VERKLARING BELANGRIJKSTE BEGRIPPEN

Watersysteem:
Een door stroming samenhangend geheel van oppervlaktewater en grondwater, alsmede de daarbij behorende levensgemeenschappen, processen en relaties met de omgeving (zoals waterbodem, oevers en infrastructuur).

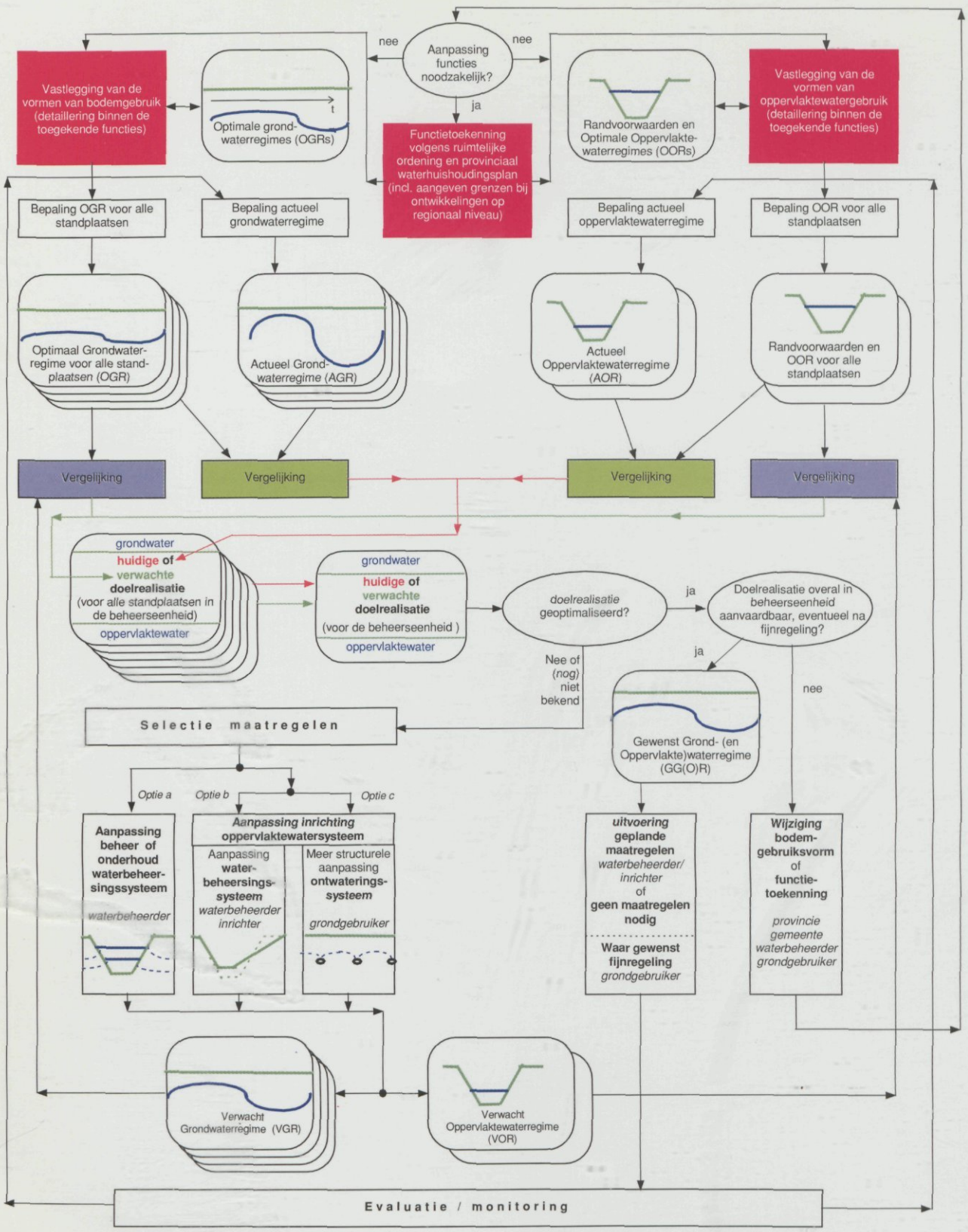
Watersysteembenadering (werkdefinitie):
Wijze van omgaan met watersystemen waarbij men bij de functietoekenning en het scheppen van de daaruit voortvloeiende standplaatscondities zoveel mogelijk aansluit bij de natuurlijke potenties van watersystemen en waarbij men streeft naar duurzame evenwichten van waterkwaliteit en kwantiteit.

Optimaal Grondwater Regime:
Het grondwaterregime, gemiddeld over een reeks van jaren, waarbij voor een bepaalde combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort **op standplaatsniveau** de maximale doelrealisatie wordt gerealiseerd. De OGR is gekoppeld aan doelrealisatieklasse A; arbitrair is gesteld dat bij doelrealisatieklasse A de doelrealisatie meer bedraagt dan 90 % van de maximaal haalbare.

Gewenst Grondwater Regime:
Het grondwaterregime waarbij, gegeven het actuele of planologisch vastgelegd bodemgebruik in een gebied gemiddeld over een reeks van jaren **op gebiedsniveau** gewogen voor alle functies de best haalbare doelrealisatie wordt gerealiseerd.

Doelrealisatie:
De kwaliteit van de functievervulling uitgedrukt als quotiënt van de actuele productie en de productie van de betreffende combinatie van bodemgebruik en grondsoort onder hydrologisch optimale omstandigheden. Voor de functie landbouw kan de doelrealisatie direct worden gerelateerd aan de productie, voor natuur moet nog worden onderzocht welk criterium zich daar het beste voor leent.

Doelrealisatieklassen:
In de waternood-werkwijze zijn 3 doelrealisatieklassen onderscheiden. Doelrealisatieklasse A houdt in dat de ontwikkelingsmogelijkheden voor een bepaalde combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort niet of nauwelijks kunnen worden verbeterd. Doelrealisatieklasse C houdt in dat er geen duurzame ontwikkelingsmogelijkheden zijn. Doelrealisatieklasse B is alles wat tussen klasse A en C in valt. Als een grondsoort voor een bepaalde vorm van bodemgebruik volstrekt ongeschikt is, valt deze ook voor de best denkbare abiotische omstandigheden in doelrealisatieklasse C.



VERKLARING AFKORTINGEN

Grondwater		*Oppervlaktewater*	
OGR	Optimaal Grondwater Regime Optimum op standplaatsniveau	OOR	Optimaal Oppervlaktewater Regime Optimum op "standplaatsniveau"
GGR	Gewenst Grondwater Regime Optimum op gebiedsniveau	GOR	Gewenst Oppervlaktewater Regime Optimum op "gebiedsniveau"
AGR	Actueel Grondwater Regime	AOR	Actueel Oppervlaktewater Regime
VGR	Verwacht Grondwater Regime	VOR	Verwacht Oppervlaktewater Regime

Colofon

Dit is een gezamenlijke uitgave van de Dienst Landelijk Gebied en de Unie van Waterschappen

Dienst Landelijk Gebied, Postbus 20021, 3502 LA Utrecht. Telefoon: (030) 2858000
Unie van Waterschappen, Postbus 80200, 2508 GE Den Haag. Telefoon: (070) 3519751

Redactie: projectgroep Waternood
Eindredactie: J.M.M. Bouwmans, H. Prak en A. Woudstra-Hannink
Fotografie: Dienst Landelijk Gebied, Ministerie van LNV dir. Voorlichting en Externe Betrekkingen en Unie van Waterschappen (tenzij anders vermeld)
Ontwerp: DLG, W.Maliepaard, M. Orban
Druk: Lunodruk, Houten

Prijs: f 35,- (exclusief B.T.W. en verzendkosten)
Bestellingen: Unie van Waterschappen, afd. Interne Zaken
Postbus 80200
2508 GE Den Haag
Telefoon: (070) 3519765 of (070) 3519767

grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater

558044

grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater

Een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen

dlg-publicatie 1998/2

Projectgroep Waternood

Unie van Waterschappen

dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

Referaat

Projectgroep Waternood, 1998
Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. Een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen.
Utrecht, Dienst Landelijk Gebied, DLG-publicatie 1998/2;
Den Haag, Unie van Waterschappen

Beschrijving van een methode voor het ontwerpen, inrichten en beheren van waterbeheersingssystemen die aansluit bij de watersysteembenadering. De hedendaagse problematiek met een pluriforme inrichting van het landelijk gebied vraagt om maatwerk. Voor standaardnormen is daarbij geen plaats meer. De waterhuishoudkundige wensen van functies vormen nu het vertrekpunt. De doelrealisatie van functies, duurzame ontwikkelingsmogelijkheden en aanvaardbare risico's spelen daarbij een belangrijke rol. Via voor bodemgebruiksvormen af te leiden optimale grondwater regimes (OGR) wordt toegewerkt naar het op gebiedsniveau gewenste grondwater regime (GGR).

Trefwoorden: watersysteembenadering, grondwaterregime, doelrealisatie, standplaatsfactoren, waterbeheer, oppervlaktewatersysteem.

ISSN 1388-0578

Voorwoord

We zijn doorgeschoten bij het omgaan met water en hielden onvoldoende rekening met de eigenschappen van watersystemen. Natuur en milieu zijn hiervan slachtoffer geworden. Om de balans in evenwicht te brengen is een nieuwe werkwijze nodig voor inrichting en beheer van onze watersystemen. Deze moet verder gaan dan toepassen van min of meer gestandaardiseerde ont- en afwateringsnormen en moet ervoor zorgen dat het functioneren van de watersystemen en de in streek- en waterhuishoudingsplannen vastgelegde functies optimaal op elkaar zijn afgestemd.

Dit vormde voor de Dienst Landelijk Gebied en de Unie van Waterschappen aanleiding om samen het project 'Waternood' te starten. Het was de bedoeling om de boven bedoelde werkwijze te ontwikkelen en om ont- en afwateringsnormen te presenteren voor de relevante combinaties van grondsoort en bodemgebruik. Na een analyse van verschillende onderzoeksresultaten bleek het laatste binnen afzienbare termijn niet haalbaar. De toen ontstane discussies leidden tot een logische maar voor sommigen toch wel verrassende conclusie: er moeten juist géén gestandaardiseerde ont- en afwateringsnormen komen; er wordt dan onvoldoende rekening wordt gehouden met de specifieke waterhuishoudkundige eigenschappen van het gebied. Bij maatwerk passen geen confectienormen, maar dient **WATER**systeemgericht **NO**rmeren, **O**ntwerpen en **D**imensioneren het uitgangspunt te zijn.

Het opstellen van een werkwijze voor het inrichten en beheren van watersystemen die waarborgen biedt voor duurzame ontwikkelingsmogelijkheden voor de functies van het gebied werd de uitdaging voor 'Waternood'. Deze in dit rapport opgenomen systematiek houdt in dat het oppervlaktewatersysteem veel meer dan voorheen moet worden aangewend om functieafhankelijke gewenste grondwaterregimes te realiseren; vandaar de titel 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater'. Uiteraard houdt het oppervlaktewater hierbij zelf zijn eigen functionele eisen en wensen. We verwachten dat er bij toepassing van de werkwijze de nodige natuur- en milieuwinst kan worden behaald zonder landbouwbelangen onevenredig te schaden of onaanvaardbare risico's te nemen. Waar het niet lukt om watersysteem en functies met elkaar in overeenstemming te brengen, liggen hydrologische wensen waarschijnlijk buiten de spankracht van het watersysteem en is het allicht raadzaam dat bezinning op de functies plaatsvindt. Hiermee worden waterhuishouding en ruimtelijke ordening duidelijker gekoppeld; een richting die spoort met de vierde Nota waterhuishouding.

Gezien de gedachtewisselingen die tijdens 'Waternood' met de onderzoekswereld hebben plaatsgevonden, verwachten we dat het rapport een belangrijk handvat biedt bij de invulling van het onderzoeksprogramma van de betreffende instituten. Met de huidige kennis en gegevens is het echter nu ook al mogelijk de systematiek te hanteren bij het oplossen van beheers- en inichtingsvraagstukken in het waterbeheer.

We gaan ervan uit dat 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater' een wezenlijke bijdrage levert aan het goed omgaan met watersystemen. Het spreekt voor zich dat de Dienst Landelijk Gebied en de waterschappen elkaar bij het werken aan de watersystemen blindelings weten te vinden.

ir. C.A.C.J. Oomen,
directeur
Dienst Landelijk Gebied

ir. A.J.A.M. Segers,
voorzitter
Unie van Waterschappen

Inhoud

5 Voorwoord

6 Inhoud

9 Leeswijzer

10 Samenvatting

14 1 Inleiding
14 1.1. Waarom een project 'Waternood' ?
15 1.2. Doelstellingen project 'Waternood'
16 1.3. Projectafbakening
17 1.4. Projectorganisatie
17 1.5. Terminologie

18 2 De watersysteembenadering als vertrekpunt
18 2.1. Waterbeheer: van landbouw en stad naar integraal
18 2.1.1. De erfenis van de vroegere aanpak
19 2.1.2. De afgelegde weg naar integraal waterbeleid
21 2.1.3. De geïntegreerde benadering
22 2.2. Omgaan met watersystemen
22 2.2.1. Watersystemen
24 2.2.2. Grondwatersystemen
24 2.2.3. Oppervlaktewatersystemen
27 2.2.4. De interactie tussen grond- en oppervlaktewatersystemen
30 2.2.5. Standplaats
34 2.3. Functietoekenning en functievervulling
34 2.3.1. Inleiding
36 2.3.2. Systematiek doelrealisatie
38 2.4. Beheer en inrichting van oppervlaktewatersystemen
38 2.4.1. Gestructureerd naar een gewenst grond- en oppervlaktewaterregime
42 2.4.2. Watersysteemgericht: nieuwe leidende principes

46 3. Van functies naar grondwaterwensen
46 3.1 Relatie tussen de functiewens en de (grond)waterwensen
47 3.2 Functiewensen landbouw
47 3.2.1 Inleiding
47 3.2.2 Draagkracht
48 3.2.3 Bewerkbaarheid
50 3.2.4 Vochtvoorziening van het gewas
51 3.2.5 Overige wensen
52 3.2.6 Grondwaterwensen en kritische perioden
53 3.3 Functiewensen natuur
53 3.3.1 Inleiding
53 3.3.2 Standplaatsfactoren terrestrische natuur
56 3.3.3 Standplaatsfactoren aquatische natuur

58 3.3.4 Ecologische indelingen
60 3.3.5 Grondwaterwensen en kritische perioden
60 3.4 Veelgebruikte methoden voor karakterisering van (grond)waterwensen
60 3.4.1 Inleiding
60 3.4.2 Drooglegging
61 3.4.3 Ontwateringswensen
62 3.4.4 Grondwatertrappen
63 3.4.5 Duurlijnen
63 3.4.6 Waterkwaliteitstypering
64 3.4.7 Samenvatting beperkingen huidige methoden
65 3.5 Karakterisering grondwaterwensen met Optimaal Grondwater Regime
65 3.5.1 OGR-methodiek voor strategische keuzen
68 3.5.2 SOW-methodiek voor operationeel waterbeheer
69 3.5.3 Aangeven gevolgen voor de doelrealisatie bij afwijken van het OGR
72 3.6 Ontwikkelingen rondom het Gewenst Grondwater Regime

74 4. Van grondwaterwensen naar oppervlaktewatersystemen
74 4.1 De juiste beheers- en inrichtingsmaatregelen voor oppervlaktewatersystemen: beschrijving systematiek
76 4.2 STAP 1: Vaststellen van het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGR)
81 4.3 STAP 2: Vaststellen van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR)
85 4.4 STAP 3: Vaststelling van de doelrealisatie
88 4.5 STAP 4: Selectie maatregelen
88 4.5.1 Algemeen
89 4.5.2 Maatregelen door de waterbeheerder
95 4.5.3 Maatregelen door de grondgebruiker
102 4.6 Stap 5: Evaluatie en monitoring

104 5. Aanbevelingen en onderzoeksvragen
104 5.1 Aanbevelingen
105 5.2 Onderzoeksvragen

108 Aangehaalde literatuur

113 Bijlage 1 Samenstelling project-, begeleidings- en klankbordgroep
115 Bijlage 2 Wegwijzer voor opstellen OGR voor landbouw
116 Bijlage 2a Grondwaterdieptegrenzen voor OGR-landbouw
118 Bijlage 2b Doelrealisatie met betrekking tot OGR-landbouw
124 Bijlage 2c Gewaskalender
127 Bijlage 2d Attenderingswaarden waterkwaliteit ten behoeve van OGR-landbouw
129 Bijlage 3 Wegwijzer voor opstellen OGR voor natuur
131 Bijlage 3a NOV-3 methodiek
134 Bijlage 3b Het indicatorensysteem
136 Bijlage 3c Duurlijnmethode
138 Bijlage 4 Modellen ten behoeve van ontwerp en beheer van watersystemen

Leeswijzer

Het rapport 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater' bestaat uit vijf hoofdstukken. Na het inleidende hoofdstuk 1 volgt een algemeen, inhoudelijk hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 gaat in op de wensen voor het grondwater, zoals die voortvloeien uit toegekende functies. Hoofdstuk 4 is een detaillering van de reeds in hoofdstuk 2 besproken werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. In hoofdstuk 5 tenslotte volgen enige aanbevelingen en onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 1 van het rapport beschrijft de aanleiding, doelstellingen en organisatie van het project Waternood.

Hoofdstuk 2 **'de watersysteembenadering als vertrekpunt'** schetst de opkomst van het integraal waterbeheer en de ideeën over de watersysteembenadering. Er wordt op hoofdlijnen ingegaan op de werking van het hydrologisch systeem en de relaties tussen standplaats, grondwatersysteem en oppervlaktewatersysteem. Op enkele belangrijke onderdelen, zoals de waterbalans van een standplaats, de interactie tussen het grond- en het oppervlaktewatersysteem en de stuurbaarheid van het grondwater, wordt iets dieper ingegaan.
Lezers die alleen kennis willen nemen van de hoofdlijnen van de in dit rapport voorgestelde werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen, kunnen volstaan met het lezen van § 2.4. Hierin wordt de werkwijze in hoofdlijnen behandeld.

Hoofdstuk 3 **'van functies naar grondwaterwensen'** gaat in op de relatie tussen de functiewensen en de daaruit voortvloeiende wensen ten aanzien van de waterhuishoudkundige situatie.
Vervolgens komen de standplaatswensen van de functies landbouw en natuur aan de orde. Dan volgt een overzicht van de meest gebruikte methoden om de afgeleide waterwensen te karakteriseren en een samenvatting van hun beperkingen. Aan deze beperkingen kan worden tegemoet gekomen met de in § 3.5 beschreven methode voor de karakterisering en presentatie van grondwaterwensen.
Tot slot wordt een overzicht gegeven van de actuele ontwikkelingen rondom het "gewenste grondwaterregime".

Hoofdstuk 4 **'van grondwaterwensen naar oppervlaktewatersysteem'** handelt over het realiseren van de grondwaterwensen door het aanpassen van het beheer en/of de inrichting van het oppervlaktewatersysteem. Aan de hand van voorbeelden voor verschillende gebiedstypen worden de mogelijkheden en beperkingen geïllustreerd.
De basis van het hoofdstuk grijpt terug op § 2.4. De daar beschreven werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen wordt in hoofdstuk 4 volgens een stappenplan uitgewerkt. Ook wordt aangegeven waar de beschikbare kennis en het instrumentarium tekort schieten om de gepresenteerde werkwijze te kunnen toepassen.

In hoofdstuk 5 zijn **aanbevelingen en onderzoeksvragen** samengevat. De waternood-aanpak kan voortvarender in praktijk worden gebracht indien de geconstateerde kennisleemten worden opgevuld.

Op verschillende plaatsen in dit rapport staan teksten in een kader. Het gaat hier om voorbeelden of aanvullende informatie die de behandelde stof beogen te verduidelijken. Lezers die aan deze verduidelijking geen behoefte hebben, kunnen deze passages overslaan zonder essentiële informatie te missen.

Samenvatting

In het landelijk gebied richtte het waterbeheer zich lange tijd primair op het verbeteren van de waterhuishoudkundige omstandigheden voor de landbouw. Af- en ontwateringsmiddelen werden aangelegd en beheerd om de landbouwkundige productie te vergroten. De waterhuishoudkundige wensen werden geformuleerd in termen van minimale drooglegging en draindiepte met behulp van gestandaardiseerde normen. Deze zijn in het Cultuurtechnisch Vademecum opgenomen en gebaseerd op stationaire situaties in vlakke gebieden.

Met de multifunctionele benadering van het landelijk gebied kregen sinds het begin van de jaren tachtig andere functies zoals natuur en recreatie een volwaardige plaats naast de landbouw. Het werd duidelijk dat de traditionele benadering van het landelijk gebied had geleid tot een achteruitgang van natuurwaarden, gebonden aan nattere omstandigheden. Zo ontstond de verdrogingsproblematiek.

Deze bewustwording liep parallel met de introductie van het integraal waterbeheer en de watersysteembenadering. Deze vormen tegenwoordig het uitgangspunt bij het omgaan met water, zowel bij de inrichting als bij het beheer. Grond- en oppervlaktewater en waterkwantiteit en -kwaliteit worden in onderlinge samenhang beschouwd. Vooral de laatste tijd wordt water gezien als één van de belangrijkste componenten van een compleet omgevingsbeheer.

2

3

Multifunctioneel landelijk gebied:

1 landbouw.

2 Natuur en recreatie.

3 Waterrecreatie.

De onderstaande tabel geeft een samenvatting van de belangrijkste verschillen tussen de traditionele benadering en de nieuwe, watersysteemgerichte benadering.

Traditionele benadering	Watersysteemgerichte benadering
Waterbeheer	
waterbeheer afgestemd op scheppen en handhaven van optimale productieomstandigheden in de landbouw met accent op het minimaliseren van wateroverlastrisico's	scheppen en handhaven van duurzame ontwikkelingsmogelijkheden voor alle aan het gebied toegekende functies vormen basis voor waterbeheer met accent op het optimaliseren van de doelrealisatie van alle functies
aanpak sterk gericht op het oplossen van lokale problemen met beperkte aandacht voor de gevolgen elders of voor andere functies	gebiedsgerichte aanpak met afweging van effecten van maatregelen op gebiedsniveau
toetsing op peil	toetsing op bereiken gewenst grondwaterregime en, indien aan de orde, ook het gewenst oppervlaktewaterregime
risicobeheersing door bij statisch peilbeheer grotere veiligheidsmarges aan te houden	met flexibel peilbeheer kunnen vooraf vastgelegde aanvaardbare risico's worden beheerst met kleinere veiligheidsmarges
wateraanvoer in perioden van watertekort	vasthouden van gebiedseigen water om latere tekorten en eventueel de aanvoer van gebiedsvreemd water te beperken
Dimensionering waterbeheersingssysteem	
accent op hydraulica en waterkwantiteit	tevens aandacht voor wisselwerking met grondwater en waterkwaliteit
ontwerp primair gebaseerd op afvoerpieken	ontwerp gericht op afvoerdynamiek gedurende het gehele jaar, rekening houdend met afvoerpieken
minimaliseren grondbeslag belangrijk uitgangspunt bij dimensionering waterlopen (smalle, diepe waterlopen)	dimensionering gebaseerd op aan maximum gebonden ontwateringsdiepte (brede, ondiepe waterlopen)
aan minimum gebonden drooglegging bij afvoer die 10 à 15 maal per jaar wordt bereikt of overschreden, is belangrijkste ontwerpcriterium (diepe waterlopen)	aan maximum gebonden drooglegging onder gemiddelde afvoeromstandigheden én een geringe, minimale drooglegging bij hoge afvoeren zijn beide uitgangspunt bij ontwerp (ondiepere waterlopen)
functiewensen meestal herleid tot drooglegginsnormen; deze zijn gerelateerd aan de economisch gezien optimale aanlegdiepte van drainage	functiewensen herleid tot grondwaterwensen en gekoppeld aan de doelrealisatie
Stedelijk gebied	
gevolgen van maatregelen voor het watersysteem hadden geen bijzondere aandacht:	gevolgen van maatregelen voor het watersysteem worden wel in beschouwing genomen ("grondwater neutraal bouwen"):
– landelijk gebied moet stedelijke afvoerpieken op kunnen vangen en afvoeren	– afvoerpieken uit stedelijke gebieden worden voorkomen door retentie, infiltratie of afkoppeling van schoon water van het rioleringssysteem
– waterpartijen vooral ingericht als visueel element en als tijdelijke berging van neerslagoverschot	– alleen waterpartijen aanleggen als watersysteem niet nadelig wordt beïnvloed (dus geen peilen lager dan het oorspronkelijke grondwaterpeil)
– verlaging grondwaterstanden om kruipruimtes droog te houden en te zorgen voor voldoende draagkracht voor wegen	– geen extra grondwaterstandsverlaging meer noodzakelijk door kruipruimteloos bouwen

Het ontwerpen van waterbeheersingsplannen volgens de watersysteembenadering vereist dat rekening wordt gehouden met de specifieke eigenschappen van het watersysteem in het betreffende gebied. Het streven naar nieuwe, gestandaardiseerde normen laat zich niet met dit uitgangspunt verenigen. Om maatwerk te kunnen leveren, dat is toegesneden op de potenties van het gebied, is in het project Waternood een werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen ontwikkeld. Deze werkwijze is als stroomschema opgenomen op de achterflap van dit rapport. Tevens zijn daar de belangrijkste in het schema gebruikte begrippen toegelicht.

Iedere functie die aan een lokatie wordt toegekend brengt specifieke waterkwantiteits- en -kwaliteitswensen met zich mee. In de landbouw gaat het daarbij met name om een voldoende laag vochtgehalte van de bovengrond om wateroverlastschade te voorkomen. Ook moet worden voldaan aan de eisen voor draagkracht en bewerkbaarheid. Daarnaast dient het vochtgehalte van de bovengrond tijdens het groeiseizoen voldoende hoog te zijn om droogteschade tegen te gaan. Bij de natuur zijn er naast de waterkwantiteits- en -kwaliteitswensen meer randvoorwaarden van belang voor een standplaats, zoals de voedingstoestand en zuurgraad van de bodem. Men dient zich er steeds van bewust te zijn dat de waterwensen van een functie steeds een afgeleide zijn van de functiewensen zelf.

Om te onderzoeken in hoeverre een functie zich kan ontwikkelen, dient er een referentiekader beschikbaar te zijn. In dit rapport vormt de doelrealisatie een belangrijk onderdeel van dit referentiekader. Met dit abstracte begrip wordt tot uitdrukking gebracht in welke mate, gemiddeld voor een bepaalde combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort, een doelstelling wordt gerealiseerd. Bij volledige realisatie van de doelstelling komen de hydrologische omstandigheden op de beschouwde standplaats volledig overeen met de uit de functie afgeleide wensen. De doelrealisatie is dan 100%. De mogelijke doelrealisaties worden ingedeeld in enkele doelrealisatieklassen. Bij klasse A is sprake van een voor de beschouwde standplaats optimaal grondwaterregime (OGR); de hiermee bereikte doelrealisatie kan worden gesteld op bijvoorbeeld minimaal 90%. Klasse B levert een aanvaardbare doelrealisatie; klasse C een onaanvaardbare (bijvoorbeeld omdat de duurzaamheid van de functie dan in het geding is). Het vaststellen van de grenzen tussen de doelrealisatieklassen is mede het resultaat van een beleidsmatige afweging.

In het provinciale beleid zijn de functies en daarmee de gewenste ontwikkelingsrichting aangegeven. Het is belangrijk dat men bij de functietoekenning voldoende rekening houdt met de potenties van het watersysteem ("water als ordenend principe"). Om de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden te creëren op het niveau van inrichting en beheer, is het bovendien nodig te beschikken over een voldoende gedifferentieerde functietoekenning. Provinciale streek- en waterhuishoudingsplannen zijn op dat punt vaak te globaal. Zo zijn binnen de functie landbouw zeer uiteenlopende bodemgebruiksvormen te onderscheiden; binnen een bepaalde natuurfunctie zijn verschillende natuurtypen mogelijk (bijvoorbeeld nat schraalgrasland en rietland).
Als men de functies voor de verschillende vormen van bodem- en watergebruik voldoende onderscheidend heeft toegekend, zijn op standplaatsniveau de optimale grond- en oppervlaktewaterregimes

bekend. Deze optimale regimes hebben een zekere bandbreedte. Overschrijding van die bandbreedte betekent dat niet meer wordt voldaan aan doelrealisatieklasse A.

Tegelijkertijd dient men het actuele grond- en oppervlaktewaterregime per standplaats te bepalen. Hiervoor is veelal een hydrologische systeemanalyse noodzakelijk. Aansluitend wordt de doelrealisatie bepaald die hoort bij het actuele grond- en oppervlaktewaterregime.

Voor zowel het optimale grond- en oppervlaktewaterregime, als voor het actuele grond- en oppervlaktewaterregime dient men de doelrealisaties te aggregeren tot het niveau van de beheerseenheden. Door de geaggregeerde doelrealisaties met elkaar te vergelijken wordt duidelijk in hoeverre het actuele grond- en oppervlaktewaterregime invulling geeft aan de betreffende bodemgebruiksvorm. Het beoordelen van de geaggregeerde doelrealisaties vraagt ook een bestuurlijke inspanning. Het moet immers duidelijk zijn welke gewichten zijn toegekend aan de doelrealisaties van de verschillende bodemgebruiksvormen. Als de actuele doelrealisatie onvoldoende wordt bevonden, dienen er waterhuishoudkundige maatregelen te worden overwogen. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de doelrealisatie in het gebied als te laag wordt beoordeeld. Ook kan blijken dat er binnen het gebied standplaatsen voorkomen waar de gekozen bodemgebruiksvormen geen duurzame ontwikkelingsmogelijkheden hebben. Het zoeken naar de juiste maatregelen is een iteratief proces, waarbij de te bereiken doelrealisatie wordt afgezet tegen onder andere de kosten van de maatregelen. Bij het optimaliseren van de doelrealisatie kan om financiële redenen eerst onderzoek worden gedaan naar mogelijke aanpassingen in het beheer. Door dergelijke aanpassingen kan de doelrealisatie echter niet altijd voldoende worden verbeterd. In dat geval kan aanpassing van de inrichting van het waterbeheersingssysteem of van het detailontwateringssysteem van de grondgebruiker worden overwogen.

Indien het iteratieve proces niet leidt tot een aanvaardbare doelrealisatie liggen de hydrologische wensen, afgeleid van de bodemgebruiksvorm, buiten de mogelijkheden van het watersysteem. Aanpassing van de bodemgebruiksvorm of zelfs van de functies, vastgelegd in het provinciale streek- of waterhuishoudingsplan, moet dan soelaas bieden.

Is de verwachte doelrealisatie op gebiedsniveau aanvaardbaar (al dan niet na het uitvoeren van de geselecteerde beheers- of inrichtingsmaatregelen), dan wordt het bijbehorend hydrologisch regime aangeduid als het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime.

Nadat de geselecteerde maatregelen zijn uitgevoerd, dient te worden nagegaan of deze maatregelen ook inderdaad de verwachte effecten hebben teweeg gebracht. Daartoe moet een grond- en oppervlaktewatermeetnet worden ingericht om een monitoring- en evaluatieprogramma te kunnen uitvoeren. De uitkomsten van de evaluatie kunnen aanleiding zijn om het beheer of de inrichting bij te stellen. Door alle gegevens te verwerken in databases die ook voor derden toegankelijk zijn, draagt de monitoring ook bij aan vergroten van het inzicht in het functioneren van de watersystemen.

Flexibel peilbeheer.

Met de huidige kennis en gegevens is het nu al mogelijk de beschreven werkwijze als uitgangspunt te hanteren bij het oplossen van beheers- en inrichtingsvraagstukken in het waterbeheer. Om het rendement van het toepassen van de werkwijze te verhogen is het gewenst dat er op een aantal terreinen aanvullende kennis wordt ontwikkeld. Ook moeten er meer gebiedsspecifieke gegevens beschikbaar komen.

Zo is het gewenst dat grondwaterregimes zo worden gekarakteriseerd, dat het voor de verschillende functies mogelijk is deze onderling te vergelijken. Tevens moet beter bekend zijn welke afwijkingen van optimale grond- en oppervlaktewaterregimes bij de betreffende bodemgebruiksvormen aanvaardbaar zijn en hoe groot de hiermee samenhangende risico's zijn. Het onderzoek naar de relatie tussen landbouwkundige bodemgebruiksvormen en grondwaterregimes in de zin van draagkracht, bewerkbaarheid en vochtvoorziening dient te worden voortgezet. Het optimale grondwaterregime voor veel natuurtypen kent nog de nodige onzekerheden. Het hiervoor op te zetten onderzoek dient te worden gebaseerd op langere tijdsperioden. Er wordt nog weinig aandacht besteed aan de doelrealisaties indien wordt afgeweken van het optimale grondwaterregime. Door bij het peilbeheer te anticiperen op verwachte of extreme weersomstandigheden kunnen veiligheidsmarges in de normstelling worden gereduceerd zonder dat risico's toenemen.

1 Inleiding

Het project ' Waternood' (**WATER**systeemgericht **NO**rmeren, **O**ntwerpen en **D**imensioneren) is opgezet om een werkwijze te ontwikkelen voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen en deze uit te dragen. Deze werkwijze speelt in op de uitgangspunten die bij "integraal waterbeheer" worden gehanteerd.

1.1. Waarom een project 'Waternood' ?

De opvattingen over het gebruik van het landelijk gebied zijn de laatste decennia ingrijpend gewijzigd. Tot in de zeventiger jaren was de landbouw de belangrijkste gebruiksfunctie. Daarom was lange tijd de verbetering van de waterhuishouding in het landelijk gebied vooral gericht op de optimalisatie van de hydrologische omstandigheden voor de landbouw. De uitgangspunten daarbij waren verhoging van de landbouwkundige productie en verlaging van de productiekosten.
In de praktijk betekende dit verbetering van de ont- en afwatering, vooral om de opbrengstderving als gevolg van te natte omstandigheden te minimaliseren. De afname van de schade door wateroverlast oversteeg per saldo de toename van de droogteschade. Aan mogelijke opbrengstderving in de zomerperiode door vochttekorten werd minder belang gehecht. Indien nodig konden vochttekorten in de zomer vaak worden aangevuld door middel van kunstmatige beregening.

Met de multifunctionele benadering van het landelijk gebied kregen sinds het begin van de jaren tachtig ook andere functies zoals natuur en recreatie een volwaardige plaats. Toen werd ook duidelijk dat de hiervoor beschreven aanpak mede had geleid tot een achteruitgang van natuur- en landschapswaarden, gebonden aan nattere omstandigheden. De verdrogingsproblematiek werd alom onderkend en erkend.
De verbreding in doelstelling heeft de nodige consequenties voor de inrichting en het beheer van de oppervlaktewatersystemen in het landelijk gebied. De doelstelling 'het conditioneren van het landschap voor de eraan toegekende functies' blijft onveranderd. De koerswijziging betekent echter wel dat steeds vaker de, op het eerste gezicht tegenstrijdige, waterhuishoudkundige wensen van verschillende functies met elkaar gecombineerd moeten worden. Bovendien speelt nu, naast de waterkwantiteit ook de waterkwaliteit een belangrijkere rol. De afstemming van de waterhuishouding op de verschillende functies is een proces van afweging en optimalisatie, waarbij een integrale aanpak onontkoombaar is.
Bij inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen speelde het kostenaspect in het verleden vaak een overheersende rol. Het beperken van het aantal peilvakken of afwaterende onderdelen, het kiezen van rechte tracés die onvoldoende rekening houden met reliëf en landschap en het kiezen voor diepere en smallere waterlopen om het voor waterbeheersingssystemen benodigde grondoppervlak te beperken, zijn daar voorbeelden van.

De normstelling voor de af- en ontwatering in het landelijk gebied is vooral ontwikkeld in de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog. Deze is vastgelegd in het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). Deze normstelling had logischerwijs een landbouwkundige achtergrond; ze ging uit van het streven naar minimalisering van kosten en had betrekking op vooral stationaire situaties in vlakke gebieden. In situaties waar deze criteria van toepassing zijn, kunnen de normen uit het Vademecum nog steeds worden toegepast. Dat geldt bijvoorbeeld voor grotere, vlakke landbouwgebieden op kleigronden. Vaak zijn er echter andere dan landbouwkundige belangen in het geding of wordt er gewerkt in 'hellende' gebieden. Toepassing van de 'oude' normering en ontwerpcriteria leidt tot oppervlaktewatersystemen met grondwaterstanden, die vooral 's zomers, maar vaak ook 's winters, lager uitvallen dan gewenst is. Dit is een belangrijke conclusie uit een in 1994 uitgevoerde inventarisatie van

Verhoging landbouwproductie door verbeteren detailontwatering door middel van het aanleggen van buisdrainage anno 1954.

knelpunten bij het ontwerpen van waterbeheersingsplannen door de toenmalige Landinrichtingsdienst (Bouwmans, 1994).
Bovenstaande kanttekeningen bij het beschikbare normenstelsel en de wijze waarop hiermee werd omgegaan, vormden onder andere voor de provincie Gelderland aanleiding initiatieven te nemen. Deze gaan in de richting van aanpassing van de methodiek voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen.
Ook in de landinrichtingspraktijk bestond de behoefte om de werkwijze voor het opstellen van waterbeheersingsplannen waarbij wordt ingespeeld op het omgaan met watersystemen, op papier te zetten. Men hoeft dan niet meer terug te grijpen op het Cultuurtechnisch Vademecum.
Het project 'Waternood' is opgezet om in deze behoefte te voorzien en de werkwijze die hier en daar al gevolgd wordt, te onderbouwen.

1.2. Doelstellingen project 'Waternood'

De doelstelling voor het project 'Waternood' was oorspronkelijk als volgt geformuleerd: 'het opstellen van een leidraad voor ontwerp en beheer van oppervlaktewatersystemen in het landelijk gebied'. Hierbij zou separaat aandacht worden besteed aan de problematiek in bemalen en in vrij afstromende gebieden. Deze leidraad moest in de eerste plaats een systematiek beschrijven en in de tweede plaats de nodige basisgegevens bevatten die nodig zijn voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen volgens moderne inzichten. De leidraad zou een aanvulling vormen op, of misschien zelfs de plaats kunnen innemen van de relevante hoofdstukken uit het Cultuurtechnisch Vademecum. Een aanpak conform de ideeën van integraal waterbeheer en watersysteembenadering vormen hierbij het uitgangspunt. Deze aanpak behelst een ruimere aandacht voor het grondwater en voor de waterkwaliteit bij inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen dan in het verleden gebruikelijk was.

Tijdens de uitvoering van het project bleek dat de benodigde basisgegevens vaak niet in de gewenste vorm beschikbaar zijn. Bij het optimale en het gewenste grondwaterregime is bijvoorbeeld de wijze van karakterisering voor de diverse functies verschillend. Ook zijn de gevolgen van kortere of langduriger over- en onderschrijding onvoldoende bekend. Er is daarom besloten de nadruk te leggen op het vertalen van de watersysteembenadering in een werkwijze, zoals die bij inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen wordt gevolgd. De knelpunten en onzekerheden met betrekking tot de noodzakelijke basisgegevens dienen waar mogelijk te worden beschreven en verwoord in aanbevelingen voor nader onderzoek. De in het rapport beschreven werkwijze kan verder worden geoperationaliseerd zodra deze informatie beschikbaar is. Deze werkwijze betekent, overigens zonder de meer specifiek voor oppervlaktewatersystemen geformuleerde eisen en wensen over het hoofd te zien, dat de aanpak gericht is op het realiseren van gewenste grondwaterregimes. Vandaar de titel: "Grondwater

Ook oppervlaktewater heeft specifieke functies,

als leidraad voor het oppervlaktewater".

De doelstellingen van het project 'Waternood' zijn gedurende het project als volgt bijgesteld:

- Het beschrijven en onderbouwen van een werkwijze voor de inrichting en het beheer van oppervlaktewatersystemen waarmee de uit de toegekende functies en gebiedseigenschappen afgeleide gewenste grondwaterregimes bereikt kunnen worden.
- Het signaleren van kennisleemten die het operationaliseren van de beschreven systematiek in de weg staan en stimuleren dat deze worden opgevuld door onderzoek.
- Nagaan of met het beschikbare technische instrumentarium – dit zijn bijvoorbeeld empirische relaties, beschreven optimale en gewenste grondwaterregimes en grond- en oppervlaktewatermodellen – de gepresenteerde werkwijze in de praktijk bruikbaar is.

1.3. Projectafbakening

Het project is als volgt afgebakend:

Accent op waterkwantiteit

Integraal waterbeheer is een breed begrip. Om het project niet te breed te laten worden is besloten de ideeën achter 'integraal waterbeheer' centraal te stellen. De aandacht voor waterkwaliteitsaspecten wordt daarbij beperkt tot dié aspecten die als onderdeel van een integrale benadering opgelost dienen te worden. Dit betekent dat er aandacht wordt besteed aan kwaliteitsaspecten als deze kunnen worden gestuurd met waterkwantiteitsmaatregelen. Er is in dit rapport geen aandacht geschonken aan strikt milieuhygiënische zaken als de problematiek van verontreinigde waterbodems, puntvormige emissies, diffuse bronnen en dergelijke. Uiteraard houdt de integrale benadering in dat een goede waterkwaliteit wordt nagestreefd waar dit van belang is voor zowel aquatische, semi-aquatische als terrestrische natuurwaarden.

Hydrologie van het terrestrische deel van het watersysteem centraal

Het realiseren van de vereiste waterhuishoudkundige omstandigheden van de aan het land toegekende functies middels aanpassingen van het oppervlaktewatersysteem staat in de beschreven werkwijze centraal. Bij de afweging en selectie van maatregelen wordt echter niet voorbij gegaan aan de functies die aan het oppervlaktewatersysteem zelf kunnen zijn toegekend. Deze leggen randvoorwaarden op aan de regelknopfunctie van het waterbeheersingssysteem.

Relatie tussen landelijk en stedelijk gebied belangrijk

'Waternood' is beperkt tot de functies 'landbouw' en 'natuur' in het landelijk gebied. Tijdens de looptijd van het project 'Waternood' heeft de stedelijke hydrologie in het integraal waterbeheer een grote vlucht genomen. Het bleek niet meer mogelijk om in het project vergelijkbare aandacht te besteden aan het stedelijk gebied. De principes van het integraal waterbeheer zijn in het landelijk en stedelijk gebied echter gelijk.

Waternood is technisch georiënteerd

Een belangrijke afbakening van 'Waternood' is dat er vooral aandacht is besteed aan de vakinhoudelijke, technische aspecten van inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Beleidsmatige aspecten, inclusief de hieronder begrepen afweging van verschillende belangen, worden in dit rapport wel genoemd, maar zijn niet uitgewerkt. Wel is er voor gewaakt om elementen op te nemen waarvan mag worden verwacht dat deze om onder andere beleidsmatige redenen als onrealistisch of onhaalbaar zouden worden bestempeld.

Geen nieuwe normen, wel een werkwijze

De lezer die verwacht met dit rapport een complete leidraad voor het inrichten en beheren van oppervlaktewatersystemen in handen te hebben, wordt mogelijk wat teleurgesteld. De waternood-werkwijze impliceert dat de gebruiker zelf voor elk gebied

. . . zowel in zomer als winter.

een op maat gesneden oplossing afleidt voor inrichting en beheer van het oppervlaktewatersysteem. Kant-en-klare oplossingen ontbreken; er wordt een werkwijze aangereikt die bijdraagt aan het zelf kunnen vinden van op maat gesneden oplossingen. Vanwege de omvang van sommige gegevensbronnen met basisgegevens zijn deze niet integraal in dit rapport opgenomen. Hiervoor wordt men doorverwezen naar verschillende literatuurbronnen. Dit geldt onder andere voor de functiewensen natuur.

1.4. Projectorganisatie

Het project 'Waternood' is begonnen als project van de Dienst Landelijk Gebied (DLG), destijds de dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden. Al in een zeer vroeg stadium werd beseft dat er een nauwe afstemming moest zijn van inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Het ontwerpen van dergelijke systemen is natuurlijk niet exclusief een landinrichtingstaak. Ook de waterbeheerders zijn hier dagelijks mee in de weer. Al snel is daarom besloten 'Waternood' als gemeenschappelijk project van de Dienst Landelijk Gebied en de Unie van Waterschappen uit te voeren. De directeur van de Dienst Landelijk Gebied en de voorzitter van de Unie van Waterschappen traden dan ook gezamenlijk op als opdrachtgever voor het project 'Waternood'.

Voor de uitvoering van het project was een projectgroep ingesteld bestaande uit medewerkers van de Dienst Landelijk Gebied en een vertegenwoordiger van de Unie van Waterschappen. Voor de afronding van het rapport werd deze projectgroep in de slotfase van het project uitgebreid. In bijlage 1 is aangegeven wie, inclusief deze uitbreiding, actief aan het project hebben deelgenomen.

Het project is begeleid door een begeleidingsgroep. Deze bestond uit medewerkers van het ministerie van LNV, de provincies en waterschappen, die:

- vanuit een technische invalshoek betrokken zijn bij onderzoek, inrichting of beheer van waterhuishoudkundige systemen in primair het landelijk gebied of
- vanuit een technische invalshoek betrokken zijn bij de opstelling en de uitvoering van het waterhuishoudkundig beleid.

Voor de samenstelling van de begeleidingsgroep wordt ook verwezen naar bijlage 1.

Daarnaast heeft de Unie van Waterschappen voor het project een klankbordgroep ingesteld. Deze had tot doel een gecoördineerde inbreng in het project door de waterschappen tot stand te brengen. Ook deze groep heeft het project intensief begeleid. De samenstelling van de klankbordgroep is eveneens opgenomen in bijlage 1.

1.5. Terminologie

Tijdens de uitvoering van het project bleek dat veel min of meer ingeburgerde begrippen in de huidige praktijk van het integraal waterbeheer niet uniform zijn gedefinieerd. In dit rapport is waar mogelijk en zinvol, gebruik gemaakt van de verklarende hydrologische woordenlijst (Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, 1986). Deze blijkt helaas gedateerd. Daarom besteedt dit rapport hier en daar extra aandacht aan de definiëring van relevante termen.

Relatie landelijk en stedelijk gebied belangrijk.

2 De watersysteembenadering als vertrekpunt

Dit hoofdstuk geeft eerst een algemeen beeld van de opkomst van het integraal waterbeheer en van de watersysteembenadering. Vervolgens wordt ingegaan op een aantal belangrijke basisbegrippen uit de watersysteembenadering. Aan de orde komen het watersysteem, het grondwatersysteem, het oppervlaktewatersysteem, de interactie tussen grond- en oppervlaktewatersysteem en de standplaats. Om goed inhoud te kunnen geven aan integraal waterbeheer is kennis van deze basisbegrippen essentieel.
Het watersysteemdenken is vervolgens vertaald in een systematische werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Deze werkwijze verschilt op een aantal punten duidelijk van de 'traditionele' werkwijze. Onderdeel van integraal waterbeheer is de belangenafweging tussen verschillende functies. Aangrijpingspunt hiervoor is de doelrealisatie voor de verschillende functies. Het begrip doelrealisatie wordt nader toegelicht en vervolgens wordt bekeken hoe hier in de praktijk mee kan worden omgegaan.

2.1. Waterbeheer: van landbouw en stad naar integraal

2.1.1. De erfenis van de vroegere aanpak

Naar de huidige opvattingen had men vroeger een beperkte blik als het gaat om het omgaan met water. Naast het 'droge voeten houden' was het verkrijgen van goed drinkwater zo ongeveer de enige taak. Met het voortschrijden van de technische mogelijkheden werd deze taak uitgebreid met de zorg voor betere waterafvoer- en later ook wateraanvoermogelijkheden.

Zowel in het landelijk als in het stedelijk gebied diende het waterbeheer vooral het waarborgen van een veilige situatie door het voorkomen van overstromingen. Dit zal trouwens ook in de toekomst wel zo blijven.

In het landelijk gebied richtte het waterbeheer zich lange tijd ook sterk op het verbeteren van de waterhuishoudkundige omstandigheden voor de landbouw. Tot in de zeventiger jaren werden de af- en ontwateringsmiddelen hier vooral aangelegd en beheerd om de landbouwkundige productie te verhogen. Het zwaartepunt lag op het verminderen van de wateroverlastschade door verlaging van te hoge grondwaterstanden in het voor- en najaar. Een eventuele toename van de droogteschade werd geaccepteerd, omdat de afname van de wateroverlastschade per saldo groter was dan de toename aan droogteschade. Bovendien konden vochttekorten in de zomer op veel plaatsen zo nodig door kunstmatige beregening en/of wateraanvoer voor een belangrijk deel worden ondervangen. Het waterkwaliteitsbeheer bleef beperkt tot verziltingsbestrijding.

De gehanteerde normen voor de af- en ontwatering in het landelijk gebied zijn vooral ontwikkeld in de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog. Deze normstelling had logischerwijs een landbouwkundige achtergrond. Bij de normstelling speelde ook het streven naar zo laag mogelijke aanleg- en onderhoudskosten voor het oppervlaktewatersysteem een belangrijke rol. Men formuleerde de waterhuishoudkundige wensen in termen van minimale drooglegginge in situaties met relatief hoge afvoeren en in termen van minimale draindiepten. Het streven naar vermindering van de wateroverlastschade komt hierin duidelijk tot uitdrukking. In de vlakke, drainagebehoeftige gebieden was de drooglegginsnorm een afgeleide van de optimale draindiepte. Men veronderstelde impliciet dat wanneer aan de drooglegginsnormen werd voldaan, tegelijk het gewenste grondwaterregime werd gerealiseerd. Men ging daarbij vaak voorbij aan de samenhang tussen grond- en oppervlaktewater en het wederzijds beïnvloeden van hydrologische systemen. Er werden nauwelijks maatregelen getroffen om de grondwaterstandsverlaging in een nabijgelegen natuurgebied te beperken of te voorkomen. De maatregelen volgden pas als men verwachtte dat een landbouwkundige peilverlaging op grote schaal zou leiden tot onacceptabele grondwaterstandsverlagingen in het natuurgebied. In dat geval werd bijvoorbeeld een hydrologische bufferzone tussen landbouwgebied en natuurgebied ingericht.

De benodigde transportcapaciteit van de waterlopen werd vooral gerealiseerd door het voldoende diep maken van de waterlopen. Belangrijk argument voor 'dimensionering in de diepte' was de geringere behoefte aan (dure en schaarse) landbouwgrond. Dit vertaalde zich direct in lagere

1 Het waterbeheer richtte zich sterk op het verbeteren van de waterhuishoudkundige omstandigheden van de landbouw.

2 Vroeger: dimensionering in de diepte met vaak rechte tracés.

inrichtingskosten. Gevolg van deze aanpak is echter wel geweest dat de optredende drooglegging gedurende een groot deel van het jaar groter was dan de gewenste drooglegging volgens de norm. Dit leidde tot extra ontwatering en daarmee mede tot de huidige verdrogingsproblematiek. Uit kostenoverwegingen ging men bovendien vaak uit van een beperkt aantal peilvakken of afwaterende onderdelen. Ook dit leidde op veel plaatsen tot een grotere drooglegging dan de norm. Het kostenaspect heeft er eveneens toe geleid dat waterlopen vaak rechte tracés kregen. Hierbij werd onvoldoende rekening gehouden met reliëf en belangrijke landschapselementen.

Bij de inrichting van stedelijke gebieden streefde men naar grondwaterstanden, waarbij bebouwing en infrastructuur werden gevrijwaard van wateroverlast. Verlaging van de grondwaterstand leverde in zettingsgevoelige gebieden vaak problemen op door maaiveldsdaling en aantasting van houten paalfunderingen. Ook het hydrologisch patroon werd er, vooral in kwelgebieden, al gauw door verstoord. Daarnaast leidde het aanleggen van waterpartijen vaak tot verdroging in de omgeving indien deze ten opzichte van de natuurlijke situatie diepe peilen hadden gekregen. Dit was het gevolg van de kwelaantrekkende werking. Een verdere daling van grondwaterstanden werd veroorzaakt doordat veel neerslag in het stedelijk gebied niet infiltreerde. In plaats daarvan belandde het snel, vaak via het rioolstelsel, in het oppervlaktewatersysteem. In perioden met een hoge neerslagintensiteit leidde dit tot extra hoge afvoerpieken. Dit betekende een extra belasting (onder andere via riooloverstorten) van het oppervlaktewatersysteem, waardoor dit veelal ruimer gedimensioneerd moest worden.

De landbouw heeft van de boven beschreven werkwijze uiteraard geprofiteerd. De gevolgen voor natuur en landschap zijn echter minder positief. Behalve door de bewust gerealiseerde grondwaterstandsverlagingen in landbouwgebieden heeft ook de verstedelijking behoorlijk bijgedragen aan de verdroging van natuurgebieden. Dit blijkt ook uit het onderzoek naar de relatie tussen verstedelijking en verdroging (Van Bakel et al., 1995). Door alle onbedoelde grondwaterstandsverlagingen zijn de aan natte omstandigheden gebonden natuurwaarden in het landelijk gebied sterk achteruitgegaan. Deze achteruitgang wordt aangeduid als de 'verdrogingsproblematiek'.

In de huidige praktijk van het waterbeheer worden de bestaande normen vanwege de verdrogingsproblematiek vaak al minder stringent toegepast dan in het verleden. Het inzicht is ontstaan dat de uitgangspunten voor inrichting, beheer en onderhoud van het oppervlaktewatersysteem aan vernieuwing toe zijn. Uiteraard hangt dit samen met de verbreding van doelstellingen voor het landelijk gebied en het naar voren komen van de verdrogingsproblematiek. Steeds vaker moeten de waterhuishoudkundige wensen van verschillende functies met elkaar worden gecombineerd. Bovendien speelt naast de waterkwantiteit ook de waterkwaliteit een steeds belangrijkere rol. De afstemming van de waterhuishouding op de verschillende functies is een proces van afweging en optimalisatie geworden, waarbij alleen een integrale, watersysteemgerichte aanpak kan leiden tot duurzame oplossingen.

2.1.2. De afgelegde weg naar integraal waterbeleid

De in de vorige paragraaf beschreven werkwijze behoort zo langzamerhand verleden tijd te zijn. Dit blijkt uit onderstaande schets van de ontwikkeling in het waterbeleid.

Bij het uitbrengen van de eerste Nota waterhuishouding van Nederland in 1968 ging het om bescherming tegen overstromingen en het goed regelen van de wateraf- en -aanvoer. Waterkwaliteit werd nog niet in samenhang met waterkwantiteit behandeld. Dit wil niet zeggen dat er in de zestiger jaren geen waterkwaliteitsproblemen waren. Nagenoeg alle riool- en industrieel afvalwater werd ongezuiverd geloosd met als gevolg veel zwart, dood en stinkend oppervlaktewater. Het bestrijden hiervan ging men via een apart spoor regelen: de Wet verontreiniging oppervlaktewater (W.V.O.). Deze wet werd van kracht in 1970 en moest paal en perk stellen aan deze lozingen.

In de tweede Nota waterhuishouding, uitgebracht in 1984, werden waterkwantiteits- en waterkwaliteitszaken in onderlinge samenhang beschouwd. Er kon nog niet van een ecologische benadering worden gesproken. De economische betekenis van de waterhuishouding was in deze

Hebben en houden van veilig en bewoonbaar land.

Nota een belangrijk aandachtspunt. In de tweede Nota is dan ook uitgebreid ingegaan op de optimalisatie van de watervoorziening voor de land- en tuinbouw. Men streefde daarbij wel naar het voorkómen van ongewenste effecten op de waterkwaliteit. Aanpassing van de normstelling voor ontwerp en beheer van waterhuishoudkundige systemen was op dat moment niet aan de orde. Wel groeide het besef dat water voor natuur zeker zo belangrijk is als voor de land- en tuinbouw en dat 'natuur' eisen stelt aan waterkwantiteit en waterkwaliteit. Met de op dat moment beschikbare (agro-)hydrologische kennis kon hieraan onvoldoende handen en voeten worden gegeven.

In 1985 verscheen de nota "Omgaan met water" (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 1985). In deze nota werd geconstateerd dat de waterproblematiek niet los kan worden gezien van de omgeving; het begrip 'integraal waterbeheer' deed zijn intrede.

De vertaling van dit begrip in het waterbeleid kreeg in 1989 z'n beslag in de derde Nota waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989). Uitgangspunt van deze nota is 'het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het ontwikkelen en in stand houden van gezonde waterhuishoudkundige systemen, die een duurzaam gebruik garanderen'. Integraal waterbeheer betekent behalve integratie binnen het waterbeheer ook verder kijken naar andere beleidsterreinen, met name ruimtelijke ordening, natuur en milieu. Het houdt ook in dat men bij elk ingrijpen in het waterhuishoudkundig systeem rekening houdt met alle betrokken belangen en met het functioneren van het watersysteem zelf. Om verdroging tegen te gaan wordt een verschuiving noodzakelijk geacht van ontwatering en waterafvoer naar waterconservering.

Ook in de vierde Nota waterhuishouding zal het integraal waterbeheer centraal staan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997). Integraal waterbeheer zal meer en meer een resultante blijken van dialogen met economische, ecologische en sociologische ontwikkelingen. Met andere woorden: het integraal waterbeheer wordt verinnerlijkt in de maatschappelijke ontwikkelingen. Het is duidelijk dat 'integraal waterbeheer' is aangeslagen als manier van omgaan met water. Ook de komende jaren zal integraal waterbeheer een centrale rol blijven spelen bij inrichting en beheer van waterhuishoudkundige systemen in Nederland.
Bij integraal waterbeheer worden de kwantiteit en kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in onderlinge samenhang beschouwd. Integraal waterbeheer houdt tevens in dat de relaties tussen waterhuishouding, milieu en ruimtelijke ordening worden onderkend. Het formuleren van waterhuishoudkundig beleid betekent dus dat er een goede samenspraak moet zijn tussen de diverse beleidsvelden. Deze interactie is goed terug te vinden in de waterhuishoudkundige planstructuur die in Nederland is ontstaan. Onderstaand kader geeft daarvan een samenvatting.

Waterhuishoudkundige planstructuur

De planstructuur voor de waterhuishouding in Nederland is vastgelegd in de Wet op de waterhuishouding. Op rijksniveau wordt het waterhuishoudkundig beleid beschreven in de Nota waterhuishouding. Hierin geeft het rijk op nationaal niveau aan hoe het waterhuishoudkundig beleid is geformuleerd. Ook worden er in de Nota waterhuishouding functies toegekend aan de diverse rijkswateren. Het beheer ervan wordt door het rijk vastgelegd in een apart Beheersplan. In de Wet op de waterhuishouding is verder vastgelegd dat het op nationaal niveau geformuleerde waterbeleid op provinciaal niveau wordt vertaald in de provinciale waterhuishoudingsplannen. Rekening houdend met het provinciale waterhuishoudingsplan stellen de beheerders van oppervlaktewateren waterbeheersplannen op. Hierin worden het beheer en eventueel noodzakelijke maatregelen op lokaal niveau vastgelegd en uitgewerkt. In het waterbeheersplan kunnen nevenfuncties worden toegekend.

De waterhuishoudkundige planstructuur (ontleend aan Kreling, 1989)

<table>
<tr><th>niveau</th><th>kwaliteit oppervlaktewater</th><th>kwantiteit oppervlaktewater</th><th>kwantiteit grondwater</th><th>kwalititeit grondwater</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Rijk</td><td colspan="3">Nota waterhuishouding</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Beheersplan</td></tr>
<tr><td>Provincie</td><td colspan="3">Provinciaal Waterhuishoudingsplan</td><td rowspan="2">Grondwaterbeschermingsplan</td></tr>
<tr><td>Beheerder</td><td colspan="2">Beheersplan</td><td>inclusief grondwaterbeheersplan</td></tr>
</table>

De provincies zijn op basis van de Grondwaterwet beheerder van het grondwater in kwantitatieve zin. In deze functie stellen ze grondwaterbeheersplannen op, eventueel aangevuld met een verordening. Het grondwaterkwaliteitsbeleid wordt door de provincies vastgelegd als onderdeel van het op basis van de Wet milieubeheer op te stellen Milieubeleidsplan; het gaat hier dan om bijzonder beleid in aanvulling op het algemeen geldende rijksbeleid. Op het terrein van de ruimtelijke ordening is de Nota ruimtelijke ordening de planologische evenknie van de Nota waterhuishouding; de provinciale waterhuishoudingsplannen kunnen worden vergeleken met de streekplannen en de waterbeheersplannen met de gemeentelijke bestemmingsplannen. Op landelijk niveau is ook het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij op haar beleidsterreinen planologisch actief. De belangrijkste nota in dit verband is het Structuurschema Groene Ruimte, waarbij inbegrepen onder andere het Natuurbeleidsplan en de Nota 'landinrichting in de jaren negentig'.

Voor het waterbeheer zijn het provinciaal waterhuishoudingsplan, het streekplan en het waterbeheersplan de belangrijkste nota's. Dit trio behoort het vertrekpunt te zijn bij inrichtings- en beheersvraagstukken.
Het grondwater bevindt zich binnen de eigendomsgrenzen van de grondgebruiker en daarmee dus grotendeels buiten het directe 'territorium' van de waterkwantiteits- en -kwaliteitsbeheerder. De sturing van het grondwater via inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen is dan ook een gezamenlijke taak van waterbeheerder en grondgebruiker. Integraal waterbeheer vereist een goede afstemming tussen de verschillende bestuurslagen: lokaal (op waterschaps- en gemeenteniveau), provinciaal en landelijk. Dit vraagt om een goede coördinatie tussen de verschillende beleidsvelden.

2.1.3. De geïntegreerde benadering

Integraal waterbeheer en de watersysteembenadering vormen tegenwoordig het vertrekpunt voor het waterbeheer. Het integrale, uitdrukkelijk ook op het grondwater georiënteerde waterbeheer vraagt om andere keuzen en afwegingen dan vroeger. Zo vormt het landbouwkundige "liever te droog dan te nat" al lang niet meer het enige criterium bij inrichting en beheer van het waterbeheersingssysteem. Ook andere wensen spelen een belangrijke rol. Doelstelling van het waterbeheer is het inrichten en handhaven van een waterhuishoudkundige situatie die zo goed mogelijk tegemoet komt aan de hydrologische randvoorwaarden die volgen uit alle functies die aan een gebied zijn toegekend. De verweving van functies en de heterogeniteit van de hydrologische eigenschappen en topografie van gebieden dwingen hierbij tot een brede benadering. Daarbij worden grond- en oppervlaktewater en waterkwantiteit- en waterkwaliteit in samenhang beschouwd. De kloof tussen tegengestelde grondwaterwensen moet met maatwerk zo klein mogelijk worden gemaakt. Kennis van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater is hierbij essentieel, evenals kennis over de waterhuishoudkundige eisen die de verschillende functies in het landelijk gebied stellen.

De landbouw bepaalde in het verleden vooral de waterkwaliteitseisen. Zolang het chloridegehalte niet te hoog was en zich geen toxische stoffen in het water bevonden, was de waterkwaliteit al snel voldoende. Voor de functie natuur ligt dit veel kritischer: kalkgehalte, nutriëntenconcentraties en onderlinge verhoudingen van in het water opgeloste stoffen bepalen of de gewenste natuurdoeltypen zich kunnen ontwikkelen of handhaven. Met name het streven naar de juiste waterkwaliteit op een standplaats vraagt om inzicht in de stromingsprocessen. Belangrijke factoren zijn nu: herkomst van het water (gebiedseigen versus gebiedsvreemd), stroomlijnen en de manier waarop grond- en oppervlaktewater elkaar beïnvloeden. Het doorgronden van deze factoren is vereist om, indien noodzakelijk, adequaat te kunnen ingrijpen in het beheer of de inrichting van het oppervlaktewatersysteem.

De regulering van het grondwaterregime kent twee relevante niveaus. De waterschappen sturen met het oppervlaktewater relatief grofmazig op het schaalniveau van hun beheerseenheden, bijvoorbeeld peilvakken of stuwpanden. Hiermee beoogt men de juiste randvoorwaarden te scheppen voor de gewenste fijnregeling op perceels- of standplaatsniveau door de grondgebruiker. De heterogeniteit van bodemgebruik, hoogteligging en andere factoren binnen een beheerseenheid is echter groot. Het beheer van het oppervlaktewatersysteem door het waterschap is dan ook afgestemd op de per beheerseenheid geldende gemiddelde wensen en omstandigheden. Vroeger was dit overigens vaak afgestemd op de laagste gronden. Fijnregeling door de waterbeheerder is op dit niveau economisch en technisch geen reële optie. In samenspraak met en zo nodig gereglementeerd door de waterbeheerder of de gemeente, zal de grondgebruiker pogen om de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden op detailniveau te realiseren. Dit geschiedt door middel van detailontwateringsmiddelen (sloten, greppels, drains) en eventueel onderbemaling, maar ook met behulp van particuliere wateraanvoer- en waterconserveringsmiddelen

De sturing van het grondwater via het oppervlaktewater kan niet zonder randvoorwaarden plaatsvinden. Een belangrijke functie van het waterbeheersingssysteem is (en blijft) de afvoerfunctie. De veiligheid en de bescherming tegen overstromin-

Chloridegehalte van het water niet te hoog.

gen stelt eisen aan de transport- en bergingscapaciteit van het waterbeheersingssysteem. Voorts moet men er rekening mee houden dat aan het oppervlaktewater zelf ook nog andere functies kunnen zijn toegekend, zoals aquatische natuur, visserij, recreatie of pleziervaart. Deze functies stellen vaak specifieke eisen, bijvoorbeeld ten aanzien van waterdiepte, waterbreedte of waterkwaliteit. In de geïntegreerde benadering worden deze aspecten in samenhang in beschouwing genomen en tegen elkaar afgewogen. Een moeilijkheid bij de sturing van het grondwater is dat het grondwaterregime vaak door verschillende actoren wordt beïnvloed. Dit gebeurt zowel bedoeld, bijvoorbeeld door drainage en onderbemaling, als onbedoeld door bijvoorbeeld grondwateronttrekking, bronbemaling en verstedelijking. De watersysteembenadering levert het inzicht om dit meer op één lijn te brengen. De waterschappen hebben hierbij een centrale rol (Van Bakel et al., 1996; Unie van Waterschappen, 1996).

2.2. Omgaan met watersystemen

2.2.1. Watersystemen

In het 'Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap' (Van Beusekom et al., 1990) is de samenhang tussen de hydrologie van de standplaats en de plaats in het watersysteem gedetailleerd uitgewerkt. Deze ideeën vormen nog steeds de kern van de watersysteembenadering.

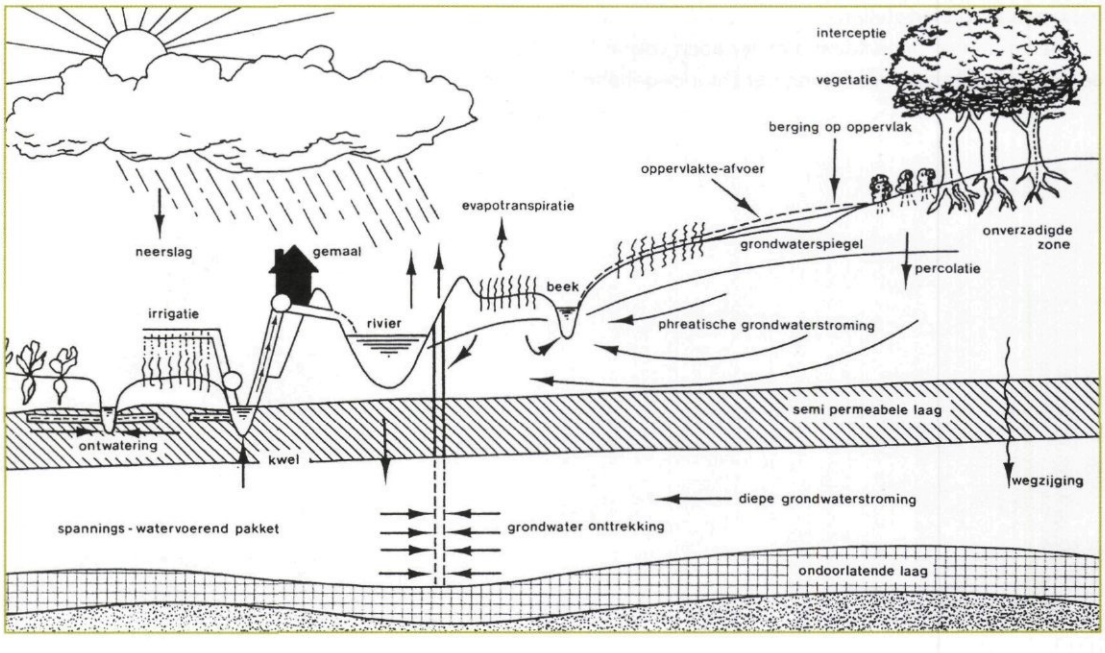
Een watersysteem, ook wel hydrologisch systeem genoemd, is "een door stroming samenhangend geheel van oppervlaktewater en grondwater, alsmede de daarbij behorende levensgemeenschappen, processen en relaties met de omgeving (zoals waterbodem, oevers en infrastructuur)". De grenzen van een watersysteem worden vooral bepaald op grond van morfologische, ecologische en functionele samenhang. Integraal waterbeheer betekent ecologisch verantwoord omgaan met watersystemen en impliceert dat een gebiedsgerichte aanpak voorop staat. De praktische betekenis van deze definitie op zichzelf lijkt niet al te groot. De begrippen moeten worden vertaald naar de praktijk.

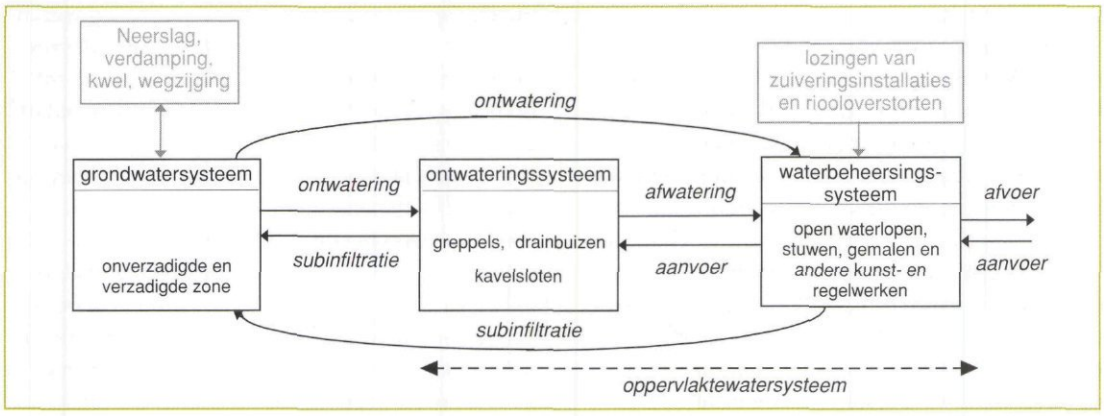
Een hydrologische systeemanalyse, waarvoor een algemene opzet is opgenomen in § 4.3, geeft voor zowel een historische als actuele situatie inzicht in de dynamische samenhang tussen oppervlaktewater en grondwater.

Essentieel in de watersysteembenadering is dat men inzicht heeft in de verplaatsing van het water in het watersysteem. Het gaat daarbij op verschillende schaalniveaus zowel om de processen, als om de interactie tussen deelsystemen. Samen vormen deze de hydrologische kringloop. In figuur 2.1 zijn de verschillende onderdelen van de hydrologische kringloop aangeduid.

De stroming heeft voorkeur voor de weg van de minste weerstand. De weg die het water volgt, wordt dan ook sterk bepaald door de weerstand die het water op zijn weg ondervindt. Om de weerstand te overwinnen is een potentiaalverschil nodig. Het water stroomt altijd van een plaats met een hogere potentiaal naar een plaats met een lagere potentiaal. Dit hoeft niet altijd van boven naar beneden te zijn. Zo stroomt het water bij kwel en capillaire opstijging van onder naar boven omdat de hogere potentiaal dieper in het profiel voorkomt; bij capillaire opstijging heerst in de wortelzone een negatieve potentiaal of drukhoogte.
In hellende of vrij afstromende gebieden zorgt het verhang van het terrein ervoor dat de stroming door uitsluitend de zwaartekracht in stand wordt gehouden. In polders wordt door het "wegpompen" van het water een kunstmatig peilverschil gecreëerd, dat de stroming naar het gemaal bewerkstelligt. Het gemaal slaat het water, tegen de zwaartekracht in, uit op een waterloop met een hoger peil.
In het traditioneel ingericht stedelijk gebied is nau-

figuur 2.1 Schematische voorstelling van de hydrologische kringloop (Crebas en Wesseling, 1983)





figuur 2.2 De voor dit rapport relevante relaties tussen grond- en oppervlaktewatersysteem

welijks sprake van een natuurlijke afstroming van het water. Een groot deel van de neerslag wordt afgevoerd over het verharde oppervlak via een al dan niet gescheiden rioolstelsel naar het oppervlaktewater of een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Dit is hier de weg van de minste weerstand.

Waterbeheersing is in feite niets anders dan het sturen van de stroming van het water door regeling van potentiaalverschillen en weerstanden. Door in horizontale richting de stromingsweerstand te verkleinen of het potentiaalverhang te vergroten, kan men de zijdelingse stromingscomponent vergroten ten opzichte van de verticale component. Dit kan worden bereikt door de aanleg van ontwateringsmiddelen of door het vergroten van het potentiaalverschil tussen verschillende plaatsen door bijvoorbeeld peilverlaging of het verdiepen van de ontwateringsbasis.
Lokale maatregelen zoals verlaging van de grondwaterstand door intensivering van het oppervlaktewatersysteem, leiden regionaal tot een kleiner potentiaalverschil met benedenstroomse gebieden. In hellende gebieden leidt dit tot een afname van de kwel benedenstrooms. De begrenzing van lokale en regionale watersystemen kan zo door menselijke maatregelen worden beïnvloed.

De analyse van weerstanden in hydrologische systemen kan een eerste stap zijn voor het opstellen van een gebiedstypologie. Zo'n gebiedstypologie kan als oriëntatie dienen bij een studie naar mogelijke maatregelen tegen verdroging (Bot, 1996). De systeemweerstanden bepalen de intensiteit van kwel en wegzijging.
In figuur 2.2 zijn de deelsystemen binnen een watersysteem en de relevante processen weergegeven, zoals die in dit rapport zijn gebruikt.

In een kader is een overzicht gegeven van de factoren die sterk bepalend zijn voor de eigenschappen van watersystemen.

Factoren die bepalend zijn voor de watersysteemeigenschappen

De **bodemfysische eigenschappen** zijn bepalend voor de infiltratiecapaciteit van de bovengrond, de doorlatendheid, de bergingscoëfficiënt en preferente stroming door scheuren bij zwellende en krimpende klei- en veengronden. Ze zijn mede bepalend voor het optreden van oppervlakkige afvoer en eventueel bodemerosie. Daarnaast bepalen ze, afhankelijk van de voorgeschiedenis, de bergingsmogelijkheden in de onverzadigde zone.

Het **bodemgebruik** heeft grote invloed op de interceptie, de infiltratie via het maaiveld en op de bodem- en gewasverdamping. In het stedelijk gebied komt veel verhard oppervlak voor; hier kan neerslag niet infiltreren en stroomt het oppervlakkig af naar de ontwateringsmiddelen.

Bij de **topografie** zijn de terreinhelling en eventueel aanwezige ingesloten laagten van belang. Deze factoren bepalen de bergingsmogelijkheden in het terrein en het mogelijk optreden van oppervlakkige afstroming over het maaiveld. De topografie werkt ook door in het verhang in waterlopen en is daarmee van invloed op de stroomsnelheden in het oppervlaktewatersysteem.

