



EEN SYSTEEMBENADERING VOOR DE WATERHUISHOUDING VAN GELDERLAND

Verkorte versie van het eindrapport
van de Commissie
Bestudering Waterhuishouding Gelderland



Deze verkorte versie van het Eindrapport van de Commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland is een bewerking door een redactiecommissie van een concept, dat werd samengesteld door:

Dr. Ir. Th.J. van de Nes, **projectleider** C.W.G.

Drs. E. Romijn, **secretaris** C.W.G.

Aan de redactiecommissie namen deel:

Ir. H. van de Beld

Ir. J. Bruyn

Ir. W. Cramer

Drs. J.J.P. Gardeniers

Ir. B.A. Herfst

Dr. Ir. J. Wesseling

Eindredactie:

Drs. E. Romijn

uitgave: Provinciale Waterstaat van Gelderland

zetwerk: Eltekst bv, Velp

druk- en tekenwerk: P.W. - Meetdienst

fotoverantwoording: J Kardol en NV Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland

EEN SYSTEEMBENADERING VOOR DE WATERHUISHOUDING VAN GELDERLAND

GRONDSLAGEN VOOR EEN INTEGRAAL WATERBEHEER

Verkorte versie van het eindrapport
van de Commissie
Bestudering Waterhuishouding Gelderland
(Onderzoeksperiode 1971 - 1979)

Arnhem, mei 1980

CORRECTIES

pag. 10, par. 4.2, 6^e regel v.b.: water i.p.v. grondwater

pag. 12, tabel 1, laatste kolom: 1^e regel v.b.: ind. i.p.v. incl.

pag. 16, par. 5.4, 1^e/2^e regel v.b.: (GELRAM) i.p.v. (GELPAM)

pag. 20, rechter kolom, 3^e regel v.b.: $\frac{0,87 \times 95 \times 1000}{365} = 225$ i.p.v.

$$0,87 \times 95 \times 1000 = 2257$$

pag. 20, rechter kolom, 4^e regel v.o.: inzicht i.p.v. overzicht

pag. 23, tabel 9, tweenalaatste kolom, onderste regel: 14,7 i.p.v. 14,17

pag. 23, linker kolom, 19^e regel v.o.: haakje ná "tabel 8" vervangen
door dubbele punt

pag. 25, linker kolom, 15^e en 16^e regel v.b.: Kleinverbruik (voor alle
takken circa 90%) i.p.v. Kleinverbruik voor alle takken (circa 90%)

pag. 25, tabel 12; rij met 0,56 0,08 - - - weglaten

pag. 32, rechter kolom, 1^e regel v.b. invoegen ná haakje: ~~staan in directe~~
verbinding met de zuurstofhuishouding en

pag. 34, figuur 14, legenda:

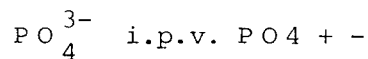
Meetpunten met behulp van lichte flessen i.p.v. Meetpunten;
getrokken lijn met betrekking tot Concentratie in donkere
flessen bij einde experiment moet worden gestreept.

pag. 38, figuur 18: in het derde deelfiguur vanaf links min., max. en %
toevoegen zoals in overige deelfiguren

pag. 41, linker kolom, 6^e regel v.b.: I.M.P. i.p.v. I.P.M.

pag. 46, tabel 18: sulfaat i.p.v. snefaat

pag. 49, linker kolom, 12^e regel v.o.:



pag. 73, vak rechts onder: effluent i.p.v. efficiënt

pag. 79, linker kolom, 4^e regel v.o.: Het plan n i.p.v. Het plan

Inhoudsopgave: 12.3 Onderlinge afstemming i.p.v. Onderlinge opsomming

VOORWOORD

In de steeds ingewikkelder wordende maatschappij met zijn toegenomen vraag naar water en zijn waterkwaliteitsproblemen is het watervraagstuk gecompliceerd geworden. De nog steeds groeiende behoefte aan een betere landbouwwaterhuishouding, waarbij ook de waterafvoer van belang is en de toenemende behoefte aan natuurbehoud maken het watervraagstuk niet eenvoudiger. Het is nagenoeg niet meer mogelijk om een enkel facet afzonderlijk te bekijken en hiervoor verbeteringen voor te stellen, want steeds zal het bestuur te maken krijgen met de consequenties voor andere belangen. Een integrale aanpak van het watervraagstuk is dan ook een dwingende noodzaak.

De Commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland heeft in de periode 1970-1979 getracht een wetenschappelijke basis voor de integrale aanpak van het watervraagstuk te ontwikkelen. Een systeembenadering voor het waterbeheer is hierbij noodzakelijk gebleken. Bij deze aanpak wordt het waterbeheer systematisch geanalyseerd en beschreven, waarbij model- en rekentechnieken en de computer belangrijke hulpmiddelen zijn. Vele specialisten waren nodig om de verschillende aspecten van het waterbeheer te bestuderen. Dit heeft uiteindelijk geleid tot een vernieuwd technisch-wetenschappelijk instrumentarium ten behoeve van het regionale waterbeheer.

In het eindrapport wordt een samenvatting gegeven van de wijze van onderzoek en de onderzoeksresultaten, uitgaande van de activiteiten waterwinning, waterbeheersing, waterkwaliteitsbeheer en natuurbeheer. De integratie van deze beheersactiviteiten komt vervolgens aan de orde. De gebruikte rekenmodellen en de hiervoor benodigde gegevens worden toegelicht aan de hand van een aantal toepassingen, opdat alle belanghebbenden bij het waterbeheer vertrouwd kunnen raken met deze nieuwe technieken en hierop in kunnen spelen. Voor gedetailleerde informatie over de onderzoeksresultaten moet verwezen worden naar de rapporten van de onderzoekers. Deze rapporten zijn in de literatuurlijst opgenomen. Gezien het grote belang voor het regionale waterbeheer is aan het gewenste beheer van de rekenmodellen en de benodigde gegevens c.q. meetnetten aandacht gegeven.



Het is een gelukkige ontwikkeling dat het Rijk zich bereid heeft verklaard het wetenschappelijk werk van de Commissie voort te zetten. Voor de provincie Gelderland ligt thans de uitdaging om de onderzoeksresultaten te vertalen in een waterbeleid, waarbij gestreefd zal worden naar de instandhouding en een eerlijke verdeling van de beperkt beschikbare watervoorraden in Gelderland. Toegepast regionaal onderzoek zal ook in de toekomst hiervoor noodzakelijk blijven.

Uit het aantal rapporten blijkt de geweldige inspanning, die door velen aan het onderzoek is gegeven. Ik dank dan ook een ieder die, in welke vorm dan ook, heeft medegewerkt, voor zijn of haar bijdrage aan het prettige en succesvolle verloop van het onderzoek.

De voorzitter van de Commissie
bestudering Waterhuishouding Gelderland

Drs. R. van den Berg
lid Gedeputeerde Staten
van Gelderland

CONCLUSIES

1. Door een regionaal waterbeheersysteem te analyseren volgens de theorie van de hiërarchische systemen kunnen de relaties worden aangegeven tussen onderzoek (beschrijvingshiërarchie), waterbeheer (beslissingshiërarchie) en organisatiestructuur (organisatie hiërarchie). Deze werkwijze biedt de mogelijkheid om onderzoek en beleid op verschillende niveau's op elkaar af te stemmen.
2. De beschrijvende, wiskundige modellen voor de stroming van grondwater en gewasverdamping (GELGAM) en voor de zuurstofhuishouding van oppervlaktewater (GELQAM) zijn belangrijke technisch-wetenschappelijke instrumenten voor het waterbeheer.
3. De beschrijvende, wiskundige modellen voor de vraag naar water van huishoudens, bedrijven en de landbouw (resp. HUISIM, AQUASIM en UNSAT) geven belangrijke aanwijzingen over het toekomstige waterverbruik.
4. De wiskundige multicriteria – afwegingsmodellen (GELPAM en AQUAFLEX) zijn belangrijke hulpmiddelen voor de beleidsanalyse. Onder meer kunnen de resultaten der beschrijvende modellen (punt 2 en 3) worden geïntegreerd. Ook bieden zij de mogelijkheid tot een direct samenspel tussen bestuurders en beleidsvoorbereiders.
5. De betrouwbaarheid van de resultaten der modelberekeningen is afhankelijk van de nauwkeurigheid van het model zelf en van de gegevens. Over het algemeen wordt nog te weinig zorg besteed aan het verzamelen en beschikbaar maken van gegevens. Dit geldt vooral voor regionale gegevens met betrekking tot de vraag naar water, de geohydrologie (IJsselvallei, Veluwezoom), de kwaliteit en kwantiteit van oppervlaktewater, de kwaliteit van het grondwater en de natuurlijke elementen in het landschap.
6. De waterbehoefte in de landbouw neemt toe vanwege de hoge eisen, die gesteld worden aan de ontwatering. Onder meer zal in droge jaren wateraanvoer plaats moeten vinden, waarvoor een verfijnde infrastructuur nodig is. Ook is een adequater stuwbeheer van het grootste belang.
7. De verontreiniging van grond- en oppervlaktewater, die door intensief landbouwkundig gebruik van de bodem ontstaat, heeft vooral betrekking op de voedingsstoffen stikstof en fosfaat. Stikstof komt hoofdzakelijk via het grondwater en fosfaat via de stroming over het oppervlak in de watergangen. Een betere ontwatering voorkomt grotendeels de directe afstroming van fosfaat over het oppervlak.
8. De kwaliteit van het onttrokken grondwater vertoont op diverse plaatsen een geleidelijke achteruitgang. De oorzaak moet gezocht worden in een veranderd stromingspatroon van het grondwater, een intensiever bodemgebruik en in de verontreiniging van de neerslag.
9. Daar het oppervlaktewater in locale watergangen grotendeels gevoed wordt door grondwater, dient bij het kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater ook de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging betrokken te worden.
10. Voor enkele kleine natuurreservaten is het gelukt de samenhang tussen waterhuishouding en vegetatie vast te stellen. De huidige kennis is echter nog onvoldoende om een waterbeheer gericht op natuurbehoud te kunnen verwezenlijken.
11. Over het algemeen is de waterkwaliteit niet het grootste probleem bij het behoud van natuurwetenschappelijk belangrijke beken. In Oost-Gelderland is veeleer het behoud van het beek karakter en bij de Veluwe sprengenbeken het handhaven van de grondwaterstand en het onderhoud van belang.
12. Uit het onderzoek is gebleken, dat water van goede kwaliteit in Gelderland schaars is geworden. De juiste waterverdeling is mede een politiek vraagstuk.

AANBEVELINGEN

1. De Provincie Gelderland dient de met het onderzoek verkregen resultaten met name toe te passen bij de planning van het waterbeheer. De verkregen kennis dient op ruime schaal uitgedragen te worden. De Provincie dient hiertoe over voldoende middelen te beschikken.
2. Voor de toepassing van de onderzoeksresultaten in verschillende delen van Gelderland blijft fundamenteel onderzoek gewenst. De Provincie dient hiertoe, zoals ook in het verleden gebeurd is, initiatieven te ontplooiën. Er dient te worden nagegaan hoe de contacten, die tussen de Provincie en de vele onderzoeksinstellingen zijn ontstaan en die zo vruchtbaar zijn gebleken, kunnen worden gecontinueerd.
3. De verdere ontwikkeling van het technisch-wetenschappelijk instrumentarium (modellen en methodieken) dient gezien het landelijk belang voor een groot deel op Rijksniveau te worden voortgezet.
4. De landelijke en regionale meetnetten van diverse gegevens, die voor de waterhuishouding van belang zijn, dienen in onderling overleg herzien te worden. De beschikbaarheid der gegevens dient verbeterd te worden.
5. De regionale meetnetten dienen door de Provincie en de Water- en Zuiveringsschappen te worden beheerd.
6. Omdat het economisch onderzoek met betrekking tot het waterverbruik en de vraag naar water nog in de kinderschoenen staat, dient dit onderzoek te worden gestimuleerd.
7. Het onderzoek naar de landbouwwaterbehoefte op bedrijfsniveau dient zowel economisch als hydrologisch te worden voortgezet.
8. Het onderzoek naar de relatie tussen natuurbehoud en waterbeheer dient met voortvarendheid te worden aangepakt.
9. De koppeling tussen de modellen voor waterkwantiteit en waterkwaliteit, zowel voor grond- als oppervlaktewater, moet nog verbeterd worden. Grondwaterkwaliteitsmodellen behoeven speciale aandacht.

1 INLEIDING

De *Commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland* is de opvolger en erfgenaam van de *Commissie tot bestudering der zoetwaterbehoefte van de Gelderse landbouwgronden*. Deze „Commissie zoetwaterbehoefte” werd in 1957 ingesteld door Gedeputeerde Staten van Gelderland, nadat in 1955 voorstellen hiertoe waren ingediend door de *Provinciale Landbouwcommissie* van Gelderland. De discussie over de zoetwaterbehoefte vond plaats tegen de achtergrond van een aantal na-oorlogse ontwikkelingen. Zo was met hulp van wederopbouwgeldten van het Marshall-plan een uitvoerig onderzoek gaande naar de landbouwwaterhuishouding van Nederland. In Gelderland nam dit onderzoek in 1951 een aanvang. De waterbeheersing van de zware kleigronden in het rivierengebied kreeg uitgebreide aandacht van de in 1951 ingestelde *Gelderse Komgronden Commissie*. Deze verrichtte studies in de ruilverkavelingsgebieden Land van Maas en Waal, Bommelerwaard en Tielerwaard. Het is dus niet verwonderlijk, dat de „Commissie zoetwaterbehoefte” één van deze gebieden, n.l. de Tielerwaard, als proefgebied uitkoos.

In 1960 werd het stroomgebied van de Leerinkbeek in Oost-Gelderland uitgekozen als tweede proefgebied van de „Commissie zoetwaterbehoefte”, terwijl de taakstelling van het onderzoek werd verruimd door ook de grondwaterwinning erbij te betrekken.

Een tweede ontwikkeling heeft betrekking op de landelijke waterverdeling. Hij blijkt uit de woorden van de toenmalige directeur-hoofdingenieur van de Provinciale Waterstaat van Gelderland, Ir. W. Mols. Hij zegt naar aanleiding van de oprichting van de „Commissie zoetwaterbehoefte” dat ... „om te bevorderen dat de Rijkswaterstaat bij het bepalen van zijn rantsoeneringsbeleid de billijkheid zo goed mogelijk in acht zal kunnen nemen ... Gedeputeerde Staten ... door middel van reële en betrouwbare gegevens een verantwoord standpunt ter zake moeten kunnen innemen.”

Na de watersnood van 1953 raakte de studie inzake de landelijke waterhuishouding in versnelling. In het midden der vijftiger jaren komen Deltawerken en Rijnkanalisatie op gang, die – naast hun primaire doelstelling van waterkering, respectievelijk bevordering bevaarbaarheid – ook een stuurmechanisme voor de waterverdeling opleveren. Na het gereedkomen van de Rijnstuwen en de Haringvliet-Volkerakwerken in het begin van de zeventiger jaren is deze verdelingsproblematiek actueel geworden.

Een derde ontwikkeling was de snelle toename van de grondwaterwinning. Hierdoor werd de studie naar de relatie tussen grondwaterwinning en verdroging van gronden urgent, mede omdat de in 1954 tot stand gekomen Grondwaterwet Waterleidingbedrijven bij vergunningverlening een gedoogplicht kan inhouden, waaraan het recht op schadevergoeding is gekoppeld. Daar droogtegevoelige gronden veelvuldig in Oost-Gelderland voorkomen, werd door de Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland reeds vroegtijdig – vanaf 1960 – geo-hydrologisch onderzoek verricht vooral in samenwerking met het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen (I.C.W.). In 1964 ving het I.C.W. aan met een eigen project „Achterhoek”.

Omstreeks 1970, toen het Leerinkbeek-onderzoek werd afgerond, traden nieuwe ontwikkelingen op.

Door de studies van de *Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening* en de daaruit voortvloeiende Regionale Basisplannen voor de toekomstige drink- en industriewatervoorziening was het schaarste-probleem m.b.t. drinkwater in de zestiger jaren sterk naar voren gekomen. In 1968 verscheen de *Nota Waterhuishouding van Rijkswaterstaat*. Vanaf 1970 – het „milieu-jaar” – werden de verontreinigingsproblemen gemeengoed. Natuurbehoud en natuurbeheer gingen een als waterbelanghebbende onafhankelijke positie innemen. Deze ontwikkeling vond zijn weerslag in de herformulering van de doelstellingen voor waterhuishoudkundig onderzoek.

Tegen deze achtergrond stelden Gedeputeerde Staten in 1970 de *Commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland* (C.W.G.) in, met als doelstelling „het scheppen van een wetenschappelijke basis voor een optimaal beheer van het aanwezige oppervlakte- en grondwater in Gelderland naar kwantiteit en kwaliteit.” Hieraan werd toegevoegd: „deze doelstelling impliceert, dat alle belangen, die bij het water zijn betrokken, worden bestudeerd.”

In de *Ontwerpwet op de Waterhuishouding* (1979) wordt het begrip „waterhuishouding” gedefinieerd als de zorg voor het op en in de bodem voorkomende water met het oog op de aan het water verbonden functies. Het beleidsterrein van de waterhuishouding omvat derhalve naast het beheer van de kwaliteit en de kwantiteit van oppervlaktewater en de kwantiteit van

grondwater in beginsel ook de zorg voor de kwaliteit van grondwater. De sterke samenhang tussen grondwater en oppervlaktewater en tussen kwantiteit en kwaliteit maken een integraal waterbeheer, dat gebaseerd is op een scala van beleidsdoelstellingen, gewenst.

