES en C.L.G. GROEN, 1987. "Het COIL-ecotopensysteem, een landelijke ecosysteemtypologie toegespitst op de vegetatie". *Landschap* 4-2: 135-150.

STUDIECOMMISSIE WATERBEHEER NATUUR, BOS en LANDSCHAP, 1990. *Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap*. 's-Gravenhage, SDU.

SYKORA, K.V. en C.I.J.M. LIEBRAND, 1987. *Natuurtechnische en civieltechnische aspecten van rivierdijkvegetaties*. Wageningen. LU, Vakgroep Vegetatiekunde.

VEENENBOS, J.S., 1955. *Rapport behorende bij de klei-inventarisatiekaarten van de Neder-Betuwe*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 400.

VERBRAECK, A., 1975. "Ice-pushed ridges in the eastern part of the Netherlands river area. *Geologie en Mijnbouw* 54 nr. 1-2: 82-84.

VERBRAECK, A., 1984. *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50 000; blad Tiel West (39W) en blad Tiel Oost (39 O)*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

VERBRAECK, A., 1990. "De Rijn aan het einde van de laatste ijstijd: de vorming van de jongste afzettingen van de Formatie van Kreftenheye". *KNAG, Geografisch Tijdschrift* XXIII, 4: 328-339.

VERKOOYEN, R.G.V.A., 1981. *Een geohydrologische inventarisatie voor het Gelderse rivierengebied en een regionaal-hydrologische systeembenadering voor het rivierengebied ten oosten van Tiel*. Arnhem, Dienst Waterbeheer, Prov. Gelderland.

VOET, H.A.L.J., 1990. *Standaardisering digitale vegetatiekartering ten behoeve van SPIN-OV-project GIS-vegetatie*. Utrecht LD-mededeling 193.

WERKGROEP UITERWAARDENPROBLEMATIEK, 1986. *Overstromingen van de uiterwaarden langs de uiterwaarden*. Rapport van de Werkgroep uiterwaardenproblematiek.

WERKGROEP SPIN-OV-PROJECT, 1990. *Standaardisering en opbouw digitale vegetatiekartering ten behoeve van GIS-vegetatie*. Utrecht, Landinrichtingsdienst.

WESTHOFF, V. en A.J. DEN HELD, 1975. *Plantengemeenschappen in Nederland*.

WIRDUM, G. VAN, 1991. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Maastricht. Datawyse.

ZAGWIJN, W.H. en C.J. VAN STAALDUINEN (ed.), 1975. *Geologische overzichtskaarten van Nederland; kaarten, profielen en toelichting*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

ZWAN, J.Th. VAN DER, 1990. *Inventarisatie van kleivoorkomens in Nederland voor de grofkeramische industrie en de dijkbouw; eindrapport van de werkgroep klei-inventarisatie*. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde. Rapportnummer TW-R-89-4.

#### NIET GEPUBLICEEERDE BRONNEN

KNOTTERS, M., 1990. *Grondwatertrappen in uiterwaarden; een voorstel voor een nieuwe indeling*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne mededeling 67.

WERF, S. VAN DER, 1991. *Natuurbeheer in Nederland; deel 5, Bosgemeenschappen*. Wageningen, PUDOC i.v.

#### *Gebruikte recente kaarten:*

Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, 1973. Toelichting bij de kaartbladen 39 West en 39 Oost Rhenen. Wageningen, STIBOKA.

Geomorfologische kaart van Nederland 1 : 50 000, 1986. Blad 39 Tiel. Wageningen, STIBOKA en Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Geologische Kaart van Nederland 1 : 50 000. 1984. Blad 39 Oost Tiel. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Hoogtecijferkaart, schaal 1 : 10 000. Blad 39E zuid, 39F zuid, 39G noord en 39H noord. Topografische Dienst.

Bodemkundige overzichtskaart 1 : 10 000 van Dodewaard-Hemmen, 1952. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Bodemkundige overzichtskaart 1 : 10 000 van Ochten, 1952. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Bodemkundige overzichtskaart 1 : 10 000 van Kesteren, 1952. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Klei-inventarisatiekaart, 1 : 15 000; blad I-5 W; I-6 O; II-6 O en W; II-7. Opname 1949-1951 o.l.v. P. BURINGH, R.P.H.P. VAN DER SCHANS en H.C. VAN SCHAİK. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Topografische kaart van Nederland, 1 : 25 000, 1984. Blad 39 E, F en G en uitgave 1990 en 39H.

Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, 1986. Blad 39 Oost.

Rivierkaart, 1 : 5 000 van Rijkswaterstaat, blad 207 (1978), 208 , 209 en 210 (1982) van de Nederrijn en blad 112, 113 en 114 (1982) van de Waal.

Waterstaatskaart van Nederland, 1 : 50 000, 1986. Blad Tiel-oost 39. Delft, Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst.

*Gebruikte oude kaarten:*

Diverse schetskaarten uit de 17e en 18e eeuw (o.a. van de landmeter Nicolaas van Geelkercken) aangaande de problematiek over de op- en aanwassen in de Rijn en de Waal. Kaartenverzameling Rijksarchief te Arnhem.

Manuscript van de Topografische en militaire kaart van het Koninkrijk der Nederlanden. Blad 39. Ca. 1850. Vergroting op schaal 1 : 25 000 van het origineel op de schaal 1 : 50 000. Uit: Kartografische Bibliotheek van het DLO-Staring Centrum.

*Gebruikte luchtfoto's:*

Luchtfoto's van de geallieerde luchtmacht 1944/45. Uit: Kartografische bibliotheek van het DLO-Staring Centrum.

Luchtfoto's van de topografische dienst te Emmen uit 1989:

- 39E, blad 1;
- 39EFGH, blad 3, 6;
- 39FH, blad 4, 7;
- 39EG, blad 5.

## AANHANGSELS

	Blz.
1 Digitale verwerking/manipulatie van de verzamelde gegevens	127
2 Sleutel voor de vegetatiekartering	129
2.1 Overzicht van de volledige vegetatie-typologie	129
2.2 Karteringssleutels	133
3 Beschrijving van de vegetatietypen	153

## AANHANGSEL 1 DIGITALE VERWERKING/MANIPULATIE VAN DE VERZAMELDE GEGEVENS

### **Digitale bestanden voor BOPAK-I**

De volgende bodemkundige gegevens (Mulder en Brouwer 1991) zijn voor BOPAK-I gedigitaliseerd en op magneetband opgeslagen:

- de bodemkaart:
  - a. de lijnen van de bodemeenheden, grondwatertrappen, toevoegingen en overige onderscheidingen: in het zgn. lijnenbestand;
  - b. de code van de kaarteenheden waartoe een vlak(je) van de bodemkaart behoort: in het zgn. vlakkenbestand;
- de boorstaat/veldcomputer:  
alle gegevens van de boorstaat/veldcomputer, inclusief de ligging van het boorpunt: in het zgn. puntenbestand;
- aanvullende gegevens:  
gegevens over de geschiktheid voor de gewenste bodemgebruiksvormen per kaarteenheden in het zgn. klassenbestand.

Deze bestanden zijn samen met een aantal computerprogramma's, een gebruikershandleiding en technische documentatie overgedragen aan de afdeling Ontwikkeling en evaluatie van de Landinrichtingsdienst te Utrecht.

### **Digitale bestanden voor ARC/INFO**

De bodem- en grondwatertrappenkaart zijn voor een eco-hydrologische systeembeschrijving niet voldoende. We hebben aanvullende gegevens verzameld en bewerkt. Om ze vervolgens snel en betrouwbaar te kunnen gebruiken, zijn ze met ARC/INFO gedigitaliseerd tot coverages (digitale grafische bestanden). Elke coverage kan afzonderlijk worden bewerkt binnen ARC/INFO maar ook in elke willekeurige combinatie met andere coverages (overlay-techniek). Bij een overlay-procedure van covers moet wel de opname-schaal in acht worden genomen. Deze coverages worden door het DLO-Staring Centrum op magneetband opgeslagen.

Voor de eco-hydrologische systeembeschrijving zijn de volgende coverages binnen ARC/INFO gebruikt:

*abiotisch patronen:*

- Bodem- en Gt-kaart (schaal 1 : 10 000) van het binnendijks gebied (Mulder en Brouwer 1991);
- Boorpuntenkaart (schaal 1 : 10 000) van het binnendijkse gebied (Mulder en Brouwer 1991);
- Geologische kaart (schaal 1 : 25 000);
- Zanddieptekaart (schaal 1 : 25 000) van het binnendijkse gebied;
- Kaart van het soortelijk elektrisch geleidingsvermogen (EC) van het oppervlaktewater (schaal 1 : 25 000) van het binnendijkse gebied;
- Geohydrologische kaart (schaal 1 : 25 000);

- Bodemkaart (schaal 1 : 25 000) van de uiterwaarden;
- Geomorfologische kaart (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden;
- Kaart met de morfodynamiek (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden;
- Overstromingsduren- en GLG-kaart (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden.

*biotisch patronen:*

- Vegetatie kaart lijnelementen (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden;
- Vegetatie kaart vlakelementen (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden;
- Indicatieve kaart van vlakvormige elementen (schaal 1 : 10 000) van de uiterwaarden.

*Geïntegreerde patronen:*

- Kaart van ecohydrologische systemen (schaal 1 : 25 000);
- Kaart van kansrijke gebieden voor natuurontwikkeling (schaal 1 : 10 000).

## AANHANGSEL 2 SLEUTEL VOOR DE VEGETATIEKARTERING

### 2.1 Overzicht van de volledige vegetatie-typologie

Vegetatietypen die in Ochten-Opheusden niet zijn aangetroffen zijn tussen haakjes geplaatst.

#### WATERVEGETATIES

##### Ecotooptype W

###### Type Benaming

- (1 Drooggevallen wateren zonder waterplanten)
- 2 Wateren (vrijwel) zonder waterplanten
- 3 Draadwier-vegetaties
- 4 Darmwier-vegetaties
- 5 Kroosvaren-vegetaties
- 6 Kroos-vegetaties
- 7 Grof hoornblad-vegetaties
- 8 Schedefonteinkruid-vegetaties
- (9 Aarvederkruid-vegetaties)
- (10 Puntig fonteinkruid-vegetaties)
- (11 Groot blaasjeskruid-vegetaties)
- (12 Tenger fonteinkruid-vegetaties)
- (13 Paarbladig fonteinkruid-vegetaties)
- 14 Stijve waterranonkel-vegetaties
- 15 Puntkroos-vegetaties
- 16 Glanzig fonteinkruid-vegetaties
- (17 Gekroesd fonteinkruid-vegetaties)
- 18 Watergentiaan-vegetaties
- 19 Kikkerbeet-vegetaties
- 20 Krabbescheer-vegetaties
- (21 Kleine egelskop-vegetaties)
- (22 Nitella-flexilis-vegetaties)
- (23 Doorgroeid fonteinkruid-vegetaties)
- 24 Smalle waterpest-vegetaties
- 25 Fijne waterranonkel-vegetaties
- 26 Haarfonteinkruid-vegetaties
- 27 Gewoon sterrekroos-vegetaties
- 28 Gele plomp-vegetaties
- 29 Watervorkje-vegetaties
- 30 Waterviolier-vegetaties
- 31 Kroosmos-vegetaties
- 32 Brede waterpest-vegetaties
- 33 Witte waterlelie-vegetaties
- 34 Drijvend fonteinkruid-vegetaties