Bij de **geohydrologie** gaat het om de opbouw van de ondergrond in termen van watervoerende pakketten en weerstandbiedende (of scheidende) lagen. Voor de ontwatering is de geohydrologie van de bovenste paar meter het belangrijkst. Ondiepe weerstandbiedende lagen (onder andere keileem) kunnen de verticale grondwaterstroming ernstig belemmeren, waardoor zijdelingse stroming boven zo'n laag kan optreden. De geohydrologische opbouw van een gebied kan overigens op korte afstand sterk variëren hetgeen het modelleren ervan ernstig bemoeilijkt.

In de praktijk hield men meestal weinig rekening met het feit dat ook de waterlopen die gerekend worden tot het waterbeheersingssysteem, bijdragen aan de ontwatering van een gebied. In de zandgebieden leidden ook grondwateronttrekkingen op een aantal plaatsen tot verdere verlagingen van de grondwaterstand, soms tot op grote afstand van de winning. Beide factoren zijn, samen met de toenemende verstedelijking, voor een groot deel debet aan het verdrogingsprobleem. De in dit rapport beschreven werkwijze kan bijdragen aan de bestrijding ervan. Het 'probleem' van de vrij afvoerende gebieden is dat ze 's zomers gemakkelijk leeg lopen, zeker als de afwatering in tijden van neerslagoverschot te veel wordt gestimuleerd. Een effectief middel om deze leegloop tegen te gaan, is het zo hoog mogelijk in de stroomgebieden conserveren van neerslagoverschotten door verondieping of dempen van sloten.

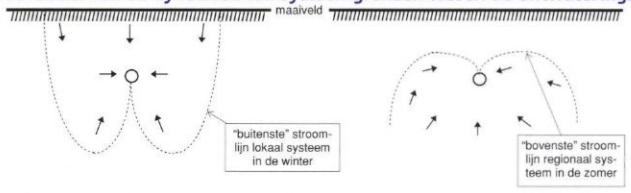
In polders en droogmakerijen slaan gemalen het water uit op een boezem of ringvaart.

2.2.2. Grondwatersystemen

Een grondwatersysteem is een in de ondergrond begrensde eenheid; het bestaat uit infiltratie- en uit kwelgebieden die door stroomlijnen met elkaar zijn verbonden. Water komt het grondwatersysteem binnen door infiltratie van neerslag of door subinfiltratie vanuit het oppervlaktewatersysteem. Water verlaat het grondwatersysteem door ontwatering naar het oppervlaktewater of door verdamping. Zolang het water in de grond zit, blijft het deel uitmaken van hetzelfde systeem, ondanks dat het zich ondergronds soms wel tientallen kilometers kan verplaatsen. Een grondwatersysteem met een dergelijke omvang wordt aangeduid als een regionaal grondwatersysteem. In een regionaal grondwatersysteem kunnen gewoonlijk meerdere hiërarchische niveaus worden onderscheiden. Lokale grondwatersystemen zijn daarin ingebed.

Lokale grondwatersystemen kunnen zeer beperkt van omvang zijn en beperkt zijn tot één standplaats. Het begrip standplaats wordt nader uitgelegd in § 2.2.5. Bij een grondwatersysteem is onder natuurlijke omstandigheden sprake van een zone waar water als neerslagoverschot infiltreert, van een transportzone en van een zone waar het water uittreedt nabij het maaiveld of in een waterloop. Het infiltrerend neerslagoverschot is van nature zuur en voedsel- en mineralenarm. Onderweg verandert de samenstelling van het water door oplossing van in de bodem aanwezige stoffen. Het in regionale systemen uittredend water is daardoor basisch, voedselarm en mineralenrijk.
De eigenschappen van een grondwatersysteem, waaronder de afmetingen, worden vooral bepaald door de geologische opbouw, het reliëf en de klimatologische omstandigheden. De grenzen van een grondwatersysteem variëren in de tijd door het steeds wisselende neerslag- en verdampingsoverschot. Ook menselijke invloeden zoals waterwinning, lozingen, bemaling en drainage beïnvloeden de ligging van de systeemgrenzen. Dit is in het navolgende kader toegelicht.

Een voorbeeld van de dynamiek van systeemgrenzen tussen de ontwateringsmiddelen



Het (ondergrondse) deel van een perceel dat het neerslagoverschot afvoert via één bepaalde drainbuis vormt een zeer lokaal grondwatersysteem. 's Zomers is er geen neerslagoverschot. De figuur links geeft de wintersituatie aan. Het neerslagoverschot dat valt binnen de begrenzing van de "buitenste" stroomlijn van de drainbuis (aangeduid als O) stroomt in de richting van deze drainbuis. Het grondwaterlichaam binnen deze buitenste stroomlijn vormt een zeer lokaal grondwatersysteem, waarvan het "kwelgebied" is geconcentreerd ter plaatse van de buis. Afhankelijk van het stijghoogteverschil tussen het lokale en regionale systeem stroomt het neerslagoverschot buiten de buitenste stroomlijn naar de ondergrond of stroomt het naar de eventueel aanwezige naastgelegen drainbuis. In het eerste geval is het lokale grondwatersysteem van de drainbuis volledig ingebed in een regionaal systeem; in het tweede geval zijn meerdere lokale grondwatersystemen samen ingebed.
's Zomers is er geen neerslagoverschot. In de rechter figuur ligt de stijghoogte in het regionale systeem boven het niveau van de drainbuis, zodat deze het regionale systeem als het ware aftapt. Het 's winters aanwezige lokale systeem ontbreekt; de buis vormt een uitlaat van het regionale systeem. In werkelijkheid zullen de systemen niet zo duidelijk begrensd voorkomen, omdat de overgang van de ene situatie naar de andere geruime tijd vergt en het neerslagoverschot voortdurend wisselt.

Het denken in grondwatersystemen verschilt wezenlijk van de klassieke geohydrologische benadering. Daarin wordt de ondergrond geschematiseerd tot goed en slecht waterdoorlatende lagen en gaat het alleen over stijghoogten en fluxen. Er is geen aandacht voor waterkwaliteitsaspecten en stromingspatronen. Ook de meer recente geohydrologische rekenmodellen zijn nog altijd gebaseerd op de klassieke hydrologie. Vaak hebben deze echter wel de mogelijkheid om tijdsafhankelijke stroombanen te berekenen. Hiermee kunnen, mits de hydrologie in het model goed is geschematiseerd, uitspraken worden gedaan die vergelijkbaar zijn met een analyse van grondwatersystemen.

Veranderingen in lokale grondwatersystemen lijken meestal een beperkt effect te hebben op regionale grondwatersystemen. Andersom lijkt er sprake te zijn van een grotere beïnvloeding. In figuur 2.3 is aangeduid hoe binnen een hydrologisch systeem deelsystemen van verschillende orde en grootte zijn te onderscheiden en hoe het bereik van deze deelsystemen zich in de loop van het hydrologisch jaar wijzigt.
In het stedelijk gebied is sprake van een sterke beïnvloeding van het grondwatersysteem omdat veel neerslag via het verharde oppervlak wordt afgevoerd. Dit laatste leidt tot een vermindering van de infiltratie (grondwateraanvulling). Ook peilverlaging in verstedelijkte gebieden met van nature ondiepe grondwaterstanden beïnvloedt het grondwatersysteem. Het is dus belangrijk dat de infiltratie van neerslag niet wordt belemmerd in de oorspronkelijke infiltratiegebieden van het stedelijk gebied. Dit bereikt men door open verhardingen toe te passen. Waar dit om waterkwaliteitsredenen verantwoord is, kan ook de hemelwaterafvoer worden afgekoppeld van het rioleringssysteem om te infiltreren. Men dient er bovendien in nieuwbouwwijken zoveel mogelijk naar te streven de grondwaterstand niet te verlagen. Bij van nature ondiepe grondwaterstanden vereist dit kruipruimteloos bouwen, goede afdichting van kruipruimtes tegen optrekkend vocht of ophoging van bouwterreinen.

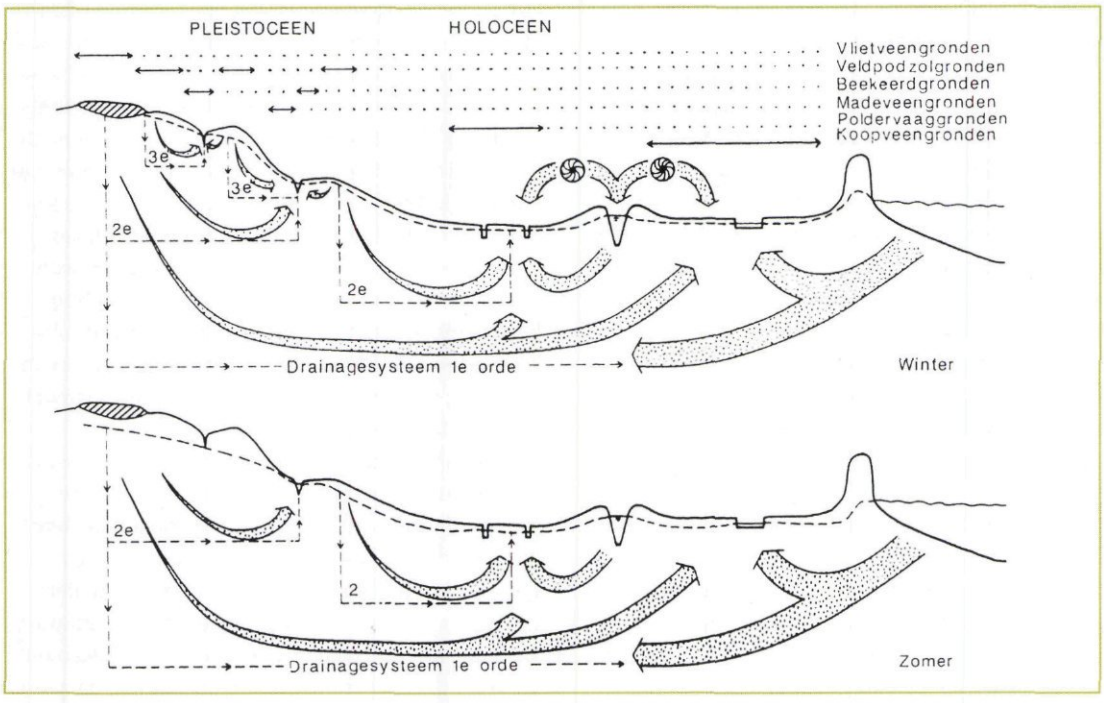
In het Pleistocene deel van ons land wordt ten behoeve van de drinkwatervoorziening gewoonlijk grondwater onttrokken. Ook dit veroorzaakt een daling van de grondwaterstand en beïnvloedt de lokale en regionale grondwatersystemen.

2.2.3. Oppervlaktewatersystemen

Het Nederlandse oppervlaktewatersysteem is grotendeels door de mens aangelegd en het is een belangrijk middel om het grondwaterregime af te stemmen op het gewenste gebruik. Het oppervlaktewatersysteem wordt onder natuurlijke omstandigheden gevoed door de neerslag en vanuit het grondwatersysteem. Het bestaat uit een (detail)ontwaterings- en uit een waterbeheersingssysteem[1].

Het ontwateringsstelsel of -systeem bestaat uit greppels, drainbuizen en perceelssloten en behoort

[1] De hiervoor ingeburgerde, oudere term 'afwateringsstelsel' wordt hier niet gebruikt omdat deze term geen recht doet aan zaken als waterconservering en wateraanvoer, waarvoor dit stelsel ook kan worden gebruikt.



figuur 2.3 Hydrologische systemen van verschillende orde en grootte in winter en zomer (ontleend aan Kemmers, 1986)

toe aan de grondgebruiker; het zorgt voor de fijnregeling van het grondwaterregime. Door de aanleg van sloten, greppels en drains wordt de afvoer van water van ontwaterings- naar waterbeheersingssysteem gestimuleerd. De intensiteit en diepte van de ontwateringsmiddelen bepalen in combinatie met de doorlatendheid van de grond de snelheid waarmee de neerslag via ontwatering in het waterbeheersingssysteem terecht komt. Deze factoren bepalen in belangrijke mate de drainageweerstand. Door verlaging van de drainageweerstand wordt er meer water via het (snellere) oppervlaktewatersysteem afgevoerd en dus minder via het (tragere) grondwatersysteem. Dit ontwateringsproces gaat door totdat de grondwaterstand is gedaald tot beneden de ontwateringsbasis. Als het waterbeheersingssysteem dan nog wel watervoerend is, treedt subinfiltratie op in plaats van ontwatering. Doordat bij diepere waterstanden ontwateringsmiddelen kunnen droogvallen en dan niet meer bijdragen aan het ontwateringsproces, is de drainageweerstand afhankelijk van de waterstand.

De voeding van het oppervlaktewatersysteem vanuit het grondwatersysteem verloopt grotendeels via het ontwateringssysteem. Het waterbeheersingssysteem voert het water af naar de grens van het waterbeheersingsgebied. Vaak wordt onvoldoende onderkend dat het waterbeheersingssysteem, dat valt onder de verantwoordelijkheid van het waterschap, ook wezenlijk bijdraagt bij aan de ontwatering van een gebied. Het zal duidelijk zijn dat men met de inrichting en het beheer van het waterbeheersingssysteem de afvoer van een gebied kan reguleren en daarmee gelijktijdig het grondwaterregime binnen zekere grenzen kan sturen.

Al het water dat door een waterloop wordt afgevoerd komt per definitie uit hetzelfde waterbeheersingsgebied. De grenzen tussen waterbeheersingsgebieden worden waterscheidingen genoemd. Waterscheidingen en grenzen van grondwatersystemen liggen in de regel dicht bij elkaar. De waterbalans van zo'n waterbeheersingsgebied geeft altijd veel inzicht in het functioneren van het watersysteem ter plaatse. Waterbalansposten zijn onder andere kwel, wegzijging, instroming uit bovenstroomse gebieden en eventuele lozingen, bijvoorbeeld van effluent door een rioolwaterzuiveringsinstallatie. De positionering van een waterbeheersingsgebied in het watersysteem bepaalt voor een belangrijk deel welke waterbalansposten in een gebied relevant zijn.
Ook door aanvoer van oppervlaktewater van elders kan water aan het oppervlaktewatersysteem worden toegevoegd om vervolgens te infiltreren in het grondwatersysteem. Om een onderscheid aan te brengen met de infiltratie van het neerslagoverschot en van beregeningswater, die beide via het maaiveld plaatsvinden, wordt voor infiltratie vanuit

Dit ontwateringsstelsel bestaat uit greppels en perceelssloten.

het oppervlaktwatersysteem de term subinfiltratie gebruikt. Het geïnfiltreerde systeemvreemde aanvoerwater stroomt bij het ontstaan van een neerslagoverschot in het winterhalfjaar voor een groot deel ter plekke weer terug in het oppervlaktewater; indien het aanvoerwater is geïnfiltreerd in een duidelijk wegzijgingsgebied wordt het echter opgenomen in het regionale grondwatersysteem. Het inlaten van systeemvreemd water heeft invloed op het ecosysteem. De hierover beschikbare kennis is gebundeld en verwerkt in een methodiek voor de bepaling van de ecologische effecten op het oppervlaktewatersysteem. Deze studie is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoek Verdrogingsbestrijding (Worm et al., 1996).

Bepaling van de afvoer naar het waterbeheersingssysteem

Een belangrijk onderdeel van de analyse van watersystemen is de bepaling van de voeding van het waterbeheersingssysteem. Voor de dimensionering van het waterbeheersingssysteem is inzicht nodig in de afvoerhoeveelheden die het te verwerken krijgt en in de afvoerdynamiek die hierbij optreedt. De basisafvoer naar het waterbeheersingssysteem is relevant voor de hydrologische functie. De piekafvoeren zijn vooral een aandachtspunt bij de transportfunctie van het waterbeheersingssysteem; een randvoorwaarde voor zo'n systeem is immers vaak dat het niet of slechts in uitzonderlijke gevallen mag overstromen.

bestaande afvoernormen

Voor de afvoerbepaling worden tot nu toe vaak vaste afvoernormen (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988) gebruikt. Nadeel van deze vaste normen is dat ze alleen zijn gerelateerd aan de grondwatertrap in een gebied. Ze zijn onafhankelijk van de bergingsmogelijkheden in een gebied en van de snelheid waarmee een gebied reageert op neerslaggebeurtenissen. Uit afvoermetingen blijkt dat de afvoer die in de praktijk optreedt, in heel wat gevallen geringer is dan op grond van de normen werd verwacht. Dit heeft soms geleid tot overdimensionering van het waterbeheersingssysteem; dit kan een ongewenste ontwatering gedurende het zomerhalfjaar tot gevolg hebben.

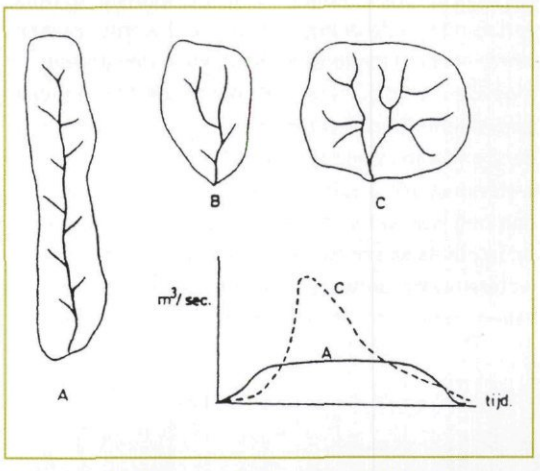
afvoerproces

In het afvoerproces zijn twee deelsystemen te onderscheiden:

- transport over maaiveld en door de bodem naar het oppervlaktewatersysteem (ontwatering)
- transport via het oppervlaktewatersysteem naar het lozingspunt (afwatering).

De afvoerdynamiek is de resultante van de wijze waarop beide deelsystemen reageren. Naast de eigenschappen van beide deelsystemen spelen hierbij ook de neerslagintensiteit, de totale neerslaghoeveelheid en de voorgeschiedenis een rol.
De tijd die ligt tussen het vallen van de neerslag en het moment waarop deze in het oppervlaktewatersysteem komt, is afhankelijk van de stroomsnelheid (doorlatendheid) en de af te leggen afstand tussen de 'valplaats' en het oppervlaktewatersysteem. Hoe intensiever het oppervlaktewatersysteem, hoe sneller de reactie. In het landelijk gebied loopt de toestroming voor een belangrijk deel via de bodem. De reactietijd is dan veel langer dan wanneer dit niet of nauwelijks het geval is, zoals in verharde gebieden (conventioneel bebouwd stedelijk gebied en kassen). Hierdoor kunnen in verharde gebieden grote piekafvoeren optreden in perioden met een hoge neerslagintensiteit. Het gevolg kan zijn dat riooloverstorten in werking treden. Dit leidt tot een extra belasting van het oppervlaktewatersysteem (zowel kwantitatief als kwalitatief).

Ook de structuur van het waterbeheersingssysteem is van belang voor het afvoerverloop in de stroomafwaarts gelegen gebieden. Indien de afvoergolven uit verschillende deelgebieden na elkaar (plaats, tijd) op een hoofdleiding uitmonden, dan resulteert dit in een vlakkere, maar langer aanhoudende afvoergolf. Vallen daarentegen de pieken uit de verschillende deelgebieden juist samen, dan versterken ze elkaar en resulteert dit in een steilere, hogere afvoergolf. Dit is geïllustreerd in figuur 2.4. Mede hierdoor heeft een groter afwaterend gebied een vlakker afvoerverloop met minder sterke pieken. Deze afvlakking komt ook doordat in een groter gebied de neerslagintensiteit niet overal even groot. Bij de dimensionering van het oppervlaktewatersysteem dient dus rekening te worden gehouden met deze gebiedsgrootte-effecten. Als dit niet gebeurt kan dit leiden tot overschatting van de benodigde transportcapaciteit.



figuur 2.4 Verloop van de afvoer in relatie tot de vorm van het afwateringsstelsel (Warmerdam, 1989)

Methoden van afvoerbepaling

Een afvoer kan worden bepaald door het meten van de werkelijke afvoer, berekeningen met hydrologische modellen, toepassen van en neerslag-afvoermodellen, afleiden uit regenduurlijnen en door het toepassen van genormeerde waarden voor de afvoer. In tabel 2.1 zijn de methoden kort beschreven. Voor een uitgebreid overzicht wordt verwezen naar het rapport "Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden" (Werkgroep afvoerberekeningen, 1992).

1

2

1 Minimumprofiel met standaardafmetingen.

2 Onderhoudstechnisch had een standaardtalud voordelen.

tabel 2.1 Methoden voor de bepaling van de afvoer

Afvoermetingen	
beschrijving	met meet- en registratie-apparatuur worden de werkelijk optredende afvoeren gemeten;
voordelen	de werkelijke reactie van een gebied wordt gemeten; verzameling van gebiedsspecifieke gegevens;
nadelen	lange meetreeksen nodig voor voldoende inzicht, kostbaar;
beperkingen	bij forse aanpassingen van het oppervlaktewatersysteem (of door bijvoorbeeld grondwateronttrekkingen) verandert het afvoergedrag van het gebied; bestaande meetreeksen zijn dan niet meer zonder meer te gebruiken.
Hydrologische modelberekeningen	
beschrijving	de afvoer wordt berekend met een hydrologisch model waarin de gebiedseigenschappen zijn vastgelegd;
voordelen	eenvoudig om diverse neerslagsituaties te simuleren;
nadelen	veel basisgegevens nodig voor betrouwbaar model;
beperkingen	interactie tussen diverse deelsystemen is nog moeilijk te modelleren.
Neerslag-afvoermodellen:	
beschrijving	met een (computer)model kan neerslag worden omgezet in afvoer. Deze modellen kunnen variëren van zeer eenvoudig (De Jager, Hellinga - De Zeeuw) tot ingewikkelder (Buibak, Ram, Wageningenmodel);
Voordelen	snel globaal inzicht in relevante parameters; in kleine gebieden in combinatie met een oppervlaktewatermodel goed inzetbaar;
nadelen	alleen te gebruiken door ervaren mensen die bekend zijn met de achtergronden;
beperkingen	afhankelijk van het model zal slechts een deel van de processen worden meegenomen.
Regenduurlijnen:	
beschrijving	met regenduurlijnen kan globaal de kans worden afgeleid van het vóórkomen van een neerslaghoeveelheid in een bepaalde tijd. Deze neerslag kan dienen als invoer voor een neerslag - afvoermodel;
voordelen	geen meerjarige neerslagreeksen nodig;
nadelen	voorgeschiedenis neerslaggebeurtenis onbekend, evenals de afhankelijkheid van de punten op dezelfde duurlijn;
beperkingen	voor verharde gebieden goed toepasbaar; in onverharde gebieden alleen door deskundige gebruikers.
Afvoernormen	
beschrijving	op basis van onderzoek of ervaring worden voor een gebied met bepaalde kenmerken (Gt, helling, bodem) afvoeren vastgesteld met een herhalingskans. Meestal stationair. (afvoerhoeveelheid = oppervlakte x afvoernorm);
voordelen	eenvoudig toe te passen;
nadelen	weinig genuanceerd;
beperkingen	Moeilijk te combineren met niet-stationaire processen.

2.2.4. De interactie tussen grond- en oppervlaktewatersystemen

In de praktijk blijkt het heel lastig te zijn om de interactie tussen het grondwater en het oppervlaktewater goed te doorgronden. Dit komt omdat de interactie *afhankelijk is van vele factoren, die juist in onderlinge samenhang tot een bepaald gedrag leiden.*

Het sturen van het grondwatersysteem door uitvoering van inrichtings- en beheersmaatregelen aan het oppervlaktewatersysteem gebeurt vaak op grond van praktijkervaring, gebiedskennis en dergelijke. Dit kan prima werken in bestaande situaties maar wordt moeilijker als de hydrologische omstandigheden in een gebied sterk wijzigen. Dit kan bijvoorbeeld aan de orde zijn als grotere oppervlaktes landbouwgebied een natuurbestemming krijgen. Het hydrologisch gedrag van een gebied kan dan zo sterk veranderen, dat het grondwatersysteem op grond van gebieds- en praktijkkennis alleen, niet meer adequaat met het oppervlaktewatersysteem kan worden gestuurd. De ervaring moet dan ten *dele opnieuw worden opgebouwd.*

De mogelijkheden om het grondwaterregime te reguleren met inrichtings- en beheersmaatregelen aan het oppervlaktewatersysteem verschillen van gebied tot gebied.

De 'kleinste helft' van Nederland bestaat uit vrij afstromende gebieden. Dit zijn de zandgebieden in het noorden, oosten en zuiden van het land. De waterhuishoudkundige situatie in deze gebieden is sterk beïnvloed door de eerder deze eeuw uitgevoerde ontginningen en waterbeheersingswerken. Omdat

Bij de analyse van het watersysteem mag het onderdeel interactie grondwater - oppervlaktewater niet ontbreken.

de doorlatendheid van de bodem in de zandgebieden groot is, hebben de effecten van deze werken zich uitgespreid over grote gebieden. Deze effecten werden nog versterkt doordat in landinrichtingsprojecten vaak het uitgangspunt werd gehanteerd dat alle percelen de mogelijkheid moesten hebben af te wateren op een openbare waterloop. Hiertoe zijn vaak 'verdichtingswaterlopen' aangelegd. Deze begin- en verdichtingswaterlopen hebben bovendien, vaak op verzoek van de waterbeheerder, om onderhoudstechnische redenen een minimumprofiel gekregen. Dit minimumprofiel kent in de regel een grotere bodemdiepte en transportcapaciteit dan hydraulisch noodzakelijk. Met name in de vrij afstromende gebieden heeft deze werkwijze het versneld 'leeglopen' van deze gebieden bevorderd. Doordat het peil van het oppervlaktewater niet kan worden gehandhaafd of waterlopen zelfs helemaal droogvallen, kan het grondwaterregime ook niet meer met de waterloop worden gereguleerd.

De 'grootste helft' van Nederland bestaat uit laaggelegen, vlakke gebieden waaruit het water niet meer onder vrij verval kan worden afgevoerd. Gemalen en inlaten uit rivieren of boezemwateren beheersen kunstmatig het peil. Het voortbestaan van deze gebieden is, zeker waar maaivelddaling is opgetreden, afhankelijk geworden van deze kunstmatige waterbeheersing. Onder natuurlijke omstandigheden zouden deze gebieden al dan niet permanent onder water staan. Dit wil echter geenszins zeggen dat in dergelijke gebieden integraal waterbeheer een loze kreet is.

In deze gebieden met vooral klei- en veengronden, zijn de waterlopen normaliter het hele jaar wel watervoerend, zodat men in principe het grondwaterregime in mindere of meerdere mate door peilaanpassingen kan sturen. De doorgaans slechte doorlatendheid van de bodem is hier een beperkende factor. Waterconservering in de zin van het beperken van het inlaten van gebiedsvreemd boezemwater is in deze gebieden relevant.

Bij de analyse van het watersysteem mag het onderdeel interactie grondwater - oppervlaktewater niet ontbreken. Voor het realiseren van de gewenste grondwaterstandsverandering werd vroeger de noodzakelijke peilverandering geschat met behulp van eenvoudige vuistregels. Men hield daarbij vaak onvoldoende rekening met de gebiedseigenschappen als doorlatendheid, profielopbouw, dimensionering oppervlaktewatersysteem en drainageweerstand. Voor waterbeheer op het scherpst van de snede is nauwkeurige informatie nodig over de mate waarin, snelheid waarmee en afstand waarover peilveranderingen doorwerken in het grondwaterstandsverloop als gevolg van sturingsacties of afvoergolven. Deze informatie is een essentiële schakel in het sturen op grondwater.

In samenhang met het project 'Waternood' is door het Staring Centrum een onderzoeksproject uitgevoerd om beter zicht te krijgen op de interactie tussen grond- en oppervlaktewater en om de huidige kennis te inventariseren. Het onderzoek geeft aan welke parameters de interactie beïnvloeden en hoe de waarde ervan het beste kan worden bepaald. Verder worden op grond van hydrologische en algemene gebiedseigenschappen (geohydrologie, topografie) eenheden afgeleid die qua impuls-respons binnen zekere grenzen hetzelfde reageren. Deze eenheden worden 'hydrotypen' genoemd (Massop et al., 1997). 'Hydrotypen' staat voor hydrologische gebiedstypen. De indelingssystematiek is vergelijkbaar met de indeling in bodemtypen (hoofdklassen,

naar behoefte verder verfijnd in subklassen). Dit onderzoek moet worden gezien als de eerste stap om deze problematiek beter in de vingers te krijgen. De oplossing van de geconstateerde knelpunten en kennishiaten zal de komende jaren nog de nodige onderzoeksinspanning vergen.

De uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewatersysteem

De stroming van het grond- naar het oppervlaktewatersysteem (of andersom!) vindt plaats via het contactvlak tussen beide systemen (zie onderstaand kader). De hoeveelheid water die door het contactvlak passeert hangt af van:

- de oppervlakte van het contactvlak tussen grond- en oppervlaktewatersysteem;
- de weerstand die het water ondervindt bij het passeren van dit contactvlak;
- het stijghoogteverschil tussen het oppervlaktewater en het grondwater bij de waterloop.

De stromingsweerstand die het water ondervindt om de wand van de waterloop te passeren hangt af van de grondsoort ter plaatse van dit contactvlak. Bij zand is de weerstand lager dan bij klei. De weerstand is verder afhankelijk van de richting waarin het water het contactvlak passeert. In een drainerende situatie, waarbij het water vanuit het grondwatersysteem het oppervlaktewatersysteem binnendringt, is de weerstand meestal lager dan bij infiltratie vanuit het oppervlaktewatersysteem in het grondwatersysteem. Als gevolg van inspoeling van fijne slibdeeltjes neemt de weerstand tijdens een infiltratieperiode in de loop van de tijd toe. De weerstand ter plaatse van het contactvlak tussen grond- en oppervlaktewater veroorzaakt bij stroming van water door dat contactvlak een stijghoogteverschil tussen de waterloop en het grondwater in de onmiddellijke omgeving.

De stroming door het contactvlak tussen grond- en oppervlaktewater

Het debiet (Q_c) dat het contactvlak op de overgang tussen het grondwater- en oppervlaktewatersysteem passeert bedraagt:

$Q_c = P.\Delta h/c$

waarin:

Q_c	= het debiet dat het contactvlak passeert	($m^3.dag^{-1}$)
P	= de oppervlakte van het contactvlak	(m^2)
Δh	= het stijghoogteverschil tussen oppervlaktewater en grondwater nabij de waterloop	(m)
c	= de weerstandswaarde van het contactvlak (in- en uittreeweerstand)	(dag)

Voor een segment van een waterloop met een lengte van 1 m komt P in de formule overeen met de natte omtrek van een waterloop.

Tussen plek en klep

Bij de sturing van het grondwater via het oppervlaktewater zijn tussen het regelkunstwerk (de "klep") en de standplaats (de "plek") in het eenvoudigste geval vijf deeltrajecten te onderscheiden:

- de overstorthoogte van de stuw;
- van de stuw naar het stroomopwaarts gelegen punt in het oppervlaktewatersysteem;
- door het contactvlak tussen het grond- en het oppervlaktewatersysteem;
- van de wand van de waterloop via de verzadigde zone van het grondwatersysteem naar de grondwaterspiegel van de standplaats;
- van de verzadigde zone naar de wortelzone/bovengrond op de standplaats.

Tussen plek en klep.

Uit de functies die aan gebieden zijn toegekend zijn wensen afgeleid ten aanzien van draagkracht, bewerkbaarheid en vochtvoorziening. Het is de bedoeling dat met de sturingsactie deze wensen worden gerealiseerd. Voor de natuur gaat het er ook om dat de standplaatsfactoren zuurgraad, voedingstoestand en saliniteit in de gewenste toestand worden gebracht. De grondwaterstandsdiepte is daarbij een belangrijke factor maar ook de actuele weersomstandigheden bepalen in sterke mate de vochttoestand van de bovengrond (zie hoofdstuk 3). De stroming en opstuwing in het oppervlaktewatersysteem en de effecten van begroeiing zijn redelijk

De stroming door een begroeide waterloop

Op grond van een groot aantal metingen in waterlopen met verschillende begroeiingen is het volgende verband tussen de gemiddelde stroomsnelheid en het verhang in de waterloop afgeleid (Griffioen en Pitlo, 1991):

$$Q = k_M.A_1.R_1^{2/3}.s^{1/2} + W.A_2.s$$

waarin:

- Q = debiet ($m^3.s^{-1}$);
- A_1 = natte oppervlakte onbegroeide gedeelte (m^2);
- A_2 = natte oppervlakte begroeide gedeelte (m^2);
- R_1 = hydraulische straal van het onbegroeide gedeelte (m);
- s = verhang (-);
- k_M = wandruwheidsfactor (veelal 34 $m^{1/3}.s^{-1}$);
- W = geleidbaarheidswaarde in het begroeide gedeelte ($m.s^{-1}$).

Het eerste deel van de vergelijking is de formule van Manning en heeft betrekking op het onbegroeide gedeelte van de waterloop. Het deel achter het + teken betreft het begroeide deel van de waterloop. De geleidbaarheidswaarde voor de stroming door de watervegetatie is afhankelijk van de soort vegetatie. Voor waterplanten met drijvende bladeren wordt de stromingsweerstand alleen door de stengels veroorzaakt en is relatief gering. De geleidbaarheidswaarde is dan hoog. Voor grasachtige en ondergedoken waterplanten is de weerstand relatief hoog oftewel de geleidbaarheidsfactor laag. In bijgaande tabel zijn de W-waarden voor een aantal typen waterplanten weergegeven.

Type begroeiing	*W ($m.s^{-1}$)*
"grasachtige" en ondergedoken soorten	30
riet	100
drijvend fonteinkruid	200
gele plomp	250
waterlelie	*500*
watergentiaan	700

1

2

1 Stroming door een begroeide waterloop. (Foto: W. Schippers)

goed bekend (zie kader). De stroming door het contactvlak en de weerstand die bij subinfiltratie en drainage moet worden overwonnen, kennen nog de nodige vraagtekens. Vooral de bepaling in het veld van de grootte van deze weerstanden is moeilijk. Het stromingsproces in de verzadigde zone is in theorie ook goed bekend; de moeilijkheid hier zit vooral in gegevens over de profielopbouw en de bodemfysische eigenschappen. Voor de stroming in de onverzadigde zone geldt hetzelfde. De relatie tussen grondwaterdiepte en het vochtgehalte van de bovengrond is in de praktijk nog gecompliceerder door verschijnselen als hysteresis, hydrofobie en preferente stroming.

In de hydrologie worden de verschillende stromingstrajecten vaak berekend met afzonderlijke deelmodellen voor het oppervlaktewater (onder andere DUFLOW, DIWA/HYDRA, SOBEK), grondwater (onder andere MODFLOW, Microfem) en onverzadigde zone (onder andere SWAP, MUST). Fluxen vanuit het ene deelsysteem naar het andere worden daarbij vaak met het ene model berekend en als invoer in het volgende model gebruikt. In SIMGRO zijn de verschillende stromingstrajecten, weliswaar vereenvoudigd, wel in onderlinge samenhang ingebouwd. Ook bij MODUFLOW, het model waarin DUFLOW en MODFLOW in elkaar zijn geschoven, is dit het geval.

De watersysteembenadering brengt met zich mee dat er kennis en instrumenten uit verschillende disciplines worden gebruikt. Bij de analyse van watersystemen ten behoeve van het vaststellen van de juiste beheers- en inrichtingsmaatregelen zet men veelvuldig ketens van modelpakketten in. Om het anders lastige en tijdrovende beheer van deze systemen te verzorgen is het mogelijk gebruik te maken van een procesketen-beheersysteem. Een dergelijk systeem is ontwikkeld in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging (van Baalen, 1998). In bijlage 4 zijn diverse in Nederland veel gebruikte modellen beschreven.

2.2.5. Standplaats

Het doel bij inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen is het realiseren van een grondwaterregime dat is afgestemd op de functies van het gebied. De basis voor dit op gebiedsniveau na te streven grondwaterregime is het optimale grondwaterregime voor het bodemgebruik op elke standplaats. Het begrip optimaal grondwaterregime wordt verderop in dit hoofdstuk nader toegelicht.

Een standplaats wordt gedefinieerd als de directe omgeving van een plant waarbinnen min of meer homogene groeiomstandigheden worden aangetroffen (Van Beusekom et al., 1990). De abiotische omstandigheden zoals waterbeschikbaarheid, mineralisatie, zuurstofhuishouding en dergelijke variëren binnen een standplaats niet wezenlijk.
Om het begrip standplaats in de praktijk hanteerbaar te maken, wordt het begrip 'min of meer homogeen' opgerekt. Dit geschiedt op zodanige wijze dat eenheden ontstaan met een oppervlakte van minder dan één tot enkele hectares voor natuurfuncties tot mogelijk tientallen hectares in afwisselingsarme landbouwgebieden.
Landbouwkundige standplaatsen worden vooral gekarakteriseerd door waterkwantiteitsaspecten zoals de vochtbindende eigenschappen van de wortelzone en de vochtnalevering vanuit de ondergrond. Waterkwaliteitsaspecten en voedingstoestand zijn meestal minder relevant. Dit verklaart waarom bij landbouwkundige functies een standplaats meestal een grotere oppervlakte bestrijkt. Bij 'natuur' zijn kwalitatieve aspecten zeker zo belangrijk als kwantitatieve aspecten, waardoor altijd sprake is van een gedifferentieerder patroon van stand-

3

plaatsen.
De hydrologische eigenschappen van een standplaats worden bepaald door de eigenschappen van het watersysteem en de positie van de standplaats binnen dit systeem.

Hellende gebieden

In de hellende gebieden kunnen binnen één grondwatersysteem vijf locaties worden onderscheiden die karakteristiek zijn voor de standplaats in één grondwatersysteem. Deze zijn aangeduid in figuur 2.5.

In het wegzijgings- of infiltratiegebied (1 in figuur 2.5) bevindt het grondwater zich in de regel het gehele jaar buiten het bereik van de wortelzone. In perioden met een neerslagoverschot vindt hier aanvulling van de grondwatervoorraad plaats. In dergelijke gebieden is een oppervlaktewatersysteem vaak overbodig. De grondwaterstand is diep. De ionenverhouding van het infiltrerende water heeft veel overeenkomst met die van regenwater; door verdamping is echter 'indikking' opgetreden. Vooral in landbouwgebieden kan het infiltrerende water onder andere nutriënten als kalium, fosfaat en nitraat, sulfaat en (micro)verontreinigingen bevatten.

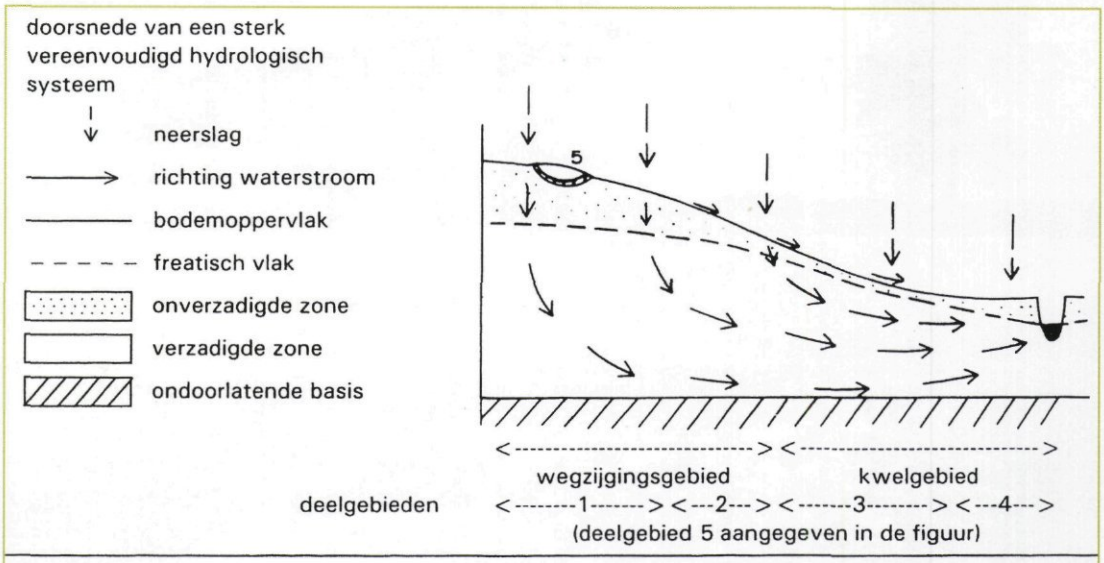
In de randzone van het wegzijgingsgebied (2) overheerst op jaarbasis de wegzijging. De grondwaterstanden reiken 's winters en in het voorjaar tot de wortelzone, zodat gedurende een deel van het jaar capillaire nalevering op kan treden. Afhankelijk van de hydrologische situatie kunnen zich hier onder natte omstandigheden tijdelijk lokale, geneste grondwatersystemen vormen. De hieruit voortkomende ondiepe kwel heeft echter een andere ecologische betekenis dan het in kwelgebieden (3) opkwellende grondwater; de ionensamenstelling heeft nog veel overeenkomst met die van regenwater. De stroomlijnen van het regionale systeem zijn wel het hele jaar door aanwezig. Deze duiken onder deze kleine systemen door.

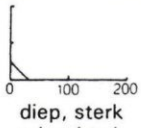
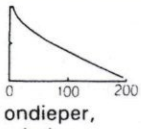
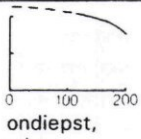
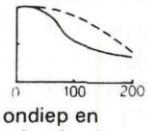
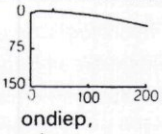
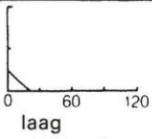
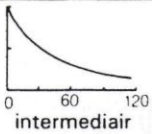
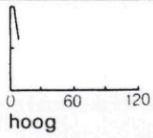
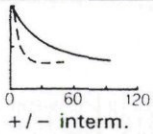
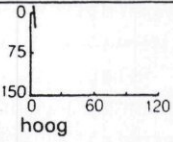
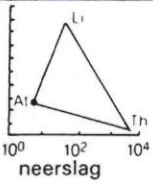
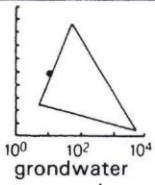
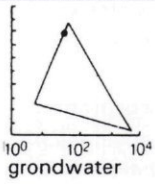
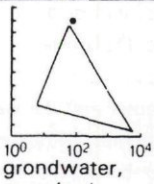
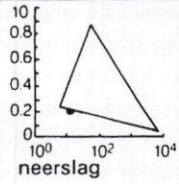
In de kwelgebieden treedt het water uit dat in de infiltratiegebieden is geïnfiltreerd. De intensiteit van de kwel hangt af van onder andere het stijghoogteverschil tussen wegzijgings- en kwelgebied. Als de stijghoogte in de infiltratiegebieden afneemt, zal de kwelintensiteit in het kwelgebied afnemen en de randzone (2) naar beneden opschuiven. De stijghoogteverlaging in het infiltratiegebied kan veroorzaakt zijn door bijvoorbeeld het graven van beginwaterlopen met een zogeheten 'minimumprofiel' of door grondwaterwinning. Het hier opkwellende grondwater is van grote ecologische betekenis mits het infiltrerende water niet is verontreinigd, het beschouwde hydrologisch systeem voldoende groot is en de verblijftijd van het water erin voldoende lang.
In een gedraineerd kwelgebied (4) verlaagt men te hoge grondwaterstanden ten behoeve van landbouwkundig gebruik. Dat betekent een toename van de kwel. Deze wordt echter door de drainage afgevangen (zie ook de figuur in het kader in § 2.2.2), waardoor bij terrestrische systemen het kwelwater buiten het wortelzone van de standplaats blijft. Het afvangen van kwel met een ontwateringssysteem is bij landbouwkundige functies juist de bedoeling; bij 'natte' natuurfuncties juist niet. Door de aanzuigende werking van het ontwateringssysteem neemt de kwel in de omgeving af en wordt de infiltratie van neerslag bevorderd. Dit wordt weerspiegeld in de waterkwaliteit.

In hydrologisch geïsoleerde gebieden (5) heeft het grondwater door het voorkomen van ondiep liggende nauwelijks doorlatende lagen weinig relaties met het grondwater in de omgeving. Bij perioden met neerslagoverschot kunnen tijdelijke hoge grondwaterstanden voorkomen, vaak als schijnspiegels.

2 Standplaats kan variëren van enkele vierkante centimeters . . . .

3 . . . tot enkele hectaren.



deelgebied	1	2	3	4	5
gebiedstype	wegzijgings-gebied	wegzijgings-gebied, randzone	kwel-gebied	kwel-gebied, gedraineerd	geïsoleerd gebied
typering NTM	droog	vochtig	nat	vochtig/nat	nat
typering bodemsamen-stelling	mineraal materiaal	min of meer mineraal-organisch (humeus)	rijk aan organisch materiaal (venig)	gelaagd, mineraal/ organisch	rijk aan organisch materiaal (veen)
typering duurlijnen-verloop [1]					
grondwater-stand	diep, sterk wisselend	ondieper, minder wisselend	ondiepst, minst wisselend	ondiep en wisselend	ondiep, minst wisselend
hydrolog. prof.type	hangwater-profiel	contact-profiel	grondwater-profiel	grondw./ contact-profiel	grondwater-profiel
GT's	VII	IV-V-VI	I-II-III	(I-)IV-V-VI	I-II
typering bodemvocht-condities [2]					
beschikbaar-heid vocht	laag	intermediair	hoog	+/− interm.	hoog
capillaire nalevering	geen	wisselend	constant	wisselend	constant
typering grondwater-kwaliteit (IR-EGV diagram) [3]					
voeding	neerslag	grondwater en neerslag	grondwater	grondwater, neerslag/ opp.water	neerslag
mineralen-last	laagst	laag	intermediair	hoog	laagst
kwaliteit grondwater	atmoclien	atmoclien	lithoclien	atmo-tot	atmoclien
bufferend vermogen	zuur geringst	zuur gering	neutraal groot	basisch-zuur variabel	zuur gering

[1] horizontale as: overschrijdingsduur (dagen per groeiseizoen); verticale as: grondwaterstand (cm - mv)
[2] horizontale as: bodemvochtverlies (mm); verticale as: grondwaterstand (cm - mv)
[3] horizontale as: elektrisch geleidingsvermogen ($mS.m^{-1}$); verticale as: ionenratio (zie literatuurbron voor uitleg)
NTM: Natuurtechnisch model (zie bron)

figuur 2.5 Standplaatstypen (deelgebieden) in een vereenvoudigd grondwatersysteem (Van Beusekom et al., 1990)

Vlakke gebieden

Zoals de naam al zegt komen er in vlakke gebieden weinig hoogteverschillen voor. Een op hoogteligging gebaseerde indeling van de standplaatsen in een vlak gebied, zoals hiervoor is beschreven voor de hellende gebieden, is voor vlakke gebieden dan ook niet te geven.

De vlakke gebieden in het lage deel van Nederland bestaan grotendeels uit polders. Deze zijn vaak omgeven door wateren met een hoger peil: een boezem, ringvaart, randmeer of de zee. Kwel komt in de regel dan ook meer voor dan wegzijging. Toch kan ook in een polder echter een wegzijgingssituatie worden aangetroffen. Het gaat dan om wat hoger gelegen delen van polders of de nabijheid van dieper gelegen polders. Hierbij kunnen voedselarme situaties voorkomen, met name op veengronden. Dit komt bijvoorbeeld hier en daar voor in de noordelijke helft van de Krimpenerwaard. Door de noordelijk gelegen diepe Zuidplaspolder en de vrijwel ondoorlatende bodem van de tussenliggende Hollandsche IJssel is de stijghoogte van het diepere grondwater lager dan die van het grondwater. Probleem is dan al gauw het ontbreken van voedselarm, gebiedseigen oppervlaktewater, nodig om het te diep wegzakken van grondwaterstanden in het zomerhalfjaar tegen te gaan.

In haast alle andere gevallen wordt het grond- en oppervlaktewaterregime in de vlakke gebieden gekenmerkt door voedselrijkdom; meestal ook in de kwelgebieden. Deze voedselrijkdom van het grondwater is het gevolg van de van nature nutriëntrijke bodems en de voedselrijkdom van het omliggende oppervlaktewater. Alleen in diep gelegen polders kan kwel voorkomen die afkomstig is van op grotere afstand geïnfiltreerd regenwater in plaats van uit het omliggende oppervlaktewater. Afhankelijk van de voedselrijkdom van het bodemprofiel waar de kwel optreedt, kan deze kwel ecologisch van betekenis zijn.

Waterbalans van de standplaats

De waterbalans van de standplaats geeft alle waterstromen weer die gedurende een bepaalde periode de standplaats binnenkomen en weer verlaten.

Bij het zoeken naar sturingsmogelijkheden via het oppervlaktewatersysteem neemt de waterbalans een belangrijke plaats in.

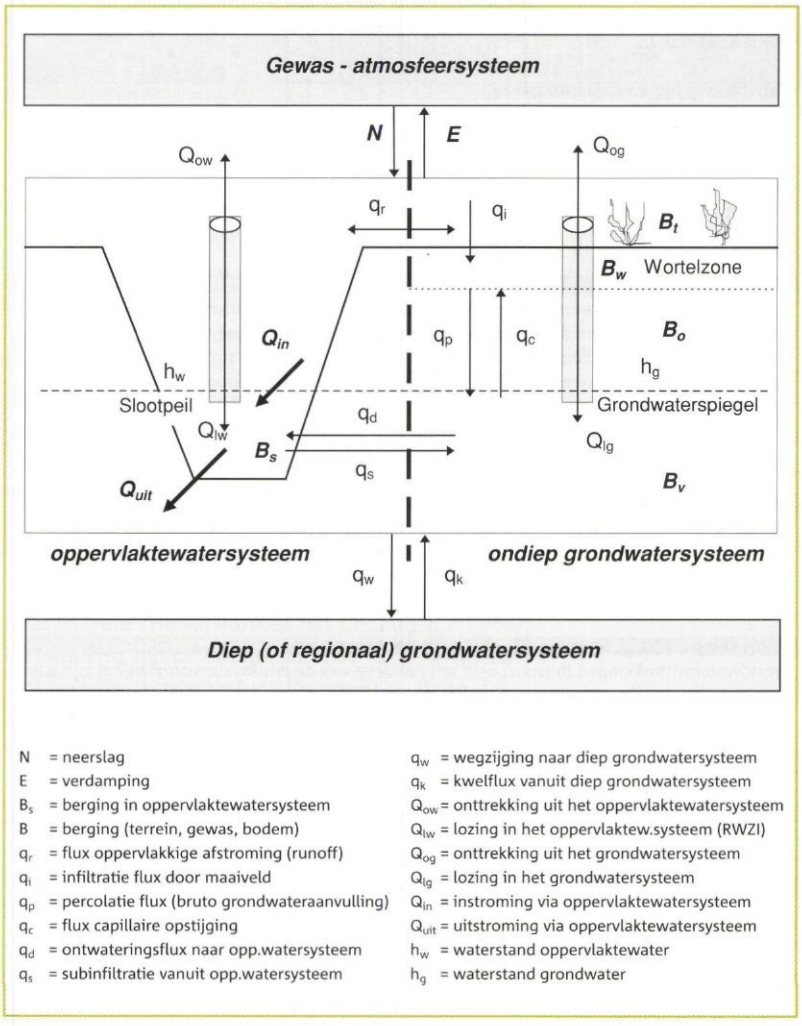
In figuur 2.6 is een schematisch overzicht opgenomen van de waterbalans en de waterstromen die hierbij een rol spelen. De genoemde waterbalansposten zijn in een kader nader toegelicht.

De wortelzone is de laag waar de vegetatie wortelt en vocht en voedingsstoffen opneemt. Het is ook de laag die men bewerkt en moet kunnen berijden. Bij de hydrologie van de standplaats gaat het daarom eigenlijk over het vochtgehalte van de wortelzone. In de praktijk kijken we echter vooral naar de grondwaterstand (zie ook hoofdstuk 3).

Het grondwaterstandsverloop op de standplaats is de resultante van de in- en uitgaande waterstromen. Als de som van de uitgaande waterstromen groter is dan die van de inkomende, dan daalt de grondwaterstand; als de som van de uitgaande waterstromen kleiner is, dan stijgt de grondwaterstand. De grondwaterstandsverandering hangt samen met de bergingscoëfficiënt van de grond. Hoe kleiner de bergingscoëfficiënt, hoe groter de grondwaterstandsverandering. In de waterbalans is de totale uitstroming altijd gelijk aan de som van de totale instroming en de verandering van de berging.

De waterbeheerder zal voor de sturing via het oppervlaktewatersysteem de waterbalans van een beheerseenheid zo veel mogelijk willen beheersen. Dit betekent dat de waterbeheerder inzicht moet hebben in de activiteiten van derden die het grondwaterregime beïnvloeden. Zo mogelijk zal de waterbeheerder ook zeggenschap willen hebben in deze activiteiten (bijvoorbeeld vergunningverlening voor drainage en onderbemalingen en het afkondigen van beregeningsverboden). Het weer is voor de waterbeheerder een niet beïnvloedbare factor.

De variaties hierin brengen dynamiek in het waterbeheer en vormen een uitdaging voor de waterbeheerder om er creatief mee om te gaan.



N	= neerslag	q_w	= wegzijging naar diep grondwatersysteem
E	= verdamping	q_k	= kwelflux vanuit diep grondwatersysteem
B_s	= berging in oppervlaktewatersysteem	Q_{ow}	= onttrekking uit het oppervlaktewatersysteem
B	= berging (terrein, gewas, bodem)	Q_{lw}	= lozing in het oppervlaktew.systeem (RWZI)
q_r	= flux oppervlakkige afstroming (runoff)	Q_{og}	= onttrekking uit het grondwatersysteem
q_i	= infiltratie flux door maaiveld	Q_{lg}	= lozing in het grondwatersysteem
q_p	= percolatie flux (bruto grondwateraanvulling)	Q_{in}	= instroming via oppervlaktewatersysteem
q_c	= flux capillaire opstijging	Q_{uit}	= uitstroming via oppervlaktewatersysteem
q_d	= ontwateringsflux naar opp.watersysteem	h_w	= waterstand oppervlaktewater
q_s	= subinfiltratie vanuit opp.watersysteem	h_g	= waterstand grondwater

figuur 2.6 Inkomende en uitgaande fluxen in de waterbalans van het topsysteem (oppervlaktewatersysteem en het ondiep grondwatersysteem)

Aanvaardbaar overstromingsrisico.

In de vierde Nota waterhuishouding (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997) is opgenomen dat de "gewenste grondwatersituatie" voor de toegekende bestemmingen uiterlijk in het jaar 2002 in de waterhuishoudingsplannen vastgelegd moet zijn. Aan deze gewenste situatie ligt een afweging op gebiedsniveau ten grondslag en het resultaat is dus een compromis. Het beleid zou de randvoorwaarden voor zo'n compromis moeten invullen. In dit rapport is een voorstel uitgewerkt om de "kwaliteit van de functievervulling" al bij de beschrijving van de functiewensen tot uitdrukking te laten komen. De doelrealisatie vormt de basis van de voorgestelde systematiek. In de volgende paragrafen wordt nader toegelicht wat hier precies mee wordt bedoeld. De koppeling van de doelrealisatie met de beschrijving van de functiewensen wordt in § 3.5 beschreven.

Aanvaardbaar risico

Bij aanvaardbaar risico gaat het om de omvang van materiële en immateriële schade die men met een bepaalde frequentie van optreden toelaatbaar acht. De 'voors en tegens' worden op de verschillende niveaus tegen elkaar afgewogen. Resultaat van deze afweging is het risico dat ten tijde van de afweging aanvaardbaar is op grond van de dan geldende overwegingen. De keuzes die worden gemaakt, werken door in de eisen voor inrichting en beheer.
Bij de vaststelling van het aanvaardbaar risico spelen vooral beleidsmatige en economische, maar ook technische, en soms gevoelsmatige motieven, een rol. De vragen die aan de orde zijn, betreffen onder andere:

- de belangen die in het geding zijn en wie hiervoor primair verantwoordelijk is (rijk, provincie, waterschap, gemeente, grondgebruiker);
- de aard, omvang en frequentie van de negatieve gevolgen;
- de te maken kosten om het risico en/of de omvang van de mogelijke schade te verkleinen;
- de gevolgen van eventuele schadebeperkende maatregelen voor andere belangen.

Bij de afweging spelen op het niveau van de overheid andere motieven een rol dan op het niveau van de grondgebruiker (terreinbeheerder, agrariër). Maar in feite gaat het steeds om de bepaling van de rentabiliteit van de investering in relatie tot de mate waarin de gekozen doelstelling kan worden gerealiseerd. Ook de niet eenvoudig in geld uit te drukken effecten maken overigens deel uit van de vaststelling van de rentabiliteit.

Het formuleren van aanvaardbare risico's en overschrijdingskansen impliceert ook dat deze grootheden in de praktijk getoetst moet worden. Voor het toetsen van de ontwerpcriteria is een (grondwater)meetnet en een meetprotocol nodig. Zo'n meetnet kan ook worden gebruikt voor het operationeel beheer en onderzoek en evaluatie van de uit de functiewensen afgeleide gewenste abiotische omstandigheden.

2.3.2. Systematiek doelrealisatie

De term doelrealisatie geeft aan in welke mate een vorm van bodemgebruik wordt gerealiseerd (Stoop et al., 1995). De doelrealisatie is hier gedefinieerd als het quotiënt van de werkelijke productie bij een bepaalde vorm van bodemgebruik en de productie bij hetzelfde bodemgebruik onder hydrologisch ideale omstandigheden. Het heeft betrekking op veeljarig gemiddelde omstandigheden. Het gebruik van het begrip doelrealisatie sluit aan bij de benadering die is gevolgd in het Beslissingsondersteunend Evaluatiesysteem voor de Landinrichting, de BEL-systematiek (Dienst Landelijk Gebied, 1997).
Voor de landbouw kan de doelrealisatie worden uitgedrukt in de verhouding tussen de gemiddelde productie van een gewas onder de heersende omstandigheden en de op dit bodemtype onder ideale omstandigheden gemiddeld maximaal haalbare productie.
Voor natuur is het moeilijker om een objectief criterium te vinden om aan te geven in welke mate het natuurdoel wordt bereikt. Gedacht kan worden aan de volledigheid van een natuurtype, de relatieve oppervlakte waarin aan de gestelde abiotische eisen wordt voldaan, de verhouding tussen het gemiddeld aantal broedgevallen per ha van een weidevogelsoort ten opzichte van het streefgetal en dergelijke. De gedachtevorming op dit punt is dus nog geenszins afgerond.

Doelrealisatie landbouw gerelateerd aan opbrengst.

Om de doelrealisatie in de praktijk hanteerbaar te maken, wordt deze ingedeeld in klassen. Voorgesteld wordt om 3 hoofdklassen te onderscheiden, aangeduid met respectievelijk klasse A, B en C. De doelrealisatie valt in klasse A als de omstandigheden voor de betreffende combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort optimaal zijn. De doelrealisatie wordt aangemerkt als klasse C als de omstandigheden zodanig zijn dat ze geen duurzame ontwikkelingsmogelijkheden in zich bergen. Klasse B is dan alles wat tussen beide in zit. In tabel 2.2 is de indeling in doelrealisatieklassen en de onderverdeling in sub-klassen schematisch weergegeven.

tabel 2.2 Onderscheiden doelrealisatieklassen

Ontwikkelingsmogelijkheden	*Klasse*	*doelrealisatie (indicatief) %*
Optimaal	A1	95 -100
	A2	90 - 95
Aanvaardbaar, maar niet optimaal (gemiddeld wat te nat of te droog)	B1	85 - 90
	B2	80 - 85
	B3	75 - 80
Niet-aanvaardbaar (gemiddeld veel te nat of te droog)	C1	70 - 75
	C2	65 - 70
	C3	<70

De grenzen in deze tabel zijn arbitrair gekozen en dus bij voorbaat onderwerp van discussie. Bovendien zijn de boven- en ondergrens verschillend van karakter. Bij klasse A gaat het om een relatieve waarde, namelijk de verhouding tussen de actuele en de maximale doelrealisatie voor de betreffende combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort. Voor de landbouwkundige opbrengst betekent "optimaal" niet dat de opbrengstdepressie door wateroverlast en/of droogte dan 0% bedraagt, maar wel dat de som van beide dan minimaal is.
Bij klasse C gaat het eigenlijk om een absoluut niveau; voor de landbouw is dit de minimale productie in ton/ha of procenten van een vaste normopbrengst die nodig is om duurzame ontwikkelingsmogelijkheden te garanderen. Dit kan in extreme gevallen betekenen dat klasse A en C elkaar overlappen. Dit is het geval als de grondsoort in feite ongeschikt is voor een bepaalde vorm van bodemgebruik, bijvoorbeeld aspergeteelt op zware klei. De doelrealisatie is dan ook bij de best denkbare omstandigheden zodanig dat geen duurzame ontwikkelingsmogelijkheden voor de aspergeteelt op deze grondsoort aan de orde zijn. Indien men bij de keuze van de bodemgebruiksvormen aansluit bij de bodemgeschiktheid dan komen dit soort extremen niet voor.

Doelrealisatie natuur moeilijker aan te geven.

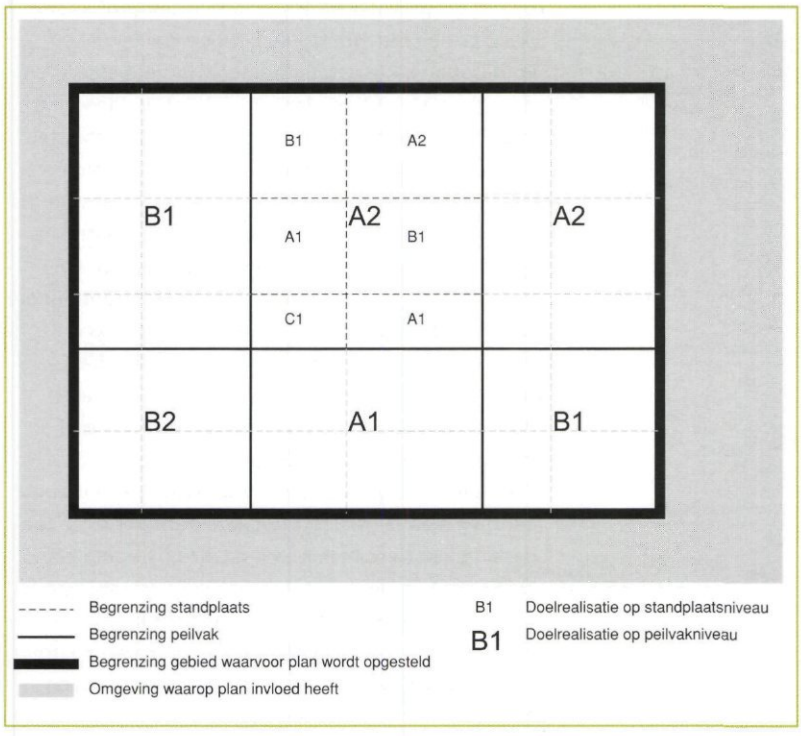
De afwijking van het maximum doelrealisatieniveau van 100% is een gevolg van de som van de "schade" door te natte en te droge omstandigheden. Dit betekent dat men in de praktijk enige keuzevrijheid heeft; men kan deze schade concentreren aan de natte kant of aan de droge kant. Dit onderwerp komt nader aan de orde in § 3.5.1. Daar wordt ook het verband gelegd tussen de doelrealisatie en de waarde van de relevante standplaatsfactoren. De doelrealisatie op standplaatsniveau is het vertrekpunt voor de bepaling van de gewenste toestand op gebiedsniveau.
De te volgen werkwijze bij het opschalen van de doelrealisatie van standplaatsniveau naar gebiedsniveau wordt hieronder alvast nader toegelicht.

Bepalen doelrealisatie op gebiedsniveau

Bij de watersysteembenadering is de gemiddelde doelrealisatie op gebiedsniveau richtinggevend. Vroeger keek men veel meer naar de doelrealisatie in de laagste delen in het gebied. De doelrealisatie wordt in eerste instantie altijd bepaald op standplaatsniveau. Om uitspraken op gebiedsniveau te kunnen doen, is het nodig de doelrealisaties van de afzonderlijke standplaatsen te aggregeren tot één doelrealisatieklasse voor het hele gebied. De doelrealisaties kunnen eventueel worden herleid via de doelrealisatieklasse op het niveau van een peilvak of beheerseenheid.

In figuur 2.7 is het opschalen van de doelrealisatie van standplaatsniveau naar gebiedsniveau schematisch weergegeven.

figuur 2.7 Schematische weergave voor het opschalen van doelrealisatie op standplaatsniveau naar gebiedsniveau



Aandachtspunten bij bepalen doelrealisatie op gebiedsniveau

- Rekening houden met effecten in aangrenzende gebieden. Soms ook effecten op grotere afstand, bijvoorbeeld doorwerking van infiltratiegebied naar kwelgebied.
- Gewogen gemiddelde bepalen via product van doelrealisatie en oppervlakte (%ha).
- Voor landbouw via opbrengstniveaus doelrealisatie bepalen; voor natuur nog geen goed criterium.

Bij het inrichten en beheren van oppervlaktewatersystemen is het de bedoeling om de doelrealisatie per beheerseenheid te optimaliseren. Het ruimtelijk beleid dient in principe de randvoorwaarden voor dit optimalisatieproces aan te geven. In beginsel zal men ernaar streven het hele gebied in doelrealisatieklasse A te laten vallen. Het optimaliseren door te streven naar maximalisatie van de doelrealisatie heeft een voordeel. Men loopt dan niet het risico dat effecten van een te hoge of te lage waarde van een standplaatsfactor (zoals bijvoorbeeld het grondwaterstandsverloop) tegen elkaar weggestreept worden. Indien de grondwaterstand in een beheerseenheid gemiddeld (ruimtelijk) goed is, maar op standplaatsniveau vooral bestaat uit te droge en te natte standplaatsen, zal de doelrealisatie te laag zijn. Zoals reeds opgemerkt is het om technische en economische redenen niet of zelden mogelijk om voor het hele gebied gemiddeld doelrealisatieklasse A te realiseren. Er zullen altijd gebiedsdelen vallen in klasse B en zelfs klasse C is hier en daar niet uit te sluiten. Als dit laatste zich voordoet, dan kan heroverweging van de bodemgebruiksvorm voor die plaats aan de orde zijn. De te volgen werkwijze komt nader aan de orde in hoofdstuk 4.

2.4. Beheer en inrichting van oppervlaktewatersystemen

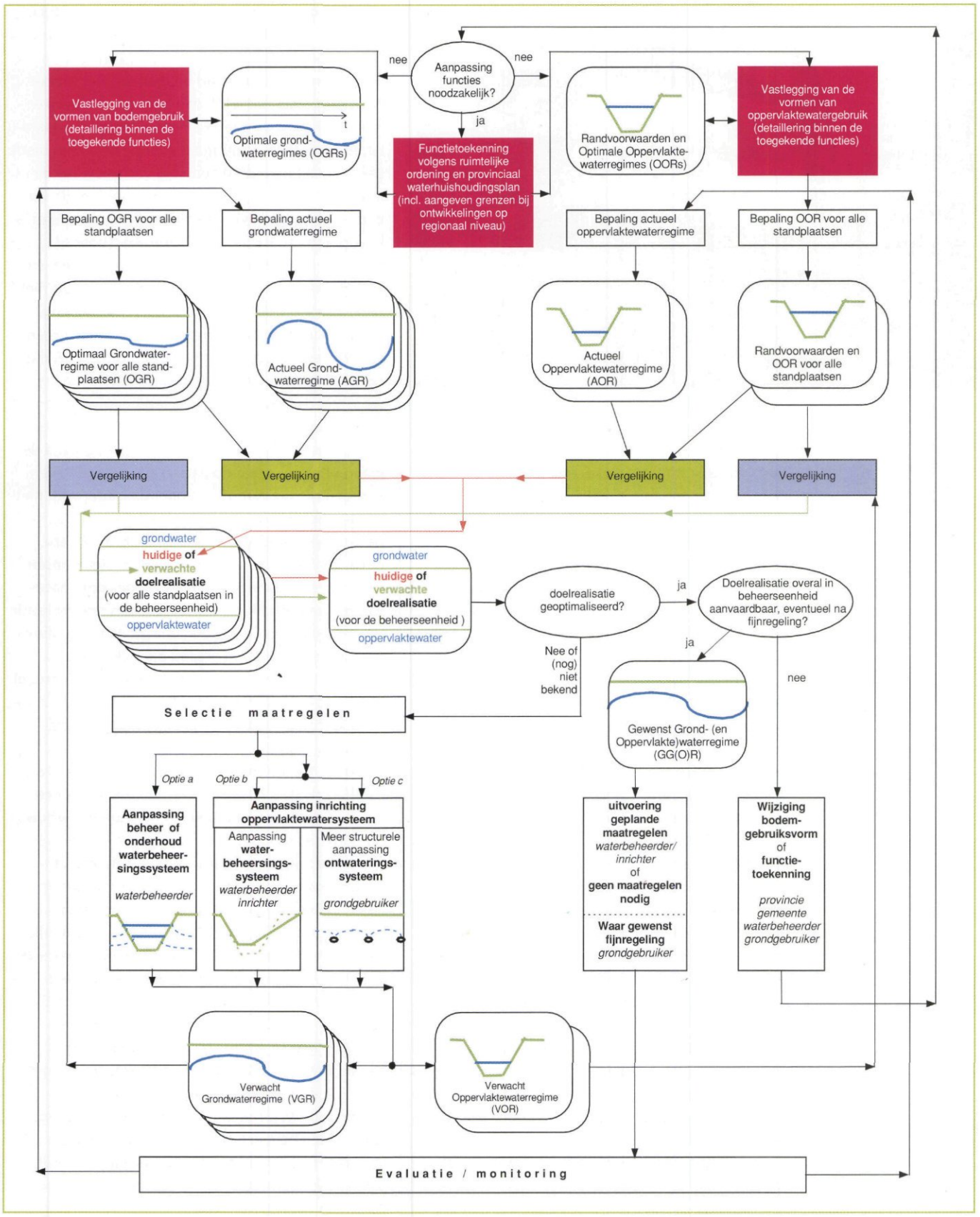
2.4.1. Gestructureerd naar een gewenst grond- en oppervlaktewaterregime

De omschakeling van de 'traditionele' naar een meer op het grondwater gerichte aanpak leidt tot andere principes bij inrichtings- en beheersvraagstukken voor oppervlaktewatersystemen. Het toepassen van de watersysteembenadering conform de ideeën van integraal waterbeheer en de meervoudige doelstelling van het landelijk gebied vragen echter om een nieuwe werkwijze. Door de vele afwegingsniveaus is het inrichten en beheren van oppervlaktewatersystemen een ingewikkeld proces geworden, dat bestaat uit een groot aantal stappen. De hoofdlijnen van dit proces zijn weergegeven in figuur 2.8 en worden in deze paragraaf kort beschreven. Deze figuur vormt de basis van een stappenplan dat in hoofdstuk 4 van dit rapport verder is uitgewerkt en met voorbeelden wordt toegelicht.
Dit rapport reikt bouwstenen aan voor deze nieuwe aanpak, maar signaleert ook knelpunten die de toepassing van deze nieuwe werkwijze bemoeilijken. Nader onderzoek moet helpen de knelpunten op te lossen. Met praktijkervaring en inzicht in het watersysteem moet men tot die tijd kennishiaten zo goed mogelijk zien te overbruggen. Via monitoring en evaluatie dient te worden nagegaan of de genomen maatregelen het gewenste resultaat hebben gehad. Dit stappenschema staat ook op de achterflap van dit rapport. De ingang van figuur 2.8 bestaat voor zowel de inrichter als de waterbeheerder uit de drie rode vlakjes bovenin de figuur.

Functietoekenning en vormen van bodemgebruik
In het middelste rode vlakje is aangeduid dat op regionaal niveau functies zijn toegekend aan wateren en gebieden. Vanzelfsprekend vereist de functietoekenning in het kader van de ruimtelijke ordening of in een provinciaal waterhuishoudingsplan inzicht in de hydrologische systemen op regionaal niveau. De functietoekenningen in streek- en waterhuishoudingsplannen zijn voor de inrichter en beheerder van regionale en lokale watersystemen meestal te globaal. Om de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden op het niveau van inrichting en beheer te creëren dient een detaillering plaats te vinden van de functietoekenning. Zo komt in een streekplan vaak een functie 'landbouw met natuur- en landschapswaarden' voor. Dit betreft dan relatief grote gebieden waarbinnen geen differentiatie is aangegeven. Voor het door de waterbeheerder op te stellen waterbeheersingsplan is het echter noodzakelijk deze differentiatie wel te kennen. In zo'n gebied kunnen kleine natuurgebieden aanwezig zijn waarvoor men specifieke waterhuishoudkundige maatregelen moet en kan treffen. Zowel de functietoekenning op streekplanniveau als de detaillering ervan door de waterbeheerder dient in goed overleg tussen provincie en waterbeheerder tot stand te komen.

Het optimale grond- en oppervlaktewaterregime
Als de functies voor de verschillende vormen van bodem- en watergebruik voldoende onderscheidend zijn toegekend, kunnen op standplaatsniveau de meest ideale waterhuishoudkundige omstandigheden worden bepaald. Voor het grondwater wordt die situatie aangeduid met de term **Optimaal Grondwater Regime (OGR)**. Voor het oppervlaktewater is dit het **Optimaal Oppervlaktewater Regime (OOR)**. Elke standplaats kent zijn eigen OGR of OOR, die bepaald wordt door de toegekende functie van het land of water. Het OGR en OOR hebben een puur sectorale achtergrond en staan nog volledig los van een belangenafweging. Ook is geen rekening gehouden met de vraag of het watersysteem ter plaatse de realisatie ervan mogelijk maakt. Het zijn theoretische 'in het laboratorium' vastgestelde regimes waarbij in principe de maximale doelrealisatie mogelijk is.

Het actuele grond- en oppervlaktewaterregime
Om te kunnen beoordelen in hoeverre in de huidige situatie al aan de wensen van het geplande bodemgebruik wordt voldaan, dient van iedere standplaats het **Actuele Grond- of Oppervlaktewater Regime (respectievelijk AGR en AOR)** bekend te zijn. Dit vraagt om een inventarisatie van de hydrologische toestand van de beschouwde beheerseenheid. De opzet van zo'n inventarisatie en mogelijke gegevensbronnen worden in hoofdstuk 4 (stap 2) beschreven.



figuur 2.8 Globaal te volgen werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen

Doelrealisatie per standplaats en beheerseenheid

De volgende stap is het vergelijken van de actuele en optimale grond- en oppervlaktewaterregimes voor alle standplaatsen (de groene vakjes in figuur 2.8). Per standplaats bepaalt men de huidige doelrealisatie. Vervolgens aggregeert men de doelrealisatie per standplaats tot een doelrealisatie op het niveau van de beheerseenheden. Voor het onder één noemer brengen van doelrealisaties voor standplaatsen met verschillende vormen van bodemgebruik moeten wegingsfactoren beschikbaar zijn. Bij de vaststelling van deze wegingsfactoren spelen beleidsmatige en bestuurlijke aspecten een belangrijke rol.

Als aanpassing beheer niet tot het gewenste resultaat leidt, wordt zo nodig oppervlaktewatersysteem aangepast.

Selectie beheers- en inrichtingsmaatregelen

Niet voor elke standplaats kan men het meest optimale grondwaterregime realiseren. Daarom moet per beheerseenheid een regime worden afgeleid waarbij sprake is van een zo goed mogelijke doelrealisatie op gebiedsniveau. Dit gebeurt via een iteratief proces. Rekening houdend met de ruimtelijke situatie, met de technische mogelijkheden en met de kosten worden per beheerseenheid maatregelen geselecteerd. Steeds als er een pakket beheers- en/of inrichtingsmaatregelen is gekozen, bepaalt men tot welk **Verwacht Grond- en Oppervlaktewater Regime (VGR respectievelijk VOR)** de uitvoering van deze maatregelen leidt. Aan de hand hiervan bepaalt men de verwachte doelrealisatie op standplaatsniveau. Vervolgens gaat men weer na hoe dit zich vertaalt in de doelrealisatie op gebiedsniveau.