In de praktijk zal men hiertoe een plan opstellen, waarin één of meer strategieën ter bereiking van de doelstelling kunnen worden aangegeven. De nieuwe wetgeving voorziet in de opstelling van provinciale grondwaterplannen, provinciale waterkwaliteitsplannen en provinciale integrale plannen voor de waterhuishouding. Juist bij de opstelling van deze plannen kan de relatie tussen beleid en onderzoek duidelijk worden gelegd. Immers bij de planvorming zal sprake moeten zijn van afweging van belangen vanwege de bestaande schaarste-situatie in de waterhuishouding. De schaarste wordt veroorzaakt door concurrerende functies, die aan het water zijn of worden toebedeeld. Zo zal eenzelfde watergang moeilijk gelijktijdig kunnen worden gebruikt voor transport van afvalstoffen, als bron voor drinkwater en als milieu voor een gezond ecosysteem. Talloze voorbeelden zijn hier aan toe te voegen en een aantal zal in dit rapport nader ter sprake komen.

De belangenafweging zal moeten geschieden op grond van door bestuurders gekozen criteria, terwijl ook de verschillende strategieën in overleg met of door hen zullen moeten worden opgesteld. De strategieën dienen in het bestuurlijke kader van wetten, verordeningen, instituties e.d. te passen. Het waterhuishoudkundig onderzoek kan hierbij de fysische, chemische, ecologische, civieltechnische, cultuurtechnische, gezondheidstechnische, enz. mogelijkheden en onmogelijkheden aangeven en de toetsing der plannen aan de criteria voorbereiden. De rangorde der criteria zoals kosten/baten-verhouding, natuurwaarde, milieuhygiëne enz., evenals de uiteindelijke keuze van het plan zijn echter beleidsaangelegenheden, die niet primair door de onderzoeker worden bepaald.

Het onderzoek van de C.W.G. staat niet op zichzelf. Ook andere commissies en werkgroepen hebben in dezelfde periode onderzoek verricht. De *Commissie Infiltratie Veluwe* (1972-1977) bracht – in moderne bewoording – een milieu-effect rapport met betrekking tot kunstmatige infiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening uit. In het rapport is de geo-hydrologie van de Veluwe uitvoerig behandeld.

De *Werkgroep Wateronttrekking Gelderse Vallei* (1974-1979) verrichtte onderzoek naar aanleiding van een geplande grondwateronttrekking nabij Glindhorst. Dit onderzoek besloeg een groot deel van de Gelderse Vallei, waarbij het model voor grondwaterstroming en gewasverdamping van de C.W.G. in aangepaste vorm werd toegepast.

Buiten Gelderland werd onderzoek voor vergelijkbare hydrologische situaties, dat wil zeggen voor hogere gronden met ondiepe grondwaterspiegels, verricht in Drenthe en Overijssel.

Op landelijk niveau moet de P.A.W.N. (Policy analysis watermanagement of the Netherlands)-studie van de Rijkswaterstaat worden genoemd, die in 1980 wordt beëindigd en het onderzoek van de *Studiecommissie watervoorziening land- en tuinbouw* (S.W.L.T.).

Tenslotte dient de gedachtenwisseling met buitenlandse organisaties en werkgroepen te worden vermeld. Het betrof vooral twee symposia met het Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau van de Technische Universität Hannover (maart 1977 en februari 1979) en de workshops te Lund (november 1976) en Zandvoort (oktober 1977). De workshops hadden als onderwerp „Socio-economic aspects of urban water resources planning and management” en werden gehouden in het kader van het Internationale Hydrologische Programma (I.H.P.) van de UNESCO. Verder ondernam de projectleider van de C.W.G. in 1972 en 1977 studiereizen naar de Verenigde Staten.

Al deze contacten hebben veel tot de gedachtenvorming bijgedragen.

2 OPZET VAN HET ONDERZOEK

2.1 Doelstellingen van het onderzoek

De algemeen geformuleerde doelstelling van de Commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland: „het scheppen van een wetenschappelijke basis voor een optimaal beheer van het aanwezige oppervlaktewater en grondwater in Gelderland naar kwantiteit en kwaliteit”, is in de volgende sub-doelstellingen uitgewerkt.

- 1 Nadere formulering van de problematiek van het regionale waterbeheer, mede in relatie tot het landelijke waterbeheer.
- 2 Ontwikkeling van een technisch-wetenschappelijk instrumentarium ten behoeve van het regionale waterbeheer.
- 3 Het verrichten van gevoeligheidsanalyses met dit technisch-wetenschappelijk instrumentarium om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van de methoden.
- 4 Het verkrijgen van inzicht in de noodzakelijke gegevens en de nauwkeurigheid ervan.
- 5 Het doen van aanbevelingen ten aanzien van het gebruik en het beheer van het technisch-wetenschappelijk instrumentarium, inclusief het beheer van de waterhuishoudkundige gegevens.
- 6 Onderzoek naar de toepasbaarheid van het technisch-wetenschappelijk instrumentarium voor het beleid op provinciaal en regionaal niveau.
- 7 Het signaleren van lacunes in de kennis.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn, dat het wetenschappelijk instrumentarium buiten beschouwing is gebleven.

In de eerste periode van het onderzoek (1971-1975) hebben vooral de sub-doelstellingen 1. en 2. centraal gestaan, terwijl in de tweede periode (1975-1979) ook de overige doelstellingen aandacht hebben gekregen. Vooral aan de doelstelling „signaleren lacunes in de kennis” is ruime aandacht gegeven, aangezien de voortgang in wetenschappelijke kennis nodig blijft om tot een verbetering van het waterbeheer in Gelderland te komen.

2.2 Organisatie van het onderzoek

De C.W.G. droeg het uit de doelstellingen volgende onderzoek op aan een Werkgroep. Op basis van een schema van het waterbeheersysteem (figuur 1) werden de activiteiten in de eerste periode van het onderzoek

verdeeld over de maatschappelijke, natuurlijke en kunstmatige elementen.

Hiermede in overeenstemming stelde de Werkgroep de studiegroepen *Socio-economisch onderzoek*, *Hydrologisch onderzoek* en *Waterbeheeronderzoek* in, waarbij de integratie der resultaten in de eerstgenoemde groep moest plaatsvinden. Het in de eerste periode verkregen inzicht maakte het later mogelijk de organisatie meer op het waterbeheer zelf af te stemmen.

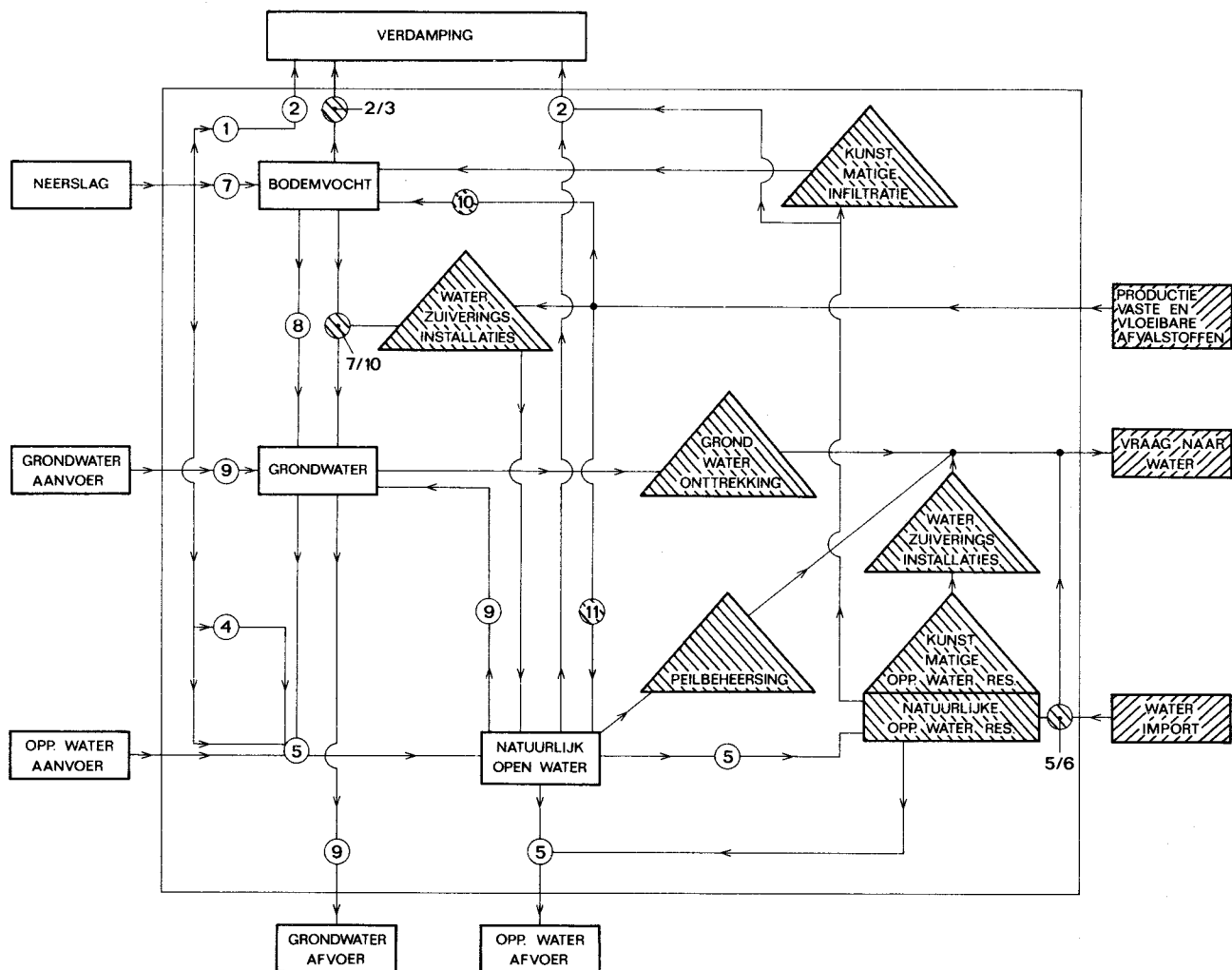
In de tweede periode stelde de Werkgroep vijf interdisciplinaire studiegroepen in: *Waterwinning*, *Waterbeheersing*, *Waterkwaliteit*, *Economie* en de *Bezinningsgroep*. Integratie vond plaats in de twee laatstgenoemde groepen.

De *Bezinningsgroep* kreeg als taak: de bestaande waterhuishoudkundige toestand – en de waardering daarvan door diverse belangengroepen – als ook de gevolgen van bepaalde ingrepen in de waterhuishouding op een overzichtelijke wijze te presenteren in de vorm van kaarten.

Verder werd een aantal specialistische studiegroepen in het leven geroepen. Door deze studiegroepen werden voor bepaalde vraagstukken ad hoc-groepen ingesteld. Het gehele onderzoek stond onder toezicht van de Werkgroep, die voor de dagelijkse leiding een projectleider ter beschikking had. De coördinatie tussen Commissie en Werkgroep werd verzekerd doordat de secretaris van de Commissie tevens voorzitter van de Werkgroep was. De Commissie C.W.G. fungeerde aanvankelijk zelf als advies- en stuurgroep.

In de tweede periode werd in verband met de vereiste snellere terugkoppeling tussen Werkgroep en Commissie uit de laatste een Stuurgroep geformeerd.

In figuur 2 is de organisatie van het onderzoek schematisch weergegeven. De samenstelling van de Commissie, Werkgroep en Studiegroepen is weergegeven in bijlage 1. Hieruit moge blijken, hoe groot de bijdrage was die door de vele instellingen aan het onderzoek is geleverd. Het aantal van de bij het onderzoek betrokken deskundigen groeide van 20 personen in 1972 tot 54 in 1975, terwijl ten slotte 80 personen hierbij betrokken waren. Hiervan had circa 10 procent een volledige dagtaak aan het onderzoek.



LEGENDA

- A  DE MAATSCHAPPELIJKE ELEMENTEN
 B  DE NATUURLIJKE ELEMENTEN
 C  DE KUNSTMATIGE ELEMENTEN (STUURBAAR)

DYNAMISCHE PROCESSEN

- | | |
|--|--|
| 1 = INTERCEPTIE | 7 = INFILTRATIE EN PERCOLATIE |
| 2 = EVAPORATIE | 8 = CAPILLAIRE OPSTIJING |
| 3 = TRANSPIRATIE | 9 = GRONDWATERSTROMING |
| 4 = STROMING OVER HET LANDOPPERVLAK | 10 = TRANSPORT EN OMZETTING VAN AFVALSTOFFEN IN DE BODEM |
| 5 = STROMING IN OPEN LEIDINGEN | 11 = TRANSPORT EN OMZETTING VAN AFVALSTOFFEN IN OPEN WATER |
| 6 = STROMING IN PIJPLEIDINGEN
OPPOMPEN DOOR GEMALEN. ETC. | |

Figuur 1

2.3 Opzet van het rapport. Verkorte versie van het rapport.

De specialistische studies werden in de vorm van basisrapporten gepubliceerd. Daarnaast verschenen van enkele interdisciplinaire studies eveneens basisrapporten. Zij zijn in de literatuurlijst vermeld.

Bij het tot stand komen van het eindrapport van de C.W.G. hebben de basisrapporten een belangrijke rol gespeeld.

Om het complexe waterbeheersysteem te kunnen analyseren werd voor een systeem-theoretische aanpak gekozen. In hoofdstuk 3 wordt weergegeven, dat deze aanpak leidde tot een model-benadering. Onder een model wordt hier verstaan de wiskundige beschrijving van het systeem.

In hoofdstuk 4 komt de integrale planning van het waterbeheer aan de orde. Het waterbeheersysteem wordt opgebouwd gedacht uit vier subbeheersyste-

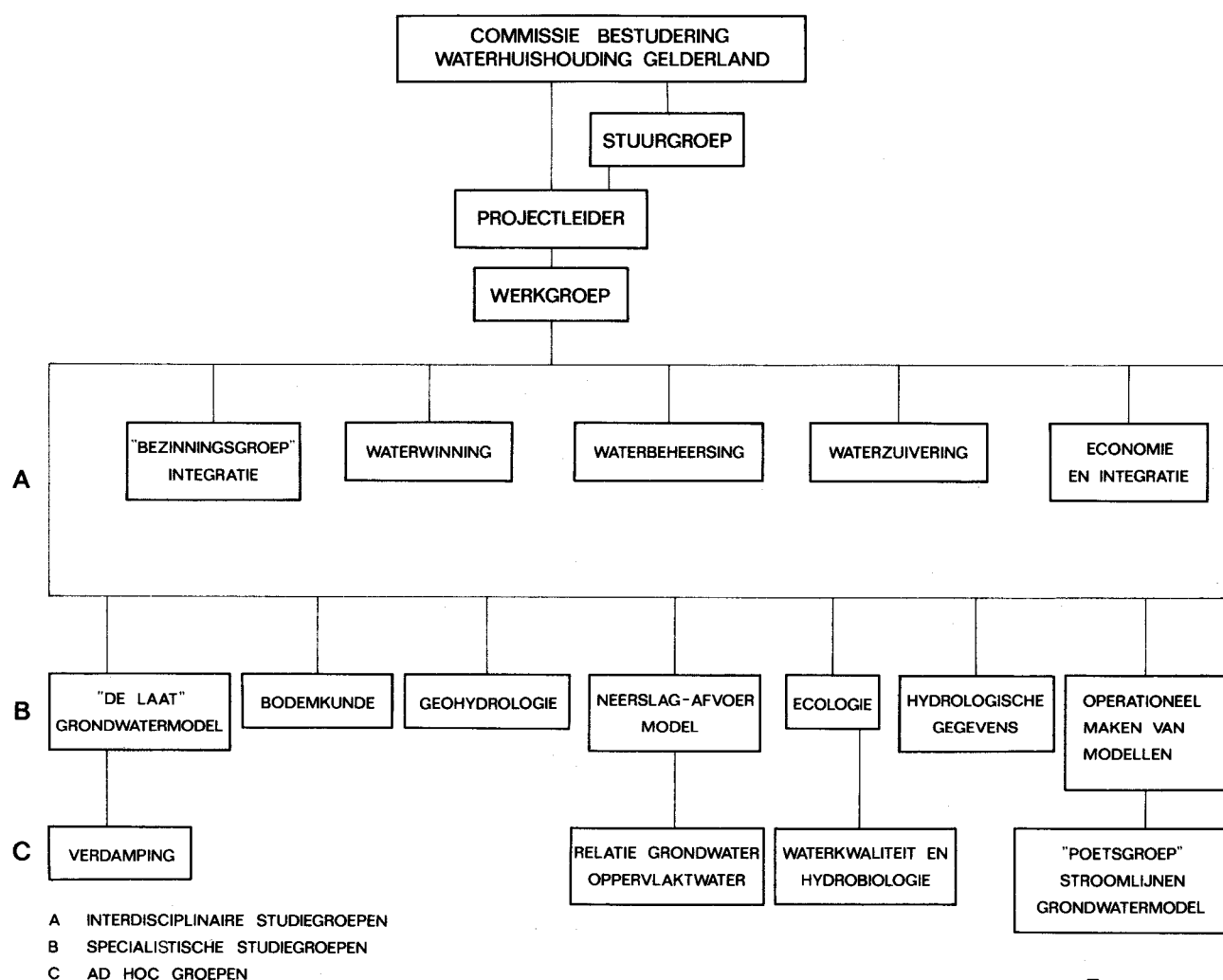
men n.l. waterbeheersing, waterwinning, waterkwaliteitsbeheer en natuurbeheer. Deze subbeheersystemen worden in de hoofdstukken 5, 6, 7 en 8 behandeld. In hoofdstuk 9 worden integrale waterbeheersystemen besproken. In de hoofdstukken 10 en 11 komen de wiskundige modellen en hun invoergegevens ter sprake.