- 35 Kransvederkruid-vegetaties
- 36 Spits fonteinkruid-vegetaties
- (37 Chara globularis-vegetaties)
- 38 Chara vulgaris-vegetaties

## VEGETATIES VAN MOERASSEN EN VOCHTIGE RUIGTEN Ecotooptypem

### Type Benaming

- 1 (Vrijwel) onbegroeide gronden
- 2 Vegetaties met rode ganzevoet en moerasdroogbloem
- 3 Vegetaties met wolfspoot en platte rus
- 4 Vegetaties met watertorkruid en grote waterweegbree
- 5 Vegetaties met slanke waterweegbree, pijlkruid en zwanebloem
- 6 Soortenarme mannagrass-vegetaties
- 7 Vegetaties met mannagrass en slanke waterweegbree
- 8 Soortenarme liesgrass-vegetaties
- 9 Vegetaties met liesgrass en moerasandoorn
- (10 Vegetaties met gele lis en kalmoes)
- 11 Rietgrass-vegetaties
- 12 Soortenarme riet-vegetaties
- 13 Vegetaties met riet en grote kattestaart
- 14 Mattenbies-vegetaties
- 15 Heen-vegetaties
- (16 Grote egelskop-vegetaties)
- 17 Kleine lisdodde-vegetaties
- 18 Grote lisdodde-vegetaties
- (19 Holpijp-vegetaties)
- 20 Soortenarme scherpe zegge-vegetaties
- 21 Vegetaties met scherpe zegge en moeraswalstro
- (22 Vegetaties met scherpe zegge en waterdrieblad)
- (23 Vegetaties met gewone smeerwortel en moeraspirea)
- (24 Vegetaties met dauwbraam en kleefkruid)
- (25 Grote boterbloem-vegetaties)
- (26 Blaaszegge-vegetaties)

## GRASLANDVEGETATIES Ecotooptypen G en Fh

### Type Benaming

- 1 Vegetaties met krulzuring en tweerijige zegge
- 2 Vegetaties met fioringgrass en platte rus
- (3 Vegetaties met zwanebloem en slanke waterweegbree)
- (4 Vegetaties met gestreepte witbol en echte koekoeksbloem)
- 5 Rietgrass-vegetaties
- 6 Vegetaties met geknikte vossestaart en akkerkers

- 7 Soortenarme kweek-vegetaties
- 8 Vegetaties met kweek en wilde bertram
- 9 Vegetaties met engels raaigras en vogelmuur
- 10 Vegetaties met scherpe boterbloem en veldzuring
- 11 Vegetaties met glanshaver en veldgerst
- 12 Vegetaties met glanshaver en groot streepzaad
- 13 Vegetaties met knoopkruid en gewone rolklaver
- (14 Vegetaties met echte kruisdistel en sikkelklaver)
- 15 Vervalt
- (16 Vegetaties met akkerhoornbloem en muurpeper)
- (17 Vegetaties met gestreepte witbol en valse voszegge)

## VEGETATIES VAN DROGE RUIGTEN

### Ecotooptype R

#### Type Benaming

- (1 Vegetaties met bitterzoet en kruldistel)
- 2 Grote brandnetel-vegetaties
- 3 Vervalt
- 4 Vegetaties met duinriet en rietzwenkgras

## AKKERVEGETATIES

### Ecotooptype A

#### Type Benaming

- (1 Soortenarme hakvruchtakkers)
- 2 Soortenarme maïsakkers
- 3 Soortenarme graanakkers
- (4 Soortenrijke hakvruchtakkers)
- (5 Soortenrijke maïsakkers)
- (6 Soortenrijke graanakkers)

## KRUIDACHTIGE LIJNVORMIGE VEGETATIES

### Ecotooptypen V, D en T

#### Type Benaming

- (1 Scherpe zegge-vegetaties)
- (2 Riet-vegetaties)
- 3 Liesgras-vegetaties
- 4 Vegetaties met lidrus en pinksterbloem
- (5 Vegetaties met moerasrolklaver en echte koekoeksbloem)
- (6 Vegetaties met echte valeriaan en moerasspirea)

- 7 Vegetaties met bijvoet en boerenwormkruid
- 8 Grote brandnetel-vegetaties
- 9 Vegetaties met engels raaigras en fioringras
- 10 Vegetaties met engels raaigras en scherpe boterbloem
- 11 Vegetaties met glanshaver en fluitekruid
- 12 Vegetaties met knoopkruid en margriet
- 13 Vegetaties met echte kruisdistel en kattedoorn
- (14 Wit vetkruid-vegetaties)

#### **VEGETATIES VAN HAGEN, STRUWELEN EN GRIENDEN Ecotooptypen Hg, St en Sg**

##### Type Benaming

- (1 Wilgenstruwelen zonder kruidlaag)
- 2 Vegetaties met schietwilg en gele lis
- 3 Vegetaties met katwilg en kleeftkruid
- 4 Vegetaties met eenstijlige meidoorn en gewone vlier
- 5 Vegetaties met eenstijlige meidoorn en haagwinde
- (6 Vegetaties met sleedoorn en rode kornoelje)
- (7 Vegetaties met hondsroos en look-zonder-look)

#### **VEGETATIES VAN BOSSEN, POPULIERENAANPLANTEN, HOUTWALLEN, SINGELS EN KAPVLAKTEN Ecotooptypen B, Hw, Hs en K**

##### Type Benaming

- (1 Jonge aanplanten)
- 2 Vegetaties met populier en gestreepte witbol
- 3 Vegetaties met populier en kleeftkruid
- 4 Vegetaties met populier en gele waterkers
- (5 Vegetaties met populier en lidrus)
- (6 Vegetaties met populier en reuzenzwenkgras)
- (7 Vegetaties zonder ondergroei)
- (8 Vegetaties met es en gewone hennepnetel)
- (9 Vegetaties met es en geel nagelkruid)
- (10 Vegetaties met zwarte els en smalle stekelvaren)

#### **OVERIGE ONDERSCHIEDINGEN**

- δ begrenzing kaartenheid bij lijnvormige vegetaties
- E erf, tuin, sportterrein, industrieterrein, enz.
- NK vegetatie niet karteerbaar of geen toestemming tot betreding
- /// verdwenen houtwallen, singels, bossen, wegen en watergangen  
ontgronding c.q. hercultivatie in uitvoering

## 2.2 Karteringsleutels

- 1 Watervegetaties
- 2 Vegetaties van moerassen en vochtige ruigten
- 3 Graslandvegetaties
- 4 Vegetaties van droge ruigten en ruderaal terreinen
- 5 Akkervegetaties
- 6 Kruidachtige lijnvormige vegetaties
- 7 Vegetaties van hagen, struwelen en grienden
- 8 Vegetaties van bossen, populieraanplanten, houtwallen, singels en kapvlakten.

1 WATERVEGETATIES  
Ecotooptype W

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soort</u>	<u>Relatieve bedekking (minimaal)</u>
1	Drooggevallen wateren zonder waterplanten	-
2	Wateren (vrijwel) zonder waterplanten	-
3	Draadwier	75%
4	Darmwier	75%
5	Kroosvaren	75%
6	Bult-, klein-, veelwortelig kroos	75%
7	Grof hoornblad	30%
8	Schedefonteinkruid	30%
9	<u>Aarvederkruid</u> - a	10%
10	<u>Puntig fonteinkruid</u> - b	10%
11	<u>Groot blaasjeskruid</u> - c	10%
12	<u>Tenger fonteinkruid</u> - d	30%
13	<u>Paarbladig fonteinkruid</u> - e	10%
14	<u>Stijve waterranonkel</u> - f	10%
15	<u>Puntkroos</u> - g	30%
16	<u>Glanzig fonteinkruid</u> - h	10%
17	<u>Gekroesd fonteinkruid</u> - i	30%
18	<u>Watergentiaan</u> - j	30%
19	<u>Kikkerbeet</u> - k	30%
20	<u>Krabbescheer</u> - l	30%
21	<u>Kleine egelskop</u> - m	10%
22	<u>Nitella flexilis</u> - m	10%
23	<u>Doorgroeid fonteinkruid</u> - p	10%
24	<u>Smalle waterpest</u> - q	30%
25	<u>Fijne waterranonkel</u> - r	10%
26	<u>Haarfonteinkruid</u> - s	10%
27	<u>Gewoon sterrekroos</u> - t	30%
28	<u>Gele plomp</u> - u	30%
29	<u>Watervorkje</u> - v	10%
30	<u>Waterviolier</u> - w	10%
31	<u>Kroosmos</u> - x	10%
32	<u>Brede waterpest</u> - y	10%
33	<u>Witte waterlelie</u> - z	30%
34	<u>Drijvend fonteinkruid</u> - A	10%
35	<u>Kransvederkruid</u> - B	10%
36	<u>Spits fonteinkruid</u> - D	10%
37	<u>Chara globularis</u> - E	10%
38	<u>Chara vulgaris</u> - F	10%

## WERKWIJZE

De rangschikking van de typen is naar afnemende voedselrijkdom van het water. Kies bij het karteren steeds voor het type dat het minst voedselrijke water indiceert. Registreer naast het type tevens alle aanwezige onderstreepte soorten (a t/m F), bijv.: W24kgrA.

Reken afzonderlijke wateren (waterlopen die niet worden onderbroken door waterlopen met andere waterkwaliteit) zoveel mogelijk tot één type. Slechts indien de watervegetatie binnen een waterloop duidelijk en blijvend van samenstelling verandert (bijv. onder invloed van een vervuilingbron), moet worden overgegaan tot het karteren van een nieuw type, bijv.: W25 kst · W3