Om verbeteringsmaatregelen te kunnen selecteren, dient men eerst de hydrologische situatie diepgaander te onderzoeken. Dit leidt tot inzicht in de processen die men moet beïnvloeden om het gewenste regime dichter te kunnen benaderen. Met deze kennis kan men beheers- of inrichtingsmaatregelen afleiden waarmee de optimale hydrologische condities beter benaderd kunnen worden. Aanbevolen wordt om in eerste instantie de soorten maatregelen in de vakjes onder in figuur 2.8 van links naar rechts stapsgewijs af te lopen.

Men begint met het inventariseren van de mogelijkheden die aanpassing van het beheer van een waterbeheersingssysteem biedt om het gewenste grondwaterregime te realiseren (optie a). Onder beheer wordt ook het onderhoud begrepen. Het voorspellen van de effecten van deze aanpassingen leidt tot een verwacht grondwaterregime. Dit wordt op dezelfde wijze als voor het actuele grondwaterregime vergeleken met het optimale grondwaterregime.

In bijlage 4 zijn een aantal modellen genoemd die men kan gebruiken bij het voorspellen van het VGR en VOR. Naast de hier vermelde grond- en oppervlaktewatermodellen zijn er thans (1998) in Nederland ook modellen in ontwikkeling waarmee effecten van beheer van het oppervlaktewatersysteem via beïnvloeding van het grondwaterregime op gebruiksfuncties dynamisch kunnen worden gesimuleerd (Lobbrecht, 1997a en 1997b).

Indien aanpassing van het beheer niet tot het gewenste resultaat leidt, dan gaat men na welke mogelijkheden de aanpassing van het oppervlaktewatersysteem (*zie figuur 2.2 voor de definitie*) biedt. Eerst bekijkt men of aanpassing van het waterbeheersingssysteem de doelrealisatie voldoende verbetert (optie b). Biedt dit voldoende soelaas, dan is te voorkomen dat de grondgebruiker (boer of natuurterreinbeheerder) het ontwateringssysteem zo ingrijpend moet aanpassen (optie c) dat dit niet meer kan worden uitgelegd als een fijnregeling.

Voor ieder pakket maatregelen vergelijkt men steeds weer het VGR met het OGR en het VOR met het OOR (de paarse vakjes in figuur 2.8). Daarbij wordt de doelrealisatie steeds op het niveau van de beheerseenheden bepaald. Als deze laatste doelrealisaties zijn geoptimaliseerd is het nog altijd de vraag of er geen standplaatsen zijn overgebleven met een niet aanvaardbare doelrealisatie. Wat 'niet-aanvaardbaar' is, vergt wederom een bestuurlijke/beleidsmatige uitspraak. In het ene geval kan een doelrealisatie van 80% niet worden geaccepteerd. Elders kan bij dezelfde combinatie van bodemgebruik en grondsoort een doelrealisatie van 70% voldoende worden geacht. Voor dit afwegingsproces is het van belang dat bekend is:

- wat de gevolgen zijn als structureel of incidenteel van het OGR wordt afgeweken;
- welke risico's (maatschappelijk) nog juist aanvaardbaar zijn;
- wat de minimumeisen zijn om duurzame ontwikkelingsmogelijkheden te waarborgen voor een bepaalde bodemgebruiksvorm vanuit waterhuishoudkundig oogpunt.

Bij het vinden van de optimale beheers- en inrichtingsmaatregelen kan ook het instrument PRIMAVERA (STOWA, 1994) een handig hulpmiddel zijn. De toepassing van PRIMAVERA is inzichtelijk beschreven bij het vaststellen van de haalbaarheid van verschillende verdrogingsbestrijdingsmaatregelen in Zuid-Holland (Ubink, 1997).

Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime

Pas als het hiervoor beschreven iteratieproces met succes is doorlopen, is duidelijk welk grond- en oppervlaktewaterregime men voor het gebied met de gekozen beheers- en inrichtingsmaatregelen wenst te realiseren. Dit grondwaterregime wordt aangeduid als het **Gewenst Grondwater Regime (GGR)** en het betreffende oppervlaktewaterregime met **Gewenst Oppervlaktewater Regime (GOR)**. Het GGR resulteert op gebiedsniveau in de best haalbare doelrealisatie. Het is een compromis dat, gegeven de omstandigheden, het beste tegemoet komt aan het OGR. Doordat men met verschillende belangen rekening moet houden, zal men vaak ook doelrealisatieklasse B accepteren. In § 3.5 is aangegeven hoe het optimale grondwaterregime en het actuele grondwaterregime het beste beschreven kunnen worden.

Fijnregeling

Indien blijkt dat bij het actuele grondwaterregime de doelrealisatie in de beheerseenheid optimaal is en op alle standplaatsen binnen de beheerseenheid aanvaardbaar, dan is het niet nodig inrichtingsmaatregelen te treffen. De grondgebruiker zal er naar streven om via fijnregeling met behulp van detailontwatering de doelrealisatie op zijn gronden zo hoog mogelijk te krijgen. Hij kan dit doen met het hem ter beschikking staande ontwateringssysteem. Voor zover deze maatregelen geen onacceptabele gevolgen hebben voor andere belangen, is hier geen bezwaar tegen. Overleg met de waterbeheerder is wel raadzaam. Afhankelijk van de situatie zal deze zijn goedkeuring moeten hechten aan deze fijnregeling.

Evaluatie en monitoring

De vergelijking tussen actueel en gewenst grond- en oppervlaktewaterregime dient periodiek te worden herhaald (monitoring). De evaluatie heeft op de eerste plaats tot doel om te controleren of de uitgevoerde maatregelen ook daadwerkelijk het verwachte waterregime hebben opgeleverd. Verder vervult het meetnet een rol bij het operationeel waterbeheer. Zodra men constateert dat het actueel en gewenst grond- en oppervlaktewaterregime te veel van elkaar gaan afwijken, kan men bijsturing overwegen.

Onoplosbaar?

Soms is het niet mogelijk met reële beheers- en/of inrichtingsmaatregelen in het oppervlaktewatersysteem een overal acceptabele doelrealisatie te krijgen (bijvoorbeeld te duur, te veel landbouwschade of te weinig effect). Waarschijnlijk is er dan bij de functietoekenning onvoldoende rekening gehouden met de spankracht van het hydrologisch systeem. Het is dan noodzakelijk de functietoekenning of het gewenste ambitieniveau te wijzigen.

Landschappelijk inpassen van waterbeheersingssystemen.

Oppervlaktewater stelt eigen randvoorwaarden

Het gebruik van de term grond- en oppervlaktewaterregime geeft al aan dat de functies van het oppervlaktewatersysteem zelf ook eisen en randvoorwaarden stellen. De geselecteerde maatregelen kunnen derhalve niet uitsluitend zijn gericht op het realiseren van alleen gewenste grondwaterregimes. Willekeurige voorbeelden hiervan zijn: het landschappelijk inpassen van waterbeheersingssystemen, rekening houdend met zaken als reliëf en aanwezige beplantingselementen, het handhaven van een minimale waterdiepte om algenbloei als gevolg van te snelle opwarming tegen te gaan en het zo inrichten en beheren dat er geen inundaties optreden (wat tot de mogelijkheden behoort ook al zijn de grondwaterstanden voldoende diep). Een andere valkuil van het te strikt focussen op realisatie van gewenste grondwaterregimes is het ontstaan van te veel waterbeheerseenheden, die van elkaar zijn

Oppervlaktewater stelt ook eigen randvoorwaarden.

gescheiden door stuwen en gemalen. Deze kunstwerken vormen barrières voor organismen die zich via het waterbeheersingssysteem voortbewegen.

Bestaande normen onder voorwaarden nog nuttig

Het optimaliseren van doelrealisaties door middel van inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen is steeds weer maatwerk. De toepassing van gestandaardiseerde normen voor ont- en afwatering kan hierbij slechts een zeer bescheiden rol spelen. In "Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater" is er daarom nadrukkelijk niet naar gestreefd om nieuwe normen op te stellen, ter vervanging van de bestaande normen uit het Cultuurtechnisch Vademecum. Dit betekent niet dat de normen uit het vademecum nooit meer toegepast kunnen worden. De normstelling in het Cultuurtechnisch Vademecum is nog steeds zonder bezwaren toepasbaar indien:

- er sprake is van alleen landbouwkundige functies;
- dit niet leidt tot negatieve gevolgen voor de doelrealisatie in aangrenzende of verder stroomafwaarts gelegen deelgebieden;
- er geen gevaar bestaat voor het 'drooglopen' van gebieden.

Kruipruimteloos bouwen was toen geen discussiepunt.

2.4.2. Watersysteemgericht: nieuwe leidende principes

De hoofddoelstelling van het waterbeheer in zowel het landelijk gebied als het stedelijk gebied is en blijft het waarborgen van veilige omstandigheden door het voorkomen van overstromingen. Met deze algemene randvoorwaarde zijn er desalniettemin ruime mogelijkheden om de watersysteembenadering centraal te stellen bij omgaan met water. De omschakeling naar een watersysteemgerichte aanpak bij inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen betekent dat er nieuwe 'leidende' principes worden gehanteerd. Het realiseren van gewenste grondwaterregimes is daarbij een belangrijke doelstelling. De nieuwe leidende principes kan men overal toepassen waar in het omgaan met oppervlaktewatersystemen inrichtings- en beheersvraagstukken spelen; dus zowel in het landelijk als in het stedelijk gebied. In het project Waternood is vooral ingegaan op de belangrijkste functies in de landelijk gebied: landbouw en natuur. Het stedelijk gebied is in de watersysteembenadering vanzelfsprekend ook van groot belang. In navolgend kader zijn enige aspecten van het omgaan met water in het stedelijk gebied samengevat.

Water als beelddrager. (Foto: W. Schippers)

Stedelijk gebied

Naast berging en afvoer van een neerslagoverschot heeft open water in het stedelijk gebied vaak functies zoals recreatie (hengelsport, spelevaren, schaatsen), een esthetische functie (water als beelddrager, structuurelement), natuur en economische functies (scheepvaart, beroepsvisserij, havens). Bij het invullen van deze functies is het water in het stedelijk gebied lange tijd los gezien van het waterbeheer in het landelijk gebied. De watersysteemgerichte benadering maakt duidelijk dat deze scheiding geen recht doet aan de gedachte van integraal waterbeheer. Het hydrologisch systeem houdt immers niet op bij de overgang tussen het stedelijk en landelijk gebied. Uit verschillende onderzoeken is naar voren gekomen dat de verstedelijking een bijdrage heeft geleverd aan de verdrogingsproblematiek. Belangrijkste oorzaak is de verminderde grondwateraanvulling als gevolg van het grote aandeel verhard oppervlak (de neerslag wordt via het rioolstelsel direct naar het oppervlaktewater afgevoerd). Maar ook de aanleg van watergangen, vijvers en plassen kunnen van grote invloed zijn op de watersystemen en daarmee effecten sorteren in het landelijk gebied. De watersysteembenadering leert dat extra voorzieningen nodig kunnen zijn om de vervuilingsrisico's te beperken. Het gaat dan met name om de risico's die vervuiling van het grondwatersysteem met zich meebrengt door activiteiten als brandstofdepots, autosloperijen en dergelijke. In het kader van de ruimtelijke ordening zou men bij dergelijk risicovol grondgebruik altijd de kwetsbaarheid op die locatie van het watersysteem moeten betrekken; dus niet alleen grondwaterbeschermingszones rondom de grondwateronttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening.

De toenemende belangstelling voor het "hydrologisch neutraal bouwen" in het stedelijk waterbeheer heeft tot doel de invloed van de stad op de natuurlijke watersystemen beperkt te houden. Dit houdt onder andere in dat nieuwbouw niet mag leiden tot een verhoging van de afvoer uit het stedelijk gebied via het oppervlaktewatersysteem. In infiltratiegebieden in stedelijk gebied moet de neerslag ook zoveel mogelijk in de bodem infiltreren. Om dit te bereiken wordt thans veel aandacht geschonken aan het afkoppelen van "regenwaterstromen" van het rioleringsstelsel.
Er zijn verschillende rioleringstechnieken in ontwikkeling met als doel de belasting van zuiveringsinstallaties met schoon regenwater te beperken en de lozingen van verontreinigd rioolwater op het oppervlaktewatersysteem te beëindigen.
Voor meer informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar de literatuur (zie onder andere Lambrechts et al., 1997 en Icke en Aalderink, 1997).
Bij bebouwing en infrastructuur dienen hoge grondwaterstanden zoveel mogelijk te worden voorkomen. Het niveau van de grondwaterstand in het stedelijk gebied is vooral afhankelijk van de plaats in het hydrologisch systeem en van de aan te houden peilen in het oppervlaktewater. Vanwege het grote aandeel verhard oppervlak hebben neerslag en verdamping slechts een relatief beperkte invloed op het grondwaterstandsverloop.

Ontwateringswensen
Voor woningen geldt de eis dat de kruipruimte onder de woning droog blijft. Dit ter voorkoming van vocht- en schimmelschade en eventuele gezondheidsproblemen als gevolg hiervan. De onderkant van de kruipruimte ligt in het algemeen zo'n 60 tot 80 cm beneden het vloerpeil van een woning. Bij bouwen in beton is een kruipruimte niet noodzakelijk en kan ook kruipruimteloos worden gebouwd. Dit is zeker te prefereren indien voor het droog houden van kruipruimtes grondwaterstanden verlaagd moeten worden.
Ook bij wegen moet men een hoog vochtgehalte onder de wegverharding voorkomen, omdat bij een hoog vochtgehalte de korrelspanning in de grond afneemt en de gronddeeltjes gemakkelijk verplaatsen. De kans op vervorming van het wegdek neemt hierdoor sterk toe. Een hoog vochtgehalte vergroot ook het risico van opvriezen. Dit levert problemen op voor de verkeersveiligheid en bovendien kan vorstschade aan de weg optreden. Om deze problemen te voorkomen past men in het wegcunet altijd zand toe met geringe vochtvasthoudende eigenschappen. Tot de infrastructuur kunnen ook buizen en leidingen worden gerekend. Ook hiervoor geldt dat de grondwaterstanden niet te hoog mogen zijn.
De wens om te hoge grondwaterstanden in het stedelijk gebied te voorkomen, geldt het gehele jaar. Hier zijn dus geen specifieke kritische perioden aan te wijzen.

Als houten funderingsdelen boven het grondwater komen, kan onder aërobe omstandigheden houtrot optreden. Houtrot verzwakt de fundering, hetgeen uiteindelijk kan leiden tot verzakking van de bebouwing. Daarom moet men te lage grondwaterstanden voorkomen indien bij bebouwing houten palen als fundering zijn gebruikt. Voor uitgebreidere informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar de publicatie 'Invloed van grondwaterstandsdaling op de gebouwde omgeving' van de Stichting Bouw Research (Geldof et al., 1992).

tabel 2.3 De belangrijkste verschillen tussen de traditionele en de watersysteemgerichte aanpak voor waterbeheersingssystemen in landelijk en stedelijk gebied

Traditionele benadering	Watersysteemgerichte benadering
Waterbeheer	
waterbeheer afgestemd op scheppen en handhaven van optimale productieomstandigheden in de landbouw met accent op het minimaliseren van wateroverlastrisico's	scheppen en handhaven van duurzame ontwikkelingsmogelijkheden voor alle aan het gebied toegekende functies vormen basis voor waterbeheer met accent op het optimaliseren van de doelrealisatie van alle functies
aanpak sterk gericht op het oplossen van lokale problemen met beperkte aandacht voor de gevolgen elders of voor andere functies	gebiedsgerichte aanpak met afweging van effecten van maatregelen op gebiedsniveau
toetsing op peil	toetsing op bereiken gewenst grondwaterregime en, indien aan de orde, ook het gewenst oppervlaktewaterregime
risicobeheersing door bij statisch peilbeheer grotere veiligheidsmarges aan te houden	met flexibel peilbeheer kunnen vooraf vastgelegde aanvaardbare risico's worden beheerst met kleinere veiligheidsmarges
wateraanvoer in perioden van watertekort	vasthouden van gebiedseigen water om latere tekorten en eventueel de aanvoer van gebiedsvreemd water te beperken
Dimensionering waterbeheersingssysteem	
accent op hydraulica en waterkwantiteit	tevens aandacht voor wisselwerking met grondwater en waterkwaliteit
ontwerp primair gebaseerd op afvoerpieken	ontwerp gericht op afvoerdynamiek gedurende het gehele jaar, rekening houdend met afvoerpieken
minimaliseren grondbeslag belangrijk uitgangspunt bij dimensionering waterlopen (smalle, diepe waterlopen)	dimensionering gebaseerd op aan maximum gebonden ontwateringsdiepte (brede, ondiepe waterlopen)
aan minimum gebonden drooglegging bij afvoer die 10 à 15 maal per jaar wordt bereikt of overschreden, is belangrijkste ontwerpcriterium (diepe waterlopen)	aan maximum gebonden drooglegging onder gemiddelde afvoeromstandigheden én een geringe, minimale drooglegging bij hoge afvoeren zijn beide uitgangspunt bij ontwerp (ondiepere waterlopen)
functiewensen meestal herleid tot drooglegginsnormen; deze zijn gerelateerd aan de economisch gezien optimale aanlegdiepte van drainage	functiewensen herleid tot grondwaterwensen en gekoppeld aan de doelrealisatie
Stedelijk gebied	
gevolgen van maatregelen voor het watersysteem hadden geen bijzondere aandacht:	gevolgen van maatregelen voor het watersysteem worden wel in beschouwing genomen ("grondwater neutraal bouwen"):
– landelijk gebied moet stedelijke afvoerpieken op kunnen vangen en afvoeren	– afvoerpieken uit stedelijke gebieden worden voorkomen door retentie, infiltratie of afkoppeling van schoon water van het rioleringssysteem
– waterpartijen vooral ingericht als visueel element en als tijdelijke berging van neerslagoverschot	– alleen waterpartijen aanleggen als watersysteem niet nadelig wordt beïnvloed (dus geen peilen lager dan het oorspronkelijke grondwaterpeil)
– verlaging grondwaterstanden om kruipruimtes droog te houden en te zorgen voor voldoende draagkracht voor wegen	– geen extra grondwaterstandsverlaging meer noodzakelijk door kruipruimteloos bouwen

In tabel 2.3 zijn de belangrijkste verschillen tussen de traditionele benadering en de watersysteembenadering naast elkaar gezet.

Deze tabel geeft een indruk van de gewenste veranderrichting voor het inrichten en beheren van oppervlaktewatersystemen en de 'leidende principes' die daarbij gelden. De voor toetsing noodzakelijke getalsmatige invulling van richtwaarden moet nog grotendeels zijn beslag krijgen.

Gevolgen voor het waterbeheersingssysteem

Voor te hanteren drooglegginingen houdt de veranderrichting het volgende in:

- veiligheid tegen overstromingen blijft, vooral in bewoonde gebieden, het belangrijkste uitgangspunt;
- voor ontwerp, inrichting en beheer is de afvoersituatie die gedurende het grootste deel van het jaar optreedt van groot belang. De drooglegginingen die bij deze afvoeren voorkomen dienen aan een maximum te worden gebonden;
- bij afwezigheid van kapitaalsintensieve teelten kunnen in landbouwgebieden kortdurende inundaties in de winterperiode acceptabel zijn. De mate waarin hangt af van verschillende factoren. Als voorlopig uitgangspunt kan men een drooglegging van bijvoorbeeld 0,20 à 0,30 m overwegen bij afvoeren die eens per jaar gedurende een etmaal worden bereikt of overschreden[1];
- bij inrichting en beheer dient het streven gericht te zijn op kleine peilverschillen tussen situaties met veel en met weinig afvoer. Bredere (en ondiepere) waterlopen, verkleining van de afvoer naar het oppervlaktewatersysteem (waterconservering) en afvlakken van afvoerpieken (retentie) dragen hieraan bij. Vervanging van de minimum bodemdiepte door een maximum bodemdiepte is in vrij afstromende gebieden een goed uitgangspunt, dat direct leidt tot waterconservering. Indien de waterloop geen hydrologische functie vervult en alleen dient als kavelscheiding, dan kan men ook door demping of afdamming ervan de ongewenste ontwatering tegengaan.

Voorwaarde voor bovenstaande aanpak is een gedetailleerd inzicht in de dynamiek van de afvoer via het oppervlaktewatersysteem in termen van frequenties en hoeveelheden. Tot nu toe ging de aandacht vooral uit naar de Q_1 (maatgevende afvoer) en Q_{15} (halve maatgevende afvoer) met het oog op het bepalen van de benodigde transportcapaciteit. Aan de lagere afvoeren is relatief weinig aandacht geschonken. Gericht afvoeronderzoek zal de kennis over gemiddelde afvoerhoeveelheden vergroten.

De vroegere drooglegginingsnormen zijn zodanig gekozen dat de drainbuizen bij de landbouwkundig optimale aanlegdiepte, bij Q_{15}-afvoer, 0,10 m boven het slootpeil uitmonden. Indien drooglegginingen worden verkleind en meer worden afgestemd op de gemiddelde afvoersituatie dan zullen de hierop niet aangepaste buisdrainagestelsels vaker onder water komen dan nu het geval is. Over de consequenties hiervan lopen de meningen uiteen. Zo vreest men voor een achteruitgang in de werking van de drain door instroom van vuil of afzetting van ijzer of mangaan. Ook kan men de werking van de drainage minder makkelijk inspecteren indien deze onder water uitmondt. In de praktijk blijken er overigens maar sporadisch problemen op te treden; deze zijn

[1] Een afvoer die gedurende één etmaal per jaar wordt bereikt of overschreden, wordt aangeduid met Q_1. Een afvoer die gedurende 100 etmalen per jaar wordt bereikt of overschreden met Q_{100}.

Bij afwezigheid kapitaalintensieve teelten zijn hoge wintergrondwaterstanden tot op zekere hoogte acceptabel.

dan vaak nog toe te schrijven aan een combinatie van oorzaken en niet aan het onder water staan van drainage op zichzelf.
Het gewenste grondwaterregime kan ook met ondieper aangelegde drainage worden gerealiseerd. In dat geval moet men de afstand tussen de drains verkleinen. Aan verondieping van drainage zijn wel grenzen. Om vervorming van de drains door berijding en beschadiging door grondbewerkingen tegen te gaan, is een minimale gronddekking van 50 - 70 cm nodig. Verondieping van drainage brengt extra kosten voor aanleg en onderhoud met zich mee. Het in het kader uitgewerkte voorbeeld illustreert de ontwateringsdiepten bij verschillende afvoerhoeveelheden en de meerkosten van ondiepere drainage.

Voorbeeld: Effect verondieping drainage op de grondwaterstand tussen de drains en de meerkosten

Een akkerbouwperceel met een matig doorlatend homogeen bodemprofiel heeft een doorlatendheid k van 0,5 m.dag^{-1}. Op 6 meter onder maaiveld bevindt zich een als ondoorlatend te beschouwen laag. De drainbuizen liggen op een onderlinge afstand van 23 m op een diepte van 1,00 m en hebben, inclusief omhulling een omtrek van 0,15 m. Met de formule van Hooghoudt (pag. 61) is berekend dat de opbolling tussen de drainagebuizen bij een afvoer van 7 mm.dag^{-1} 0,47 m bedraagt. Het ontwateringssysteem voldoet derhalve aan de voor de ontwateringsdiepte gestelde norm van 0,50 m. Als het gewenst is de draindiepte te verminderen tot 0,80 m zonder te tornen aan deze ontwateringsnorm, is nog een opbolling toegestaan van 0,30 m. Om deze te bereiken moet de drainafstand worden verminderd tot 16 m. Als de kosten van de aanleg buizendrainage worden gesteld op ƒ 2,50 m^{-1} kost de aanleg van de diepere, extensievere drainage ƒ 1090 ha^{-1}. De ondiepere, intensievere drainage kost ƒ 1560 ha^{-1}. In de tabel is de ontwateringsdiepte bij beide systemen weergegeven bij verschillende afvoerintensiteiten.

drainafstand **draindiepte**	**L = 23 m** **1,00 m**	**L = 16 m** **0,80 m**
Q (m.dag^{-1})	**ontwateringsdiepte** (m)	
0.000	1,00	0,80
0.001	0,92	0,75
0.002	0,85	0,70
0.007	0,53	0,50
0.010	0,35	0,39
0.020	<0	0,05

3 Van functies naar grondwaterwensen

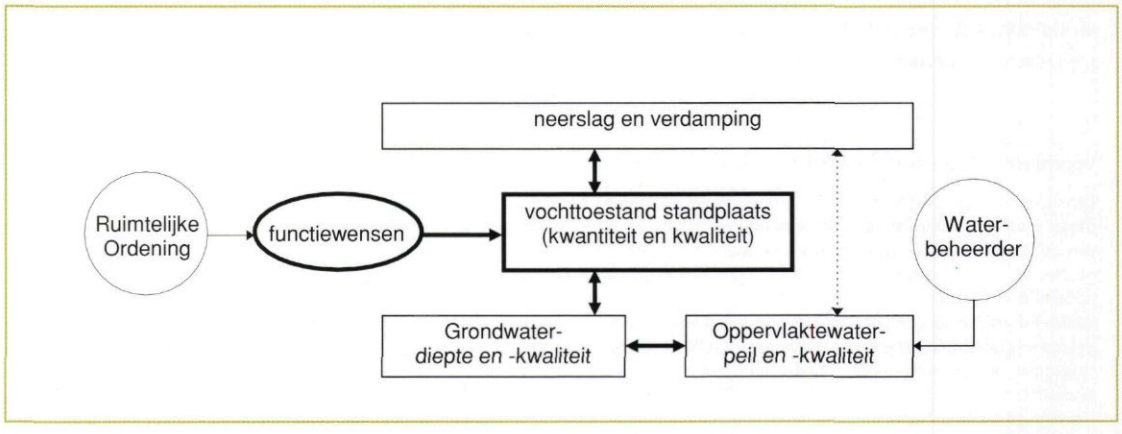
Doelstelling van het waterbeheer is het door sturing van de waterhuishoudkundige situatie zodanig conditioneren van de bodem in een gebied dat het geschikt is voor de functies die er aan zijn toegekend.
In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de relatie tussen de functiewensen en de daarvan afgeleide wensen ten aanzien van de waterhuishoudkundige situatie. Daarna komen de wensen van de functies landbouw en natuur aan de orde. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van veel gebruikte methoden om de waterwensen van de functies te karakteriseren. Deze methoden hebben hun beperkingen en daarom wordt een aanpassing van de huidige methoden voorgesteld.

3.1 Relatie tussen de functiewens en de (grond)waterwensen

Om aan de wensen van de verschillende functies optimaal invulling te kunnen geven, is het noodzakelijk dat de standplaats aan een aantal abiotische randvoorwaarden voldoet. De factor water speelt daarbij doorgaans de belangrijkste rol en dan met name het water in de onverzadigde zone. Indien de waterbeschikbaarheid (kwantiteit, kwaliteit) beperkingen oplevert voor een goede functievervulling, dan kan dit met aanpassingen van de waterhuishouding vaak worden verbeterd.

In figuur 3.1 zijn de relaties tussen de functiewensen en de hydrologie van de standplaats schematisch weergegeven. Door het oppervlaktewatersysteem anders in te richten of door het peil erin te veranderen, kan de waterbeheerder, binnen zekere grenzen, de grondwaterdiepte sturen. Via de grondwaterdiepte wordt vervolgens de vochttoestand van de standplaats beïnvloed. Als de waterkwaliteit voor een goede functievervulling belangrijk is, dan is vaak ook de locatie van de standplaats in het watersysteem essentieel. De ontwikkelingsmogelijkheden van functies zijn beter, goedkoper en duurzamer indien men bij de Ruimtelijke Ordening water als ordenend principe hanteert.

In het relatiediagram is het oppervlaktewaterpeil (of -systeem) de regelknop, het grondwater de stuurvariabele en de vochttoestand de doelparame-



figuur 3.1 Relaties tussen functiewensen en hydrologie van de standplaats. Kunstmatige aanvulling van het bodemvocht door middel van beregening of bevloeiing is in dit schema buiten beschouwing gelaten.

1

2

1 Zo vroeg mogelijk het vee inscharen.

2 Op tijd inzaaien van gewassen.

ter. De moeilijkheid en tegelijkertijd de uitdaging voor het waterbeheer is het feit dat de vochttoestand ook direct wordt beïnvloed door het weer. In § 3.2.2 is bij de bespreking van de draagkracht aangegeven hoe daar nu in de (model-)praktijk mee wordt omgegaan. De relatie tussen oppervlaktewaterpeil en grondwaterdiepte en tussen grondwaterdiepte en vochttoestand is alles behalve eenduidig. Ook de snelheid (of liever traagheid) waarmee de doelparameter reageert op een eventuele sturingsactie verschilt sterk per grondsoort. Bij de keuze van normwaarden zijn om deze reden de nodige veiligheidsmarges in acht genomen.

Het is niet praktisch om de functiewensen te vertalen in vochttoestandwensen. De waarde van deze doelparameter is te variabel en mede daardoor ook minder makkelijk in het veld (representatief) te controleren. Bij de grondwaterdiepte zijn deze bezwaren veel minder aan de orde. Daarom wordt als intermediair tussen oppervlaktewaterpeil (regelknop) en functiewens uit praktische overwegingen de voorkeur gegeven aan een vertaling in termen van optimaal grondwaterregime. Bij de controle of aan de gestelde voorwaarden wordt voldaan, dient men echter steeds het achterliggende doel, in casu de feitelijke functiewens, in het oog te houden. De functiewens in termen van draagkracht, bewerkbaarheid en vochtvoorziening is per slot van rekening hetgeen waar het werkelijk om gaat. De actuele grondwaterdiepte is slechts een afgeleide sturingsvariabele die voorwaardenscheppend is.

3.2 Functiewensen landbouw

3.2.1 Inleiding

Binnen de functie landbouw zijn verschillende bedrijfstakken en vormen van bodemgebruik (teelten) te onderscheiden. Men streeft in al deze bedrijfstakken naar een zo lang mogelijk groeiseizoen, waarbij de bedrijfsvoering onbelemmerd kan plaatsvinden en waarbij de groeiomstandigheden voor het gewas zo optimaal mogelijk zijn. De afhankelijkheid van de weersomstandigheden is bij voorkeur zo beperkt mogelijk.

Om het groeiseizoen optimaal te benutten, wil men in het voorjaar zo vroeg mogelijk het land op. Daarom streeft men er naar dat vanaf circa 15 maart het vochtgehalte in de bovengrond zodanig is dat beweiding, berijding en bewerking geen problemen opleveren voor de bodemstructuur. In het najaar wil men het liefst het vee zo laat mogelijk opstallen en zo lang mogelijk wachten met het oogsten van de gewassen. Een langer groeiseizoen betekent een hogere gewasopbrengst en meer flexibiliteit in de bedrijfsvoering. Voor de akker- en tuinbouw is een bijkomend voordeel dat producten meer gespreid aan de veiling of verwerkende industrie worden aangeleverd, hetgeen de marktprijs positief beïnvloedt. Soms zullen ook meerdere opeenvolgende teelten mogelijk zijn. In de gewaskalender (bijlage 2c) is per teelt aangegeven in welke periode bepaalde werkzaamheden doorgaans worden uitgevoerd. De gewenste waterhuishoudkundige situatie voor de landbouw hangt vooral samen met de eisen die worden gesteld aan de draagkracht en bewerkbaarheid van de grond en de vochtvoorziening van het gewas. In sommige gevallen kunnen ook aanvullende eisen aan de orde zijn, bijvoorbeeld in de vorm van waterkwaliteitseisen of eisen aan de beregeningsmogelijkheden. In de volgende paragrafen worden deze eisen nader toegelicht.

3.2.2 Draagkracht

De draagkracht van de grond is de weerstand van die grond tegen vervorming. Onvoldoende draagkracht resulteert in vervorming ('insporing') en verdichting van de bovengrond en/of zodebeschadiging indien het perceel onder die omstandigheden toch wordt bereden of beweid. De verdichting van de bovengrond verkleint de doorlatendheid van de grond, waardoor sneller plasvorming optreedt. Ook de luchthuishouding van de grond verslechtert door verdichting. Onvoldoende draagkracht in het voor-

of najaar draagt bij aan de verkorting van het effectieve groeiseizoen, hetgeen resulteert in een geringere gewasopbrengst. Er kan ook opbrengstvermindering optreden door vertrappingsverliezen of door slechte kieming/opkomst en/of een geringere groei als direct of indirect gevolg van structuurbederf van de bovengrond (onder andere slemp en korstvorming). Ook het oogsten van gewassen in zomer en najaar kan door onvoldoende draagkracht ernstig worden bemoeilijkt.

Het streven van de landbouw naar voldoende draagkracht geldt voor het gehele groeiseizoen. De meest kritische periode is echter het voorjaar. De draagkracht bepaalt namelijk het tijdstip waarop het land bewerkt en beweid kan worden. In het verdere verloop van het groeiseizoen vormt de draagkracht doorgaans geen probleem meer omdat de verdamping dan gemiddeld groter is dan de neerslag.

Als maat voor de draagkracht geldt de zogenaamde indringingsweerstand. De draagkracht wordt landbouwkundig als voldoende beoordeeld als deze groter is dan circa 0,6 MPa (= 6 $kg.cm^{-2}$). Soms hanteert men echter een waarde van 0,5 MPa. Deze waarden zijn onder andere gebaseerd op de druk die een koe op de grond uitoefent (0,4 MPa, uitgaande van een koe van 600 kg en een oppervlakte van 150 cm^2 voor twee hoeven) en op de druk die kan uitgaan van trekkers (0,2 - 0,3 MPa) en andere werktuigen (0,1 - 0,6 MPa).
De draagkracht van een grond hangt af van de vochttoestand van de bovengrond. Bepalend hiervoor zijn de bodemfysische eigenschappen van de grond, de grondwaterstand en de weersomstandigheden. Hoe groter de drukhoogte van het bodemvocht in de bovenste 5 à 10 cm van het bodemprofiel, hoe groter de draagkracht.

Draagkracht in grasland-managementmodellen

Doel van grasland-managementmodellen is het verkrijgen van inzicht in de effecten van maatregelen op de draagkracht via doorrekening van scenario's. Bij het gebruik van deze modellen gaat men meestal uit van een lineaire relatie tussen indringingsweerstand (draagkracht) en drukhoogte van het bodemvocht. Een voorbeeld van een dergelijke relatie wordt gegeven in figuur 3.2. Belangrijk hierbij is dat deze relatie is gebaseerd op een situatie met een evenwichtsvochtprofiel. Dit houdt in dat in het bodemprofiel geen op- of neerwaartse stroming plaatsvindt. Een dergelijke evenwichtssituatie komt in de praktijk echter niet of nauwelijks voor. Door neerslag en verdamping wijkt de drukhoogte van het bodemvocht vaak sterk af van het evenwichtsprofiel. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.3.
Bij het gebruik van grasland-managementmodellen houdt men geen rekening met de uitdroging van de bovengrond. Daardoor wordt een wat diepere grondwaterstand berekend om aan de draagkracht-eis te voldoen. Het is realistischer om uit te gaan van een situatie met enige uitdroging van de bovengrond door verdamping. De gewenste vochtspanning (en daarmee de gewenste draagkracht) wordt dan al bij een ondiepere grondwaterstand bereikt dan wanneer men van een evenwichtsprofiel zou uitgaan. Indien men rekening houdt met bijvoorbeeld een verdamping van 1 à 1,5 $mm.d^{-1}$ in maart, dan zal de drukhoogte in de bovenste decimeter van het bodemprofiel in veel gevallen al in een paar dagen voldoende zijn gezakt om bewerking en berijding mogelijk te maken.

In de praktijk wordt de wens naar voldoende draagkracht vaak vertaald in het realiseren van een voldoende diepe voorjaarsgrondwaterstand. Een diepere voorjaarsgrondwaterstand betekent een drogere uitgangssituatie, waardoor er minder water hoeft te verdampen om de gewenste vochttoestand te bereiken. De kans op het vroegtijdig bereiken van de gewenste vochttoestand, wordt hiermee vergroot. Gezien de variaties in het weer is dit echter geen absolute garantie. Het verlagen van de voorjaarsgrondwaterstand heeft wel tot gevolg dat in de zomerperiode de kans op droogteschade voor het gewas toeneemt.

3.2.3. Bewerkbaarheid

De bewerkbaarheid van de grond heeft betrekking op de berijdbaarheid (draagkracht), de verkruimelbaarheid en de rooi- en oogstbaarheid. Het heeft hiermee een bredere betekenis dan alleen het aspect draagkracht. De verkruimelbaarheid geeft aan in hoeverre een grond voldoende droog is, zodat met een grondbewerking een voldoende (losmakend) effect kan worden bereikt. De rooibaarheid geeft aan in hoeverre bij het oogsten van rooivruchten niet te veel grond aan het oogstproduct blijft kleven ('tarra').

Net als bij het aspect draagkracht, geldt de wens voor een voldoende bewerkbaarheid het gehele groeiseizoen. De meest kritische periode is ook in dit geval weer het voorjaar. Voor een goede oogstbaarheid is echter ook het najaar een kritische periode. De eisen die aan de bewerkbaarheid worden gesteld zijn met name relevant voor akker- en tuinbouw op klei- en zavelgronden.

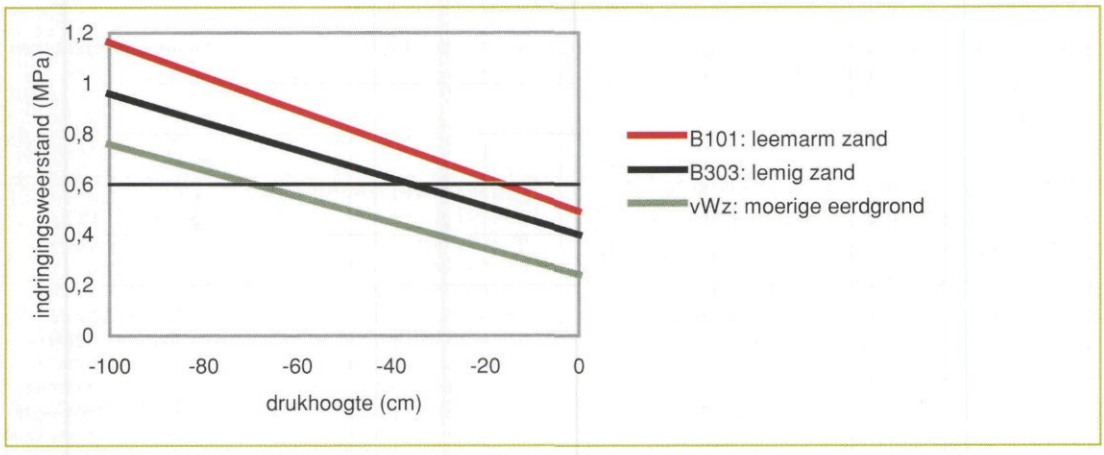
Het doel van grondbewerking is om de grond in een optimale toestand te brengen voor het zaaien en poten. Het maken van een zaai- en pootbed gebeurt doorgaans in het voorjaar (wintergranen in het najaar). De lichte gronden (zand, lichte zavel) ploegt men kort daarvoor. De zwaardere gronden (klei, zware zavel) worden gewoonlijk al in het najaar geploegd. De optimale zaai- of pootdatum verschilt per gewas, maar ligt voor akkerbouw en vollegrondsgroenten meestal tussen begin maart en eind april (zie gewaskalender in bijlage 2c). Het uitvoeren van de noodzakelijke grondbewerkingen veronderstelt een aantal werkbare dagen daaraan voorafgaand. Zowel te vroeg als te laat zaaien/poten kan resulteren in opbrengstschade. Vroeg zaaien of poten vergroot de kans op nachtvorstschade en te laat zaaien verkort het effectieve groeiseizoen. Van veel gewassen zijn relaties vastgesteld tussen de eindopbrengst en de zaai- en pootdata (Van Wijk et al., 1988). Hiermee kunnen tot op zekere hoogte ook de gevolgen per dag later zaaien of poten worden gekwantificeerd.
Voor een goede bewerkbaarheid mag de grond niet te nat en niet te droog zijn. Als de grond te nat is, is de draagkracht beperkt en treedt versmering en verdichting op. Als de grond te droog is, worden met name klei- en zavelgronden te hard. De beoordeling van de bewerkbaarheid van de grond door de agrariër blijkt sterk gecorreleerd te zijn met de drukhoogte van het bodemvocht op 5 cm -mv. In figuur 3.4 is de drukhoogte op deze diepte uitgezet tegen de beoordeling door de boer. Bij kleigronden blijkt bij de beoordeling ook het kalk- en humusgehalte een belangrijke factor te zijn. De drukhoogte van het bodemvocht waarbij men de grond goed bewerkbaar acht, wordt aangeduid als drempelwaarde (Van Soesbergen et al., 1995).
De agrariër maakt steeds zelf de afweging of de

1

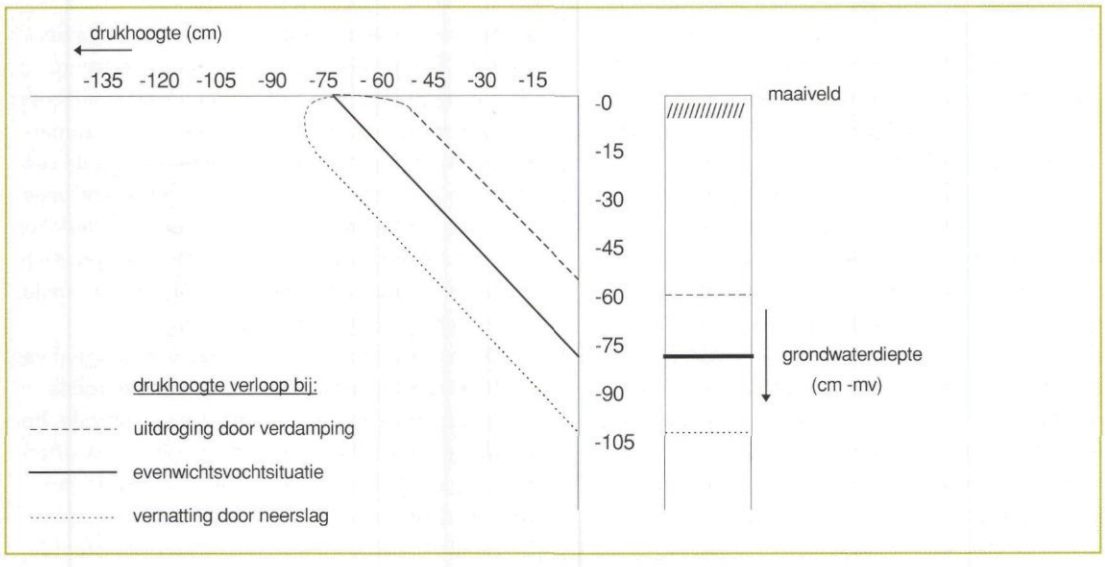
2

1 Voor goede verkruimelbaarheid moet de grond niet te nat en niet te droog zijn.

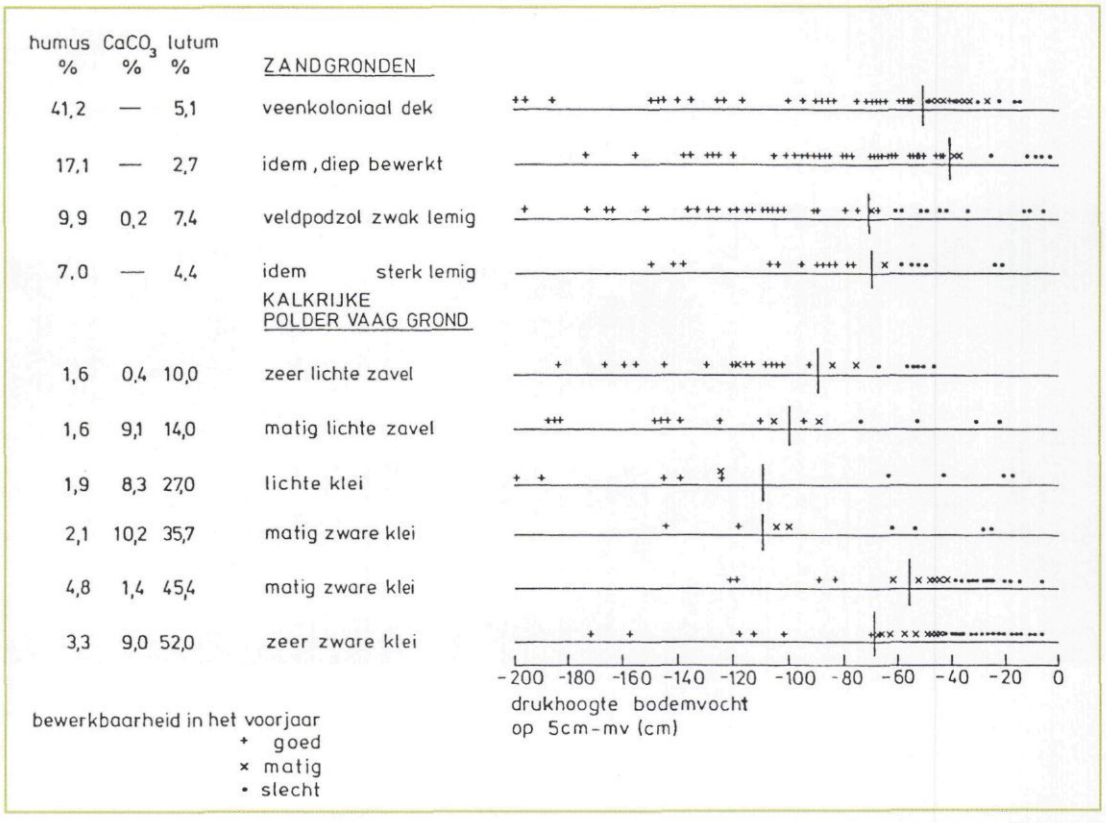
2 Bij het rooien moet niet teveel tarra aan het product blijven kleven.



figuur 3.2. Relatie tussen vochtspanning en indringingsweerstand (Peerboom, 1990)



figuur 3.3 Schematische weergave van het drukhoogteverloop van het bodemvocht in een situatie zonder neerslag en verdamping (evenwichtssituatie); door het weersverloop wordt dezelfde drukhoogte aan maaiveld in de praktijk bereikt bij een grotere of geringere grondwaterdiepte



figuur 3.4 Beoordeling door de boer van de bewerkbaarheid in het voorjaar van verschillende gronden uitgezet tegen de gelijktijdig gemeten drukhoogte in de bouwvoor op 5 cm -mv (Werkgroep Grondbewerking, 1987)

voordelen van een langer groeiseizoen opwegen tegen de nadelen van grondbewerkingen onder minder goede omstandigheden. Bij deze afweging speelt de specifieke bedrijfssituatie (bouwplan, mechanisatie, ontwateringstoestand) een belangrijke rol. De praktijk leert (Huitema, 1986) dat de grond vaak al wordt bewerkt bij vochtgehalten die veel hoger liggen dan de drempelwaarden. Ook is vaak geconstateerd dat deze 'natte bewerkingen' niet hebben geleid tot een hogere dichtheid van de grond. Dit is opmerkelijk omdat in de literatuur vaak het tegengestelde wordt beweerd. Huitema (1986) concludeert dat de grond geschikt is voor bewerking indien:

- de wielen niet dieper insporen dan tot de helft van de gewenste bewerkingsdiepte;
- de banden schoon blijven (de grond is dan droger dan de kleefgrens);
- de gewenste verkruimeling wordt bereikt.

Ook bij het oogsten van gewassen is de bewerkbaarheid van de grond belangrijk. Bij het rooien van aardappelen en bieten is het ongewenst dat veel grond aan het product blijft kleven. De grond dient daarom voldoende droog te zijn. In het najaar gaan de landbouwers minder zorgvuldig met de grond om dan in het voorjaar. De oogst moet tenslotte van het land en structuurbederf (mits beperkt tot de bouwvoor) wordt met latere grondbewerkingen weer opgeheven.

Literatuur over bewerkbaarheid

De verslagen van het symposium 'werkbaarheid en bedrijf" (Projectgroep Werkbaarheid, 1978) en de themadag "werkbaarheid en tijdigheid" (Werkgroep Grondbewerking, 1987) geven een goed overzicht van deze problematiek. Ook ICW-rapport 31 "effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen (Van Wijk et al., 1988) biedt de nodige basisinformatie. De drempelwaarden die uit veldonderzoek voor verschillende gewassen op verschillende grondsoorten zijn afgeleid, geven een behoorlijke spreiding te zien. Voor resultaten van deze veldonderzoeken wordt verwezen naar Beuving (1982) en Van Soesbergen (et al., 1995).

3.2.4 Vochtvoorziening van het gewas

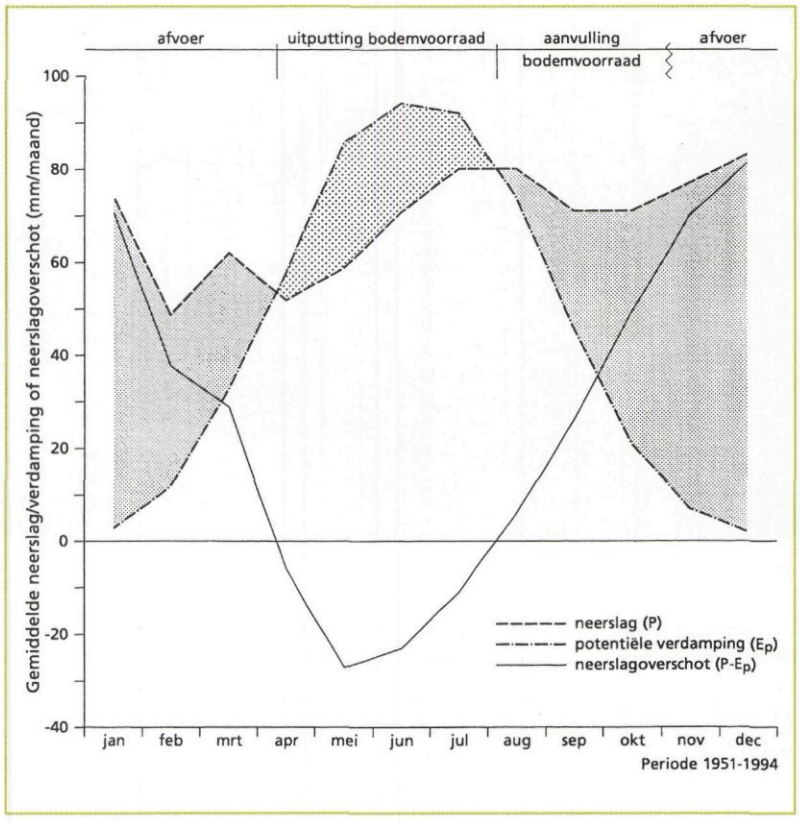
De gewasgroei is afhankelijk van de vochtvoorziening van het gewas gedurende het groeiseizoen. Voor een optimale groei moet het gewas steeds over voldoende water kunnen beschikken. In het zomerhalfjaar kan dit problemen opleveren omdat de verdamping de neerslag dan overtreft. Dit is weergegeven in figuur 3.5. In perioden met een neerslagtekort is het gewas voor de vochtvoorziening aangewezen op de vochtvoorraad in de wortelzone en de capillaire nalevering vanuit het grondwater.

De vochtvoorraad in de wortelzone hangt af van de dikte van de wortelzone en het vochtbergend vermogen. Hoe dikker de effectieve wortelzone, hoe groter de hoeveelheid vocht die hierin kan worden opgeslagen. Bijlage 2a geeft enkele richtwaarden voor de dikte van de effectieve wortelzone.
De capillaire nalevering vanuit het grondwater (de 'capillaire flux') is afhankelijk van de drukhoogte in de wortelzone, de bodemfysische eigenschappen van de ondergrond en de afstand tussen de wortel-

zone en het grondwater.

Indien de capillaire flux gemiddeld minimaal 2 mm/dag bedraagt, is de veeljarig gemiddelde opbrengstdepressie door vochttekort doorgaans niet groter is dan 2 à 3%. Onderzoek heeft dit uitgewezen. De afstand tussen de grondwaterspiegel en de onderkant van deze wortelzone, waarover bij een drukhoogte van 16.000 cm (pF 4,2) in de wortelzone nog juist een capillaire flux van 2 mm per dag mogelijk is, wordt de kritieke z-afstand genoemd. Zakt de grondwaterstand beneden de kritieke z-afstand dan is de capillaire flux te gering om bij uitputting van de vochtvoorraad in de wortelzone te voorzien in de vochtbehoefte van het gewas. De actuele gewasverdamping blijft dan achter bij de potentiële gewasverdamping waardoor droogteschade optreedt.
In bijlage 2a zijn indicatieve waarden gegeven voor de kritieke z-afstand van een aantal grondsoorten. Door variatie in textuur, leem- en lutumgehalte, microgelaagdheid, horizontale scheurvorming en dergelijke is er een zekere spreiding in kritieke z-waarde binnen de onderscheiden grondsoorten. Voor een uitgebreide beschrijving van doorlatendheidskarakteristieken wordt verwezen naar de Staringreeks (Wösten et al., 1994).

Uit het voorgaande blijkt dat voor een goede vochtvoorziening van de landbouwgewassen de grondwaterstand in de zomer bij voorkeur niet dieper wegzakt dan de dikte van de wortelzone, vermeerderd met de kritieke z-afstand.



figuur 3.5 Gemiddelde maandwaarden van de neerslag, de potentiële verdamping en het neerslagoverschot voor De Bilt in de periode 1951 - 1994 (Ten Cate et al.,1995)

3.2.5 Overige wensen

Soms zijn naast draagkracht, bewerkbaarheid en vochtvoorziening van het gewas, ook aanvullende wensen aan de orde. De belangrijkste hiervan zijn de beschikbaarheid van water voor beregening en de aanwezigheid van voldoende water in de sloot in verband met de kering van vee. Soms worden ook specifieke eisen gesteld aan de waterkwaliteit.

Beregening is van belang voor veel kapitaalintensieve teelten en voor de fruitteelt. Door beregening kan men de kans op nachtvorstschade sterk beperken. De inzet van beregening ter voorkoming van droogteschade voor het gewas is ook bij andere bedrijfstakken aan de orde. In hoeverre beregening

1 Beregening ter beperking van droogteschade.

2 Beregening ter voorkoming van nachtvorstschade.
(Foto: E. Goes-Heijnen)

1

2

1

2

1 Veedrenking vereist goede waterkwaliteit.

2 In de glastuinbouw zijn regenwaterbassins inmiddels een vertrouwd beeld.

rendabel is, hangt af van de specifieke situatie en de kans op optreden van droogteschade.
Tegenwoordig wordt beregening ook steeds vaker genoemd als middel dat bijdraagt aan een betere opname van mineralen en daarmee indirect ook aan de vermindering van het mineralenverlies.
Beregening vindt plaats uit grondwater, oppervlaktewater of uit regenwaterbassins. Beregening en veedrenking uit oppervlaktewater levert uit oogpunt van waterkwaliteit soms bezwaren op. In de nabijheid van riooloverstorten en in kopsloten met slechte doorspoelmogelijkheden dient men alert te zijn op een onvoldoende waterkwaliteit. Ook sommige plantenziekten, zoals bruinrot kunnen door beregening uit het oppervlaktewater worden verspreid. Attenderingswaarden voor de waterkwaliteit in de landbouw zijn opgenomen in bijlage 2d.
Door beregeningsverboden of de dreiging daarvan, zal men in de landbouw steeds selectiever beregenen (Bleumink en Buys, 1995 en 1996; Boland et al., 1996). Verder zal waterconservering in de zomer de vochttekorten beperken en de beregeningsbehoefte verminderen.

Aan het water worden zowel voor beregening als voor veedrenking kwaliteitseisen gesteld. Het gaat dan vooral om de maximaal toegestane concentraties chloride en andere zouten. Voor de specifieke eisen wordt verwezen naar het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). Ook aan de concentraties van vele andere stoffen worden specifieke eisen gesteld. Voor veedrenking gebruikt men daarom steeds vaker leidingwater. In de tuinbouw maakt men opgepompt grond- of oppervlaktewater zo nodig met een eigen onthardingsinstallatie geschikt voor gebruik.

In de polders waar veehouderij bedreven wordt, fungeren de waterlopen vaak als veekering. Het veenweidegebied is daar een goed voorbeeld van. Er kan dan worden volstaan met een toegangshek op de dam en overige rasters kunnen achterwege blijven. Voorwaarde is wel dat de waterlopen het hele jaar watervoerend blijven en op de waterspiegel voldoende breed zijn (> 1,5 m). Onverwacht intredende vorst wil hier nog wel eens problemen veroorzaken doordat een dichtgevroren sloot het vee (in de winterperiode meestal schapen) niet meer keert.

3.2.6 Grondwaterwensen en kritische perioden

In de voorgaande paragrafen zijn de belangrijkste wensen vanuit de functie landbouw aangeduid. Hoewel deze wensen vooral betrekking hebben op de vochttoestand van de bovengrond, worden ze in de praktijk meestal vertaald naar grondwaterwensen.

Hieronder zijn de belangrijkste aan het water gerelateerde wensen vanuit de landbouw samengevat en vertaald in "waterwensen":

- in voor- en najaar een voldoende diepe grondwaterstand om schade door wateroverlast als gevolg van onvoldoende draagkracht en/of bewerkbaarheid te voorkomen;
- gedurende het groeiseizoen een zodanige grondwaterstand dat droogteschade wordt voorkomen; bij te diepe grondwaterstanden is de capillaire nalevering te gering om de vochtbehoefte van het gewas te dekken in perioden met een neerslagtekort;
- in het vroege voorjaar voldoende (oppervlakte-) water beschikbaar voor beregening in fruitteeltgebieden voor het bestrijden van mogelijke nachtvorstschade;

3

3 Oppervlaktewater als veekering.

- in de zomermaanden bij voorkeur (oppervlakte-) water beschikbaar voor beregening voor het bestrijden van mogelijke droogteschade;
- beschikbaarheid van water van voldoende kwaliteit voor veedrenking;
- beschikbaarheid van water van voldoende kwaliteit voor met name de tuinbouw en bloementeelt (specifieke waterkwaliteitseisen voor onder andere chloride en hardheid (kalk));
- het watervoerend blijven van waterlopen als deze ook een veekerende functie hebben.

Het meest ideale grondwaterregime verschilt per gewas of teelt en per grondsoort. Meestal komt de landbouwkundig meest optimale situatie overeen met het grondwaterstandsverloop dat wordt gekarakteriseerd met een grondwatertrap IV (Gt IV; GHG tussen 40 - 80 cm en GLG tussen 80 - 120 cm beneden maaiveld). Deze situatie komt echter van nature nauwelijks voor en kan men alleen met waterbeheersingsmaatregelen realiseren.

De meest kritische perioden voor de landbouw zijn het voor- en najaar waar het gaat om wateroverlastschade en de zomer als het de droogteschade voor het gewas betreft (zie gewaskalender in bijlage 2c). In februari en maart vinden voorbereidende werkzaamheden plaats en in april worden de meeste gewassen gezaaid of gepoot. De maand maart is in het voorjaar het meest kritisch. Van augustus tot en met oktober worden de gewassen geoogst. De maanden september en oktober zijn met name voor de rooivruchten (aardappelen, suikerbieten) het meest kritisch; voor enkele vollegrondsgroenten (vooral koolsoorten) ook de maanden november en december. Op zware klei- en zavelgronden ploegt men het land na de oogst en voor de winter. De grond moet dan wel voldoende draagkracht bezitten en bewerkbaar zijn.

Bij de melkveehouderij gaat het om het inscharen van vee. Ook wil men de eerste snede zo vroeg mogelijk binnenhalen. De eerste twee sneden leveren het beste gras op. Goede groei- en oogstomstandigheden in april - juni zijn daarom extra belangrijk. Voor de beweiding is het van belang dat de grond gedurende de gehele weideperiode voldoende draagkracht houdt. Het is dan niet nodig om het vee in natte perioden tijdelijk op te stallen ter voorkoming van vertrappingsschade. De praktijk wijst overigens uit dat opbrengst en bedrijfsvoering het minst worden beïnvloed door extreme weersomstandigheden, indien een bedrijf over zowel drogere als nattere gronden beschikt. Men heeft dan in zowel natte als droge jaren goede uitwijkmogelijkheden.

Als het gaat om droogteschade, dan zijn vanzelfsprekend de zomermaanden, met name juli en augustus, het meest kritisch. De grondwaterstand is dan al ver uitgezakt, waardoor de capillaire nalevering steeds verder afneemt. Indien er dan weinig neerslag valt en de bodemvochtvoorraad uitgeput is, treden vochttekorten op. Geldt er geen beregeningsverbod, dan kan men de vochttekorten en daarmee de verdampingsreductie beperken door beregening. Op grasland wordt de rentabiliteit van beregening echter vaak in twijfel getrokken. Mogelijk dat door het invoeren van het mineralenaangiftesysteem (MINAS) de rol en rentabiliteit van beregening in verband met de mineralenbenutting weer opnieuw in discussie komt.

3.3 Functiewensen natuur

3.3.1 Inleiding

Bij de functie natuur wordt onderscheid gemaakt tussen terrestrische (landgebonden) natuur en aquatische (watergebonden) natuur, met elk een eigen onderverdeling in flora en fauna. In deze leidraad ligt het accent op de terrestrische natuur en dan met name op de flora.

De natuurwensen verschillen vaak aanzienlijk van de landbouwwensen. Dit komt ook tot uiting in de "ver-thema's" (verdroging, vermesting, verzuring en versnippering), die bij de toename van het natuurbelang in het landelijk gebied als probleem naar voren kwamen.
Voor de functie natuur geldt dat de gewenste waterhuishoudkundige situatie sterk uiteen kan lopen al naar gelang het type natuur dat men wenst. De waterhuishoudkundige wensen voor een blauwgrasland zijn bijvoorbeeld heel anders dan die voor een rietmoeras. Welk type natuur men precies nastreeft, moet worden afgeleid uit de functietoekenning voor een gebied en de hierbij gestelde natuurdoelen.
Belangrijk is dat de ontwikkelingsmogelijkheden voor een bepaald type natuur niet alleen afhangen van de waterhuishoudkundige situatie (bijvoorbeeld grondwaterstand, waterkwaliteit en stroming). Ook andere factoren zijn van belang, zoals de voedingstoestand van de bodem, de zuurgraad, het microklimaat (bijvoorbeeld licht en temperatuur), eventuele zoutinvloeden via de lucht, de wijze van beheer, betreding, et cetera. Al deze factoren en de dynamiek daarin bepalen mede de successie van een vegetatie. Er zijn dus nogal wat randvoorwaarden. Om de gewenste natuur te kunnen ontwikkelen of te behouden is het niet voldoende alleen de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden te realiseren!

Deze paragraaf bevat een korte toelichting op de diverse standplaatsfactoren die de ontwikkelingsmogelijkheden voor natuur bepalen. Voorts wordt ingegaan op de diverse ecologische indelingen die men gebruikt om het gewenste type natuur aan te duiden.

3.3.2 Standplaatsfactoren terrestrische natuur

De eigenschappen van een standplaats bepalen de groeimogelijkheden van een plant. Deze eigenschappen duidt men vaak aan met de term standplaatsfactoren. Een bepaalde plantensoort kan alleen tot ontwikkeling komen op een standplaats die voor de betreffende soort geschikt is.

De landschapsecologie maakt onderscheid tussen een viertal schaalniveaus van standplaatsfactoren. De indicatorenserie beekdalen (Jalink en

1

Jansen, 1995) geeft hiervan een duidelijke beschrijving. Het gaat om achtereenvolgens operationele, *conditionele, positionele en sequentiële factoren.*

Operationele factoren

De operationele standplaatsfactoren werken rechtstreeks in op de plant. Ze spelen een rol op het laagste schaalniveau: het doorwortelde deel van de bodem en de lucht waarin de plant groeit.
Rechtstreeks werkzame factoren in de bodem zijn de beschikbaarheid van vocht en zuurstof, van voedingsstoffen en de aanwezigheid van essentiële sporenelementen of van giftige stoffen. Ook boven de grond zijn er rechtstreeks werkzame factoren. De plant heeft licht nodig voor fotosynthese. Daarnaast dienen de luchtvochtigheid en temperatuur zodanig te zijn dat de plant niet uitdroogt. Verder kan mechanische beschadiging door overstuiving, overstroming of harde wind en dergelijke rechtstreeks een rol spelen.

Conditionele factoren

In de directe omgeving van de plant, op een schaal van enkele vierkante meters, zijn factoren werkzaam die de operationele factoren sturen. De zuurgraad bijvoorbeeld stuurt de oplosbaarheid van fosfaat. Het zuurstofgehalte in de bodem is van invloed op het vrijkomen van voedingsstoffen door mineralisatie, maar ook op de vorm waarin elementen voorkomen. Het grondwaterregime beïnvloedt zowel het zuurstofgehalte in de bodem, als de basenverzadiging en daarmee de zuurgraad.
De scheiding tussen de factoren van de eerste twee schaalniveaus is niet altijd even duidelijk. Dit komt door de onderlinge beïnvloeding, maar ook omdat verschillende naast elkaar groeiende plantensoorten soms op verschillende factoren reageren.
Bovengronds is bijvoorbeeld de vegetatiestructuur (bos, heide en dergelijke) van invloed op de beschikbaarheid van licht voor kleine planten en op de luchtvochtigheid binnen de vegetatie.

Positionele factoren

De werking van de factoren op het tweede schaalniveau wordt op haar beurt weer gestuurd door factoren die samenhangen met de standplaats in het landschap (zie ook figuur 2.5). Bovengrondse positionele factoren zijn bijvoorbeeld het klimaat, aanvoer van stuifzand en zout door de wind of zure en stikstofrijke neerslag.
Ondergrondse positionele factoren betreffen het grondwater. Toestroming van grondwater (kwel) kan bijvoorbeeld alleen optreden als elders in het watersysteem water wegzakt (infiltreert). Het toestromende grondwater kan alleen kalkrijk zijn indien het tijdens zijn weg door de bodem kalk heeft kunnen opnemen of al kalkrijk was toen het infiltreerde (als oppervlaktewater).
Grondwaterstromingen kunnen zowel worden gestuurd op perceelsschaal als op de schaal van hele beekdalstelsels. Ook het reliëf en de ontwateringssloten zijn omgevingsfactoren die sturend werken op de grondwaterstroming. De schaal waarop de positionele factoren van invloed zijn, kan dus sterk variëren.

Sequentiële factoren

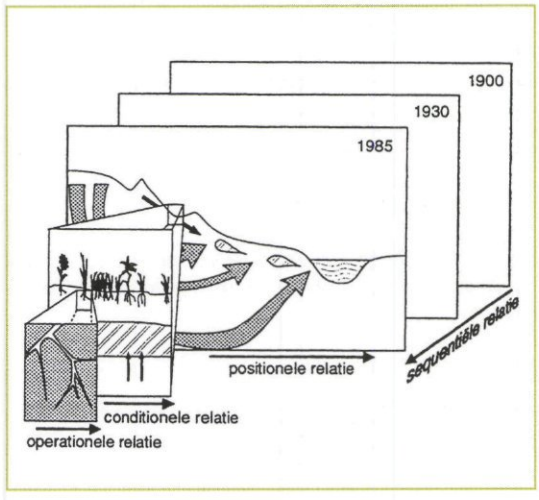
Tenslotte doen factoren uit het verleden zich gelden. Bemesting of overstroming in het verleden kan tientallen jaren later nog doorwerken in de voedingsstoffen- en basenhuishouding van de standplaats. Bodemvorming in het verleden heeft geleid tot de bodem die er nu ligt. Het grondwater dat nu opkwelt in kwelgebieden, is vaak tientallen of hon-

2

derden jaren geleden elders geïnfiltreerd. De omstandigheden in de toenmalige infiltratiegebieden zijn natuurlijk van invloed geweest op de kwaliteit en hoeveelheid van het in de pakketten aanwezige water. Ook het vroeger toegepaste beheer kan nog steeds van invloed zijn op de huidige vegetatie. De nog voortdurende voedselrijke kwel door uitspoeling van meststoffen in infiltratiegebieden is daar een goed voorbeeld van.

In figuur 3.6 is de samenhang tussen deze sturende standplaatsfactoren schematisch weergegeven. De eigenschappen van een standplaats worden dus bepaald door een veelheid van processen en invloeden. Hierbij is vaak sprake van onderlinge beïnvloeding en wisselwerking. De meest sturende standplaatsfactoren voor de vegetatie-ontwikkeling zijn:

- het grondwaterregime;
- de zuurgraad (pH);
- de voedselrijkdom (trofiegraad);
- de saliniteit ($Cl^{-}.l^{-1}$).



1 Operationele standplaatsfactoren werken rechtstreeks in op de plant.

2 De oppervlaktewaterkwaliteit werkt door in de standplaatsfactoren van de vegetatie.

figuur 3.6 Samenhang tussen de verschillende standplaatsfactoren (Jalink en Jansen, 1995)

3

3 Mestuitspoeling in infiltratiegebieden kan tientallen jaren later nog doorwerken in de kwelwaterkwaliteit.

Een verandering in de vegetatie gaat vrijwel altijd samen met een verandering van de invloed van één der standplaatsfactoren. De specifieke combinatie van standplaatsfactoren op een bepaalde standplaats bepaalt de groeiomstandigheden ter plaatse en daarmee de soortensamenstelling. De genoemde factoren vormen de basis van een natuurtechnisch model. In figuur 3.7 is de relatie tussen ingrepen, bodem en vegetatie schematisch weergegeven. In figuur 3.8 is de positie van een aantal plantengemeenschappen weergegeven in een assenstelsel van grondwaterregime, pH en trofie. De assen met standplaatsfactoren zijn ten opzichte van figuur 3.7 overigens gedraaid.

Met inrichtings- en/of beheersmaatregelen kan

1

2

1 Insecten en dagvlinders zijn vaak gekoppeld aan een bepaald vegetatietype.

men de standplaatsfactoren in meer of mindere mate beïnvloeden. Naast de samenstelling van de vegetatie kunnen ook diersoorten die gebonden zijn aan bepaalde plantengemeenschappen invloed ondervinden van deze maatregelen. De relatie tussen ingrepen en effecten is in figuur 3.9 schematisch weergegeven.

Het voorkomen van bepaalde fauna is in het algemeen sterk gekoppeld aan het voorkomen van bepaalde vegetatietypen. De gewenste abiotische omstandigheden voor de fauna stemmen daarom grotendeels overeen met die van de flora waarop ze zijn aangewezen.

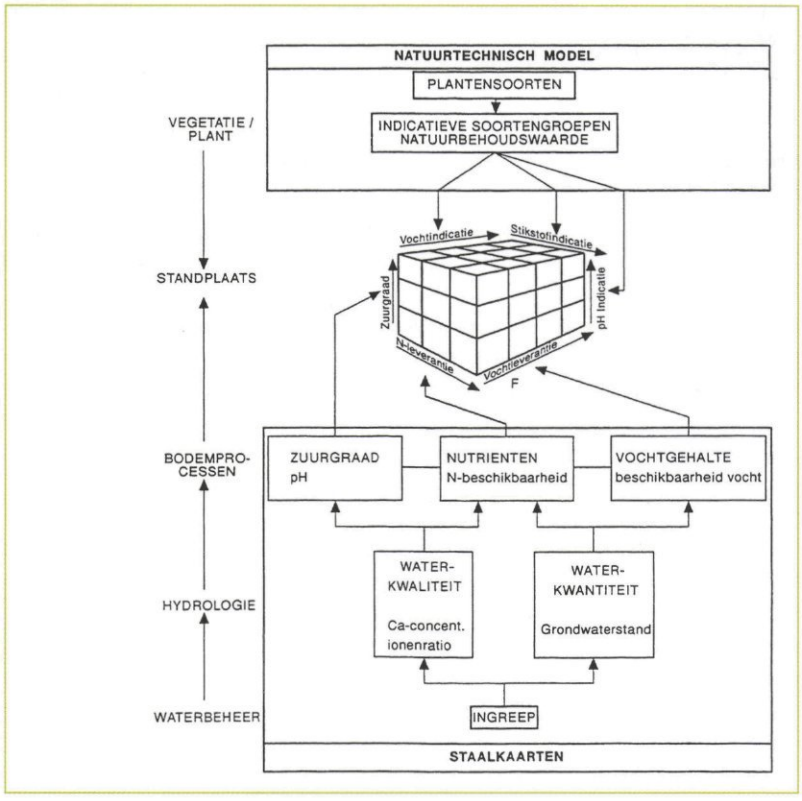
Bij kleine diersoorten zoals loopkevers en dagvlinders kunnen de gewenste abiotische omstandigheden worden gekoppeld aan één vegetatietype.

Grotere dieren met een groter verbreidingsvermogen maken gebruik van meerdere vegetatietypen en ook van andere elementen in het landschap zoals bijvoorbeeld houtwallen. Ecologische verbindingszones, waar ook het oppervlaktewatersysteem deel van kan uitmaken, kunnen de migratiemogelijkheden tussen ruimtelijk gescheiden leefgebieden verbeteren. De negatieve gevolgen van versnippering worden hierdoor verminderd.

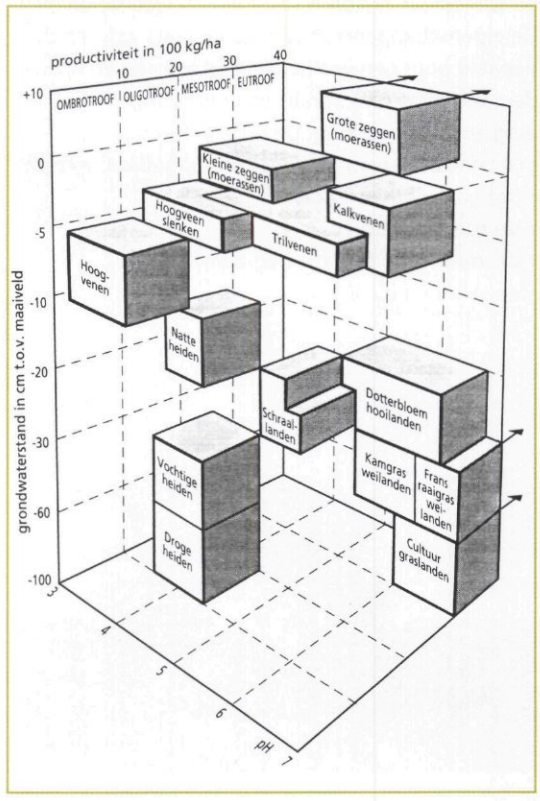
3.3.3 Standplaatsfactoren aquatische natuur

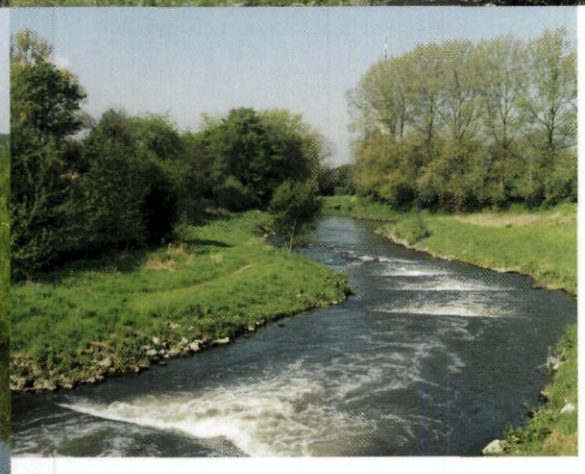
De aquatische flora en fauna die voorkomt in waterlopen (rivieren, beken, sloten), plassen en poelen, stelt evenals terrestrische natuur eisen aan de standplaats. De belangrijkste standplaatsfactoren voor aquatische natuur zijn:

figuur 3.7 Evaluatie-instrument waarmee de effecten van waterbeheer op de geschiktheid van combinatie van standplaatsfactoren voor natuurbehoud kunnen worden beoordeeld (Kemmers, 1993)



figuur 3.8 Schematische weergave van de positie van een aantal plantengemeenschappen in een assenstelsel van grondwaterregime, pH en trofiegraad (Everts en De Vries, 1991)





2 Belangrijke standplaatsfactoren voor agrarische natuur zijn stroomsnelheid, lichtinval, doorzicht...

3 ...gesteldheid van de waterbodem...