Hoofdstuk 12 behandelt het beheer van modellen en meetnetten.

In hoofdstuk 13 is een inventarisatie gemaakt van het onderzoek, dat nog gewenst is.

In hoofdstuk 14 worden de onderzoeksresultaten en de organisatie van het onderzoek geëvalueerd.

In de verkorte versie van het rapport worden alleen de hoofdstukken 1 tot en met 9 en 12 gepresenteerd en verder de conclusies en aanbevelingen.



Figuur 2

3 SYSTEEMBENADERING VOOR HET WATERBEHEER

3.1 De beschrijving van het waterbeheersysteem

In figuur 1 is het waterbeheersysteem schematisch weergegeven. Drie soorten elementen kunnen worden onderscheiden, n.l.:

- maatschappelijke elementen: de behoefte aan water voor verschillende doeleinden;
- natuurlijke elementen: de verschillende verschijningsvormen van water met hun fysische, chemische en biologische kenmerken;
- kunstmatige elementen: technische en bestuurlijke maatregelen.

In het beleid dient een goede afstemming tussen de genoemde elementen plaats te vinden.

De *maatschappelijke elementen* vormen de drijvende kracht voor het waterbeheer. Zij kunnen worden onderscheiden in de behoefte aan water voor de bevolking (drinkwater), bedrijven (proceswater, koelwater en sanitair water), landbouw en veeteelt (beregening, peilbeheersing, veedrenking), natuur en landschap (instandhouding, c.q. herstel), openluchtrecreatie (varen, vissen, zwemmen), transport en omzetting van afvalstoffen, peilbeheersing ten behoeve van stedelijke gebieden, doorspoeling en bevaarbaarheid. De behoeften kunnen naar plaats en tijd sterk variëren.

De *natuurlijke elementen* omvatten de neerslag, de verdamping, het in de bodem aanwezige water en het oppervlaktewater. Het water in de bodem kan worden onderscheiden in water boven de grondwaterspiegel (het bodemvocht) en water beneden de grondwaterspiegel (het eigenlijke grondwater). Dit onderscheid is belangrijk omdat cultuurgewassen alleen water in de vorm van bodemvocht kunnen onttrekken.

In figuur 1 is aangegeven, dat de verdamping van landbouwgewassen en natuurlijke vegetaties afhankelijk is van het aanwezige bodemvocht. Deze aanwezigheid hangt echter samen met de grondwaterstand, die weer gekoppeld is aan het peil van het oppervlaktewater. Door peilbeheer van het oppervlaktewater kunnen de landbouwproductie en de natuurlijke vegetatie worden beïnvloed. Het is mogelijk, dat de natuurlijke vegetatie wordt geschaad door een peilbeheersing, die tot verhoging van de landbouwproductie leidt. Anderzijds wordt de verdamping beïnvloed door

gewaskeuze en door bebossing, waardoor de beschikbare hoeveelheid grond- en oppervlaktewater kan toe- of afnemen. Het onttrekken van grondwater doet de grondwaterstand dalen en kan daardoor schade aan landbouw en natuur veroorzaken. De lozing van vaste en vloeibare afvalstoffen op de bodem of direct op het oppervlaktewater beïnvloedt de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Over het algemeen worden andere belangen daardoor geschaad.

Het kenmerkende is dat de natuurlijke elementen, evenals de maatschappelijke elementen, zeer sterk naar plaats en tijd variëren.

De *kunstmatige elementen* omvatten de technische en bestuurlijke maatregelen. Zij vormen de hulpmiddelen, die het bestuur ten dienste staan om de behoefte te beïnvloeden, zoals voorlichting, verordeningen en prijspolitiek, en anderzijds maatregelen die trachten het aanbod te beïnvloeden, zoals het uitvoeren van technische werken.

Het *waterbeheersysteem* kan in vier sub-systemen worden verdeeld:

- waterwinning: grond- en oppervlaktewaterwinning, vergunningen, enz.;
- waterbeheersing: peilbeheersing en waterverdeling door middel van dijkbouw, beekverbeteringen, stuwprogramma's, enz.;
- waterkwaliteitsbeheer: zuiveringsinstallaties, rioleeringen, lozingsvergunningen enz.;
- natuurbeschoud en natuurbeheer: instandhouding of herstel van natuurlijke terreinen.

Uit de reeds eerder beschreven samenhang tussen de natuurlijke elementen volgt, dat onderlinge afstemming van de maatregelen van de hier genoemde sub-beheersystemen noodzakelijk is. De gegeven beschrijving van het waterbeheersysteem met zijn maatschappelijke, natuurlijke en kunstmatige elementen kan niet los worden gezien van de grootte van het beschouwde gebied en de periode, waarover de maatregelen zich uitstrekken.

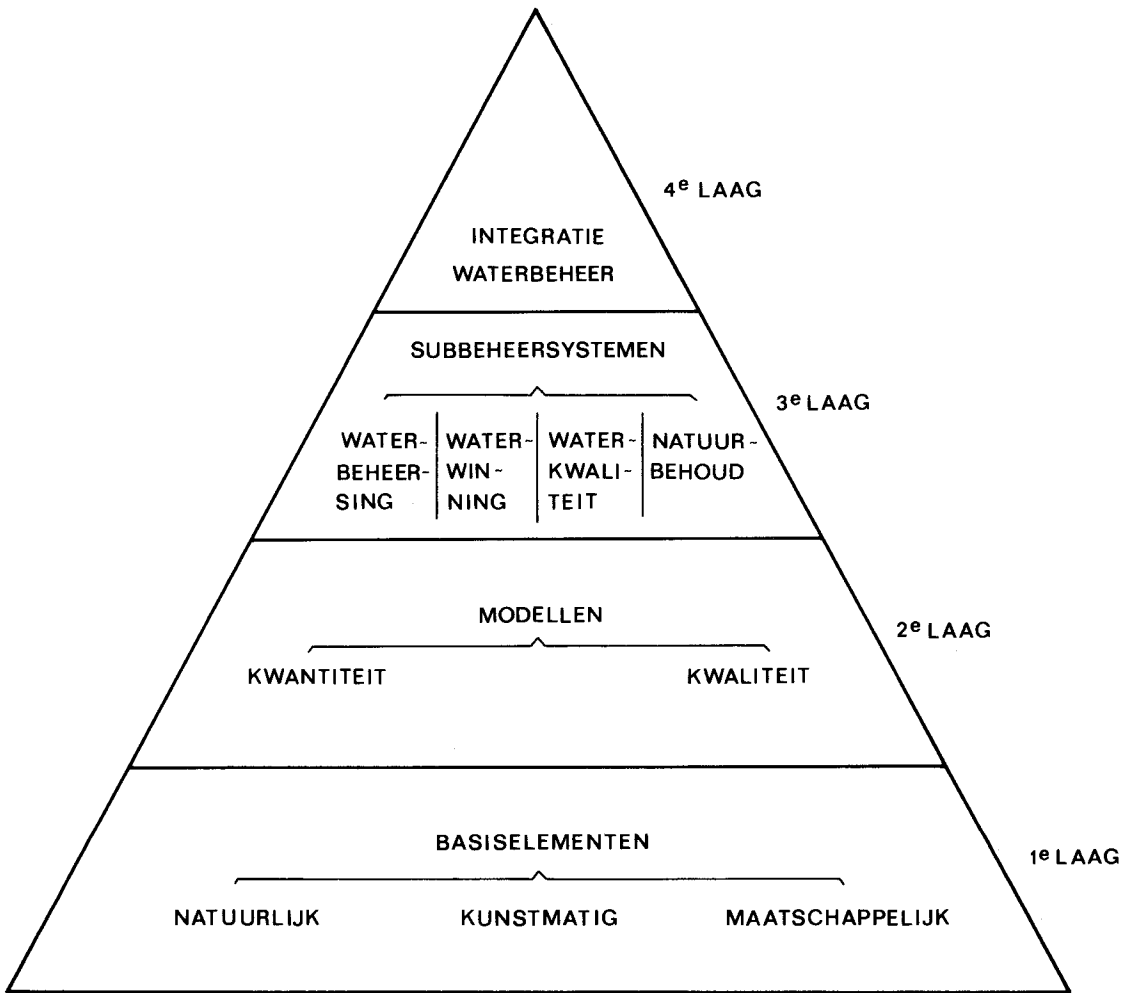
Uit het voorgaande blijkt, dat het waterbeheersysteem gecompliceerd is. Het omvat vele elementen, die onderling gerelateerd zijn. Het aantal belangen, dat bij het waterbeheer is betrokken, is groot. Er is niet altijd voldoende aanbod van water om aan de vraag te voldoen. De maatregelen die moeten leiden tot een zo goed mogelijke afstemming van vraag en aanbod zijn divers.

Teneinde deze complexe materie te kunnen hanteren, is bij het onderzoek gekozen voor een systeem-theoretische benadering van het waterbeheer. Dit betekent dat de verschillende elementen door middel van wetenschappelijke modellen worden beschreven. Hetzelfde geldt voor de relaties tussen de elementen. Met dergelijke modellen kunnen de gevolgen van bepaalde maatregelen worden berekend. Omdat de veelal complexe sub-systemen een volledige en gedetailleerde

beschrijving van het systeem als geheel bemoeilijken, is het gewenst om in de beschrijving niveau's aan te brengen. Men noemt dit beschrijvingshiërarchie. Hoe hoger het niveau, des te meer elementen worden meegenomen. Op het hoogste niveau wordt de integratie van het waterbeheer beschreven. In benedenwaartse richting van de hiërarchie krijgt men een meer gedetailleerde beschrijving en uitleg, terwijl men in bovenwaartse richting van de hiërarchie een beter inzicht krijgt in de betekenis van het sub-systeem binnen het totale systeem. Bij de beschrijving van het waterbeheersysteem, waarbij de maatschappelijke, natuurlijke en kunstmatige elementen in hun onderlinge samenhang worden behandeld, zijn vier lagen onderscheiden (figuur 3):

- binnen de eerste laag worden de afzonderlijke basis-elementen van het waterbeheersysteem beschreven, uitgaande van de verschillende vakdisciplines;

BESCHRIJVING VAN HET WATERBEHEERSYSTEEM



Figuur 3

- binnen de tweede laag worden de natuurlijke en kunstmatige elementen in hun onderlinge samenhang bestudeerd. Samen vormen zij het fysisch systeem. De studie geschiedt met modellen voor de stroming van grond- en oppervlaktewater en modellen voor de chemisch-biologische kwaliteit van het oppervlaktewater. Met deze modellen kunnen de fysische en chemische gevolgen van de verschillende maatregelen worden bestudeerd. Evaluatie van de natuurlijke hulpbronnen kan met behulp van beslissingsmodellen geschieden;
- binnen de derde laag wordt het fysische systeem in onderlinge samenhang met een aantal maatschappelijke elementen bestudeerd;
- binnen de vierde laag wordt getracht tot een integraal model voor het waterbeheer te komen, waarmee een economische en maatschappelijke afweging van belangen mogelijk is.

3.2 Het beslissingsproces

Een andere systeembenadering is noodzakelijk, indien het *beslissingsproces* complex is. Er zijn twee triviale, maar belangrijke kenmerken in bijna iedere beslissingssituatie:

- wanneer het tijdstip van beslissen aanbreekt, kan het nemen van de beslissing niet worden uitgesteld: ieder uitstel betekent immers, dat gekozen is voor „geen beslissing”;
- de onzekerheden betreffende de consequenties van de beslissing en het gebrek aan kennis ten aanzien van de verschillende relaties binnen het systeem maken een rationele beslissing vaak onmogelijk. Deze twee factoren resulteren in het fundamentele dilemma van het beslissen: aan de ene kant de noodzaak te beslissen zonder uitstel, aan de andere kant de noodzaak om het systeem beter te leren kennen. In de hiërarchische systeembenadering tracht men nu een structuur te formuleren, waarbij de oplossing van de beslissingsvraagstukken op verschillende niveau's wordt geplaatst. Hierbij kunnen drie niveau's worden onderscheiden:
- het opstellen van doelstellingen en het aangeven van de randvoorwaarden of beperkingen, waarbinnen men moet opereren;
- het verminderen van onzekerheid door middel van studie;
- het aangeven van de optimale oplossing.

De *algemene doelstelling* van het waterbeheer kan omschreven worden als het maximaliseren van het maatschappelijk nut, dat aan het water verbonden is.

Hij kan worden onderverdeeld in het maximaliseren van het maatschappelijk nut van waterwinning, waterbeheersing, waterzuivering en natuurbeheer.

Als de preferenties van de bevolking voldoende objectief tot collectieve gewichten kunnen worden gekwantificeerd, d.w.z. in getallen uitgedrukt, kunnen de elementaire doelstellingen volgens deze gewichten tot hogere doelstellingen worden samengevoegd als een optelsom der gewichten. De keuzeprocedure kan dan tot een „*uni-criterium*” optimalisatie zonder *begrenzingscriteria* worden teruggebracht.

Als de gewichten niet à priori bekend zijn, zullen de elementaire doelstellingen slechts tot op een bepaald niveau kunnen worden samengevoegd. Er blijven dan verschillende doelstellingen, die in verschillende eenheden zijn uitgedrukt, naast elkaar bestaan. De volgende keuzeprocedures bieden dan echter wel mogelijkheden tot oplossing van de beslissingsproblematiek.

Een *multi-criteria procedure zonder begrenzingscriteria* kent pas in de beslissingsfase rangordes of gewichten aan de verschillende doelstellingen toe.

Een *uni-criterium procedure met begrenzingscriteria* maakt het mogelijk om met één optimaliseringscriterium te werken door de overige tot begrenzingscriteria of randvoorwaarden te maken. Men kan deze criteria variabel stellen, waardoor het effect van de criteria op de optimale oplossing kan worden gekwantificeerd. Men spreekt dan van een gevoeligheidsanalyse. Dit resultaat kan dan weer als basis dienen voor de afweging op een hoger niveau.

3.3 Organisatie-hiërarchie

Bij het ontwerpen van een hiërarchische organisatie is het toedelen van taken aan verschillende beslissings-eenheden op verschillende niveau's en de coördinatie tussen de verschillende beslissingseenheden het belangrijkste vraagstuk.

In een rapport van de Werkgroep, genaamd *Modelonderzoek 1971-1974 deel I*, is hierover een uiteenzetting gegeven. Naderhand heeft de Werkgroep zich niet meer met organisatievraagstukken bezig gehouden, omdat specialisten op dit gebied niet bij het onderzoek waren betrokken.

3.4 Décompositie en integratie

De beschrijvings-, beslissings- en organisatie-hiërarchie maken het mogelijk om het ingewikkelde water-beheersysteem te ontleden naar tijd (korte termijn en lange termijn problematiek), plaats (lokaal, regionaal, etc.) en functie (de verschillende belangen), zonder evenwel de onderlinge samenhang uit het oog te verliezen. De gemeenschappelijke kenmerken van de drie hiërarchieën kunnen als volgt worden samengevat:

- een hoger niveau beschouwt een groter deel van het totale systeemgedrag, zodat meer aspecten aan de orde komen;
- de beslissingsperiode ofwel de tijd die nodig is om tot een beslissing te komen, is op een hoger niveau langer dan op een lager niveau;
- een hoger niveau houdt zich met de meer algemene aspecten van het totale systeemgedrag bezig. Het hogere niveau kan daardoor niet reageren op snellere en meer lokale variaties in de omgeving of in de processen zelf, de lagere niveau's wel;
- de beschrijving van het systeem en het beslissingsvraagstuk zijn op het hogere niveau minder gestructureerd, moeilijker kwantitatief te formuleren en bevatten meer onzekerheden. In het algemeen is er voor ieder niveau een specifiek stel van technieken geschikt voor de oplossing van de problemen;
- het toepassen van een bepaalde combinatie van deze drie hiërarchische systemen zal afhangen van de aard van het beschouwde systeem, de beschikbare kennis en de reeds aanwezige organisatie.



Waterinlaat

4 INTEGRALE PLANNING VAN HET WATERBEHEER

4.1 Inleiding

Het onderzoek ten behoeve van de C.W.G. had een toegepast wetenschappelijk karakter, d.w.z. dat het met het oog op de maatschappelijke doelstellingen en belangen werd ondernomen. In modelterminologie gesproken, dienen de beschrijvende modellen zoals GELGAM (model voor grondwaterstroming en gewas-verdamping) en GELQAM (model voor de kwaliteit van oppervlaktewater) een onderdeel uit te maken van optimalisatie- of beslissingsmodellen, waarbij de uitkomsten der beschrijvende modellen naar aanleiding van de hierin verwerkte maatregelen kunnen worden getoetst aan gegeven doelstellingen. Voorbeelden hiervan treft men aan in hoofdstuk 9.