## 2 VEGETATIES VAN MOERASSEN EN VOCHTIGE RUIGTEN

### Ecotooptype M

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	(Vrijwel) onbegroeide gronden.	(Vochtige) terreinvergravingen, rivieroeveren en droge sloten.
2	Tandzaadsoorten, ganzevoetsoorten, watermuur, grote weegbree, reukloze kamille, fioningras, geknikte vossestaart, krulzuring, melkdistel, perzikkruid, veenwortel, zwarte nachtschade, akkerdistel, rietgras, moerasdroogbloem, slijkgroen, varkensgras, akkerkers, herderstasje.	Pioniervegetaties op kleiige oevers en rivierstranden.
3	Platte rus, fioningras, zomprus, moerasvergeet-mij-nietje, watermunt, lidrus gewone waterbies, tandzaadsoorten, zilverschoon, ruige zegge, waterpeper, greppelrus, zeegroene rus, wolfspoot.	Kleiige oevers van plassen.
4	Watertorkruid, blaartrekkende boterbloem, moeraswalstro, gele waterkers, wolfspoot, veenwortel, grote waterweegbree, gele lis, liesgras, rietgras, pitrus, fioningras, kroossoorten, moerasvergeet-mij-nietje.	Moerasvegetaties van van regelmatig droogvallende oevers plassen en sloten.
5	Als type 4 met slanke waterweegbree, pijlkruid, zwanebloem. Tenminste 2 soorten aanwezig, of 1 soort met hoge abundantie.	Soortenrijke moerasvegetaties in de uiterwaarden en in binnendijkse sloten.
6	Mannagras (dominant), en eventueel 1-3 soorten van type 4.	Soortenarme manna-grasvegetaties van periodiek droogvallende terrein-depressies.
7	Mannagras (dominant), zwanebloem, gewone waterbies, middelste waterweegbree en soorten van type 4.	Soortenrijke manna-grasvegetaties op weke kleibodems.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
8	Liesgras (dominant), met eventueel 1-5 soorten van type 9 met lage abundantie.	Soortenarme liesgrasvegetaties in sloten, plassen en terreindepressies.
9	Liesgras (dominant), gele lis, grote kattestaart, moeraskruiskruid, moerasandoorn, watertorkruid, moeraswalstro, grote egelskop, scherpe zegge, rietgras, smeewortel, veenwortel, moerasvergeetmijnietje, gewone waterbies, valeriaan, poelruit, gele waterkers, watermunt, lidrus Tenminste 5 soorten aanwezig.	Soortenrijke liesgrasvegetaties in sloten, plassen en terreindepressies.
10	Gele lis en/of kalmoes (een van beide dominant, liesgras, scherpe zegge, grote egelskop, holpijp, waterzuring, veenwortel, grote watereppe, grote waterweegbree, riet, watermunt, moerasvergeetmijnietje.	Zoomvegetaties in plassen en strangen.
11	Rietgrasvegetaties, eventueel met enkele soorten van type 9 (vergelijk type G5).	Soortenarme rietgrasvegetaties op periodiek natte gronden.
12	Riet (dominant), eventueel met 1-5 soorten van type 13.	Soortenarme rietvegetaties.
13	Riet (dominant), liesgras, rietgras, scherpe zegge, gele waterkers, grote egelskop, poelruit, haagwinde, moeraswalstro, moerasandoorn, valeriaan, gele lis, waterzuring, moeraskruiskruid, smeewortel, veenwortel, moerasvergeetmijnietje, grote kattestaart, grote wederik. Tenminste 5 soorten aanwezig.	Soortenrijke rietvegetaties in moerassen en (als zoom) in plassen.
14	Mattenbies (dominant), vrijwel zonder begeleidende soorten.	Soortenarme mattenbiesvegetaties in strangen en plassen.
15	Zeebies (dominant), mattenbies, moeraskruiskruid, kalmoes, gele waterkers.	Soortenarme zeebiesvegetaties op periodiek droogvallende gronden en als zoomvegetatie in plassen.



<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
16	Grote egelskop (dominant), liesgras, moeraswalstro, gele waterkers, grote waterweegbree, waterpeper, fioringras, watermunt, mannagras, wolfs-poot, kroossoorten.	Grote egelskop-vegetaties, meestal in ondiepe of drooggevallen sloten.
17	Kleine lisdodde (dominant), eventueel met enkele soorten van type 13.	Vegetaties van ondiepe wateren in de uiterwaarden en in binnendijkse sloten.
18	Grote lisdodde (dominant), eventueel met enkele soorten van type 16.	Soortenarme vegetaties van moerassen en (droge) sloten.
19	Holpijp (dominant), scherpe zegge, veenwortel, lidrus, rietgras, en enkele soorten van type 16.	Holpijpvegetaties, meest in drooggevallen sloten in kwelgebieden.
20	Scherpe zegge (dominant), eventueel met 1-5 soorten van type 21 met lage abundanties.	Soortenarme scherpe zegge-vegetaties in en langs plassen, moerassen en sloten.
21	Scherpe zegge (dominant), liesgras, lidrus, waterzuring, kalmoes, rietgras, moeraskruiskruid, mattenbies, moeraswalstro, riet, veenwortel, holpijp, gele lis, fioringras, watermunt, veenwortel, moerasvergeetmijnietje, grote kattestaart; Tenminste 5 soorten aanwezig.	Tamelijk soortenrijke scherpe zegge-vegetaties in moerassen en sloten.
22	Als 21 met voorts: moerasbeemdgras, waterdrieblad, kale jonker, egelboterbloem, schildereprijs, veldrus, grote wederik, dotterbloem, hennegras, grote boterbloem, zeegroene muur, moeraspirea.	Soortenrijke (zegge)-vegetaties in binnendijkse, mesotrofe moerassen met kwel.
23	Gele lis, liesgras, moerasvergeetmijnietje, grote brandnetel, haagwinde, smeewortel, dauwbraam, grote wederik, riet, grote kattestaart, pitrus, scherpe zegge, moerasandoorn, poelruit, moeraswalstro, moeraskruiskruid, waterzuring, bitterzoet, moerasspirea.	Soortenrijke moerasvegetaties zonder dominerende soorten met veel vochtige ruigtekruiden.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
24	Riet, valeriaan, zevenblad, kleefkruid, engelwortel, veenwortel, ruw beemdgras, rietgras, mannagrass, smeerwortel, haagwinde, dauwbraam, grote brandnetel, grote vossestaart, gewone hennepnetel.	Vochtige ruigten met veel storingssoorten.
25	Grote boterbloem (dominant), holpijp en eventueel enkele water- en moerasplanten.	Vegetatie met dominantie van grote boterbloem, vooral in ondiepe binnendijkse sloten met kwel.
26	Blaaszegge (dominant), voorts enkele grasland- en moerasplanten.	Blaaszegge-vegetaties van drassige binnendijkse graslanden.

### 3 GRASLANDVEGETATIES

#### Ecotootypen G en Fh

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	Liesgras, rietgras, ruw beemdgras, fioningras, kweek, paardebloem, gele waterkers, moerasvergeet-mij-nietje, kattestaart, veenwortel, grote weegbree, scherpe zegge, smeewortel, watermunt, krulzuring, witte klaver, tweerijige zegge, akkerdistel, gele lis.	Vrij soortenrijke, vochtige tot natte uiterwaardgraslanden.
2	Als type 1, voorts zomprus, platte rus, gele lis, lidrus, aardbeiklaver, ruige zegge, gewone waterbies, (late ogentroost, echte koekoeksbloem (fioningras vaak dominant).	Permanent drassige, extensief gebruikte, soortenrijke uiterwaardgraslanden. (vergelijk type M3)
3	Als type 1, voorts zwanebloem, slanke waterweegbree, watertorkruid, gele lis, geknikte vossesstaart, gewone waterbies, moeraszegge, platte rus.	Natte uiterwaardgraslanden met een groot aandeel aan moerasplanten.
4	als type 1, voorts reukgras, scherpe boterbloem, veldzuring, gestreepte witbol, kale jonker, moerasbeemd gras, moerasrolklaver, echte koekoeksbloem, moeraswalstro, grote ratelaar, gewone dotterbloem, mannagrass, egelboterbloem, pitrus, lidrus, pijptorkruid, zomprus, moerasspirea. Tenminste 6 soorten aanwezig.	Soortenrijke vegetaties van natte, binnendijkse graslanden.
5	Rietgras (dominant), veenwortel, fioningras, gele waterkers, reukloze kamille, krulzuring, geknikte vossesstaart, moeraskers, akkerkers, gewone waterbies, mannagrass.	Periodiek vochtige, tamelijk extensief gebruikte uiterwaardgraslanden met dominantie van rietgras.
6	Geknikte vossesstaart, akkerkers, fioningras (deze 3 soorten met hoge abundantie), rietgras, herderstasje, straatgras, grote weegbree, krulzuring, moeraskers.	Soortenarme, laaggelegen, meest hergecultiveerde uiterwaardgraslanden die 's zomers oppervlakkig kunnen uitdrogen.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
7	Kweek (dominant of met hoge abundantie), fioringras, engels raaigras, grote vossestaart, veenwortel, rietgras, krulzuring, herderstasje, paardebloem, smeerwortel, akkerkers.	Soortenarme, laag gelegen, maar periodiek zandige uiterwaardgraslanden met dominantie van kweek. Tamelijk intensief gebruikt.
8	Kweek (dominant), engels raaigras, rietgras, zilverschoon, vijfvingerkruid, veenwortel, heermoes, grote vossestaart, fioringras, reukloze kamille, veldbeemd, wilde bertram, akkerkers, vertakte leeuwetand, engelse alant, bijvoet, boerenwormkruid, herderstasje.	Kweekvegetaties op jonge, zandige oeverwallen en rivierduinen langs de Waal.
9	Engels raaigras, kruipende boterbloem, akkerdistel, kweek, paardebloem, ruw beemdgras, grote vossestaart, vogelmuur, gewone kropaar, veldbeemdgras.	Soortenarme, zeer intensief gebruikte cultuurgraslanden.
10	Als type 9, voorts scherpe boterbodem, veldzuring, rode klaver, pinksterbloem, geknikte vossestaart, streepte witbol, kamgras, zachte dravik Tenminste 3 soorten aanwezig of 2 met hoge abundantie.	Minder intensief gebruikte, weinig overstroomde cultuurgraslanden.
11	Als type 9, voorts gewone bereklauw, fluitekruid, glanshaver, (deze soorten met lage abundanties), veldgerst, goudhaver, rood zwenkgras, smalle weegbree, gewoon duizendblad Tenminste 3 soorten aanwezig.	Tamelijk extensief gebruikte graslanden. Vooral op weinig overstroomde, hooggelegen delen van de uiterwaarden, vaak in gebruik als hooiland met nabeweiding.
12	Glanshaver, fluitekruid, gewone bereklauw, (deze soorten zijn (co-)dominant), groot streepzaad, grote vossestaart, veldbeemd, kweek, grote brandnetel, hondsdrif, kraailook, vogelwikke en (eventueel) soorten van type 10.	Tamelijk ruige, soortenarme glanshavervegetaties van weinig overstroomde terreinen. Indicatief voor gebruik als hooiland.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
13	Als type 11, voorts knoopkruid, hopklaver, peen, ruige leeuwetand, jacobskruiskruid, viltig kruiskruid, grasklokje, margriet, rolklaver, veldlathyrus, heksenmelk, knolboterbloem. Tenminste 4 soorten aanwezig.	Soortenrijke <del>glashaver</del> vegetaties op extensief beweide of gehooide, droge oeverwallen in de uiterwaarden
14	Als type 12, voorts geel walstro, ruige weegbree, echte kruisdistel, kattedoorn, knikkende distel, kleine klaver, sikkellklaver, zandmuur, zandhoornbloem. Tenminste 4 soorten aanwezig.	Extensief beweide, droge graslanden op kalkrijke rivierduinen en oeverwallen.
15	Vervalt	
16	Vetkruidsoorten, zachte ooievaarsbek, akkerhoornbloem, grasklokje, cypreswolfsmelk, reigersbek, geel walstro, zandmuur, zandhoornbloem, kleine klaver, rood zwenkgras.	Open, lage vegetaties van rivierduinen.
17	Als type 10, voorts smeerwortel, watermunt, ruige zegge, penningkruid, scherpe zegge, tweerijige zegge, pinksterbloem, moerasspirea, valse voszegge, moerasvergeet-mijnietje, en (eventueel) 1-6 soorten van type 4. Tenminste 3 soorten aanwezig.	Vochtige, matig intensief gebruikte, binnendijkse graslanden.

#### 4 VEGETATIES VAN DROGE RUIGTEN EN RUDERALE TERREINEN

##### Ecotooptype R

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	Haagwinde, dauwbraam, bitterzoet, bosrank, late guldenroede, zeepkruid, barbarakruid, heermoes, valeriaan, canadese fijnstraal, poelruit.	Ruige sluiervegetaties op kribben, steenbeschoeiingen en puinvlakten.
2	Grote brandnetel (meest dominant), dauwbraam, gewone bereklauw, meidoorn, rietzwenkgras, kropaar, kruldistel, akkerdistel, kweek, heksenmelk, glad walstro, hondsdraf, smeerwortel, haagwinde.	Soortenarme droge ruidten.
3	Raket, canadese fijnstraal, oeverstekel-noot, sofiekruid, wilde reseda, klis, teunisbloemsoorten, dauwbraam, haagwinde, honingklaversoorten, speerdistel, kaasjeskruidsoorten.	Vegetatie van kalkrijke, ruderaale terreinen.
4	Duinriet en/of, rietzwenkgras (een van) beide dominant, kweek, heermoes, heksenmelk, ruige zegge, bijvoet, akkerkers, wilde betertram, vijfvingerkruid, zilverschoon.	Ruige vegetaties van jonge, zandige oeverwallen en riverduinen.