4 ...natuurlijke oevers...

5 ...wijze van beheer en onderhoud...

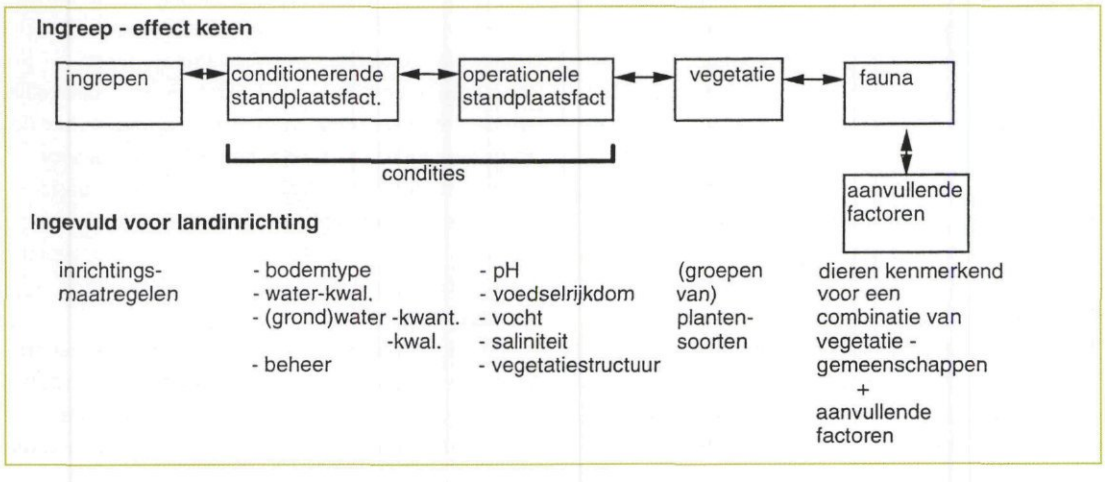
6 ...goede bereikbaarheid zoals een vispassage.

- waterkwaliteit (nutriënten, chloride, sediment);
- waterdiepte (kans op periodiek droogvallen);
- watertemperatuur;
- zuurgraad;
- stroomsnelheid;
- lichtinval en doorzicht (beschaduwing);
- gesteldheid van de waterbodem (vooral voor in de waterbodem wortelende vegetatie);
- wijze van beheer en onderhoud;
- "bereikbaarheid" voor fauna (vermijden moeilijk passeerbare obstakels door aanleg vispassages of aangepaste beschoeiing).

De hydraulische randvoorwaarden die gesteld worden aan het oppervlaktewatersysteem bepalen in belangrijke mate de speelruimte die men heeft om met inrichtings- en beheersmaatregelen tegemoet te komen aan de specifieke wensen van de aquatische natuur. Als het oppervlaktewatersysteem deel uitmaakt van een ecologische verbindingszone, dan kiest men meestal voor een natuurtechnische inrichting van het oppervlaktewatersysteem. Door gedifferentieerd onderhoud kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden van de water- en oevervegetatie aanzienlijk worden verbeterd.

Deze leidraad schenkt verder geen specifieke aandacht aan aquatische natuur. Voor aanvullende informatie hierover wordt verwezen naar instanties zoals IKC-Natuurbeheer, IBN-DLO, RIZA en RIVM.

figuur 3.9 Ingreep - effect keten voor landinrichting met betrekking tot vegetatie en fauna (De Ridder et al., 1997)



Natuurdoeltypen omvatten vaak meerdere vegetatietypen.

3.3.4 Ecologische indelingen

De natuurdoelen voor een gebied moet men afleiden uit de functietoekenningen voor een gebied en het daarbij geformuleerde natuurbeleid. Voor het waterbeheer dient men de natuurdoelen te vertalen naar een gewenste waterhuishoudkundige situatie. Het probleem hierbij is vaak het schaalniveau waarop de natuurdoelen zijn geformuleerd. Dit is zo globaal dat het onvoldoende sturing geeft aan het vaststellen van de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden. Bovendien zijn er verschillende ecologische indelingen in gebruik om het gewenste type natuur aan te duiden. Tenslotte is de kennis over de gewenste waterhuishoudkundige omstandigheden voor een bepaald natuurtype moeilijk toegankelijk.

In het kader van de NOV-3 studie "de gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen" is getracht een ecologische indeling te ontwikkelen. Deze moest hanteerbaar zijn voor de waterbeheerder en aansluiten bij bestaande indelingen voor het aanduiden van de gewenste natuur (Blokland en Kleijberg, 1997). In de studie is de beschikbare kennis over de relatie tussen vegetatie en standplaatsfactoren bij elkaar gebracht. De kennis is vertaald naar een gebiedsdekkend overzicht van 'ecologische eenheden' en bijbehorende gewenste, abiotische omstandigheden. De ecologische eenheden zijn gebaseerd op de indelingen in natuurdoeltypen, ecotooptypen en vegetatiekundige eenheden. In het navolgende worden de verschillende ecologische indelingen kort toegelicht.

Ecologische eenheden

Een ecologische eenheid bestaat uit:

- een natuurdoeltype, dat een gewenst eindbeeld/ doelstelling beschrijft voor een bepaald gebied;
- een ecotooptype, dat in grove lijnen de abiotische karakteristiek schetst die bij de doelstelling hoort;
- een vegetatietype, meestal aangegeven op het niveau van een associatie volgens de indeling van Schaminee et al, 1995, Westhoff en den Held, 1975 of Van der Werf, 1991.

Natuurdoeltypen

De indeling in natuurdoeltypen is gemaakt ten behoeve van het natuurbeleid: het geeft aan welke doelstellingen gelden voor een bepaald gebied, weergegeven in ruimtelijk goed herkenbare eenheden. Dit is veelal het niveau waarop de waterbeheerder de doelstellingen krijgt aangereikt. Natuurdoeltypen worden meestal ontleend aan het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland (Bal et al, 1995).
Natuurdoeltypen zijn vanuit abiotisch oogpunt breed opgezet en omvatten vaak meerdere vegetatietypen en bijbehorende standplaatscondities.

Ecotooptypen

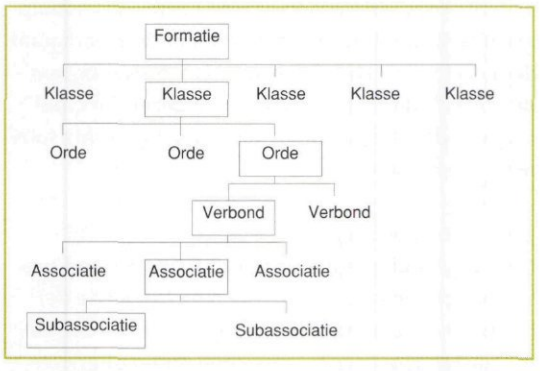
Het ecotopensysteem beschrijft primair standplaatsen en is leent zich daardoor uitstekend voor het voorspellen van effecten van standplaatsveranderingen. Het ecotopensysteem is zo opgezet dat binnen één ecotoop abiotische omstandigheden en vegetatiestructuur homogeen zijn. Een voorbeeld van een ecotoop is: "pioniervegetaties op droge voedselarme, basische bodems". In totaal zijn in Nederland ruim 100 ecotooptypen onderscheiden. De soortensamenstelling binnen ecotopen is beschreven met behulp van ecologische soortgroepen. Elke plantensoort in Nederland is bij één of meerdere ecologische soortgroepen ingedeeld. Het ecotopensysteem is ontwikkeld door het Centrum voor Milieukunde en het Rijksherbarium te Leiden.
Ecotopen komen het meest in aanmerking om een gewenste abiotische (hydrologische) situatie te beschrijven. De indeling in ecotopen is immers primair gemaakt om standplaatsen te beschrijven. Het probleem met ecotopen is echter dat het geen eindbeeld van de vegetatie weergeeft omdat zich binnen één ecotoop verschillende vegetatietypen kunnen ontwikkelen, bijvoorbeeld door een ander beheer.

Vegetatiekundige eenheden

Vegetatiekundige eenheden zijn eenheden die wat betreft de soortensamenstelling en het relatieve aandeel van de samenstellende populaties een zeker evenwicht hebben, een eigen structuur vertonen en op een bepaalde standplaats groeien. De standplaatscondities zijn voor vegetatietypen meestal niet beschreven. Wel kunnen ze gedeeltelijk worden afgeleid uit de standplaatscondities voor de afzonderlijke soorten. Voor een groot aantal soorten zijn standplaatscondities beschreven op basis van onderzoek in bepaalde gebieden. Gebleken is dat vegetatietypen op (sub)associatieniveau, veelal sterk gecorreleerd zijn met nauw gedefinieerde standplaatscondities.

De classificatie van vegetatiekundige eenheden is gebaseerd op floristische verwantschap. Hierdoor behoeft er geen directe relatie te zijn tussen de standplaatseigenschappen en de vegetatiestructuur,

Wegberm met gevarieerde vegetatie.
(Foto: W. Schippers)



figuur 3.10 Indeling van vegetaties volgens Westhoff en Den Held (Westhoff en Den Held, 1975)

zoals dat bij de indeling in ecotooptypen het geval is. Er wordt een aantal indelingen in vegetatietypen gehanteerd, zoals 'De vegetatie in Nederland', deel 2 en 3 (Schaminée et al., 1995 en 1996), 'Bosgemeenschappen' voor de bossen (Van der Werf, 1991) en voor de resterende typen 'Plantengemeenschappen in Nederland' (Westhoff en Den Held, 1975).

De indeling van vegetaties volgens Westhoff en Den Held is gegeven in figuur 3.10. In totaal onderscheiden de auteurs 38 klassen, 54 orden, 85 verbonden en bijna 280 associaties en subassociaties.

De indeling in ecologische eenheden sluit meestal aan op de schaal waarop bij landinrichting en waterbeheer de natuurdoelstellingen worden aangereikt. Dit gebeurt meestal op het niveau van natuurdoeltypen of -een abstractieniveau lager- in de vorm van vegetatietypen. Voordelen van het systeem van ecologische eenheden zijn:

- door de koppeling tussen natuurdoeltypen en vegetatietypen kunnen landinrichter en waterbeheerder er mee uit de voeten. Niet alleen als men geconfronteerd wordt met een doelstelling op het niveau van natuurdoeltype, maar ook met een doelstelling op het niveau van verbonden en associaties.
- sommige vegetatietypen komen in meerdere fysisch-geografische regio's van Nederland voor. Afhankelijk van de plaats stelt zo'n vegetatietype verschillende eisen aan de abiotische omstandigheden. Door de koppeling van natuurdoeltypen en vegetatietypen kan men dit soort verschillen inzichtelijk maken.
- door de rangschikking op basis van de ecotopen volgens het CML-systeem, ontstaat een overzichtelijk en hiërarchisch geordend classificatiesysteem, waarin ook de belangrijkste verschillen in abiotische omstandigheden zijn weerspiegeld.

Voorbeeld van een ecologische eenheid (bewerking van Blokland en Kleijberg, 1997):

Het natuurdoeltype lv-3.04 (nat schraalland, in laagveengebied) kent drie kenmerkende vegetatie-eenheden: associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge (9Ba1), Blauwgrasland (16Aa1), associatie van Echte Koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi (16Ab3).

Gerangschikt naar ecotopen ontstaat de volgende indeling:

lv-3.04	Nat schraalland (in laagveengebied)	(natuurdoeltype)
(V17)/22(G)	**In matig voedselrijk water, of op natte, voedselarme, zwak zure bodem:**	(ecotoop)
	- 9Ba1 associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge	(vegetatie-eenheid)
22(G)	**Op natte, voedselarme, zwak zure bodem:**	(ecotoop)
	-16Aa1 Blauwgrasland	(vegetatie-eenheid)
27(Ghl)	**Op natte, matig voedselrijke bodem:**	(ecotoop)
	- 16Ab3 associatie van Echte Koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi	(vegetatie-eenheid)

De ecologische eenheden vormen een goed vertrekpunt voor het aanduiden van de natuurdoelstellingen in een gebied en de daarbij behorende gewenste

waterhuishoudkundige situatie. Op basis van de thans beschikbare kennis geeft Blokland bij iedere ecologische eenheid een overzicht van de gewenste abiotische omstandigheden (Blokland en Kleijberg, 1997). In bijlage 3a is hiervan een voorbeeld gegeven.

Overigens zijn er nog diverse andere ecologische indelingen in gebruik in Nederland, die een aanduiding geven van de gewenste abiotische omstandigheden. Voorbeeld hiervan is het overzicht met terreincondities, zoals opgenomen in het veldboek indicatorsoorten (Jalink en Jansen, 1995). Van deze methode is in bijlage 3b een voorbeeld gegeven.

3.3.5 Grondwaterwensen en kritische perioden

Zoals in voorgaande paragrafen is aangegeven, hangt de gewenste waterhuishoudkundige situatie bij de functie natuur af van het type natuur dat wordt nagestreefd. In bijlage 3 is een voorbeeld gegeven van de wijze waarop men bij ecologische eenheden de gewenste waterhuishoudkundige situatie vastlegt.

Bij de natuurlijke ontwikkeling van ecosystemen hoort ook het accepteren van invloeden die samenhangen met de natuurlijke variatie in het grondwaterregime. Toch zijn er ook voor de functie natuur periodes in het jaar aan te wijzen waarin de vegetatie relatief kwetsbaar is voor afwijkingen in het gemiddeld verloop van de grondwaterstand. De meest kritische periode is in het algemeen de waterhuishoudkundige situatie aan het begin van het groeiseizoen en de periode daar direct aan voorafgaand; dit betreft de maanden januari tot en met april. De reden hiervoor is dat sommige soorten in een voordeelpositie kunnen komen, waardoor ze zich sneller ontwikkelen dan andere soorten. Zo'n verschuiving is vaak maar tijdelijk, maar kan soms een structureel karakter krijgen. Dit is de reden waarom men bij de functie natuur de GVG vaak gebruikt om de gewenste waterhuishoudkundige situatie te karakteriseren.

Soms is ook de waterhuishoudkundige situatie in de winter een kritische factor. De aanvoer van kalkrijke kwel kan in de winterperiode bijvoorbeeld essentieel zijn als buffer voor het daaropvolgende groeiseizoen, vooral als in het voorjaar en in de zomer de kwel niet meer tot in de wortelzone reikt.

Zo zijn er tal van bijzondere omstandigheden te noemen die in een specifieke situatie cruciaal zijn voor de ontwikkeling van een natuurtype. Soms zijn evenwichten zeer kritisch en kan een minieme verschuiving in standplaatsfactoren aanzienlijke gevolgen hebben.

De gevolgen van het niet volledig voldoen aan de gewenste situatie, kunnen bij de functie natuur (in tegenstelling tot bij de functie landbouw) niet worden uitgedrukt in een schade van kilogrammen product. In plaats daarvan gaat het meer om veranderingen in soortensamenstelling, dichtheid en vitaliteit van soorten en verschijn- en verdwijnkansen. Omdat de ontwikkeling van ecosystemen enkele tot vele tientallen jaren kan beslaan, is het in de praktijk zelden mogelijk om de gevolgen aan te geven van kortstondige afwijkingen van de gewenste omstandigheden.

3.4 Veelgebruikte methoden voor karakterisering van (grond)waterwensen

3.4.1 Inleiding

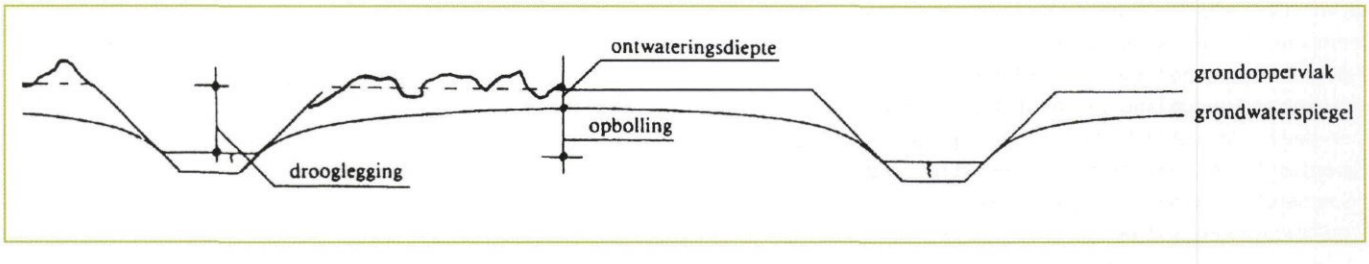
Om de waterwensen van de verschillende functies, beschreven in de voorgaande paragrafen, aan te geven gebruikt men diverse methoden. Deze methoden zijn echter allemaal ontworpen voor een specifiek doel en daarom niet zonder meer bruikbaar voor het vertalen van functiewensen in grondwaterwensen. Ze kunnen daarbij echter wel behulpzaam zijn. Om deze reden worden in deze paragraaf de meest gebruikte wijzen van karakterisering van de (grond)waterwensen op een rij gezet. De typering van de waterkwaliteit komt daarbij slechts summier aan de orde.

3.4.2 Drooglegging

De drooglegging is gedefinieerd als de afstand tussen het oppervlaktewaterpeil en de (gemiddelde) hoogte van het maaiveld (zie figuur 3.11). Voor de functie landbouw zijn de functiewensen direct vertaald in een oppervlaktewater-wenspeil, via de zogenaamde drooglegginsnormen. Bij de bepaling van de gewenste drooglegging speelden de optimale draindiepte en de vrije lozing van de drains een belangrijke rol.

De gewenste drooglegging bij 'halve maatgevende afvoer', dit is de aanduiding voor de afvoer die 10 à 20 dagen per jaar wordt bereikt of overschreden, is 10 cm groter dan de optimale draindiepte. De drains monden daardoor gemiddeld 350 dagen per jaar uit boven het slootpeil. Dit is van belang in verband met de visuele controle van de werking, met het onderhoud en met het voorkómen van de instroom van vuil. Aangezien de drooglegginsnormen alleen voor deze (vrij natte) situaties gelden, staat men gedurende het grootste deel van

figuur 3.11 Drooglegging en ontwateringsdiepte



1

2

1 De drains monden gemiddeld 350 dagen per jaar boven slootpeil uit.

2 Het aanleggen van drainage is allang geen handwerk meer.

het jaar dus grotere, niet nader gespecificeerde, drooglegginge toe.
Bij de bepaling van de optimale draindiepte had men vooral oog voor de werking van de drainage en minimalisering van de aanleg- en onderhoudskosten. Dieper aanleggen houdt in dat de drainafstand groter kan zijn, hetgeen resulteert in lagere aanleg- en onderhoudskosten. Gevolgen voor andere belangen en het optreden van eventuele droogteschade werden slechts in beperkte mate in deze afweging betrokken. Sinds het onderkennen van de verdrogingsproblematiek gaat men hier genuanceerder mee om. Voor een overzicht van deze drooglegginsnormen wordt verwezen naar (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988).
Voor de waterbeheerder is het drooglegginscriterium handig omdat het direct aansluit bij het sturingsmiddel, dat wil zeggen het oppervlaktewaterpeil. Het oppervlaktewaterpeil is in feite voorwaardenscheppend; de grondgebruiker regelt via de detailontwatering zelf de gewenste ontwatering.

Het belangrijkste nadeel van deze methode is dat er alleen een bovengrens voor het wenspeil geldt en geen ondergrens. De bovengrens is bovendien gerelateerd aan vrij natte afvoeromstandigheden en tevens erg sterk opgehangen aan een bepaalde draindiepte. Een ander nadeel is het feit dat de drooglegginsnormen slechts een beperkte relatie hebben met het verloop van de grondwaterstand in een gebied. Het voldoen aan de drooglegginsnorm betekent dan ook niet dat het gewenste grondwaterregime is gerealiseerd.

3.4.3 Ontwateringswensen

De ontwateringswensen van landbouw en stedelijk gebied worden, behalve in een van de optimale draindiepte afgeleide drooglegginswens, ook uitgedrukt in de ontwateringsintensiteit. De ontwateringsintensiteit is een eis van een minimale ontwateringsdiepte bij een bepaalde stationaire afvoer. De ontwateringsdiepte is gedefinieerd als de afstand tussen het maaiveld en de hoogste grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen (zie figuur 3.11). De som van ontwateringsdiepte en opbolling is gelijk aan de drooglegging. Bekende ontwateringsnormen voor de landbouw waren een minimale ontwateringsdiepte van 30 cm -mv voor grasland en 50 cm -mv voor bouwland, beide bij een stationaire afvoer van 7 mm.dag^{-1}. Voor een volledig overzicht van deze ontwateringsnormen wordt verwezen naar het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988).

Met de formule van Hooghoudt (zie onderstaand kader) kan men de afstand tussen de drains berekenen die nodig is om aan een bepaalde ontwateringsnorm te voldoen. De opbolling m in deze formule wordt bepaald door de gewenste ontwateringsdiepte bij de betreffende afvoer af te trekken van de drooglegging (slootpeil). Voor situaties waarbij de laagscheiding niet samenvalt met de draindiepte kan overigens beter de formule van Ernst worden gebruikt (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988).

Formule van Hooghoudt (Hooghoudt, 1940):

$$L^2 = \frac{8 \cdot k_2 \cdot d \cdot m + 4 \cdot k_1 \cdot m^2}{q}$$

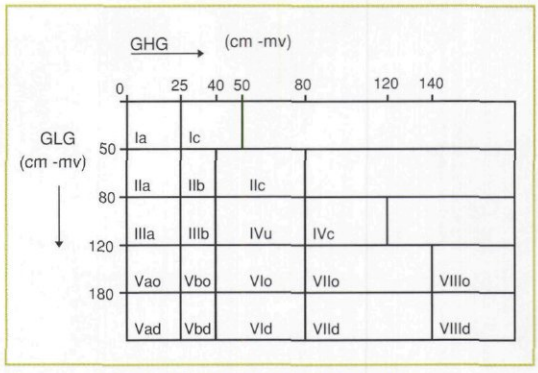
waarin:

L	= drainafstand	(m)
q	= specifieke afvoer	(m.d^{-1})
k_1	= doorlaatfactor van de laag boven draindiepte	(m.d^{-1})
k_2	= doorlaatfactor van de laag beneden draindiepte	(m.d^{-1})
m	= opbolling	(m)
d	= dikte equivalentlaag (afhankelijk van draindiameter, drainafstand en draindiepte)	(m)

Voor het ontwerpen van een drainagesysteem is de ontwateringsdiepte een prima criterium, maar het is ongeschikt voor het karakteriseren van het optimale grondwaterregime. De belangrijkste beperking is dat met behulp van de ontwateringsdiepte alleen een bovengrens wordt aangegeven. Een duidelijke relatie van deze normen met onder andere draagkracht en bewerkbaarheid ontbreekt. Er wordt ook geen nader onderscheid gemaakt naar grondsoort en gewas. Tenslotte zijn er geen perioden onderscheiden waarin overschrijding van de ontwateringsnorm geen noemenswaardige problemen oplevert.

3.4.4 Grondwatertrappen

Het gemiddeld grondwaterstandsverloop over een reeks van jaren kan worden gekarakteriseerd met behulp van grondwatertrappen (Van der Sluijs, 1982). Er is een klassenindeling gemaakt op basis van gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG). In de loop der jaren is de grondwatertrappenindeling (Gt-indeling) enkele malen verder gedetailleerd. De Gt-indeling zoals deze sinds 1988 (De Vries en Van Wallenburg, 1990) wordt toegepast, is gegeven in figuur 3.12. De definities van deze begrippen staan in een apart kader. In dit kader is tevens de berekeningswijze van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) opgenomen.



figuur 3.12 Gt-indeling zoals deze sinds 1988 wordt toegepast

Omschrijving grondwaterkenmerken en berekening GVG

omschrijvingen:

GHG Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand; wordt berekend uit het gemiddelde van de HG3- waarde over een grondwatermeetreeks van tenminste 8 opeenvolgende jaren.

GLG Gemiddelde Laagste Grondwaterstand; wordt berekend uit het gemiddelde van de LG3- waarde over een grondwatermeetreeks van tenminste 8 opeenvolgende jaren.

GVG Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (de grondwaterstand op of omstreeks 1 april); de GVG wordt berekend met behulp van vuistregels of met regressieformules uit de GHG en GLG. (zie hieronder).

HG3 Gemiddelde waarde van de 3 hoogste grondwaterstanden bij 14-daagse waarneming van de grondwaterstand in een jaar (soms wordt alleen het winterhalfjaar (1 oktober - 1 april) beschouwd).

LG3 Gemiddelde waarde van de 3 laagste grondwaterstanden bij 14-daagse waarneming van de grondwaterstand in een jaar (soms wordt alleen het zomerhalfjaar (1 april - 1 oktober) beschouwd).

Berekening van de GVG uit de GHG en de GLG (diepten in cm ten opzichte van maaiveld):

Berekening met behulp van regressieformules (Van der Sluijs en Heesen,1989)

Voor poldergebieden is de volgende formule afgeleid: GVG = 12 + 0,96*GHG + 0,17*(GLG - GHG)
Voor stroomgebieden geldt de volgende formule: GVG = 4 + 0,97*GHG + 0,15*(GLG - GHG)

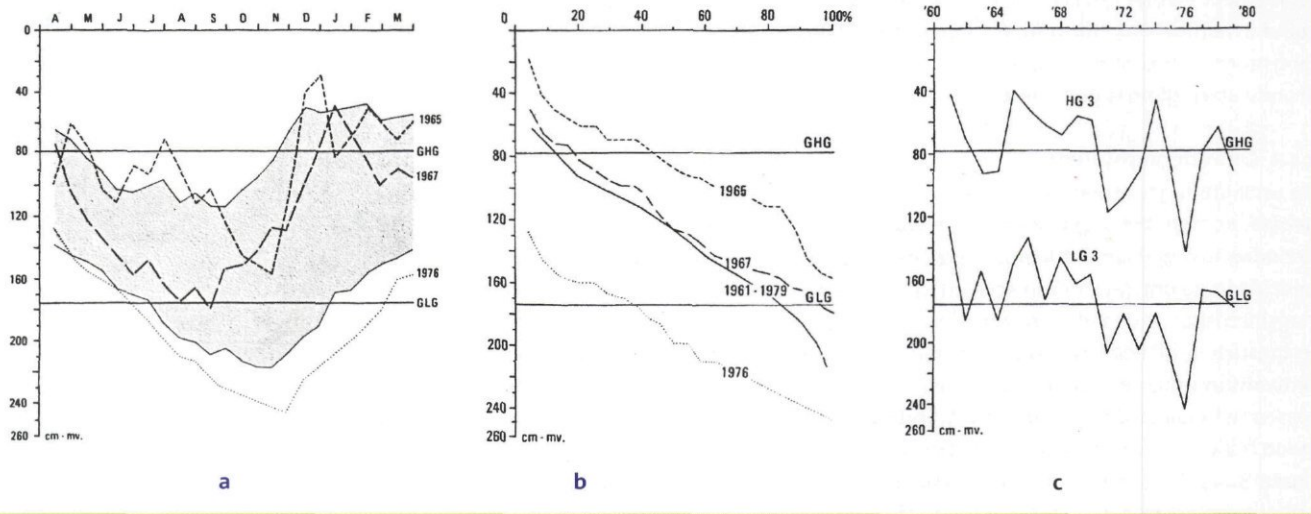
In de praktijk wordt de GVG ook vaak geschat met behulp van onderstaande vuistregels.

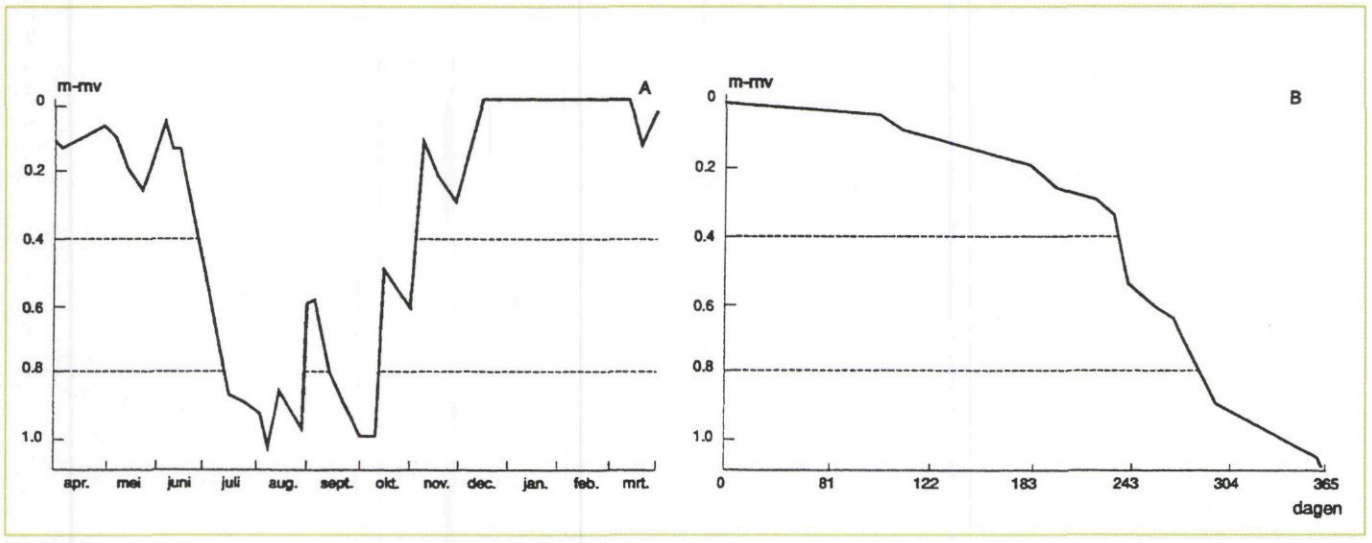
Voor GLG < 120 cm beneden maaiveld (Gt I, II, III, IV) stelt men : GVG = GHG + 15 cm
Voor GLG > 120 cm beneden maaiveld (Gt V, VI, VII, VIII) stelt men: GVG = GHG + 25 cm

De grondwatertrap geeft een redelijk beeld van het veeljarig gemiddeld grondwaterregime. Het grondwaterstandsverloop in een specifiek jaar is er echter niet uit af te leiden. In extreem natte of droge jaren kan het grondwaterstandsverloop zeer fors afwijken van het gemiddelde, zoals is geïllustreerd in figuur 3.13. In deze figuur zijn van hetzelfde grondwatermeetpunt het grondwaterstandsverloop, de duurlijnen en de variatie in HG3 en LG3 weergegeven. Als men de invloed van extreme weerjaren op de waarden van GHG en GLG wil beperken, dan dient men deze waarden te berekenen uit grondwatermeetreeksen over 8 jaar, maar bij voorkeur over een periode van 30 jaar (Knotters en Van Walsum, 1994).

Het grondwaterstandsverloop binnen een bepaalde Gt varieert sterk als gevolg van het weer. De Gt is daarom geen geschikt toetsingscriterium bij het operationeel waterbeheer om te controleren of aan de grondwaterwensen wordt voldaan. Voor strategische keuzen geeft de Gt wel redelijk houvast. Een andere beperking van een grondwatertrap is het feit dat de periode van optreden van GHG en

figuur 3.13
a Grondwaterstandsverloop in een nat (1965), normaal (1967) en droog hydrologische jaar (1976) van een meetpunt op een veldpodzolgrond met Gt VI. Het gebied dat wordt begrensd door het 10%-over- en 10%-onderschrijdingsniveau is gerasterd
b Duurlijnen voor de afzonderlijke jaren en het gemiddelde over de jaren 1961 - 1979
c Fluctuatie van de HG3 en LG3 over de periode 1961 - 1979 (Van der Sluijs, 1982)





figuur 3.14 Voorbeeld van een tijdstijghoogtelijn (A) en een daaruit afgeleide duurlijn (B) (Jansen, 1993)

GLG niet nader is gespecificeerd; hetzelfde geldt voor het verdere grondwaterstandsverloop gedurende het jaar. Hierdoor zijn Gt-klassen meestal te grof om de specifieke grondwaterwensen van een bepaald gewas of natuurtype aan te duiden.

3.4.5 Duurlijnen

Een duurlijn, of voluit 'overschrijdingsduurlijn', is in feite een tijdstijghoogtelijn van het grondwaterstandsverloop die is gesorteerd op grondwaterdiepte. In figuur 3.14 is een voorbeeld gegeven van de omzetting van een tijdstijghoogtelijn in een duurlijn. Bij deze bewerking gaat de informatie over het tijdstip waarop die grondwaterdiepte optrad, echter verloren.

De duurlijnmethode wordt met name gebruikt om het grondwaterregime te karakteriseren, waarbij een bepaalde plantensoort of vegetatietype zich optimaal ontwikkelt. Het voordeel van een duurlijn is dat deze zich beter leent voor onderlinge vergelijking dan een grillig grondwaterstandsverloop. Vergeleken met de karakteristieken van een grondwatertrap, geeft de duurlijn bovendien naast GHG en GLG-informatie nog aanvullende informatie over de duur dat bepaalde grondwaterdiepten optreden. Met name in het voor natuur relevante vochtige tot natte traject kunnen met behulp van duurlijnen nuanceringen worden aangebracht die vallen binnen een Gt-klasse. Voor uitgebreide informatie over de duurlijnmethode wordt verwezen naar een bijdrage van Y.C. Drost (in Jansen, 1993).

In figuur 2.5 is voor de vijf onderscheiden standplaatstypen het duurlijnenverloop getypeerd. In de literatuur wordt soms gesproken over duurlijntype met volgnummer 1 t/m 5. Gerefereerd wordt dan aan de duurlijn die hoort bij een standplaatstype 1 t/m 5 uit figuur 2.5. In bijlage 3c zijn twee duurlijnbundels als voorbeeld gegeven voor blauwgrasland op veen- en zandgrond.

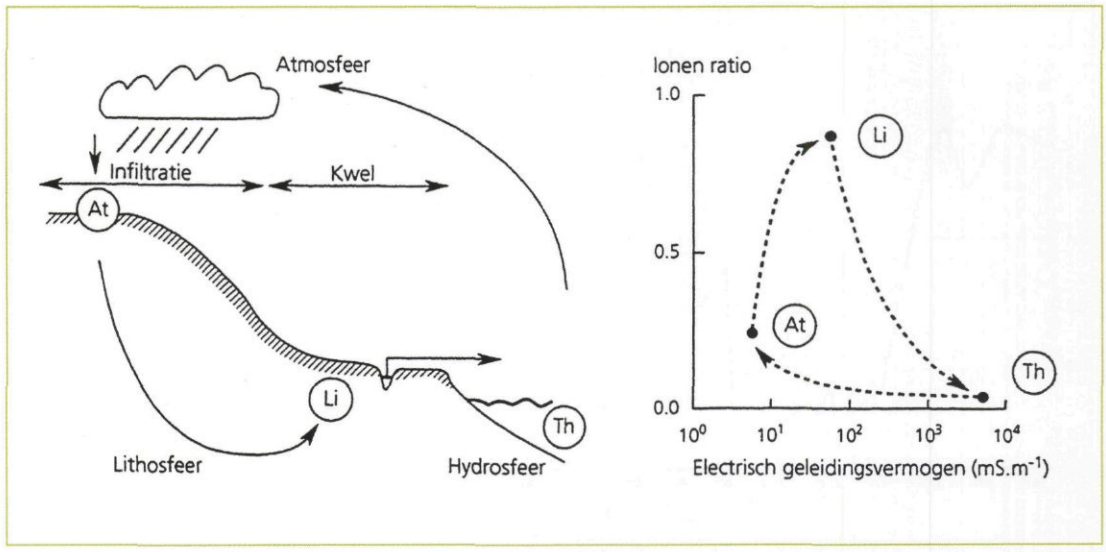
De belangrijkste beperking van de duurlijnmethode is dat de grondwaterstand en het tijdstip waarop deze is gewenst, niet aan elkaar zijn gekoppeld. Voor ontwerp, inrichting en beheer is het vaak van belang dat bekend is wanneer (tijdstip/perioden) bepaalde grondwaterstanden gewenst zijn. Een ander probleem is de representativiteit van een bepaalde duurlijn. De representativiteit kan in het geding zijn omdat:

- ook andere standplaatsfactoren van invloed zijn op de ontwikkelingsmogelijkheden, waardoor de wisselwerking tussen vegetatie en grondwaterregime niet eenduidig is;
- voor het opstellen van duurlijnen geen vast protocol bestaat. Soms is een duurlijn gebaseerd op grondwaterstandsmetingen op één locatie gedurende één jaar. Soms is er sprake van een duurlijn of duurlijnbundels gebaseerd op grondwaterstandsmetingen van meerdere locaties over meerdere jaren. Een duurlijn, afgeleid van de grondwaterstandsgegevens van één jaar, zal in de meeste gevallen niet representatief zijn. De duurlijn is dan teveel afhankelijk van toevallige weersomstandigheden. Dit is geïllustreerd in figuur 3.13b;
- er soms discussie is over de representativiteit van het gebruikte grondwatermeetpunt en/of de 'volledigheid' van een vegetatietype.

Een meer gestandaardiseerde aanpak voor de bepaling van duurlijnen is dus aan te bevelen. Bij het KIWA worden overigens al initiatieven genomen om de duurlijnmethode te verbeteren door over te stappen naar impulsresponsfuncties (Maas, 1995).

3.4.6 Waterkwaliteitstypering

De karakteristieken, beschreven in de vorige paragrafen, hebben betrekking op de waterkwantiteitswensen vanuit functies. Ook voor waterkwaliteitswensen zijn diverse klasse-indelingen gangbaar voor de typering van operationele, conditionele en positionele standplaatsparameters. Dit rapport schenkt slechts in beperkte mate aandacht aan de waterkwaliteit. Daarom wordt hier niet ingegaan op de gangbare classificatiemethoden van de chemische samenstelling van het grondwater (nutriënten, zuurgraad, saliniteit, trofiegraad en dergelijke). Deze methoden staan uitgebreid beschreven in



figuur 3.15 Samenhang tussen kringloop van het water en de chemische eigenschappen van het water (Kemmers, 1993)

NOV-rapport 3.2 "De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen. Holoceen Nederland" (Blokland en Kleijberg, 1997). Ook in het Handboek SWNBL (Van Beusekom et al., 1990) is daarover de nodige informatie te vinden, evenals in het rapport "Ecohydrologie, concepten en methoden van een interdisciplinair vakgebied" (Kemmers, 1993).

Een uitzondering wordt gemaakt voor de methodiek om via het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) en de ionenratio (IR) de waterkwaliteit te karakteriseren. Dit betreft een relatief eenvoudige manier om snel meer inzicht te krijgen in de herkomst van het grondwater. De IR/EGV verhouding is een positionele standplaatsparameter. In figuur 2.5 is de relatie tussen de samenstelling van het grondwater en de plaats in het watersysteem reeds schematisch weergegeven. In figuur 3.15 is de samenhang tussen de kringloop van het water en de chemische eigenschappen nogmaals samengevat. De ionenratio is de verhouding tussen de calciumionen en de som van de calcium- en chlorideionen tezamen, uitgedrukt in milli-equivalenten per liter (meq.l^{-1}). Het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) is een maat voor de totale ionenlast van het water en wordt uitgedrukt in milli-Siemens per meter (mS.m^{-1}). Onderstaande tabel geeft de waarden, behorend bij de 3 hoofdtypen (Van Beusekom et al., 1990). Soms worden deze typen nog verder verfijnd (Blokland en Kleijberg, 1997).

watertype	*omschrijving*	*verhouding IR en EGV*	*IR*
atmoclien (At)	regenwaterachtig	IR (%) > EGV (mS/m)	IR < 60
lithoclien (Li)	grondwaterachtig	IR (%) > EGV (mS/m)	IR > 60
thalassoclien (Th)	*zeewaterachtig*	*IR (%) < EGV (mS/m)*	-

3.4.7 Samenvatting beperkingen huidige methoden

Er bestaat thans een aantal methoden om de functiewensen ten aanzien van de waterhuishoudkundige situatie te karakteriseren. Vanuit de uitvoeringspraktijk gezien hebben deze echter alle de nodige beperkingen. Het maken van afwegingen is moeilijk omdat de wensen onderling slecht vergelijkbaar zijn. Ook wordt er geen inzicht gegeven in de gevolgen voor de doelrealisatie indien van de ideale situatie wordt afgeweken. Om goed invulling te kunnen geven aan een watersysteemgerichte aanpak van het waterbeheer in een pluriform landelijk gebied is aan deze informatie wel behoefte. De informatiebehoefte voor strategische keuzen en voor operationeel beheer verschilt daarbij enigszins.

Bij strategische keuzen, zoals het ontwerpen van een waterbeheersingsplan, is er behoefte aan informatie aangaande:

- de (afgeleide) grondwaterwensen gedurende een (gemiddeld) jaar, gebaseerd op een veeljarig gemiddelde situatie;
- de meest kritische perioden binnen een jaar;
- de gevolgen, indien structureel wordt afgeweken van het uit de functiewensen afgeleide Optimale Grondwater Regime (OGR).

Het OGR dient voor de verschillende functies bij voorkeur op een min of meer uniforme wijze te worden gekarakteriseerd. Dit vereenvoudigt het afwegingsproces, waarbij men via vergelijking van grondwaterwensen en beoordeling van gevolgen een compromis in de vorm van een Gewenst Grondwater Regime voor het gebied gaat vaststellen. Bij deze afweging is ook informatie nodig over doelrealisatieniveaus die de functietoekenners minimaal wensen, eventueel gerelateerd aan maximale realisatiekosten en "aanvaardbare risico's". Indien het minimaal gewenste doelrealisatieniveau voor de toegekende functie niet realiseerbaar blijkt (technisch, financieel), dan kan in overleg met de opsteller van het streekplan (de provincie), de functie of het ambitieniveau ervan worden bijgesteld.

Voor het operationeel waterbeheer is de informatiebehoefte op hoofdlijnen hetzelfde, maar qua tijdschaal veel gedetailleerder. Ten behoeve van het operationeel beheer wil men beschikken over de actuele grondwaterwensen van dat moment. Men wil tevens inzicht hebben in de gevolgen indien gedurende een korte periode in een bepaald jaar niet aan deze wensen kan worden voldaan.

Tegen het licht van deze informatiebehoefte is de bruikbaarheid beoordeeld van de huidige methoden die de waterwensen aangeven. De bevindingen zijn samengevat in het navolgende overzicht.

drooglegging

De drooglegging is een handig criterium omdat het direct is gerelateerd aan het oppervlaktewaterpeil. Het is echter geen bruikbaar criterium voor de karakterisering van het OGR, omdat er tussen beide geen duidelijke relatie is. Indien aan de huidige drooglegginsnorm wordt voldaan, dan betekent dit alleen dat eventuele buisdrainage circa 350 dagen per jaar boven slootpeil uitmondt.
Wil men toch met drooglegginsrichtlijnen verder, dan verdient het aanbeveling om met name in de hellende gebieden uit te gaan van een maximale drooglegging onder gemiddelde afvoeromstandigheden in plaats van de minimale drooglegging onder vrij natte afvoeromstandigheden. In dit kader vragen de aanlegdiepte van drainage en de bezwaren van periodiek onder water uitmonden ervan nadere aandacht.

Ontwateringsdiepte en -intensiteit

De ontwateringsintensiteit is en blijft een goed criterium voor het ontwerpen van drainage. Peil en hoogst toelaatbare grondwaterdiepte met daarvan afgeleid de toegestane opbolling van de grondwaterspiegel bij een bepaalde specifiek afvoer zijn vrij te kiezen.
Bij het OGR kan de ontwateringsdiepte als richtinggevend worden beschouwd voor de bovengrens van de toelaatbare grondwaterstand. Wel dient men de periode nader in te vullen waarbinnen aan deze wens moet worden voldaan (gerelateerd aan de doelrealisatie).

grondwatertrap

De grondwatertrap is een redelijke methode om het veeljarig gemiddeld grondwaterregime te karakteriseren. Voor het aangeven van het optimale grondwaterregime van een bepaalde bodemgebruiksvorm is de indeling in Gt's echter te grof en is daarom alleen geschikt als eerste indicatie. Voor het aangeven van een OGR is een nadere nuancering nodig, bijvoorbeeld met een gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand in het groeiseizoen. Ook de classificering van de overschrijdingsduur/kans van een bepaalde grondwaterdiepte als functie van de tijd vraagt in dit verband nadere aandacht.

duurlijnen

De duurlijnmethode is een eenvoudige methode om het grondwaterstandsverloop van verschillende locaties met elkaar te vergelijken. Een nadeel bij de omzetting van een stijghoogtelijn naar een duurlijn is, dat de koppeling van de grondwaterdiepte met de tijd verloren gaat. Een ander discussiepunt is de representativiteit in verband met de lengte van de gebruikte grondwatermeetreeks of de situering van het meetpunt. De bruikbaarheid en extrapoleerbaarheid naar andere standplaatsen van duurlijnen kunnen aanzienlijk verbeteren door een vast protocol te hanteren voor het opstellen van duurlijnen. Hierin dient men onder andere een minimale waarnemingslengte van de grondwatermeetreeks vast te leggen en de wijze waarop men hierbij andere relevante standplaatsfactoren betrekt.
Indien voor de meest kritische perioden de na te streven grondwaterdiepten zo concreet mogelijk worden aangeduid, kan bij het aangeven van een OGR een "veeljarig gemiddelde duurlijn" van nut zijn.

waterkwaliteit

De huidige methoden voldoen en zijn bruikbaar bij het opstellen van een OGR. De relatie tussen waterkwaliteitswaarden en doelrealisatie vraagt wel om nader onderzoek.

De huidige methoden voor het aangeven van de waterwensen van een functie hebben als belangrijkste bezwaar dat de waterwens niet nader is gespecificeerd in de tijd. Daardoor wordt vaak de hoogste of laagste gewenste grondwaterdiepte van de meest kritische periode onverkort voor het hele jaar als eis of wens opgevoerd.

Een tweede bezwaar is dat de grondwaterkenmerken onderling slechts beperkt vergelijkbaar zijn. De grondwaterdiepte-informatie in termen van GHG en ontwateringsdiepte hebben een volledig verschillende achtergrond en staan daardoor nauwelijks in relatie tot elkaar. De GHG geeft wel een indicatie van de ontwateringstoestand.

Een derde bezwaar is het feit dat bij de karakterisering van de grondwaterwensen geen inzicht wordt gegeven in de gevolgen voor de functie indien men van het gewenste ideale verloop afwijkt. Voor het maken van afwegingen voor zowel strategische als operationele keuzen in het waterbeheer is deze informatie essentieel. De informatiebehoefte is op dit punt sterk toegenomen door de verweving van functies met vaak tegengestelde grondwaterwensen.

Deze tekortkomingen betekenen niet dat de huidige karakteriseringsmethoden onbruikbaar zijn. De ontwateringsdiepte, grondwatertrap en duurlijnen bieden wel aanknopingspunten voor de karakterisering van het optimale grondwaterregime voor een bepaalde bodemgebruiksvorm, in combinatie met een bepaalde grondsoort. In § 3.5 wordt een methode beschreven die in belangrijke mate tegemoet komt aan de genoemde bezwaren.

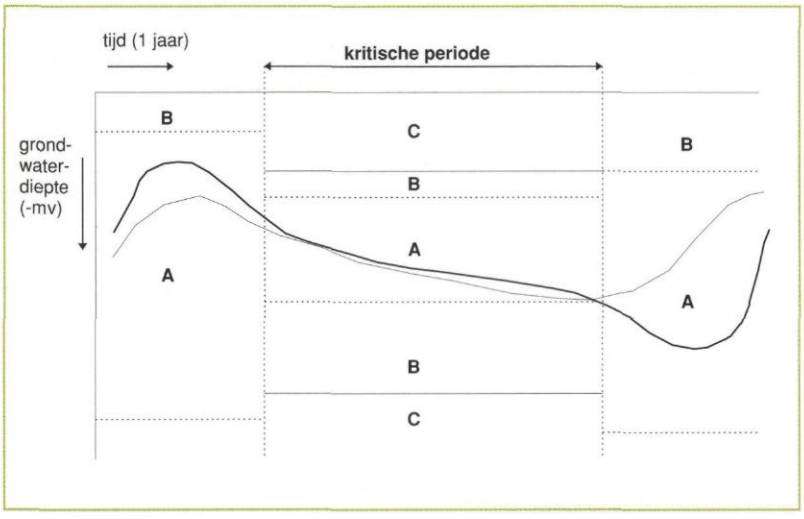
3.5 Karakterisering grondwaterwensen met Optimaal Grondwater Regime

3.5.1 OGR-methodiek voor strategische keuzen

Zoals in de vorige paragraaf is beschreven, hebben de huidige methoden om de waterwensen te karakteriseren een aantal beperkingen, die het maken van afwegingen bij de inrichting en het beheer van waterbeheersingssystemen bemoeilijken. Door aanpassing van de wijze waarop grondwaterwensen worden gekarakteriseerd, of liever worden gepresenteerd, kan hier verbetering in worden gebracht.

Voor strategische keuzen, zoals het ontwerpen van een waterbeheersingsplan, is informatie nodig over de gemiddelde wensen van functies. De doelrealisatie, gemiddeld over een lange reeks van jaren, is daarvoor maatgevend. Het is mogelijk deze informatie voor iedere functie op een uniforme wijze vast te leggen in een "doelrealisatiekader". Voor iedere combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort kan zo'n doelrealisatiekader worden gemaakt. Hierin is de waarde van een standplaatsfactor gedurende het jaar uitgezet tegen de doelrealisatie. Het begrip doelrealisatie en de indeling in doelrealisatieklassen zijn in § 2.3 reeds toegelicht.

In figuur 3.16 is een doelrealisatiekader weergegeven voor de standplaatsfactor grondwaterdiepte; dit kan ook een andere standplaatsfactor zijn, zoals de trofie- of de zuurgraad. Op dit doelrealisatiekader wordt vervolgens de veeljarig gemiddelde waarde of het waardeverloop van de betreffende standplaatsfactor geprojecteerd. Voor de gemiddelde grondwaterdiepte is dit een grondwaterregimecurve. Alle grondwaterregimecurves die geheel vallen binnen het bereik van doelrealisatieklasse A, worden beschouwd als het Optimaal Grondwater Regime.



figuur 3.16 Schematische voorstelling van het Optimaal Grondwater Regime voor een bepaalde combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort. A, B en C zijn doelrealisatieklassen, die worden bereikt indien de grondwaterdiepte zich gemiddeld tussen de aangegeven grenzen bevindt.

In figuur 3.16 zijn drie perioden binnen het jaar onderscheiden. De eisen in het groeiseizoen zijn normaliter het meest kritisch. Het aantal perioden is geen vast gegeven. Bij voldoende kennis van de dosis-effectrelaties kan men ook per kwartaal of per maand de doelrealisatieklassegrenzen per standplaatsfactor aangeven. Indien de beschikbare kennis beperkt is, kunnen grenzen alleen globaler worden aangegeven. Meestal zal het bij het OGR gaan om de standplaatsfactor grondwaterdiepte. De grondwaterdiepte op de overgang naar een andere doelrealisatieklasse wordt in dit rapport grondwaterdieptegrens genoemd. De grondwaterdieptegrenzen in de verschillende perioden zijn qua hoedanigheid vergelijkbaar met GHG- en GLG-waarden, maar zijn in tegenstelling tot de GHG en GLG gekoppeld aan specifieke perioden binnen het jaar.

Met de huidige schadefuncties kan men vaak maar één periode binnen een jaar onderscheiden. De reden daarvan is dat de huidige schadebepalingsmethoden zijn gerelateerd aan grondwaterstandskenmerken die betrekking hebben op het gehele jaar, zoals de GHG en GLG. Dit geldt onder andere voor de HELP-methodiek, waarmee men de invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie kan bepalen. Hierdoor is niet goed aan te geven wat de meest kritische perioden zijn en aan welke grondwaterwensen dan moet worden voldaan.

De twee grondwaterregimecurves in figuur 3.16 hebben verschillende GHG's en GLG's, maar in de kritische periode is het grondwaterregime vergelijkbaar, evenals per saldo de doelrealisatie. Indien de wensen in de kritische periode één op één worden vertaald in GHG en GLG, dan zou de voorkeur uitgaan naar het grondwaterregime dat gemiddeld gedurende het gehele jaar voldoet aan de eisen van de meest kritische periode (dunne lijn in figuur 3.16). Het andere grondwaterregime met de grotere fluctuatie tussen GHG en GLG (dikke lijn in figuur 3.16) zal vaak als minder optimaal worden beschouwd vanwege gevoelsmatig grotere risico's, ondanks vergelijkbare doelrealisatiemogelijkheden. Vanuit psychologisch oogpunt betekent dit geringere mogelijkheden voor flexibiliteit in bedrijfsvoering.

De belangrijkste elementen van de OGR-methodiek zijn dus de doelrealisatie en het grondwaterregime. Op beide wordt hieronder dieper ingegaan.

Doelrealisatie

De toepassing van de beschreven werkwijze vereist voldoende kennis over de relatie tussen grondwaterstand en gevolgen voor de functie. Alleen voor veeljarig gemiddelde situaties is dit het geval. De gevolgen van kortdurende overschrijdingen van grondwaterdieptegrenzen voor de doelrealisatie in een specifiek jaar zijn meestal moeilijk voorspelbaar. Voor de functie natuur is de beschikbare kennis ten aanzien van dosis-effectrelaties ook voor de veeljarige situatie vaak niet toereikend om duidelijke grenzen aan te geven over de gemiddelde waarde van een standplaatsfactor en de doelrealisatie.

In § 2.3 is al ingegaan op doelrealisatie en de onderverdeling in klassen die men daarbij kan hanteren. Zoals aangegeven heeft de optimale situatie (doelrealisatieklasse A) betrekking op de best denkbare situatie die voor een bepaald bodemtype mogelijk is. Dit is dus een relatieve waarde. Voor de ondergrens van de duurzame ontwikkelingsmogelijkheden is eigenlijk een absoluut niveau aan de orde. In een apart kader is uitgelegd hoe met behulp van de HELP-tabel de relatieve doelrealisatie kan worden berekend.

Een tweede aandachtspunt bij de doelrealisatie is de "schuifruimte". Voor doelrealisatieklasse A is arbitrair gesteld dat de doelrealisatie tenminste 90% bedraagt. Dit houdt in dat de som van droogte- en

Bepaling relatief opbrengstniveau met behulp van de HELP-tabel

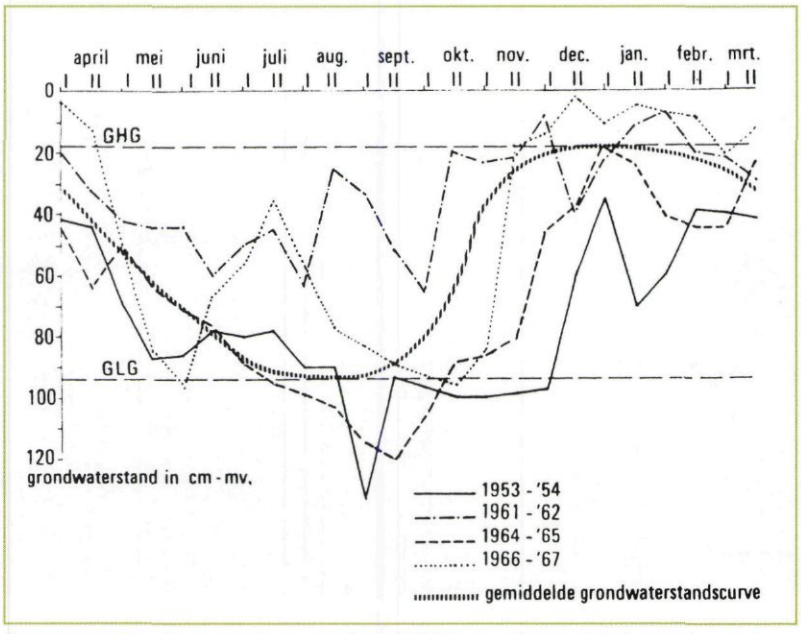
In de HELP-tabel is de opbrengstdepressie gerelateerd aan het opbrengstniveau dat op de beste gronden haalbaar is. Voor grasland op goede zavel- en eerdgronden is dit gemiddeld 13.500 kg droge stof per hectare. De opbrengstdepressies van alle andere gronden zijn aan dit maximumniveau gerelateerd.

Voordeel van deze werkwijze is dat 1% altijd dezelfde waarde bezit in kg of geld. Een nadeel hiervan is dat er ook onder de meest ideale omstandigheden op een bepaalde grondsoort altijd 'ogenschijnlijk' nog schade aanwezig is terwijl relatief gezien het opbrengstniveau dan 100 % is.

Voor grasland op veengrond bedraagt de minimale som van wateroverlast- en droogteschade volgens de HELP-tabel 10% en dit minimum treedt op bij Gt IV. Het hoogst haalbare opbrengstniveau van grasland op veengrond is in de praktijk 90% van de productie in kilogrammen, die op een goede zavel- of eerdgrond mogelijk zou zijn. Een doelrealisatie van 100% voor grasland op veengrond komt dus overeen met een opbrengst van 12.150 kg ds (= 0,9 * 13.500 kg.ds).

Als men met behulp van de HELP-tabel een indeling in doelrealisatieklassen wil maken op de manier zoals beschreven in § 2.3, dan kan men niet zonder meer de opbrengstdepressiepercentages gebruiken. Deze dient men eerst om te rekenen ten opzichte van het optimum. Voor klasse A is de doelrealisatie arbitrair gesteld op 90% of hoger. Voor grasland op de eerder genoemde veengrond zou het opbrengstniveau volgens de HELP-tabel dan minimaal 0,9 * 90% = 81% moeten bedragen. De som van de wateroverlast- en droogtedepressie mag voor dit bodemtype volgens de HELP-tabel niet meer bedragen dan 19%.

natschade dus niet meer mag bedragen dan 10%. Om opbrengstverschillen als gevolg van reliëf in peilvakken op te vangen, worden de grondwaterdieptegrenzen zodanig gekozen dat bij de doelrealisatieklassen de nat- en droogteschade aan elkaar gelijk zijn. Men moet zich daarbij realiseren dat aan de bovenkant bij GHG's ondieper dan 40 à 50 cm de natschade exponentieel toeneemt met 3 tot wel 15% per dm grondwaterstandsverhoging. Aan de onderkant neemt bij overschrijding van de kritieke z-afstand de droogteschade gemiddeld slechts met 1 - 3 % per dm grondwaterstandsverlaging toe. Vandaar ook de voorkeur van de landbouw voor concentratie van de schade aan de droge kant. Over het algemeen kan worden gesteld dat veeljarig gemiddelde wateroverlastdepressie voor de landbouw verwaarloosbaar is indien bij grasland de GHG dieper is dan 35 à 40 cm en bij bouwland dieper dan circa 50 cm (zie ook figuur 3.18 en getalswaarden in bijlage 2b).
In § 3.5.3 wordt verder ingegaan op de doelrealisatie in relatie tot de verschillende functies.



figuur 3.17 Grondwaterregimecurve (gemiddelde grondwaterstandscurve) en het grondwaterstandsverloop in bepaalde jaren (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976)

Grondwaterregime

Het grondwaterregime kan uitstekend worden gekarakteriseerd met een grondwaterregimecurve. Dit is een gemiddelde tijdstijghoogtelijn die is afgeleid uit een veeljarige reeks grondwaterstanden. Deze reeks kan zowel gebaseerd zijn op grondwaterstandsmetingen als op met modellen gesimuleerde grondwaterstanden. De metingen worden vaak gebruikt voor het karakteriseren van het actuele grondwaterregime, de modelresultaten voor het voorspellen van het verwachte grondwaterregime na uitvoering van maatregelen.

Gekozen is voor de term grondwaterregime en niet voor het op sommige plaatsen al ingeburgerde 'grondwatersituatie' omdat men de grondwatersituatie vaak associeert met één specifiek grondwaterstandsverloop. Bij grondwaterregime veronderstelt men vanzelf al een zekere bandbreedte. De grondwatersituatie in een bepaald jaar en het gemiddelde grondwaterregime kunnen nogal fors van elkaar verschillen, zoals in figuur 3.17 is te zien.

De grilligheid van het grondwaterstandsverloop wordt vooral veroorzaakt door de variatie in weersomstandigheden en dan met name door de neerslaghoeveelheden en neerslagverdeling. Daardoor is het in de praktijk niet doenlijk om voor een specifiek jaar aan te geven welke grondwaterdiepte op een bepaald tijdstip optimaal is. Alleen voor een veeljarige gemiddelde situatie kan men aangeven hoe het optimale grondwaterregime voor een bepaalde combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort er ongeveer uit zal zien.

Bij het ontwerp vormt het OGR het vertrekpunt voor het waterbeheersingsplan. Bij het toewerken naar het GGR op gebiedsniveau spelen ook de sturingsmogelijkheden een belangrijke rol. Stel dat een grondwaterdiepte van 50 à 60 cm in het voorjaar voldoende is voor een goede draagkracht en bewerkbaarheid. Hoe beter men in staat is om de kans op en de duur van eventuele overschrijdingen van deze grondwaterdiepte te beperken, des te dichter men bij deze bovengrens kan komen zonder dat dit tot grotere schaderisico's leidt; even afgezien van de heterogeniteit in maaiveldhoogte. Indien niet wordt geanticipeerd op extremere weersomstandigheden, moet men grotere veiligheidsmarges hanteren om de veeljarig gemiddelde doelrealisatie op een bepaalde waarde te kunnen houden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een traditioneel peilbeheer met zomer- en winterpeilen. De veeljarig gemiddelde doelrealisatie hangt namelijk sterk samen met schades in extreme perioden (zie ook kader in § 3.5.3).

De mogelijkheden om de grondwaterdiepte adequaat te kunnen sturen, worden op de eerste plaats bepaald door de doorlatendheid van de grond en op de tweede plaats door de dichtheid en watervoerendheid van het oppervlaktewatersysteem. Bij klei- en veengronden met een geringe doorlatendheid reageert het grondwater dermate traag op een sturingsactie, dat van een echte dynamische sturing van het grondwater geen sprake kan zijn. Bij goed doorlatende zandgronden zijn de perspectieven beter, zeker in winter en voorjaar als het oppervlaktewatersysteem voldoende watervoerend is. De traagheid van het grondwatersysteem en de waterbeschikbaarheid in het oppervlaktewatersysteem bepalen samen met de dichtheid van regelkunstwerken de mogelijkheden om op "het scherpst van de snede" het water te kunnen beheren (Lobbrecht, 1997b). Dynamisch peilbeheer maakt het mogelijk veiligheidsmarges in normstellingen te verkleinen waardoor men tegenstellingen in grondwaterwensen makkelijker kan overbruggen. De kans dat het grondwaterregime zich buiten deze kleinere marges bevindt is hierbij niet groter dan de kans hierop bij hantering van grotere veiligheidsmarges bij een niet dynamisch peilbeheer.

1

2

1 Wat betekent kortstondige wateroverlast voor de veeljarig gemiddelde doelrealisatie?

De wisselwerking tussen de wijze van peilbeheer en grondwaterdieptegrenzen van het OGR zal de discussie over de waarde van de grenzen gaande houden. Praktijkervaringen, onderbouwd met monitoring en evaluatie, kunnen per gebied inzicht geven in de marges van het OGR.

3.5.2 SOW-methodiek voor operationeel waterbeheer

De OGR-methodiek, zoals beschreven in de vorige paragraaf, is toegesneden op structurele veranderingen van het grondwaterregime. Voor het operationeel waterbeheer is het veeljarig gemiddelde grondwaterregime en de doelrealisatie die daaraan ten grondslag ligt, geen goed bruikbaar criterium. Door de grilligheid van het weer heeft men in de dagelijkse praktijk vaak te maken met een sterk variërend grondwaterstandsverloop (zie figuur 3.17). De grondwaterdiepte zal daardoor regelmatig buiten de grenzen van het OGR-doelrealisatiekader vallen. De waterbeheerder wil dan weten of deze overschrijding (mate, duur) "normaal" is en in hoeverre men negatieve gevolgen eventueel met een sturingsactie kan verminderen. Het operationeel waterbeheer heeft dus behoefte aan een methodiek om de actuele grondwatersituatie, inclusief de gevolgen daarvan op de doelrealisatie, te relateren aan het grondwaterregime en de doelrealisatie voor de veeljarig gemiddelde periode. De door Sieben geïntroduceerde methodiek om de gewasopbrengst via de zogenaamde SOW-waarde te relateren aan de grondwatersituatie biedt hiertoe mogelijkheden (Sieben, 1964).

De SOW-waarde (SOW staat voor **S**om van de **O**verschrijdingen in de **W**inter) is de cumulatieve overschrijding van een bepaalde grondwaterdiepte gedurende een bepaalde periode. Sieben hanteerde als overschrijdingsniveau meestal een grondwaterdiepte van 30 cm -mv en maakte onderscheid in een SOW voor de winterperiode (1 nov. - 1 mrt.) en een SOV voor het voorjaar (1 mrt. - 1 mei). De overschrijdingssom wordt bepaald op basis van dagelijkse grondwaterstanden en uitgedrukt in dag.centimeter. Als de grondwaterdiepte gedurende 4 dagen 25 cm beneden maaiveld is, dan resulteert dit in een de SOW_{30}-waarde van 4 * (30 - 25) = 20 dag.cm.
Aan de hand van oogstgegevens van een aantal ontwateringsproefvelden heeft Sieben relaties afgeleid tussen de opbrengst en de mate en duur van de overschrijding van de grondwaterdiepte van 30 cm - mv. Uit het proefveldonderzoek bleek dat, als de SOW_{30}-waarde voor een aantal zomergewassen in de winterperiode kleiner bleef dan 200 d.cm, de opbrengst optimaal was. Bij een SOW_{30}-waarde van 500 d.cm bleek de afwijking van het optimum zeer beperkt, maar bij grotere overschrijdingssommen niet meer.

In dit concept worden grondwaterstandsverloop en gevolgen direct aan elkaar gekoppeld. Met enige modificaties biedt dit concept goede perspectieven voor het operationeel waterbeheer. Het kan dienen als maatstaf bij de beoordeling van de actuele toestand. Men moet de beschouwde periode dan uitbreiden tot het gehele jaar en daar dan zowel de wateroverlast- als droogteschade in betrekken. Voor de meetelling van de overschrijding in de verschillende decaden of maanden van het jaar kan men bepaalde gewichtsfactoren gebruiken. De overschrijding leidt immers niet in iedere periode tot dezelfde schade.

Het kan zijn dat men over onvoldoende gegevens beschikt om de overschrijdingssom te relateren aan gevolgen in termen van doelrealisatie (bijvoorbeeld voor natuur). In dat geval kan men de actuele grondwaterstanden zelf ook relateren aan overschrijdingskansen die zijn afgeleid uit veeljarige grondwatermeetreeksen. Het verdient daarbij aanbeveling om een koppeling te leggen tussen de grondwatersituatie en de voortschrijdende weersontwikkeling. Voor dit laatste kan prima worden aangesloten bij de systematiek die het KNMI aanhoudt in de maandelijkse overzichten van de weersgesteldheid.
Deze werkwijze kan men behalve voor gemeten

3

grondwaterstanden, natuurlijk ook gebruiken voor de interpretatie van met hydrologische modellen berekende grondwaterstandsverlopen. Bij een meer kwantitatieve beschrijving van de ruimtelijke en temporele variabiliteit van het grondwater zullen in de toekomst steeds vaker deterministische (hydrologische) modellen worden gecombineerd met stochastische modellen. Dit is ook een onderzoekstheema van het Staring Centrum (Bierkens, 1995). Het Staring Centrum is een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om de SOW-methodiek verder te operationaliseren.

3.5.3 Aangeven gevolgen voor de doelrealisatie bij afwijken van het OGR

In de vorige paragraaf is voorgesteld om het OGR te karakteriseren met per periode variërende grondwaterdieptegrenzen, die zijn gerelateerd aan doelrealisatieklassen. Om dit in praktijk te brengen moet er voldoende inzicht zijn in de relatie tussen het grondwaterregime en de veeljarig gemiddelde doelrealisatie (opbrengst). Dit is nu maar in beperkte mate het geval.

Verbetering van de mogelijkheden om de gevolgen voor de doelrealisatie te relateren aan het grondwaterregime in te onderscheiden perioden in een jaar is daarom wenselijk. Dit geldt overigens niet alleen voor de veeljarig gemiddelde situatie. Om van dag tot dag, rekening houdend met de actuele en verwachte hydrologische omstandigheden, te streven naar een zo hoog mogelijke doelrealisatie is bij het dynamisch beheren van water een aantrekkelijke optie. Een belangrijke randvoorwaarde voor dynamisch waterbeheer is dat men beschikt over een adequaat instrumentarium als het beslissingsondersteunende systeem Aquarius (Lobbrecht, 1997a en 1997b). Met een dergelijk instrumentarium kan men afwegingen maken ten behoeve van beheersbeslissingen. Zo kan men optimaal gebruik maken van de beschikbare capaciteiten in het watersysteem. Ook kan men voortdurend zo goed mogelijk tegemoet komen aan de eisen die door de bodemgebruiksvormen worden gesteld aan de beschikbaarheid van de juiste hoeveelheid en kwaliteit van het water van dat moment. Schadefuncties dienen deel uit te maken van beslissingsondersteunende systemen. Daarmee kan worden bepaald hoe men tegen de laagste maatschappelijke kosten, zo goed mogelijk aan de functies binnen het watersysteem tegemoet kan komen. De precieze vorm van deze functies is nog onderwerp van verder onderzoek (Lobbrecht, 1997a).

De mogelijkheden om de gevolgen voor de doelrealisatie bij afwijking van het OGR te voorspellen, verschillen sterk per functie. Per functie wordt hier nader op ingegaan.

Landbouw

De gevolgen voor de landbouwkundige productie zijn bij afwijking van het OGR voor een heel groeiseizoen beter bekend dan voor een gedeelte daarvan. Bovendien is dit voor de droogteschade weer beter bekend dan voor de wateroverlastschade. Daardoor kan men de doelrealisatiegrenzen aan de droge kant van het OGR nauwkeuriger aangeven dan aan de natte kant.

De droogteschade is via vochttekorten gerelateerd aan de reductie in gewasverdamping en kan met fysische modellen zoals onder andere SWAP goed worden berekend. De berekende verdampingsreductie kan vervolgens met behulp van relaties tussen waterverbruik en gewasproductie worden vertaald in een opbrengstverlies in kilogrammen droge stof (kg ds).

Voor de schade door wateroverlast ligt dit moeilijker. Dit komt omdat de omvang van de schade hier, naast een verdampingsreductie door zuurstofgebrek, vooral wordt bepaald door indirecte factoren zoals vertrappings- en beweidingsverliezen, verkorting groeiseizoen en dergelijke. Deze indirecte factoren hangen sterk samen met de bedrijfsvoering en de algehele bedrijfssituatie (grondsoort, hoogteligging, grondwatertrappen) en zijn niet eenvoudig in modellen te simuleren. Voor de melkveehouderij

2 SOW voor natuur eventueel relateren aan over- en onderschrijdingskansen.

3 Doelrealisatie landbouw relateren aan productie.

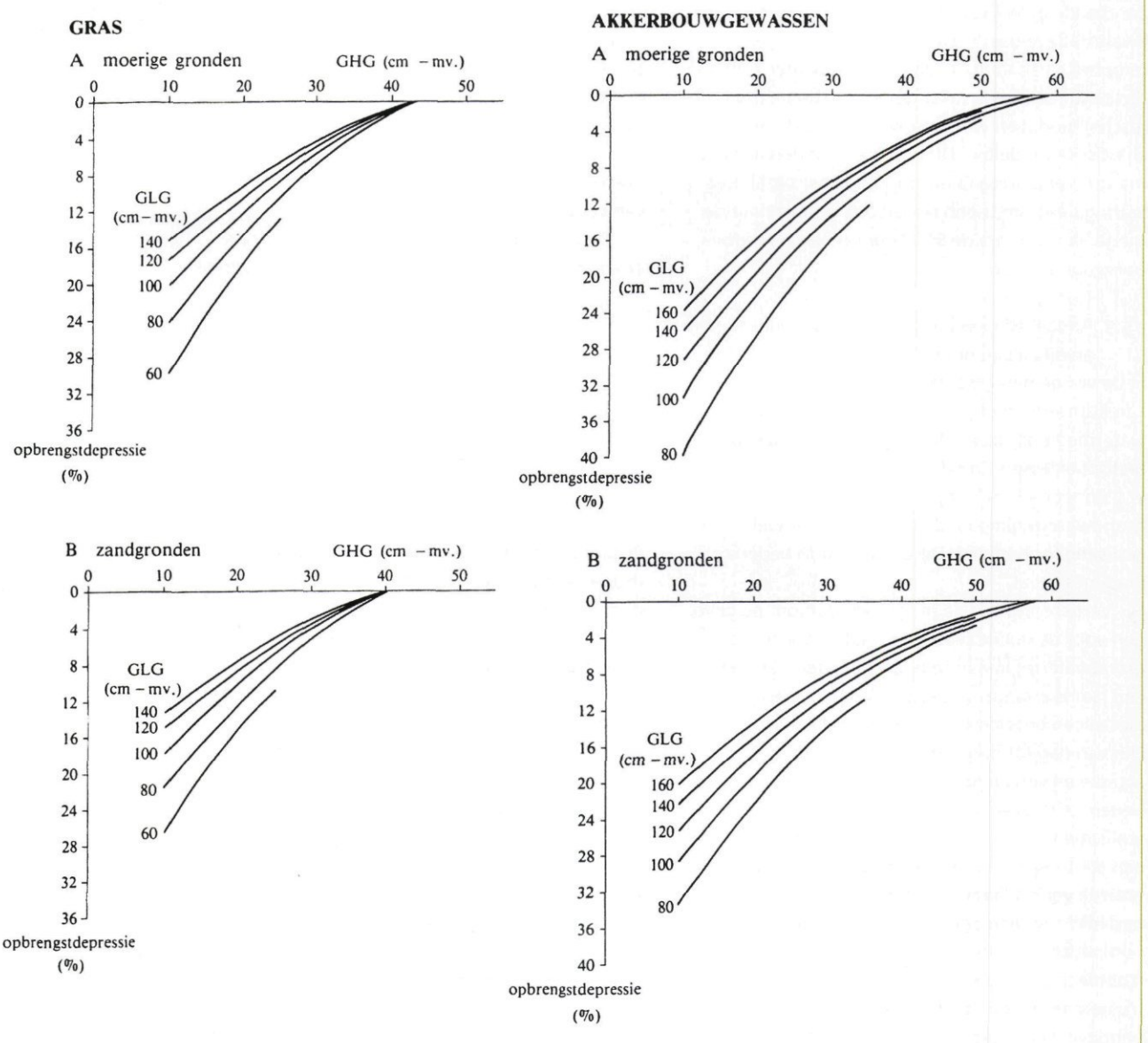
is inmiddels een meer fysische benadering voor bepaling van de opbrengstdepressie door wateroverlast in ontwikkeling (Peerboom, 1990; Postma, 1992). De bedrijfsvoering kan in dit modelconcept tot op zekere hoogte als variabele worden meegenomen.

In de praktijk gebruikt men voor het bepalen van de wateroverlastschade vooralsnog vooral empirische, potentiële opbrengstdepressiepercentages, zoals de HELP-tabel en de CoGroWa - wateroverlastdepressiecurven (zie figuur 3.18; zie ook bijlage 2b).