Een aantrekkelijke weg tot optimalisatie bestaat uit het opstellen en vergelijken van alternatieve *plannen* voor het waterbeheer. Deze methode heeft ook het grote voordeel, dat door het ter visie leggen der plannen een maatschappelijke discussie mogelijk wordt.

De plannen die opgesteld worden met het oog op de te bereiken doeleinden kunnen verschillende reikwijdten hebben m.b.t. tijdhorizon, gebiedsgrootte en aantal doeleinden c.q. te behartigen belangen. Door de wetgever is blijkens het ontwerp „grondwaterwet” (GWW), het ontwerp „wet op de waterhuishouding” (WWH) en de wijziging „wet verontreiniging oppervlaktewater” (WVO) op provinciaal niveau gekozen voor herziening der plannen om de 10 jaar.

Op rijksniveau zijn verschillende tijdhorizonten gekozen, variërend tussen 5 jaar voor het Indicatieve meerjarenprogramma m.b.t. de bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater (IMP) tot 30 jaar voor structuurschema's zoals dat voor de Drink- en Industriewatervoorziening, welk schema echter om de 5 jaar moet worden herzien. Stelregel hierbij is, dat hoe langer de tijdsperiode van planning is en/of hoe groter het plangebied is, des te globaler de plannen en hun uitwerking zullen zijn.

De door de plannen te verwerkelijken doelstellingen zijn – soms langzaam, soms snel – aan wijziging onderhevig. Men denke aan de nadruk die de economie kreeg in de na-oorlogse jaren van wederopbouw, gevolgd door de aandacht voor de recreatie en ruimtelijke ordening in de zestiger „welvaarts” jaren. In de zeventiger jaren verschoof de aandacht naar natuur-

en milieubescherming, terwijl thans de energieproblematiek en de werkgelegenheid alle aandacht vragen.

Verder wordt het bereiken der doelstellingen ingeperkt door de ter beschikking staande middelen en voorwaarden zoals de reeds bestaande infrastructuur en de invloed vanuit het buitenland zoals vervuiling van Rijn en Maas.

Indien de doelstellingen per gebied zijn vastgesteld – zoals dat voor de planologie in streekplannen reeds is gebeurd – kan worden onderzocht welke functie het water hierbij kan vervullen. In samenhang met zijn fundamentele eigenschappen en kenmerken kan het water gebruikt worden voor drinkwater, proceswater, koelwater, beregening van landbouwgewassen, scheepvaart, afvalverwijdering, recreatie, grondmechanische stabiliteit, etc. In de plannen zal tot uiting moeten komen hoe deze functies dienstbaar moeten worden gemaakt aan of beperkend zijn voor de doelstellingen zoals b.v. vergroting van het „welzijn” en energiebezuiniging. Het blijkt dat doelstellingen ook met elkaar in strijd kunnen zijn. Zowel naar plaats als in de tijd zal dan gekozen moeten worden voor een hiërarchie in de doelstellingen.

4.2 Het provinciale grondwaterplan

Volgens art. 8 van het ontwerp G.W.W. stellen Provinciale Staten een plan vast, dat de hoofdlijnen aangeeft voor het grondwaterbeheer in hun provincie. Het betreft hier het kwantitatieve grondwaterbeheer d.w.z. het onttrekken van grondwater of het in de bodem brengen van grondwater.

Ontwatering of afwatering van gronden vallen er niet onder. In de toelichting wordt vermeld, dat voorop staat een zo doelmatig mogelijke verdeling c.q. herverdeling van de totale grondwatervoorraad, waarvoor een afweging dient plaats te vinden van de verschillende bij het grondwater betrokken belangen. Het grondwaterplan zal in ieder geval moeten aangeven wat in de verschillende, binnen de provincie te onderscheiden gebieden de gewenste uitbreiding of beperking van de grondwaterwinning is.

Het plan zal moeten aansluiten op de in de sfeer van de bodembescherming te treffen maatregelen.

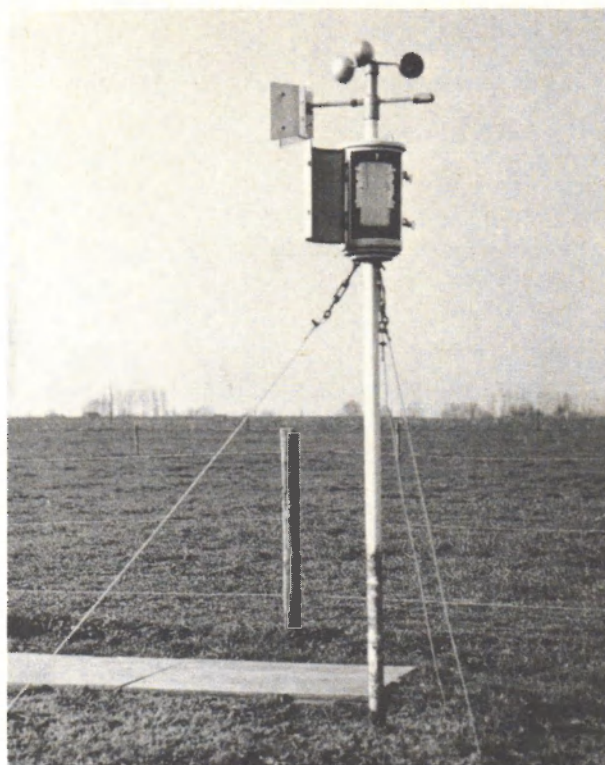
Door een werkgroep van de vergadering van Hoofden van Natte Diensten der provincies is getracht een nadere omschrijving van het grondwaterplan te geven. Een weergave hiervan vindt men in „Achtergronden en toekomst van het grondwaterbeleid in Drenthe” (1978). Hieruit blijkt dat gedacht wordt aan:

- inventarisatie van het grondwater in de vorm van een geohydrologische beschrijving, beschrijving van klimaat en oppervlaktewatersysteem en van de kwaliteit van het grondwater;
- huidig gebruik van het grondwater voor drinkwatervoorziening, industrie, landbouw, natuur- en bosgebieden, bronbemalingen;
- waterbalansstudies per deelgebied met verwijzing naar verschillende frequenties van voorkomen;
- waterbehoefte en de afwegingscriteria van de verschillende categorieën, waaruit een prioriteitskeuze moet volgen. Bij de keuze moeten de gevolgen voor oppervlaktewater, natuur, landschap, geluid, energie, economie (industrieverstiging) worden vermeld.

Uiteindelijk worden winbare hoeveelheden en de bestemming ervan vastgesteld.

4.3 Het provinciale waterkwaliteitsplan

Volgens art. 1.a. wijziging WVO kunnen bij algemene maatregel van bestuur, ten aanzien van nader aan te wijzen stoffen, grenswaarden worden vastgesteld voor het brengen van die stoffen in oppervlaktewateren (concentratie en/of gewichtshoeveelheid). Volgens art. 10.c. omschrijft het provinciale waterkwaliteitsplan het te voeren beleid t.a.v. het kwaliteitsbeheer en van de bestrijding van de verontreiniging van de oppervlaktewateren. Bij de vaststelling van het plan door Provinciale Staten wordt rekening gehouden met het IMP, dat door de Minister van Verkeer en Waterstaat in overeenstemming met de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne wordt vastgesteld. Het provinciale plan geeft de kwaliteitsdoelstellingen aan waarop het beleid is gericht. Bij de voorbereiding van de plannen worden de Zuiverende waterschappen of Zuiveringsschappen betrokken. In de toelichting wordt nog vermeld, dat het waterkwaliteitsplan vooral bedoeld is om de lozing van „grijze-lijst” stoffen (deze zijn minder gevaarlijk dan de zwarte-lijst stoffen, die rigoreuzer worden aangepakt) geprogrammeerd te doen verminderen in relatie tot de specifieke kwaliteitsdoelstellingen, die de onderscheidene oppervlaktewateren naar gelang van hun functie krijgen toegewezen. Zo'n functie kan bijvoorbeeld zijn: grondstof voor drinkwater, of: zwemwater, of: natuurbeheer en -behoud.



Het meten van windsnelheid en windrichting

De relatie met de ruimtelijke ordening (streekplannen) wordt hierbij weer benadrukt. De jongste zuiveringsplannen voor de drie gebieden van Gelderland hebben reeds het karakter van een waterkwaliteitsplan.

4.4 Het provinciale waterhuishoudingsplan

Volgens art. 9 van het ontwerp WWH stellen Provinciale Staten een plan vast dat omvat:

- een uiteenzetting van de beginselen en doeleinden van het provinciale beleid m.b.t. de waterhuishouding;
- een beschrijving van de infrastructuur;
- de resultaten van onderzoek naar de waterbehoefte voor de verschillende belangen en de waterbronnen (kwantitatief en kwalitatief) voor verschillende droogtefrequenties;
- het kwantiteitsbeheer voor oppervlaktewateren die niet onder het Rijksplan vallen, waaronder begrepen: functies van het oppervlaktewater, de doelstellingen waarop het beheer is gericht, verwezenlijking der doelstellingen onder normale en onder afwijkende omstandigheden en tot stand te brengen werken.

Van belang is dat bij de vaststelling van het plan enerzijds rekening moet worden gehouden met de Rijksnota Waterhuishouding en het kwantiteitsplan voor de Rijkswateren en anderzijds dat het kwaliteitsplan en het grondwaterplan op het provinciale waterhuishoudingsplan moeten worden afgestemd. Verder moeten de uitvoeringsplannen van de waterschappen door Gedeputeerde Staten worden goedgekeurd als uitvoering van het provinciale plan.

Hier doet zich een tijdsprobleem voor. Zuiverings- (waterkwaliteits)plannen en waterbeheersingsplannen werden immers reeds opgesteld en uitgevoerd door Zuiverings- en Waterschappen. Het integrerende plan (W.W.H.) zal eerst na vele jaren, als het ontwerp W.W.H. is behandeld, in werking treden. Daarom heeft het provinciaal bestuur van Gelderland besloten om te

onderzoeken of op korte termijn door middel van planning het kwantitatieve en kwalitatieve oppervlaktewaterbeheer en het kwantitatieve grondwaterbeheer op provinciaal niveau kunnen worden geïntegreerd. Een werkgroep zal hierover medio 1980 verslag uitbrengen.

4.5 Overzicht

Tot slot volgt hieronder in tabelvorm een overzicht van de in voorbereiding zijnde wettelijke regelingen m.b.t. waterplannen. Het is duidelijk dat juist de onderlinge afstemming der plannen de grootste zorg zal zijn. Alle in de studieperiode van de C.W.G. verzamelde kennis m.b.t. modellen en veldgegevens zal hiertoe nuttig kunnen worden gebruikt.

Tabel 1 Overzicht waterplannen.

(5 j) betekent herziening om de 5 jaar, de pijl betekent aanwijzingsbevoegdheid.

Hiërarchie	W.W.H.		W.V.O.	G.W.W.	Drink- incl. watervoorz.
	integraal	kwant. opp. water	kwant. opp. water	kwant. grond- water	
Rijk	NOTA W.H. (10 j) ↓	Rijksplan (10 j)	IMP (5 j) Rijksplan (10 j) ↓	(Minister)	structuur- schema (5 j)
Provincie		waterhuish. plan (10 j)	waterkwal. plan (10 j)	grondwaterplan (10 j)	
Schap	—	uitvoerings- plan	bestrijdings- plan	—	—
lozers en onttrekkers	—	—	—	—	10 j-plan VEWIN (2 j)

5 WATERBEHEERSING

5.1 Inleiding

Het doel van waterbeheersing is – naast de bescherming van en de zorg voor de bewoonbaarheid van het stedelijk gebied – het reguleren van peilen in de waterlopen ten behoeve van de landbouw en de natuur, door wateraanvoer en -afvoer. Gezien de verschillende eisen die aan peilen en de daarmee samenhangende grondwaterstanden door landbouw en natuurbeheer worden gesteld, is hier een keuzevraagstuk aan verbonden. Bovendien ligt er een relatie met de winningsmogelijkheden van grondwater. Een optimalisatie van het waterbeheersingssysteem is alleen mogelijk, indien onder meer de te winnen hoeveelheid grondwater en de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewater en de kwaliteit daarvan bekend zijn.

In dit hoofdstuk komt alleen de waterbeheersing ten behoeve van de landbouw met zijn problemen van wateroverlast en watertekort in Oost-Gelderland aan de orde. De relatie tussen waterhuishouding en natuurbeheer wordt behandeld in hoofdstuk 8 inzake natuurbeheer. Voor het verkrijgen van meer inzicht in peilen en afvoeren van beken en rivieren kreeg het ontwikkelen van neerslag-afvoermodellen in aanvulling op het grondwatermodel GELGAM de aandacht. Van de uit het onderzoek verkregen resultaten is gebruik gemaakt bij de toepassing van het integrale waterbeheermodel AQUAFLEX voor Oost-Gelderland, dat als proefgebied fungeerde.

5.2 Het neerslag-afvoermodel

Het neerslag-afvoermodel was bedoeld om het effect van technische beheersmaatregelen op het afvoerverloop van beken en rivieren te voorspellen.

Het model GELGAM werd als uitgangspunt gekozen, omdat het reeds een belangrijk deel van de componenten van de hydrologische kringloop omvat, namelijk het bodemvochtsysteem, het grondwatersysteem, de verdamping en de relatie tussen grond- en oppervlaktewater. Voor een neerslag-afvoermodel is het bovendien noodzakelijk om rekening te houden met de interceptie van neerslag door de vegetatie en de waterafvoer over het landoppervlak en door het afwateringsstelsel. Het is echter niet gelukt om binnen de onderzoekstijd tot een operationeel model te komen. De verdere ontwikkeling is thans door de Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie van de Landbouwho-

geschool en het Waterloopkundig Laboratorium ter hand genomen. De studie naar de invloed van de interceptie door de vegetatie heeft aangetoond, dat dit aspect vooral bij bos van belang is.

Gezien de geringe voortgang met het neerslag-afvoermodel, is langs een andere weg getracht informatie te krijgen over het afvoerproces. Hiertoe werd een *stochastisch* model voor lage afvoeren ontwikkeld, mede met het oog op een actuele vraag, n.l. in hoeverre in droge perioden water vanuit de Oude IJssel zou kunnen worden ingelaten ten behoeve van de landbouw en andere gebruikers. Bij deze benadering blijft de fysica van het afvoergebeuren buiten beschouwing en worden de afvoeren d.m.v. een kansberekening bepaald. Dit wil zeggen, dat men aanneemt dat de afvoeren op een toekomstig tijdstip in meer of mindere mate van het toeval afhangen. Men tracht de kenmerkende stochastische eigenschappen uit een historische reeks van metingen op te sporen. Het geheel van wiskundige kenmerken van een dergelijke reeks heet dan een *stochastisch* model. Met behulp van het model kunnen nieuwe reeksen worden gegenereerd, die statistisch niet zijn te onderscheiden van de historische reeks en die dus even waarschijnlijk zijn. Aan de hand van deze reeksen kunnen voorspellingen worden gedaan, bijvoorbeeld inzake de kans op langere perioden met lage afvoer.

Een voorwaarde is, dat de historische reeks van metingen homogeen en lang genoeg is. Bovengenoemde voorwaarden beperken het gebruik van de methode, omdat men doorgaans te maken heeft met stroomgebieden waarin voortdurende veranderingen in de waterhuishouding zijn aangebracht. Van de Oude IJssel was een 23-jarige (1954 t/m 1977) reeks van dagafvoeren beschikbaar; deze reeks is eigenlijk te kort. Ook is het niet zeker dat deze reeks homogeen is, dat wil zeggen niet beïnvloed door technische veranderingen. De afvoeren zijn gemeten bij een stuw met een schutsluis, zodat een correctie moest worden toegepast voor schut- en lekverliezen. Een andere correctie is toegepast op de gegevens van het droge jaar 1976, toen water is ingelaten ter compensatie van deze lek- en schutverliezen. Voor de analyse zijn de gecorrigeerde dagafvoeren eerst omgezet in 14-daagse sommen.

De overeenkomst der gegenereerde gegevens met de werkelijke meetgegevens bleek onvoldoende te zijn om het model toe te kunnen passen. (figuur 4.) Wel kan de conclusie worden getrokken, dat de mogelijkheid van onttrekking van water aan de Oude IJssel in droge perioden zeer beperkt is.