## 5 AKKERVEGETATIES

### Ecotooptype A

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	Melganzevoet, zwarte nachtschade, vogelmuur, perzikkruid, varkensgras, akkerdistel, kleine brandnetel, kweek.	Soortenarme peulvrucht- en hakvruchtakkers (bieten, aardappels).
2	Als type 1	Soortenarme maïsakkers.
3	Als type 1	Soortenarme graanakkers.
4	Als type 1 + akkerviooltje, akkerleeuwebek, knopherik, akkervergeetmijnietj, akkerereprijs, kromhals, gele ganzebloemm, witte krodde, rood guichelheil, steenraket, grote ereprijs, hane-poot, muurzandkool, duivekervel. Tenminste 3 soorten aanwezig.	Soortenrijke peulvrucht- of hakvruchtakkers.
5	Als type 4	Soortenrijke maïsakkers.
6	Als type 1 + windhalm, echte kamille, akkerereprijs, akkerleeuweklauw, gewone duivekervel, akkerviooltje, gewone en ruige klaproos, korenbloem. Tenminste 3 soorten aanwezig.	Soortenrijke graanakkers.

## 6 KRUIDACHTIGE LIJNVORMIGE VEGETATIES

### Ecotootypen V, D, T

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	Scherpe zegge (dominant), voorts liesgras, kleeftkruid, valeriaan, grote egelskop, rietgras, holpijp, veenwortel, lidrus, scherpe boterbloem, vogelwikke, gele lis, grote kattestaart en (evt.) enkele soorten van type 9.	Scherpe zegge-vegetaties langs watergangen.
2	Riet (dominant), voorts als type 1, echter minder soortenrijk.	Tamelijk soortenarme rietvegetaties langs watergangen.
3	Liesgras (dominant), voorts als type 1, echter minder soortenrijk.	Soortenarme liesgras vegetaties langs watergangen en in greppels.
4	Liesgras, scherpe zegge (beide niet dominant), holpijp, pinksterbloem, fioringras, rietgras, hondsdrif, veenwortel, lidrus, vogelwikke, grote brandnetel, ruw beemdgras, tweerijige zegge, mannagrass, valse voszegge, kleine veldkers, pitrus, echte valeriaan. Tenminste 2 vochtminnende soorten aanwezig.	Tamelijk soortenarme vegetaties van slootkanten en greppels.
5	Reukgras, egelboterbloem, echte koekoeksbloem, moerasrolklaver, moeraswalstro, penningkruid, ruige zegge, hagezegge, zomprus, gewone dotterbloem. Tenminste 3 soorten aanwezig. Voorts scherpe zegge (kan domineren) en soorten van type 4.	Soortenrijke vegetaties van slootkanten.
6	Echte valeriaan, liesgras, moeras-, spirea, dauwbraam, moerasandoorn, vogelwikke, rietgras, scherpe zegge, kleeftkruid, lidrus, grote kattestaart, gele lis, glanshaver.	Ruige vegetaties van vochtige bermen, taluds en slootkanten.



<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
7	Gele honingklaver, bijvoet, boerenwormkruid, vlasbekje, rietzwenkgras, reukloze kamille, grote klis, vijfvingerkruid, pastinaak, grote brandnetel, barbarakruid, kleefkruid, akkerkool, meidoorn, kropaar, herts-munt, heksenmelk, kruldistel, akkerwinde, wilde reseda, melkdistel, smeerwortel, haagwinde en (evt.) soorten van type 11	Ruige vegetaties van (dijk-)taluds en wegbermen.
8	Dauwbraam en/of grote brandnetel domineren, voorts kleefkruid, akkerdistel, haagwinde en soorten van type 11.	Soortenarme ruigten op bermen, perceelsranden en taluds.
9	Paardebloem, engels raaigras, veldbeemd, witte klaver, gewone kropaar, fioringras, varkensgras, geknikte vossestaart, beemdlangbloem, krulzuring, herderstasje, rietgras, liesgras.	Soortenarme vegetaties van intensief gebruikte taluds, (beschaduwde) bermen en slootkanten.
10	Scherpe boterbloem, madeliefje, fluitekruid (niet dominant), glanshaver (niet dominant), zachte dravik, veldzuring, smalle weegbree, rode klaver, rood zwenkgras, pinksterbloem, paardebloem, gewoon duizendblad, gewone bereklauw.	Tamelijk soortenarme vegetaties van bermen, perceelsranden en beweide dijk-taluds.
11	Als type 10, echter: fluitekruid, bereklauw en/of glanshaver zijn dominant. Voorts: veldlathyrus, vogelwikke, pastinaak, herik, vijfvingerkruid, akkerkool en (evt.) 1-6 soorten van type 12.	Soortenarme ruige vegetaties van bermen en dijk-taluds.
12	Als type 11 + goudhaver, gewoon knoopkruid, peen, groot streepzaad, hopklaver, pastinaak, viltig kruiskruid, gewone ereprijs, akkerhooimbloem, margriet, gewone rolklaver, gewoon reukgras, gele morgenster, gewoon duizendblad, knolboterbloem, grasklokje, biggekruid, ruige leeuwetand, geel walstro,	Tamelijk soortenrijke vegetaties van bermen en matig intensief gebruikte dijk-taluds.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
	grasmuur, glad walstro, grote bevernel. Tenminste 6 soorten aanwezig.	
13	Als type 12 + ruige weegbree, sikkelklaver, kattedoorn, grote tijm, muizeoor, kleine bevernel, handjesgras, echte kruisdistel, kleine leeuwetand, knikkende distel, kleine bevernel, zachte haver, zandmuur, gewone bermzegge. Tenminste 4 soorten aanwezig.	Soortenrijke vegetaties van extensief beweide dijktaluds en perceelsranden.
14	Vetkruidvegetaties; met vermelding van de dominante soort(en): 15 M: muurpeper; 15 T: tripmadam; 15 W: wit vetkruid; 15 Z: zacht vetkruid.	Vetkruidvegetaties op talusbekledingen.

## 7 VEGETATIES VAN HAGEN, STRUWELEN EN GRIENDEN

### Ecotootypen Hg, St en Sg

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	<u>Struiklaag</u> : diverse wilgensoorten, es, els <u>Kruidlaag</u> : ontbreekt vrijwel (plaatselijk gele lis, watertor-kruid, waterkerssoorten met lage abundanties).	Wilgenvloedstruwelen en grienden, vrijwel zonder kruidlaag, die meestentijds onder water staat.
2	<u>Struiklaag</u> : als type 1 <u>Kruidlaag</u> : rietgras, dauwbraam, gele waterkers, smeewortel, grote kattestaart, scherpe zegge, penningkruid, moeraswalstro, wolfspoot, veenwortel, bitterzoet.	Vochtige tot natte wilgenstruwelen en grienden met soortenrijke kruidlaag van moerasplanten.
3	<u>Struiklaag</u> : als type 1 <u>Kruidlaag</u> : veel brandnetel, dauwbraam, gewone hennepnetel, rietgras en haagwinde; Voorts kruipende boterbloem, ruw beemdgras, hondsdraf, haagwinde, engelwortel, grote vossestaart; weinig soorten van type 2.	Relatief hooggelegen, ruige wilgenstruwelen of grienden.
4	<u>Struiklaag</u> : eenstijlige meidoorn, gewone vlier <u>Kruidlaag</u> : grote brandnetel, akkerdistel, hondsdraf, vogelmuur, paardbloem en soorten van het cultuurgrasland.	Soortenarme, sterk gestoorde meidoornhagen en -struwelen.
5	<u>Struiklaag</u> : als type 4 + schietwilg, hondsroos, braam, bitterzoet, haagwinde <u>Kruidlaag</u> : kweek, hondsdraf, grote vossestaart, kleefkruid, grote brandnetel, smeewortel, andere vochtminnende soorten.	Tamelijk soortenarme meidoornhagen en struwelen op vochtige plaatsen.
6	<u>Struiklaag</u> : eenstijlige meidoorn, sleedoorn, rode kornoelje, hondsroos, wegedoorn, dauwbraam, kardinaalsmuts (weinig vlier) <u>Kruidlaag</u> : kweek, grote brandnetel, hondsdraf, glanshaver e.d.	Hagen en struwelen met goed ontwikkelde struiklaag.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
7	<p><u>Struiklaag</u>: eenstijlige meidoorn, vlier, hondsroos, sleedoom, dauwbraam, bitterzoet</p> <p><u>Kruidlaag</u>: als type 6 + fluitekruid, dolle kevel, look-zonder-look, gevlechte dovenetel.</p>	Hagen en struwelen met matig ontwikkelde struiklaag en goed ontwikkelde, vaak ruige kruidlaag.

8 VEGETATIES VAN BOSSEN, POPULIERENAANPLANTEN, HOUTWALLEN, SINGELS EN KAPVLAKTEN

Ecotootypen B, Hw, Hs en K

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
1	Geen.	Jonge aanplant (bossen, brede singels, erfbeplanting, e.d.),
2	Populier of schietwilg, gestreepte witbol, gewone kropaar, fioringras, grote, vossestaart, engels raaigras, paardebloem, kweek, kleefkruid.	Populieren- of schietwilgnaanplanten, meest zonder struiklaag, met grasondergroei.
3	Populier of schietwilg, meidoorn, aalbes, valeriaan, hennepnetel, akkerdistel, kleefkruid, grote vossestaart, kruipende boterbloem (veel brandnetel en/of dauwbraam).	Binnen- en buitendijkse populieren- en schietwilgnaanplanten op droge gronden met ruige ondergroei.
4	Als 3, voorts moerasvergeet-mij-nietje, grote kattestaart, bitterzoet, moeraswalstro, akkerkers, gele waterkers, riet, grote wederik, watertorkruid, penningkruid, veenwortel, moeraskruiskruid, watermunt, poelruit.	Populieren- en schietwilgnaanplanten op natte plaatsen, vaak op rabatten in uiterwaarden; soms spontaan ontwikkelde schietwilgenbossen.
5	Als 3, voorts: zwarte els, engelwortel, glanshaver, lidrus, haagwinde, kale jonker, grote wederik, moerasspirea, liesgras, gewone kropaar, scherpe zegge, riet, knopig helmkruid, gewone engelwortel.	Populierenbossen op permanent vochtige, gronden met soortenrijke ruigteondergroei.
6	Als 3, voorts; zwarte els, aalbes, hop, geel nagelkruid, reuzenzwenkgras, witte dovennetel, robertskruid, moerasspirea, scherpe zegge, gewone kropaar, liesgras, kale jonker, bosandoorn, bloedzuring.	Oude populierenbossen op vochtige, binnendijkse gronden met goed ontwikkelde ondergroei waarin enkele echte bosplanten voorkomen.
7	Iep, es, zwarte els, gewone vlier.	Loofbossen (vrijwel) zonder kruidlaag.