Zowel voor de HELP- als voor CoGroWa-tabel geldt, dat de werkelijke omvang van de wateroverlastschade door aanpassing van de bedrijfsvoering in de praktijk aanzienlijk lager kan zijn dan de potentiële wateroverlastschade. Bovendien kan men de variatie in natschade van jaar tot jaar alleen vrij grof met behulp van een wateroverlastfactor inschatten. Omdat de HELP-tabel landelijk zeer algemeen wordt toegepast, zijn enkele aspecten van de HELP-tabel en de betekenis van de veeljarig gemiddelde opbrengstdepressie in een apart kader toegelicht.

In het kader van de verdrogingsbestrijding worden veel zogenaamde 'vernattingsprojecten' voorbereid en uitgevoerd. Daarbij dient men ook de eventuele toename van de wateroverlastschade voor de landbouw te bepalen. Vaak gaat het daarbij om de effecten van grondwaterstandsverhogingen in een specifieke periode. Met de huidige schadebepalingsmethoden kunnen deze effecten slecht worden gekwantificeerd. Daardoor groeit de behoefte aan een instrument waarmee de wateroverlastschade nauwkeuriger kan worden bepaald. In het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging (Van Os et al, 1997) wordt aan dit onderwerp welis-

figuur 3.18 CoGroWa-depressiecurven wateroverlastschade (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988)



HELP-methodiek voor berekening landbouwschade

Bij het ontwerpen van plannen wordt uitgegaan van de veeljarig gemiddelde situatie. De HELP-tabel (Werkgroep HELP-tabel, 1987) is goed bruikbaar voor de bepaling van de gemiddelde droogte- en wateroverlastschade op gebiedsniveau. Op lagere schaalniveaus zijn er beperkingen vanwege de spreiding in specifieke omstandigheden binnen een Gt-klasse en door de spreiding in bodemfysische omstandigheden binnen een bodemtype. Deze variatie in de uitgangssituatie zet zich namelijk voort in een spreiding in opbrengstdepressie binnen dezelfde bodem-Gt-klasse.
De Technische Commissie Grondwater Beheer past voor het kwantificeren van droogteschade voor de landbouw op bedrijfsniveau daarom de zogenaamde TCGB-tabel toe (Bouwmans, 1990). Ten behoeve van het gebruik op dit schaalniveau zijn het grondwaterstandsverloop en de profielopbouw verder gespecificeerd dan bij de HELP-tabel. De TCGB-tabel is echter alleen uitgewerkt voor grasland op zandgronden. Zowel de HELP- als de TCGB-tabel hebben overigens alleen betrekking op de watergelimiteerde productie. De bedrijfsvoering en bemestingsniveaus zijn niet als variabele meegenomen en worden als optimaal beschouwd.

Betekenis veeljarig gemiddeld opbrengstdepressiepercentage

Er bestaan nogal wat misverstanden over de gemiddelde opbrengstdepressiepercentages, zoals deze onder andere in de HELP-tabel worden weergegeven. Men veronderstelt vaak ten onrechte dat dit de schade is die in een "gemiddeld jaar" optreedt, dat wil zeggen in een jaar met een gemiddelde hoeveelheid neerslag en verdamping. Dit is niet het geval. Voor het opstellen van de HELP-tabel is over een veeljarige periode (30 jaar), op basis van de werkelijk opgetreden neerslag en verdamping, het resulterend grondwaterstandsverloop berekend en de schade die in ieder afzonderlijk jaar optreedt. Vervolgens is de schade voor alle jaren opgeteld en gedeeld door het aantal jaren in de beschouwde periode. Het resultaat is de veeljarige gemiddelde opbrengstdepressie. Deze gemiddelde waarde wordt sterk bepaald door hoge depressies die in de meest droge of natte jaren optreden. In die jaren wijken de HG3 en/of LG3 behoorlijk af van de GHG en GLG (zie ook figuur 3.13). Indien de droogteschade bij een GLG van 140 cm bijvoorbeeld 5% bedraagt, dan is deze schade vooral het gevolg van drogere jaren, waarin de LG3 behoorlijk onder deze 140 cm kwam.

Voorbeeld: In een periode van 30 jaar is de droogteschade 1* 50%, 1* 40%, 1* 30% , 1* 20% en 1* 10%. In de overige 25 jaren treedt geen droogteschade op. De veeljarig gemiddelde opbrengstdepressie door droogteschade bedraagt in dit geval (50+40+30+20+10)/30 = 5%. Voor de veeljarig gemiddelde wateroverlastschade geldt in feite hetzelfde, met dien verstande dat voor het bepalen van de variatie van de wateroverlastdepressie van jaar tot jaar minder verfijnde methoden beschikbaar zijn.
In de TCGB-tabel is overigens voor grasland op zandgrond, naast de veeljarig gemiddelde opbrengstdepressie, ook de droogteschade voor jaren met verschillende droogtegraad gegeven.

Door het "uitsmeer-effect" ervaren grondgebruikers de gemiddelde schade vaak anders. Dit wordt nog versterkt door het feit dat droogte- en natschade vaak niet in hetzelfde jaar optreden. Ook voor het operationeel waterbeheer is dit een handicap. Toch is het goed om deze doorwerking in het achterhoofd te houden bij het inschatten van de gevolgen van de overschrijding van boven- en/of ondergrenzen. De gemiddelde opbrengstdepressie kan aanzienlijk verminderen indien men er in slaagt om in extreme weersituaties de schade te beperken door het peilbeheer hierop af te stemmen.

waar aandacht besteed, maar nader onderzoek met betrekking tot "kwantificeren natschade" blijft desondanks dringend gewenst.

Natuur

Vergeleken met de landbouw is het voor de functie natuur veel complexer om de gevolgen aan te geven van het afwijken van de meest ideale waterhuishoudkundige situatie. Het is dus ook moeilijk de grondwaterdieptegrenzen per doelrealisatieklasse

Gevolgen verdroging voor doelrealisatie natuur nog moeilijk in een maat uit te drukken.

aan te geven. Dit komt op de eerste plaats omdat meerdere standplaatsfactoren van invloed zijn op de doelrealisatie. Daarnaast kunnen ook nog indirecte factoren zoals de wijze van beheer een belangrijke rol spelen. Ook het tijdsaspect is een complicerende factor. Het duurt vaak meerdere jaren tot soms wel enkele decennia voordat ontwikkelingen zichtbaar worden ("successie"). Dit bemoeilijkt het achterhalen van de directe oorzaak van een bepaalde verandering.
Het voorspellen van de gevolgen van kortstondige afwijkingen van het OGR is in de praktijk daarom vrijwel onmogelijk. Daarom neemt men bij beheersbeslissingen, zoals bijvoorbeeld het inlaten van systeemvreemd water, vaak het zekere voor het onzekere met als motto "voorkomen is beter dan genezen".

Van een andere orde is het probleem, dat het voor natuur sowieso al lastig is om de mate van doelrealisatie in een kwantitatieve en objectieve maat uit te drukken. Het gaat immers niet om kilogrammen product met een bepaalde marktwaarde, maar om kwalificaties als verscheidenheid, soortdichtheid, zeldzaamheid en vitaliteit van planten- en diersoorten; aspecten die bovendien afhangen van het ontwikkelingsstadium van het natuurtype.
Bij het inkaderen van grondwaterdieptegrenzen per doelrealisatieklasse dienen de duurzame ontwikkelingsmogelijkheden van een natuurtype centraal te staan. Op grond van verwachte verschillen in de volledigheid van het natuurtype zou men de doelrealisatieklassen mogelijk verder kunnen onderverdelen.

Zoals hierboven beschreven is het een ingewikkelde zaak om de gevolgen aan te geven van fluctuaties en structurele veranderingen in de abiotische omstandigheden. Dit betekent echter niet dat er in

het geheel geen uitspraken mogelijk zijn over gevolgen. "Harde" voorspellingen zijn moeilijk, maar verwachtingen en trends kunnen op basis van de beschikbare kennis wel worden gegeven. Via monitoring van de abiotische omstandigheden en de ontwikkeling van een vegetatie (soorten, aantallen, vitaliteit, etc) kunnen trends worden vastgesteld. Door evaluatie van de monitoringsresultaten kan de kennis over de relaties tussen de abiotiek van de standplaats en de vegetatie verder worden uitgebouwd.

De gevolgen voor de natuur moeten vooralsnog worden gerelateerd aan de betekenis van de afwijking in grondwaterdiepte en grondwaterkwaliteit voor de gemiddelde abiotische omstandigheden. Hierbij moet worden aangetekend dat verschuivingen in de waterkwaliteit door bijvoorbeeld inundatie lange tijd merkbaar kunnen zijn in het watersysteem door de geringe stroomsnelheden van het grondwater. Aan de andere kant remt dit ook het binnendringen in het systeem. De "effecten van *systeemvreemd water", toegespitst op de gevolgen van* het inlaten ervan voor aquatische ecosystemen, zijn beschreven in NOV rapport 10 (Worm et al., 1996). Effectvoorspellingsmodellen (bijvoorbeeld WAFLO en HYCOSTAT) kunnen alleen een indicatie verschaffen van de gevolgen van meer structurele veranderingen in de waterhuishoudkundige toestand in termen van verdwijn- of verschijnkansen. Daarbij toetst men of het actuele grondwaterregime valt binnen de bandbreedte van het specifieke optimale grondwaterregime of duurlijn voor een bepaalde plantensoort. Voor meer informatie over deze modellen wordt verwezen naar de literatuur.

Een overzicht van de beschikbare kennis over natuur treft men aan in het "Kennisoverzicht Ecohydrologie", opgesteld in het kader van NOV-7 (Van der Veen en Garritsen, 1994). Dit rapport bevat tevens een overzicht van hydro-ecologische modellen. Het handboek SWNBL (Van Beusekom et al., 1990) beschrijft onder andere de algemene achtergronden van een natuurtechnisch model. Het rapport "Van hydrologische *ingreep naar ecologische effectvoorspelling" (Jansen, 1993)* bevat naast basisinformatie ook specifieke informatie over het model HYCOSTAT. Voor informatie over het model WAFLO wordt verwezen naar het betreffende RIN-rapport (Fahner en Wiertz, 1987). Een verdere verbetering van de methoden is noodzakelijk om effecten van ingrepen in de waterhuishouding op de natuur(-ontwikkelingsmogelijkheden) nauwkeuriger te voorspellen en te kwantificeren. Dan kan men ook de afwegingen bij inrichting, beheer en onderhoud beter onderbouwen.

Bebouwd gebied

Bij waterbeheer in bebouwd gebied staat de veiligheid van personen en hun roerende en onroerende goederen voorop. Het voorkomen van schade bij afwijking van het OGR is daarbij slechts één aspect. Een zeker zo belangrijke schadeoorzaak hangt samen met het oppervlaktewatersysteem en betreft de wateroverlastschade door overstromingen en/of extreme neerslagintensiteiten. De aard van deze schade is wel aan te geven, de omvang van het schadebedrag verschilt echter zeer sterk per geval. De omvang van eventuele schade bij calamiteiten geeft wel richting aan aanvaardbare risico's en daarmee aan de dimensionering van dijken, riolering en dergelijke. De aanvaardbare overstromingsrisico's zijn voor een deel vastgelegd in de Wet op de Waterkeringen.

Schade die samenhangt met het grondwaterregime betreft onder andere:

- scheurvorming en verzakking van woningen door rot van houten paalfunderingen doordat de houten palen deels boven het grondwater uit komen;
- corrosie van metalen leidingen en kabels door te *hoge grondwaterstanden;*
- volksgezondheidsrisico's door te vochtige woningen (grondwater in kruipruimten);
- verzakking en opvriezing van wegen door te hoge vochtgehalten in de wegfundering;
- wateroverlastschade en/of droogteschade aan particulier en openbaar groen.

Schade die niet zo zeer met het OGR, maar meer met het Optimaal Oppervlaktewater Regime (OOR) en het weer te maken heeft, betreft onder andere: *wateroverlast door inundatie (buiten de oevers tre*den van oppervlaktewater):

- verslechtering grondwaterkwaliteit door infiltratie van inundatiewater;
- wateroverlast door extreme neerslagintensiteiten (overbelasting riolering);
- vervuiling oppervlaktewater door riooloverstorten (waterkwaliteitsproblemen door ongezuiverde lozing).

Bij het bepalen van grondwaterdieptegrenzen per doelrealisatieklasse zullen in bebouwd gebied de aanvaardbare risico's centraal staan. Naast de grondwaterkwantiteit stellen ook het OOR en de grondwaterkwaliteit in bebouwd gebied randvoorwaarden.

3.6 Ontwikkelingen rondom het Gewenst Grondwater Regime

Het Gewenste Grondwater Regime staat de laatste jaren volop in de belangstelling. Verschillende provincies zijn al druk doende om voor hun gebied het GGR in kaart te brengen. Meestal gebeurt dit onder de naam "Gewenste Grondwater Situatie (GGS)" of "Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Situatie (GGOS)". Indien het regeringsvoornemen van de 4e Nota waterhuishouding ongewijzigd wordt vastgesteld, dan dient het gewenste grondwater regime voor de toegekende bestemmingen uiterlijk in het jaar 2002 te zijn vastgelegd in de waterhuishoudingsplannen.

Mede door deze ontwikkeling zal de discussie over de wijze waarop en de detaillering waarmee men het GGR, en eventueel ook het GOR, karakteriseert, intensiever worden. Om misverstanden te voorkomen is het wenselijk dat er meer eenheid komt in de gebruikte terminologie en de te volgen werkwijzen. Voor de uitvoeringspraktijk is het van belang dat men wensen in de tijd voldoende specificeert en inzicht geeft in de gevolgen bij het afwijken van het Optimale Grondwater Regime.

Het RIZA heeft voor de provincie Noord-Brabant de "GGS-landbouw" en de "GGS-natuur" in beeld gebracht. De gevolgde werkwijze is beschreven in deelrapporten (Van Ek et al., 1997; Van Keulen et al., 1997). Het Staring Centrum heeft voor de provincie Friesland een andere aanpak gevolgd (Van Bakel en Hamaker, 1998).

Ook in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging (NOV) vindt onderzoek plaats naar de "GGS" voor natuurdoeltypen in het Holoceen en Pleistoceen deel van Nederland. Met de "GGS" wordt in dit verband het OGR bedoeld. Voor Holoceen Nederland is deze inventarisatie inmiddels afgerond. Op een praktische wijze heeft men natuurdoelen vertaald in ecologische eenheden en de uiteenlopende standplaatswensen van die eenheden gerubriceerd. In § 3.2 en bijlage 3a zijn al elementen uit dit NOV-3 onderzoek verwerkt (Blokland en Kleijberg, 1997).

Ook in andere verbanden is het optimale grondwaterregime, en dan met name voor de functie natuur, onderwerp van studie. Staatsbosbeheer heeft ten behoeve van de kwaliteitsbewaking van natuurterreinen een reeks publicaties uitgebracht onder de titel "Indicatoren-serie". De publicaties zijn tot stand gekomen in samenwerking met IKC-Natuurbeheer en KIWA en met medefinanciering door de VEWIN. Voor een negental levensgemeenschappen is de indicatiewaarde van soorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring overzichtelijk bijeengebracht.
Staatsbosbeheer is ook betrokken bij de ontwikkeling van het ecologisch kennis systeem EKS (Environmental Knowledge-based System), opgezet om de kwaliteit van het natuurlijk milieu te meten en te voorspellen. Het is de bedoeling dat met EKS aan de hand van gegevens over huidige en gewenste vegetatie, trends en veranderrichtingen worden vastgesteld om natuurdoelen te bereiken.

Het Staring Centrum (SC) en het KIWA zijn ook bezig met onderzoek naar andere methoden om het grondwaterstandsverloop te karakteriseren. Bij het SC lopen verschillende projecten die als doel hebben om de beschrijving van de ruimtelijke en temporele variatie van het freatisch grondwater te verbeteren. Het aangeven van overschrijdingsduren en het kwantificeren van de betrouwbaarheid zijn hierbij belangrijke elementen (Bierkens, 1995).
Het KIWA wil in samenwerking met de Technische Universiteit Delft een onderzoek starten naar de mogelijkheden om de hydrologische standplaatscondities te karakteriseren met behulp van impulsresponsfuncties in plaats van met duurlijnen. Men kan de gevolgen van ingrepen op de standplaatscondities daarmee beter kwantificeren (Maas, 1995).

De bovengenoemde projecten hebben vooral betrekking op de waterwensen natuur en op de methoden om het grondwaterregime te karakteriseren. Helaas wordt er bij de beschrijving van de waterwensen nog geen verband gelegd met de gevolgen voor de functie indien niet aan deze wensen wordt voldaan. Voor het maken van afwegingen in het waterbeheer verdient het aanbeveling om de beschrijving van wensen direct te koppelen aan de mate van doelrealisatie, bijvoorbeeld op de wijze zoals beschreven in dit hoofdstuk.

Het overstappen naar de OGR-methodiek hoeft in de praktijk niet al te veel problemen op te leveren. De "oude wensen" in termen van GHG, GVG, GLG, ontwateringsdiepte en overschrijdingsduren kan men namelijk op relatief eenvoudige wijze in de OGR-methodiek inbrengen. Bij de beschrijving van de werkwijze in hoofdstuk 4 wordt dit toegelicht. Uit een grondwaterregimecurve kan men ook de GHG- en GLG-waarden afleiden en zien wanneer deze waarden gemiddeld worden bereikt. Hetzelfde geldt voor de grondwaterdiepte in het voor- en najaar. Ook kan men het gemiddeld tijdstijghoogteverloop transformeren naar een gemiddelde overschrijdingsduurlijn. Met de nieuwe stochastische methoden die in ontwikkeling zijn om het grondwater te beschrijven (Bierkens, 1995) kunnen in de nabije toekomst voor een locatie voor ieder tijdstip overschrijdingskansen van een bepaalde grondwaterdiepte kwantitatief worden aangegeven.

Voor de functie natuur zal het aangeven van de doelrealisatie in een kwantitatieve maat vooralsnog problematisch blijven. Een kwantitatieve maat is echter wel gewenst om afwegingen te maken en de kosteneffectiviteit te bepalen. Maar ook voor de functie landbouw is met name aan de natschadekant nader onderzoek nodig om de opbrengstdepressies door wateroverlast voor de verschillende teelten beter te kunnen kwantificeren. Met behulp van de nog verder uit te werken SOW-methodiek kan een direct verband worden gelegd tussen de actuele grondwatertoestand en de veeljarig gemiddelde doelrealisatie.
Het beschikbaar komen van dergelijke gecombineerde informatie zou een flinke stap voorwaarts betekenen voor het waterbeheer in gebieden met een verscheidenheid aan functies. Evaluatie en monitoring van grondwaterregimes en functiewensen vormen een belangrijk instrument om dit te realiseren.

4 Van grondwaterwensen naar oppervlaktewatersystemen

In hoofdstuk 2 is de watersysteembenadering aan de orde geweest. Er is uitgelegd hoe gestructureerd kan worden vastgesteld welke beheers- en inrichtingsmaatregelen men voor het oppervlaktewatersysteem moeten treffen om het grond- en oppervlaktewaterregime af te stemmen op de vastgelegde vormen van bodemgebruik. Duidelijk is geworden dat voor duurzame oplossingen een integrale en op het watersysteem gerichte aanpak nodig is. In hoofdstuk 3 is aandacht geschonken aan wat de waterhuishoudkundige wensen zijn van de functies landbouw, natuur en stedelijk gebied. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe men de verschillende standplaatswensen in onderlinge samenhang zo goed mogelijk kan realiseren. Dit gebeurt aan de hand van de in § 2.4 op hoofdlijnen beschreven systematische werkwijze voor het watersysteemgericht waterbeheer. De belangrijkste aandachtspunten bij de vijf onderscheiden stappen worden aangestipt. De werkwijze wordt toegelicht met twee voorbeelden uit respectievelijk een zand- en een kleigebied.

4.1 De juiste beheers- en inrichtingsmaatregelen voor oppervlaktewatersystemen: beschrijving systematiek.

Aan het watersysteemgericht beheren en inrichten van oppervlaktewatersystemen ligt een belangrijk uitgangspunt ten grondslag: het oppervlaktewatersysteem dient als sturingsmiddel om een gewenst grondwaterregime te realiseren. De sturing komt tot stand door het oppervlaktewatersysteem op een bepaalde manier in te richten en te beheren. Onderhoud geldt hierbij als een beheersmaatregel. Kenmerk van deze benadering is dat men zoveel mogelijk inspeelt op gebiedsspecifieke eigenschappen. De werkwijze die wordt aangeraden bij de bepaling van de juiste maatregelen voor de gewenste sturing is in hoofdlijnen beschreven in § 2.4. Dit hoofdstuk geeft een nadere toelichting op deze werkwijze. Dit gebeurt aan de hand van de in figuur 4.1 aangeduide stappen. Deze figuur is te beschouwen als een gecomprimeerde versie van figuur 2.8; deze figuur staat ook afgebeeld op de uitvouwbare achterflap van dit rapport. In § 2.4 zijn grond- en oppervlaktewaterregime steeds tezamen behandeld. In dit hoofdstuk ligt het accent op het grondwaterregime omdat de bedoeling van dit rapport juist is om de rol te benadrukken van beheer en inrichting van het oppervlaktewatersysteem als sturingsmiddel voor het grondwater.

STAP 1 bestaat uit een inventarisatie van de randvoorwaarden waaraan het grond- en oppervlaktewatersysteem moet voldoen om, op standplaatsniveau, optimaal invulling te kunnen geven aan de functies, toegekend aan land en water. Voor de landgebonden functies zijn de wensen voor elke combinatie van grondsoort en specifieke vorm van bodemgebruik voor de waterkwantiteit en waterkwaliteit (idealiter) vastgelegd in het optimale grondwaterregime (OGR). Voor de verschillende watergebruiksvormen bij de watergebonden functies zijn de wensen vastgelegd in het optimale oppervlaktewaterregime (OOR). In dit stadium van het proces is nog geen sprake van belangenafweging en wordt ook voorbij gegaan aan de vraag of het hydrologisch systeem ter plaatse realisatie van

het OGR of OOR wel toelaat. Het OGR voor alle standplaatsen en het OOR voor alle waterlopen betreft een set waarden voor de relevante standplaatsfactoren (grondwaterdiepte, zuurgraad en trofiegraad; waterbreedte, waterdiepte en stroomsnelheid), die gerelateerd is aan de kwaliteit van de functievervulling (mate van doelrealisatie).
Het -allicht utopische- streven is erop gericht het OGR en OOR voor alle standplaatsen te realiseren.

In STAP 2 wordt vervolgens van elke standplaats en waterloop het actuele grond- respectievelijk oppervlaktewaterregime (AGR en AOR) vastgesteld. Mogelijk kan men volstaan met het verzamelen van alleen basisinformatie. Indien de problematiek in het gebied om een hydrologische systeemanalyse vraagt, dan is een uitgebreidere gegevensverzameling noodzakelijk.

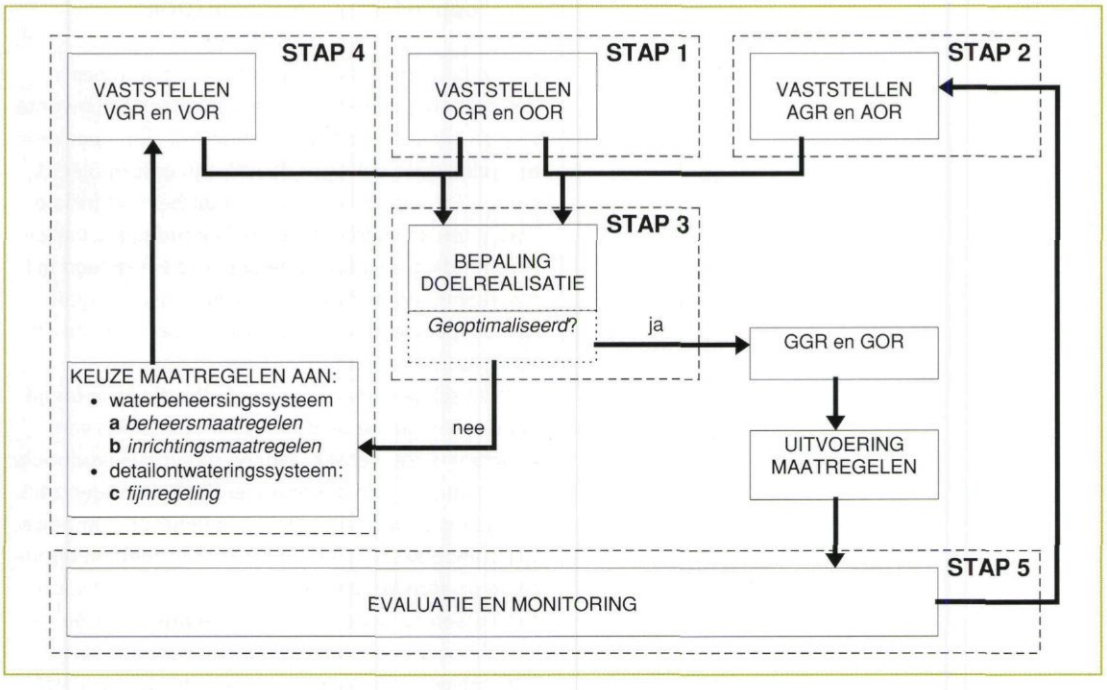
In STAP 3 vindt op standplaatsniveau een vergelijking plaats tussen het actuele grond- (en oppervlakte)waterregime en het optimale regime. Dit verschaft inzicht in de doelrealisatie op standplaatsniveau in de huidige situatie. Deze actuele doelrealisaties op standplaatsniveau worden, eventueel met de waterbeheerseenheid als tussenstap, geaggregeerd tot de actuele doelrealisatie op gebiedsniveau. Indien de vastgestelde, actuele doelrealisatieklasse niet voldoet aan de (vooral beleidsmatig bepaalde) criteria dient men maatregelen te treffen. De vergelijkingen van het AGR met het OGR en van het AOR met het OOR maken duidelijk waar zich knelpunten in het grond- en oppervlaktewatersysteem voordoen en van welke aard die zijn.

In STAP 4 wordt nagegaan met welke maatregelen men de in stap 3 geconstateerde knelpunten het beste kan aanpakken om de doelrealisatie te verbeteren. Het zoeken naar oplossingen is in de praktijk een iteratief proces ("evaluerend ontwerpen"), waarbij men de kosten van maatregelen en de baten op gebiedsniveau steeds tegen elkaar afweegt. De baten op gebiedsniveau worden bepaald door sommatie van de doelrealisaties van alle standplaatsen bij het verwacht grondwaterregime (VGR).
In eerste instantie onderzoekt men of de knelpunten zijn weg te nemen door aanpassingen in het beheer (optie a). Indien dit niet het geval blijkt of een te dure oplossing is, dan wordt een aanpassing overwogen van de inrichting van het oppervlaktewatersysteem (optie b). De analyses kunnen ook uitwijzen dat lokale maatregelen in de vorm van aanpassing van het detailontwateringssysteem effectiever zijn (optie c).
Het eindresultaat van het optimalisatieproces in deze stap is de vaststelling voor het gebied van het Gewenst Grondwater Regime (GGR) en Gewenst Oppervlaktewater Regime (GOR). GGR en GOR representeren de toestand waarbij de doelrealisatie op gebiedsniveau zo optimaal mogelijk is. Kosteneffectiviteit van maatregelen en duurzame ontwikkelingsmogelijkheden spelen daarbij een belangrijke rol.

Nadat het GGR is vastgesteld kan het voor de grondgebruiker rendabel zijn om de doelrealisatie op perceelsniveau door fijnregeling van de detailontwatering nog verder te verbeteren. Hiertegen bestaat geen bezwaar zolang deze maatregelen geen negatieve effecten hebben voor de doelrealisatie in de omgeving.

In STAP 5 vindt tenslotte de evaluatie en monitoring plaats. Doel hiervan is om door regelmatige metingen na te gaan of de uitgevoerde maatregelen ook

figuur 4.1 De stappen van de werkwijze volgens Waternood

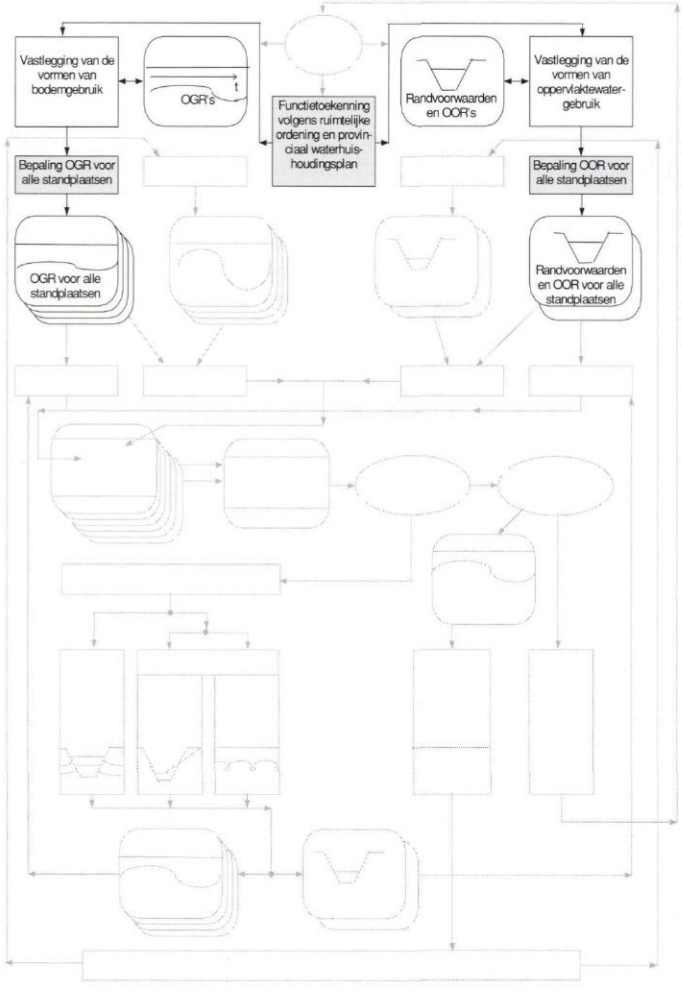


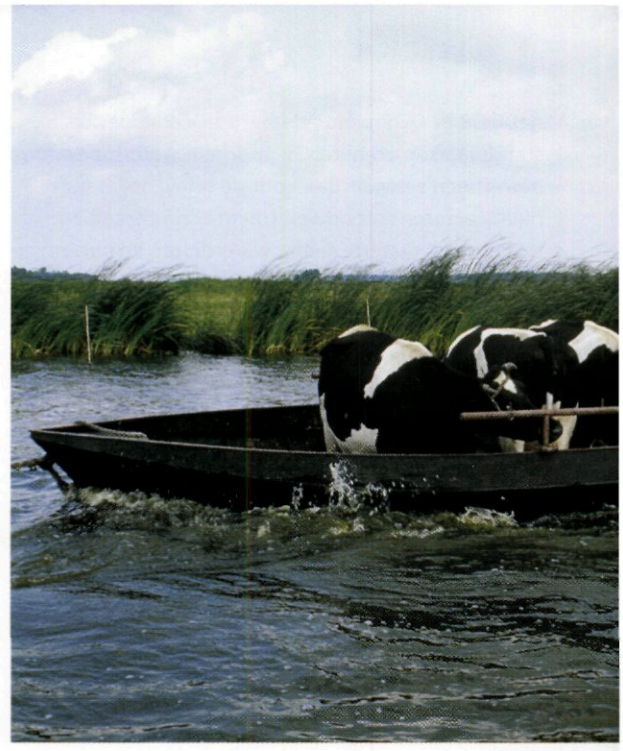
Veehouderij stelt andere eisen aan de waterhuishouding dan . . .

daadwerkelijk het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime hebben opgeleverd. Indien dit niet of maar ten dele het geval blijkt, kan met "evaluerend beheren" het waterregime worden bijgestuurd. De monitoringsinformatie kan men ook uitstekend gebruiken om het inzicht te vergroten in de relatie tussen functiewensen en waterwensen.

Bij het inrichten van het oppervlaktewatersysteem als regelknop voor het grondwater moet men niet uit het oog verliezen dat het oppervlaktewatersysteem ook 'eigen' functies heeft. In de eerste plaats is dit de transportfunctie. Deze functie stelt als eis dat het oppervlaktewatersysteem voldoende capaciteit moet hebben om piekafvoeren op te vangen zonder dat daarbij sprake is van ongewenste overstromingen of andere vormen van wateroverlast. Daarnaast kunnen aan het oppervlaktewatersysteem zelf ook functies zijn toegekend, die randvoorwaarden stellen aan de inrichting en het peilbeheer. Deze randvoorwaarden beperken de vrijheid tot ingrijpen bij het gebruik van het oppervlaktewatersysteem als instrument voor het sturen van het grondwater.

In de volgende paragrafen zijn de vijf onderscheiden stappen uitgewerkt. Het op de achterflap van dit rapport opgenomen schema is daarbij per stap verkleind weergegeven. De relevante onderdelen van het schema zijn voor de betreffende stap geaccentueerd. Aan het einde van elke paragraaf wordt de



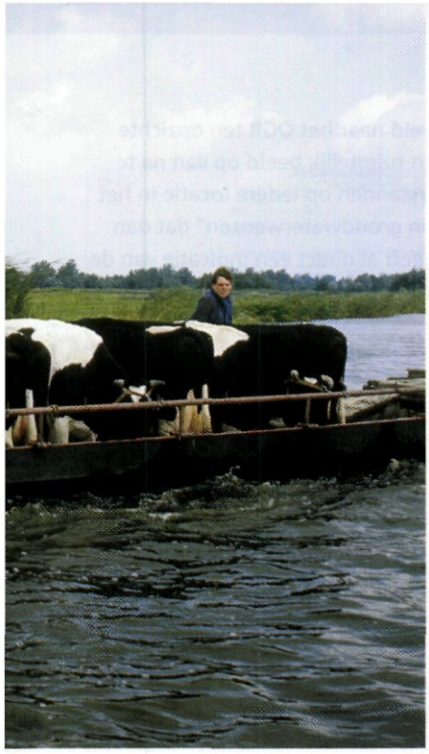


beschreven stap (behalve stap 5) toegelicht met twee voorbeelden. De voorbeelden verwijzen naar een reële situatie in respectievelijk een Pleistoceen zandgebied en een Holoceen kleigebied. Teksten en figuren die betrekking hebben op de voorbeelden zijn afgedrukt op een gekleurde ondergrond. Teksten die gelden voor beide voorbeelden staan op een grijze ondergrond; teksten en figuren die betrekking hebben op het zandgebied hebben een gele ondergrond en die van het kleigebied een groene. In de voorbeelden ligt de nadruk meer op het proces dan op de resultaten. De uitkomsten van de voorbeelden kan men daarom niet zonder meer toepassen in andere, ogenschijnlijk soortgelijke gebieden.

4.2 STAP 1: Vaststellen van het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGR)

Om te kunnen vaststellen welke waterregimes in een gebied gewenst zijn, dient men eerst te inventariseren welke functies aan het gebied zijn toegekend en welke doelstellingen daarbij zijn geformuleerd. Deze informatie wordt afgeleid uit het provinciale beleid ten aanzien van ruimtelijke ordening, waterhuishouding en natuur. Dit beleid is vastgelegd in streekplannen (inclusief streekplanuitwerkingen), gebiedsperspectieven, waterhuishoudingsplannen en natuurbeleidsplannen.

Het schaalniveau waarop de functies zijn toegekend is meestal te globaal voor het afleiden van concrete waterwensen. Binnen de functie landbouw onderscheidt men onder andere de bodemgebruiksvormen grasland, akkerbouw, vollegrondstuinbouw, glastuinbouw, bloembollenteelt, fruitteelt en boomteelt. Al deze bodemgebruiksvormen stellen specifieke eisen aan het grondwaterregime. Voor de functie natuur geldt hetzelfde; de verschillende natuurtypen lopen uiteen van droge duinvegetaties



. . . de teelt van bloemen, zaden en bollen.

tot moerasvegetaties, ieder met specifieke eisen voor de waterkwaliteit en waterkwantiteit.
De functiekaart uit het streekplan of de gebiedsvisie moet daarom in samenspraak met "het beleid" verder worden verfijnd om op uitvoeringsniveau de juiste waterwensen te kunnen afleiden.

Zodra de bodemgebruiksvorm binnen de toegekende functie voldoende is verfijnd, kan men voor iedere standplaats in het gebied het optimale grondwaterregime (OGR) vaststellen. Het OGR-kader geeft het verband weer tussen de waarde van de relevante standplaatsfactoren en de kwaliteit van de functievervulling in termen van doelrealisatie.
Op grond van de eisen die men aan het oppervlaktewatersysteem stelt in verband met de toegekende functies en de wijze van beheer, wordt een optimaal oppervlaktewaterregime vastgesteld. Het OOR is te beschouwen als een programma van eisen voor de waterdiepte, de breedte van de waterlopen, taluds, de bergingscapaciteit, een maximale of minimale stroomsnelheid, onderhoudseisen, waterkwaliteit en dergelijke.

In principe zijn het OGR en het OOR gebaseerd op informatie die vanuit het onderzoek (de "wetenschap") en de praktijk wordt aangereikt. Er is echter nog geen publicatie beschikbaar waarin het OGR voor alle combinaties van grondsoort en bodemgebruiksvorm is gekarakteriseerd op de in § 3.4 beschreven wijze. Ook is de huidige kennis nog onvoldoende om de gevolgen goed aan te kunnen geven van afwijkingen van de optimale waarde voor de doelrealisatie. Daarom zal men bij het opstellen van waterbeheersingsplannen voorlopig zelf een uitwerking moeten geven aan de nieuwe wijze van karakteriseren van het OGR. In bijlage 2 en 3 worden hiertoe respectievelijk voor de landbouw en de natuur handreikingen gegeven.

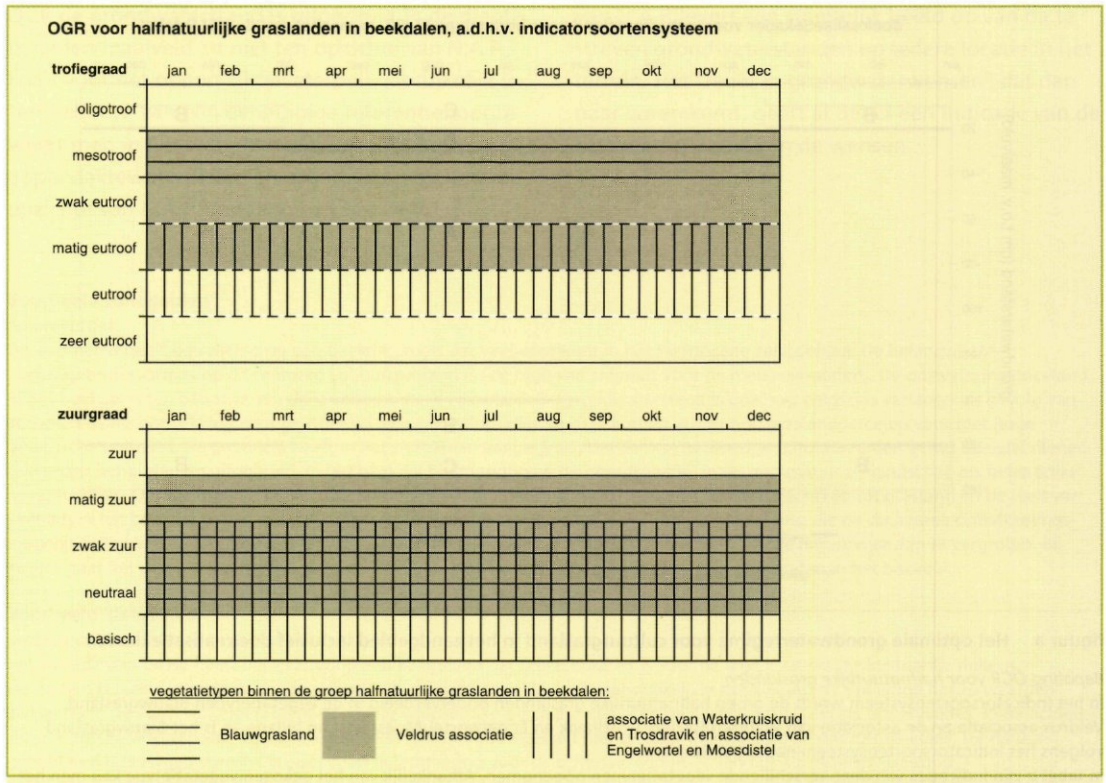
Een aandachtspunt bij de presentatie van de

Het vertalen van grondwaterwensen "oude stijl" in een OGR-kader

Er is al op geduid dat het OGR per bodemgebruiksvorm op dit moment nog niet altijd beschikbaar is in de "kant en klare" vorm, zoals beschreven in § 3.4.2. Men moet dan zelf aan de slag om op basis van de huidige kennis de grondwaterwensen gedurende het jaar te nuanceren of om doelrealisatieklassen te koppelen aan grondwaterdieptegrenzen. Daarbij moeten de volgende stappen worden genomen:
- omzetten van Gt, duurlijn(-bundel) en dergelijke in een OGR-kader;
- aangeven van kritische perioden;
- aangeven grondwaterdieptegrenzen in relatie tot doelrealisatie.

Indien de grondwaterwens voor een bepaalde bodemgebruiksvorm op een bepaalde grondsoort gegeven wordt als grondwatertrap of als duurlijn(-bundel), dan kan men hieruit grondwaterdieptegrenzen afleiden in de vorm van GHG- en GLG-waarden of trajecten. Deze kunnen in een tijd - grondwaterdieptediagram worden weergegeven. Ook grondwaterdiepte-informatie, afgeleid uit ontwateringswensen of uit kritieke z-afstanden, kan men op deze wijze presenteren of ter verdere specificatie van wensen toevoegen. Naarmate de informatie over wensen en doelrealisatie completer wordt, ontstaat op deze wijze een steeds volledige OGR-kader.
Om de wensen gedurende het jaar enigszins te nuanceren kan men aan dit schema informatie over kritische perioden toevoegen. Voor de landbouw kan de gewaskalender daarbij helpen (bijlage 2c). Bij de gewaskalender dient men zich overigens te realiseren dat de aangegeven periodes gemiddelden zijn en dat mede afhankelijk van het weer ("vroege en late jaren") kleine verschuivingen mogelijk zijn.
Om de grondwaterdieptegrenzen te schatten in relatie tot doelrealisatie kan men voor landbouwkundige bodemgebruiksvormen gebruik maken van de opbrengstdepressiepercentages voor veeljarig gemiddelde situaties. De doelrealisatie is gerelateerd aan het maximum voor de betreffende combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort. Aan de te gebruiken opbrengstdepressiepercentages kan echter een ander referentieniveau ten grondslag liggen, zoals bij de HELP-tabel. In dat geval dient men deze waarden eerst om te rekenen op de wijze zoals aangegeven in het kader van § 3.5.1. Nuancering van doelrealisatiegrenzen binnen het jaar, zoals geschetst in § 4.4 (stap 3) is met de HELP-informatie niet mogelijk.

79 Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater



figuur c Het optimale grondwaterregime voor halfnatuurlijke graslanden in beekdalen voor trofiegraad en zuurgraad

In figuur c is het OGR voor trofiegraad en zuurgraad opgenomen. In deze figuur kan nog geen onderscheid worden gemaakt naar verschillende doelrealisaties bij een bepaalde trofiegraad of zuurgraad. Het grondwater op een bepaalde diepte kan namelijk van een totaal andere samenstelling zijn dan op een andere diepte. Evenmin is het mogelijk om kritische perioden aan te geven. Uit deze figuur blijkt dat, afhankelijk van het te kiezen vegetatietype, er sterk uiteenlopende eisen aan de standplaats worden gesteld.

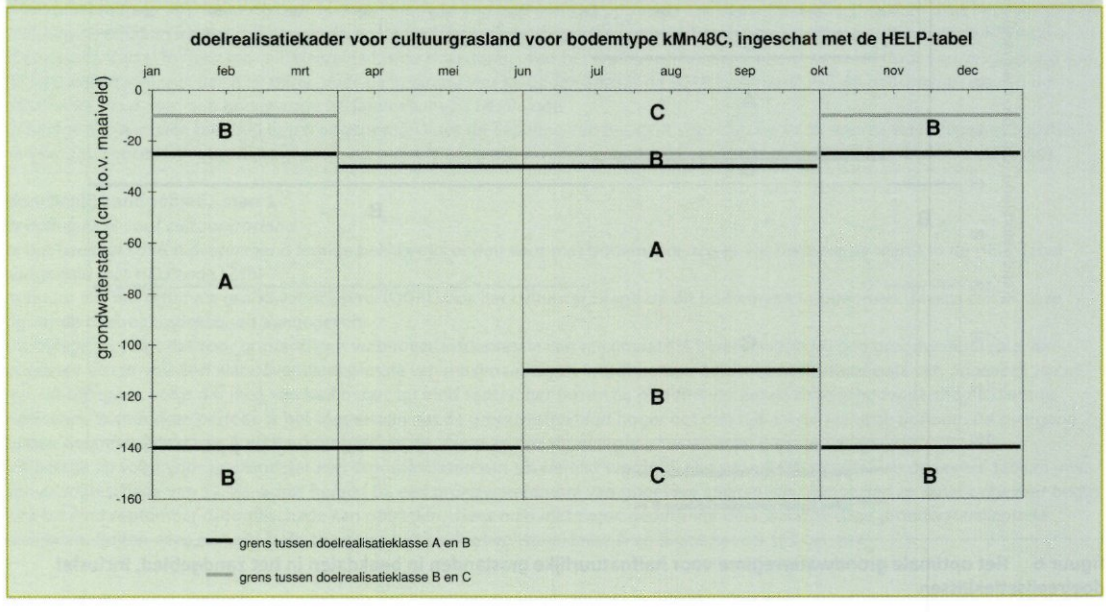
Voorbeeld kleigebied, stap 1

De enige bodemgebruiksvorm in het kleigebied is cultuurgrasland voor de melkveehouderij. Het OGR is op dezelfde wijze bepaald als in het zandgebied. Het bodemtype dat wordt aangetroffen is zware kleigrond met code kMn48C (bodemkaart). In de HELP-tabel komt dit bodemtype overeen met de code Kk34b.

Bepaling OGR voor cultuurgrasland

Onder optimale omstandigheden is er bij dit bodemtype volgens de HELP-tabel sprake van een opbrengstdepressie van minimaal 12%. Voor de inzichtelijkheid is met dit gegeven geen rekening gehouden bij de bepaling van de grondwaterdieptegrenzen in dit voorbeeld. In figuur d is het OGR voor cultuurgrasland op dit bodemtype opgenomen. Tevens zijn in deze figuur de doelrealisatieklassen aangegeven. Uit bijlage 2b volgt dat voor grasland een wateroverlastdepressie van maximaal 5% (nog net doelrealisatieklasse A) bereikt wordt bij een grondwaterdiepte van ongeveer 30 cm -mv. Een wateroverlastdepressie van maximaal 12,5% (nog net doelrealisatieklasse B) wordt bereikt bij een grondwaterdiepte van ongeveer 25 cm -mv. Gedurende de kritische periode (halverwege maart tot eind september) dient men deze grondwaterdiepten te realiseren. Buiten deze periode is de overgang van doelrealisatieklasse A naar B geschat op 25 cm -mv en de overgang van B naar C geschat op 10 cm -mv.
Uit bijlage 2b volgt voor grasland dat een droogteschade op dit bodemtype van 5% bereikt wordt bij een grondwaterdiepte van ongeveer 110 cm -mv. Een droogteschade van 12,5% wordt bereikt bij een grondwaterdiepte van ongeveer 140 cm -mv. Gedurende de kritische periode (begin juni tot eind september) dient men deze grondwaterdiepten te realiseren. Buiten deze periode is de overgang tussen doelrealisatieklasse A en B geschat op 140 cm -mv.

figuur d Het optimale grondwaterregime voor cultuurgrasland in het kleigebied, inclusief doelrealisatieklassen

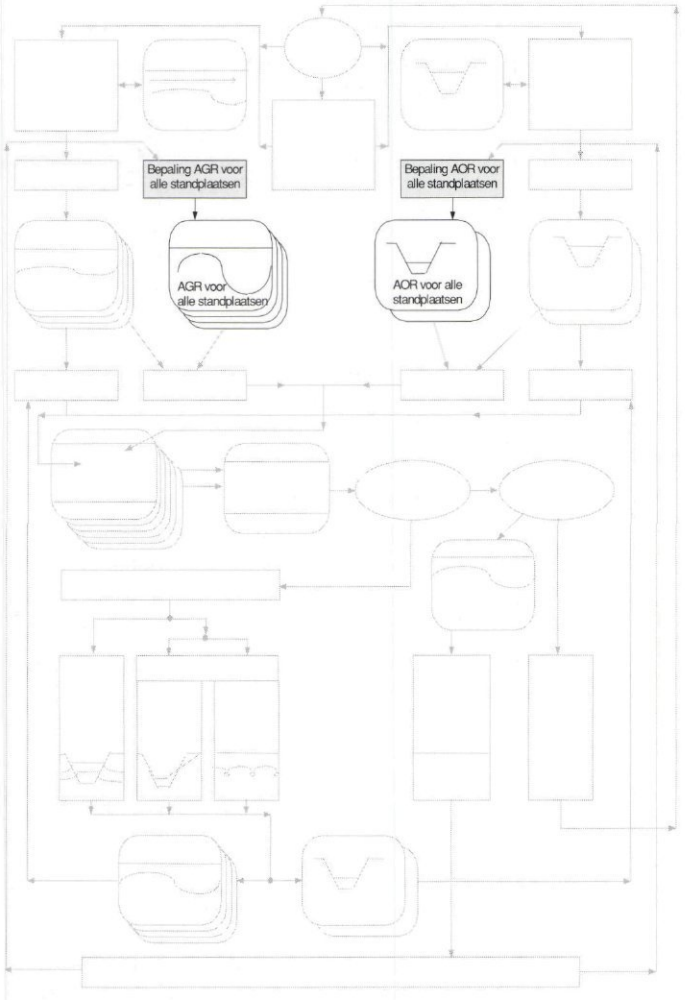


4.3 STAP 2: Vaststellen van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR)

De tweede stap is het verzamelen van basisinformatie over de actuele hydrologische situatie van het beschouwde gebied. Het gaat daarbij zowel om informatie over het grondwatersysteem als over het oppervlaktewatersysteem. Stap 1 en 2 hebben geen vaste volgorde; ze kunnen gelijktijdig of in willekeurige volgorde worden doorlopen.

In eerste instantie kan men bij stap 2 volstaan met een oriënterend onderzoek door alleen gegevens te verzamelen over het grondwaterstandsverloop en de grondwaterkwaliteit in het gebied. Van het oppervlaktewaterstelsel dient men ook de relevante parameters zoals peil, afmetingen, waterkwaliteit, waterdiepte en dergelijke te inventariseren. In het ideale geval is het resultaat van deze inventarisatie dat voor iedere standplaats het actuele grondwaterregime (AGR) en voor iedere waterloop het actuele oppervlaktewaterregime (AOR) bekend is.

Het optimale en actuele grondwaterregime, alsmede het optimale en actuele oppervlaktewaterregime worden in stap 3 met elkaar vergeleken. Indien echter bij de inventarisatie van het AGR en OGR al direct duidelijk wordt dat beide flink uit elkaar liggen, dan zal in een latere fase een uitgebreidere watersysteemanalyse nodig zijn om oplossingsrichtingen te kunnen afleiden en beoordelen. In dat geval is het aan te bevelen om daar bij de inventarisatie van de hydrologische gebiedsgegevens al direct op in te spelen bij stap 2.



Actueel Grondwater Regime (AGR)

Om het AGR vast te stellen is actuele informatie nodig over het verloop van de grondwaterdiepte en indien relevant, over de kwaliteit van het grondwater. Bij voorkeur gebruikt men daarvoor grondwatermeetreeksen van representatieve locaties in het gebied over tenminste de afgelopen 8 jaar. Zo'n lange periode is nodig om een voldoende betrouwbare regimecurve uit de waarnemingen van stijghoogte af te kunnen leiden. Vaak zal de dichtheid van grondwatermeetpunten of de waarnemingshistorie en/of -frequentie te wensen overlaten. Met behulp van een grondwatertrappenkaart, al dan niet in combinatie met een hoogtekaart, kan men de puntinformatie vertalen naar vlakinformatie. Indien er geen grondwatermeetpunten zijn, is men aangewezen op, meestal enigszins verouderde, grondwatertrappenkaarten. Men dient dan eerst de betrouwbaarheid van die Gt-kaart te toetsen door onder andere na te gaan of er tussen het moment van vaststelling van de Gt en heden ingrepen in de waterhuishouding hebben plaatsgevonden. Mogelijk zijn er waterbeheersingsmaatregelen uitgevoerd, grondwateronttrekkingen gestart of uitgebreid en dergelijke. Indien zulke ingrepen hebben plaatsgevonden, valt het te betwijfelen of de Gt-gegevens nog juist zijn. Als bij de voorbereiding van de vroegere ingrepen modelonderzoek is uitgevoerd, dan kan men de modelresultaten gebruiken om het Gt-beeld te actualiseren. Een toetsing in het veld is daarbij aan te bevelen.
Indien de problematiek een nadere watersysteemanalyse nodig maakt, dan kan in die fase, al dan niet met behulp van modelonderzoek, een nadere inschatting worden gemaakt van het AGR.

Het gebiedsdekkend in beeld brengen van de grondwaterkwaliteit ten behoeve van het AGR is doorgaans niet eenvoudig. Dit komt omdat waterkwaliteitsgegevens pas sinds kort systematisch en regelmatig worden opgenomen. De dichtheid van meetpunten is echter nog beperkt en vooral toegesneden op de schaal van regionale watersystemen. Als er echter belangrijke natuurobjecten in het gebied liggen, is er vaak wel onderzoek gedaan naar de waterkwaliteit. De gewenste informatie kan men dan uit de rapportage van deze onderzoeken betrekken.

Actueel Oppervlaktewater Regime (AOR)

De informatie over de hoedanigheid van het oppervlaktewatersysteem (afmetingen, taluds, verhang, kunstwerken, et cetera) is voor een belangrijk deel vastgelegd in de legger van het waterschap. Ook gegevens over debieten, stroomsnelheden en peilen worden door het waterschap vaak systematisch vastgelegd. Van het detailontwateringssysteem is vaak veel minder bekend; een aanvullende inventarisatie op dit punt kan gewenst zijn om de interactie tussen het grond- en oppervlaktewatersysteem beter te kunnen inschatten.

tabel 4.1 Belangrijke basisgegevens voor een eerste indruk van de actuele hydrologische situatie

gegevensbron	*gegevens*
grondwatertrappenkaart	Gt, GHG, GLG, GVG
isohypsenkaart	stijghoogteverschillen diep-ondiep grondwater-oppervlaktewater, stijghoogteverschillen winter - zomer, stromingsrichting grondwater
kwel-/infiltratiekaart	ligging kwelgebieden met bijbehorende infiltratiegebieden (identificatie van de hydrologische stromingssystemen), intensiteit kwel-/infiltratie, grondwaterkwaliteit
waterstaatskaart	begrenzing beheerseenheden, oppervlaktewaterpeilen, stromingsrichting oppervlaktewater
bodemkaart	bodemtypes, bodemopbouw
hoogtekaart	hoogteligging, hoogteverschillen, reliëf
waterschapslegger	informatie oppervlaktewatersysteem

Watersysteemanalyse

Voor een globale watersysteemanalyse zijn gegevens nodig over onder andere grondwaterstanden, afvoeren van en peilen in waterbeheersingssystemen, stromingsrichtingen in grond- en oppervlaktewater, ligging van kwel- en wegzijgingsgebieden en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. In tabel 4.1 zijn de bronnen voor belangrijke basisgegevens samengevat die zowel op zich, als in samenhang, een goede indruk geven van de hydrologische situatie in een gebied.

De benodigde basisinformatie is onder andere te verkrijgen uit grondwaterkaarten 1:50.000 van NITG - TNO, bodem-/Gt-kaarten, topografische kaarten, hydrologische modelonderzoeken en systeemanalyses, meetgegevens van grondwaterstandsbuizen en leggers van waterschappen. Er komen ook steeds meer digitale informatiesystemen beschikbaar waaruit men hydrologische informatie kan inwinnen. OLGA, het On Line Grondwater Archief, en REGIS, het REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem, beide in beheer bij NITG-TNO, zijn de belangrijkste.

OPZET VOOR EEN HYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING (bron: Van Beusekom et al., 1990)

1. Inleiding

Deze bevat een uiteenzetting van doel, kader en aard van het hydrologisch systeem, alsmede van de hydrologische problematiek in het beschouwde gebied.

2. Gebiedsbeschrijving

Deze geeft een overzicht van de maatregelen die in het verleden hebben plaatsgevonden en die de hydrologie van het beschreven gebied hebben beïnvloed, zoals peilverlaging, wateraanvoer, beregening en grondwaterwinning.
De regionale gebiedsbeschrijving strekt zich uit tot de gebieden waarvan de hydrologie van invloed is op het gebied waarop de aandacht zich richt en bevat achtereenvolgens de volgende paragrafen:

- geologische opbouw, geomorfologie en bodemkunde;
- geohydrologische schematisatie (dikte en doorlaatvermogen c.q. weerstanden van watervoerende en weerstandbiedende lagen, hydrologische basis);
- grondwater (stijghoogte freatisch grondwater, watervoerende pakketten en chemische typering/ samenstelling);
- oppervlaktewater (het stelsel van waterlopen, opgetreden en na te streven peilen, chemische typering/samenstelling).

Het betreffende gebied wordt gedetailleerd beschreven. Dit wordt de lokale beschrijving genoemd. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- geomorfologische situatie, waaronder de voor de hydrologie relevante hoogteverschillen;
- bodemtype (op het niveau van beschrijving van de standplaatsen);
- de bodemfysische en -chemische eigenschappen als vochtleverend vermogen, ondiep voorkomende slecht doorlatende lagen, nutriëntenrijkdom (onder andere de mate van stikstofmineralisatie);
- bodemgebruik;
- grond- en oppervlaktewatergegevens (grondwatertrappen, tijdstijghoogtereeksen van de onderscheiden watervoerende pakketten en van het oppervlaktewater, ontwateringssituatie, kwel, wegzijging en dergelijke).

3. Systeembeschrijving

Deze beschrijft:

- de relaties tussen grond- en oppervlaktewater (onder andere de mate en snelheid waarmee de peilveranderingen van het oppervlaktewater doorwerken op het grondwater);
- de ligging van kwel-, wegzijgings- en hydrologisch geïsoleerde gebieden en de stromingspatronen waarmee wegzijgingsgebieden aan infiltratiegebieden zijn gekoppeld. Als er sprake is van een seizoensafhankelijke situatie, dan dient men deze ook te beschrijven. De hiërarchie van de hydrologische systemen is daarbij aandachtspunt. Ook verschillen in chemische typering van het water zijn vaak belangrijk;
- de waterbalansen voor de verschillende seizoenen;
- de stoffenbalansen van nutriënten en verontreinigingen;

In natuurterreinen kan men de hydrologische situatie vaak mede beschrijven aan de hand van karakteristieke vegetaties of plantensoorten, die in het gebied voorkomen.

4. Conclusies

Hier zijn de belangrijkste regionale en lokale aspecten van het hydrologisch systeem samengevat. Vooral conclusies uit water- en stoffenbalansen zijn van belang. De relevante hydrologische standplaatsfactoren worden benoemd. Verder geeft men aan welke hydrologische maatregelen de standplaatsfactoren zodanig beïnvloeden dat de hydrologische eigenschappen van de standplaats overeenstemmen met de gewenste eigenschappen.

5. Aanbevelingen

Uit de conclusies kan blijken dat noodzakelijke gegevens ontbreken of dat men bijvoorbeeld modelonderzoek moet verrichten om in staat te zijn de gewenste hydrologische maatregelen te formuleren of te kwantificeren.

6. Literatuur

Hier wordt verwezen naar de aangehaalde literatuur.

Indien de verschillen tussen AGR en OGR zodanig zijn dat de actuele doelrealisatie niet acceptabel is, dan zijn beheers- of inrichtingsmaatregelen noodzakelijk om hierin verbetering te brengen. Om het effect van overwogen maatregelen (dit vormt het onderwerp van stap 4) op het grondwaterregime, en daarmee op de doelrealisatie, te kunnen kwantificeren, is meer hydrologische informatie uit het gebied nodig. Een hydrologische systeemanalyse vormt een goede basis voor het analyseren van de optredende knelpunten en het zoeken naar oplossingen hiervoor. De in een eerder stadium verzamelde basisinformatie dient daartoe te worden aangevuld en toegespitst op de gesignaleerde knelpunten. In voorgaand kader is weergegeven hoe men een volledige hydrologische systeembeschrijving kan opzetten. Op basis van de reeds verzamelde informatie en de geconstateerde knelpunten zal men zelf accenten moeten leggen ten aanzien van nader uit te werken onderdelen. Voor aanvullende informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar het handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap (Van Beusekom et al., 1990).

Voorbeeld zandgebied, stap 2

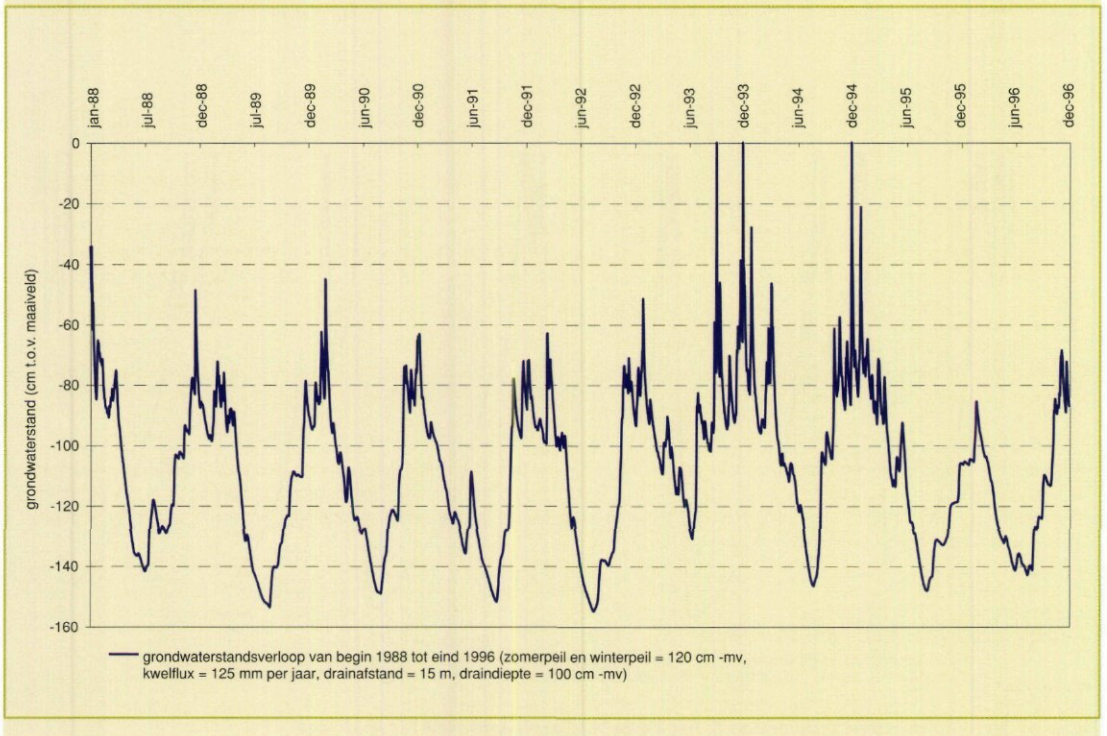
Het hydrologisch systeem van het in § 4.2 genoemde Pleistocene zandgebied bestaat uit een wegzijgingsgebied (globaal de hogere gronden), een kwelgebied (vooral het beekdal) en een intermediair gebied (de overgangsgebieden). Aangezien het voorbeeld betrekking heeft op het kwelgebied zijn de wegzijgings- en intermediaire gebieden niet verder behandeld. De beschikbare gegevens over het kwelgebied ten behoeve van de hydrologische systeemanalyse zijn in het kort opgenomen in tabel c.

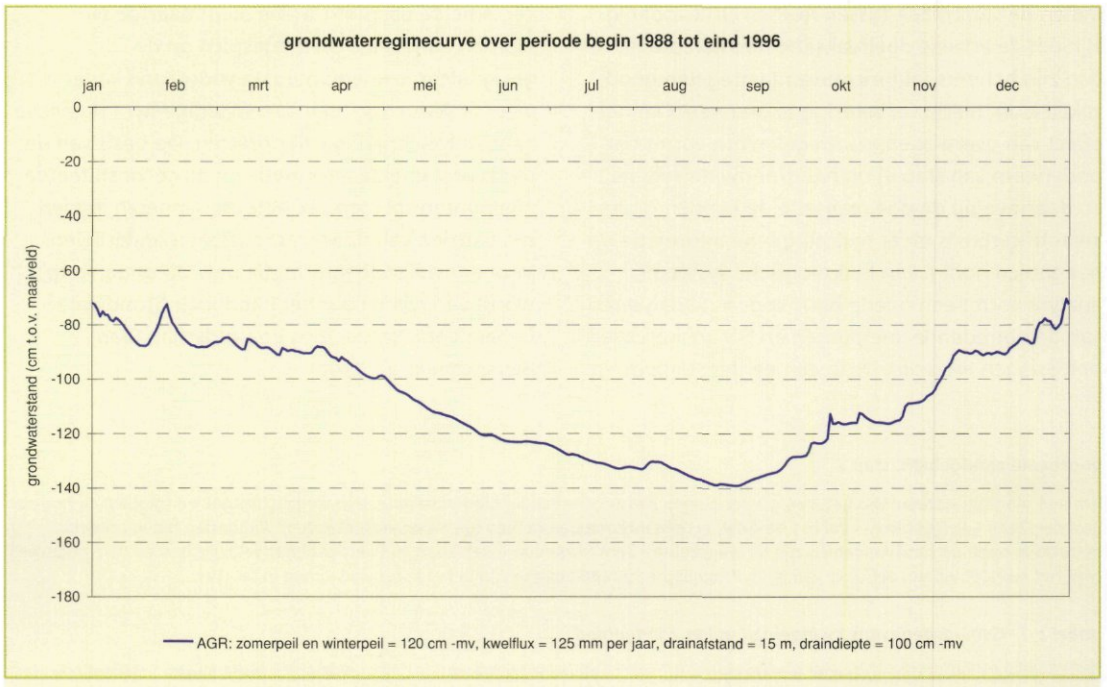
tabel c ***Gebiedsgegevens kwelgebied in het zandgebied***

			grote waterlopen				*kleine waterlopen*				*kwel*		*bodemtype*	*bodemgebruik*
Gt	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)	sloot-afstand (m)	diepte (cm)	talud (-)	bodem-breedte (cm)	sloot-afstand (m)	diepte (cm)	talud (-)	bodem-breedte (cm)	zomer (mm)	winter (mm)		
IIIb	30	110	500	150	1:1,5	200	100	125	1:1	50	+75	+50	beekeerd (tZg35	gras/halfnatuurlijk beekdalgrasland

Van het grondwaterstandsverloop is een meetreeks aanwezig van begin 1988 tot eind 1996. Deze is opgenomen in figuur e. Om het grondwaterstandsverloop te vergelijken met het OGR uit stap 1 dient men de grondwaterregimecurve (AGR) voor deze meetreeks te bepalen. De AGR-curve is weergegeven in figuur f. Uit deze figuur komt naar voren dat de GHG nu 70 cm -mv. en de GLG 140 cm -mv. bedraagt. Hieruit kan men concluderen dat de Gt-gegevens in tabel c verouderd zijn; de Gt in de huidige situatie is namelijk VI in plaats van IIIb.

figuur e ***Het grondwaterstandsverloop in het zandgebied van begin 1988 tot eind 1996***





figuur f De grondwaterregimecurve (AGR) in het zandgebied

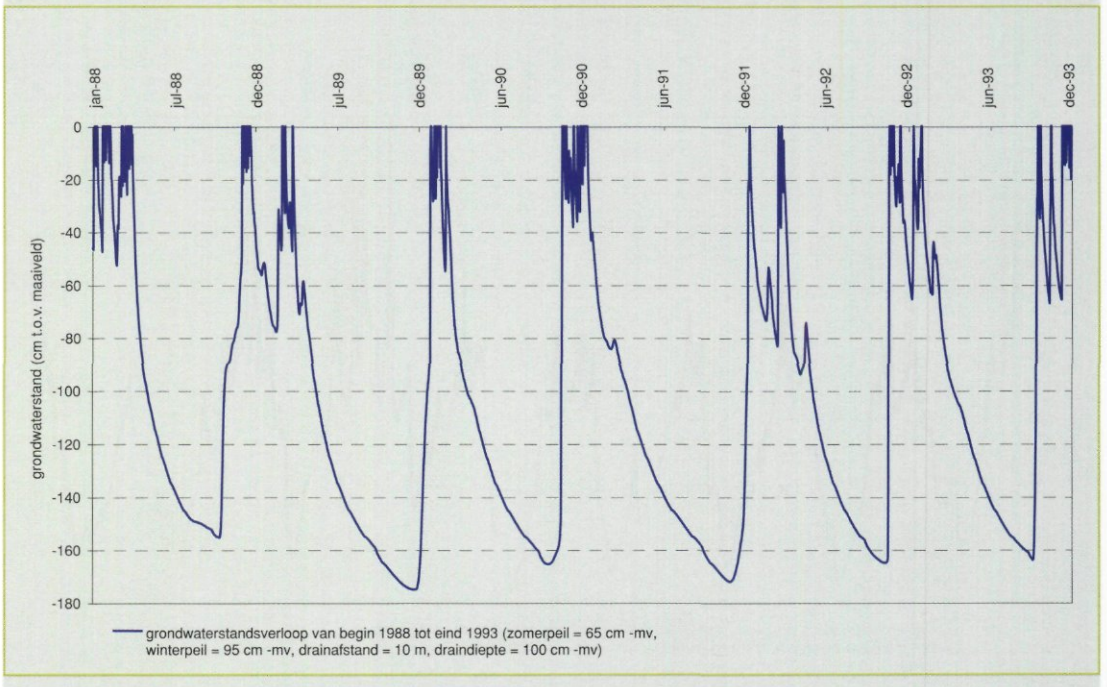
Voorbeeld kleigebied, stap 2

Waterhuishoudkundig is het kleigebied een poldergebied, met vlakke peilvakken. De gegevens van dit poldergebied die zijn gebruikt voor de hydrologische systeemanalyse, zijn in tabel d in het kort opgenomen.

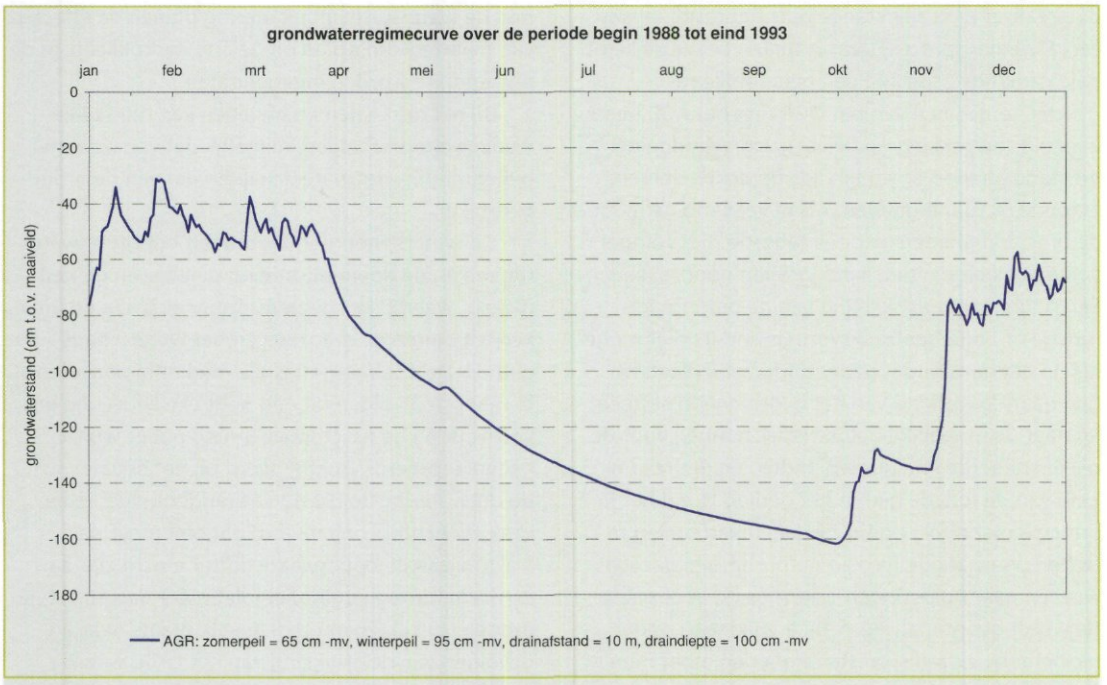
tabel d Gebiedsgegevens poldergebied

			peil		*grote waterlopen*		*kleine waterlopen*		*bodemtype*	*bodemgebruik*
Gt	GHG (cm - mv)	GLG (cm - mv)	zomer (cm - mv)	winter (cm - mv)	sloot-afstand (m)	diepte (cm)	sloot-afstand (m)	diepte (cm)		
II en III	< 40	50-120	65	95	1000	250	60	125	poldervaaggrond (kMn48C)	grasland

Voor het kleigebied is een meetreeks van het grondwaterstandsverloop beschikbaar van 1988 tot 1993. Deze meetreeks is opgenomen in figuur g. Uit de figuur komt naar voren dat er tijdens het vroege voorjaar en in het najaar zeer natte omstandigheden heersen in het kleigebied, met regelmatig grondwaterstanden aan of boven maaiveld (10 - 20 dagen per jaar). De zomergrondwaterstanden daarentegen zakken zeer diep uit, tot circa 170 cm -mv. Deze sterke uitzakking veroorzaakt (in principe te vermijden) droogteschade. Van de meetreeks is de grondwaterregimecurve (AGR) bepaald (zie figuur h). Ook in deze tabel zijn de opgenomen gegevens met betrekking tot de Gt verouderd: uit figuur h blijkt dat sprake is van Gt V in plaats van Gt II/III (GHG = 25 cm -mv en GLG = 160 cm -mv).



figuur g Het grondwaterstandsverloop in het kleigebied van begin 1988 tot eind 1993

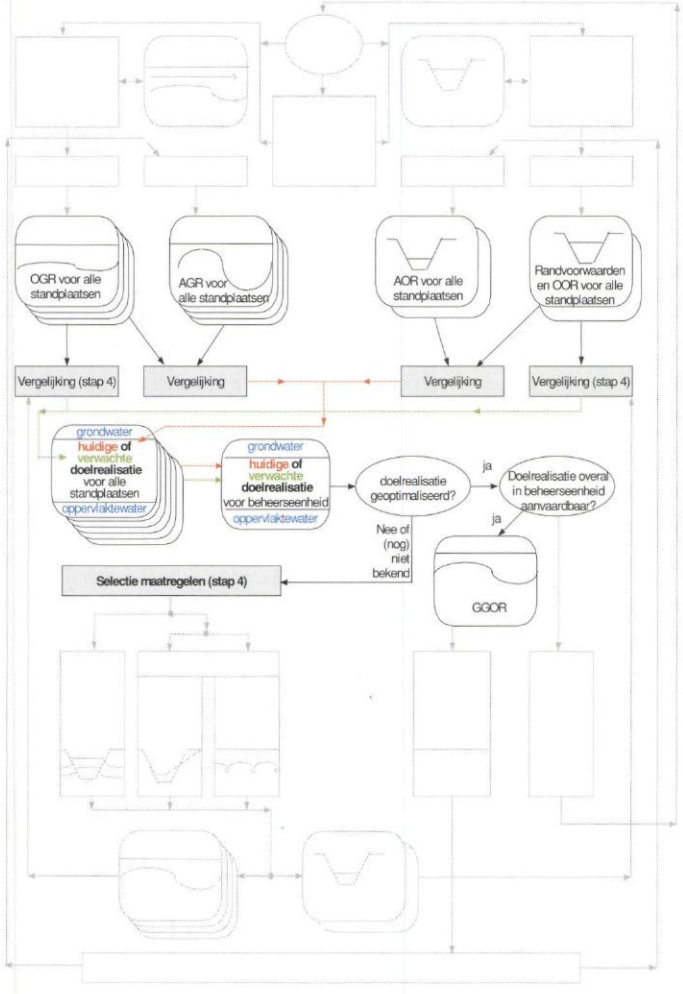


figuur h De grondwaterregimecurve (AGR) in het kleigebied

4.4 STAP 3: Vaststelling van de doelrealisatie

Nadat het OGOR (stap 1) en het AGOR (stap 2) in kaart zijn gebracht, vindt er een vergelijking tussen beide plaats. Om deze vergelijking te kunnen maken is het nodig om te beschikken over een toetsingscriterium. Als aan dit criterium wordt voldaan stemmen actueel en optimaal regime voldoende overeen en is het niet nodig beheers- of inrichtingsmaatregelen te treffen.