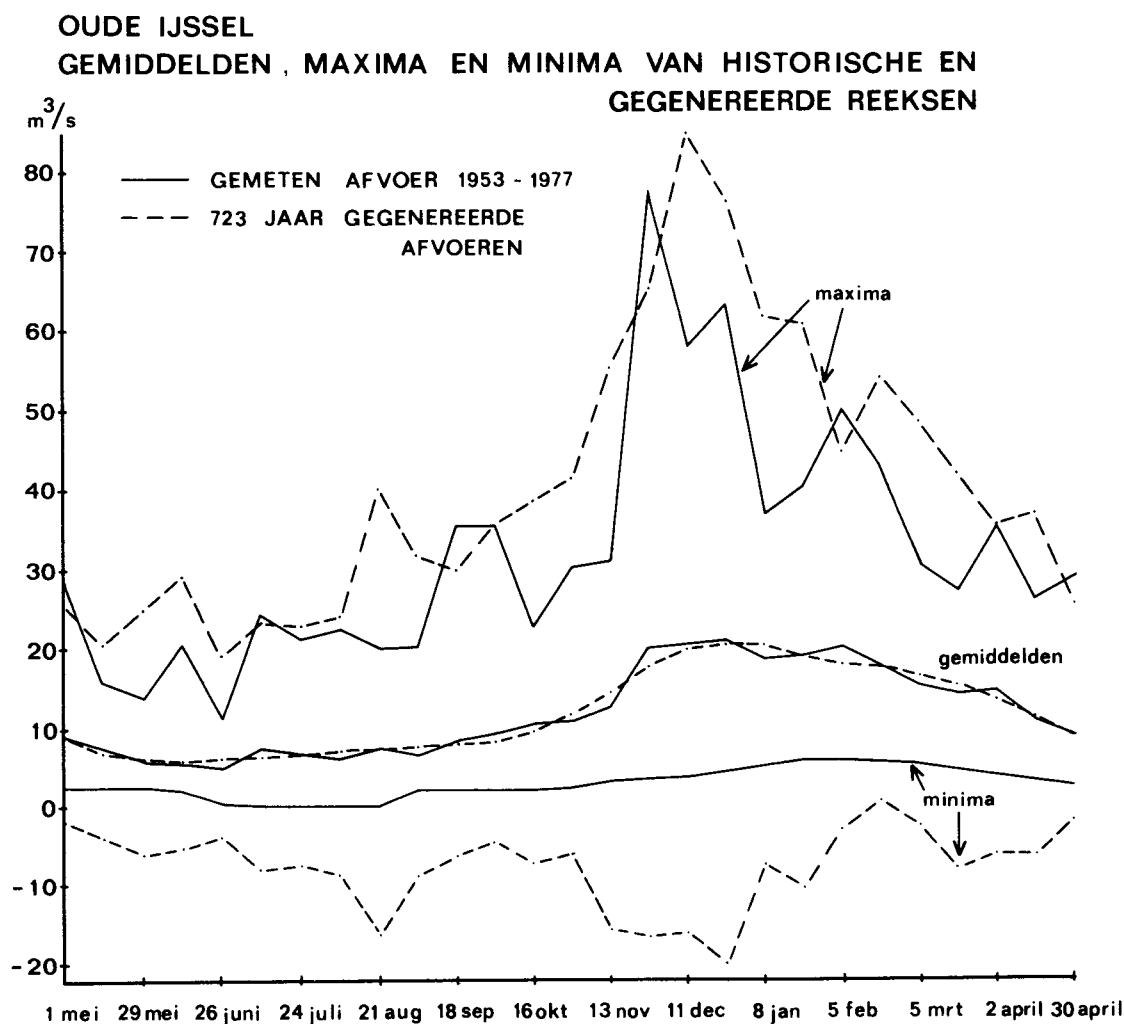
5.3 De toestand van de landbouwwaterhuishouding in Oost-Gelderland

Ten behoeve van het economische onderzoek is de waterhuishoudkundige toestand van Oost-Gelderland beschreven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen afwatering d.m.v. transportleidingen, ontwatering d.m.v. verzamelleidingen en wateraanvoer.

De inventarisatie van de ontwaterings- en de afwateringstoestand had tot doel om een urgentievolgorde

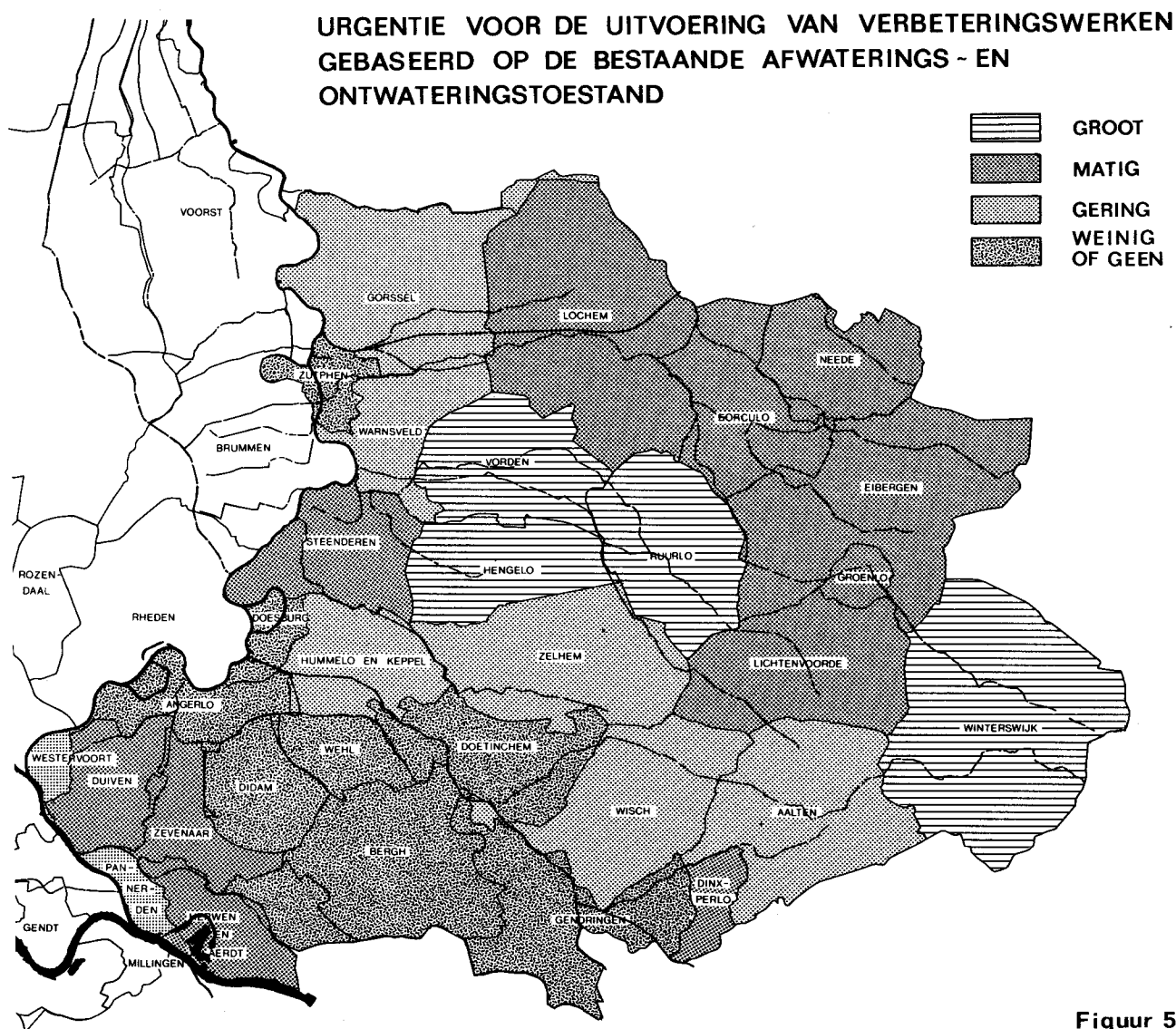
voor de uitvoering van verbeteringswerken op te stellen. Per gemeente is het percentage cultuurgrond, waarvan de afwatering onvoldoende of slecht is in een aantal klassen ingedeeld. Tevens is de mogelijkheid tot verbetering aangegeven.

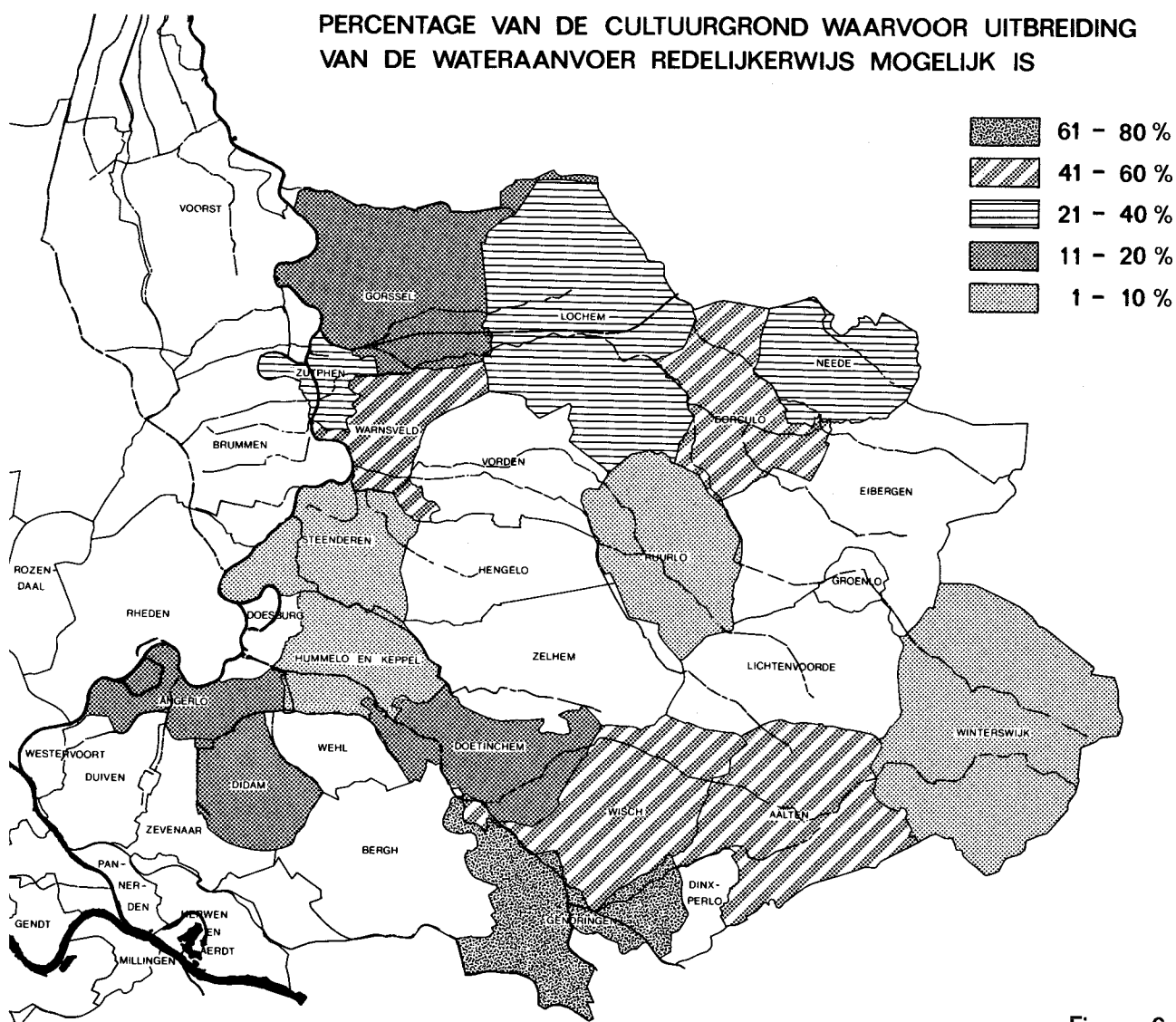
De ontwateringstoestand is op basis van de thans voorkomende grondwaterstanden beoordeeld en ingedeeld naar percentage cultuurgrond, waarvoor verbetering of aanleg van sloten nodig is. Deze informatie in combinatie met de opbrengstdepressie voor grasland als gevolg van de ontwateringstoestand werd eveneens in een aantal klassen ingedeeld. Op grond van de bovengenoemde klasse-indelingen werd de urgentie van verbetering van de waterbeheersing per gemeente aangegeven (figuur 5).



Figuur 4

Verder is in overleg met waterschappen in Oost-Gelderland meer in detail nagegaan hoe water vanuit de Rijn en de IJssel kan worden ingelaten. De resultaten hiervan zijn verwerkt in het integrale waterbeheermodel.





Figuur 6

5.4 Samenvatting

De ontwikkeling van een neerslag-afvoermode (GELGAM) als aanvulling op het model GELGAM was bedoeld om de invloed van technische waterbeheersmaatregelen op het afvoerproces van beken en rivieren te voorspellen. Dit model is echter niet voltooid. De ontwikkeling van een stochastisch model voor de berekening van de kans op lage afvoeren in de Oude IJssel in verband met mogelijkheden van wateraanvoer in droge perioden, heeft niet tot voldoende betrouwbare resultaten geleid. Het verdient voorlopig de voorkeur bestaande eenvoudige statistische technieken te gebruiken.

Een inventarisatie van de landbouwwaterhuishouding in Oost-Gelderland heeft enerzijds geleid tot een urgentievolgorde van gebieden waar wateroverlast dient te worden bestreden, terwijl anderzijds de mogelijkheden van wateraanvoer ten behoeve van de landbouw zijn nagegaan. Deze gegevens zijn gebruikt voor het integrale waterbeheermodel voor Oost-Gelderland, dat als proefgebied fungeerde.



6 WATERWINNING

6.1 Inleiding

Het doel van het subbeheersysteem waterwinning is het teweegbrengen van optimaal gebruik van grond- en oppervlaktewater door huishoudens, bedrijven en de landbouw. Omdat water beperkt beschikbaar is, zal dit doel een bepaalde waterverdeling inhouden. Deze is alleen mogelijk indien de benodigde hoeveelheden grond- en oppervlaktewater, alsmede de kwaliteit ervan, bekend zijn.

In dit hoofdstuk zal allereerst worden ingegaan op de waterbehoefte van de landbouw, de huishoudens en de bedrijven. Uiteengezet zal worden, hoe de prognoses voor deze behoeften zijn opgezet. Vervolgens zal worden ingegaan op enkele toepassingen van het model GELGAM op een gebied in Oost-Gelderland. Hierbij is getracht om de gevolgen van het onttrekken van een bepaalde hoeveelheid grondwater te berekenen en vervolgens is nagegaan waar lokaties voor grondwateronttrekking zijn gelegen.

6.2 Het waterverbruik door landbouw, huishoudens en bedrijven

6.2.1 Het waterverbruik door de landbouw.

Het waterverbruik in de landbouw kan worden onderscheiden in:

- het waterverbruik ten behoeve van het vee (drink- en reinigingswater);
- het waterverbruik van de gewassen, te onderscheiden in:
 - a. een „passief” verbruik van water uit de neerslag en via de vochtlevering door de bodem;
 - b. een „actief” verbruik via wateraanvoer, berekening en bevloeiing.

Op basis van prognoses van het aantal dieren en het gemiddelde waterverbruik per diersoort is het waterverbruik t.b.v. het vee berekend voor de jaren 1980, '85 en '90 voor Oost-Gelderland, de Veluwe en het Rivierengebied. Het resultaat is weergegeven in tabel 2.

Het passief waterverbruik kan worden gedefinieerd als de som van de in het groeiseizoen (15 april - 15 september) gebruikte neerslag en de vochtlevering door de bodem. Voor zover deze hoeveelheid kleiner is dan de potentiële verdamping, bestaat er een behoefte aan actief waterverbruik, dus aan aanvulling. Deze kan zowel uit het oppervlaktewater als door oppompen van grondwater plaatsvinden.

Tabel 2 Prognose van het waterverbruik t.b.v. het vee. (milj. m³ per jaar)

	1980	1985	1990
Oost-Gelderland	7,5	7,9	8,3
Veluwe	6,9	7,2	7,5
Rivierengebied	3,2	3,4	3,6
provincie Gelderland	17,6	18,5	19,4

De behoefte aan aanvulling verschilt van jaar tot jaar, afhankelijk van de optredende neerslag en verdamping.

Het actieve waterverbruik is de laatste jaren sterk toegenomen. Ter illustratie hiervan is in tabel 3 een aantal gegevens over de berekening in de provincie Gelderland opgenomen voor de jaren 1973 en 1976.

Voor het opstellen van een prognose voor het actieve waterverbruik werd gebruik gemaakt van statistische gegevens van het station Winterswijk m.b.t. neerslag en verdamping gedurende het groeiseizoen. Vervolgens werd voor de gehele provincie per km² de mogelijke vochtlevering door de bodem berekend aan de hand van bodemkundige gegevens. Door deze vochtlevering af te trekken van het verdampingsoverschot (verdamping – neerslag) verkrijgt men de behoefte aan aanvulling. Omdat niet alle gronden van extra water zullen of kunnen worden voorzien, is een schatting gemaakt van het eventueel te beregenen gebied, waarbij is aangenomen dat berekening alleen plaats zal hebben op grasland. Voorts is rekening gehouden met aanvoer- en beregeningsverliezen door de waterbehoefte voor de te beregenen oppervlakte te vermenigvuldigen met een factor 3/2. Wordt ook nog rekening gehouden met enige veranderingen in bodemgebruik, dan ontstaan de behoeftecijfers voor de drie deelgebieden van de provincie Gelderland, die weergegeven zijn in tabel 4.

Voor Oost-Gelderland is met behulp van het deelmodel UNSAT van GELGAM nagegaan, hoe het actieve waterverbruik toe zal nemen bij verlaging van de thans optredende grondwaterstanden. Hiertoe is een grondwaterstandsverlaging van 25 cm over het gehele gebied aangenomen. Deze verlaging kan b.v. worden

Tabel 3 Gegevens over beregening en bevoeiing in Gelderland.