<u>Type</u>	<u>Kenmerkende soorten</u>	<u>Aspect en milieu</u>
8	Dominantie van zwarte els of es, voorts veldesdoorn, eik, iep, populier, gewone vlier, rode kornoelje, eenstijlige meidoorn, zwarte bes, hennepnetel, fioringras, kweek, kleefkruid, smeerwortel, hondsdrif.	Gemengde loofbossen met voornamelijk storingssoorten als ondergroei.
9	Boom- en struiklaag als type 8, voorts: hop, ijle zegge, geel nagelkruid, drienerfmuur, look-zonderlook, mannetjesvaren, wijfjesvaren, stekelvarens, reuzenzwenkgras, ruwe smele, robertskruid, groot heksenkruid, bloedzuring, schaduwgras.	Vochtige elzenessenbossen met veel echte bosplanten.
10	Zwarte els (dominant), kruidlaag als type 8, voorts: vogelkers, katwilg, grauwe wilg, hop, liesgras, haagwinde, kale jonker, stekelvarens, gele lis, moerasspirea, bitterzoet.	Natte elzenbroekbossen.

## AANHANGSEL 3 BESCHRIJVING VAN DE VEGETATIETYPEN

In dit onderdeel wordt een beschrijving gegeven van de onderscheiden vegetatietypen. Voor zover ze in het landinrichtingsgebied zijn aangetroffen. Bij deze beschrijving is de in par. 3.2.2 van het basisrapport genoemde indeling in ecotootypen aangehouden.

Per vegetatietype wordt een korte beschrijving gegeven van de structuur en floristische samenstelling, de belangrijkste differentiërende soorten, de ecologie en verbreiding in het gebied. De syntaxonomische verwantschap met de plantengemeenschappen die voor Nederland zijn onderscheiden door Westhoff en Den Held (1975) is per groep in een tabel samengevat.

Indien een vegetatietype in eerste instantie is ontleend aan de typologie van de Gelderse uiterwaarden (Jongman en Leemans, 1982), is tevens de code van dit "provinciale" type vermeld.

Voor een volledig overzicht van de differentiërende soorten wordt verwezen naar aanhangsel 2.2: de karteringssleutels.

### 1 WATERVEGETATIES

#### Ecotootype W

In het algemeen zijn de watervegetaties gerangschikt naar afnemende voedselrijkdom van het water.

#### Type 2    Wateren (vrijwel) zonder waterplanten

Hogere waterplanten en wieren onstreken vrijwel geheel. Dit type omvat sterk vervuilde wateren (zowel sloten als rivieren) of zeer frequent en intensief geschoonde sloten alsmede, diepe of recent ontgraven plassen.

#### Type 3    Draadwier-vegetaties

Draadwieren zijn dominant. Afhankelijk van de waterkwaliteit en de mate waarin draadwieren ("flab") voorkomen, kunnen hogere waterplanten in geringe hoeveelheden aanwezig zijn. Het type komt hoofdzakelijk voor in (zeer) voedselrijke wateren, plaatselijk echter tevens in matig voedselarme wateren. Vermoedelijk komen in dit laatste geval andere soorten wieren tot ontwikkeling. Het gebruik van herbiciden bij slootonderhoud of uitspoeling van herbiciden uit omringende landbouwgebieden leidt vaak tot massale ontwikkeling van draadwieren (Van Katwijk en Roelofs 1988). Het type is in het onderzoeksgebied tamelijk algemeen, zowel in kleine, ondiepe sloten als in kleiputten en brede weteringen.

#### Type 4    Darmwier-vegetaties

Watervegetatie gekenmerkt door dominantie van darmwier (*Enteromorpha spec.*), ken-

merkend voor zeer fosfaatrijke, harde wateren (hoog bicarbonaat-gehalte). Dit type is slechts in enkele sloten in het komgebied aangetroffen.

#### Type 5    Kroosvaren-vegetaties

Dit in het landinrichtingsgebied zeldzame vegetatietype is kenmerkend voor zeer voedselrijk water waarin stikstof en fosfaat in overmaat aanwezig zijn. Het milieu is vergelijkbaar met dat van kroos- en wervegetaties (typen W3, W4 en W6). Het zwaartepunt van het kroosvaren-areaal ligt in het westen van het land, waarschijnlijk in verband met de vorstgevoeligheid van deze soort. Het type komt pas laat in het groeiseizoen tot optimale ontwikkeling, meestal ontstaat het uit een bultkroos-vegetatie (Van Katwijk en Roelofs 1988).

#### Type 6    Kroos-vegetaties

Bultkroos, klein kroos en/of veelwortelig kroos zijn dominant. Daarnaast kunnen soorten uit de typen 4 t/m 21 in geringe hoeveelheid voorkomen. Kroosvegetaties komen vooral voor in zeer voedselrijke wateren met hoge concentraties aan fosfaat, ammoniak en sulfiden. Het type is in het gebied zeer algemeen, vooral in sloten op de stroomruggen en in de omgeving van bebouwing.

#### Type 7    Grof hoornblad-vegetaties

Dit type wordt in het gebied slechts incidendeel aangetroffen, met name in zeer fosfaatrijke wateren in het komgebied alsmede in de Oude Rijn bij Lienden.

#### Type 8    Schedefonteinkruid-vegetaties

Watervegetaties met dominantie van schedefonteinkruid zijn in de regel soortenarm. Het type is kenmerkend voor zeer voedselrijke milieu, met vaak hoge concentraties aan ammoniak (Van Katwijk en Roelofs 1988). In dergelijke wateren is deze soort met name door de horizontale groeistrategie zeer concurrentiekrachtig. In het landinrichtingsgebied beperkt de verspreiding van dit type zich voornamelijk tot rustige delen van de Neder-Rijn (brug bij Rhenen).

#### Type 14   Stijve waterranonkel-vegetaties

Matig soortenrijke vegetaties met hoge bedekking of zelfs dominantie van stijve waterranonkel. Sterrekroos en kikkerbeet zijn algemene begeleidende soorten. Stijve waterranonkel is kenmerkend voor voedselrijke tot zeer voedselrijke, relatief frequent geschoonde wateren. Het type komt voor in kleine sloten in het komgebied, alsmede in kleiputten en recreatievijvers (camping bij Aalst).

#### Type 15   Puntkroos-vegetaties

Puntkroos-vegetatie zijn veelal te vinden in heldere, voedselrijke wateren met minerale bodem, waar frequent geschoond wordt. Het type komt in enkele kleine binnendijkse sloten voor, zowel in het komgebied als in de omgeving van de Oude Rijn bij Lede.



#### Type 16 Glanzig fonteinkruid-vegetaties

Een voor dit gebied zeldzaam vegetatietype, dat hoofdzakelijk in enkele binnendijkse sloten voorkomt. De soort geldt als indicator voor voedselrijk, doch niet vervuild water.

#### Type 18 Watergentiaan-vegetaties

In de regel soortenarme vegetaties waarin watergentiaan het aspect bepaald. Meestal buitendijks aangetroffen in ondiepe, oude kleiafgravingen en strangen. Binnendijks slechts in enkele sloten aanwezig. Watergentiaan-vegetaties komen voor in carbonaatrijke, (matig) voedselrijke wateren met kleiige bodem. Deze soort verdraagt geen langdurige zomerinundaties. Als gevolg van enkele perioden met hoge zomerwaterstanden, is deze soort vooral in de Waaluitwaarden (Gouverneursche Polder) sterk in aantal en verspreiding teruggelopen.

#### Type 19 Kikkerbeet-vegetaties

In het algemeen tamelijk soortenrijke slootvegetaties waarin gewoon sterrekroos, smalbladige fonteinkruiden, stijve waterranonkel, puntkroos, smalle waterpest en waterviolier algemene begeleiders zijn. Het type komt voor in matig voedselrijke tot voedselrijke sloten, meestal met kleibodems. Het is in het gebied weinig algemeen en kent wat de verspreiding betreft haar zwaartepunt in kleine, heldere sloten in Het Overbroek.

#### Type 20 Krabbescheer-vegetaties

Vegetaties met hoge bedekking van krabbescheer zijn in het landinrichtingsgebied schaars. Deze soort prefereert matig voedselrijk, zacht water (weinig Ca- en Mg-ionen) en een bodem die voornamelijk uit organisch substraat bestaat. Het zwaartepunt van de verspreiding van deze soort ligt dan ook in de laagveengebieden. De kleiige bodemopbouw en het frequente slootonderhoud heeft in het landinrichtingsgebied voornamelijk minerale slootbodems als resultaat. De soort is dan ook in haar verspreiding beperkt tot een binnendijkse kwelsloot ten noorden van Dodewaard en in een brede, buitendijkse sloot tussen Opheusden en de Grote Kleiput (bijlage 14).

#### Type 24 Smalle waterpest-vegetaties

Gekenmerkt door een hoge bedekking van smalle waterpest; daarnaast zijn meestal enkele andere waterplanten aanwezig, zoals kroossoorten, kleine fonteinkruiden, kikkerbeet en gewoon sterrekroos. Smalle waterpest-vegetaties zijn nauwelijks gebonden aan een bepaalde mate van eutrofiëring: het type komt voor in matig voedselrijke tot zeer voedselrijke wateren. In voedselrijke wateren is smalle waterpest dankzij de sterke horizontale groei-strategie een zeer concurrerende soort. Het frequent schonen van watergangen leidt vaak tot dominantie van deze soort. In het landinrichtingsgebied is het type zeer algemeen, zowel in kleine binnen- en buitendijkse sloten als in brede weteringen.

#### Type 25 Fijne waterranonkel-vegetaties

Fijne waterranonkel is een zeldzame soort in het landinrichtingsgebied. Nergens bereikt deze soort hoge bedekkingspercentages. Het meest frequent is ze aangetroffen in De Mars. Fijne waterranonkel staat te boek als indicatief voor matig voedselrijke wateren.

#### Type 26 Haarfonteinkruid-vegetaties

In enkele slootjes in het Lage Veld ten zuidwesten van Kesteren komt haarfonteinkruid voor met een relatieve bedekking > 10%. Ook in sloten in het komgebied wordt ze regelmatig aangetroffen, echter met geringe bedekking. Haarfonteinkruid is indicatief voor voedselrijke, doch niet vervuilde wateren.

#### Type 27 Gewoon sterrekroos-vegetaties

Gewoon sterrekroos is een algemene plantesoort in het landinrichtingsgebied. De verspreiding beperkt zich niet tot het komgebied; ook op de stroomruggen en in zowel de Rijn- als Waal uiterwaarden is gewoon sterrekroos soms vegetatievormend aanwezig. Gewoon sterrekroos-vegetaties zijn (zwak) kenmerkend voor voedselrijke, niet vervuilde wateren. De soort bezit echter geen hoog indicatiegewicht. In sommige gebieden kan gewoon sterrekroos als kwelindicator optreden. Gezien het voorkomen van deze soort in de uiterwaarden en op de stroomruggen geldt deze kwalificatie zeker niet voor het onderhavige gebied.

#### Type 28 Gele plomp-vegetaties

De gele plomp kent een breed verspreidingspatroon in het landinrichtingsgebied. Enerzijds is zij kenmerkend voor relatief diepe strangen en wielen (binnen- en buitendijks), anderzijds komt zij, plaatselijk aspectbepalend, voor in kleine kwel-slootjes in het komgebied. De soort staat te boek als indicatief voor voedselrijk water (laag indicatiegewicht), meest met kleiige bodem.

#### Type 29 Watervorkje-vegetaties

Deze levermossoort is in een tiental binnendijkse sloten aangetroffen, zowel in het komgebied als in De Marspolder. Nergens bereikt de soort echter hoge bedekkingspercentages. Watervorkje komt voor in luwe, matig voedselrijke tot voedselrijke wateren.