Het vergelijken van actueel en optimaal regime gebeurt op standplaatsniveau. Onder optimale omstandigheden, gekenmerkt door een OGOR, zal er sprake zijn van een doelrealisatie (zie § 2.3) die de 100% benadert. Meestal zal het actuele grond- en oppervlaktewaterregime echter afwijken van het optimale regime, met als gevolg een doelrealisatie van minder dan 100%. Een beheerseenheid bestaat uit vele standplaatsen, die elk op hun beurt gekenmerkt worden door een eigen doelrealisatie. Om de doelrealisatie op het niveau van de beheerseenheid te kunnen vaststellen is het nodig de doelrealisatie van alle standplaatsen onder één noemer te brengen.
Hierbij is het onontkoombaar dat subjectieve elementen de resultaten beïnvloeden. Deze hebben te maken met het toekennen van wegingsfactoren aan de doelrealisaties op de verschillende typen standplaatsen. Het moet bijvoorbeeld duidelijk zijn wat het belang is van een standplaats waaraan een bepaald natuurtype is gekoppeld versus dat van een landbouwkundige standplaats. Naast de functie voor de standplaats is de oppervlakte van de standplaats ook een parameter die de uitkomst van de weging beïnvloedt. Naast het toekennen van wegingsfactoren is het nodig om per standplaats te beschikken over een minimaal vereiste doelrealisatie. Net als het toekennen van wegingsfactoren per standplaats is de formulering van een minimale



doelrealisatie-eis per standplaats het resultaat van een afwegingsproces. Daarin spelen bestuurlijke of beleidsmatige aspecten een belangrijke rol.

Het vergelijken van het OGR met het AGR heeft enerzijds betrekking op de veeljarig gemiddelde omstandigheden en anderzijds op de incidentele, extreme omstandigheden. Als in veeljarig gemiddelde omstandigheden de doelrealisatie niet voldoet aan de gestelde eisen, zijn ingrepen noodzakelijk. Een duurzame ontwikkeling van de betreffende functie of bodemgebruiksvorm is anders niet mogelijk. In dat geval moet nader onderzoek plaatsvinden naar de werking van het hydrologisch systeem en naar de mogelijke oplossingsrichtingen voor de geconstateerde knelpunten. Indien de duurzaamheid van de functie niet in het geding is, zal het in principe niet direct nodig zijn om maatregelen te treffen. Waar mogelijk, kan natuurlijk wel gezocht worden naar oplossingen waarmee de doelrealisatie wordt geoptimaliseerd. Bij afwijkingen onder incidentele, extreme omstandigheden moet men beoordelen in hoeverre sprake is van een aanvaardbaar risico voor de betreffende functie. Indien er sprake is van een aanvaardbaar risico op het niveau van de beheerseenheid, kan worden gesteld dat het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR) bereikt is. Het bereiken van het GGOR betekent vaak dat men inrichtings- en beheersmaatregelen moet treffen. Het hiervoor te doorlopen keuzeproces staat centraal in stap 4.

In verhouding tot de hoeveelheid gegevens is de diversiteit aan standplaatsen in een beheerseenheid zo groot dat het in de praktijk ondoenlijk is om voor alle standplaatsen tot een gedetailleerde vergelijking tussen OGOR en AGOR te komen. Dit betekent dat men vanuit de wel beschikbare gegevens zelf een inschatting moet maken van de doelrealisatie bij het actuele hydrologische regime. Verder is het een handicap dat het OGOR vaak voor verschillende standplaatsen in verschillende eenheden is geformuleerd, waardoor men nog steeds geen eenduidige vertaling naar een doelrealisatie kan maken. Ook de relatie tussen een afwijking van het optimale regime en de daaruit voortvloeiende lagere doelrealisatie is nog onvoldoende onderzocht. Ook met een beperkte hoeveelheid gegevens en nog niet volledig ontwikkelde kennis is het desalniettemin mogelijk om de hier voorgestelde werkwijze toe te passen.

Het opschalen van OGR van standplaatsen naar beheerseenheden en het vaststellen van een gewenst grondwaterregime worden bemoeilijkt door het verschil in wensen als gevolg van de verschillende functies of bodemgebruiksvormen. Ook de variatie in de abiotische omstandigheden in het terrein is hier debet aan. Het is technisch en economisch niet haalbaar om voor ieder punt in de waterbeheerseenheid het optimale grondwaterregime te realiseren. Dit wordt veroorzaakt door de verschillende bodemgebruiksvormen en de variatie in met name de maaiveldhoogte en in bodemeigenschappen en hydrologie. Men moet dus keuzes maken. Vroeger domineerden daarbij lokale belangen, maar met de watersysteembenadering dienen de effecten van maatregelen op de omgeving nadrukkelijk in de afweging te worden meegenomen.

Bij het opschalen en afwegen kan men twee niveaus onderscheiden, namelijk dat van de waterbeheerder i.c. het waterschap en dat van de grondgebruiker.

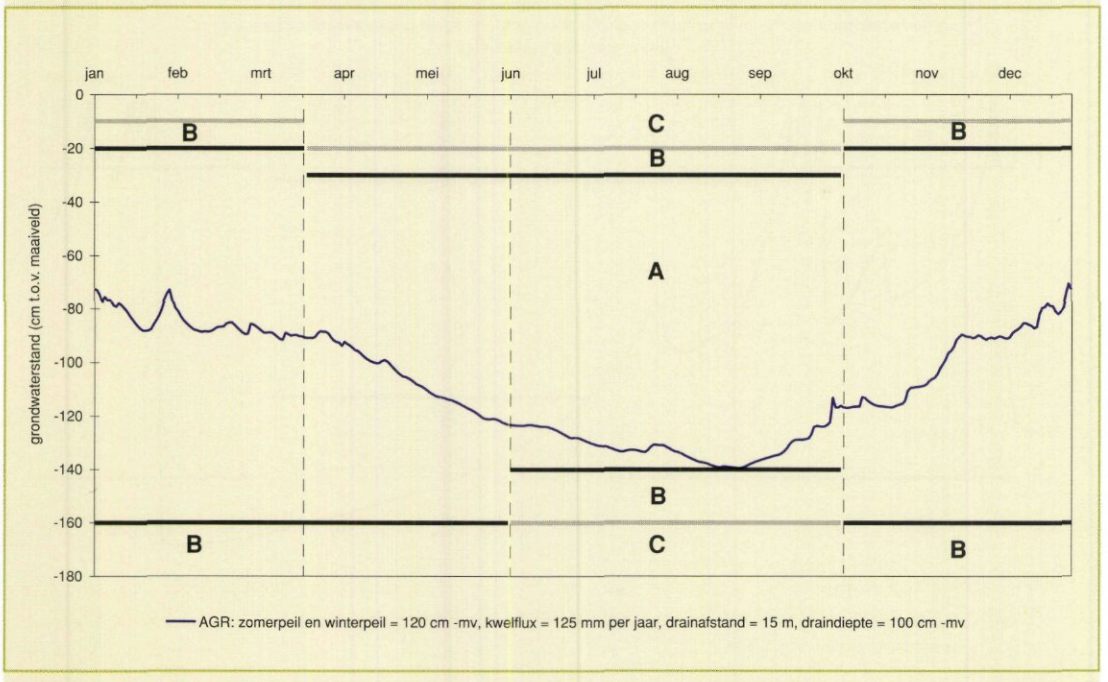
De waterbeheerder beoordeelt het grondwaterregime en de doelrealisatie op peilvak- en gebiedsniveau, waarbij het gebiedsniveau zich kan uitstrekken tot buiten de grenzen van het waterschapsgebied. De doelrealisaties die men minimaal dient te realiseren volgen uit een politieke keuze die bij voorkeur bij de functietoekenning nader wordt geconcretiseerd. Vroeger werd bij het bepalen van de ontwateringstoestand van landbouwgebieden vaak als richtlijn gehanteerd dat niet meer dan 5 à 10% van de oppervlakte natter mocht zijn dan de norm (drooglegging) en niet meer dan 10 à 15% droger. Nu kijkt men op de eerste plaats naar de gevolgen van de afwijking van het OGR, waarbij eveneens rekening wordt gehouden met de effecten van eventuele maatregelen in een groter gebied.

Bij het bepalen van het GGR is sprake van optimalisering van de doelrealisatie op gebiedsniveau. Daarbij spelen vanzelfsprekend de kosten van eventuele maatregelen en het rendement ervan ook een belangrijke rol. Naarmate het gebied heterogener is ten aanzien van wensen en abiotiek, zullen OGR en GGR verder uit elkaar liggen. De wijze waarop de doelrealisatieklassen geografisch zijn verbreid, geeft vaak aanwijzingen voor de te volgen aanpak, zoals bijvoorbeeld het splitsen of anders indelen van beheerseenheden.

De grondgebruiker beoordeelt het grondwaterregime en de doelrealisatie op perceels- en bedrijfsniveau. Indien rendabel zal de grondgebruiker met behulp van fijnregeling trachten om de doelrealisatie nog verder te verbeteren. Dit kan alleen voorzover deze maatregelen, naar het oordeel van het waterschap, de gebiedsdoelstellingen of belangen van derden niet of niet onacceptabel schaden. De uitvoering van waterbeheersingsmaatregelen op bedrijfsniveau, zoals aanleg van drainage, beregening en onderbemaling, zal in de toekomst naar verwachting nog meer aan regels worden gebonden.

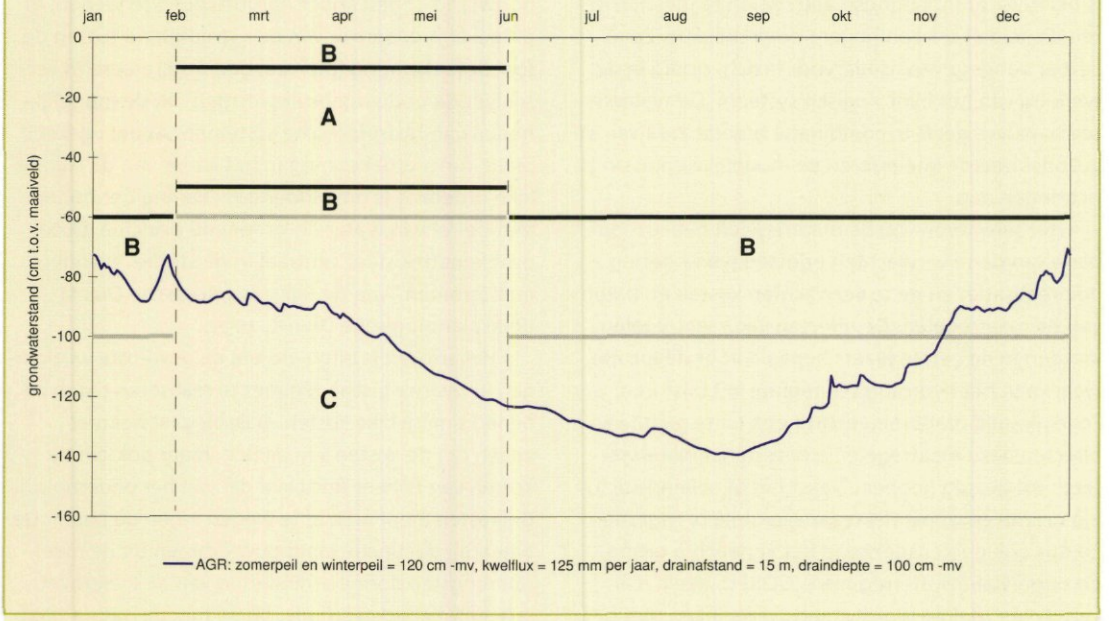
Voorbeeld zandgebied, stap 3

Om de doelrealisatie in het zandgebied te bepalen dient men de grondwaterregimecurve te projecteren op het OGR uit stap 1. Voor cultuurgrasland is deze projectie opgenomen in figuur i. Uit deze figuur blijkt dat de grondwaterregimecurve steeds in doelrealisatieklasse A valt. Dit houdt in dat het cultuurgrasland zich onder de huidige omstandigheden optimaal kan ontwikkelen. Er zijn dan ook geen (structurele) maatregelen nodig om in het beekdal de situatie voor cultuurgrasland te verbeteren. Uit de figuur komt echter niet naar voren of er incidenteel (in afzonderlijke jaren) sprake is van te natte of te droge omstandigheden. Om dit te bepalen dient men het grondwaterstandsverloop van de afzonderlijke jaren te projecteren op het OGR. Valt het grondwaterstandsverloop incidenteel in klasse C, dan dient men na te gaan of dit aanvaardbaar is. Zo niet dan dient men te bekijken of dit door een actieve sturing van het peilbeheer gedurende het jaar verholpen kan worden.



figuur i Het AGR in het zandgebied, geprojecteerd op het OGR voor cultuurgrasland

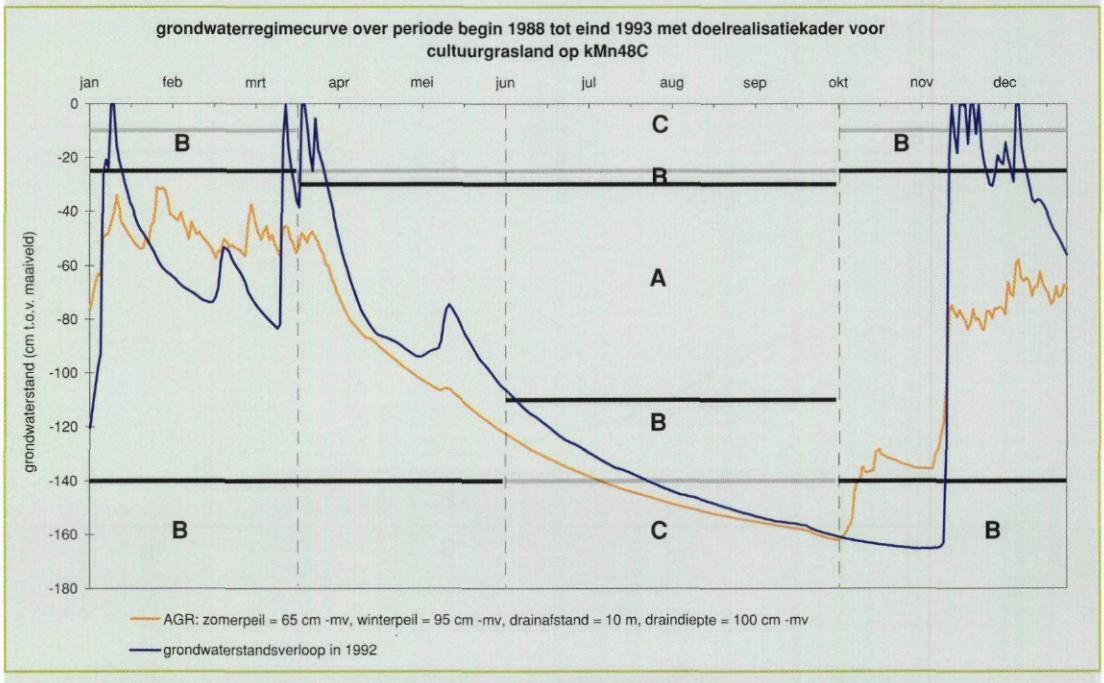
In figuur j is de grondwaterregimecurve geprojecteerd op het OGR van halfnatuurlijke graslanden in beekdalen. Uit deze figuur komt naar voren dat de situatie voor het halfnatuurlijk beekdalgrasland over het hele jaar te droog is. Met name de uitzakking van de grondwaterstanden tijdens de kritische periode vormt een grote belemmering voor een optimale ontwikkeling van de halfnatuurlijke graslanden. De grootste grondwaterstandsverhogingen dienen hier in het voorjaar en de zomer gerealiseerd te worden. De mogelijke maatregelen daartoe komen in bij stap 4 aan bod.
Indien men het OGR voor cultuurgrasland en het OGR voor halfnatuurlijk graslanden in beekdalen met elkaar vergelijkt, dan is het duidelijk dat deze nauwelijks verenigbaar zijn. Met name in de overgangsgebieden tussen beide landgebruiksvormen is het daarom vrijwel onmogelijk om de optimale condities voor beide functies te realiseren. De kans is groot dat het cultuurgrasland te nat wordt en het aangrenzend beekdalgrasland te droog. Verbetering van de situatie in de overgangsgebieden kan men bereiken door bufferzones of buffergebieden te realiseren of door de functie-doelstelling aan te passen.



figuur j Het AGR in het zandgebied, geprojecteerd op het OGR voor halfnatuurlijke graslanden in beekdalen

Voorbeeld kleigebied, stap 3

In figuur k is naast de grondwaterregimecurve het grondwaterstandsverloop in 1992 opgenomen. Wordt er in eerste instantie gekeken naar de grondwaterregimecurve, dan blijken er met name in van begin juni tot eind september problemen op te treden. In deze periode is sprake van droogteschade. Dit is niet aanvaardbaar aangezien de regimecurve dan in doelrealisatieklasse C ligt. Verder komt uit de figuur naar voren dat de grondwaterregimecurve buiten deze periode in doelrealisatieklasse A ligt. Op het eerste gezicht lijken er in deze periode geen problemen op te treden. Wordt er echter gekeken naar een afzonderlijk jaar (1992), dan blijkt dat het grondwater zich in de winter en in het voorjaar incidenteel aan het maaiveld bevindt (doelrealisatieklasse C). Met name in het begin van het groeiseizoen (tweede helft van maart) kan dit leiden tot vernattingsschade. Bekeken dient te worden of men deze ongewenst hoge grondwaterstanden in een afzonderlijk jaar door actief peilbeheer omlaag kan brengen.



figuur k Het AGR in het kleigebied, geprojecteerd op het doelrealisatiekader voor cultuurgrasland

4.5 STAP 4: Selectie maatregelen

4.5.1 Algemeen

Zodra de actuele doelrealisatie is bepaald (stap 3), dringt de vraag zich op of er sprake is van een optimale situatie. Vaak zal dit niet bekend zijn. Dit vormt de aanleiding om na te gaan of het mogelijk is beheers- of inrichtingsmaatregelen te inventariseren die leiden tot een hogere doelrealisatie. Zoals eerder aangegeven, is hiervoor inzicht nodig in de werking van het hydrologisch systeem. De watersysteemanalyse geeft in combinatie met de aard van de geconstateerde knelpunten de mogelijke oplossingsrichtingen aan.

Het selecteren van de maatregelen gebeurt op basis van de te verwachten effecten (verandering doelrealisatie) en de te verwachten kosten en baten van de maatregelen. De effecten van maatregelen worden in de eerste plaats bepaald voor de locatie waar men het hydrologisch regime wil bijsturen. Tegelijkertijd dient men echter ook na te gaan welke effecten deze maatregelen elders in het watersysteem tot gevolg hebben. Naast het al bekende actuele grond- en oppervlaktewaterregime brengt men zo dus ook gebiedsdekkend het verwachte grond- en oppervlaktewaterregime (VGOR) in beeld. Dit verwachte regime wordt steeds vergeleken met het optimale grond- en oppervlaktewaterregime. De vergelijking komt overeen met de in stap 3 beschreven vergelijking tussen actueel en optimaal regime. Bij het kiezen van de maatregelen zal het meestal niet haalbaar zijn om voor de hele beheerseenheid doelrealisatieklasse A te realiseren. Een deel van het gebied zal in klasse B of zelfs klasse C terecht komen. Indien dit niet aanvaardbaar is, dan kan men een aanpassing van de functie (of bodemgebruiksvorm, bijvoorbeeld grasland in plaats van bouwland of een ander natuurtype) overwegen. In dit geval is er sprake van een strijdigheid tussen de functietoekenning (meestal gedifferentieerd in verschillende bodemgebruiksvormen) en de mogelijkheden van hydrologische systemen. Anders gezegd: bij de functietoekenning in het kader van de ruimtelijke ordening is onvoldoende rekening gehouden met de rol van water als ordenend principe. Deze problematiek staat centraal in de studie "Plannen met Stromen" van de Rijksplanologische Dienst (Rijksplanologische Dienst, 1995).

Het streven is uiteraard om de gewenste wijzigingen in hydrologische regimes te realiseren tegen zo beperkt mogelijke kosten. Daarbij gaat het niet alleen om de kosten van aanleg, maar ook om de kosten van beheer (inclusief die van het onderhoud). De kosten dient men af te wegen tegen de baten. De baten bij de functie landbouw bestaan uit de meeropbrengsten door vermindering van de wateroverlast- en/of droogteschade, bij de functie natuur gaat het om de te verwachten "natuurwinst". Behalve de kosten is ook de kosteneffectiviteit een aandachts-

punt (Stoop et al., 1995). Als tegen veel lagere kosten een iets minder optimaal maar wel acceptabel resultaat kan worden bereikt, dan zal vaak gekozen worden voor de goedkopere oplossing.

Als men in een 'blanco situatie' een waterbeheersingsplan ontwerpt, dan streeft men naar een dimensionering en situering waarbinnen de bijsturing tot een minimum beperkt kan blijven. Dit strookt met de ideeën achter duurzame watersystemen. In een bestaande situatie zal men eerst nagaan of de gewenste verandering via een aanpassing van het beheer is te realiseren, omdat dit doorgaans de minste kosten met zich meebrengt (optie a in de figuur op de achterflap). Indien dit niet het gewenste effect heeft, zal men vervolgens bekijken of dit bereikt kan worden door een aanpassing van de inrichting van het waterbeheersingssysteem (optie b). Verder kan het noodzakelijk zijn dat in de beheerseenheid op uitgebreide schaal een aanpassing van de detailontwatering nodig is voor het bereiken van de gewenste regimes (optie c). Het kan ook zijn dat de grondgebruiker (boer of beheerder van een natuurterrein) de doelrealisatie van een standplaats (perceel of natuurterrein) verder wil optimaliseren (via fijnregeling).

Voor de bepaling van de juiste maatregelen dient men grond- en oppervlaktewatersystemen als één geheel te bestuderen. De kennis van de hiervoor noodzakelijke koppeling tussen grond- en oppervlaktewatermodellen is nog onvoldoende ontwikkeld. Verder zijn er nog geen hydrologische modellen beschikbaar die gebiedsdekkende topografie, gebiedseigenschappen en grond- en oppervlaktewater aan elkaar kunnen koppelen. Het aan elkaar koppelen van deelmodellen die samen het hele proces beschrijven via gestandaardiseerde uitwisselingsformats kan deze bezwaren echter grotendeels wegnemen.

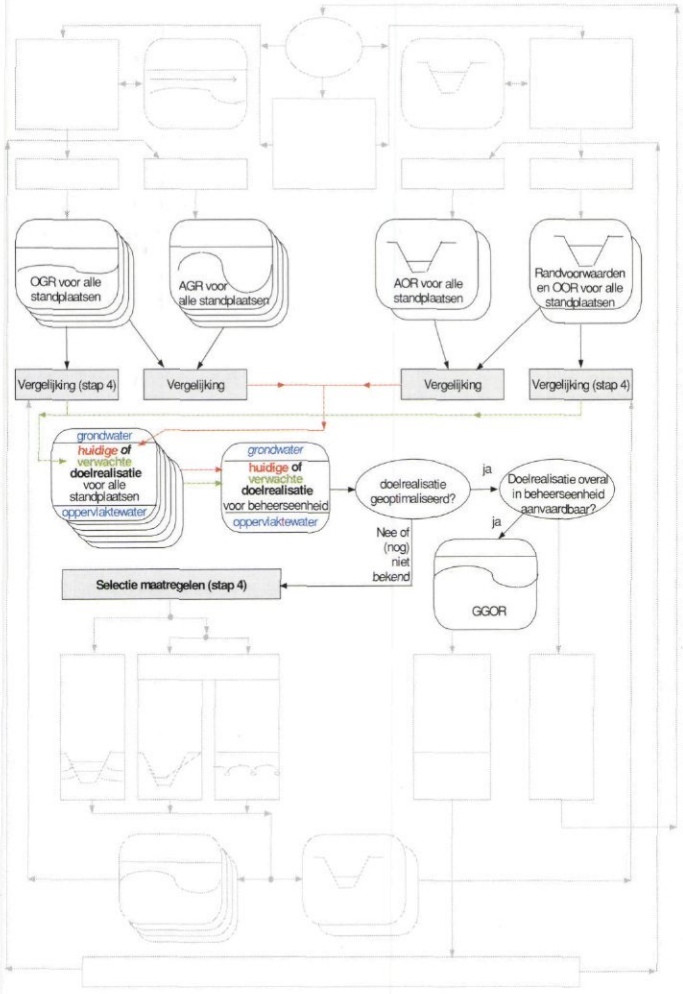
4.5.2 Maatregelen door de waterbeheerder

In deze paragraaf worden de maatregelen behandeld die de waterbeheerder kan treffen om de waterkwantiteit te beïnvloeden. Allereerst zijn dat enige algemeen te overwegen maatregelen. Vervolgens komen beheersmaatregelen (inclusief onderhoud) en inrichtingsmaatregelen aan bod. Aan het einde van de paragraaf worden maatregelen besproken die samenhangen met een verbetering van de waterkwaliteit.

Beïnvloeding van de waterkwantiteit algemeen

In § 2.2.5 is de waterbalans van de standplaats besproken. Er is aangegeven is dat het grondwaterregime kan worden beïnvloed door te bewerkstelligen dat per saldo meer of minder water in het (verzadigd) ondiep grondwatersysteem komt. Daartoe dient men de fluxen van de verschillende waterbalansposten tussen de verschillende deelsystemen te veranderen. Hiervoor zijn in principe drie ingangen, namelijk het wijzigen van:

- het potentiaalverschil tussen de betreffende deelsystemen;
- de weerstand tussen de betreffende deelsystemen;
- zowel het potentiaalverschil als de weerstand tussen de betreffende deelsystemen.



Wijziging van het potentiaalverschil gebeurt via het peilbeheer van het oppervlaktewatersysteem. Dit is een vorm van actieve sturing. Sturing via beheer biedt vooral mogelijkheden tot regeling van het oppervlaktewatersysteem, afgestemd op variaties van neerslag in het jaar. Het gaat hierbij om ingrepen met een tijdelijk karakter.

Wijziging van de weerstand is mogelijk door het onderhoud van het oppervlaktewatersysteem te wijzigen. Ook dit is een vorm van actieve sturing. Door het verwijderen of maaien van begroeiing neemt de stromingsweerstand af en door baggeren wordt de in- en uittreeweerstand gereduceerd. Selectief onderhoud kan men ook als sturingsstrategie toepassen.

Wijziging van de weerstand kan ook gebeuren via een aanpassing van de inrichting van het oppervlaktewatersysteem. Dit wordt aangeduid met passieve sturing. Uitgangspunt bij het ontwerpen ervan is dat voor de veeljarig gemiddelde situatie de noodzaak tot bijregelen via het peilbeheer minimaal is. Door de inrichting van het oppervlaktewatersysteem aan te passen kan men de werking van het watersysteem structureel beïnvloeden.

Tegen de achtergrond van het streven naar duurzame watersystemen verdient een structurele aanpak van een knelpunt in de waterbeheersing

tabel 4.2 Maatregelen ten behoeve van grondwaterstandsverhoging
(h_g = stijghoogte grondwater, h_w = peil oppervlaktewater, h_d = stijghoogte diep grondwater)

Te veranderen waterbalanspost	Oplossingsrichting	Maatregelen
afname q_d		***waterconservering***
verminderen drainage naar oppervlaktewatersysteem	verkleinen verschil tussen h_g en h_w (h_g>h_w)	verondiepen ontwateringsbasis
	verhogen drainageweerstand	verhogen peil oppervlaktewater
		dempen waterlopen
		afsluiten drainage
		vergroten weerstand slootbodem
toename q_s		***wateraanvoer***
vergroten (sub-)infiltratie vanuit oppervlaktewatersysteem	vergroten potentiaalverschil (h_g<<h_w)	verhogen peil oppervlaktewater
	verlagen drainageweerstand	verbreden waterlopen
		aanleggen extra waterlopen, drainage
		verminderen weerstand slootbodem
toename q_k		***watersysteemherstel***
vergroten kwel vanuit regionaal grondwatersysteem (door vergroten wegzijging in infiltratiegebied)	vergroten potentiaalverschil (hg<<hd)	verhogen h_g in infiltratiegebied (regionaal)
		verminderen afvoer via oppervlaktewatersysteem in infiltratiegebied
		verminderen grondwateronttrekkingen uit diepere watervoerende pakket
	verlagen weerstand verminderen afvangen kwel door oppervlaktewatersysteem	afgraven bovengrond in kwelgebied
		verondiepen of dempen waterlopen
afname q_w		
vermindering wegzijging naar diep grondwatersysteem	verkleinen potentiaalverschil	verhogen grondwaterstand 'benedenstrooms'
toename q_p		***diversen***
vergroten netto neerslagaanvulling	vergroten infiltratie kunstmatige beregening/ bevloeiing/infiltratie vermindering verdamping	

altijd de voorkeur. Een structurele aanpak kan zijn het herinrichten van een deel van het oppervlaktewatersysteem, waardoor het samenvallen van tegenstrijdige wensen wordt beperkt of zelfs opgeheven. De vaak forse meerkosten, die herinrichting met zich meebrengt ten opzichte van het sturen van het watersysteem, dienen in de afweging te worden betrokken. Daarbij moet men zich realiseren dat automatisering lang niet altijd is vereist om het watersysteem te sturen (Lobbrecht, 1997a).
De mogelijkheden om de grondwaterstand te verhogen zijn samengevat in tabel 4.2. De notaties van de verschillende fluxen corresponderen met de waterbalans-figuur (figuur 2.6) in § 2.2.5. Drainage en subinfiltratie zijn vooral aan de orde bij zowel lokale grondwatersystemen als bij kwel en wegzijging in regionale grondwatersystemen. Voor de volledigheid is ook het vergroten van de netto grondwateraanvulling als optie genoemd. Naast zaken als wateraanvoer en beregening hangen de maatregelen om dit te bereiken ook samen met ruimtelijk beleid (bestemming gebruik, grondwateronttrekkingen) en het beheer door de grondgebruiker (onder andere gewaskeuze en wijze van beheer).
Wil men geen grondwaterstandsverhoging maar juist een grondwaterstandsverlaging bewerkstelligen, dan kan dit door het tegenovergestelde te doen van hetgeen in bovenstaande tabel is aangegeven.
De genoemde maatregelen liggen primair op het niveau van de waterbeheerder, maar waterconserveringsmaatregelen kunnen zeker ook door individuele grondgebruikers worden genomen.

Enkele kanttekeningen bij de maatregelen, zoals in tabel 4.2 genoemd zijn samengevat in onderstaand overzicht:

Waterconservering	
Doel	verhogen grondwaterstand en/of afvlakken afvoer via oppervlaktewatersysteem en herstel watersysteem
Waar	heeft het meeste effect indien toegepast "boven" in watersysteem
Periode	winter en vroege voorjaar
Risico	toename kans op wateroverlast; niet "bovenin" maar wel bij conserveren in overgangszone (Gt III*, V)
Remedie	in overgangszone ondieper en dichter draineren, dynamisch peilbeheer.
Wateraanvoer	
Doel	verhogen oppervlaktewaterpeil (ten behoeve van subinfiltratie of beregening in de landbouw ter bestrijding vochttekort of nachtvorstschade in de fruitteelt)
Waar	relatief vlakke gebieden met peilbeheersingsmogelijkheden gedurende het gehele jaar
Periode	voorjaar en zomer
Risico	verslechtering waterkwaliteit door inlaat systeemvreemd water
Remedie	inlaten systeemeigen water.
Watersysteemherstel	
Doel	herstellen natuurlijke werking watersysteem met wegzijging en kwel
Waar	gehele watersysteem
Periode	gehele jaar
Risico	actuele bodemgeschiktheid wordt weer in toenemende mate bepaald door oorspronkelijke bodemgeschiktheid, dus voor het intensiveren van het oppervlaktewatersysteem
Remedie	bestemming gronden aanpassen ("water als ordenend principe"), integraal waterbeheer, gebieds- en functiegericht maatwerk.

Beheers- en onderhoudsmaatregelen
In eerste instantie zal worden gestreefd naar aanpassingen in het peilbeheer en de onderhoudssituatie om de doelrealisatie op het niveau van de beheerseenheden te vergroten (optie a in de figuur op de achterflap). Dit is vaak de goedkoopste oplossing.

Bij een statisch waterbeheer (peilbeheer) zijn de vaste winter- en zomerpeilen meestal zodanig gekozen dat, tijdens een nattere situatie dan gemiddeld, er landbouwkundig geen problemen optreden. Als men de peilkeuze meer afhankelijk stelt van de werkelijke weersomstandigheden, dan kan de ingebouwde extra veiligheidsmarge worden gereduceerd, zonder dat daarbij de schaderisico's voor de landbouw toenemen. Hierbij kan ook het onderhoud van de waterlopen een belangrijke rol spelen.

Door minder (intensief), of later in het jaar te schonen, wordt de stromingsweerstand van de waterloop vergroot en zullen de oppervlaktewaterpeilen en grondwaterstanden stijgen.
Het beleid dat de waterbeheerder hierin kiest, zal afhangen van de winst die er mee te boeken is. Het gaat daarbij in de eerste plaats om de winst in de betreffende beheerseenheid (bijvoorbeeld door een afname van de (negatieve) beïnvloeding van landbouw op natuur bij functieverweving). In de tweede plaats zal men kijken naar winstpunten in andere beheerseenheden (bijvoorbeeld door een toename van de kwel benedenstrooms).

Bij een dynamisch waterbeheer zal men voortdurend anticiperen op de actuele weersomstandigheden en de weersverwachting. Om beheersbeslissingen te kunnen nemen is het noodzakelijk dat de waterbeheerder zicht heeft op de optredende grondwaterstand en de gevolgen voor de onderscheiden functie(s) (zie ook hoofdstuk 3). Een eventueel in de tijd gedifferentieerde schadefunctie voor de afzonderlijke bodemgebruiksvormen maakt het mogelijk om onderbouwde beheersbeslissingen te nemen. In het waterbeheersingsmodel Aquarius, dat Lobbrecht heeft ontwikkeld ten behoeve van het waterbeheer is dit aspect meegenomen (Lobbrecht, *1997a en 1997b*; STOWA, 1997). *Naarmate men in* staat is de relaties tussen hydraulica, hydrologie en gevolgen realistischer te beschrijven (processen, hydrologische invoergegevens, weersverwachting), zal men het watersysteem doeltreffender kunnen beheren. Schaalproblemen met betrekking tot de invoer zullen blijven resulteren in een zekere bandbreedte rondom de voorspelde grondwaterstand. Daarnaast heeft men bij het beheer de mogelijkheid om aan de hand van grondwaterstandsmetingen vrijwel direct te controleren of de sturingsactie in de praktijk het gewenste resultaat oplevert. Via een trial-and-error-procedure kan men desnoods met een blackbox-benadering bijsturen tot het gewenste resultaat is bereikt. De doorwerking van sturingsacties naar andere locaties is met zo'n blackbox-benadering *echter moeilijk te bepalen*.

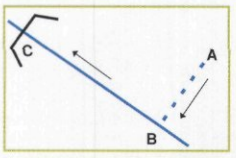
De marges ("speelruimte") bij het optimaliseren van doelrealisatie hangen sterk af van de snelheid waarmee en mate waarin de waterbeheerder de grondwaterstand kan bijsturen na een forse neerslaghoeveelheid en de mate en snelheid waarmee een tijdelijke peilverhoging door een afvoergolf doorwerkt in de grondwaterstand. In ieder geval dient men te voorkomen dat schade door wateroverlast optreedt.
Het passeren van een afvoergolf zal vaak maar een beperkt effect hebben op de grondwaterstand. Bij minder goed doorlatende gronden zal het neerslagoverschot minder snel worden afgevoerd en leiden tot grondwaterstandsverhogingen. Drainage versnelt de uitwisseling naar beide kanten. Er is behoefte aan een voldoende laag vochtgehalte in de bovengrond (voor de landbouw) in verband met draagkracht en bewerkbaarheid. Daarom is bij klei- en veengronden een diepere grondwaterstand gewenst dan bij zandgronden. Vanwege de geringere bergingsmogelijkheden stijgt de grondwaterstand bij *eenzelfde neerslaghoeveelheid* bij kleigronden bovendien meer dan bij zand (bij vochtgehalten tussen veldcapaciteit en verzadiging en zonder rekening te houden met scheurvorming in de klei). In kleigebieden zijn de mogelijkheden om de grondwaterstand snel bij te sturen beperkt. Men zal er dus een voorzichtiger peilbeheer voeren dan in zandgebieden.

Het volgende voorbeeld geeft het effect weer van het treffen van beheers- en onderhoudsmaatregelen voor een fictief zandgebied.

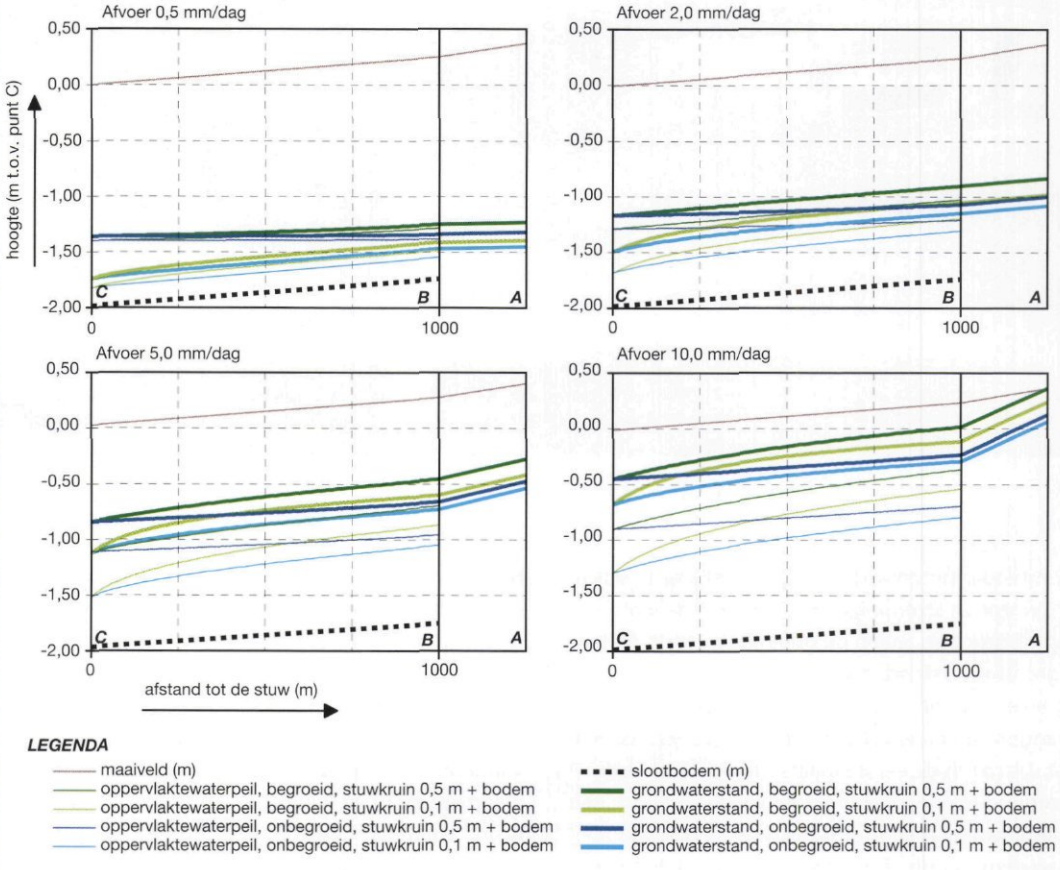
Bijsturen door ander peilbeheer . . .

. . . of aangepast onderhoud.

Het effect van beheer en onderhoud op waterstanden: een stationair rekenvoorbeeld



In een vlak en goed doorlatend zandgebied ligt punt A op de waterscheiding op 250 m afstand van punt B in een waterloop. De bodem van de waterloop ligt 2 m beneden het maaiveld en de bodembreedte is 1,50 m; beide taluds hebben een helling van 1:1,5. De afstand tussen punt B en C op deze waterloop is 1 km. Bij punt B bedraagt de afwaterende oppervlakte 1000 ha. Onder drainerende omstandigheden is de weerstand van de slootbodem 0,5 dag. Bij punt C bevindt zich een regelbare stuw met een kruinbreedte van 1,5 m. Er is sprake van één pakket met een kD van 1000 $m^2.dag^{-1}$, dat tot op de hydrologische basis reikt. Kwel en wegzijging spelen hier geen rol. Het verhang van de slootbodem en het lengteverhang van het maaiveld bedragen 0,25 ‰. Het dwarsverhang van het maaiveld is 0,5 ‰.



In bovenstaande figuren zijn de grond- en oppervlaktewaterstanden weergegeven voor verschillende afvoeren en beheers- en onderhoudssituaties. De dunne lijnen lopen alleen tussen B en C en representeren de oppervlaktewaterpeilen. De bijbehorende grondwaterstanden tussen A en C zijn met een dikkere lijn weergegeven. Opgemerkt wordt dat de grondwaterstanden tussen punt C en B betrekking hebben op de grondwaterstand vlak bij de waterloop. Het grondwaterstandsverloop tussen A en B is gemakshalve als een rechte lijn getekend. Een begroeide waterloop is hier gedefinieerd als een waterloop met een watervegetatie waarvan de hoogte de helft bedraagt van de waterdiepte bij de stuw; de W-waarde (weerstandswaarde) bedraagt 250 $m.s^{-1}$. Beide groene lijnen betreffen situaties met begroeiing in de waterloop bij twee verschillende hoogtes van de stuwkruin. De lichtblauwe lijnen gelden voor een onbegroeide waterloop met een stuwkruin op 0,10 m boven de bodem van de waterloop; bij de donkerblauwe lijnen is dit 0,50 m.

Vergelijking van de verschillende grafieken geeft een indruk van het effect van de onderhoudssituatie van de waterloop en de kruinhoogte van de stuw op de grondwaterstand. Af te lezen is bijvoorbeeld dat bij de hoge 'klepstand' door schoning van de waterloop de grondwaterstand bij A 0,24 m daalt indien de afvoer 10 $mm.d^{-1}$ bedraagt (grafiek rechtsonder). Als in plaats van te schonen de 'klepstand' met 0,40 m wordt verlaagd daalt de grondwaterstand bij A 0,12 m (bij een afvoer van 10 $mm.d^{-1}$). Een combinatie van schoning en het omlaag draaien van de stuw met 0,40 m levert bij A een grondwaterstandsverlaging van 0,30 m op, slechts 0,06 m meer dan alleen schonen. In dit specifieke geval is schonen dus een effectievere maatregel dan verlaging van de kruinhoogte van de stuw om bij hoge afvoeren de grondwaterstanden te sturen.
Bij toenemende stroomopwaarste afstand tot de stuw wordt wijziging van de kruinhoogte van de stuw stroomopwaarts steeds meer teniet gedaan door de opbouw van het verhang in de waterloop. Door de wijziging van de oppervlakte van het contactvlak tussen grond- en oppervlaktewatersysteem treedt vervolgens richting grondwater een verdere afvlakking van het effect op van de wijziging van de kruinhoogte van de stuw. Dit effect is in de figuren ook waarneembaar. In z'n algemeenheid geldt dat de mogelijkheden om via het treffen van beheers- en onderhoudsmaatregelen de grondwaterstanden te sturen, groter worden naarmate het debiet en de afstand tot de stuw kleiner zijn.
Ondanks dat het hier een sterk vereenvoudigd voorbeeld betreft, zijn uit de afgeleide figuren tal van andere interpretaties mogelijk, waarmee inzicht wordt verkregen op het effect van peil- en onderhoudsmaatregelen.

Verflauwing van taluds vraagt om inrichtingsmaatregelen (Foto: W. Schippers)

Ongewenste afvoer zoveel mogelijk tegen gaan.

Inrichtingsmaatregelen

Indien blijkt dat het treffen van beheers- en onderhoudsmaatregelen niet het gewenste effect heeft, kunnen inrichtingsmaatregelen worden overwogen aan het waterbeheersingssysteem (optie b in de figuur op de achterflap) of eventueel aan het ontwateringssysteem (optie c in de figuur op de achterflap).

In de ontwerpfase kan de ingreep-effect-analyse eigenlijk alleen plaatsvinden met behulp van hydrologische modelberekeningen of op basis van expert judgement. Nadeel bij de modelberekeningen is dat het model alleen voor de bestaande situatie kan worden geijkt en geverifieerd en dat de onzekerheid over de voorspellingen van het model toeneemt naarmate men de bestaande hydrologische situatie ingrijpender wijzigt. Het nadeel van de extrapolatie van praktijkervaringen is, dat dit naar de hedendaagse maatstaven in veel gevallen onvoldoende kwantitatieve aanknopingspunten biedt. Voor eenvoudige maatregelen, zoals aanleg van drainage, is praktijkervaring meestal wel voldoende.

De hoeveelheid water die het oppervlaktewatersysteem moet afvoeren en de verdeling daarvan in de tijd, wordt in grote mate bepaald door de neerslagverdeling en de hydrologie van het gebied. Voor het ontwerp van een waterbeheersingsplan gaat men uit van de veeljarig gemiddelde weersituatie. Geprobeerd wordt om de afvoer van het neerslagoverschot zo over het (diepe) grondwatersysteem en het oppervlaktewatersysteem te verdelen, dat het grondwaterstandsverloop binnen de gestelde marges blijft.

In kwel- en poldergebieden betekent dit dat het grootste deel van het neerslagoverschot via het oppervlaktewater wordt afgevoerd. Het is daarbij zaak om het gebiedseigen water zoveel mogelijk vast te houden teneinde 's zomers de inlaat van gebiedsvreemd water tot een minimum te kunnen beperken.

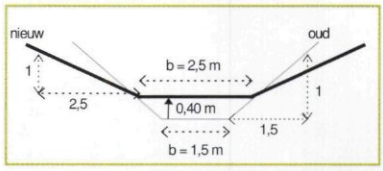
In de hellende zandgebieden waar 's zomers de grondwaterstanden te diep wegzakken dient men de kunstmatige afvoer via het oppervlaktewatersysteem zoveel mogelijk te tegen te gaan. Met kunstmatige afvoer wordt de gestimuleerde afwatering via gegraven waterlopen bedoeld en dus niet de afvoer via de natuurlijke lopen en beken. Het oppervlaktewatersysteem moet men meer zien als veiligheidssysteem voor extremere afvoersituaties. Het systeem moet daartoe voldoende transportcapaciteit hebben en voor zeer extreme afvoersituaties moet men beschikken over retentiemogelijkheden. Het tegengaan van ongewenste ontwatering in de hellende gebieden door verondieping van waterlopen is, een goede optie om verdroging te bestrijden en levert een positieve bijdrage aan herstel van het watersysteem. Niet de afvoersituatie die 1,5 dag of 15 dagen per jaar optreedt of wordt overschreden is richtinggevend voor het ontwerp, maar de afvoersituatie bij 150 à 200 dagen per jaar. Bij deze afvoeren hoort een maximale drooglegging.

Indien de effecten van de maatregelen voor aanpassing van het waterbeheersingssysteem nog steeds niet toereikend zijn om het OGR voldoende te benaderen, is verder onderzoek nodig naar mogelijke oplossingen. Deze oplossingen kan men vinden door meer structurele aanpassingen van het ontwateringssysteem (optie c in de figuur op de achterflap). In sommige gevallen kan het noodzakelijk zijn om het totale detailontwateringssysteem (buisdrainage) in een beheerseenheid aan te passen.

Met name in kleigebieden hebben maatregelen aan het waterbeheersingssysteem alléén weinig effect op de grondwaterstanden. De doorlatendheid en infiltratiecapaciteit in dergelijke gebieden zijn (zeer) gering. Dit betekent dat de infiltratiemogelijkheden van de gronden en de afvoermogelijkheden uit het bodemprofiel naar het grondwater door bijvoorbeeld slootpeilveranderingen en aanleg van extra waterlopen gering zijn. Het laten infiltreren en intensiveren en/of verondiepen van de drainage kan daarentegen een substantiële bijdrage leveren aan het bereiken van de gewenste situatie.

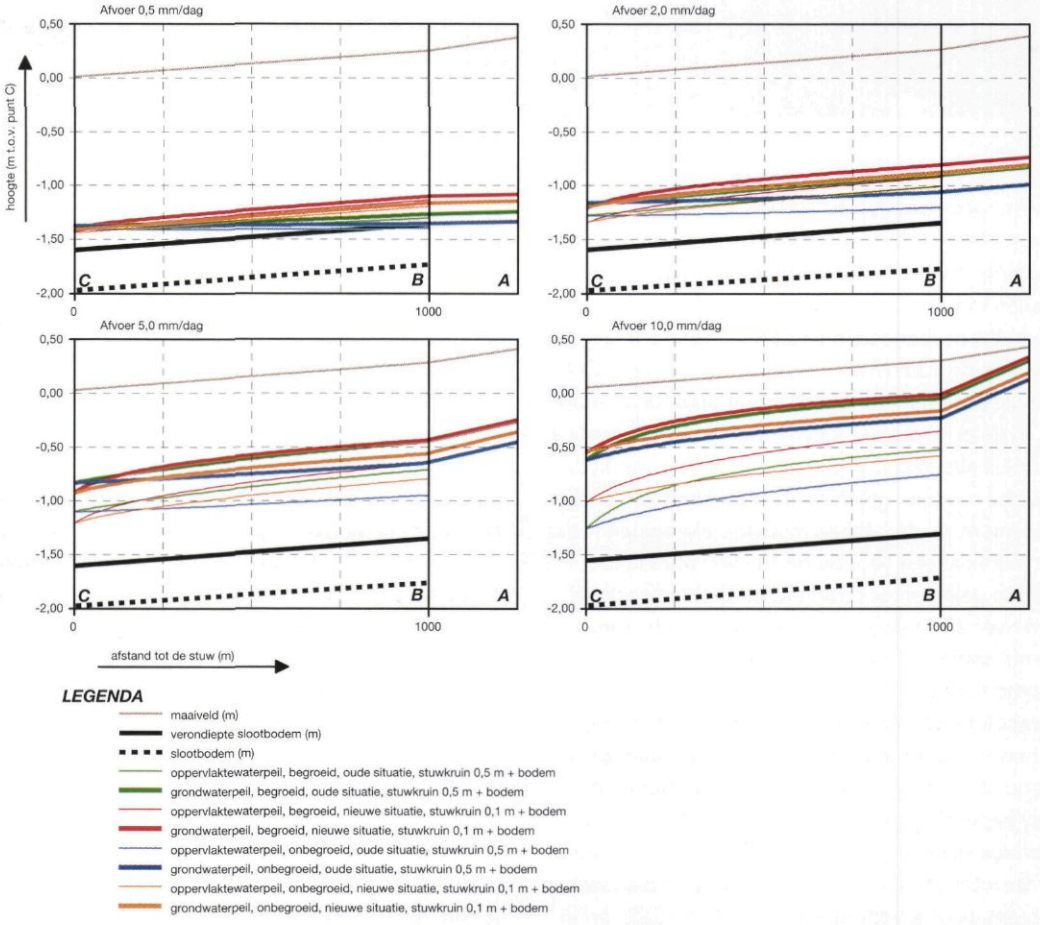
Het volgende kader is een vervolg op het kader op de vorige pagina. Daar werd getracht met het treffen van beheers- en onderhoudsmaatregelen het grondwaterregime te sturen. Hieronder is nagegaan welke resultaten men kan behalen met het treffen van inrichtingsmaatregelen.

Het effect van inrichting op waterstanden in een stationair, hypothetisch rekenvoorbeeld



De waterloop in het eerder behandelde rekenvoorbeeld is nu geherprofileerd. De bodem ligt 0,40 m ondieper en de taluds zijn verflauwd tot 1:2,5. De nieuwe bodembreedte is 2,5 m. De totale oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de waterloop neemt hierdoor toe van 9 tot ca. 10,5 m². Verder is de beweegbare stuw vervangen door een vaste stuw met een breedte van 2,50 m. De kruin ervan bevindt zich 0,10 m boven de (nieuwe) bodem. In absolute zin komt de kruinhoogte in de nieuwe situatie dus overeen met de kruinhoogte van 0,50 m boven de slootbodem in de oude situatie.

In onderstaande figuren zijn enige gegevens herhaald uit het eerste deel van dit rekenvoorbeeld. Aanvullend zijn de grond- en oppervlaktewaterstanden weergegeven die bij de verschillende afvoeren worden gerealiseerd in de nieuwe situatie. Vergelijking wijst uit dat de grondwaterstanden bij verschillende afvoeren in de nieuwe situatie redelijk overeenkomen met die in de oude. In de oude situatie was het evenwel nodig om bij hoge afvoeren de stuw naar beneden te draaien; in de nieuwe situatie hoeft (en kan) dit niet. Omdat de bodem van de waterloop nu 0,40 m hoger ligt ontstaan bij zeer lage afvoeren in de nieuwe situatie wezenlijk hogere grondwaterstanden. Dit effect zal nog groter zijn als de afvoer geheel stopt met als gevolg dat het peil in de waterloop niet gehandhaafd kan worden en de waterloop droogvalt.



Beïnvloeding van de waterkwaliteit

In Laag-Nederland heeft de waterkwaliteit al lange tijd de aandacht, omdat de zoute of brakke kwel problemen oplevert voor de landbouw. In Hoog-Nederland was de waterkwaliteit landbouwkundig nooit een probleem en is de huidige aandacht voor de waterkwaliteit een gevolg van de eisen voortvloeiend uit de natuurfunctie.

Bij de waterkwaliteit is onderscheid te maken tussen twee typen "verontreinigende" stoffen, namelijk die met een natuurlijke herkomst zoals chloride en fosfaten en die met een antropogene herkomst zoals meststoffen (N, P) en bestrijdingsmiddelen. Om de waterkwaliteit gericht te kunnen beïnvloeden dient men de bron en de emissieroute van de betreffende stof(fen) te kennen. Het maakt voor de aanpak vanzelfsprekend heel wat verschil of een stof in het grond- en/of oppervlaktewatersysteem komt via:

- de lucht en de neerslag;
- lozing in het oppervlaktewater en vervolgens via subinfiltratie of inundatie in het grondwatersysteem;
- uitspoeling uit de wortelzone, verwaaiing van bestrijdingsmiddelen (verliesposten);
- aanvoer en subinfiltratie van systeemvreemd water;
- natuurlijke processen, zoals brakke en/of fosfaatrijke kwel.

Bij het streven naar duurzame watersystemen past het saneren en terugdringen aan de bron van verontreinigingen, veroorzaakt door antropogene activiteiten. Vanwege de financiële consequenties blijken de wenselijke en haalbare reductie van de uitstoot van stoffen in de praktijk vaak nog ver uit elkaar te liggen. Structurele oplossingen voor water-

kwaliteitsvraagstukken moeten vooral komen uit de wet- en regelgeving, bijvoorbeeld ten aanzien van de lozing van stoffen (via de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO)), de bemesting in de landbouw en de toelating en het gebruik van bestrijdingsmiddelen.
In het waterbeheer hebben structurele maatregelen betrekking op het herstel van de natuurlijke watersystemen, met name door herstel van de kwelintensiteit door water te conserveren in infiltratiegebieden en door te stoppen met inlaten van systeemvreemd oppervlaktewater. Tekortkomingen van de waterkwaliteit dienen bij voorkeur worden voorkomen door in te grijpen bij de bron van de verontreiniging. Dat is helaas niet altijd mogelijk. Sturing van het watersysteem biedt dan soms de mogelijkheid om de waterkwaliteit te verbeteren. Een voorbeeld van sturing op waterkwaliteit ter beperking van de inlaat van systeemvreemd oppervlaktewater is gegeven in Lobbrecht (1997a). In een polder met veel glastuinbouw blijkt men met sturing te kunnen voldoen aan de chloride-norm voor het oppervlaktewater, waarbij ten opzichte van de gangbare vormen van beheer de omvangrijke inlaat van water ongeveer kan worden gehalveerd.
Omdat waterkwaliteitseisen altijd in het licht van de aanwezige functies moeten worden bezien, zou men een tekortkoming in de waterkwaliteit ook door een andere functietoekenning kunnen opheffen.

Maatregelen ter verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit zijn bijvoorbeeld:

- voor de landbouw: doorspoelen van het oppervlaktewater in verband met een verhoogde chloride-concentratie door zoute kwel. Uit het oogpunt van de natuur kan zoute of brakke kwel echter weer wel gewenst zijn;
- voor de natuur: voorbehandelen van inlaatwater ter beperking van de eutrofiëring (bijvoorbeeld door aanleg van helofytenfilters en defosfatering). Het defosfateren van landbouwwater heeft echter geen zin als via regionale kwel fosfaatrijk water wordt aangevoerd. Als fosfaat een probleem vormt, kan een natuurtype worden overwogen dat minder hoge eisen stelt;
- bestrijding aan de bron en terugdringen van verliezen. Het instellen van mest- en spuitvrije zones langs waterlopen kan directe verontreiniging van en/of afspoeling naar het oppervlaktewatersysteem beperken of voorkomen. Sanering van lozingen via de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater;
- de aanvoer van gebiedsvreemd water minimaliseren: waterconservering in plaats van wateraanvoer.

Maatregelen ter verbetering van de grondwaterkwaliteit zijn onder andere:

- verbeteren van de kwaliteit (en intensiteit) van het kwelwater. Het onderweg van infiltratie- naar kwelgebied verontreinigd raken met onder andere nutriënten en bestrijdingsmiddelen van grondwater kan men voorkomen door watersysteemherstel (en eventueel maatregelen in het kader van de ruimtelijke ordening);
- voorkomen dat het regenwater in een kwelgebied de kwel in de wortelzone verdringt. De infiltratie van het regenwater kan beperkt worden door het perceel onder andere bol te leggen of van een ondiepe begreppeling te voorzien;
- voorkomen dat systeemvreemd of geëutrofieerd en/of verontreinigd oppervlaktewater infiltreert (met name in natuurgebieden). Waterconservering in plaats van wateraanvoer.

Terugdringen van verontreinigingen aan de bron, bijvoorbeeld doo "spuiten op maat".

Bij aanpak van de milieuthema's verdroging en vermesting kan een probleem ontstaan, omdat de bodem bij vernatting minder fosfaat vasthoudt en dit kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Het verlagen van het P-gehalte van het oppervlaktewater kan daardoor worden gefrustreerd. Indien in de landbouw een verbetering van de watervoorziening voor het gewas optreedt, dan leidt verdrogingsbestrijding (vernatting) daarentegen tot geringere verliezen van N en P vanwege een toename van de benutting door het gewas.

4.5.3 Maatregelen door de grondgebruiker

Nadat op het niveau van de waterbeheerder de mogelijkheden voor sturing via het oppervlaktewatersysteem zijn onderzocht en vastgelegd, moet men nagaan welke maatregelen op het niveau van de grondgebruiker (bijvoorbeeld de individuele landbouwer of de beheerder van een natuurgebied) nog zijn te nemen voor verdere optimalisatie van de hydrologische situatie. In het stappenschema is dit aangeduid met de term fijnregeling. Binnen een waterbeheerseenheid is immers altijd sprake van een zekere variatie in bijvoorbeeld hoogteligging, bodemopbouw en bodemgebruik. Het is organisatorisch en economisch niet doenlijk om op water-

1

2

3

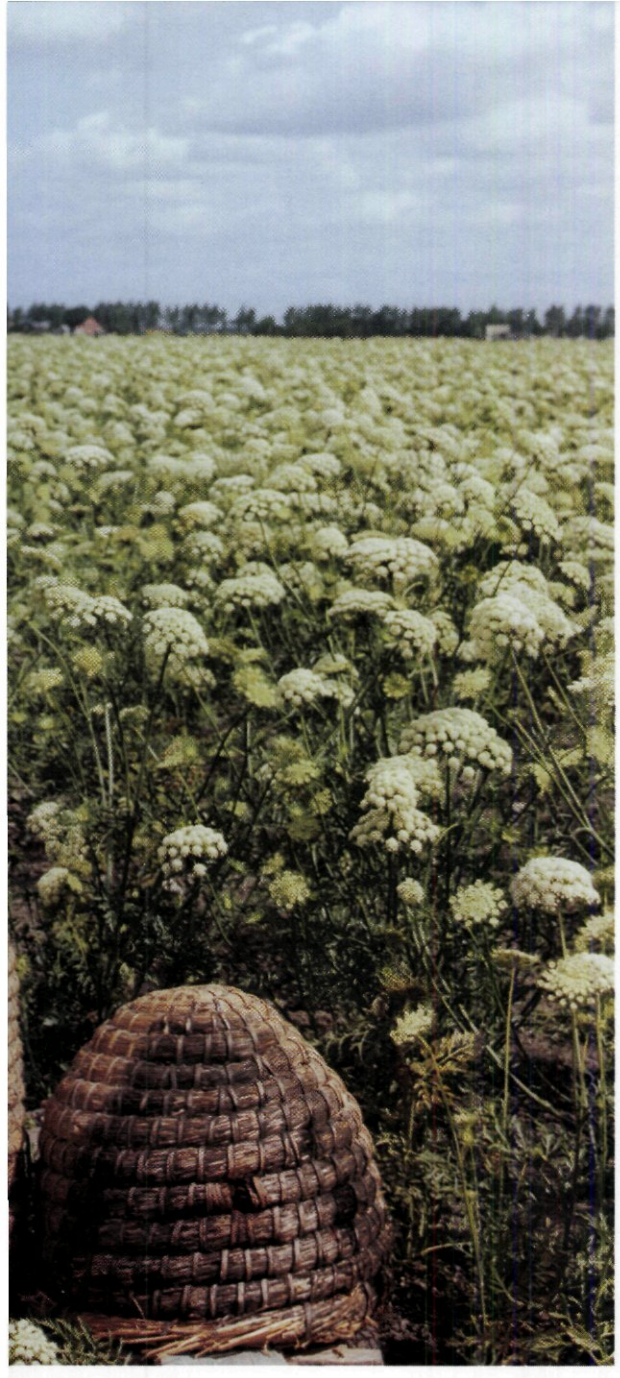
schapsniveau de hydrologische situatie precies af te stemmen op deze variaties en tot op perceels- of standplaatsniveau te sturen. Overigens kan onder fijnregeling ook worden verstaan het 'inspelen' op de aanwezige variaties en de hieruit voortvloeiende beperkingen, bijvoorbeeld door aanpassing van de bedrijfsvoering of aanpassing van de gewaskeuze. In het navolgende wordt kort een aantal aandachtspunten ten aanzien van fijnregeling aangestipt.

Detailontwatering

Detailontwatering in landbouwgebieden hoeft alleen te functioneren indien dit in verband met de bedrijfsvoering noodzakelijk is. Als de gewenste vochttoestand van de bovengrond is bereikt, is verdere ontwatering met het oog op verdroging ongewenst. Een mogelijkheid om ongewenste ontwatering te voorkomen is bijvoorbeeld het tijdelijk afsluiten van duikers in perceelssloten. Andere mogelijkheden zijn bijvoorbeeld het regelbaar maken van drainage of het ondieper aanleggen van drainage. In de praktijk stuiten deze maatregelen vaak op bezwaren (arbeidsinspanning, kosten).

Beregening

Voorzover beregening uit grond- en oppervlaktewater is toegestaan, zal dit zo efficiënt mogelijk en met zo weinig mogelijk verliezen moeten plaatsvinden. In navolging van de mineralenboekhouding is hierbij te denken aan onder andere het bijhouden van een vochtboekhouding (Bleumink en Buys, 1996; Boland et al., 1996). Om in droge perioden te kunnen beregenen, kan men ook denken aan het inrichten van regenwaterbassins, zoals die ook in de glastuinbouw worden gebruikt.



4

Onderbemaling
Voor laaggelegen landbouwenclaves in een peilvak kan het toepassen van onderbemaling een betere oplossing vormen dan het afstemmen van het peil in het peilvak op de laagste delen. Aan een dergelijke onderbemaling zal men wel nadere regels moeten stellen.

Grondbewerking
Door het uitvoeren van grondbewerkingen kan plaatselijke droogteschade en/of wateroverlast worden tegengaan. Te denken is bijvoorbeeld aan het opheffen van storende lagen, het egaliseren van terreinen met lage plekken en profielverbetering (ter verbetering van de doorlatendheid en de vochtbindende eigenschappen).

Aanpassing bedrijfsvoering/gewaskeuze
Indien er sprake is van problemen met de draagkracht, kan men kiezen voor een mechanisatievorm die een geringere draagkrachtbehoefte met zich meebrengt. Intensief gebruikte kavelpaden in bijvoorbeeld veenweidegebieden kunnen zo nodig verstevigd worden met rijplaten. Door gebruik te maken van dieper wortelende gewassen (of rassen) is de kans op droogteschade te verminderen.

Standplaatscondities natuur
Waterbeheersingsmaatregelen in natuurterreinen zijn doorgaans slechts één onderdeel van een pakket maatregelen om de noodzakelijke standplaatscondities voor het gewenste natuurtype te realiseren. Andere maatregelen betreffen onder andere verschraling van de bovengrond, aanpassing van het maaibeheer en de begrazing en het aanbrengen van reliëf in het terrein.

Waterinlaat in natuurgebieden
Waterinlaat is bij natuurgebieden vaak een moeilijk punt omdat de waterkwaliteit in veel gevallen ontoereikend is. In extreem droge perioden staat men dan ook voor de keus om een tekort aan water te accepteren of om water in te laten met een ongewenste kwaliteit. Met helofytenfilters kan de trofiegraad van het inlaatwater worden gereduceerd (De Ridder, 1996).

Waterconservering
Waterconservering in natuurgebieden is vaak gericht op het vasthouden van gebiedseigen water, afkomstig van door kwel aangevoerd grondwater. Water van regenwaterkwaliteit wil men in kwelgebieden vaak snel kwijt omdat dit het kwelwater uit de wortelzone kan verdringen. Het bol leggen van het maaiveld en het aanleggen van een ondiepe begreppeling kan helpen om het ontstaan van neerslaglenzen te voorkomen.
Waterconserveringsmaatregelen bestaan voorts vooral uit het verondiepen en dempen van sloten of het plaatsen van stuwen en damwanden.
In hoogveengebieden wordt soms ook plastic folie als damwand in de grond gebracht om de laterale afstroming via het ondiep grondwater te beperken.

1 Mits toegestaan kan de grondgebruiker beregenen . . .

2 . . . om goede oogst te garanderen.

3 Bestuiving ook zaak grondgebruiker.

4 Gebiedsvreemd water is hier ook ongewenst.

Voorbeeld zandgebied, stap 4

Uit stap 3 is naar voren gekomen dat het AGR voor cultuurgrasland goed overeenkomt met het daarbij behorend OGR. Dit geldt helaas niet voor de halfnatuurlijke graslanden. Deze dienen in het beekdal over hun volledige oppervlakte een optimale (grond)waterhuishouding te krijgen, waarbij de drinkwaterwinning op hetzelfde niveau gehandhaafd dient te blijven als voorheen. In deze stap worden eerst de oorzaken onderzocht die ten grondslag liggen aan de gesignaleerde knelpunten. Daarna wordt bekeken welke maatregelen getroffen kunnen worden en wat de effecten daarvan zijn.

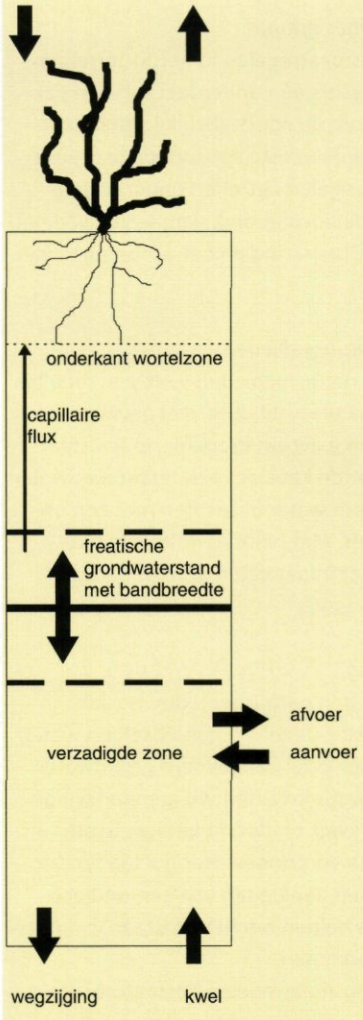
In het zandgebied zijn zowel regionale stromingen (van infiltratiegebied naar kwelgebied) als lokale processen in het kwelgebied van belang. De regionale grondwaterstroming zorgt voor een redelijk constante kweldruk in het kwelgebied en voor de aanvoer van relatief zuiver en kalkrijk grondwater (beide van belang voor de halfnatuurlijke graslanden). Naast de regionale stroming speelt ook de lokale inrichting (onder andere oppervlaktewaterpeilen, slootdichtheid, dimensionering en soort detailontwatering) een belangrijke rol in relatie tot het AGR.

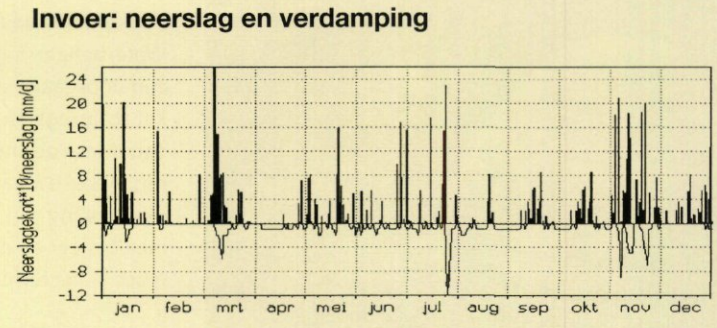
Deze korte inleiding van stap 4 betreft een (korte) kwalitatieve beschrijving (en analyse) van het hydrologisch systeem. De gegevens zijn afkomstig van de hydrologische systeemanalyse uit stap 2. Naast een kwalitatieve beschrijving van het hydrologisch systeem dient dit systeem ook te worden gemodelleerd. Uit de modelresultaten kan men conclusies trekken over de mate waarin bepaalde processen verantwoordelijk zijn voor het optreden van de gesignaleerde knelpunten. Uit het model van het hydrologisch systeem komt naar voren dat er in het kwelgebied zowel een regionaal als een lokaal probleem voorkomt, namelijk:

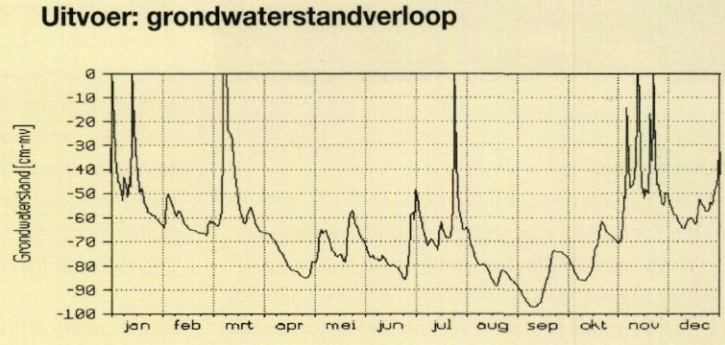
- afname van regionale kwel veroorzaakt lagere grondwaterstanden met name in het kwelgebied en een afname van het oppervlak waar kwel uittreedt;
- afname van regionale kwel betekent minder aanvoer van grondwater van de vereiste kwaliteit;
- de lokale waterhuishouding veroorzaakt in het kwelgebied in de huidige situatie te lage grondwaterstanden.

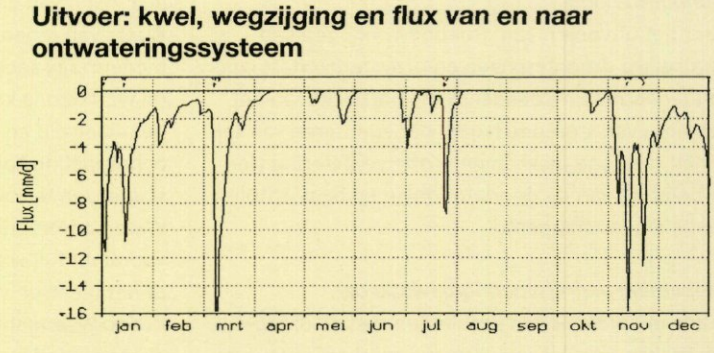
Vervolgens is gezocht naar maatregelen die deze problemen kunnen verhelpen. In het zandgebied gaat het dan om:

1. Herstel kwelflux van het regionale systeem door:
   - een vergroting van de infiltratie in het infiltratiegebied door vermindering oppervlakkige afvoer (dempen waterlopen, onklaar maken detailontwatering);
   - een vergroting van de retentiemogelijkheden en realisatie van aanvoer van oppervlaktewater;
   - *het omzetten van naaldhout in loofhout ter vermindering van de transpiratie (verloofing).*
2. Optimalisering lokale grondwaterhuishouding, door:
   - peilverhoging in het open water;
   - het dempen van waterlopen;
   - een andere dimensionering van de waterlopen (verbreding, verondieping);
   - het vergroten van de intreeweerstand van de waterlopen door begroeiing intact te laten en minder te schonen;
   - het verwijderen van buisdrainage of omschakelen tot infiltrerende buisdrainage (fijnregeling).









figuur l Voorbeeld van invoer en uitvoer van het computerprogramma voor de berekening van de grondwaterstanden in bovenstaand schematisch bodemprofiel

Een randvoorwaarde in dit zandgebied is dat het verminderen van de drinkwateronttrekking als belangrijkste watersysteem-herstellende maatregel niet betrokken mag worden in de oplossingen. Echter indien deze oorzaak cruciaal blijkt te zijn (bijvoorbeeld als conclusie uit verdergaand onderzoek), dan ligt het probleem op het niveau van de functieaanwijzing en derhalve weer bij de functietoekennende instanties (provincie). Op dit niveau dient men dan de functietoekenning te heroverwegen.

De effecten van de te treffen maatregelen zijn onderzocht met behulp van een computerprogramma. Daarmee is de niet-stationaire stroming in de onverzadigde zone gesimuleerd. Ruimtelijke hydrologische aspecten zijn in dit programma slechts als randvoorwaarden opgenomen. In het bodemprofiel wordt het verloop van de grondwaterstand berekend, afhankelijk van de neerslag en de verdamping (het gewas), de bodemfysische eigenschappen, de 'onderrand' (i.e. een koppeling met het verzadigd grondwatersysteem) en de aan- en afvoer vanuit en naar het oppervlaktewater. Het model is schematisch opgenomen in figuur l.

Om na te gaan of lokale maatregelen voldoende zijn voor het oplossen van de problemen, is eerst de optimalisering van de lokale grondwaterhuishouding onderzocht. Met het model is het effect van een peilverhoging bepaald. Het verwachte grondwaterregime (VGR) bij het treffen van deze maatregel is opgenomen in figuur m.