	Totaal aantal installaties		gem. pompcapaciteit in m³/uur		totaal beregend c.q. bevoeid oppervlak (ha)	waterverbruik milj. m³	gemiddelde watergift in mm	herkomst in %	
	ber.	bevl.	ber.	bevl.				grond-water	opp. water
1973	1874	96	33,4	62,5	8.164 (3%)	15,5	189	47	53
1976	4895	885	53,5	173,7	51.011 (20%)	186,0	363	40	60

veroorzaakt door grondwateronttrekking t.b.v. de drink- en industriewatervoorziening, maar ook door gebruik van grondwater voor beregening. Verder werd hierbij aangenomen, dat 50% van het graslandareaal (70 tot 90% van het totale landbouwareaal) zal worden beregend. Het gaat hier dan om een oppervlakte van 40.000 ha. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5. Uit tabel 4 blijkt dat vooral in droge jaren de gevraagde hoeveelheden aanzienlijk zullen zijn. Een punt dat nog om verder onderzoek vraagt, is dat door beregening op grote schaal de verdampingsvraag van de atmosfeer en daarmee de potentiële verdamping af kan nemen. De waterbehoefte kan daardoor vooral in droge jaren verminderen.

Tabel 4 Prognose van het actieve waterverbruik in de landbouw te Gelderland voor 1990. Het percentage geeft de kans aan dat de te gebruiken hoeveelheid wordt overschreden.

	opp. beregend in 1990	gebruikte hoeveelheid in milj. m³ in 1990				
		gew. gem.	1%	10%	20%	50%
Oost-Gelderland	50%	16	98	46	25	6
Veluwe	25%	8	44	20	10	3
Rivierengebied	80%	30	180	90	45	12
Gelderland	45%	54	322	156	80	21

Tabel 5 Actief waterverbruik in Oost-Gelderland in milj. m³ per jaar zonder en met een grondwaterstandsverlaging van 25 cm en een beregening van 40 000 ha grasland. De percentages geven de overschrijdskans weer.

	gew. gem.	1%	10%	20%	50%
huidige toestand	11	79	29	15	4
met 25 cm verlaging	16	98	46	25	6

6.2.2 Het huishoudelijk verbruik

Bij de bepaling en de voorspelling van het waterverbruik door huishoudens en bedrijven doen zich geheel andere problemen voor dan bij het waterverbruik door de landbouw. Voor wat de gegevens voor dit verbruik betreft hebben we in de eerste plaats te maken met levering door de waterleidingbedrijven en met eigen winning of particuliere onttrekking. Verder kan onderscheid worden gemaakt in klein- en grootverbruik. Vatten we de doorgaans onderscheiden typen verbruik en de oorsprong van het water samen, dan komen we tot een overzicht als weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Globale indeling van waterverbruik en herkomst.

Type verbruik \ Herkomst	Levering door waterleiding		Eigen winning
	klein verbr.	groot verbr.	
huishoudelijk	+	—	—
commercieel en openbaar (b.v. ziekenhuizen)	+	+	+
agrarisch	+	—	+
industr. bedrijven	—	+	+
lek- en spuiverliezen			

Hierin is met + aangegeven voor welk doel het water van waterleidingbedrijven en eigen winningen gebruikt wordt. Zowel de onttrekking als de levering door waterleidingbedrijven is bekend. Het betreft hier uitsluitend grondwater. Enkele industriële bedrijven winnen ook oppervlaktewater. Sinds 1968 wordt de eigen winning van grondwater door de provincie geregistreerd. De betreffende gegevens zijn weergegeven in tabel 7 en figuur 7.

Tabel 7 Grondwaterverbruik door huishoudens en bedrijven naar herkomst van het water.

Levering waterleidingbedrijven in eigen gebied x 1000 m ³						Particuliere onttrekking grondwater x 1000 m ³				
Jaar	Zd Vel* Zoom	Veluwe	Oost. Geld.	Rivier- gebied	Totaal Geld.	Zd. Vel.* Zoom	Veluwe	Oost. Geld.	Rivier- gebied	Totaal Geld.
60	8.7	8.8	8.1	14.3	39.9					
61	8.8	9.5	8.8	14.9	42.0					
62	9.3	9.8	9.7	15.6	44.3					
63	10.1	11.4	11.2	17.3	50.0					
64	10.4	12.9	12.2	18.3	53.8					
65	10.4	13.7	12.3	18.9	55.2					
66	10.8	15.0	13.4	20.0	59.2					
67	11.3	16.9	14.6	22.2	65.0					
68	12.0	17.9	15.4	22.6	67.7	30.1	45.6	15.1	26.0	116.7
69	12.9	19.7	17.0	24.1	73.8	30.2	48.4	15.7	24.9	119.2
70	13.9	22.1	18.3	25.8	80.1	31.2	48.8	16.6	20.5	117.2
71	14.4	23.4	19.9	26.9	84.6	28.2	49.7	14.8	20.6	113.3
72	14.4	24.3	20.5	26.6	85.8	30.5	49.6	14.6	19.6	114.3
73	14.8	25.8	22.7	29.1	92.4	30.4	48.4	14.0	20.5	113.3
74	14.5	25.8	22.9	29.7	93.0	29.6	46.7	13.8	21.7	111.7
75	14.9	27.4	24.2	31.3	97.8	26.3	40.8	13.4	20.0	100.6
76	16.1	30.9	26.8	33.7	107.4	26.3	43.1	12.6	19.5	101.5
77	15.2	28.9	25.1	31.8	101.0	21.5	40.4	11.3	18.6	91.8
78	15.4	30.1	26.1	32.9	104.5	20.9	37.9	10.9	19.6	89.3

* Zd. Vel. Zoom omvat de gemeenten Wageningen, Renkum, Arnhem, Rheden, Rozendaal.

Hierbij dient opgemerkt te worden, dat door levering van water door waterleidingbedrijven buiten de onderscheiden deelgebieden, de leveringscijfers niet geheel overeenkomen met die van werkelijke onttrekking in die gebieden.

Voor een prognose van het toekomstige bevolkingsverbruik kan worden uitgegaan van jaarcijfers m.b.t. de levering van water door waterleidingbedrijven. Deze cijfers omvatten volgens tabel 6 vele soorten van verbruiken. Door de totaal geproduceerde hoeveelheid water (inclusief lekverliezen) te delen door het aantal inwoners ontstaat het hoofdelijk leidingwaterverbruik. Uit de extrapolatie van het hoofdelijk leidingwaterverbruik en een prognose voor de bevolking kan dan het toekomstig leidingwaterverbruik worden geschat.

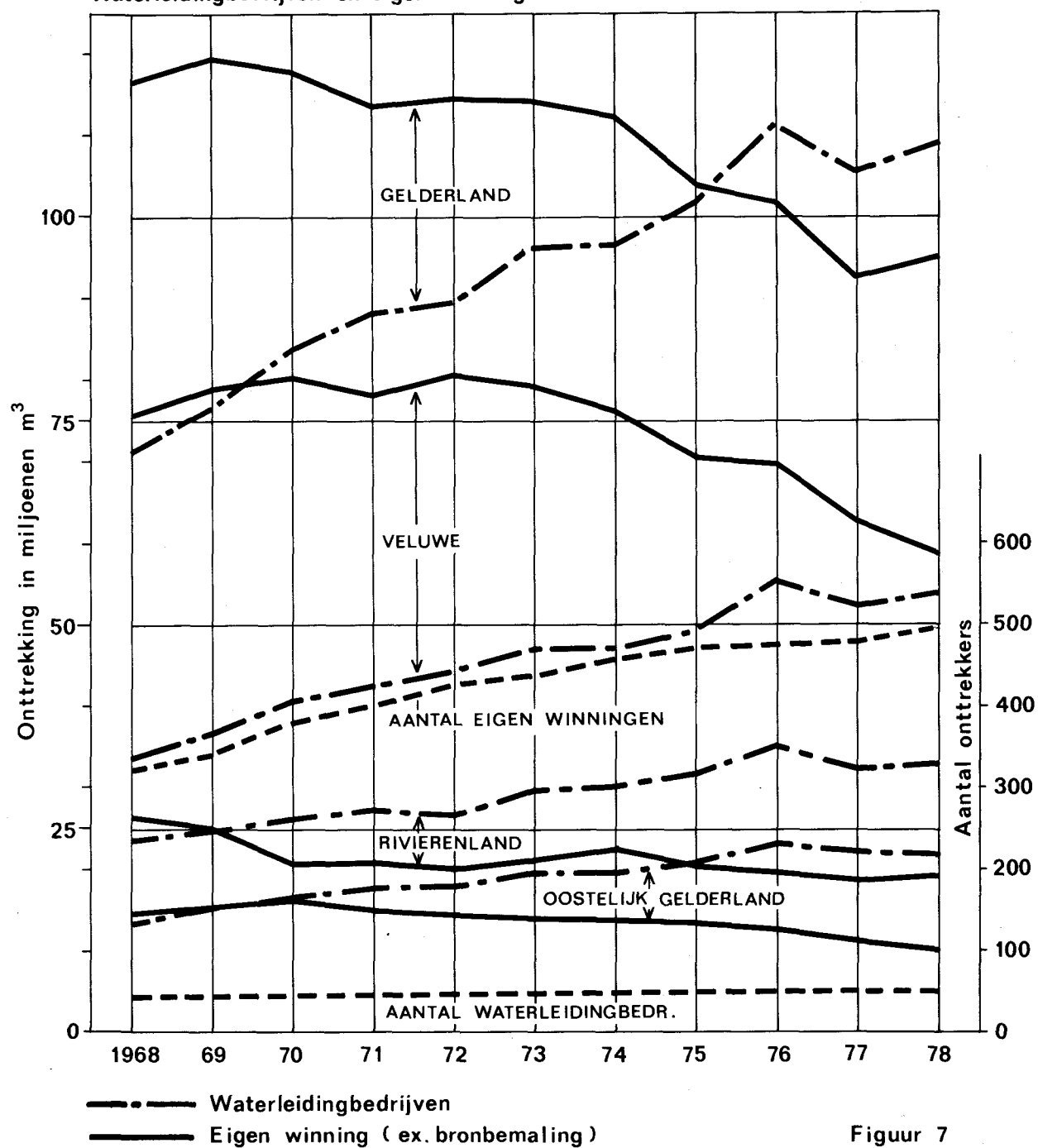
Van het leidingwater blijkt tot op heden ca. 13% onder grootverbruik te vallen. Indien hetzelfde percentage

ook voor de toekomst geldt, wordt de som van huishoudelijk en agrarisch verbruik volgens fig. 8 in het jaar 2000 = $0,87 \times 95 \times 1000 = 2257$ liter per hoofd per dag, terwijl het grootverbruik dan 35 liter per inwoner per dag wordt.

Uit figuur 7 blijkt, dat de particuliere grondwateronttrekking sinds 1970 in alle deelgebieden is afgenomen. Tal van redenen kunnen hiervan de oorzaak zijn, zoals invoering van zuiveringslasten, concentratie en modernisering van bedrijven, economische moeilijkheden etc. Een prognose van de toekomstige ontwikkeling is nauwelijks te geven. Vooralsnog wordt uitgegaan van een constant blijven van de hoeveelheden op het niveau van 1975.

Om meer overzicht te verkrijgen in de factoren, die het waterverbruik bepalen, werd dit verbruik nader geanalyseerd voor Oost-Gelderland met het oog op het integrale waterbeheer model voor dit proefgebied.

GRONDWATERONTTREKKING Waterleidingbedrijven en eigen winning



Figuur 7

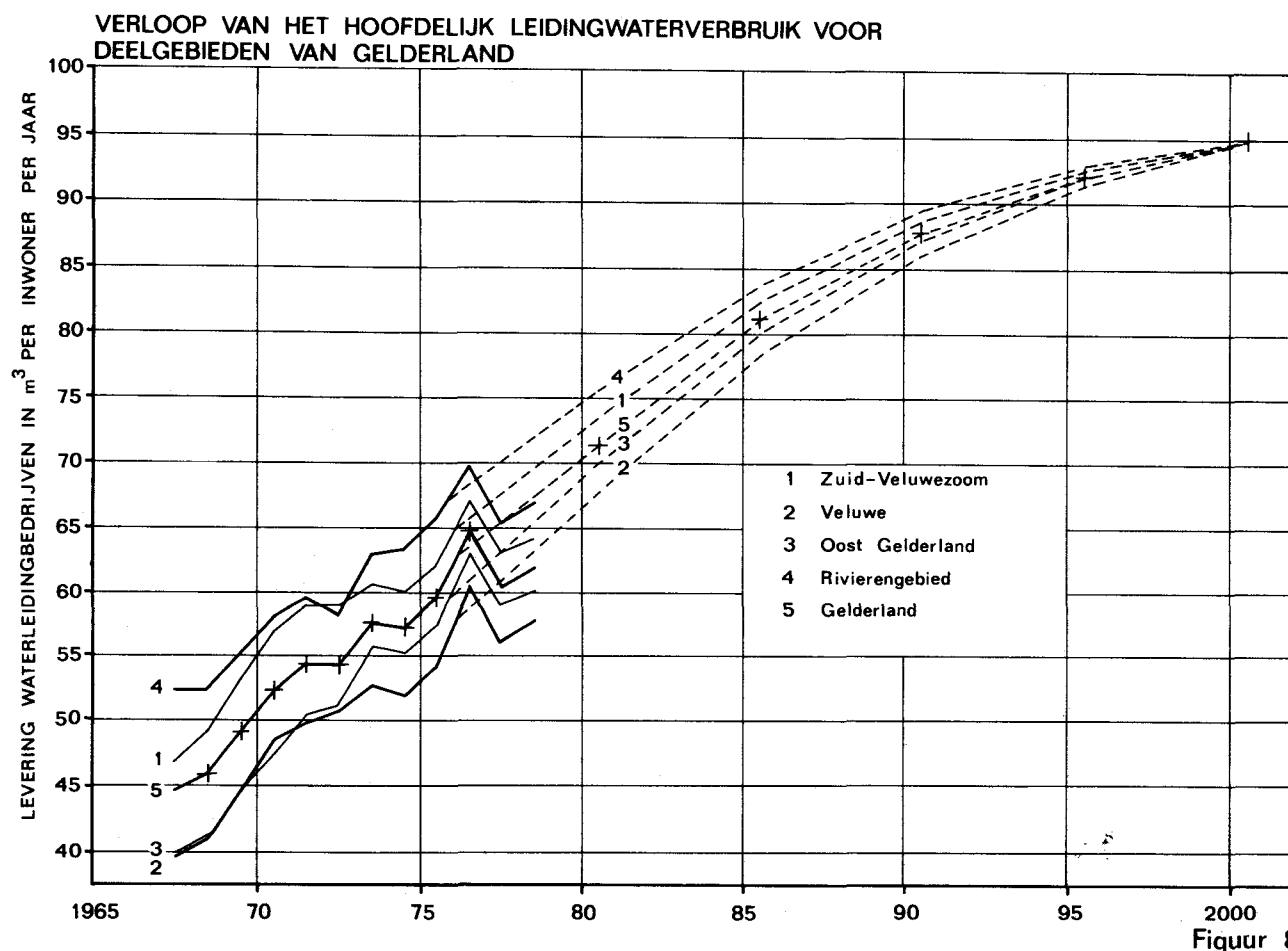
Tabel 8 Drink- en industriewateronttrekking grondwater in 1990 in milj. m³.

	totaal	particuliere onttrekking	water- leiding
Oost-Gelderland	56	14	42
Veluwe	137	67	70
Rivierengebied	68	20	48
Gelderland	261	101	160

Van het leidingwaterverbruik werd het grootverbruik afgesplitst, omdat dit hoofdzakelijk betrekking heeft op afname door bedrijven en het op commercieel en openbaar verbruik. Per gemeente in Oost-Gelderland werden op deze wijze gegevens over het huishoudelijk verbruik in de jaren 1965-1976 verkregen. Deze gegevens werden gebruikt als steekproef voor het vaststellen van de parameters van een zestal regressiemodellen, die onder de naam HUISIM worden behandeld in

bijlage 4. In deze modellen is het waterverbruik per persoon gedefinieerd als functie van de prijs, het bruto inkomen per hoofd, een trendfactor, die bijv. de stand van de techniek weergeeft of de veranderende mentaliteit van de bevolking, de gemiddelde gezinsgrootte, de urbanisatiegraad en een klimaatsfactor (temperatuur en zonneschijn).

De beste aanpassing aan de gegevens werd verkregen met de modellen HUISIM 1 en 6, waarin de invloed van de parameters lineair resp. logaritmisch-lineair werd beschreven. Van de onderzochte factoren bleken de waterprijs, het inkomen, de gezinsgrootte, het klimaat (zonneshijnduur) en de bemetering significant te zijn voor het verbruik. Met behulp van de uit de gegevens afgeleide parameterwaarden werd vervolgens een prognose opgesteld voor het verbruik in 1990. Hierbij werd de bevolkingsgroei op 1% per jaar gesteld. De urbanisatiegraad en de gezinsgrootte werden constant gehouden, terwijl gerekend werd met een mooie zomer (210 uren zonneschijn over mei tot september, d.w.z. een verwachting van eenmaal per 10 jaar).