#### Type 30 Waterviolier-vegetaties

Vooraf in het oostelijke komgebied (Dodewaardse Veld) is waterviolier een algemene soort, met name in de kleine, geïsoleerde sloten. Hier bereikt ze vaak hoge bedekkingspercentages. Op de stroomruggen is de soort zeldzaam, terwijl ze in de uiterwaarden ontbreekt. Waterviolier geldt als een betrouwbare kwelindicator. De soort is kenmerkend voor kwelsituaties met toestroming van CO<sub>2</sub>-rijk grondwater in overigens matig voedselrijk water. De verspreiding van waterviolier is weergegeven op bijlage 14.

### Type 31 Kroosmos-vegetaties

Deze onopvallende, op kroos lijkende mossoort is in een enkele binnendijkse sloot aangetroffen, o.a. in de Marspolder. Nergens bereikt ze hoge bedekkingspercentages. In tegenstelling tot soorten als klein-, veelwortelig en vooral bultkroos is kroosmos indicatief voor minder voedselrijk wateren.

### Type 32 Brede waterpest-vegetaties

Brede waterpest kent in het landinrichtingsgebied twee duidelijke concentratiegebieden namelijk in het Eldiksche Veld en het oostelijk deel van het Dodewaardse Veld. Hier komt ze vaak vegetatievormend voor. In tegenstelling tot de smalle waterpest is brede waterpest indicatief voor slechts matig voedselrijk water. Vanwege de verticale groei-strategie is brede waterpest ook belangrijk minder concurrentiekrachtig. De soort staat te boek als (matig) betrouwbare kwelindicator. De verspreiding is weergegeven op bijlage 14.

### Type 33 Witte waterlelie-vegetaties

In tegenstelling tot de verwante gele plomp is de witte waterlelie veel kieskeuriger in haar eisen t.a.v. het milieu. Zo komt ze nauwelijks voor in binnendijkse sloten en in wielen, waarschijnlijk als gevolg van een voor de soort ongunstig bodemsubstraat, doch beperkt haar verspreiding zich hoofdzakelijk tot buitendijkse strangen. Vooral de Hiensche Strang bevat, voorzover niet vergraven, fraaie witte waterlelie-vegetaties. Bloemendaal en Roelofs (1988) noemt haar indicatief voor slechts matig voedselrijk water. Het lage indicatiegewicht voor deze soort geeft echter al aan dat deze kwalificatie niet voor alle omstandigheden geldt; in het landinrichtingsgebied is witte waterlelie in haar verspreiding beperkt tot wateren die regelmatig in verbinding staan met vervuild Waalwater.

### Type 34 Drijvend fonteinkruid-vegetaties

Drijvend fonteinkruid komt slechts op één plaats in het landinrichtingsgebied voor, namelijk in een sloot in De Marspolder. De soort is indicatief voor slechts matig voedselrijk water, doch bezit een laag indicatiegewicht. Ze staat als redelijk betrouwbare kwelindicator te boek.

### Type 35 Kransvederkruid-vegetaties

Kransvederkruid is een namelijk zeldzame soort in het landinrichtingsgebied. De verspreiding beperkt zich tot de kwelgebieden in het Eldiksche en Dodewaardse Veld. Voorts komt de soort op enkele plaatsen in De Mars-polder voor (direct ten westen van Kesteren). Kransvederkruid geldt als een betrouwbare kwelindicator. Evenals waterviolier indiceert ze uitstroming van CO<sub>2</sub>-houdend grondwater. Dit watertype ontstaat bij infiltratie van neerslagwater op pleistocene gronden, dat vervolgens afwisselend kalkrijke en venige sedimenten passeert om uiteindelijk in holocene-gebieden op te kwellen. Naast kwel is deze soort kenmerkend voor een goede waterkwaliteit (matig hoog trofie-niveau). De verspreiding is weergegeven op bijlage 14.

### Type 36 Spits fonteinkruid-vegetaties

Deze vaak lastig te herkennen "breedbladige" fonteinkruidsoort komt in het landinrichtingsgebied uitsluitend voor in enkele geïsoleerde slootjes in het Eldiksche en Dodewaardse Veld (oostelijk deel). Spits fonteinkruid is kenmerkend voor matig voedselrijk water en geldt als redelijk betrouwbare kwelindicator. De soort reageert positief op regelmatig slootonderhoud: na een schoningsbeurt kan ze tijdelijk met hoge bedekking voorkomen. Ze bezit een groot generatievermogen doch is weinig concurrentiekrachtig. De verspreiding is weergegeven op bijlage 14.

### Type 38 Chara vulgaris-vegetaties

Deze kranswier-soort komt hoofdzakelijk voor in enkele geïsoleerde slootjes in het komgebied. In het Dodewaardse Veld bereikt ze plaatselijk een bedekkingspercentage > 10%. Chara vulgaris geldt als indicatief voor voedselarm water met (matig) fosfaatrijke bodem (Bloemendaal en Roelofs 1988).

## 2 VEGETATIES VAN MOERASSEN EN VOCHTIGE RUIGTEN

### **Ecotooptype M**

De typen zijn voornamelijk gerangschikt naar afnemende dynamiek van het milieu.

#### Type 1 (Vrijwel) onbegroeide gronden

(Prov. type: Aao)

Vrijwel vegetatieloze, recente terreinvergravingen, periodiek droogvallende kleiputten, slootbodems en rivierstranden, zowel met zandige als kleiige bodems. Op kleiige gronden ontwikkelt zich na droogvallen reeds na korte tijd (enkele weken) type M2 uit dit type. In type M1 kunnen (reeds) enkele soorten van type M2 aanwezig zijn, met geringe abundantie of bedekking.

#### Type 2 Vegetaties met rode ganzevoet en moerasdroogbloem

(Prov. type: Mc2)

Open tot vrijwel gesloten pioniervegetaties van drooggevallen zandstranden, oevers van ontgrondingen in de uiterwaarden en opgespoten zandige terreinen. Gekenmerkt door de aanwezigheid van veel één- en twee-jarige stikstofminnende soorten als ganzevoetachtigen, grote weegbree, akkerdistel, akkerkers, bijvoet, zwarte nachtschade en moerasdroogbloem. Op de rivierstranden en kleiige oevers van plassen kunnen diverse, voor dit milieu typische stroomdalsoorten voorkomen als slijkgroen, breukkruid, oeverstekelnoot en liggende ganzerink. Langs de recentelijk vergraven Hiensche Strang zijn plaatselijk massaal zaailingen van de zwarte populier waargenomen. Het type komt algemeen voor in de Waaluiterswaarden. In de relatief minder dynamische Rijnuiterswaarden is de verspreiding beperkt tot de oevers van deze rivier en enkele ontgrondingen.

Type 3 Vegetaties met wolfspoot en platte rus  
(Prov. type: Ma1)

Min of meer gesloten vegetaties van kleiige oevers van ontgrondingen in de uiterwaard. Vaak volgt dit type in de successie het vorige type op, hetgeen onder andere blijkt uit het grotere aandeel aan meerjarige soorten en soorten van wat minder dynamische milieus. Kenmerkend zijn: waterpeper, wolfspoot, gewone waterbies, tandzaadsoorten, fioringras, ruige zegge en diverse soorten russen. Het type is tamelijk algemeen in de Gouverneursche Polder; in de Rijnuitwaarden en in de Hiensche Waard is het veel zeldzamer.

Type 4 Vegetaties met watertorkruid en grote waterweegbree  
(Prov. type: Mb1)

Tamelijk soortenrijke open tot gesloten moerasvegetaties van regelmatig droogvallende, luwe delen van kleiputten in de uiterwaarden en 's zomers droge of ondiepe sloten. Het type treedt hier vaak op als pioniervegetatie en kan bij fluctuerende waterstanden lang standhouden. Kenmerkende soorten zijn watertorkruid, grote waterweegbree, mannagrass, kroos-soorten, penningkruid, fioringras, gele waterkers, moerasvergeet-mijnietje, liesgras en veenwortel. Het type is in alle uiterwaarden aangetroffen, echter met geringe verspreiding en beperkte oppervlakte.

Type 5 Vegetaties met slanke waterweegbree, pijlkruid en zwanebloem  
(Prov. typen: Mb2 en Mb3)

Het type kenmerkt zich door dominantie of hoge bedekking van slanke waterweegbree, zwanebloem en/of pijlkruid. Meestal komen deze drie soorten niet gezamenlijk voor, doch bepalen één of twee soorten het aspect van dit type, in wisselende soortencombinaties. Naast drie genoemde soorten zijn ook de voor type M4 differentiërende soorten aanwezig. Het type komt op kleine schaal voor in of langs oude, ondiepe kleinschalige kleiafgravingen. Het is slechts op twee plaatsen in de Waaluitwaarden aangetroffen (bijlage 19).

Type 6 Soortenarme mannagrass-vegetaties  
(Prov. type: Mn1)

Naast mannagrass zijn geen differentiërende soorten aanwezig. Liesgras, moerasvergeet-mijnietje, kruipende boterbloem, blaartrekkende boterbloem en veenwortel zijn de belangrijkste begeleidende soorten. Vegetaties die vrijwel uitsluitend worden bepaald door mannagrass komen op diverse plaatsen voor in de Rijn- en Waaluitwaarden. Vaak in de vorm van permanent natte terreindepressies temidden van intensief gebruikt, periodiek droog uiterwaardgrasland (bijvoorbeeld type G6, 7 of 9). Ook in drooggevallen slootjes en greppels kunnen mannagrassvegetaties worden aangetroffen.

Type 7 Vegetaties met mannagrass en slanke waterweegbree  
(Prov. type: Mnb)

Het betreft hier een soortenrijke variant van het vorige type, waarvoor, naast domi-

natie van mannagrass, watertorkruid, slanke waterkers, zwanebloem, gewone waterbies en gele waterkers differentiërend zijn. In het landinrichtingsgebied komt dit type slechts sporadisch voor (Wolfswaard en Gouverneursche Polder).

#### Type 8 Soortenarme liesgrasvegetaties

(Prov. type: Mp3)

Soortenarme liesgras-vegetaties zijn in het gebied in uiteenlopende ecotopen vertegenwoordigd, zoals in laaggelegen, permanent natte ontgravingen in de uiterwaarden, als zoomvegetaties in strangen en kolken, in moerassen en in ondiepe of drooggevallen sloten. Het type is in alle uiterwaarden algemeen verbreid.

#### Type 9 Vegetaties met liesgras en moerasandoorn

(Prov. type: Ms2)

Evenals het vorige type kenmerkt dit type zich door het dominante optreden van liesgras. Voor dit type zijn echter, naast liesgras, diverse moerasplanten en vochtige ruigtekruiden differentiërend, zoals scherpe zegge, gele lis, watermunt, moeraswalstro, veenwortel, gele waterkers, moeraskruiskruid en watertorkruid. Het type is floristisch gezien duidelijk verwant met type M23 (vochtige ruigtekruidenvegetaties). Het is veel zeldzamer dan het vorige type, doch is in de Gouverneursche Polder regelmatig aangetroffen, vooral in ondiepe kleiputten en als oevervegetaties van kolken en strangen.

#### Type 11 Rietgras-vegetaties

(Prov. type: Mm1)

Zeer soortenarme vegetaties met dominantie van rietgras. Voorts kunnen o.a. veenwortel, gele waterkers en moerasvergeet-mij-nietje voorkomen. Het type is te vinden op periodieke natte terreinen in de uiterwaarden, die 's zomers echter sterk kunnen uitdrogen. Ook op kribben wordt dit type veelvuldig aangetroffen. Vooral bij lichte beweiding bestaat nauwelijks onderscheid tussen dit type en het graslandtype G5.