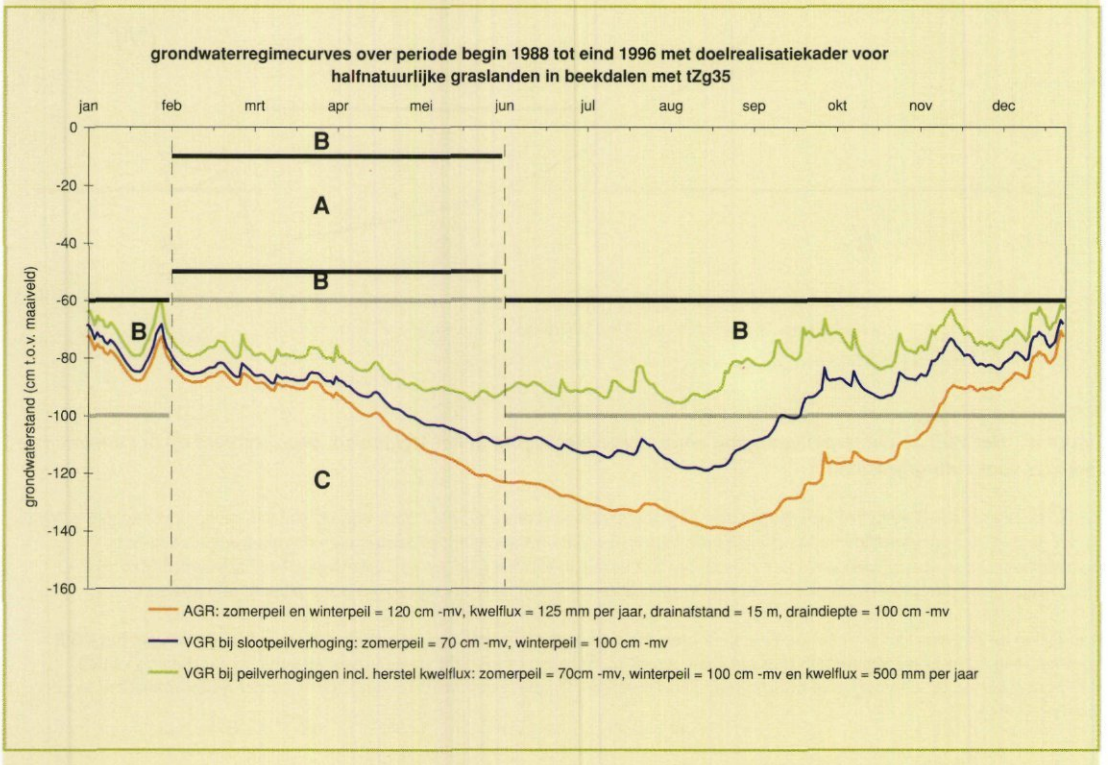
De peilverhoging bestaat uit een verhoging van het zomerpeil met 50 cm (van 120 naar 70 cm -mv) en van het winterpeil met 20 cm (van 120 naar 100 cm -mv). Uit figuur m komt naar voren dat de grondwaterstand in de zomer gemiddeld met circa 20 tot 40 cm stijgt. Grondwaterstanden in de winter stijgen met circa 5 tot 10 cm. Ondanks deze verhogingen van de grondwaterstand komt het VGR voor de halfnatuurlijke graslanden via deze maatregel nog steeds onvoldoende overeen met het OGR.

De overige maatregelen, waaronder het vergroten van de intreeweerstand en het dempen en verondiepen van sloten zijn eveneens met het model onderzocht , maar blijken slechts geringe positieve effecten op te leveren. Indien deze maatregelen buiten het kwelgebied worden getroffen, zullen er waarschijnlijk wel positieve effecten optreden in het kwelgebied. Analyse van dergelijke effecten vereist echter een ruimtelijke modellering.

De hierboven geschetste effecten van de maatregelen hebben slechts betrekking op dit voorbeeld. In andere situaties kunnen bovengenoemde maatregelen wel degelijk een positief effect hebben op het grondwaterstandsverloop.

Als nu wordt gesteld dat door maatregelen buiten het kwelgebied, de regionale kwelflux is 'hersteld', of in ieder geval aanzienlijk is toegenomen, dan blijkt dat een verhoging van de regionale kwel (inclusief de peilverhogingen) in het kwelgebied een aanzienlijk positief effect heeft op de zomergrondwaterstanden. Een verviervoudiging van de kwelflux, tot 500 mm. jr^{-1} (circa 1,5 mm. dag^{-1}), veroorzaakt verhogingen van de gemiddelde zomergrondwaterstanden van ongeveer 25 tot 40 cm (zie figuur m). Tijdens de kritische periode stijgen de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden echter niet zo sterk. Klaarblijkelijk zijn dan aanvullende maatregelen nodig. Toch is het herstel van de kwelflux als karakteristiek van het regionale hydrologische systeem een belangrijke voorwaarde om herstel van zomergrondwaterstanden te bewerkstelligen.

Concluderend kan worden gezegd dat in dit gebied verbeteringen aan het waterbeheersingssysteem alléén te weinig grondwaterstandsverhogende effecten veroorzaken, met name in het natte winter- en voorjaarstraject. Verhogingen van slootpeilen, alsmede het herstel van de regionale kwel, laten daarentegen aanzienlijke positieve effecten zien. Desondanks komt naar voren dat het OGR voor de halfnatuurlijke beekdalgraslanden in het natte traject niet haalbaar is. Aanvullende maatregelen, bijvoorbeeld aan de lokale drainage, moeten hieraan gaan bijdragen.



figuur m Het VGR bij maatregelen in het zandgebied, geprojecteerd op het doelrealisatiekader voor halfnatuurlijke graslanden in beekdalen

Voorbeeld kleigebied, stap 4

Ook in het kleigebied is een hydrologische systeemanalyse noodzakelijk om de oorzaken van de knelpunten te achterhalen. In hydrologisch opzicht bestaat het poldergebied uit een netwerk van vrij kleine en lokale naast elkaar gelegen grondwatersystemen, die met name door polderpeilverschillen in stand worden gehouden. Veel meer dan in het zandgebied blijkt dat in het kleigebied het oppervlaktewater in hoge mate de werking van de fluxen in de aanwezige grondwatersystemen bepaalt.

Naast de hydrologische systeemanalyse (kwalitatieve beschrijving) dient het hydrologisch systeem kwantitatief te worden gemodelleerd. Een kwantitatieve aanvulling is noodzakelijk om te weten in welke mate processen en problemen zich manifesteren. Hieruit komt onder andere naar voren dat de grondwaterstand zeer sterk afhankelijk blijkt te zijn van de meteorologische variabiliteit.

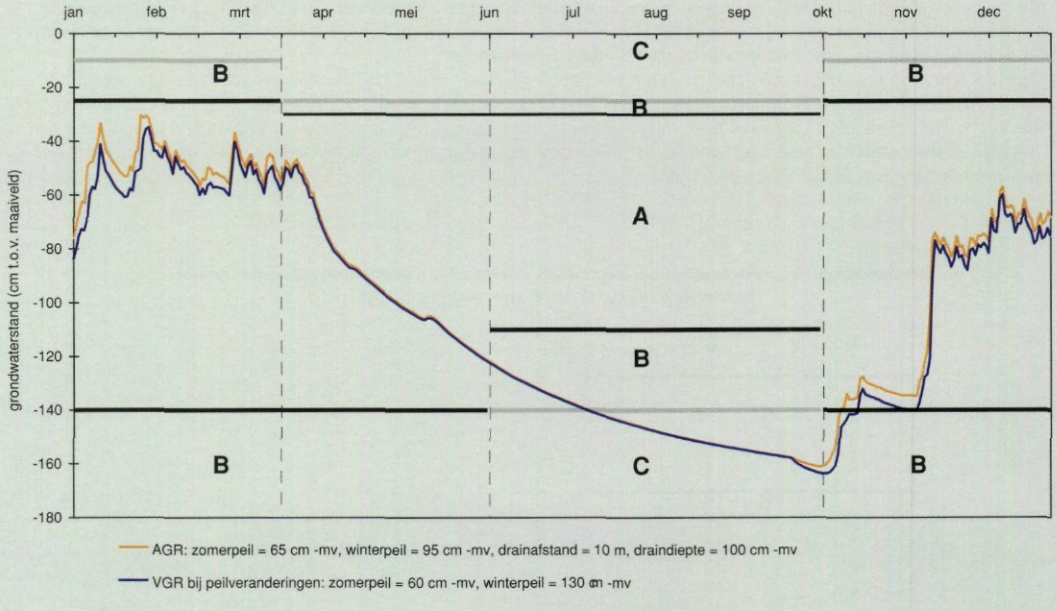
Op basis van de analyse van het hydrologisch systeem zijn de volgende maatregelen voorgesteld:

1. tegengaan van te hoge grondwaterstandspieken in de winter, door:
   - verlaging van het winterpolderpeil (bijsturen van potentiaalverschillen);
   - verdieping van de waterlopen (verkleining drainageweerstand);
   - aanleg extra waterlopen (verkleining drainageweerstand).
2. tegengaan van te lage grondwaterstanden in de zomer, door:
   - verhoging zomerpolderpeil (bijsturen potentiaalverschil);
   - verondieping van de waterlopen (vergroting drainageweerstand en radiale weerstand);
   - dempen van waterlopen (vergroting drainageweerstand);
   - waterconservering in het voorjaar (vergroting van de geborgen grondwatervoorraad).

Bovenstaande maatregelen kunnen niet willekeurig gecombineerd worden. De aanleg van extra waterlopen om grondwaterstandspieken in de winter en in het voorjaar terug te dringen kan men natuurlijk niet combineren met het verwijderen van waterlopen om het uitzakkingsverloop in de zomer terug te dringen.

Evenals in het zandgebied zijn de effecten van de te treffen maatregelen in het kleigebied gemodelleerd met behulp van het computerprogramma voor de simulatie van de niet-stationaire stroming in de onverzadigde zone (zie figuur l).

Het effect van een verlaging van het winterpeil met 35 cm (van 95 cm -mv naar 130 cm -mv) en een verhoging van het zomerpeil met 5 cm (van 65 cm -mv naar 60 cm -mv) is opgenomen in figuur n. Uit deze figuur komt naar voren dat met name gedurende de kritische periode (halverwege maart tot eind september) een verandering van het polderpeil nauwelijks invloed heeft op het grondwaterstandsverloop. Dit wordt veroorzaakt door de zeer geringe infiltratie- en afvoermogelijkheden uit het bodemprofiel naar het grondwater (vanwege de lage doorlatendheid en infiltratiecapaciteit van kleigrond).
Evenals bij polderpeilveranderingen heeft het verdichten van het waterbeheersingssysteem weinig invloed op de grondwaterstanden in de percelen.



figuur n Het VGR bij winterpeilverlaging en zomerpeilverhoging in het kleigebied, geprojecteerd op het doelrealisatiekader voor cultuurgrasland

Kon in het zandgebied de hydrologische situatie nog aanzienlijk verbeterd worden door een herstel van de oorspronkelijke kwelflux in het gebied, in het kleigebied blijkt optimalisatie met watersysteemherstellende maatregelen en maatregelen aan het waterbeheersingssysteem weinig zin te hebben voor het bereiken van het OGR op perceelsniveau. Verwacht wordt dat een structurele aanpassing van de detailontwatering een cruciale rol speelt om het OGR zo goed mogelijk te benaderen.

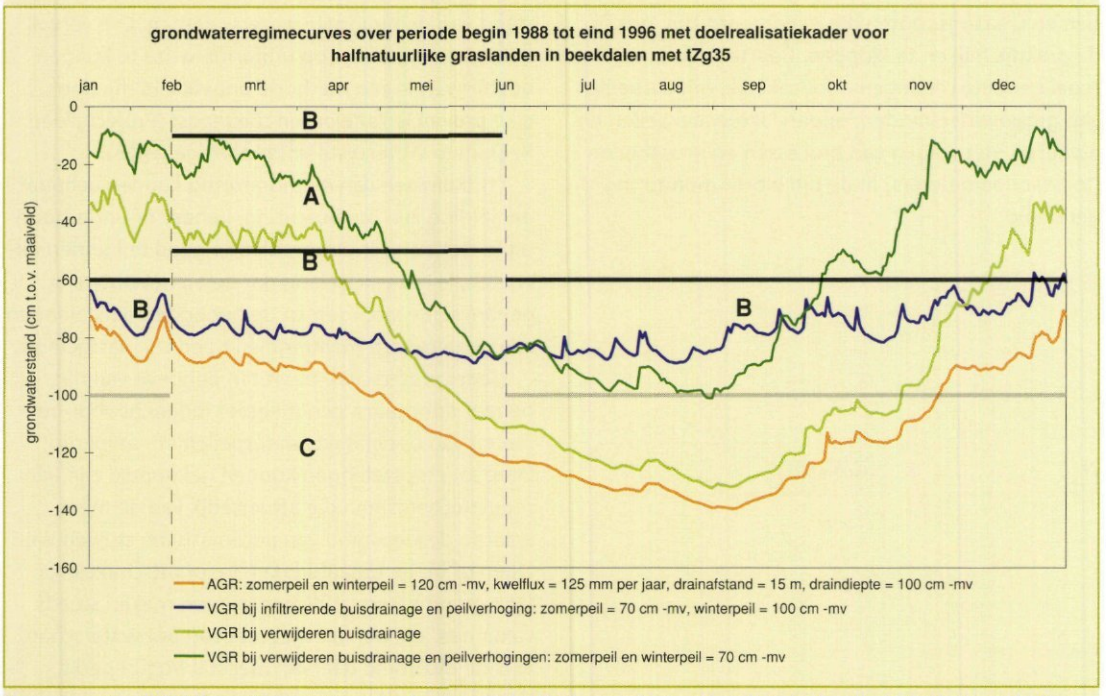
Aangezien de effecten van de maatregelen, genomen door de waterbeheerder en de inrichter, niet voldoende zijn om het VGR voldoende te laten overeenstemmen met het OGR, wordt nu bekeken of men dit via een meer structurele aanpassing van de detailontwatering (in dit voorbeeld buisdrainage) kan bereiken. Op perceelsniveau kan de situatie verder geoptimaliseerd worden via fijnregeling.

Voorbeeld zandgebied, stap 4 - vervolg

In het zandgebied zijn de effecten onderzocht van het gebruiken van buisdrainage als infiltratiemiddel en van het verwijderen van de buisdrainage. Het VGR bij het treffen van deze maatregelen is opgenomen in figuur o. Bij de analyse van de effecten van deze maatregelen moet men uitdrukkelijk rekening houden met het feit dat de grondwaterdieptegrenzen tussen de doelrealisatieklasse *ter discussie gesteld kunnen worden.*

Het laten infiltreren van de buisdrainage gaat gepaard met slootpeilverhogingen. Uit figuur o blijkt dat deze maatregel resulteert in een gelijkmatige grondwaterstand over het gehele jaar (gemiddeld ongeveer 80 cm -mv.met een afwijking van maximaal plus of min 15 cm). Met deze maatregel wordt nog steeds niet het gewenste effect bereikt. Daartoe is het noodzakelijk dat met name de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden verhoogd kunnen worden.
Door het verwijderen van de buisdrainage blijkt de situatie in de winter en in het voorjaar aanzienlijk te verbeteren (zie figuur o). De grondwaterstand bevindt zich dan in doelrealisatieklasse A. Echter vanaf halverwege maart zakt het grondwater aanzienlijk uit, waardoor de grondwaterstand in klasse C terecht komt. Dit kan leiden tot een achteruitgang van de halfnatuurlijke graslanden. Wanneer echter in combinatie met het verwijderen van de buisdrainage, zowel de zomer- als de winterpeilen verhoogd worden (beide tot 70 cm -mv), dan treedt er een verdere verbetering op van de situatie voor de halfnatuurlijke graslanden (zie figuur o). Over het gehele jaar bevindt de grondwaterregimecurve zich dan in doelrealisatieklasse A of B. Alleen vanaf halverwege april tot eind mei

valt de regimecurve in doelrealisatieklasse C. Een gelijktijdige uitvoering van zowel beheers- (en inrichtings)maatregelen als maatregelen aan de detailontwatering blijkt van groot belang te zijn om de gewenste hydrologische omstandigheden te bereiken. Het VGR voor halfnatuurlijke graslanden komt bij deze maatregel vrijwel overeen met het OGR. Met andere woorden: het gewenste grondwaterregime (GGR) in het zandgebied voor halfnatuurlijke beekdalgraslanden wordt vrijwel bereikt door het verwijderen van de buisdrainage en het verhogen van de oppervlaktewaterpeilen.

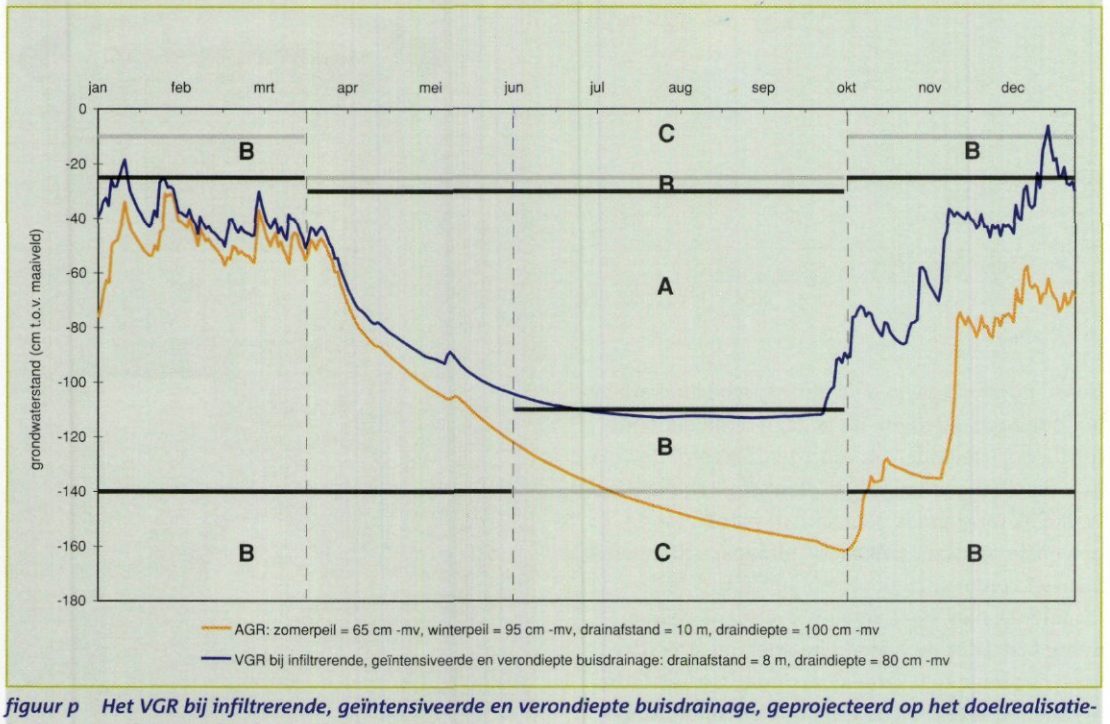


figuur o Het VGR bij overige maatregelen in het zandgebied, geprojecteerd op het doelrealisatiekader voor halfnatuurlijke graslanden in beekdalen

Uit het bovenstaande komt naar voren dat aanpassing van de detailontwatering van cruciaal belang blijkt te zijn voor het bereiken van de gewenste situatie voor de halfnatuurlijke beekdalgraslanden. Dit houdt echter niet in dat via aanpassing van de detailontwatering ook de eisen met betrekking tot de gewenste zuurgraad en voedingstoestand worden bereikt. Hiertoe zal men waarschijnlijk ook aanvullende waterkwaliteitsverbeterende maatregelen moeten treffen.

Voorbeeld kleigebied, stap 4 - vervolg

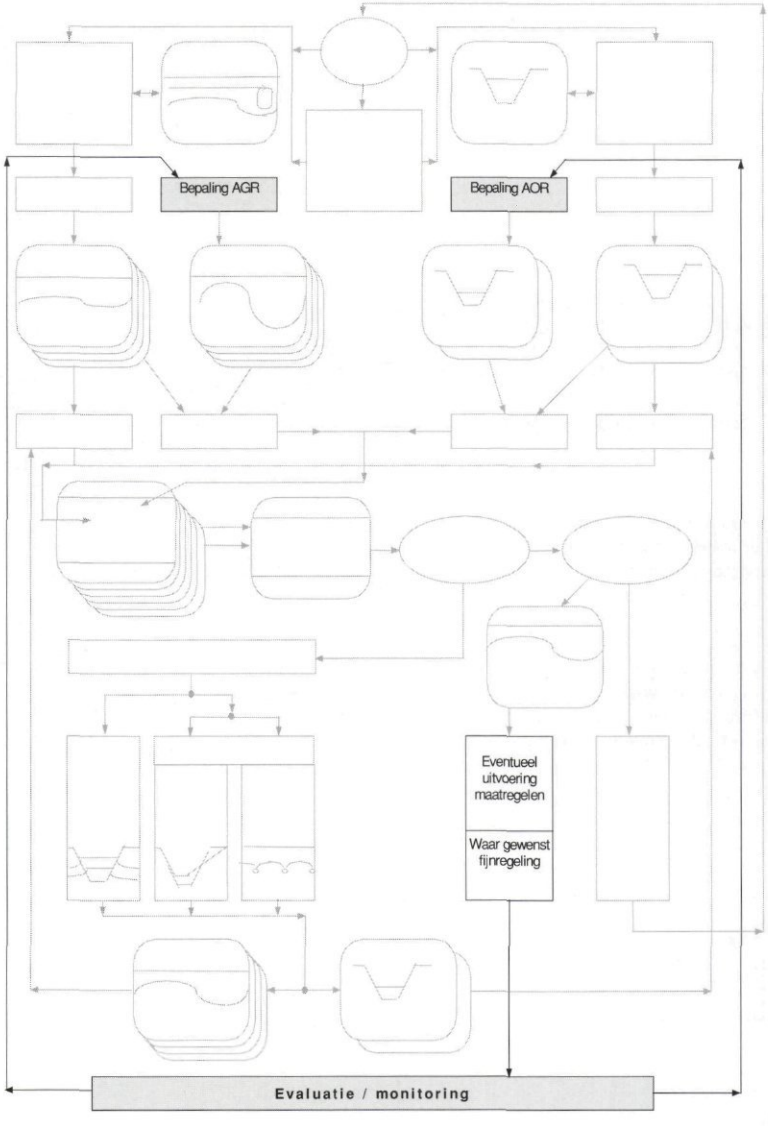
Om het te sterke uitzakkingsverloop van het grondwater in het kleigebied gedurende de zomer tegen te gaan, is onderzocht hoe het systeem reageert op infiltrerende buisdrainage. In figuur p is het verwachte grondwaterregime te zien bij een ondieper aangelegde buisdrainage (80 cm -mv in plaats van 100 cm -mv) die tevens kan infiltreren en een afname van de drainafstand (van 10 tot 8 m). Uit deze figuur blijkt dat de droogteschade gemiddeld genomen minder dan 12,5% bedraagt (doelrealisatieklasse B). Het probleem van de incidenteel te hoge grondwaterstanden in winter en voorjaar kan opgelost worden door het scheppen van mogelijkheden om de neerslag snel af te voeren. Hierbij moet men denken aan een intensivering en/of verondieping van de buisdrainage en aan het aanleggen van begreppeling.



figuur p Het VGR bij infiltrerende, geïntensiveerde en verondiepte buisdrainage, geprojecteerd op het doelrealisatiekader voor cultuurgrasland

4.6 Stap 5: Evaluatie en monitoring

Na uitvoering van de geselecteerde maatregelen is het zinvol om te controleren of de veronderstellingen en uitgangspunten die gehanteerd zijn, ook in de praktijk blijken te kloppen. Daartoe zijn in de regel gerichte metingen noodzakelijk, bijvoorbeeld van grondwaterstanden, oppervlaktewaterpeilen en afvoeren. Het volgen van processen en grootheden (toestandparameters) in de tijd wordt monitoring genoemd.



Naast monitoring van de hydrologisch stuurvariabelen is het ook goed om na te gaan of de beoogde functiedoelstellingen worden gerealiseerd. De vraag is, indien het gewenste hydrologische regime daadwerkelijk tot stand is gebracht, of dit ook tot de gewenste natuurontwikkeling, draagkracht, bewerkbaarheid en/of vochtvoorziening heeft geleid. Onderzoek naar deze vraag is overigens geen primaire taak voor de waterbeheerder, maar eerder voor de sector zelf. Samenwerking tussen waterbeheerder en sector bij de evaluatie en monitoring kan echter wel voordelen opleveren.

Op regionaal niveau wil ook de provincie weten in hoeverre het provinciaal beleid is gerealiseerd. Om in staat te zijn de hydrologische aspecten van het provinciale ruimtelijke ordenings- en water- en milieubeleid te evalueren, is inzicht nodig in de toestand van de regionale watersystemen. Om vervolgens deze systemen op uniforme wijze te kunnen beschrijven is een methode ontwikkeld die door elke provincie zal worden toegepast (Projectgroep Regionale Watersysteemrapportage, 1998).

Uitkomsten van de monitoring kunnen achteraf aanleiding zijn om inrichting, beheer of onderhoud bij te stellen. Om deze evaluatie goed te kunnen uitvoeren, is het van belang dat de bij het ontwerp gehanteerde waarden en de beoogde doelstellingen van de getroffen maatregelen goed zijn vastgelegd.

Ieder waterschap heeft ten behoeve van het beheer doorgaans een meetnet ingericht voor het meten van oppervlaktewaterpeilen en -afvoeren. Deze meetopstellingen kunnen gekoppeld zijn aan regelmechanismen die afhankelijk van de meetwaarde de klepstand van automatische stuwen wijzigen of in- en uitlaatwerken in- of uitschakelen. Ook grondwaterstandsmeetpunten maken steeds vaker deel uit van het meetnet van het waterschap, al is de dichtheid daarvan meestal nog beperkt. Voor gericht sturen op grondwater is een voldoende dicht meetnet van grondwatermeetpunten op representatieve locaties noodzakelijk. De watersysteemanalyse uit stap 2 is een goed hulpmiddel bij het vinden van geschikte locaties.
Ook voor de evaluatie en monitoring kan men van dit meetnet gebruik maken. Afhankelijk van de grootheden of processen die men nader wil analyseren, kan het noodzakelijk zijn om het meetnet (eventueel tijdelijk) uit te breiden. Het opzetten van

Met een datalogger kunnen peilen, grondwaterstanden en bijvoorbeeld neerslag hoeveelheden continue worden geregistreerd. (Foto: J. Bouwmans)

Monitoring dient een standaard onderdeel te zijn van een waterbeheersingsplan. (Foto: J. Bouwmans)

een meetnet voor monitoring en sturing zou standaard onderdeel moeten uitmaken van het opstellen van een waterbeheersingsplan.
Daarnaast kan het grondwatermeetnet dat de waterbeheerder gebruikt voor het sturen op grondwater prima gebruikt worden voor het verbeteren van het inzicht in de interactie tussen het grond- en oppervlaktewater. Om de afstandscomponent beter in beeld te krijgen, bieden aanvullende dwarsraaien met grondwaterstandsmeetpunten goede mogelijkheden. Het verdient aanbeveling om het veldonderzoek met betrekking tot dit thema goed te coördineren, zodat de expertise in Nederland op dit punt wordt vergroot.
Om zaken als het gebiedsgrootte-effect en de consequenties van de gebiedsvorm op de afvoer goed in beeld te krijgen, verdient het aanbeveling de afvoer ook voor substroomgebieden te meten en te analyseren. Met de analyseresultaten kan men de invoer voor het neerslag-afvoermodel verbeteren, waardoor de onzekerheid van voorspellingen wordt verkleind. Daarnaast zorgen de "afvoer-ervaringen" ervoor dat men de uitkomsten van deze modellen genuanceerder kan interpreteren.

De waterschappen beschikken over een schat aan meetgegevens die helaas vaak slecht ontsloten zijn. Bovendien ontbreken dikwijls aanvullende gegevens voor een goede interpretatie van metingen. Voor het hydrologisch onderzoek zou het een flinke stap voorwaarts betekenen als de meetgegevens (bijvoorbeeld peilen, afvoeren en waterkwaliteit) die worden verzameld, net zoals de grondwatergegevens in OLGA (On-Line Grondwater Archief van NITG), ook voor derden beschikbaar komen. Dit geldt ook voor de kenmerken van het oppervlaktewatersysteem, zoals dwarsprofielen, kunstwerken en dergelijke. Voorwaarde daarbij is dat een zekere uniformering van meetmethoden (meetprotocol) wordt toegepast.

5 Aanbevelingen en onderzoeksvragen

Op een aantal plaatsen in dit rapport zijn aanbevelingen gedaan die het werken volgens de watersysteembenadering kunnen vergemakkelijken. Daarnaast zijn bij de beschrijving van de nieuwe aanpak hier en daar kennisleemten geconstateerd. Deze kennisleemten staan het toepassen van de voorgestelde werkwijze weliswaar niet in de weg, maar betekenen wel dat deze op een aantal punten niet optimaal tot zijn recht komt.
In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste aanbevelingen en onderzoeksvragen samengevat.

5.1 Aanbevelingen

De voorgestelde aanbevelingen zijn gerubriceerd per onderdeel van de in dit rapport gepresenteerde werkwijze voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen.

Functietoekenning

- Water als ordenend principe: Binnen de ruimtelijke ordening wordt men zich steeds meer bewust van de noodzaak om bij het toekennen van functies rekening te houden met de potenties van het watersysteem. Bij de planologie kan meer gebruik worden gemaakt van de eigenschappen van de watersystemen. Kennis hierover is onder andere aanwezig bij de waterschappen.
- Functiedifferentiatie en doelrealisatie: Om voor toegekende functies concrete inrichtings- en standplaatswensen te bepalen, dient voldoende bekend te zijn welk type bodemgebruik binnen een hoofdfunctie wordt nagestreefd. Het ruimtelijk beleid moet hier voldoende aanknopingspunten voor aanreiken. Dit laatste geldt ook voor de doelrealisaties die minimaal vereist zijn en de risico's die men nog aanvaardbaar acht. Deze criteria zijn sturend voor inrichting, beheer en onderhoud en kunnen ook worden gebruikt voor de toetsing van het uitgevoerde plan.

Grondwaterwensen

- Karakterisering waterwensen: In de vierde Nota waterhuishouding is opgenomen dat uiterlijk in 2002 het gewenste grondwaterregime van de toegekende bestemmingen in de waterhuishoudingsplannen dient te zijn vastgelegd. Om de waterwensen van functies onderling goed te kunnen vergelijken is meer uniformiteit in de karakterisering van die wensen noodzakelijk. De toe te passen methode dient ook inzicht te geven in de gevolgen voor een bodemgebruiksvorm als van de meest ideale situatie wordt afgeweken. De OGR-methode die in dit rapport wordt gepresenteerd, biedt in dit opzicht goede perspectieven en vraagt om een verdere operationalisering. Dit vereist wel een verdieping van het inzicht in de relatie tussen de standplaatseigenschappen en doelrealisatie.

Hydrologie en sturing

- Afvoerdynamiek: Het dimensioneren van waterbeheersingssystemen was tot nu toe sterk gericht op het kunnen verwerken van hoge afvoeren. Voor het sturen op grondwater dient men ook lagere afvoersituaties veel meer in de dimensionering te betrekken. Dit vraagt om meer inzicht in de afvoerdynamiek van een gebied. Gerichte monitoring op dit punt is gewenst. Ook de neerslag-afvoermodellen behoeven voor situaties met lage afvoeren extra aandacht.
- Drooglegging: Hoewel het grondwaterstandsverloop richtinggevend is, blijft in de praktijk de behoefte bestaan aan het kunnen aangeven van toelaatbare peilen in termen van drooglegging. De gemiddelde drooglegging dient dan wel te zijn afgestemd op een gemiddelde afvoersituatie, bijvoorbeeld de Q_{100} of Q_{200} (de index bij de Q geeft aan hoeveel dagen per jaar dit debiet gemiddeld wordt bereikt of overschreden). Naast een minimale drooglegging dient men, zeker in vrij afstromende gebieden, ook een maximum drooglegging te hanteren om ongewenste ontwatering te voorkomen.
- Dynamisch peilbeheer: Door bij het peilbeheer te anticiperen op extreme of verwachte weersomstandigheden kunnen veiligheidsmarges in het voor functies na te streven waterregime worden gereduceerd. Er zijn beslissingsondersteunende modellen in ontwikkeling die het operationeel beheer op dit punt kunnen ondersteunen. De verdere ontwikkeling van deze modellen, alsmede

het gebruik ervan, dient te worden gestimuleerd.
- Integreren hydrologie en hydraulica: Grond- en oppervlaktewater zijn in het verleden vrij onafhankelijk van elkaar benaderd. Sinds de opkomst van het integraal waterbeheer is deze scheiding aan het vervagen. De integratie wordt bemoeilijkt doordat de beschikbare hydrologische modellen voor de stroming in het grond- en oppervlaktewater niet goed op elkaar aansluiten. Verbetering van de mogelijkheid om gegevens tussen de modellen uit te wisselen dient daarom te worden gestimuleerd.

Waterbeheersingsplan

De hydrologische en hydraulische aspecten van het oppervlaktewatersysteem dient men altijd in onderlinge samenhang te beschouwen. De volgende punten zijn daarbij van belang:
- Waterbeheer: Men dient altijd te streven naar een zodanig ontwerp van het oppervlaktewatersysteem, dat zo min mogelijk beheersmaatregelen nodig zijn om het gewenste waterregime te realiseren. Het streven naar zo min mogelijk regelkunstwerken in een waterbeheersingsplan sluit hier bij aan. Dit vraagt om andere criteria voor de dimensionering en vormgeving van de waterlopen.
- Loslaten minimum-eisen: Uit kostenoogpunt werden vaak minimum-eisen gesteld aan de afmetingen van dwarsprofielen van waterlopen en aan de oppervlakte van peilvakken en afwaterende onderdelen en de peilverschillen daartussen. Vooral in de hellende gebieden heeft dit in belangrijke mate bijgedragen aan de verdrogingsproblematiek. Daarom wordt voorgesteld om het duurzaam realiseren van gewenste grond- en oppervlaktewaterregimes als uitgangspunt te nemen. De kosteneffectiviteit van maatregelen blijft hierbij natuurlijk wel belangrijk. Bij het ontwerpen van waterbeheersingsplannen dienen de kosten van aanleg, beheer en onderhoud in onderlinge samenhang te worden bekeken.
- Vormgeving waterlopen: Bij de vormgeving van waterlopen moeten de hydrologische aspecten voorop staan. Bij waterlopen waarin het peil 's zomers niet kan worden gehandhaafd moet men voorkomen dat 's zomers ongewenste ontwatering optreedt. Demping van hydrologisch gezien overbodige waterlopen en verondieping en verbreding van dwarsprofielen kunnen in vrij afstromende gebieden effectief zijn om verdroging te bestrijden.
- Vastleggen uitgangspunten en doelen: De doelstellingen, uitgangspunten en basisgegevens die ten grondslag liggen aan ontwikkelde inrichtings- en beheersmaatregelen voor oppervlaktewatersystemen, dienen duidelijk te worden vastgelegd. Dit vergemakkelijkt later de evaluatie en monitoring van het plan. Dit biedt tevens betere mogelijkheden voor een eventuele bijstelling van het plan als bij de evaluatie blijkt dat het verwachte waterregime niet wordt gerealiseerd.
- Meetnet: Het inrichten van een grond- en oppervlaktewatermeetnet zou standaard onderdeel moeten zijn van een ontwerp van een waterbeheersingsplan. Dit meetnet kan zowel worden gebruikt voor het operationeel waterbeheer als voor evaluatie- en monitoringdoeleinden.
- Voorlichting en communicatie: Een actievere voorlichting door landinrichter en waterbeheerder over de doelstellingen van waterbeheersingsmaatregelen kan, vooral als er in het gebied belangentegenstellingen spelen, zorgen voor een beter draagvlak. Ongerustheid over de gevolgen van bijvoorbeeld waterconserveringsprojecten kan tot de juiste proporties worden terug gebracht. Ook de eigen taak van de grondgebruikers bij de detailontwatering en de daarbij geldende regels verdienen een plaats bij deze voorlichting.

Overige aanbevelingen
- Database oppervlaktewater: De gegevens van regionale grondwatersystemen, grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit zijn in principe voor iedereen toegankelijk via databases zoals REGIS en OLGA. Deze worden beheerd worden door NITG-TNO. Er dient te worden nagegaan hoe gegevens die verzameld worden over oppervlaktewatersystemen (situering, dwarsprofielen) en meetwaarden (peilen, afvoeren, waterkwaliteit) ook voor derden kunnen worden ontsloten.
- Definities hydrologische begrippen: veel in het integraal waterbeheer gebruikte begrippen zijn niet eenduidig gedefinieerd. De te actualiseren Verklarende Hydrologische Woordenlijst van CHO-TNO dient als standaard te worden gebruikt.

5.2 Onderzoeksvragen

Om de in dit rapport beschreven werkwijze goed te kunnen toepassen, is op een aantal onderdelen behoefte aan verdieping van de op dit moment beschikbare kennis. De belangrijkste onderzoeksvragen zijn hieronder samengevat:

Grondwaterwensen en gevolgen
- Doelrealisatie: Om het optimaal grondwaterregime (OGR) te kunnen karakteriseren op de manier zoals is voorgesteld in dit rapport, is meer kennis nodig over de relatie tussen de doelrealisatie en standplaatsfactoren, waaronder het grondwaterregime. Het nuanceren van de wensen gedurende het jaar (kritische perioden) en het formuleren van basiseisen voor het waarborgen van duurzame ontwikkelingsmogelijkheden zijn daarbij belangrijke aandachtspunten.
- Gevolgen: Voor de landbouw vraagt met name het kwantificeren van de doelrealisatie aan de natte kant extra aandacht. Voor natuur dienen de optimale omstandigheden en de gevolgen bij afwijking over de volle breedte te worden onderzocht. Ten behoeve van afwegingen in het operationeel waterbeheer dienen de gevolgen ook voor de actuele grondwatersituatie te kunnen worden aangegeven. De toepassing van de SOW-methodiek vraagt in dit verband nadere aandacht.

Hydrologie en sturing

- Drooglegging: De mogelijkheid dient te worden onderzocht of in situaties met kortdurende hoge afvoeren (bijvoorbeeld Q_1) geringere droogleggingen acceptabel zijn dan waar nu bij het ontwerpen van wordt uitgegaan (bijvoorbeeld 0,20 m in plaats van 0,60 m -mv). Door extra niet meestromende berging en een grotere transportcapaciteit via verbreding van waterlopen, hoeft een geringere drooglegging niet te leiden tot een grotere inundatiekans.
- Drainage: Door het afstemmen van de peilen op gemiddelde afvoeromstandigheden kunnen drainagebuizen frequenter onder water komen. Ook kan het noodzakelijk zijn om drainagebuizen ondieper aan te leggen. Dit roept veel vragen op bij de landbouw. Met resultaten van onderzoek op praktijkschaal kan de discussie met de sector op basis van objectieve argumenten worden gevoerd.
- Interactie grondwater - oppervlaktewater: Voor sturen op grondwater is meer kennis nodig omtrent de doorwerking van peilveranderingen van het oppervlaktewater in het grondwaterstandsverloop. Bodemeigenschappen en geohydrologie spelen hierbij een belangrijke rol. De kennis moet geschikt gemaakt worden voor toepassing in de praktijk.
- Rendementsbepaling: Bij het overwegen van aanpassingen in het beheer of de inrichting van oppervlaktewatersystemen dient zichtbaar te zijn in hoeverre de doelrealisatie bij het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime nog afwijkt van het optimale regime en wat de kosten van het minimaliseren van de verschillen tussen beide regimes zijn. Het rendement van maatregelen ten behoeve van de landbouw kan worden getoetst aan de meeropbrengst. Het verdient aanbeveling om voor de bepaling van het natuurrendement ook een waarderingssysteem te ontwikkelen.

Aangehaalde literatuur

Baalen, S.J.A. van, F.J. Stoppelenburg en A.C. Garritsen (1997). Kennisoverzicht Instrumentarium Verdrogingsbestrijding. Een verkenning van de toepassing van en behoefte aan modellen en informatiesystemen voor de planvorming voor gebiedsgerichte verdrogingsbestrijding. NOV-rapport 13-1, Lelystad.

Baalen, S.J.A. van (1998). PKBS-verdrogingsbestrijding: ketens van modelpakketten in het waterbeheer. NOV-rapport 13-2, Lelystad.

Bakel, P.J.T. van, A.J. de Braal , G.D. Geldof , D.J. Marsman, L.M. Remesal van Merode, J. Luijendijk (1995). Verstedelijking en verdroging. NOV-rapport 4, Lelystad.

Bakel, P.J.T. van, J. Kreling en F. Benning, (1996). Waterschappen als grondwaterbeheerder. Het Waterschap 1996 (16): 519-523.

Bakel, P.J.T. van en Ph. Hamaker (1998). Gewenste grond- en oppervlaktewatersituatie voor de landbouw in Fryslân. Landelijke kennis en normen en toepassing daarvan op vier peilgebieden. Rapport 595. SC-DLO, Wageningen.

Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen en P.J. van der Roest (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport nr. 11. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.

Beusekom, C.F. van, J.M.J. Farjon, F. Foekema, B. Lammers, J.G. de Molenaar en W.P.C. Zeeman (1990). Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap van de Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap (SWNBL). SDU, Den Haag.

Beuving, J. (1982). Onderzoek naar bodem- en waterhuishoudkundige gegevens voor invoer en verificatie van een model voor berekening van de effecten van de waterhuishouding. ICW-Nota 1378. Wageningen.

Bierkens, M.F.P. (1995). Huidig en toekomstig onderzoek naar de ruimtelijke en temporele variabiliteit van het freatisch grondwaterniveau. Staring Centrum, Interne mededeling nr. 342, Wageningen.

Bleumink, H. en J.C. Buys (1995). Naar een beregeningsplanner voor agrariërs. Ontwikkeling en plan voor toetsing. Rapport 183. CLM, Utrecht.

Bleumink, J.A. en J.C. Buys (1996). Boeren met water, verdrogingsbestrijding op agrarische bedrijven. NOV-rapport 18-02. CLM, Utrecht.

Blokland, K.A. en R.J.M. Kleijberg (1997) De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen. Holoceen Nederland. NOV-rapport 3.2 / Stowa-rapport 97-16, Lelystad.

Boland, D., H. Bleumink en J.C. Buys (1996). Naar een beregeningsplanner voor agrariërs II. Toetsing in de praktijk. Rapport 235. CLM, Utrecht.

Bot, A.P (1996). Een oriëntatie op maatregelen tegen verdroging. NOV-rapport 14. Lelystad.

Bouwmans, J.M.M. (1990). Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel. Technische Commissie Grondwater Beheer, Utrecht.

Bouwmans, J.M.M. (1994). Problematiek, normen en knelpunten bij ontwerpen waterbeheersingsplannen (discussienota waterbeheersing). Landinrichtingsdienst, Utrecht.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer, J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater. Technisch Document 19B. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Crebas, J.I. en J.W. Wesseling (1983). PREDIS, een mathematisch model van de landfase van de hydrologische kringloop. Cultuurtechnisch Tijdschrift 23(3): 113-124.

Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (1986). Verklarende Hydrologische Woordenlijst, CHO-TNO rapporten en nota's No. 16. TNO, Den Haag.

Dienst Landelijk Gebied (1997). Handleiding BEL. Het Beslissingsondersteunend Evaluatiesysteem voor de Landinrichting. DLG, Utrecht.

Ek, R. van, F. Klijn, H. Runhaar, R. Stuurman, W. Tamis, J. Reckman (1997). Gewenste Grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 1; methode-ontwikkeling voor het bepalen van de optimale grondwatersituatie voor de sector natuur. RIZA, Lelystad.

Everts, F.H. en N.J.P. de Vries (1991). De vegetatieontwikkeling van beekdalsystemen. Een landschapsoecologische studie van enkele Drentse beekdalen. Historische uitgeverij, Groningen.

Fahner, F. en J. Wiertz (1987). Handleiding bij het

WAFLO-model. RIN-rapport 87/15. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Geldof, G.D. , J.G. Hulsbergen, M.J. Hamilton-Huisman en A.J.G. van de Maarel (1992). Invloed van grondwaterstandsdaling op de gebouwde omgeving. Rapport No. 273. Stichting Bouw Research, Rotterdam.

Griffioen, C.J.H. en R.H. Pitlo (1991). Stromingsmodel voor begroeide waterlopen. Waterschapsbelangen 10-1991.

Hooghoudt, S.B. (1940). Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. Dep. van Landbouw en Visscherij, Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen, no. 46(14)B.

Huinink, J.T.M. (1994). Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van bodemgebruik. IKC-Landbouw, Ede.

Huitema, J. (1986). Het vochtgehalte van de bodem tijdens grondbewerkingen en de invloed daarvan op de grond en op de gewasopbrengst (stageverslag). IKC-Landbouw, Ede.

Icke, J. en R.H. Aalderink (1997). Een beoordelingsmethode voor duurzaam stedelijk waterbeheer. H2O, (10) 1997.

Jalink M.H. en A.J.M. Jansen (1995). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwater-afhankelijke beekdalgemeenschappen. Deel 2 (veldversie) uit de serie 'Indicatorsoorten'. Staatsbosbeheer, Driebergen.

Jansen, A.J.M. (1993). Van hydrologische ingreep naar ecologische effectvoorspelling. KIWA Mededeling nr. 122, Nieuwegein.

Keulen, M. van, G. Arnold en W. Boersma (1997). Gewenste Grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 2; methode-ontwikkeling voor het bepalen van de optimale grondwatersituatie voor de sectoren landbouw, multifunctioneel bos en bebouwing. RIZA, Lelystad.

Keulen, M. van en J.A.P.H. Vermulst (1997). Waterconservering in Nederland. RIZA, Lelystad.

Kemmers, R.H. (1986). Perspectives in modelling of processes in the rootzone of spontaneous vegetation at wet and damp sites in relation to regional water management. In: Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, Water-management in relation to nature, forest and landscape management, Verslagen en Mededelingen No. 34, pag. 91 - 116. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, Den Haag,

Kemmers, R.H. (1993). Ecohydrologie. Concepten en methoden van een interdisciplinair vakgebied. Technisch Document 8. Staring Centrum, Wageningen.

Knotters, M. en P.E.V. van Walsum (1994). Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop. Rapport 350. Staring Centrum, Wageningen.

Kreling, J. (1989). Planvorming op het gebied van waterbeheer. In: Cramer, W. (red) et al. Handboek Milieubeheer; Samson H. D. Tjeenk Willink, pag. G1100-3 - G1100-20. Alphen aan den Rijn.

Lambrechts, A.C.W., S.P. de Jong, M.J.G. Kaats en J. Heijs (1997). Leidraad aan- en afkoppelen. H2O, (10) 1997.

Lobbrecht, A.H. (1997a). Dynamic water-system control; design and operation of regional water-resources systems. A.A. Balkema, Rotterdam.

Lobbrecht, A.H. (1997b). Dynamische sturing van watersystemen; Ontwerp en beheer van regionale watersystemen. STOWA rapport 97-35, Utrecht.

Maas, C. (1995). Grondwaterspiegeldynamica; onderzoeksvoorstel ter verbetering van de duurlijnmethode. Rapport SWI 95.121. KIWA, Nieuwegein.

Massop, H.Th.L., L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J.M.M. Bouwmans en H. Prak (1997). Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Rapport 527.1. SC-DLO, Wageningen.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1985). Omgaan met water, naar een integraal waterbeleid. SDU, Den Haag.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1989). Derde Nota waterhuishouding. SDU, Den Haag.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1997). Waterkader, Vierde Nota waterhuishouding, regeringsvoornemen. Den Haag.

Os, J. van, Th.G.C. van der Heijden, J.W.G. van der Gaast en P.J.T. van Bakel (1997). Kosten van waterhuishoudkundige maatregelen tegen verdroging. NOV-rapport 12-4, Wageningen.

Peerboom, J.M.P.M. (1990). Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland. Rapport 43. Staring Centrum, Wageningen.

Postma, J. (1992). Kwantificering van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en produktievermindering ten gevolge van wateroverlast op grasland. Rapport 190. Staring Centrum, Wageningen.

Projectgroep Regionale Watersysteemrapportage (1998): Handleiding Regionale Watersysteemrapportage. Interprovinciaal Overleg. Den Haag.

Projectgroep Werkbaarheid (1978). Verslag symposium "werkbaarheid en bedrijf" dd 13 mei 1977. IMAG, Wageningen.

Ridder, R.P. de (1996). Helofytenfilters, integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen. Mededeling 206. LBL, Utrecht.

Ridder, R.P. de, Th.C.P. Melman, E.P. Buys en F. van Wijland (1997). Evaluatiemethodiek voor natuur in landinrichting. Rapportage projectgroep BEL-natuur. Dienst Landelijk Gebied, Utrecht.

Rijksplanologische Dienst (1995). Plannen met stromen, studierapport. Rijksplanologische Dienst, Den Haag.

Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda en V. Westhoff (1995). De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moeras-

sen en natte heiden. Opulus Press AB, Upsala/Leiden.

Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder en V. Westhoff (1996). De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press AB, Upsala/Leiden.

Sieben, W.H. (1964). Het verband tussen ontwatering en opbrengst bij de jonge zavelgronden in de Noordoostpolder. Rapport 40. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. "van zee tot landreeks".

Sluijs, P. van der, Th. van Egmond (1976). De grondwatertrappen op de bodemkaart van Nederland (schaal 1:50.000). Polytechnisch Tijdschrift, editie bouwkunde. Wegen- en Waterbouw, 31 (1976) nr. 10, blz 628 -633.

Sluijs, P. van der (1982). De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. H2O jg 15, nr 3, blz 42 - 46.

Sluijs, P. van der, H.C. van Heesen (1989). Veranderingen in de berekening van de GHG en de GLG. Landinrichting, jg 29, nr. 1, blz 18 - 21.

Soesbergen, G.A. van, W.J.M. van der Voort, W.J.M. de Groot, M.J.D. Hack-ten Broeke en H.J. van Lanen (1995). Drempelwaarde bewerkbaarheid van de grond voor akkerbouw. Rapport 402. Staring Centrum, Wageningen.

Stoop, L., G. Hartman, W. van der Meer, H. Moen, A. de Schutter, P. van Vugt en F. van Wijland (1995). Kosteneffectiviteitsanalyse. Toepassing van KEA bij Grondverwerving, Landinrichting en Beheer. Projectgroep KEA. Mededeling 204. Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Utrecht.

STOWA (1994). Prioriteitsstelling in beheersmaatregelen op basis van milieurendement. Handleiding bij het systeem PRIMAVERA. STOWA, Utrecht.

Ubink, E. (1997). Verdrogingsbestrijding in Zuid-Holland: een haalbare kaart? Provincie Zuid-Holland, Directie Water en Milieu, Den Haag.

Unie van Waterschappen (1996). Water centraal, waterbeheer in de volgende eeuw. Rapport van de denktank. Den Haag.

Veen, G.J. van der en A.C. Garritsen (1994). Kennisoverzicht Ecohydrologie. Een inventarisatie van kennis en expertise op het gebied van ecohydrologie en verdroging. NOV-rapport 7, Lelystad.

Vries, F. de en C. van Wallenburg (1990). Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater. Landinrichting 1990 (30), blz. 31 - 36.

Warmerdam, P.M.M. (1989). Afvoerhydrologie. Catchment Hydrology. K150-104. Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica. Landbouwuniversiteit Wageningen, Wageningen.

Werf, S. van der (1991). Bosgemeenschappen. Natuurbeheer in Nederland, deel 5. Pudoc, Wageningen.

Werkgroep Afvoerberekeningen (1992). Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden (ten opzichte van de originele uitgave uit 1979 op enige punten aangepaste versie). Landinrichtingsdienst, Utrecht.

Werkgroep Grondbewerking (1987). Verslag themadag "werkbaarheid en tijdigheid", gehouden op 13 mei 1987. Verslag nr.64. PAGV, Lelystad.

Werkgroep HELP-tabel (1987). De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. LD-mededeling 176. Landinrichtingsdienst, Utrecht.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum (1988). Cultuurtechnisch Vademecum. Cultuurtechnische Vereniging, Utrecht.

Werkgroep Landbouwkundige Aspecten (1984). Landbouwkundige aspecten van grondwateronttrekking. Berekening van schade als gevolg van kunstmatige verlaging van de grondwaterstand. Commissie grondwaterwet waterleidingbedrijven.

Westhoff, V. en A.J. den Held (1975). Plantengemeenschappen in Nederland. BV W.J. Thieme & Cie, Zutphen.

Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk (1988). Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen. Rapport 31. ICW, Wageningen.

Worm, P.B., P.J.T. van Bakel en E.J. Jansen (1996). Effecten van systeemvreemd water. NOV-rapport 10, Lelystad.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte (1994). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staring-reeks (vernieuwde uitgave 1994). Technisch Document 18. Staring Centrum, Wageningen.

Bijlage 1

Samenstelling project-, begeleidings- en klankbord-groep

Projectgroep 'Waternood':
Onderstaande personen hebben geschreven aan 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater':
ing. John Bouwmans (DLG centraal, Innovatie & Kennismanagement, secretariaat)
ing. Martin Brand (DLG zuid, provincie Noord-Brabant)
ing. Henny Geerlink (DLG oost, provincie Overijssel)
ir. Chris Griffioen (Waterschap Groot Salland, namens de Unie van Waterschappen)
ing. Gerard Hartman (DLG centraal; thans werkzaam bij Waterschap Vallei en Eem)
ing. Jaap Jonker (DLG oost, provincie Gelderland)
drs. Wim Kok (DLG west, provincie Noord-Holland)
ir. Rob Klaarenbeek (DLG west, provincie Utrecht)
ir. Heiko Prak (DLG centraal, Innovatie & Kennismanagement, projectleider)
Jeroen Kessels (student LUW) heeft geassisteerd met de afronding van het rapport.

Begeleidingsgroep project 'Waternood':
ing. John Bouwmans (DLG centraal, Innovatie & Kennismanagement, secretariaat)
ing. Frits Hamster (Waterschap Noorderzijlvest, namens de Unie van Waterschappen, voorzitter)
dr. Jan Hoeks (SC-DLO, Waterbeheer)
Jan Huinink, M.Sc. (LNV, IKC-Landbouw)
ir. Heiko Prak (DLG centraal, Innovatie & Kennismanagement, secretariaat)
ir. Harm Jan Reit (Provincie Gelderland, Water & Milieu, namens het Interprovinciaal Overleg)
ir. Hans Sessink (LNV, IKC-Natuurbeheer)
ir. Henk Siefers (Waterschap de Dommel)
ir. Ludolph Wentholt (STOWA)
ir. Wim Zeeman (Staatsbosbeheer)

Klankbordgroep project 'Waternood' van de Unie van Waterschappen [1)]
ir. Arie van Asperen (Waterschap De Groote Waard)
mw.ir. Annet van Biezen (Unie van Waterschappen, secretaris, tot 1-10-'97; opgevolgd door mw. drs. Bernadette Botman)
mw.ir. Manon van de Boogaard (Waterschap De Aa)
ir. Ruud van der Goes (Waterschap Zeeuwse Eilanden)
ir. Chris Griffioen (Waterschap Groot Salland, als vertegenwoordiger van de Projectgroep)
ing. Frits Hamster (Waterschap Noorderzijlvest, als vertegenwoordiger van de Begeleidingsgroep)
ing. Krijn van den Herik (Waterschap Vallei & Eem)
ir. Hans ten Kate (Wetterskip de Lauwerswâlden)
ir. Henk Siefers (Waterschap de Dommel, voorzitter)
ing. Jan Wagenvoort (Waterschap Regge en Dinkel)
ir. Ludolph Wentholt (STOWA)
ing. Wim de Wit (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
dr.ir. Victor Witter (Hoogheemraadschap West-Brabant)

[1)] Ten behoeve van de afstemming met DLG en de Projectgroep zijn de vergaderingen van de Klankbordgroep steeds bijgewoond door John Bouwmans en Heiko Prak.

Bijlage 2

Wegwijzer voor opstellen OGR voor landbouw

Helaas is er nog geen publicatie beschikbaar waarin voor iedere combinatie van landbouwkundig bodemgebruik en grondsoort het optimale grondwaterregime is opgenomen en dat is gekoppeld aan doelrealisatie op de wijze zoals beschreven in § 3.5. Indien men meer wil weten over het wat en waarom en de gevolgen voor de doelrealisatie als er niet wordt voldaan aan dat OGR, dan is vooralsnog enige zelfwerkzaamheid nodig. Als handreiking is in deze bijlage voor landbouw enige relevante basisinformatie bijeen gebracht.

Voor het aangeven van het OGR-landbouw zijn de volgende aspecten van belang:

1. waarde van de standplaatsfactoren die zijn gerelateerd aan het water (grondwaterdiepte, waterkwaliteit);
2. relatie tussen de standplaatsfactoren en de doelrealisatie;
3. variatie van de onder 1 genoemde waarde van de waterwens gedurende het jaar (onderscheiden van kritische perioden).

In *bijlage 2a* wordt ingegaan op de wensen vanuit de landbouw met betrekking tot de grondwaterdiepte (boven- en ondergrens grondwaterdiepte). In *bijlage 2b* zijn enkele tabellen opgenomen, waarin een verband wordt gelegd tussen het gemiddelde grondwaterstandsverloop en de opbrengstdepressie (mate van doelrealisatie). Hierbij komt zowel de wateroverlastschade als de droogteschade aan bod. De CoGroWa-tabellen hebben alleen betrekking op de wateroverlastdepressie. Voor zowel grasland als bouwland wordt voor 2 groepen bodemtypen, te weten kleiige en moerige gronden en zandgronden, opbrengstdepressiepercentages gegeven (Werkgroep Landbouwkundige aspecten, 1984). Voor de bepaling van de droogteschade worden eerst enkele vuistregels aangereikt. Daarnaast is de HELP-tabel opgenomen, met zowel de droogte- als wateroverlastdepressiepercentages (Werkgroep HELP-tabel, 1987). Met deze gegevens kan men snel een redelijke inschatting maken van de gevolgen van structurele grondwaterstandsafwijkingen voor de bepaling van de landbouwkundige doelrealisatie. Voor het operationeel waterbeheer zijn deze gegevens die betrekking hebben op de veeljarig gemiddelde situatie maar beperkt bruikbaar. SOW-waarden zoals genoemd in § 3.5.2 zouden hiervoor uitkomst kunnen bieden, maar het onderzoek hiernaar is nog niet gestart.
Bijlage 2c bestaat uit een gewaskalender die behulpzaam kan zijn bij het aangeven van de meest kritische perioden voor de verschillende teelten. Hierbij dient men zich te realiseren dat de aangegeven perioden gemiddelden zijn en dat in natte of droge jaren de vermelde werkzaamheden later of vroeger plaats vinden.
In *bijlage 2d* tenslotte wordt een overzicht gegeven van attenderingswaarden voor de waterkwaliteit ten behoeve van de landbouw.

In deze bijlage zijn de volgende tabellen opgenomen:

tabel B.2.1 *Richtwaarden voor bovengrens OGR (cm -mv) (voor de periode 15 maart t/m 1 oktober) voor doelrealisatieklasse A.*
tabel B.2.2 *Effectieve bewortelingsdiepte verschillende gewassen per grondsoort (cm)*
tabel B.2.3 *Indicatie voor de gemiddelde kritieke z-afstand (cm) van een aantal grondsoorten*
tabel B.2.4 *Wateroverlastdepressiepercentages voor grasland op kleiige- en moerige gronden (GHG en GLG in cm -mv)*
tabel B.2.5 *Wateroverlastdepressiepercentages voor grasland op zandgronden (GHG en GLG in cm -mv)*
tabel B.2.6 *Wateroverlastdepressiepercentages voor bouwland op kleiige- en moerige gronden (GHG en GLG in cm -mv)*
tabel B.2.7 *Wateroverlastdepressiepercentages voor bouwland op zandgronden (GHG en GLG in cm -mv)*
tabel B.2.8 *Globale gemiddelde opbrengstverandering voor grasland door droogte*
tabel B.2.9 *Standaard HELP-tabel voor grasland (meteo-factor 1,0)*
tabel B.2.10 *Standaard HELP-tabel voor bouwland (standaard bouwplan en meteo-factor 1,0)*
tabel B.2.11 *Gewaskalender*
tabel B.2.12 *Attenderingswaarden waterkwaliteit. Bij overschrijding (onderschrijding indien minima staan vermeld) is het schaderisico groot, zij het afhankelijk van interacties*

Bijlage 2a

Grondwaterdieptegrenzen voor OGR-landbouw

Met behulp van de tabellen in deze bijlage kan men per grondsoort de boven- en ondergrens van het OGR voor de verschillende landbouwkundige bodemgebruiksvormen redelijk inschatten. De gegeven waarden hebben betrekking op de doelrealisatie in een veeljarig gemiddelde situatie. Deze waarden zijn in principe ook richtinggevend voor de momentane situatie, maar daarbij dient men zich te realiseren dat er door variatie in weersomstandigheden altijd over- en/of onderschrijdingen van de aangegeven grondwaterdieptegrenzen zullen optreden. Bijsturing van de grondwaterdiepte in extreme situaties leidt overigens tot een lagere veeljarig gemiddelde schade en daarmee in feite ook tot een verschuiving van de grondwaterdieptegrenzen van de betreffende doelrealisatieklasse.
Uit oogpunt van doelrealisatie is elk grondwaterstandsverloop dat zich tussen de genoemde boven- en ondergrens beweegt acceptabel. Om extra veiligheid in te bouwen zal de landbouwsector zelf vaak het liefste zien dat de grondwaterstand in voor- en najaar zich enkele decimeters onder de bovengrens bevindt. Dit verkleint de risico's op schade door wateroverlast nog verder, omdat dan ook op de 'lagere plekken' binnen het beheersvak of perceel aan de wensen wordt voldaan.

tabel B.2.1 Richtwaarden voor bovengrens OGR (cm -mv) (voor de periode 15 maart t/m 1 oktober) voor doelrealisatieklasse A.

Grond gebruik	Grondsoort*)				
	zand	veen	klei	zavel	löss
Grasland	30 - 40	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50
Akkerbouw	50 - 60	60 - 70	60 - 80	60 - 80	60 - 70
Vollegronds tuinbouw	50 - 70	60 - 70	60 - 70	60 - 70	60 - 70
Glastuinbouw	60 - 80	70 - 80	70 - 80	70 - 80	70 - 80
Boomgaard	70	70	70	70	70

**) Voor de beter doorlatende (lichtere) bodemprofielen binnen de genoemde grondsoorten geldt de laagste waarde als richtwaarde en bij de slechter doorlatende (zwaardere) bodemprofielen de hoogste waarde.*

1. Bovengrens grondwaterdiepte van het OGR

Het is niet eenvoudig een eensluidend antwoord te geven op de vraag bij welke grondwaterdiepte de draagkracht en bewerkbaarheid voldoende zijn gegarandeerd. Dit komt op de eerste plaats door de niet eenduidige relatie tussen grondwaterdiepte en de vochttoestand van de bovengrond. Ook speelt een rol of het om een gemiddelde of een absolute waarde gaat en op welk doelrealisatieniveau de bovengrens betrekking heeft. Doordat bij de grootte van de wateroverlastdepressie ook de GLG een rol speelt (zie ook figuur 3.18 en bijlage 2b), heeft de bovengrens van het OGR altijd een zekere marge. In de landbouw-sector zelf gaan wel stemmen op dat een grondwaterstand van 80 cm -mv gedurende het gehele jaar het meest optimaal is omdat er dan én geen nat- én geen droogteschade optreedt. Een dergelijke situatie is in de glastuinbouw wel te realiseren, maar in het vrije veld ligt dit anders.

Uit de wateroverlasttabellen (bijlage 2b) blijkt dat de schade door wateroverlast verwaarloosbaar is indien de GHG voor grasland dieper is dan 40 cm -mv en voor bouwland dieper dan 50 cm -mv. Hierbij hoort dan een GVG (grondwaterdiepte omstreeks 1 april) bij die 15 à 25 cm dieper is (zie ook § 3.4.4). Ook de ontwateringsnormen geven een indicatie, namelijk voor grasland een grondwaterdiepte van 30 cm -mv of dieper bij een stationaire afvoerdichtheid van 7 $mm.dag^{-1}$; voor bouwland ligt dit op 50 cm -mv of dieper. Deze informatie ligt ten grondslag aan de waarden voor de bovengrens van de grondwaterdiepte, gegeven in tabel B.2.1.

Indien de waarden, zoals genoemd in tabel B.2.1, in het groeiseizoen niet worden overschreden, dan is de wateroverlastschade verwaarloosbaar. Maar zoals beschreven is in § 3.4.4 zit er om de GHG en GLG een behoorlijke spreiding in HG3 en LG3-waarden. Er ligt dus nog een 'grijs' gebied rondom de bovengrens; de bovengrens waar men in de praktijk voor kiest hangt daarom ook af van de sturingsmogelijkheden die er op dit punt zijn.
In de winterperiode is een periodieke overschrijding van de bovengrens voor grasland en braakliggend bouwland meestal geen probleem. Bij bouwland moet men wel alert blijven dat er geen structuur-

bederf optreedt door verslemping van de grond; plasvorming is daarom ongewenst. Bij gewassen die op het veld overwinteren is het zaak dat de grondwaterstand beneden de wortelzone blijft om wortelrot te voorkomen.

2. Ondergrens grondwaterdiepte van het OGR

Doordat er fysisch een duidelijke relatie bestaat tussen de waterbeschikbaarheid en de productie van gewassen, kan men de gevolgen (droogteschade) bij overschrijding van de ondergrens van het OGR beter aangeven. Als de vochtvoorraad in de wortelzone uitgeput raakt, is het gewas voor de groei afhankelijk van water dat via kunstmatige beregening of capillaire opstijging vanuit het grondwater wordt aangeleverd. Omdat aan kunstmatige beregening steeds vaker beperkingen worden opgelegd, dient een duurzame vochtvoorziening bij voorkeur vanuit het grondwater te geschieden.

De afstand waarover het grondwater nog via capillaire opstijging de wortelzone kan bereiken, wordt bepaald door de opbouw van het bodemprofiel en de bodemfysische eigenschappen van de onderscheiden lagen. Voor het vaststellen van de ondergrens van het OGR zijn de effectieve worteldiepte en de kritieke z-afstand van belang. De ondergrens van het OGR ten opzichte van het maaiveld wordt gevormd door de som van beide. Gemiddeld genomen bedraagt de droogteschade minder dan 2% indien de grondwaterstand niet dieper wegzakt dan deze ondergrens. Met de effectieve bewortelingsdiepte wordt de dikte van de laag in het bodemprofiel bedoeld waarin 80 à 90% van de wortels voorkomt. Onder de kritieke z-afstand verstaat men de afstand verstaan tussen de onderkant van de wortelzone en de grondwaterspiegel waarover, bij een vochtspanning van pF 4,2, in de wortelzone nog juist een capillaire flux van 2 mm per dag mogelijk is.

Met de gegevens uit tabel B.2.2 en tabel B.2.3 kan men de ondergrens van het OGR (doelrealisatieklasse A1) zelf afleiden uit de effectieve bewortelingszone en de kritieke z-afstand voor een bepaalde combinatie van gewas.

Voorbeeld:
Ondergrens OGR voor gras op zwak lemig zand is:
25 + 90 = 115 cm.
Ondergrens OGR voor aardappelen op lichte klei is:
35 + 65 = 100 cm.

*tabel B.2.2 Effectieve bewortelingsdiepte verschillende gewassen per grondsoort (cm) *)*

Gewas	Grondsoort*)				
	zand	veen	klei	zavel	löss
Gras	20 - 50	15 - 30	25 - 30	30 - 35	30 - 50
Granen	20 - 80	25 - 30	35 - 60	40 - 70	40 - 80
Mais	20 - 80	25 - 30	35 - 70	40 - 80	40 - 80
Aardappelen	20 - 50	20 - 25	30 - 40	35 - 45	35 - 60
Suikerbieten	20 - 80	25 - 30	35 - 60	40 - 70	40 - 80

**) waarden ontleend aan HELP-tabel; voor de richtwaarde per HELP-bodemtype wordt verwezen naar LD-mededeling 176. (Werkgroep Help-tabel, 1987).*

tabel B.2.3 Indicatie voor de gemiddelde kritieke z-afstand (cm) van een aantal grondsoorten

Grondsoort	textuur, leem-/lutumklasse	kritieke z-stand (cm)
Zand	grof	50
	matig grof, leemarm	70
	matig fijn, zwak lemig	70
	sterk lemig	110
	zeer sterk lemig	130
Veen	veen	50
Klei	zwaar	25
	matig zwaar	35
	licht	65
Zavel	zwaar	80
	matig licht	100
	zeer licht	120
Leem	keileem	60
	siltige leem (löss)	110
	zandige leem (löss)	140

**) De waarden in deze tabel zijn voor een belangrijk deel ontleend aan de Staring Reeks en gelden voor homogene profielen. Bij gelaagde profielen wordt de kritieke z-afstand van het profiel berekend met behulp van de bodemfysische eigenschappen van de afzonderlijke lagen (bouwstenen) en de dikte van deze lagen (horizonten).*

Bij de bepaling van de dikte van de effectieve wortelzone is bij zandgronden de dikte van de humeuze bovengrond een belangrijke factor; bij klei- en zavelgronden is dit de profielopbouw en zwaarte van de grond. Bij de enkeerdgronden komen effectieve bewortelingsdiepten van 40 - 80 cm voor, bij de overige zandgronden is dit 20 - 40 cm.

In de praktijk kiest men, vooral op de zwaardere gronden, vaak bewust voor een diepere grondwaterstand dan voor een goede vochtvoorziening eigenlijk gewenst is. Het ten koste van alles willen voorkomen van wateroverlast is daarvan de belangrijkste reden.

Bijlage 2b

Doelrealisatie met betrekking tot OGR-landbouw

1. Wateroverlastdepressie volgens CoGroWa-tabel

In de CoGroWa-wateroverlasttabel is de veeljarig gemiddelde, grondwaterstandsafhankelijke opbrengstdepressie door wateroverlast gegeven voor landbouwkundig bodemgebruik. In tabel B.2.4 tot tabel B.2.7 zijn de CoGroWa-depressiecurven (figuur 3.18 in § 3.5.3) getalsmatig weergegeven. De depressiepercentages in de tabel hebben een empirische grondslag en zijn gerelateerd aan het grondwaterstandsverloop via de GHG- en GLG-waarde. De GHG en GLG zijn in de tabel aangegeven in cm beneden maaiveld.

Het voordeel van de CoGroWa-tabel ten opzichte van de HELP-tabel is dat voor veel meer grondwaterstandsverlopen direct wateroverlastdepressiewaarden zijn af te leiden. Bij de CoGroWa-tabel worden echter maar 2 "grondsoorten" onderscheiden, namelijk "zand" en "overig". Onder overig verstaat men kleiige en moerige gronden. Een belangrijk verschil met de HELP-tabel is verder dat de CoGroWa-tabel alleen betrekking heeft op de grondwaterstandsafhankelijke wateroverlast. In de HELP-tabel is per bodemtype ook de grondwaterstandsonafhankelijke wateroverlast geschat en min of meer gesuperponeerd op de CoGroWa-waarden. Met name bij kleiige en moerige gronden treedt altijd enige opbrengstdepressie door wateroverlast op, dus ook bij zeer diepe grondwaterstanden zoals Gt VII. Dit is het gevolg van het grote vochtbindende vermogen van het bodemmateriaal, gecombineerd met de matige tot slechte doorlatendheid.
In absolute zin geeft de HELP-tabel dus een wat nauwkeuriger waarde, maar dit is niet relevant voor de berekening van effecten op de opbrengstdepressie als gevolg van veranderingen in het grondwaterstandsverloop. Het stukje grondwaterstandsonafhankelijke wateroverlast valt namelijk weg bij de bepaling van het verschil in "natschade" tussen veranderende grondwatersituaties. De CoGroWa-tabel geeft ook een duidelijk beeld van de spreiding in wateroverlastdepressie binnen een grondwatertrapklasse. Om dit te accentueren zijn in de tabellen de Gt-grenzen aangegeven conform navolgend schema.