Tabel 9 Prognose voor het huishoudelijk verbruik in Oost-Gelderland (exclusief Winterswijk) voor 1990, in milj. m³ per jaar (exclusief commercieel verbruik, exclusief lekverlies).

variabelen**		model 1 (lineair)			model 6 (log./lineair)		
prijs	inkomens groei	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
constant (1976)	5%*	19,8	23,8	27,7	16,6	23,5	33,3
	(1976) 4%	18,9	22,9	26,9	16,4	23,1	32,7
verhoogd 1976 + 20%	5%*	18,6	22,5	26,5	15,0	21,1	29,9
	1976 + 20% 4%	17,7	21,7	25,6	14,17	20,8	29,4

* overeenkomend met steekproefperiode 1965-1976.
** met inflatie correctie (reële prijzen en inkomens).

Tabel 9 geeft de minimale en de maximale prognose van het huishoudelijk verbruik voor 1990 voor twee prijsniveau's en 2 groeipercentages voor het inkomen per hoofd.

Het verschil tussen minimum en maximum prognose hangt samen met de gevonden spreiding in de grootte van de parameters. Deze is behalve aan het niet geheel passen van het aangenomen model te wijten aan onvolkomenheden in de toetsingsgegevens. Zo zal b.v. het percentage agrarisch kleinverbruik eenzelfde verhogend effect op het waterverbruik kunnen hebben als de urbanisatiegraad.

De eerder beschreven prognose komt voor het huishoudelijk verbruik op 36,5 miljoen m³ (tabel 8) 42 miljoen m³ min 5,5 miljoen m³ grootverbruik). Bij de prognose in tabel 9 moet ter vergelijking met tabel 8 nog worden opgeteld:

- a. een verbruik van ca. 2,5 miljoen m³ voor Winterswijk;
 - b. een levering van ca. 1,5 miljoen m³ aan Haaksbergen;
 - c. een commercieel en openbaar verbruik, dat gesteld kan worden op 2 miljoen m³ per jaar;
 - d. een bepaald lekverlies van 1 à 2 miljoen m³ per jaar.
- De dan verkregen maximum waarden komen vrij goed overeen met de eerder beschreven globale prognose. Bedacht moet worden dat de bij de laatste prognose toegepaste macro-economische „black-box” benadering noopt tot voorzichtigheid bij het gebruik van de resultaten.

6.2.3 Het waterverbruik door bedrijven

Voor het bepalen van de waterverbruiksbehoefte van

industriële bedrijven werd eveneens gebruik gemaakt van een regressiemodel, dat onder de naam AQU SIM is beschreven in bijlage 4.

Het model beschrijft het jaarlijks industrieel waterverbruik per bedrijfstak als functie van de prijs van het water, de waterherkomst (eigenwinning oppervlaktewater, eigen winning grondwater, leidingwater), de bruto-toegevoegde waarde tegen factorkosten (dus zonder belastingen), een trendfactor voor technologische vernieuwing, het doel waarvoor het water wordt gebruikt (koelwater of proceswater) en de afvalwaterheffing. Het model bestaat uit 8 submodellen, één voor elk van de 8 onderscheiden industrietakken. Ook voor dit model geldt, dat voorzichtigheid moet worden betracht bij gebruik voor prognoses.

Vanwege het geringe aantal industrievestigingen van bepaalde bedrijfstakken in Oost-Gelderland kon niet per gemeente worden gewerkt. De met plaatselijke gegevens verkregen uitkomsten werden vergeleken met de landelijke en deze stemden grotendeels overeen. Om een indruk te geven welke bedrijfstakken zijn beschouwd en om welke gegevens het gaat, is een overzicht van enkele gebruikte gegevens in de tabellen 10 en 11 opgenomen. Daar de winning van oppervlaktewater in Oost-Gelderland gering is, werd deze verwaarloosd.

De prijs van zelf gewonnen grondwater is niet bekend. Deze werd arbitrair op f 0,10 per m³ (1976) gesteld.

De resultaten van de modellen waren niet geheel bevredigend. Hoewel de rechtstreekse prijselasticiteiten (bijvoorbeeld prijs leidingwater vergeleken met verbruik van leidingwater) vrij hoog liggen (0,3 à 0,4), zijn ze statistisch niet significant. De invoering van de af-

Tabel 10 Splitsing in fracties van het industriële waterverbruik volgens herkomst en volgens functie in Gelderland.

Bedrijfstak	Splitsing volgens herkomst						Splitsing volgens functie			
	1967			1972			1967		1972	
	Eigen winning	Oppervlakte-water	Leiding-water	Eigen winning	Oppervlakte-water	Leiding-water	Koel-water	Ander verbruik	Koel-water	Ander verbruik
Voedings- en genotmiddelen	0,88	0,06	0,06	0,87	0,07	0,06	0,59	0,41	0,63	0,37
Textielindustrie	0,93	0,07	—	0,31	0,48	0,21	0,40	0,60	0,12	0,88
Leder, rubber	0,94	0,03	0,03	0,93	0,03	0,04	0,88	0,12	0,90	0,10
Papierindustrie	0,54	0,46	—	0,52	0,48	—	0,50	0,50	0,50	0,50
Chemische Industrie	0,26	0,03	0,71	0,46	0,51	0,03	0,18	0,82	0,74	0,26
Bouwmaterialen-industrie	0,90	0,03	0,07	1,00	—	—	0,29	0,71	0,22	0,78
Metaalindustrie	0,72	0,03	0,25	0,59	0,15	0,26	0,40	0,60	0,51	0,49
Overige industrie	0,62	0,06	0,32	0,25	—	0,75	0,13	0,87	0,20	0,80

Bron: Maandstatistiek van de Industrie, Centraal Bureau voor de Statistiek, sept. 1974, blz. 615-636 en aug. 1969, blz. 504-508.

Tabel 11 Aantal industriële bedrijven met meer dan 100 werknemers en/of met meer dan 100.000 m³ eigen gewonnen grondwater in 1976 in Oost-Gelderland.

Bedrijfstak	Aantal werknemers									
	500 en meer		200-500		100-200		50-100		20-50	
	Aantal bedrijven	Eigen winning*	Aantal bedrijven	Eigen winning*	Aantal bedrijven	Eigen winning*	Aantal bedrijven	Eigen winning*	Aantal bedrijven	Eigen winning*
Voedings- en genotmiddelen	2	373	2	294	8	189	3	271	5	233
Textielindustrie	0	—	1	0	4	0	0	—	0	—
Leder, rubber	1	700	0	—	3	3	0	—	0	—
Papierindustrie	0	—	1	0	5	231	0	—	0	—
Chemische Industrie	0	—	0	—	2	292	0	—	0	—
Bouwmaterialen-industrie	0	—	1	64	2	5	1	158	0	—
Metaalindustrie	1	150	11	118	8	1	0	—	0	—
Overige industrie	1	0	7	5	13	0	0	—	0	—

Bron: Industriële bedrijven in Gelderland met 10 en meer arbeidskrachten, Economisch-Technologisch Instituut voor Gelderland, 1976.

* Eigen winning grondwater, gemiddeld per bedrijf (in 1.000 m³).

6.3 Berekening van de gevolgen van de grondwateronttrekking

valwaterheffing bleek weinig effect op het waterverbruik (aantal m³) te hebben gehad. De trendfactor wijst op een ontwikkeling naar een lager specifiek waterverbruik (dus bezuiniging) in de takken voedings- en genotmiddelen, textiel en chemie en een toeneming van het specifiek waterverbruik in de metaalindustrie. Het specifieke waterverbruik is het waterverbruik in guldens per gulden bruto toegevoegde waarde tegen factorkosten van het industriële product. In de chemische industrie blijkt produktietoeneming indirect te leiden tot waterbesparing. Gebleken is dat de bedrijven steeds meer overgaan tot leidingwater in plaats van eigen gewonnen grondwater. Volgens het model wordt dit verklaard door het achterblijven van de leidingwaterprijs op de inflatie. Kleinverbruik voor alle takken (circa 90%) en koelwaterverbruik vormen per bedrijfstak een tamelijk vast percentage van het totale verbruik.

Uitgaande van de huidige verdeling van de industrievestigingen over de gemeenten is voor 1990 een prognose van het waterverbruik opgesteld (tabel 12). Hierbij zijn twee groeimogelijkheden voor de produktie aangenomen en wel;

- a. een jaarlijkse groei gelijk aan die in de periode 1967-1976;
- b. vermindering in groei vergeleken met 1967-1976 gelijk aan de vermindering in groei van de beroepsbevolking voor de komende jaren.

In de vorige paragraaf bleek, dat de waterwinning in Oost-Gelderland vrijwel geheel uit grondwater geschiedt. Ter bepaling van de invloed van de grondwateronttrekking werd voor de Achterhoek een aantal situaties doorgerekend met het model GELGAM. De berekeningen hadden betrekking op de klimatologische toestand van de jaren 1971-'73. Gerekend werd met de volgende situaties:

- met de onttrekking zoals deze in 1971-'73 heeft plaatsgevonden (huidige toestand);
- zonder grondwateronttrekking (uitgangssituatie);
- met een grondwateronttrekking zoals die voor het jaar 1990 volgt uit het 10-jarenplan van de VEWIN. Hierbij werd de winning door de industrie op het peil 1971-'73' gehouden;
- idem, doch met berekening van 50% van het landbouwareaal.

De huidige toestand werd gebruikt om het model te toetsen. Aangezien de tijd ontbrak om het model voldoende nauwkeurig te ijken, moet enige voorzichtigheid worden betracht bij het trekken van conclusies op grond van de verkregen resultaten.

In figuur 9 is de grondwaterstandsverlaging onder klimatologische omstandigheden als van 17 september 1971 gegeven als gevolg van de voorgenomen onttrekkingen in 1990 volgens het 10-jarenplan VEWIN (1978) ten opzichte van de uitgangssituatie (dus de

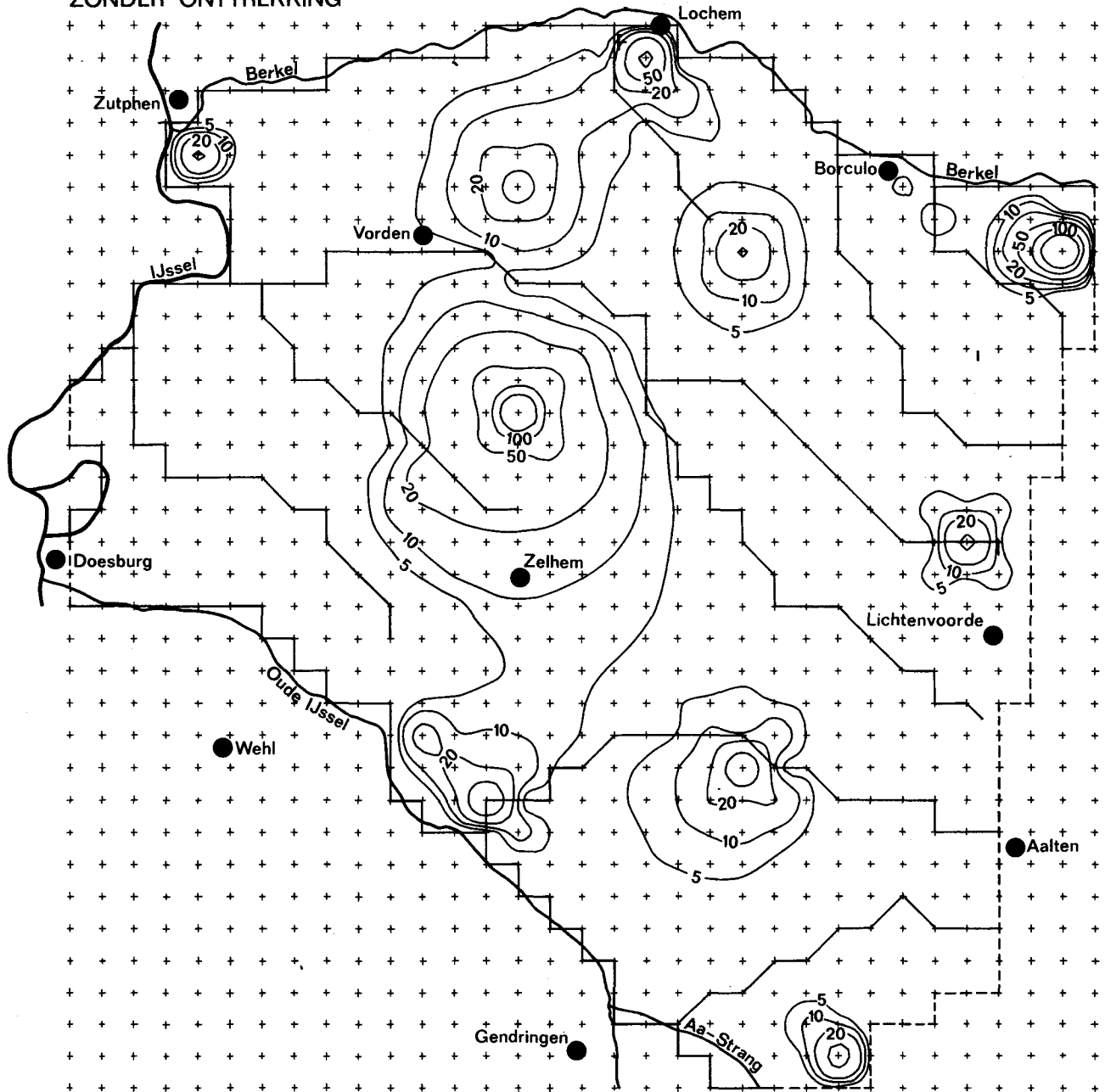
Tabel 12 Prognose van het waterverbruik door de industrie in Oost-Gelderland voor 1990 in milj. m³ per jaar.

	prijzen in guldens (prijspeil 1970)		gemiddelde prognose m ³ x 10 ⁶		
	leiding- water per m ³	eigen winning per m ³	eigen winning	leiding- water	totaal
a. groei als 1967-1976	0,56	0,08	19,8	3,0	22,8
b. vertraagde groei	0,56	0,08	20,4	3,0	23,4
	0,56	0,10	15,0	3,3	18,3
	0,56	0,08	–	–	–
	0,64	0,08	19,8	2,7	22,5

Bij vergelijking met de in tabel 8 gegeven prognose moet worden bedacht dat 5,5 miljoen m³ (13%) van het waterleidingverbruik aan de bedrijven als grootverbruik moet worden toegerekend, zodat de industrieprognose daar op 19,5 miljoen m³ per jaar komt.

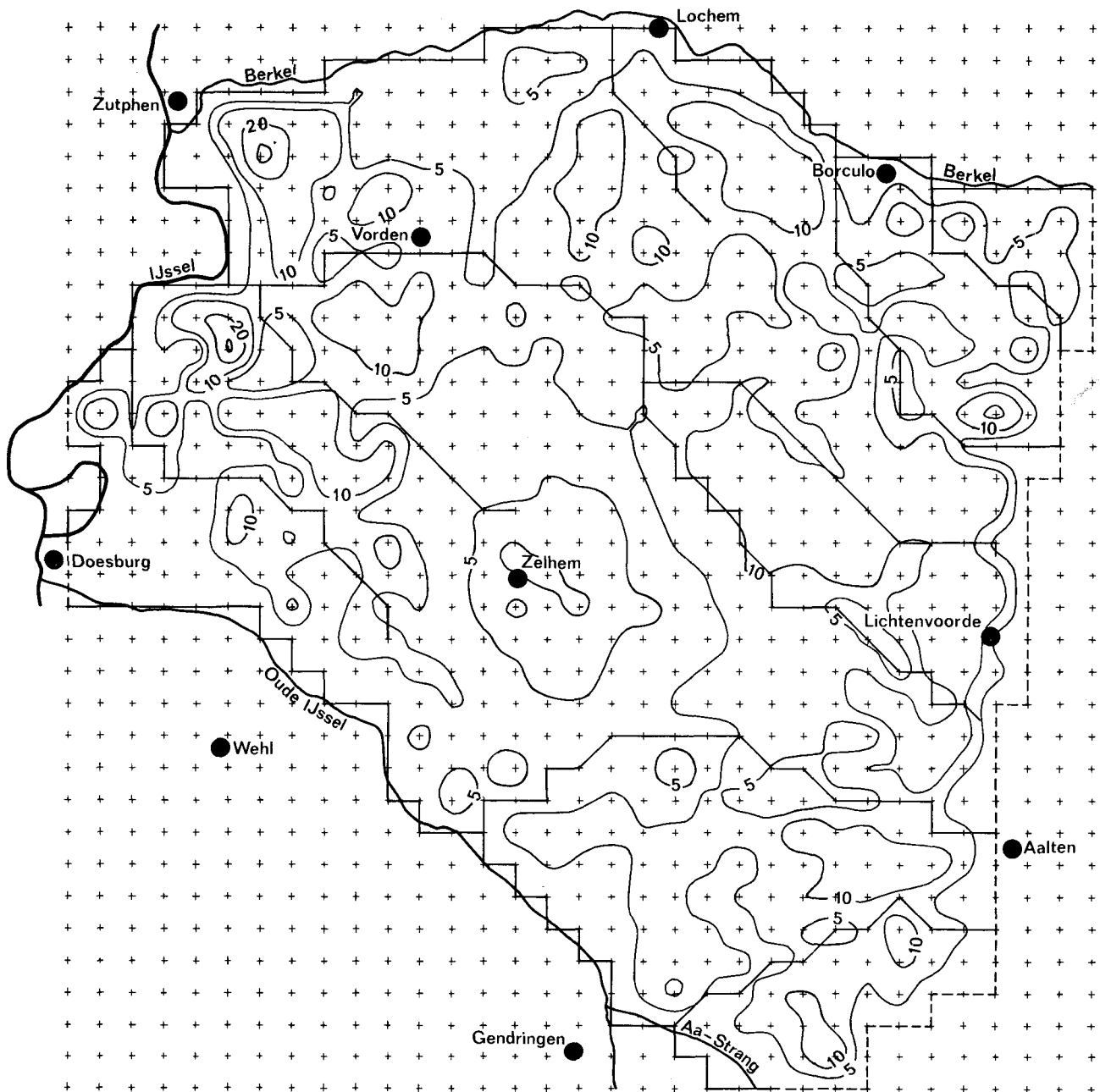
toestand zonder onttrekking). De grondwateronttrekking volgens het 10-jarenplan bedraagt 42 miljoen m³ door waterleidingbedrijven en 14 miljoen m³ door particuliere onttrekkers.