#### Type 12 Soortenarme rietvegetaties

(Prov. type: Mp6)

Zeer soortenarme rietvegetaties in moerassen, langs plassen en in sloten. Vooral in de Rijnuiterwaarden, met minder dynamische milieumomstandigheden, kan riet plaatselijk tot dominantie komen.

#### Type 13 Vegetaties met riet en grote kattestaat

(Prov. type: Mts)

Vegetaties waarin riet (vrijwel) dominant aanwezig is, doch waarin tevens een groot aantal moerasplanten en vochtige ruigtekruiden voorkomen zoals grote kattestaat, gele waterkers, moeraswalstro, moerasvergeet-mij-nietje, grote wederik, smeewortel en moeraskruiskruid. Het type is in het landinrichtingsgebied zeldzaam in het (veel zeldzamer dan het vorige type) en komt voornamelijk voor in permanent natte moerassen in de Wolfswaard.

Type 14 Mattenbies-vegetaties  
(Prov. type: Mp1)

Zeer soortenarme vegetaties van vrijwel uitsluitend mattenbies in en langs strangen en kolken in de Rijnuitwaarden. Het type komt slechts op enkele plaatsen voor.

Type 15 Heen-vegetaties  
(Prov. type Mm3)

Relatief soortenarme vegetaties met dominantie of hoge abundantie van heen (zeebies), vaak vergezeld van scherpe zegge, kalmoes en gele waterkers. Heen is een algemene soort in brakke (getijde-)wateren in het westen van het land. Het type is in het landinrichtingsgebied zeldzaam en komt op een enkele plaats voor in de Gouverneursche Polder.

Type 17 Kleine lisdodde-vegetaties  
(Prov. type: Mp9)

Naast kleine lisdodde kent dit type geen differentiërende soorten en nauwelijks begeleidende soorten. Het komt op kleine schaal voor in en langs kleiputten in de Wolfswaard.

Type 18 Grote lisdodde-vegetaties  
(Prov. type: Mp2)

Soortenarme moerasvegetatie met hoge bedekking van grote lisdodde. Overigens zijn geen andere differentiërende soorten aanwezig. Dit type komt meest op kleine schaal voor in complex met andere moerasvegetaties zoals liesgras- en scherpe zegge-vegetaties. Het type is kenmerkend voor dynamische milieus, te weten buitendijkse strangen en kleiputten. Het is op enkele plaatsen in de Hiensche Waard en de Gouverneursche Polder waargenomen.

Type 19 Holpijp-vegetaties  
(Prov. type: -)

Holpijp is voor het onderhavige onderzoek opgenomen als te karteren aandachtsoort. Deze soort kan, mits in grote aantallen aanwezig, als kwelindicator worden opgevat. Op plaatsen waar holpijp vegetatievormend aanwezig is, wordt een dergelijke vegetatie tot een afzonderlijk vegetatietype gerekend (M19). In het landinrichtingsgebied is dit type op een enkele plaats in de Wolfswaard aangetroffen.

Type 20 Soortenarme scherpe zegge-vegetaties  
(Prov. type: Mm2)

Dit type komt vooral in ondiepe, smalle sloten en in moerassen voor. Het is bijzonder soortenarm en kent naast scherpe zegge geen differentiërende soorten. Enkele algemene begeleiders zijn rietgras, liesgras, pitrus en lidrus. Het type is op een enkele plaats in de Gouverneursche Polder aangetroffen.

Type 21 Vegetaties met scherpe zegge en moeraswalstro  
(Prov. type: Mm2)

Dit type is qua aspect, milieu en verbreiding nauw verwant aan het vorige type, doch onderscheidt zich hiervan door een grotere soortenrijkdom. Differentiërend ten opzichte van het vorige type zijn met name moeraswalstro, grote kattestaart, veenwortel, moerasvergeet-mij-nietje, echte valeriaan en watermunt.

Soortenrijke scherpe zegge-vegetaties zijn in het landinrichtingsgebied zeldzaam algemeen. De verspreiding (weergegeven op bijlage 19) beperkt zich tot een oude kleiput in de Gouverneursche Polder.

### 3 GRASLANDVEGETATIES

#### Ecotootypen G en Fh

De typen zijn gerangschikt naar afnemende milieudynamiek, met name wat betreft de vochttoestand.

Type 1 Vegetaties met krulzuring en tweerijige zegge  
(Prov. type: Gn2)

Tamelijk soortenrijke graslandvegetaties waarin veel soorten van vochtige, dynamische milieus voorkomen. Kenmerkend zijn krulzuring, grote weegbree, veenwortel, gele waterkers, akkerkers, fioringras, smeewortel, moerasvergeet-mij-nietje, tweerijige zegge en watermunt. Het type komt op kleine schaal voor op laaggelegen, meest afgetichelde terreinen in de Gouverneursche Polder. Deze graslanden vallen pas laat in het voorjaar droog en worden relatief extensief gebruikt (vrij lage cultuurdruk in de vorm van geringe veebezetting en bemesting).

Type 2 Vegetaties met fioringras en platte rus  
(Prov. type: Gb1)

Dit type graslandvegetaties onderscheidt zich van het vorige type door de aanwezigheid van soorten als gewone waterbies, zomprus, aardbeiklaver, platte rus, ruige zegge, penningkruid en riet. Geknikte vossestaart en/of fioringras zijn vaak aspectbepalend of dominant. In de Wolfswaard komt veel late ogentroost in deze graslanden voor. Het type komt vrij frequent en op relatief grote schaal voor op extensief gebruikte, ondiepe afgetichelde, niet gehercultiveerde percelen in de Wolfswaard. De verspreiding is weergegeven op bijlage 18.

Type 5 Rietgras-vegetaties  
(Prov. type: Gu3)

Soortenarme graslandvegetaties met hoge bedekking of dominantie van rietgras. Voorts met reukloze kamille, grote weegbree, geknikte vossestaart, gele waterkers, akkerkers en fioringras. Het type is nauw verwant aan type M11. Rietgras-graslanden komen voor op laaggelegen, periodiek drassige, kleiige gronden. Voor deze milieus is het type vrij algemeen. Het type is in alle uiterwaarden vertegenwoordigd. Het beheer is extensief tot matig intensief en kan zowel uit maaien als beweiden bestaan.



Type 6 Vegetaties met geknikte vossestaart en akkerkers  
(Prov. type: Gu2)

Het type wordt bepaald door de aanwezigheid van geknikte vossestaart, fioringras en akkerkers. Meestal komen deze drie soorten gezamenlijk en met hoge bedekking voor. Ook reukloze kamille, grote weegbree, krulzuring en gele waterkers zijn algemeen vertegenwoordigd. Deze soortensamenstelling is kenmerkend voor uiterwaarden met regelmatige slibafzetting (Jongman en Leemans, 1982). Alleen op recent (her-)ingezaaide percelen heeft engels raaigras een belangrijk aandeel in de vegetatie. Het type is gebonden aan tamelijk laaggelegen, ontgraven en meestal gehercultiveerde terreinen in de uiterwaarden, die bij hoog water snel onderlopen, doch 's zomers oppervlakkig uitdrogen. Deze graslanden worden tamelijk intensief beweid en bemest. G6-graslanden komen frequent en op grote schaal voor in de Waaluitwaarden. Ook in de Wolfswaard is het vrij algemeen.

Type 7 Soortenarme kweek-vegetaties  
(Prov. type: Gu1)

Het G7-type onderscheidt zich van de intensief gebruikte cultuurgraslanden (type G9) door de aanwezigheid van veenwortel, akkerkers, rietgras, smeewortel en vijfvingerkruid, het ontbreken van gewone kropbaar en veldbeemdgras, alsmede de geringe bedekking van engels raaigras. Kweek is steeds (co-) dominant. Overigens betreft het intensief gebruikte, vrij zwaar bemeste uiterwaardgraslanden, die vaak overstromd raken, doch vergeleken met de typen 5 en 6 snel weer droogvallen. Ook in dit graslandtype houdt engels raaigras niet lang stand wegens de gevoeligheid voor inundaties. Het type komt op grote schaal in alle uiterwaarden voor.

Type 8 Vegetaties met kweek en wilde bertram  
(Prov. type: Gu5)

Vegetaties met dominantie van kweek, met als differentiërende soorten ten opzichte van alle overige typen: wilde bertram, bijvoet, engelse alant en melganzevoet. Ook soorten als vertakte leeuwetand, heermoes, boerenwormkruid, zilverschoon en herders-tasje zijn kenmerkend voor deze kweekvegetaties. Veenwortel, vijfvingerkruid, fioringras, rietgras, akkerkers, grote weegbree en krulzuring zijn algemene begeleidende soorten. Het type komt optimaal ontwikkeld voor op jonge, niet vergraven, beweide oeverwallen en rivierduintjes langs de Waal. Het milieu is zeer dynamisch: jaarlijks wordt bij hoog water een laagje grof zand en grind op de oeverwallen afgezet, terwijl de oeverwallen 's zomers door de relatief hoge ligging en de zandige bodemopbouw sterk kunnen uitdrogen en verstuiven, hetgeen tot de vorming van rivierduintjes leidt. Indien het proces van ophoging ongestoord kan plaatsvinden, bereiken de oeverwallen een hoogte waarop inundaties minder frequent voorkomen en het milieu geleidelijk aan geschikt wordt voor de vestiging van droogteminnende stroomdalsoorten als kattendoorn, cichorei, ruige weegbree en echte kruisdistel. Deze ontwikkeling wordt meestal vroegtijdig afgebroken door het afgraven van de oeverwal, vaak in opdracht van Rijkswaterstaat in verband met handhaven van de afvoercapaciteit van het winterbed of het vastleggen van de oevers door stortsteen. Dankzij het continue proces van sedimentatie herstelt dit kweektype zich na de gelijke ingrepen echter snel. Het is algemeen langs de Waal en slechts sporadisch en fragmentair aanwezig langs de Rijn.

Type 9 Vegetaties met engels raaigras en vogelmuur  
(Prov. type: Gp1)

Dit type omvat de zeer soortenarme, intensief gebruikte graslanden waarin engels raaigras, vogelmuur, veldbeemdgras, grote vossestaart, ruw beemdgras en kruipende boterbloem optimaal voorkomen. Het type was oorspronkelijk hoofdzakelijk binnendijs vertegenwoordigd op de meest intensief gebruikte percelen. Toename van de agrarische gebruiksintensiteit van de uiterwaardgraslanden heeft inmiddels geleid tot het algemeen voorkomen van dit type in zowel de Waal- als Rijnuitwaarden. In de laaggelegen, frequent overstromde, ontkleide delen van de uiterwaarden kan dit type zonder regelmatige inzaai van engels raaigras niet standhouden. Op de relatief hooggelegen, weinig overstromde onvergraven stroomruggen is het type wel standvastig en heeft daar de oorspronkelijk aanwezige glanshavertypen (G11 t/m G13) verdrongen.

Type 10 Vegetaties met scherpe boterbloem en veldzuring  
(Prov. typen: G9p en Gg1)

Het type betreft de ten opzichte van het vorige type soortenrijkere cultuurgraslanden, waarvoor de volgende soortencombinatie kenmerkend is: zachte dravik, pinksterbloem, scherpe boterbloem, veldzuring, gewone hoornbloem, madeliefje en gestreepte witbol. Het type wordt in het inrichtingsgebied aangetroffen op de hoger gelegen, niet afgegraven delen van de uiterwaarden. In gebruiksintensiteit houdt dit type het midden tussen het G9-type en de echte glanshavertypen G11 t/m G13. Het komt in alle uiterwaarden met geringe oppervlakte voor.