GLG \ GHG	0 – 25	25 – 40	40 – 80	> 80
50	Gt II	Gt II*	(Gt II c)	
80	Gt III	Gt III*	Gt IV	
120	Gt V	Gt V*	Gt VI	

Door toepassing van een wateroverlastfactor kan uit de veeljarig gemiddelde wateroverlastdepressie de depressie in een specifiek jaar worden geschat. De grootte van de wateroverlastfactor is afhankelijk van het neerslagoverschot in het winterhalfjaar. Deze methode is weliswaar vrij grof, maar op dit moment is er geen betere methodiek voorhanden. De methode zoals beschreven door Peerboom (Peerboom, 1990) kan bruikbaar zijn om de bepalingswijze van de wateroverlastfactor te verbeteren. Voor meer informatie over de bepaling van de wateroverlastfactor wordt verwezen naar het LAGO-rapport van de Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (Werkgroep Landbouwkundige Aspecten, 1984).

tabel B.2.4 Wateroverlastdepressiepercentages voor grasland op kleiige - en moerige gronden (GHG en GLG in cm -mv)

GHG	5	10	15	20	25	30	35	40	45
GLG									
60	37,2	30,0	23,7	18,1					
65	35,3	28,5	22,5	17,2	12,5				
70	33,5	27,1	21,4	16,3	11,8	7,9			
75	31,8	25,8	20,3	15,5	11,2	7,5	4,0		
80	30,3	24,5	19,3	14,7	10,6	7,1	3,9	1,3	
85	29,0	23,4	18,4	14,0	10,1	6,7	3,7	1,3	0,0
90	27,7	22,3	17,5	13,3	9,6	6,4	3,6	1,2	0,0
95	26,5	21,3	16,7	12,7	9,1	6,1	3,4	1,2	0,0
100	25,4	20,4	16,0	12,1	8,7	5,8	3,3	1,2	0,0
105	24,4	19,5	15,3	11,5	8,3	5,5	3,1	1,1	0,0
110	23,5	18,7	14,6	11,0	7,9	5,2	3,0	1,1	0,0
115	22,7	18,0	14,0	10,5	7,5	5,0	2,9	1,1	0,0
120	21,9	17,4	13,5	10,1	7,2	4,8	2,8	1,1	0,0
125	21,1	16,7	13,0	9,7	6,9	4,6	2,6	1,0	0,0
130	20,4	16,1	12,5	9,4	6,7	4,4	2,5	1,0	0,0
135	19,8	15,6	12,1	9,1	6,4	4,2	2,4	1,0	0,0
140	19,3	15,2	11,8	8,8	6,2	4,1	2,4	1,0	0,0
145	18,9	14,9	11,5	8,6	6,0	4,0	2,3	1,0	0,0
150	18,5	14,6	11,3	8,4	5,9	3,9	2,2	0,9	0,0
155	18,2	14,4	11,1	8,3	5,9	3,8	2,2	0,9	0,0
160	17,9	14,2	11,0	8,2	5,8	3,8	2,2	0,9	0,0

tabel B.2.5 Wateroverlastdepressiepercentages voor grasland op zandgronden (GHG en GLG in cm -mv)

GHG	5	10	15	20	25	30	35	40	45
GLG									
60	33,8	27,0	21,0	15,6					
65	32,1	25,7	19,9	14,8	10,2				
70	30,5	24,4	18,9	14,0	9,7	6,0			
75	29,0	23,2	17,9	13,3	9,2	5,6	2,6		
80	27,5	22,0	17,0	12,6	8,7	5,3	2,4	0,0	
85	26,2	20,9	16,1	11,9	8,2	5,0	2,2	0,0	0,0
90	24,9	19,9	15,3	11,3	7,8	4,7	2,1	0,0	0,0
95	23,7	18,9	14,6	10,7	7,4	4,4	2,0	0,0	0,0
100	22,6	18,0	13,9	10,2	7,0	4,2	1,9	0,0	0,0
105	21,6	17,1	13,2	9,7	6,6	4,0	1,8	0,0	0,0
110	20,6	16,3	12,6	9,2	6,3	3,8	1,7	0,0	0,0
115	19,8	15,6	12,0	8,8	6,0	3,6	1,6	0,0	0,0
120	19,0	15,0	11,5	8,4	5,7	3,4	1,5	0,0	0,0
125	18,3	14,5	11,1	8,0	5,4	3,2	1,4	0,0	0,0
130	17,7	14,0	10,7	7,7	5,2	3,1	1,3	0,0	0,0
135	17,2	13,6	10,3	7,4	5,0	2,9	1,2	0,0	0,0
140	16,7	13,2	10,0	7,2	4,8	2,8	1,2	0,0	0,0
145	16,3	12,8	9,7	6,9	4,6	2,7	1,1	0,0	0,0
150	15,9	12,5	9,4	6,7	4,5	2,6	1,1	0,0	0,0
155	15,6	12,2	9,2	6,5	4,3	2,5	1,0	0,0	0,0
160	15,3	12,0	9,0	6,4	4,2	2,4	1,0	0,0	0,0

tabel B.2.6 Wateroverlastdepressiepercentages voor bouwland op kleïige- en moerige gronden (GHG en GLG in cm -mv)

GHG	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
GLG											
70	44,0	35,0	28,7	22,8	18,2	13,8	10,5				
75	41,9	33,4	27,3	21,6	17,1	12,9	9,8				
80	40,0	32,1	26,0	20,5	16,0	12,0	9,2	6,1			
85	38,2	30,8	24,8	19,5	15,1	11,4	8,6	5,7			
90	36,7	29,6	23,8	18,7	14,4	10,9	8,1	5,3			
95	35,3	28,5	22,9	18,0	13,8	10,4	7,7	4,9			
100	34,1	27,4	22,0	17,3	13,2	10,0	7,3	4,6	2,7		
105	33,0	26,4	21,2	16,6	12,7	9,6	6,9	4,3	2,4		
110	32,0	25,5	20,5	16,0	12,2	9,2	6,5	4,1	2,2		
115	31,0	24,7	19,8	15,5	11,8	8,9	6,2	3,9	2,1		
120	30,0	23,9	19,2	15,0	11,5	8,6	6,0	3,7	2,0	0,8	
125	29,0	23,2	18,6	14,6	11,2	8,3	5,8	3,6	1,9	0,7	0,0
130	28,0	22,6	18,1	14,2	10,9	8,0	5,6	3,5	1,8	0,6	0,0
135	27,1	22,0	17,6	13,9	10,6	7,8	5,4	3,4	1,7	0,6	0,0
140	26,3	21,5	17,2	13,6	10,3	7,6	5,2	3,3	1,6	0,5	0,0
145	25,6	21,0	16,8	13,3	10,0	7,4	5,0	3,2	1,5	0,5	0,0
150	25,1	20,5	16,4	13,0	9,8	7,2	4,9	3,1	1,4	0,4	0,0
155	24,6	20,0	16,1	12,7	9,6	7,0	4,8	3,0	1,3	0,4	0,0
160	24,2	19,6	15,8	12,5	9,5	6,9	4,7	2,9	1,2	0,3	0,0

tabel B.2.7 Wateroverlastdepressiepercentages voor bouwland op zandgronden (GHG en GLG in cm -mv)

GHG	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
GLG											
70	37,6	30,2	24,5	19,8	15,6	11,9	9,4				
75	35,6	28,8	23,3	18,8	14,8	11,2	8,7				
80	34,0	27,5	22,2	17,8	14,0	10,6	8,1	5,8			
85	32,6	26,4	21,3	17,0	13,4	10,1	7,6	5,4			
90	31,2	25,4	20,5	16,4	12,9	9,7	7,2	5,0			
95	30,0	24,5	19,8	15,8	12,5	9,3	6,9	4,7			
100	28,8	23,6	19,1	15,2	12,0	9,0	6,6	4,4	2,3	0,8	0,0
105	27,7	22,7	18,4	14,6	11,5	8,7	6,3	4,2	2,2	0,8	0,0
110	26,8	21,9	17,7	14,1	11,0	8,4	6,0	4,0	2,1	0,7	0,0
115	25,9	21,2	17,0	13,6	10,6	8,1	5,8	3,8	2,0	0,7	0,0
120	25,1	20,5	16,4	13,2	10,3	7,8	5,6	3,6	1,9	0,6	0,0
125	24,3	19,9	15,9	12,8	10,0	7,5	5,4	3,4	1,8	0,6	0,0
130	23,6	19,3	15,4	12,4	9,7	7,2	5,2	3,2	1,7	0,5	0,0
135	23,0	18,8	15,0	12,0	9,4	7,0	5,0	3,1	1,6	0,5	0,0
140	22,4	18,3	14,6	11,7	9,1	6,8	4,8	3,0	1,5	0,4	0,0
145	21,8	17,8	14,2	11,4	8,8	6,6	4,6	2,9	1,4	0,4	0,0
150	21,2	17,3	13,9	11,1	8,5	6,4	4,4	2,8	1,3	0,3	0,0
155	20,7	16,9	13,6	10,8	8,3	6,2	4,2	2,7	1,2	0,3	0,0
160	20,2	16,5	13,3	10,6	8,1	6,0	4,0	2,6	1,1	0,2	0,0

2. Droogte- en wateroverlastdepressie volgens de HELP-tabel

Vuistregels

De droogteschade die ontstaat door een structurele onderschrijding van de ondergrens van de OGR kan men met de onderstaande vuistregels op snelle wijze globaal inschatten (Bouwmans, 1994). De vuistregels hebben betrekking op grasland, maar geven ook een indicatie voor bouwland.

Zolang de GLG ondieper blijft dan de som van de dikte van de effectieve wortelzone en de kritieke z-afstand (zie bijlage 2a), bedraagt de gemiddelde droogtedepressie maximaal 2 %. Het komt voor dat de GLG zich dieper bevindt dan de som van de dikte van de effectieve wortelzone en de kritieke z-afstand, maar nog niet als een hangwaterprofiel kan worden beschouwd. In dat geval is de verandering van de gemiddelde opbrengst per dm grondwaterstandsverandering voor grasland door droogte zoals weergegeven in tabel B.2.8. De maximale gemiddelde opbrengstdepressie door droogte treedt op bij hangwaterprofielen en bevindt zich in de regel tussen 25 en 35 %.

tabel B.2.8 Globale gemiddelde opbrengstverandering voor grasland door droogte

grondsoort	dikte effectieve wortelzone (cm) voor gras	kritieke z-afstand (cm)	opbrengstdepressie per dm grondwaterstandsverlaging (%)
kleigronden	25 - 35	25 - 65	1,00 - 1,50
zavelgronden	30 - 35	100 - 110	1,00 - 1,50
enkeerdgronden	40 - 50	70 - 130	1,25 - 1,75
zandgrond met cultuurdek	30 - 40	70 - 130	1,50 - 2,00
zandgrond	20 - 30	70 - 130	1,75 - 2,25
zandvaaggronden	15 - 20	70 - 130	2,00 - 3,00
veen- en moerige gronden	20 - 25	45 - 75	2,50 - 3,50

HELP-tabel

Op de volgende twee pagina's is een overzicht gegeven van de opbrengstdepressiepercentages voor wateroverlast (kolom 'wa') en droogte (kolom 'dr') zoals deze zijn opgenomen in de HELP-tabel (tabel B.2.9 en tabel B.2.10). De waarden gelden voor de gebieden met een meteofactor 1,0. Voor bouwland geldt het standaard bouwplan. HELP-depressies voor andere gebieden en bouwplannen worden hieruit via correctiefactoren berekend.
De HELP-bodemcodes hebben betrekking op de volgende bodemgroepen:
V = veengronden; W = moerige gronden;
K = klei- en zavelgronden; Z = zandgronden, eerd- en vaaggronden; H = zandgronden, podzolgronden;
BLK = brik-, leem- en oude kleigronden.
Voor een uitgebreide toelichting en achtergronden van de HELP-tabel wordt verwezen naar LD-mededeling 176 (Werkgroep HELP-tabel, 1987).

Voor het leggen van een verband met doelrealisatie kan men voor landbouwkundig bodemgebruik terugvallen op de HELP-tabel. Hierbij wordt er nogmaals op gewezen dat de opbrengstdepressie in de HELP-tabel zijn gerelateerd aan de beste gronden en dat per bodemtype nog een omrekening dient plaats te vinden. Zie hiervoor de toelichting in het kader in § 3.5.1. Het voordeel van de HELP-benadering gaat met de omzetting naar de relatieve depressie echter wel verloren. Dat betreft het gegeven dat het bedrag per %-opbrengstdepressie constant blijft omdat één procent steeds hetzelfde aantal kilo's product vertegenwoordigt.

tabel B.2.9 **Standaard HELP-tabel voor grasland (meteo-factor 1,0)**

	HELP-Gt	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
		2a		2b		2c		2*		3a		3b		3c		3*		4		5		5*		6		7		7*	
	GHG	5		10		15		25		10		15		20		30		50		25		35		60		100		160	
	GLG	70		70		70		75		105		105		105		110		110		140		150		170		200		260	
		wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr
1	V	32	3	27	3	23	3	16	4	22	7	18	7	15	7	9	8	2	8	9	15	4	17	1	23				
2	aV	31	3	26	3	22	3	15	4	21	7	17	7	14	7	8	8	1	8	8	15	4	17	1	23				
3	hV	30	3	25	3	21	3	14	4	20	7	16	7	13	7	7	8	1	8	8	15	4	17	1	23				
4	kV	28	3	23	3	19	3	12	4	19	7	15	7	12	7	7	8	2	8	7	15	3	17	2	23				
5	zV	26	3	21	3	17	3	10	4	16	7	13	7	10	7	5	8	1	8	6	15	2	17	0	23	0	31		
6	iV	30	3	25	3	21	3	14	4	20	7	16	7	13	7	7	8	1	8	8	15	4	17	1	23	1	31		
7	iV*	28	0	23	0	19	0	12	1	18	2	15	2	12	2	6	3	1	3	7	6	3	8	1	12	1	20		
8	Wo	34	2	29	2	25	2	18	3	24	6	20	6	17	6	11	7	2	7	11	14	6	17	1	24				
9	vW	33	2	28	2	24	2	17	3	23	6	19	6	16	6	10	7	1	7	10	14	5	17	1	24				
10	hW	32	2	27	2	23	2	16	3	22	6	18	6	15	6	9	7	1	7	10	14	5	17	1	24				
11	kW	30	2	25	2	21	2	14	3	21	6	17	6	14	6	8	7	2	7	9	14	4	17	2	24				
12	zW	28	2	23	2	19	2	12	3	19	6	15	6	12	6	7	7	1	7	8	14	3	17	0	24	0	33		
13	iW	32	2	27	2	23	2	16	3	22	6	18	6	15	6	9	7	1	7	10	14	5	17	1	24	1	33		
14	iW*	28	0	23	0	19	0	12	1	18	2	14	2	11	2	6	3	1	3	7	6	3	8	0	14	0	22		
15	Kz1a	26	1	21	1	17	1	10	1	17	3	13	3	10	3	5	4	1	4	5	7	2	9	1	12	1	15	1	20
16	Kz1b	26	1	21	1	17	1	10	1	17	2	13	2	10	2	5	3	1	3	5	5	2	7	1	10	1	14	1	20
17	Kk1a	28	2	23	2	19	2	12	2	19	6	15	6	12	6	7	7	2	7	7	14	3	16	2	20	2	24	2	29
18	Kk1b	28	2	23	2	19	2	12	2	19	4	15	4	12	4	7	5	2	5	7	11	3	13	2	18	2	23	2	29
19	Kz2a	24	0	19	0	15	0	8	0	15	1	11	1	8	1	3	1	0	1	4	5	1	7	0	13	0	20	0	23
20	Kz2b	25	0	20	0	16	0	9	0	16	0	12	0	9	0	4	0	0	0	5	1	1	3	0	7	0	15	0	23
21	Kk2a	26	1	21	1	17	1	10	1	17	2	13	2	10	2	5	2	1	2	5	10	2	15	1	23	1	32	1	36
22	Kk2b	27	1	22	1	18	1	11	1	18	1	14	1	11	1	6	2	1	2	6	5	3	8	1	14	1	25	1	36
23	Kz34a	29	3	24	3	20	3	13	3	21	9	17	9	14	9	9	10	3	10	9	14	5	16	3	18	3	21	3	25
24	Kz34b	28	2	23	2	19	2	12	2	20	5	16	5	13	5	8	5	2	5	8	9	4	11	2	13	2	17	2	23
25	Kk34a	31	4	26	4	22	4	15	5	23	13	19	13	16	13	11	15	4	15	11	22	7	23	4	27	4	30	4	34
26	Kk34b	30	2	25	2	21	2	14	3	22	8	18	8	15	8	10	9	3	9	10	16	6	18	3	22	3	27	3	32
27	Kz5hz	26	0	21	0	17	0	10	0	16	1	12	1	9	1	5	1	0	1	5	2	2	2	0	3	0	9	0	21
28	Kz5h	26	0	21	0	17	0	10	0	16	1	12	1	9	1	5	1	0	1	5	2	2	2	0	3	0	6	0	12
29	Kk5hz	28	1	23	1	19	1	12	1	18	2	14	2	11	2	6	2	1	2	7	4	3	6	1	9	1	15	1	33
30	Kk5h	28	1	23	1	19	1	12	1	18	2	14	2	11	2	6	3	1	3	7	4	3	6	1	9	1	14	1	22
31	Kz5oz	26	1	21	1	17	1	11	1	18	1	14	1	11	1	6	1	1	1	7	3	3	4	1	5	1	11	1	26
32	Kz5o	26	1	21	1	17	1	11	1	18	1	14	1	11	1	6	1	1	1	7	3	3	4	1	5	1	9	1	16
33	Kk5oz	28	2	23	2	19	2	13	2	20	2	16	2	13	2	7	2	2	2	8	5	4	8	2	11	2	17	2	33
34	Kk5o	28	2	23	2	19	2	13	2	20	3	16	3	13	3	7	3	2	3	8	5	4	8	2	11	2	17	2	26
35	Z1a	20	2	16	2	13	2	7	3	12	8	9	8	7	8	3	10	0	12	3	18	0	21	0	27	0	30	0	31
36	Z1b																												
37	Z2a	20	7	16	7	13	7	7	10	12	15	9	15	7	15	3	17	0	21	3	25	0	27	0	30	0	31	0	31
38	Z2b																												
39	tZ1a	22	2	17	2	14	2	8	2	13	4	10	4	7	4	3	5	0	6	3	11	0	14	0	20	0	25	0	29
40	tZ1b	26	1	21	1	17	1	10	1	15	2	12	2	9	2	5	3	0	3	5	7	2	9	0	14	0	22	0	26
41	tZ2a	22	2	17	2	14	2	8	2	13	8	10	8	7	8	3	8	0	9	3	15	0	18	0	24	0	28	0	29
42	tZ2b	26	1	21	1	17	1	10	2	15	6	12	6	9	6	5	7	0	8	5	13	2	16	0	22	0	25	0	26
43	cZ1a	24	1	19	1	15	1	9	2	14	2	11	2	8	2	4	3	0	3	5	7	1	9	0	14	0	21	0	26
44	cZ1b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	1	13	1	10	1	6	1	0	1	7	3	3	4	0	8	0	15	0	23
45	cZ2a	24	1	19	1	15	1	9	1	14	3	11	3	8	3	4	3	0	3	5	9	1	11	0	17	0	24	0	26
46	cZ2b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	2	13	2	10	2	6	3	0	3	7	7	3	9	0	14	0	21	0	23
47	EZ1a	24	1	19	1	15	1	9	1	14	1	11	1	8	1	4	1	0	1	5	3	1	4	0	7	0	13	0	20
48	EZ1b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	1	13	1	10	1	6	1	0	1	7	2	3	2	0	4	0	9	0	16
49	EZ2a	24	1	19	1	15	1	9	1	14	1	11	1	8	1	4	1	0	1	5	3	1	4	0	7	0	13	0	20
50	EZ2b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	1	13	1	10	1	6	1	0	1	7	2	3	2	0	4	0	9	0	16
51	EEZ1a	24	0	19	0	15	0	9	0	14	1	11	1	8	1	4	1	0	1	5	2	1	3	0	5	0	12	0	19
52	EEZ1b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	0	13	0	10	0	6	0	0	0	7	1	3	1	0	2	0	5	0	13
53	EEZ2a	24	0	19	0	15	0	9	0	14	1	11	1	8	1	4	1	0	1	5	2	1	3	0	6	0	12	0	19
54	EEZ2b	28	0	23	0	19	0	11	0	16	0	13	0	10	0	6	0	0	0	7	1	3	1	0	2	0	5	0	14
55	KZ2	25	1	20	1	16	1	9	1	16	6	12	6	9	6	4	8	0	9	5	18	1	22	0	29	0	33	0	36
56	KZ1	25	6	20	6	16	6	9	8	16	13	12	13	9	13	4	15	0	18	5	25	1	28	0	32	0	34	0	36
57	SZ	24	1	19	1	15	1	8	1	15	1	11	1	8	1	3	2	0	2	4	3	1	4	0	8	0	15	0	26
58	tH1a	22	2	17	2	14	2	8	2	13	4	10	4	7	4	3	5	0	5	4	9	0	12	0	17	0	22	0	27
59	tH1b	26	1	21	1	17	1	10	1	15	3	12	3	9	3	5	4	0	4	5	8	2	10	0	15	0	20	0	25
60	tH2a	22	2	17	2	14	2	8	2	13	4	10	4	7	4	3	5	0	5	4	9	0	12	0	17	0	23	0	28
61	tH2b	26	1	21	1	17	1	10	1	15	3	12	3	9	3	5	4	0	4	5	8	2	10	0	15	0	21	0	25
62	cH1a	24	1	19	1	15	1	9	1	14	2	11	2	8	2	4	3	0	3	5	6	1	8	0	12	0	18	0	24
63	cH1b	28	1	23	1	19	1	11	1	16	2	13	2	10	2	6	2	0	2	7	4	3	6	0	9	0	15	0	21
64	cH2a	24	1	19	1	15	1	9	1	14	2	11	2	8	2	4	3	0	3	5	6	1	8	0	12	0	18	0	24
65	cH2b	28	1	23	1	19	1	11	1	16	2	13	2	10	2	6	2	0	2	7	4	3	6	0	9	0	15	0	21
66	BLKa	28	0	23	0	19	0	11	0	16	0	13	0	10	0	6	0	0	0	7	1	3	1	0	2	0	5	0	13
67	BLKb	29	0	24	0	20	0	13	0	19	0	16	0	13	0	8	0	2	0	9	0	5	0	2	0	2	0	2	1
68	BLKc	30	0	25	0	21	0	14	0	22	0	18	0	15	0	10	0	3	0	10	1	6	1	3	1	3	1	3	4
69	BLKd	26	0	21	0	17	0	10	0	16	0	12	0	9	0	5	0	0	0	5	1	2	1	0	2	0	4	0	12
70	BLKe	28	1	23	1	19	1	12	1	18	3	14	3	11	3	6	3	1	3	7	7	3	8	1	10	1	12	1	15

tabel B.2.10 **Standaard HELP-tabel voor bouwland (standaard bouwplan en meteo-factor 1,0)**

	HELP-Gt	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
		2a		2b		2c		2*		3a		3b		3c		3*		4		5		5*		6		7		7*	
	GHG	5		10		15		25		10		15		20		30		50		25		35		60		100		160	
	GLG	70		70		70		75		105		105		105		110		110		140		150		170		200		260	
		wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr	wa	dr
1	V																												
2	aV									37	5	32	5	28	5	20	7	9	7	18	14	10	16	2	23	0	29		
3	hV																												
4	kV																												
5	zV									32	5	28	5	24	5	17	7	7	7	16	14	10	16	2	23	0	29		
6	iV									37	5	32	5	28	5	20	7	9	7	18	14	12	16	4	23	1	29		
7	iV*									35	1	30	1	26	1	19	2	8	2	17	5	11	7	3	12	1	18		
8	Wo																												
9	vW																												
10	hW																												
11	kW																												
12	zW									35	6	30	6	26	6	19	7	8	7	18	14	12	17	4	24	2	34		
13	iW									40	6	35	6	30	6	22	7	10	7	21	14	14	17	5	24	2	34		
14	iW*									34	2	29	2	25	2	17	3	7	3	16	6	10	8	2	14	0	21		
15	Kz1a									32	4	28	4	24	4	17	4	7	4	16	6	10	7	5	9	3	12	3	18
16	Kz1b									32	2	28	2	24	2	17	2	7	2	16	4	10	5	5	7	3	11	3	16
17	Kk1a									36	5	31	5	27	5	19	6	9	6	18	11	12	13	7	17	5	21	5	26
18	Kk1b									36	3	31	3	27	3	19	3	9	3	18	8	12	10	7	15	5	20	5	26
19	Kz2a									30	1	25	1	21	1	14	1	5	1	13	6	8	8	3	14	2	21	2	24
20	Kz2b									31	0	26	0	22	0	15	0	6	0	14	2	9	3	4	7	2	15	2	23
21	Kk2a									34	1	29	1	25	1	18	2	8	2	16	9	11	13	6	22	4	31	4	35
22	Kk2b									35	1	30	1	26	1	19	1	9	1	17	3	12	5	7	13	4	25	4	34
23	Kz34a									37	8	32	8	28	8	21	9	11	9	19	13	14	14	8	16	5	19	5	22
24	Kz34b									36	4	31	4	27	4	20	5	10	5	18	8	13	9	7	11	4	15	4	20
25	Kk34a									41	13	36	13	32	13	25	14	14	14	22	20	17	22	12	25	7	28	7	32
26	Kk34b									40	5	35	5	31	5	24	8	13	8	21	15	16	17	11	20	6	24	6	30
27	Kz5hz									31	0	26	0	22	0	16	0	7	0	15	1	10	1	5	2	2	8	2	21
28	Kz5h									31	0	26	0	22	0	16	0	7	0	15	1	10	1	5	2	2	4	2	9
29	Kk5hz									35	1	30	1	26	1	19	1	9	1	17	2	12	2	7	5	4	14	4	31
30	Kk5h									35	1	30	1	26	1	19	1	9	1	17	3	12	3	7	5	4	9	4	22
31	Kz5oz									34	1	29	1	25	1	18	1	8	1	17	2	11	2	6	3	3	9	3	23
32	Kz5o									34	1	29	1	25	1	18	1	8	1	17	2	11	2	6	3	3	6	3	13
33	Kk5oz									37	2	32	2	28	2	20	2	10	2	19	3	13	3	8	6	5	15	5	33
34	Kk5o									37	2	32	2	28	2	20	2	10	2	19	4	13	4	8	6	5	11	5	26
35	Z1a									28	9	24	9	20	9	14	11	4	13	13	21	7	24	0	29	0	32	0	32
36	Z1b																												
37	Z2a									28	15	24	15	20	15	14	17	4	20	13	27	7	29	0	31	0	32	0	32
38	Z2b																												
39	tZ1a									29	4	25	4	21	4	14	5	4	6	13	10	7	13	0	18	0	25	0	29
40	tZ1b									31	2	27	2	23	2	16	2	6	3	15	6	9	8	2	14	0	21	0	27
41	tZ2a									29	6	25	6	21	6	14	8	4	9	13	15	7	18	0	25	0	28	0	29
42	tZ2b									31	5	27	5	23	5	16	6	6	7	15	13	9	16	2	22	0	26	0	27
43	cZ1a									30	2	26	2	22	2	15	3	5	3	14	6	8	8	1	14	0	21	0	26
44	cZ1b									32	1	28	1	24	1	17	1	7	1	16	3	10	4	2	7	0	15	0	23
45	cZ2a									30	2	26	2	22	2	15	3	5	3	14	9	8	11	1	18	0	24	0	26
46	cZ2b									32	2	28	2	24	2	17	2	7	2	16	7	10	9	2	14	0	19	0	23
47	EZ1a									30	1	26	1	22	1	15	1	5	1	14	3	8	4	1	8	0	15	0	22
48	EZ1b									32	0	28	0	24	0	17	1	7	1	16	2	10	2	2	4	0	10	0	17
49	EZ2a									30	1	26	1	22	1	15	1	5	1	14	3	8	4	1	8	0	15	0	22
50	EZ2b									32	0	28	0	24	0	17	1	7	1	16	2	10	2	2	4	0	10	0	17
51	EEZ1a									30	0	26	0	22	0	15	0	5	0	14	1	8	2	1	3	0	9	0	17
52	EEZ1b									32	0	28	0	24	0	17	0	7	0	16	0	10	1	2	1	0	4	0	11
53	EEZ2a									30	0	26	0	22	0	15	0	5	0	14	1	8	2	1	3	0	9	0	17
54	EEZ2b									32	0	28	0	24	0	17	0	7	0	16	0	10	1	2	1	0	4	0	11
55	KZ2									31	6	26	6	22	6	15	8	6	8	14	18	9	21	4	28	1	32	1	33
56	KZ1									31	14	26	14	22	14	15	16	6	18	14	23	9	25	4	30	1	32	1	33
57	SZ									30	0	26	0	22	0	15	0	4	1	13	1	7	2	1	4	0	10	0	23
58	tH1a									29	4	25	4	21	4	14	4	4	5	13	9	7	11	0	16	0	21	0	26
59	tH1b									31	4	27	4	23	4	16	4	6	5	15	9	9	11	2	16	0	21	0	26
60	tH2a									29	4	25	4	21	4	14	4	4	5	13	9	7	12	0	16	0	23	0	26
61	tH2b									31	4	27	4	23	4	16	4	6	5	15	9	9	12	2	16	0	23	0	26
62	cH1a									30	2	26	2	22	2	15	3	5	3	14	6	8	8	1	13	0	19	0	25
63	cH1b									32	2	28	2	24	2	17	2	7	2	16	4	10	6	2	10	0	15	0	21
64	cH2a									30	2	26	2	22	2	15	3	5	3	14	6	8	8	1	14	0	20	0	25
65	cH2b									32	2	28	2	24	2	17	2	7	2	16	4	10	6	2	10	0	15	0	21
66	BLKa									32	0	28	0	24	0	17	0	7	0	16	0	11	0	2	1	0	3	0	9
67	BLKb									36	0	31	0	27	0	20	0	10	0	18	0	13	0	8	0	5	0	5	0
68	BLKc									40	0	35	0	31	0	24	0	13	0	21	0	16	0	11	0	6	1	6	3
69	BLKd									31	0	26	0	22	0	16	0	7	0	15	0	10	0	5	1	2	2	2	8
70	BLKe									35	2	30	2	26	2	19	3	9	3	17	6	12	7	7	8	4	9	4	13

Bijlage 2c

Gewaskalender

tabel B.2.11 Gewaskalender

NR	NAAM GEWAS	BIJZONDERHEDEN	mnd CODE	jan 1	jan 2	feb 1	feb 2
	GRANEN						
1	haver	kleigebied	HAK				
2	haver	zandgebied	HAZ			p	p
3	korrelmais	zandgebied	KMZ				
4	wintergerst	kleigebied	WGK			k	k
5	wintergerst	zandgebied	WGZ			k	k
6	winterrogge	zandgebied	WRZ				
7	wintertarwe	kleigebied	WTK				k
8	wintertarwe	zandgebied	WTZ				
9	zomergerst	kleigebied	ZGK				
10	zomergerst	zandgebied	ZGZ				p
11	zomertarwe	kleigebied	ZTK				
12	zomertarwe	zandgebied	ZTZ				k
	PEULVRUCHTEN						
13	bruine bonen	kleigebied	BBK				
14	doperwten cons.	kleigebied	DCK				k
15	doperwten cons.	zandgebied	DCZ				
16	groene erwten	kleigebied	GEK				
17	groene erwten	zandgebied	GEZ				
18	stamslabonen (industrie)	kleigebied	SSK				
19	stamslabonen (industrie)	zandgebied	SSZ				k
20	veldbonen	zandgebied	VEZ				p
	HANDELSGEWASSEN						
21	koolzaad	kleigebied	KLK	s	s	s	s
22	koolzaad	zandgebied	KLZ	s	s	s	s
23	teunisbloem	kleigebied	TBK				s
	LANDBOUWZADEN						
24	engels raaigras	1-jarig hooitype	RGH	s	s	s	sk
25	engels raaigras	1-jarig weidetype	RGW	s	s	s	sk
26	graszaad roodzwenkgras		GZR				
27	graszaad veldbeemdgras		GSZ				k
	KNOL- EN WORTELGEWASSEN						
28	cons.aardappelen (bintje)	kleigebied	CAK	c	c	c	
29	cons.aardappelen (bintje)	zandgebied	CAZ				
30	fabrieksaardappelen		FAR				
31	pootaardappelen (vrije rassen)	kleigebied	PAR				
32	suikerbieten	kleigebied	SBK				
33	suikerbieten	zandgebied	SBZ				
34	zaaiuien	kleigebied	ZUK				
	VOEDERGEWASSEN						
35	luzerne	kleigebied	LUZ	s			k
36	snijmais	kleigebied	SMK				
37	snijmais	zandgebied	SMZ				
38	voederbieten	zandgebied	VBZ				p
	GROENTEGEWASSEN						
39	aardbeien (verlate teelt)	wachtbedplanten	ABW				
40	bloemkool	herfst - vroeg	BLH				
41	courgette	vlakveld	CGT				
42	knolselderij	kleigebied	KSK				k
43	kroten	zomer	KRZ				
44	prei	contract	PRC				p
45	prei	late herfst	PRH	c			p
46	rode kool	contract	RKC				k
47	rode kool	herfst	RKH				k
48	savooie kool	herfst	SKH				
49	spruitkool	kleigebied/middel-la	SPR				
50	winterpeen	kleigebied/herfst/con	WWK				
51	witlofwortelen	kleigebied/contract	WLK				
52	witte kool	herfst	WKH				
	BLIJVEND GRASLAND						
53	blijvend grasland		BGR				k

LEGENDA

ploegen	p
zaaiklaar maken, eggen	b
zaaien, poten, planten	z
kunstmest strooien N, P, K	k
spuiten (gewasbescherming, onkruid)	s
oogsten, rooien	o
cultivateren, stoppelploegen	c
kritische perioden voor gewas	
periode dat gewas op land staat	

De gegevens in deze kalender hebben betrekking op veeljarig gemiddelde situaties. De gegevens zijn gebaseerd op de gewasschadenormen 1995 van de Centrale Landinrichtingscommissie (brief met kenmerk LBL958773). Voor een meer gedetailleerde uitwerking wordt verwezen naar :
Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsteelt 1997/1998.
Publicatienummer 85, december 1997.
IKC, PAV en DLV.

mrt		apr		mei		jun		jul		aug		sep		okt		nov		dec		
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NAAM GEWAS
																				GRANEN
bzk			s			ks				o	oc	c	c	p	p	p	p			haver
bzk				s							oc	c	c							haver
p		k	bz			s								o	c					korrelmais
			s	s	k				o	c	c	cp	pbz	ps						wintergerst
k	ks	k	k	k	k	s	s	s	o	c	c	c	pbzc							wintergerst
k	k	ks	k	k						o	c	cp	cp	bz						*winterrogge*
			k	s		k		s		o	oc	c	c	pbzs	pbzs	pbzs				wintertarwe
k		s				ks				o	oc	c	c	pbz	pbz	pbz				wintertarwe
bzk	k			s	s	s	s	s		o	c	c	c		p	p	p			zomergerst
bzk				s	k		s		o		c	c	c							zomergerst
bzk			s		k	s					o	c	c	p	p	p	p			zomertarwe
bbz			s			ks		s			o	c	c							zomertarwe
																				PEULVRUCHTEN
		s	s	s	kbzs	s		s				o	oc	c	p	p	p			bruine bonen
bzk			s	s	s	s	s			oc	c	c		p	p	p	p			doperwten cons.
k	bzk			s	s	s	s	s		oc	c	c		p						doperwten cons.
bzks	s	s	s	s	s	s			o	oc	c	c	c	p	p	p	p			groene erwten
bzk			s	s	s	s				oc	c	c	c		p	p	p			groene erwten
					kbzs	s	s	s		ko	oc	oc	c	p	p	p	p			stamslabonen (industrie)
	p	k	bzks	s	s	s	s	s		o	oc	oc	c							stamslabonen (industrie)
bzk				s	s	s	s				oc	oc	c	c						veldbonen
																				HANDELSGEWASSEN
s	sk	s	s	s	s	s			o	p,c	pbzs	k		s	s	s	s	s	s	koolzaad
s	sk	s	s	s	s	s			o	p,c	pbzs	k		s	s	s	s	s	s	koolzaad
s	s	kbzs											p	p,oc	p	p				teunisbloem
																				LANDBOUWZADEN
k									o	oc	pbz	s,c	c		s	s	s	s	s	engels raaigras
k									o	oc	pbz	s,c	c		s	s	s	s	s	engels raaigras
k								o	o	c	ks	s,c	s,c	sz						graszaad roodzwenkgras
								o	o	c	k	c	c	zs						graszaad veldbeemdgras
																				KNOL- EN WORTELGEWASSEN
k		bz	s			s	s	s	s	s	s	so	oc	p	p					cons.aardappelen (bintje)
kp	p	pbz	s			s	s	s	s	s	s	so	o	c	c	c				cons.aardappelen (bintje)
kp	p	pbz		s		s	s	s	s	s	oc	oc	oc	oc	oc					fabrieksaardappelen
k	b	bz	s	s	s	s	s	s	s	oc	c	p	p	p	p					pootaardappelen (vrije rassen)
k	b	bz			s		s						oc	p,oc	p,oc	p,oc				suikerbieten
	k	kpbz			k	s							oc	oc	oc	oc				suikerbieten
k		bz	s	s	s		s	s	s	s	k,s	o	oc	p	p	p	p			zaaiuien
																				VOEDERGEWASSEN
					o	o	o	o	o	o	o	z,o	o	oc						luzerne
		k		bz	s								oc	p,oc	p	p				snijmais
	p	k	bz		s								oc	oc						snijmais
p	p	bzks	s	s	ks		s								oc					voederbieten
																				GROENTEGEWASSEN
			bkzs	bkzs	bkzs	bkzs	bkzs	bkzs		o	o	o	o		p					aardbeien (verlate teelt)
						kbz	kbz	s		s		o	oc	oc	p	p	p			bloemkool
		k	bs		z	s	s	s	so	sko	so	so	o	o						courgette
				kbz	bzs	s	s	s	s	s	s	s	s			o				knolselderij
k		bz	s		s	k	o	o	o	o	o	c			p					kroten
k,p	p	p			k	b	z	s	sk	s	s	sko	soc	soc	oc	oc				prei
p	p	p				k	bzs	s	s	s	s	s	s	s		o	o	c	c	prei
				b	kzs			s	s						o	o	op	p	p	rode kool
				kb	zs			s	k						o	o	o	p		rode kool
							k	bzs	s	s	s	sk			o	o	o	p		savooie kool
k				kb	z	s	s	s	s	s	s	s	s					o	op	spruitkool
k		k		bz		s		s							op	p	p			winterpeen
k		b	b	z	s							s		op	op	op				witlofwortelen
k				k	bzs			s							o	o	o	p		witte kool
																				BLIJVEND GRASLAND
k	k	k		o	o,k	o	o,k	o	o,k	o	o,k	o	o,k	o						blijvend grasland

Bijlage 2d

Attenderingswaarden waterkwaliteit ten behoeve van OGR-landbouw

tabel B.2.12 Attenderingswaarden waterkwaliteit. Bij overschrijding (onderschrijding indien minima staan vermeld) is het schaderisico groot, zij het afhankelijk van interacties (Huinink, 1994)

Omschrijving	eenheid	LANDBOUW						DRINKWATER				NEERSLAG	
		sub-straat	overige glas-tuin-bouw	groente	fruit	akker-bouw	gras-land	mens	herkau-wers	varkens	pluim-vee	nabij kust	overig Nederl.
troebeling	$mgSiO_x/l$	750)[1]	750)[1]	750)[1]	750)[1]	750)[1]	750)[1]	10					
KMnO-verbruik	mg/l	8	16	16				5	100)[2]	100)[2]	100)[2]	4,2	2
hardheid (tot.)	°D		12	12	12			10	25	25	20		0,2
EC_{25}	mS/cm	1,0	1,5	1,5	1,7	2,7	2,7		8	7	4		
zuurgraad	pH	6,5 tot 8						7 - 9,5	4 - 9)[3]	4 - 9)[3]	4 - 9)[3]		4,3
Cl^-	mg/l	50)[7]	200	300	300	600	600	200	2000	2000	2000	14,9	3,5
HCO_3^-	mg/l	250	250	180	250			30-500					4
NO_2^-	mg/l							0,1	1	1	1		0,03
NO_3^-	mg/l							50	200	200	50	4,2	3,8
PO_4^{3-} / P_{tot}	mg/l							6/2				0,06	0,06
S^{2-}	mg/l	1,0)[1]	1,0)[1]	1,0)[1]	1,0)[1]	1,0)[1]	1,0)[1]	0	0	0	0		
SO_2^{2-}	mg/l							150					
SO_4^{2-}	mg/l							250	250	250	50	8,3	6,5
Al	mg/l	5 bij pH < 5,5						0,2	5	5	5		
As	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01					
Ag	mg/l							0,05	0,1	0,1	0,1		
Ba	mg/l							0,5					
B	mg/l	0,3	0,6	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	5	5	5		
Be	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		
Br	mg/l	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0						
Ca	mg/l	100	250					60-200	1000	1000	1000	1,2	0,9
Co	mg/l	0,05; met name bij pH < 5,5							1	1	1		
Cd	mg/l	0,01)[4]	0,01)[4]	0,01)[4]	0,01)[4]	0,01)[4]	0,01)[4]	0,005	0,01)[4]	0,01)[4]	0,01)[4]		0,0007
CN	mg/l							0,05					
Cu	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,5	0,5	0,5		0,006
Cr	mg/l	Totaal Cr: 1; zeswaardig Cr: 0,1						Totaal Cr: 1; zeswaardig Cr: 0,05					0,0012
F	mg/l	0,5	0,5	1,0; met name bij pH < 5,5				1,1	2	2	2		
Fe	mg/l	00,5	2,5)[5]	2,5)[5]	1	7	15	0,2	10)[5]	10)[5]	10)[5]		0,04
Hg	mg/l							0,001	0,01	0,01	0,01		
K	mg/l							12				0,4	0,24
Li	mg/l	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5						
Mg	mg/l	20						50	250	250	250	1,1	0,29
Mn^{2+}	mg/l	1	1	1				0,05					
Mn tot.	mg/l	0,5	1,5	2; met name bij pH < 5,5				0,05	2	2	2		
Mo	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,1	0,1	0,1		
Na	mg/l	25	125	115				120	4000	2000	500	8,3	1,9
NH_4^+	mg/l		2	2				0,2	10	2	0,5	1,6	1,9
Ni	mg/l	0,2; met name bij pH < 5,5						0,05	0,1	0,1	0,1		0,006
Pb	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1)[6]	0,1)[6]	0,1)[6]		0,008
Sb	mg/l							0,01					
Se	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02		
Sn	mg/l												
Ti	mg/l	nauwelijks opgenomen door plant;											
V	mg/l	tolerantie niet bekend							0,1	0,1	0,1		
W	mg/l												
Zn	mg/l	0,5	1,5	2,0; met name in humusarm materiaal en bij pH < 5,5					24	24	24		0,27
org.cl. pesticiden	mg/l							0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		
chol.est.remmers	mg/l							0,001					
phenolen	mg/l							0,005					
min. oliën/vetten	mg/l							0,01					
meth.bl.act.stof	mg/l							1					
faec. coli-bact.	aantal/l	25000 (totaal))[1]						10	100	100	100		

)[1] risico voor verstopping van beregeningsproeiers en drinknippels
)[2] bij toevoeging van medicijnen: 50
)[3] bij toevoeging van medicijnen: 6 - 7
)[4] bij continu gebruik: 0,0025
)[5] bij beregening onder gewassen: 5 mg/l toelaatbaar; druppelaars en drinknippels verstoppen echter bij > 1mg/l
)[6] bij continu gebruik: 0,05
)[7] bij recirculatie (hergebruik van het water): 25

Bijlage 3

Wegwijzer voor opstellen OGR voor natuur

Ook voor natuur is er geen publicatie beschikbaar waarin voor de verschillende plantensoorten, (sub)associaties of plantengemeenschappen, het optimale grondwaterregime gekoppeld aan doelrealisatie kan worden opgezocht. Het scherp aangeven van de doelrealisatie is voor natuur sowieso moeilijk, omdat meerdere standplaatsfactoren meespelen, waarbij de tolerantie onderling is gecorreleerd. De hier gepresenteerde waterwensen hebben dus betrekking op de optimale situatie. Uit de beschikbare gegevens kan tot op zekere hoogte wel een indruk worden verkregen van de plantensoorten die verdwijnen of juist verschijnen in een (sub)associatie indien de abiotische standplaatsfactoren in een bepaalde richting veranderen.

Voor natuur zijn wel diverse publicaties beschikbaar waarin op verschillende wijzen de waterwensen zijn gepresenteerd. Deze bijlage geeft hiervan drie voorbeelden, waarbij blauwgrasland als voorbeeld is genomen. Voor gegevens van andere subassociaties of vegetatie-eenheden wordt verwezen naar de publicaties waaruit de gepresenteerde voorbeelden afkomstig zijn.

In bijlage 3a is een voorbeeld gegeven voor de bepaling van de waterwensen voor blauwgrasland volgens de methode die in het NOV rapport 3.2 voor Holoceen Nederland wordt gepresenteerd (Blokland, K.A. en R.J.M. Kleijberg (1997). De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen. Holoceen Nederland. NOV-rapport 3.2 / Stowa-rapport 97-16). Ook voor Pleistoceen Nederland is een vergelijkbaar rapport in voorbereiding.

In bijlage 3b zijn de waterwensen voor blauwgrasland bepaald met het indicatorsoortensysteem (Jalink M.H. en A.J.M. Jansen (1995): Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwater-afhankelijke beekdalgemeenschappen. Deel 2 (veldversie) uit de serie 'Indicatorsoorten'. Staatsbosbeheer, Driebergen). De serie 'Indicatorsoorten' bestaat uit 10 delen. Deel 1 beschrijft de methode en toepassing. Deel 2 t/m 10 behandelen de wensen van specifieke plantengemeenschappen. Achtereenvolgens gaat het om de plantengemeenschappen van beekdalen (2), laagveenmoerassen (3), hoogvenen (4), vennen (5), kalkarme duinvalleien (6), kalkrijke duinvalleien (7), droge duinen (8), boezemlanden (9) en uiterwaarden (10).

In bijlage 3c zijn twee gemiddelde duurlijnen gegeven voor blauwgrasland, zoals die zijn opgenomen in het KIWA-rapport SWE 92.030. Dit is een van de rapporten uit de KIWA-reeks "De karakteristieken van duurlijnen van enige grondwaterafhankelijke vegetatietypen". Het programma HYCOSTAT maakt gebruik van deze duurlijnen (zie in Jansen, 1993). De tot nu toe in deze reeks uitgebrachte rapporten zijn:

- rapport SWE 92.015; van de Littorelletea (oeverkruid-klasse), Isoeto-Nanojuncetea (dwergbiezenklasse), Oxycocco-Sphagnetea (klasse der hoogveenbulten en vochtige heiden) en Scheuchzerietea (scheuchzeria-klasse).
- rapport SWE 92.030; het Junco-Molinion (biezenknoppen-pijpestrootjes-verbond), Violion caninae (borstelgras-verbond), Calluno-Genistion pilosae (struikheide-kruipbrem-verbond), Caricon curtonigrae (verbond van zomp- en gewone zegge) en Caricion lasiocarpae (draadzegge-verbond).
- rapport SWE 93.011; het Caricetum acuto-vesicariae (associatie van scherpe zegge en blaaszegge), Caricetum elatae (associatie van stijve zegge), Glycerietum maximae (associatie van liesgras), Senecioni-Brometum (associatie van waterkruiskruid en trosdravik) en Carici elongatae-Alnetum (elzenbroek).
- rapport SWE 94.041; duinvalleien.

Bijlage 3a

NOV-3 methodiek

In het rapport "De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen" (Blokland en Kleijberg, 1997) is een werkwijze gepresenteerd om het optimale waterregime voor terrestrische natuurdoelen vast te stellen. Per ecologische eenheid (laagveengebied (lv), rivierengebied (ri), zeekleigebied (zk) en afgesloten zeearmen (az)) is van de onderscheiden natuurdoeltypen de relatie met bijbehorende vegetatietypen en ecotopen onderzocht. Hierbij zijn per ecologische eenheid de parameters uitgewerkt die in nevenstaand kader zijn opgenomen. In dit kader is tevens een verwijzing opgenomen naar de tabellen (tabel B.3.1 tot tabel B.3.9) verderop in deze bijlage, die gebruikt worden bij de invulling van het kader. Voor een gedetailleerde beschrijving van de werkwijze en de tabellen wordt verwezen naar Blokland en Kleijberg (1997).

Overzicht tabellen B.3.1 t/m B.3.9

Parameters		*zie tabel B.3.**
Algemeen		1
Ecotoop		1
Kensoorten		–
Waterregime		2, 3, 4, 5
Waterdiepte	(bij aquatische vegetatietypen)	–
Grondwatertrap	(bij terrestrische vegetatietypen)	2
Duurlijntype	(bij terrestrische vegetatietypen)	3
GHG		2
GLG		2
GVG		2
Hydrodynamiek	(alleen in rivierengebied)	4
Morfodynamiek	(alleen in rivierengebied)	5
Oppervlaktewaterchemie	(bij aquatische vegetatietypen)	6, 7, 8, 9
Grondwaterchemie	(bij terrestrische vegetatietypen)	6, 7, 8, 9
Voedselrijkdom		6
Stikstof		6
Fosfor		6
Zuurgraad		7
Zoutgehalte		8
IR/EGV		9
Bodem		6
Substraattype		–
Voedselrijkdom		6
C/N-ratio		6
C/P-ratio		6
Overig		–

Tabel B.3.1 Overzicht van codes behorend bij ecotooptypen

1 Saliniteit (prefix)		*3 Voedselrijkdom en zuurgraad*	
-	zoet	1	voedselarm zuur
b	brak	2	voedselarm zwak brak
z	zilt	3	voedselarm basisch
		4	voedselarm
		6	matig voedselrijk basisch
		7	matig voedselrijk
		8	zeer voedselrijk
		9	voedselrijk
2 Vochttoestand		*4 Vegetatiestructuur en successiestadium (tussen haakjes achter gevoegd)*	
1	aquatisch	G	Grasland
2	nat	H	Bos en Struweel
3	vochtig	B	Bos
4	droog	S	Struweel
		P	Pioniervegetatie
		R	Ruigte
		V	Verlandings/Helofytenvegetatie
		W	Watervegetatie

Tabel B.3.2 Indeling in grondwatertrappen (Gt)

Gt	GHG cm-mv	GLG cm-mv	GVG cm-mv	tijdsduurklasse	Benaming volgens ecotopen-systeem
I	<20	<50	<35	meer dan 10 maanden ondieper dan 40 cm	nat
II[1]	<40	50-80	<55	meer dan 10 maanden ondieper dan 80 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 40 cm	nat
III[1]	<40	80-120	<65	meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm, minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm	nat/vochtig
IV	>40	80-120	<55	meer dan 10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 10 maanden ondieper dan 80 cm, minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm	vochtig
V[1]	<40	>120	<65	5-10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm	vochtig/ droog
VI	40-80	>120	65-105	5-10 maanden ondieper dan 120 cm, minder dan 1 maand ondieper dan 40 cm	droog
VII[2]	>80	–	>105	minder dan 5 maanden ondieper dan 120 cm	droog

[1] *Van deze grondwatertrap bestaat ook een drogere variant (II*, III*, V*): de GHG van deze drogere varianten is minder dan 1 maand ondieper dan 25 cm beneden maaiveld;*

[2] *Van deze grondwatertrap bestaat ook een zeer droge variant (VII*); hiervan is de grondwaterstand minder dan 1 maand ondieper dan 120 cm.*

Tabel B.3.3 Duurlijntypen (zie ook figuur 2.5 in § 2.2.5

Duurlijntype	*Kenmerken*
type 1	wegzijgingsgebied (Gt VII)
type 2	randzone wegzijgingsgebied (Gt IV - V - VI)
type 3	kwelgebied (Gt I - II - III)
type 4	gedraineerd kwelgebied (Gt IV - V - VI)
type 5	geïsoleerd gebied (Gt I - II)

Tabel B.3.4 Hydrodynamiek

Gemiddeld aantal dagen overstroming per jaar		
klasse	bovengrens	ondergrens
overstromingsvrij	< 1 < 1	2 14
zelden overspoeld	10	35
periodiek overspoeld	20 50 75 80	50 150 300 250
oeverzone	130	250
permanent nat	> 250	365

Tabel B.3.5 Morfodynamiek en substraat

Morfodynamiek	*Substraat*
afwezig	klei en zavel
zwak	zavel en klei
sterk	zand

Tabel B.3.6 Indeling in klassen op basis van nutriëntentoestand in de wortelzone

	in grond- oppervlaktewater		*in bodem*				*gewas*
klasse	NO3 (mg N/l)	PO4 (mg P/l)	C/N	C/P	N-min (kg/ha.jr)	E	Product. (ton ds/jr)
oligotroof	< 1	0,01 - 0,04	> 35	> 750	< 60	1-4	< 4
mesotroof	1 - 2	0,04 - 0,10	20-35	300-700	60-180	5-6	4 - 8
eutroof	2 - 3	0,10 - 0,14	< 20	< 300	>180	7-8	> 8
hypertroof	> 3	> 0,14	<<20	<< 300	>>180	9	>> 8

Tabel B.3.7 Klasse-indeling op grond van zuurgraad

klasse zuurgraad	*pH*
zuur	< 4,5
zwak zuur	4,5 - 6,5
basisch	> 6,5

Tabel B.3.8 Zoutgehalte grondwater: indeling in klassen

klasse	*chloridegehalte (mg/l)*
zeer zoet	< 30 (basisgehalte natuurlijke neerslag)
zoet	30 - 150
licht brak	150 - 300
brak	300 - 1000
zout	> 1000

Tabel B.3.9 Indeling naar herkomst van het water op basis van verhouding tussen IR en EGV

watertype	*verhouding IR en EGV*	*IR*
atmotroof	IR (%) > EGV (mS/m)	IR < 40
poikilotroof	IR (%) > EGV (mS/m)	40 < IR < 70
lithotroof	IR (%) > EGV (mS/m)	IR > 70
glyphotroof	IR (%) < EGV (mS/m)	IR > 100
molunotroof	IR (%) < EGV (mS/m)	IR < 40 en EGV < 100
rheotroof	IR (%) < EGV (mS/m)	IR > 40 en EGV < 100

Hiernaast is een voorbeeld opgenomen voor de bepaling van het optimale grondwaterregime voor nat schraalland in laagveengebied voor de vegetatie-eenheid blauwgrasland, met gebruikmaking van bovenstaande tabellen (Blokland en Kleijberg, 1997). Dit voorbeeld bouwt voort op het kader "voorbeeld van een ecologische eenheid" dat in § 3.3.4 reeds aan de orde is gekomen.

16Aa1 Blauwgrasland

De associatie omvat vochtige, schrale hooilanden op zwak zure tot neutrale veen- of zandgrond en soms op klei-op-veen. De groei van de vegetatie wordt beperkt door een lage beschikbaarheid van in ieder geval fosfaat en wellicht ook van kalium. Doorgaans vindt er geen bemesting plaats. In het verleden werden percelen bemest met ruige stalmest waardoor verzuring werd tegengegaan.
Een andere aanvoer van voedingsstoffen is de winterinundatie vanuit de boezem of rivier. De gemeenschappen worden gekenmerkt door wisselende grondwaterstanden van plasdras in de winter tot licht uitdrogend in de zomer.
Van het oorspronkelijk areaal blauwgrasland is vrijwel niets meer over. Omdat de percelen in het verleden vaak een 'rommelig' maar extensief beheer kenden, zijn deze na intensivering van het grondgebruik grotendeels verdwenen. Daarnaast is de waterhuishouding op grotere schaal veelal ingrijpend veranderd. Door het wegvallen van inundaties en overstromingen ontstaat een zuurder en schraler milieu.

Optimaal grondwaterregime:
- mogelijkheden scheppen voor inundaties;
- buffering tegen grondwaterstandverlagingen;
- tegengaan verzuring door begreppeling.

Parameters	
Algemeen	
Ecotoop	G22
Kensoorten	Spaanse ruiter Blonde zegge Blauwe zegge Vlozegge Spaanse ruiter x Kale jonker (Cirsium forsteri)
Waterregime	terrestrisch nat en vochtig
Grondwatertrap	I, II
Duurlijntype	3, 4, 5 (12)
GHG	0 tot 10 cm + mv (12, 25)
GLG	20 tot 40 cm - mv (12)
GVG	circa 0 cm - mv (12)
Grondwaterchemie	
Voedselrijkdom	meso - oligotroof
Stikstof	0.77 mg NO_3/l, 0.48 mg NH_4/l (Blauwe zegge in 9)
Fosfor	0.23 mg/l PO_4/l (Blauwe zegge in 9)
Zuurgraad	zwak zuur (pH 4.5 - 5.5) (30)
Zoutgehalte	zoet
IR/EGV	atmo-, oligotroof
Bodem	
Substraattype	zand en veen
CN-ratio	20 - 33 (30), 20 (Blauwe zegge in 9)
CP-ratio	751 (Blauwe zegge in 9)

Bijlage 3b

Het indicatorsoortensysteem

In deze bijlage is een voorbeeld opgenomen van de wijze waarop de grondwaterwensen voor blauwgraslanden zijn vastgelegd in het indicatorsoortensysteem. De bijgevoegde tabel en legenda zijn een bewerking van de tabel en legenda uit deel 2 (Beekdalen) van de serie "Indicatorsoorten" (Jalink en Jansen, 1995). Met deze gegevens kan men zelf het Optimaal Grondwater Regime inschatten.

Indicaties van het vegetatietype:

waterregime: nat - matig nat (vochtig)
waterstanden boven maaiveld: soms, matig lang
watertype: grond-/regenwater
kwel: basenrijk water
stagnatie van regenwater: meestal gelaagdheid
zuurgraad: matig zuur-neutraal
trofiegraad: mesotroof

Blauwgrasland (Cirsio-Molinietum)

		terreincondities														
soort	wetenschappelijke naam	waterregime		zuurgraad			trofiegraad		water		reactie op					
		2	3	2	3	4	2	3	-toevoer	-stand	vernatting	verzuring	verdroging	verrijking	beheerseffect	successie naar
Parnassia	Parnassia palustris								KB	ZF		--	--			
Vleeskleurige orchis	Dactylorhiza incarnata								KB	ZF		--	--			
Vlozegge	Carex pulicaris											--	-			
Kleine valeriaan	Valeriana dioica								KBST			-	-	-		
Zeegroene zegge	Carex flacca		?	— —	— —	— —	— —	— —	KB			-	-			
Blonde zegge	Carex hostiana								K			-	-			
Holpijp	Equisetum fluviatile			— —	— —	— —	— —	— —	K	ZF			-			
Blauwe zegge	Carex panicea								KST							
Spaanse ruiter	Cirsium dissectum									F		+	+			
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata			— —	— —	— —						+	+			+5
Blauwe knoop	Succisa pratensis									F		+	+			+5
Veldrus	Juncus acutiflorus								KL	F			soms			+7
Egelboterbloem	Ranunculus flammula								ST	F		+	+	+		
Moerasviooltje	Viola palustris								ST			+				++6
Kruipwilg	Salix repens	— —	— —		?		— —	— —	ST			++				++6
Veenpluis	Eriophorum angustif								ST			++				++6
Gewone dophei	Erica tetralix											++	++			++6
Biezeknoppen	Juncus conglomeratus											+	+		+	
Veenmos	Sphagnum								ST			++				
Zwarte zegge	Carex nigra	— —	— —						ST	F		+				++8
Waternavel	Hydrocotyle vulgaris								ST	F		+				
Sterzegge	Carex echinata							?	ST		+	+				
Wateraardbei	Potentilla palustris								ST	F	+	+				
Moerasstruisgras	Agrostis canina								ST	SF		++	++			
Hennegras	Calamagrostis canescens									SF				+	+	
Riet	Phragmites australis									SF					+	
Grote wederik	Lysimachia vulgaris									F			+	+	+	
Ruw walstro	Galium uliginosum					?								-		
Veldzuring	Rumex acetosa	?		— —	— —	— —							++	++		
Smalle weegbree	Plantago lanceolata	?		— —	— —	— —							++	++		
Kruipende boterbloem	Ranunculus repens												+	++		

legenda

algemeen

	hoge presentie van de soort wijst op
	lage presentie van de soort wijst op
?	indicatie is onduidelijk (voor aangegeven klasse)
__	indicatie is beperkt onderbouwd
++	verschijnen van de soort wijst op
+	toename van de soort wijst op
-	afname van de soort wijst op
--	verdwijnen van de soort wijst op

terreincondities

waterregime

1	zeer nat (grondwater overwegend permanent aan of boven maaiveld)
2	nat (grondwater overwegend hoog, <20 cm onder maaiveld)
3	matig nat (grondwater overwegend 20-40 cm onder maaiveld (matige fluctuaties en standen tot aan het maaiveld van korte duur))
4	vochtig (grondwater overwegend 40-60 cm onder maaiveld (meestal sterke fluctuaties en standen tot aan het maaiveld hooguit van korte duur))
5	matig droog (grondwater overwegend 60-80 cm onder maaiveld (nauwelijks standen tot aan het maaiveld))
6	droog (grondwater overwegend 80-120 cm onder maaiveld (sterke fluctuaties, geen standen tot aan het maaiveld; overwegend hangwater-profiel))

zuurgraad

1	basisch, pH >7.5
2	neutraal, pH 6.5 - 7.5
3	zwak zuur, pH 5.5 - 6.5
4	matig zuur, pH 4.5 - 5.5
5	zuur, pH < 4.5

trofiegraad

1	oligotroof (zeer voedselarm)
2	mesotroof (voedselarm)
3	zwak eutroof (zwak voedselrijk)
4	matig eutroof (matig voedselrijk)
5	eutroof (voedselrijk)
6	zeer eutroof (zeer voedselrijk)

water

-toevoer

ST	stagnatie
K	kwel
KB	kwel van basenrijk grondwater
KL	kwel van basenarm (meestal locaal) grondwater
KST	gelaagdheid
O	overstroming met oppervlaktewater

-stand

C	constant
F	fluctuerend
SF	sterk fluctuerend
MF	matig fluctuerend
ZF	zwak fluctuerend

beheerseffect

in dit geval: sterke toename van deze soort kan duiden op bodembeschadigingen en dus waarschijnlijk op het gebruik van te zwaar materieel

successie naar

1	Dotterbloem-verbond
2	Klasse der kleine Zeggen
3	Blauwgrasland
4	RG van Gestreepte witbol [Klasse der vochtige graslanden]
5	Borstelgrasland-verbond
6	Dopheide-associatie
7	Veldrus-associatie
8	Zwarte zegge-verbond
9	AS van Zompzegge en Sterzegge
10	Glanshaver-verbond en Kamgrasweide
11	verruigingsstadia

Bijlage 3c

Duurlijnmethode

In deze bijlage is een voorbeeld gegeven van de karakterisering van de grondwaterwensen van blauwgraslanden volgens de duurlijnmethode. De gepresenteerde duurlijnen zijn overgenomen uit KIWA-rapport 92.030. De toelichting van enkele relevante parameters van de duurlijnkarakteristieken is overgenomen uit KIWA-rapport 93.011.

Duurlijnkarakteristieken

Om een goed inzicht te krijgen in de duurlijnpatronen, en deze onderling te kunnen vergelijken, worden vorm en ligging vastgelegd in een aantal parameters. De waarden van deze parameters zijn voor de gemiddelde duurlijn weergegeven naast de figuren van Cirsio-Molinietum (Blauwgrasland) op veen en zand. Hieronder wordt de betekenis van enkele parameters kort toegelicht.

z/x -waarde

Door de mediaanwaarde te delen door het gemiddelde (z/x) wordt een coëfficiënt verkregen waarmee de vorm van de duurlijn is vastgelegd. Een waarde z/x < 1 betekent een convexe (bolle) duurlijn, terwijl z/x > 1 de coëfficiënt van een concave (holle) duurlijn is. De z/x -waarde nadert tot 1 naarmate de duurlijn recht of S-vormig (sigmoïd) is of dieper ten opzicht van het maaiveld ligt. Over een gelijke periode zijn de z/x -waarden van meerdere plekken met een vergelijkbare bodemopbouw onderling goed vergelijkbaar. Hierbij heeft de plek met de grootste z/x (>1) de sterkste kwel. Bij grondwaterstanden ter hoogte van het maaiveld is de z/x -waarde niet altijd geschikt als parameter. De waarde kan dan reeds bij kleine verschillen tussen gemiddelde en mediaan sterk toenemen. Als de z/x -waarde gelijk aan 0 of negatief wordt, is de uitkomst volstrekt willekeurig. Als z en x boven het maaiveld liggen moet de inverse van z/x berekend worden om de waarde met andere duurlijnen te kunnen vergelijken.

Pt-waarde

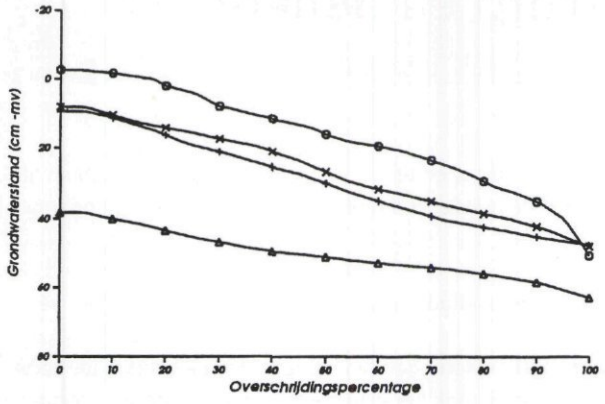
Een andere waarde om het door een duurlijn gekarakteriseerde grondwaterregime vast te leggen is de Pt-waarde. Hier wordt de duurlijn vergeleken met de rechte lijn die de hoogste en laagste grondwaterstand verbindt. Ten opzichte van die lijn duidt een bol traject op een aanvoerdruk en heeft de duurlijn een positieve Pt-waarde. Een hol duurlijngedeelte is het gevolg van een afvoerdruk en heeft een negatieve Pt-waarde. De som van deze waarden geeft de uiteindelijke Pt-waarde, die aangeeft in welke mate over de hele periode sprake is van extra aanvoer of afvoer van water. Deze waarde wordt uitgedrukt in centimeters over de gehele meetperiode of in centimeters per dag. De Pt-waarden van verschillende plekken met gelijke bodemopbouw lenen zich goed voor een onderlinge vergelijking van de grondwaterregimes.

Fluctuatie-index en amplitude

De fluctuatie-index geeft de gemiddelde fluctuatie over 14 dagen in centimeters weer; deze waarde kan alleen berekend worden uit tijd-stijghoogtelijnen, niet uit gedigitaliseerde duurlijnen afkomstig uit de literatuur. De amplitude is het verschil tussen de minimale en maximale grondwaterstand. Bij een grotere amplitude zal ook de F-index toenemen. Bij gelijke amplitude houdt een hogere F-index in dat het grondwater minder lang achtereen bepaalde standen overschrijdt.

Op de volgende bladzijde zijn de gemiddelde duurlijnen voor Cirsio-Molinietum (Blauwgrasland) op veen en op zand opgenomen.

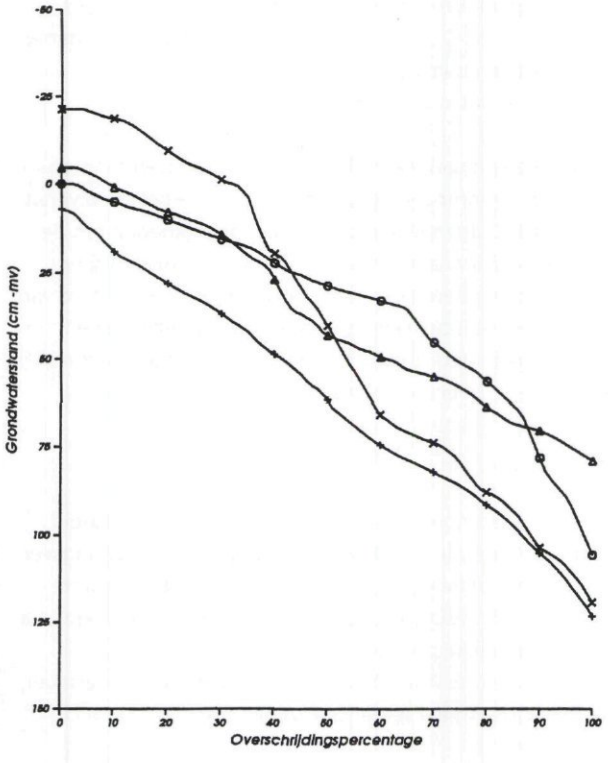
Cirsio-Molinietum, op veen
Grondwaterstand Duurlijn



nummer	: 21 22 23 24
periode	: 990909 - 990909
aantal dagen	: 0 0 0 0
aantal waarnemingen	: -999 -999 -999 -999
mediaan (cm)	: 16. 51. 30. 27.
gemiddelde (cm)	: 16. 50. 29. 26.
z/x	: 0.98 1.02 1.01 1.01
gw max (cm)	: -3. 38. 10. 8.
gw min (cm)	: 51. 63. 48. 48.
Pt (cm.d)	: 0. 0. 0. 0.
Pt/d (cm)	: 7.65 0.39 -0.85 1.65
F index (cm/14d)	: -999.00 -999.00 -999.00 -999.00

Legenda
- o = gem.lijn agrostietosum, typisch
- Δ = gem.lijn agrostietosum, ontwaterd
- + = gem.lijn nardetosum
- × = gem.lijn typicum

Cirsio-Molinietum, op zand
Grondwaterstand Duurlijn



nummer	: 26 27 28 29
periode	: 990909 - 990909
aantal dagen	: 0 0 0 0
aantal waarnemingen	: -999 -999 -999 -999
mediaan (cm)	: 29. 43. 61. 40.
gemiddelde (cm)	: 34. 37. 61. 40.
z/x	: 0.84 1.17 1.01 1.00
gw max (cm)	: 0. -5. 7. -21.
gw min (cm)	: 106. 79. 123. 119.
Pt (cm.d)	: 0. 0. 0. 0.
Pt/d (cm)	: 18.71 0.33 4.12 8.59
F index (cm/14d)	: -999.00 -999.00 -999.00 -999.00

Legenda
- o = gem.lijn agrostietosum
- Δ = gem.lijn filipenduletosum
- + = gem.lijn nardetosum
- × = gem.lijn littorelletosum

Bijlage 4

Modellen ten behoeve van ontwerp en beheer van watersystemen

Criteria voor opname: Vrij verkrijgbaar, al of niet tegen betaling, en tenminste draaiend op PC (minimum 386 met coprocessor). Een uitgebreidere beschrijving van in de handel verkrijgbare modelpakketten is opgenomen in het NOV-rapport 13-1 (Van Baalen et al., 1997).

Programma's voor de stroming in de verzadigde en/of onverzadigde zone

MODFLOW

Mogelijkheden: numerieke stijghoogteberekeningen (volledig 3-D) in de verzadigde zone in zelf gedefinieerde lagen. Niet-stationair. Ook berekening stromingsrichtingen (vectoren). Berekeningen gebaseerd op eindige-verschillen methode. Mogelijkheden om sterk geschematiseerd verdamping/onverzadigde zone en interactie met oppervlaktewater te modelleren. Veel ontwikkelde neven-software. Veel koppelingsmogelijkheden met andersoortige modellen (oppervlaktewater, onverzadigde zone). Inclusief "softwareschil" gebruikersvriendelijk, anders niet. Nog altijd verdere ontwikkelingen gaande.
Verkrijgbaarheid: Modflow zelf gratis, recentste versies verkrijgbaar via Internet. "Schil" rondom Modflow onmisbaar. Meerdere hiervan verkrijgbaar (o.a. PM, Visual Modflow, GMS). Kosten variërend van minder dan fl 1000,- tot meer dan fl 5000,-.
Organisatie: Modflow: (o.a.) US-Geol.Surv, IGWMC."Schillen": diverse bedrijven, o.a. HydroGeologic Inc.

SWAP

Mogelijkheden: numerieke eindige-verschillen berekeningen onverzadigde zone in 1D (verticaal). Berekening van grondwaterstanden, evapotranspiratie, onverzadigde berging, water- en vochtbalansen, kwel/wegzijging (grondwater) en afvoer oppervlaktewater (peil = randvoorwaarde), oppervlakkige runoff, maar ook gewasgroei. Niet-stationair. Veel verschillende invoer- en uitvoermogelijkheden. Wordt verder ontwikkeld.
Verkrijgbaarheid: ontwikkeld aan LUW en SC-DLO. Kosten onbekend. Niet gratis, maar wel vrij verkrijgbaar. Ook beschikbaar in Aquarius (zie verderop).
Organisatie: LUW-Wageningen / Staring Centrum - DLO.

SIMGRO

Mogelijkheden: 3D niet-stationaire berekeningen verzadigde zone, eindige elementen methode. Stijghoogteberekeningen en stroombaanberekeningen. Van de bekende verzadigde zone programmatuur heeft SIMGRO de meest uitgebreide mogelijkheden om de verzadigde zone in 3D te koppelen aan oppervlaktewatersystemen (tot 4 niveau's) en onverzadigde zone. O.a. mogelijkheden om beregeningsscenario's in afhankelijkheid van vochttekorten te simuleren. Gt's, GHG en GLG behoren tot de uitvoermogelijkheden. Gericht op de Nederlandse situatie. Weinig gebruikt buiten het DLO - Staring Centrum (ontwikkelaar). Ontwikkelingen gaande in gebruiksvriendelijkere versies.
Verkrijgbaarheid: Kosten onbekend. Verkrijgbaar bij SC-DLO.
Organisatie: SC-DLO, Wageningen.

MICROFEM

Mogelijkheden: eindige elementen berekeningen verzadigde zone in 3D (onderscheid watervoerende pakketten en slechtdoorlatende lagen) van stijghoogten en stromingsvectoren. Niet-stationaire berekeningen, interacties met 3 niveaus oppervlaktewatersystemen. Ontwikkelingen gaande richting uitbreiding koppeling met onverzadigde zone (o.a. impulsmomentmethode). Gebruiksvriendelijke programmatuur.
Verkrijgbaarheid: alleen bij de ontwikkelaar te Amsterdam (C.J. Hemker) Kosten variabel, afhankelijk van aangeschafte modules. Maximaal totaal ca fl 2000,-.
Organisatie: drs C.J. Hemker, Amsterdam.

FLOWNET

Mogelijkheden: stijghoogte- en stroombaanberekeningen in profiel (2D) op basis van eindige verschillen methode. Geen grondwaterstandsberekeningen: deze zijn invoer. Eenvoudig programma, bruikbaarheid beperkt. Verschillende hydrologische verschijnselen zijn niet te simuleren met FLOWNET. Zeer gebruiksvriendelijk.
Verkrijgbaarheid: (zie bij MICROFEM). Niet gratis.
Organisatie: (zie bij MICROFEM).

Neerslag - afvoermodellen

Delft3B

Mogelijkheden: berekening van afvoer naar oppervlaktewater in natte omstandigheden. Ook integratie met Sobek. Zeer gebruiksvriendelijk.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 20.000,-).
Organisatie: WL - Delft.

BUIBAK

Mogelijkheden: berekening van afvoer naar oppervlaktewater in natte omstandigheden. Tevens berekening gemiddelde oppervlaktewaterpeilverandering voor vlakke gebieden. Gebruikt Hellinga-De Zeeuw met extensies voor oppervlaktewaterafvoer. Uitvoer in tabelvorm.
Verkrijgbaarheid: gratis.
Organisatie: DLG - Utrecht.

RAM

Mogelijkheden: diverse manieren van berekening waterafvoer en stoffentransport naar oppervlaktewater. Onverzadigde zone hierbij betrokken. De RAM-uitvoer is geschikt als Duflow-invoer. Vriendelijke Windows-schil en grafische presentatie van resultaten.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 1000,-).
Organisatie: STOWA - Utrecht.

JModel

Mogelijkheden: berekening van afvoer naar oppervlaktewater in natte omstandigheden. Gebruikt methode De Jager. Grafische uitvoer.
Verkrijgbaarheid: gratis.
Organisatie: DLG - Utrecht.

Hydraulische modellen

DIWA

Mogelijkheden: stationaire stroming in boomstructuren en éénvoudige vermazingen. Zeer veel standaard kunstwerken. Door gedetailleerdheid zeer geschikt voor uitvoeringsplannen.
Verkrijgbaarheid: gratis.
Organisatie: DLG - Utrecht.

DUFLOW

Mogelijkheden: niet-stationaire stroming in netwerken en boomstructuren. Door eenvoudige modellering zeer geschikt voor globale onderzoeksdoeleinden.
Ook waterkwaliteitsmodellering. Aansluiting op RAM en MODFLOW.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 750,-).
Organisatie: STOWA - Utrecht.

HYDRA

Mogelijkheden: stationaire en niet-stationaire stroming in netwerken en boomstructuren. JModel geïntegreerd als neerslag-afvoermodel. Zeer veel standaard kunstwerken. Door gedetailleerdheid zeer geschikt voor uitvoeringsplannen. Gebruikt dezelfde databestanden als DIWA.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 10.000,-).
Organisatie: Arcadis (Heidemij) Advies - Arnhem.

ISIS

Mogelijkheden: stationaire en niet-stationaire stroming in netwerken en boomstructuren. Vele standaard kunstwerken. Waterkwaliteitsmodule beschikbaar. Tevens berekening sedimenttransport. Geavanceerde in- en uitvoermogelijkheden.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 25.000,-).
Organisatie: Wallingford Software - Antwerpen, België.

MIKE 11

Mogelijkheden: stationaire en niet-stationaire stroming in netwerken en boomstructuren. Waterkwaliteitsmodule beschikbaar, evenals aansluitingen op hydrologische modellen. Geavanceerde in- en uitvoermogelijkheden.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 25.000,-).
Organisatie: Resource Analysis - Delft.

SOBEK

Mogelijkheden: stationaire en niet-stationaire stroming in netwerken en boomstructuren. Waterkwaliteitsmodule beschikbaar. Geavanceerde in- en uitvoermogelijkheden. Integratie met Delft3B.
Verkrijgbaarheid: tegen betaling (ca. ƒ 25.000,-).
Organisatie: WL - Delft.

Diversen

Aquarius

Mogelijkheden: beslissingsondersteunend modelleersysteem voor globale tot zeer gedetailleerde neerslag - afvoerbeschrijving. Kan worden geïntegreerd met onverzadigde zone model SWAP (Staring-Centrum, zie boven). Nabootsen van handmatige, lokale en dynamische sturing van gemalen, stuwen, sluizen en waterinlaten. Combinatie van simulatie en optimalisatie naar gebruiksfuncties in het watersysteem (waterkwantiteit en waterkwaliteit). Volledig Windows georiënteerd en voorzien van complete gebruikersdocumentatie via hypertext en helpsysteem. Adventus voorbereid.
Verkrijgbaarheid: gratis voor STOWA-leden; tegen betaling (ca. f 3500,-) voor niet-leden; gratis demo-CD bij STOWA verkrijgbaar.
Organisatie: STOWA (helpdesk / beheer en onderhoud).

PC-BODEP

Mogelijkheden: Berekening van de opbrengstverandering voor grasland en bouwland als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding door interpolatie in de HELP-tabel. Met PC-BODEP kan ook een gebiedsafhankelijke HELP-tabel worden berekend.
Verkrijgbaarheid: gratis
Organisatie: DLG - Utrecht