Type 11 Vegetaties met glanshaver en veldgerst  
(Prov. type: Gg4)

Soortencombinatie als type 10 met voorts: smalle weegbree, goudhaver, gewoon duizendblad, rood zwenkgras, veldgerst, glanshaver, fluitekruid en bereklauw. Tamelijk soortenrijke, minder intensief gebruikte graslandvegetaties; in verspreiding hoofdzakelijk beperkt tot de morfologisch onaangetaste stroomruggen. Intensivering van het agrarisch gebruik van de hooggelegen stroomruggen heeft de afgelopen jaren geleid tot een belangrijke achteruitgang van het areaal aan deze graslanden (vergelijk provinciale uiterwaardenkartering). Tegenwoordig resteren nog beperkte vindplaatsen in de Gouverneursche Polder. De verspreiding van het type is weergegeven op bijlage 20.

Type 12 Vegetaties met glanshaver en groot streepzaad  
(Prov. type: Gg2)

Vegetaties met hoge bedekking of dominantie van glanshaver, fluitekruid en/of bereklauw. Matig soortenrijke hooilandvegetaties van hooggelegen, droge uiterwaardgraslanden, kenmerkend voor extensief grondgebruik. Het type wordt uitsluitend op een enkele plaats in de Rijnuitwaarden (tegenover de Blauwe Kamer) aangetroffen (bijlage 20).

Type 13 Vegetaties met knoopkruid en gewone rolklaver  
(Prov. type: Gg3)

Het type onderscheidt zich van type 11 door de aanwezigheid van de soortencombinatie: veldlathyrus, knoopkruid, gewone rolklaver, peen, heksenmelk, jacobskruiskruid en margriet. Voorts zijn diverse stroomdalsoorten als knolboterbloem, echte kruisdistel, geel walstro en ruige weegbree kenmerkend voor dit type. Het type is gebonden aan hooggelegen, zandige, extensief gebruikte delen van de uiterwaarden. Tot voor kort (rond 1980) waren dergelijke vegetaties nog te vinden op stroomruggen en oeverwallen in de Gouverneursche Polder en langs de Rijn. Intensivering van het grondgebruik, ontgrondingen en recreatie-activiteiten hebben geleid tot een drastische afname van het areaal aan soortenrijke glanshavergraslanden. Momenteel komt het type op nog slechts één plaats in het landinrichtingsgebied voor, namelijk op een oeverwal langs de Rijn (bijlage 20).

#### 4 VEGETATIES VAN DROGE RUIGTEN

##### Ecotooptype R

Type 2 Grote brandnetel-vegetaties  
(Prov. type: -)

Zeer soortenarme ruitgen van voedselrijke storingsmilieus met dominantie van grote brandnetel. Overigens met slechts enkele differentiërende en begeleidende soorten als dauwbraam, haagwinde, rietgras, smeewortel en kweek. In het landinrichtingsgebied op diverse plaatsen aangetroffen, echter steeds met geringe omvang.

Type 4 Vegetaties met duinriet en rietzwenkgras  
(Prov. type: Mc4)

Rietzwenkgras- of duinrietvegetaties op jonge, niet beweide of gemaaide, zandige oeverwallen langs de Waal, alsmede op kribben (zowel langs Rijn als Waal). Naast beide dominante soorten, die overigens zelden gezamenlijk voorkomen, zijn tevens kenmerkend: rietgras, kweek, akkerkers, bijvoet, wilde bertram en middelste klit. Het type is kenmerkend voor een uiterst dynamisch milieu: perioden van inundatie, uitdroging en overstuiving wisselen elkaar af. Om deze reden het type zeldzamer in de veel minder dynamische Rijnuiterswaarden. Bij beweiding gaat het type over in kweekgrasland, type G8. Ruittevegetaties met duinriet of rietzwenkgras zijn vooral op grote schaal op de landtong ten zuiden van de zandwinningsplas in de Gouverneursche Polder aangetroffen.

#### 5 AKKERVEGETATIES

##### Ecotooptype A

Type 1 Soortenarme maïsakkers  
(Prov. type: Ah0)

Maïsakkers zonder of met spaarzaam ontwikkelde onkruidenvegetatie waarvan soorten

als perzikkruid, varkensgras, melganzevoet en zwarte nachtschade deel uit maken. De afgelopen jaren is een duidelijke toename van het gebruik van uiterwaarden percelen als maïsakker vastgesteld. Hierbij zijn vooral de hooggelegen, minder frequent overstroomde delen in beeld, hetgeen er in de praktijk op neer komt dat vooral de niet afgegraven, hooggelegen stroomruggen voor dit doel worden gebruikt. In het landinrichtingsgebied onderschijft de kartering constatering nog eens duidelijk: de hooggelegen, vaak onvergraven delen van de Wolfswaard en de Gouverneursche Polder waren in 1990 in gebruik als maïsakker.

Type 3    Soortenarme graanakkers  
(Prov. type: Ag0)

Als type 2, echter in verspreiding beperkt tot één perceel in de Gouverneursche Polder.

## 6 KRUIDACHTIGE LIJNVORMIGE VEGETATIES

### Ecotooptypen V, D en T.

De typen zijn gerangschikt naar afnemende vochtigheid van het milieu. Voor de relatie van de hier beschreven typen met de provinciale typologie wordt verwezen naar de graslandtypologie. Bij de provinciale karteringsmethode wordt namelijk geen onderscheid gemaakt tussen vlakvormige en lijnvormige "grasland"-vegetaties. Voorts moet worden opgemerkt dat de vegetatie van de bandijken (T) niet integraal is gekarteerd. In het binnendijkse gebied zijn uitsluitend de typen V5 en V6 gekarteerd.

Type 3    Liesgras-vegetaties

Soortenarme tot zeer soortenarme vegetaties van oevers, slootkanten en greppels, gedomineert door liesgras. Voorts kunnen soorten als rietgras, gele waterkers, veenwortel, grote egelskop en lidrus voorkomen, steeds met geringe bedekking. Het type is weinig algemeen en vertoont sterke overeenkomst met het M8-type (vlakvormige liesgrasvegetaties).

Type 4    Vegetaties met lidrus en pinksterbloem

Matig soortenrijke slootkantvegetaties met als kenmerkende soorten: liesgras, scherpe zegge, lidrus, veenwortel, pinksterbloem, valse vossezegge, tweerijige zegge en mannagrass. Voorts komen differentiërende soorten van type 10 voor. Het type komt op enkele plaatsen in de Wolfswaard voor.

Type 7    Vegetaties met bijvoet en boerenwormkruid

Matig soortenrijke tot zeer soortenrijke, ruige vegetaties met veel soorten van droge, vaak kalkrijke ruigten als boerenwormkruid, wilde reseda, kruldistel, akkerwinde, rietzwenkgras, eenstijlige meidoorn, grote klit, barbarakruid en heksenmelk. Ook soorten van type 11 kunnen frequent voorkomen, met name glanshaver, bereklauw en fluitekruid. Voorts zijn grote brandnetel en dauwbraam met vaak hoge bedekking vertegenwoordigd. Het type is kenmerkend voor niet beheerde, al of niet met beklede

taluds van rivierdijken en kaden. Het komt slechts sporadisch voor in de Rijnuitwaarden.

#### Type 8 Grote brandnetel-vegetaties

Soortenarme vegetaties met dominantie van grote brandnetel. Naast deze soort kunnen ook haagwinde, dauwbraam, rietgras, kleeftkruid en enkele soorten van type 11 in deze vegetaties voorkomen. Het type is algemeen op de weinig tot niet beheerde delen van dijktaaluds en bermen.

#### Type 9 Vegetaties met engels raaigras en fioringras

Soortenarme vegetaties met veel engels raaigras, fioringras, kweek en kropbaar. Voorts met beemdlangbloem, witte klaver, krulzuring, varkensgras, paardebloem en herders-tasje. Het type komt vooral voor op intensief beweidde zomerkaden langs de Rijn. Ook perceelranden en greppels zijn vaak begroeid met deze vegetaties. In het laatste geval kan geknikte vossestaart met hoge bedekking aanwezig zijn. Perceelranden met type D9 zijn in de regel niet op de vegetatiekaart aangegeven, aangezien dit type sterke gelijkenis vertoont met type G9: intensief gebruikte, soortenarme cultuurgraslanden.

#### Type 10 Vegetaties met engels raaigras en scherpe boterbloem

Matig soortenrijke vegetaties, vaak met hoge bedekking van engels raaigras, waarin naast de soorten genoemd bij type 9 tevens rode klaver, madeliefje, smalle weegbree, hondsdrif, veldzuring, scherpe boterbloem, rood zwenkgras, gewoon duizendblad, gewone bereklauw, glanshaver en fluitekruid kunnen voorkomen. Het type wordt aangetroffen op wegbermen en matig intensief gebruikte zomerkaden. Het is in alle uiterwaarden vrij algemeen.

#### Type 11 Vegetaties met glanshaver en fluitekruid

Fluitekruid in het voorjaar en glanshaver in de zomer zijn de aspectbepalende soorten voor dit type. Voorts komen de bij het vorige type genoemde soorten voor, evenals pastinaak, peen, veldlathyrus, herik en dauwbraam. Vegetaties met dominantie van fluitekruid en glanshaver zijn typerend voor de één of twee keer per jaar gemaaide dijktaaluds en wegbermen. Vaak wordt met een klepelmaaier gemaaid, waarbij het maaisel niet verwijderd wordt. Deze onderhoudsmethode levert een ruige, relatief soortenarme vegetatie op. Het type is het landinrichtingsgebied algemeen op de (niet gekarteerde) niet verzwaarde dijktaaluds. In de uiterwaarden is het zeldzaam.

#### Type 12 Vegetaties met knoopkruid en margriet

Tamelijk soortenrijke, bloemrijke vegetaties waarvoor, naast de bij type 11 genoemde soorten, een groot aantal soorten van droge, warme lichte kleigronden kenmerkend zijn. De belangrijkste vertegenwoordigers van deze groep zijn: viltig kruiskruid, goudhaver, knoopkruid, glad walstro, kraailook, margriet, gewone rolklaver, akkerhoornbloem en groot streepzaad. In het type kunnen voorts diverse droogteminnende stroomdalsoorten voorkomen, zoals karwijvarkenskervel, kattedoom, echte kruisdistel, knolboterbloem en wilde cichorei. Het type is kenmerkend voor, extensief gebruikte,

Type 4 Vegetaties met populier en gele waterkers  
(Prov. type: Bps)

De samenstelling van de kruidlaag van dit type is afhankelijk van de terreingesteldheid: meestal is het bos aangelegd op rabatten, zodat natte en droge milieus elkaar afwisselen. In een enkel geval betreft het hier een spontaan ontwikkeld schietwilgenbos (zachthoutooibos) op oppervlakkig afgetichelde kleigronden. Kenmerkend voor het B4-type zijn diverse moerasplanten en planten van vochtige ruigten die hun hoofdverbreding in de uiterwaarden bezitten, zoals moeraskruiskruid, moerasvergeetmij-nietje, watermunt en akkerkers. Het type bevat geen echte bosplanten. Het wordt uitsluitend op enkele natte, vergraven percelen in de Gouverneursche Polder en de Rijnuiterswaard bij Opheusden aangetroffen.