GRONDWATERSTANDVERLAGING IN CM ALS GEVOLG VAN DE ONTTREKKING IN 1990
VOLGENS HET TIENJARENPLAN VEWIN ONDER KLIMATOLOGISCHE
OMSTANDIGHEDEN ALS OP 27 SEPTEMBER 1971 t.o.v. DE UITGANGSSITUATIE
ZONDER ONTTREKKING



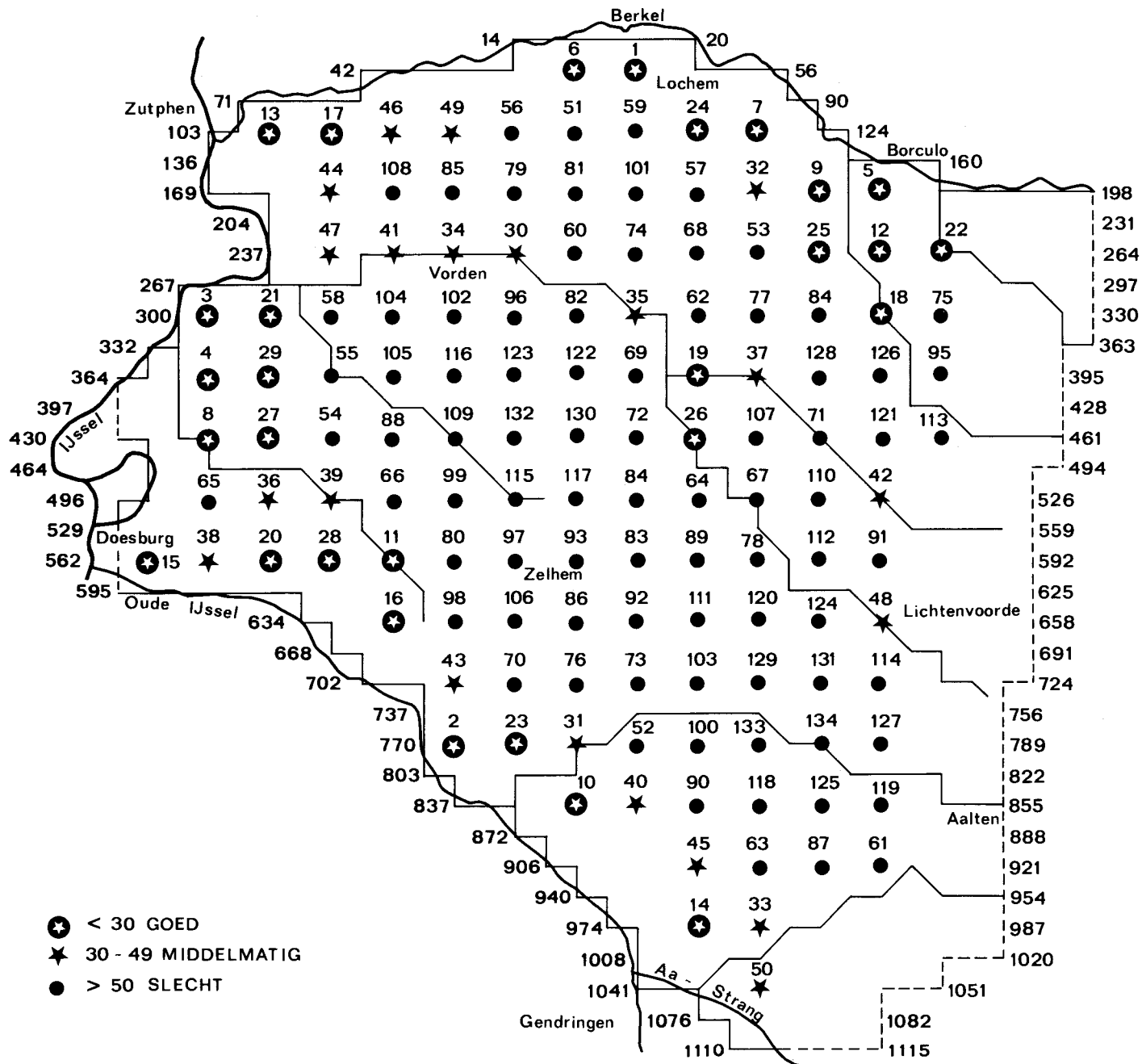
Figuur 9

DE EXTRA GRONDWATERSTANDVERLAGING IN CM ALS GEVOLG
VAN BEREKENING UIT GRONDWATER ONDER KLIMATOLOGISCHE
OMSTANDIGHEDEN ALS OP 27 SEPTEMBER 1971



Figuur 10

RANGORDE MET BETREKKING TOT LANDBOUWSCHADE VAN 134 ALTERNATIEVE WATERWINPLAATSEN



Figuur 11

In fig. 10 is voor dezelfde klimatologische toestand de extra grondwaterstandsverlaging gegeven als gevolg van de berekening uit het grondwater.

Over de periode 30 april t.m. 17 september en over de gehele modeloppervlakte gerekend bedroeg de hypothetische grondwateronttrekking voor drinkwater 15 mm, en voor berekening 34 mm. Voor hetzelfde gebied werd met het model GELGAM nagegaan wat de beste onttrekkingslokaties zijn voor grondwater. Hiertoe werd een pompstation met een capaciteit van 4 miljoen m³ per jaar achtereenvolgens op een groot aantal knooppunten van het geografische 1 km x 1 km net geprojecteerd. Voor een groeiseizoen als in 1973 werden voor 134 knooppunten van dit net de gevolgen van dit „wandele pompstation” voor de grondwaterstand en de relatieve verdamping berekend ten opzichte van de situatie zonder onttrekking. Op basis van de reductie in relatieve verdamping, die een maat is voor de te verwachten landbouwschade, is voor de beschouwde lokaties een rangorde opgesteld, waarbij werd aangehouden dat deze hoger is, naarmate de

berekende landbouwschade groter was. In figuur 11 is de gevonden rangorde weergegeven. Deze informatie is onder andere gebruikt in het integrale waterbeheer model voor het proefgebied Oost-Gelderland.

6.4 Samenvatting

In Gelderland wordt door de waterleidingbedrijven uitsluitend en door particulieren vrijwel uitsluitend grondwater gewonnen. Het koelwaterverbruik der electriciteitsbedrijven, dat grotendeels aan de grote rivieren wordt onttrokken, blijft hierbij buiten beschouwing.

Behalve voor de watervoorziening is het grondwater van belang voor de landbouw en voor spontane vegetaties. Het is daarom noodzakelijk om de gevolgen van grondwateronttrekking te kunnen berekenen. Hiertoe is het model GELGAM ontwikkeld. Het model is toegepast in een aantal gebieden in Gelderland. Enkele rekenvoorbeelden voor Oost-Gelderland zijn gepresenteerd.



Ratumse beek



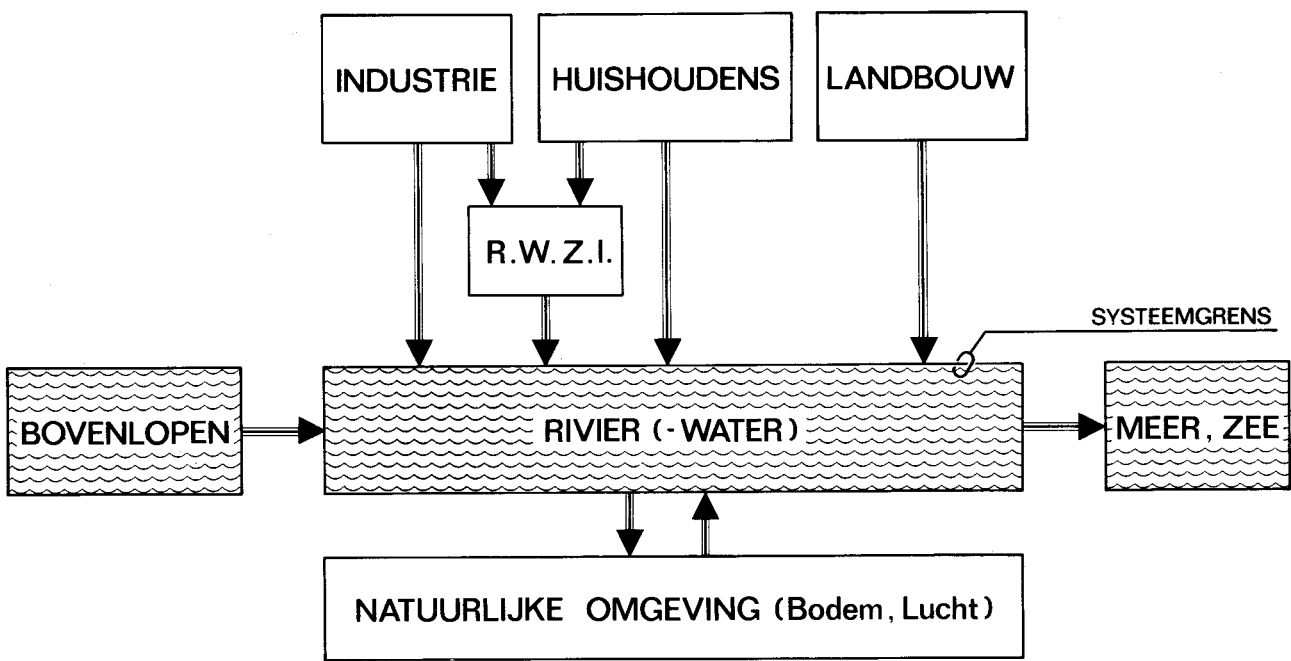
7 WATERKWALITEITSBEHEER

7.1 Inleiding

Het doel van het subsysteem waterkwaliteitsbeheer is een optimale beheersing en bescherming van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater ten behoeve van alle belangen, die betrokken zijn bij het water. Dit geschiedt door zuiveringstechnische, bodembeschermende en vervuilingsbeperkende maatregelen. Het opstellen van kwaliteitsnormen in relatie tot de functie van het water is hierbij een belangrijk hulpmiddel. Gezien de verschillende eisen, die door diverse gebruikers en door het ecosysteem aan de waterkwaliteit worden gesteld, is hierbij een keuzevraagstuk aan de orde. Optimalisatie is daarom afhankelijk van het gewicht van de eisen, die vanuit het ecosysteem, de menselijke gezondheid, de economie, de esthetica enz. worden gesteld.

Optimalisatie binnen het onderzoeksgebied is mede afhankelijk van de toestand van de waterkwaliteit buiten dat gebied. In Gelderland zal men b.v. rekening moeten houden met de waterkwaliteit van de grote rivieren en de eisen, die ten aanzien van ontvangende wateren zoals de Veluwe-randmeren worden gesteld. (zie figuur 12).

In dit hoofdstuk komen vooral de zuurstofhuishouding van beken en kleine rivieren, het probleem van de voedingsstoffen in het water en de bedreiging van de kwaliteit van het grondwater ter sprake. De relatie met het kwaliteitsbeheer wordt besproken.



R.W.Z.I. : RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE

SCHEMATISCH BEELD VAN HET WATERKWALITEITSSYSTEEM

Figuur 12

7.2 Het model voor de zuurstofhuishouding

7.2.1 Opzet van het model

Bij de constructie van een waterkwaliteitsmodel treft men een aantal problemen aan, die zich bij het opstellen van een kwanteitsmodel in veel mindere mate voordoen. Het begrip „waterkwaliteit” is n.l. moeilijker te definiëren dan „waterkwantiteit”. De kwaliteit wordt door verschillende kenmerken gekarakteriseerd, terwijl aan elk kenmerk, afhankelijk van de bestemming van het water, een ander gewicht moet worden toegekend. Een model voor de waterkwaliteit heeft daarom als „output” vele variabelen, terwijl er bij een grondwaterstandsmodel maar enkele zijn: de grondwaterstand, de verdamping of de afvoer. Een verdere complicatie bij de modellering vormt het grote aantal fysische en bio-chemische processen, waaraan de systeemcomponenten zijn onderworpen en waarop vele milieufactoren invloed uitoefenen. Uit praktische overwegingen is het niet zinvol te streven naar een model, dat op alle mogelijke systemen en situaties betrekking heeft. Daarbij zou een ondoenlijke hoeveelheid fundamenteel onderzoek moeten worden verricht, terwijl het resulterende model bij de mathematische oplossing vrijwel onoverkomelijke moeilijkheden zou opleveren en aanleiding zou geven tot te lange rekentijden.

Het is beter een flexibel model op te stellen, dat door middel van ijking kan worden aangepast aan het bestudeerde systeem. Deze werkwijze is toegepast bij het opstellen van het waterkwaliteitsmodel GELQAM.

Met GELQAM kan het zuurstofgehalte van oppervlaktewater worden berekend, mede in afhankelijkheid van geloosde (afval)stoffen die op de zuurstofhuishouding invloed uitoefenen. Er kan mee worden bepaald welke grenzen aan de lozingshoeveelheid moeten worden gesteld met het oog op ongewenste zuurstofconcentraties. Dit gegeven kan bij de beleidsanalyse worden gebruikt om de kosten te bepalen van zuiveringsmaatregelen.

De keuze van zuurstof (O_2) als voornaamste kenmerk ligt voor de hand. De levensomstandigheden van de meeste waterorganismen worden in belangrijke mate door zuurstof bepaald. Bovendien heeft O_2 indirect invloed op vele bio-chemische processen en is het een nuttige indicator voor de algemene „gezondheidstoestand” van het water. Het is niet de enige kwaliteitsbepalende factor. Maar sommige andere componenten, zoals algen en BOD, (bio-chemisch zuurstofverbruik,

een maat voor de verontreiniging) komen dus „van-zelf” in een zuurstofmodel terecht. Bepaalde gifstoffen manifesteren zich niet via de zuurstofhuishouding, maar kunnen wel een funeste invloed uitoefenen. De stelling is te verdedigen, dat deze stoffen niet in het milieu thuishoren. Daarmee vervalt de noodzaak tot modelleren, omdat de toepassing van modellen nu eenmaal een zekere speelruimte veronderstelt, in het bijzonder bij het vinden van een balans tussen kosten van zuivering en het voordeel van een goede kwaliteit. Onderzoek naar de schadelijkheid van gifstoffen is overigens van groot belang.

De structuur van het model is tot stand gekomen via een herhaalde opeenvolging van gegevensverzameling en modelaanpassing. De volgende processen zijn in rekening gebracht. Het fytoplankton (algen) voert onder invloed van licht en voedingsstoffen (nutriënten) via het fotosyntheseproces zuurstof aan het water toe. Het algengehalte wordt uitgedrukt als concentratie van chlorofyl-a.

De zuurstof wordt verbruikt voor de afbraak van organische vuilstoffen, waarvan de concentratie wordt gemeten als koolstof-BOD. Daarnaast wordt zuurstof opgenomen voor de oxydatie van ammoniak, waarbij de hoeveelheid oxydeerbare stikstof wordt gemeten als stikstof-BOD. Bij de ademhaling (respiratie), verbruiken algen de gehele dag zuurstof; dit proces manifesteert zich echter vooral 's nachts. Reaeratie en deaeratie voeren zuurstof toe of af, al naar gelang het O_2 -gehalte onder of boven de verzadigingsconcentratie ligt. Behalve door bio-chemische oxydatie kan de BOD ook afnemen door sedimentatie van vuilstoffen. Algen kunnen verdwijnen door afsterven, waaronder ook de consumptie van algen door dierlijke micro-organismen valt.

Van de nutriënten die door algen worden opgenomen is het fosfaat de meest interessante, omdat fosfaat het gemakkelijkst via zuiveringsmaatregelen tot een zodanig lage concentratie kan worden teruggedrongen, dat de groei van algen wordt beperkt.

De lichtuitdoving is afhankelijk van de diepte, de waternvervuiling en het algengehalte.

Alle concentraties worden beïnvloed door de optredende menging in lengterichting en in dwarsrichting, de zogenaamde dispersie. Aangenomen wordt dat de menging in de dwarsdoorsnede volledig is, hoewel dat niet in alle omstandigheden het geval blijkt te zijn.

Waterbeheersingsmaatregelen hebben invloed op de waterdiepte en de stroomsnelheid en daarmee op factoren die een belangrijke rol spelen bij de waterkwaliteit. De diepte is mede bepalend voor de gemiddelde lichtintensiteit en de stroomsnelheid bepaalt de verblijftijd en daarmee de totale algen biomassa, die uiteindelijk zal ontstaan. Verder bepaalt de stroomsnelheid de dispersie en de reaeratie. Via waterdiepte en stroomsnelheid moet GELQAM gekoppeld worden aan het kwantiteitsmodel.

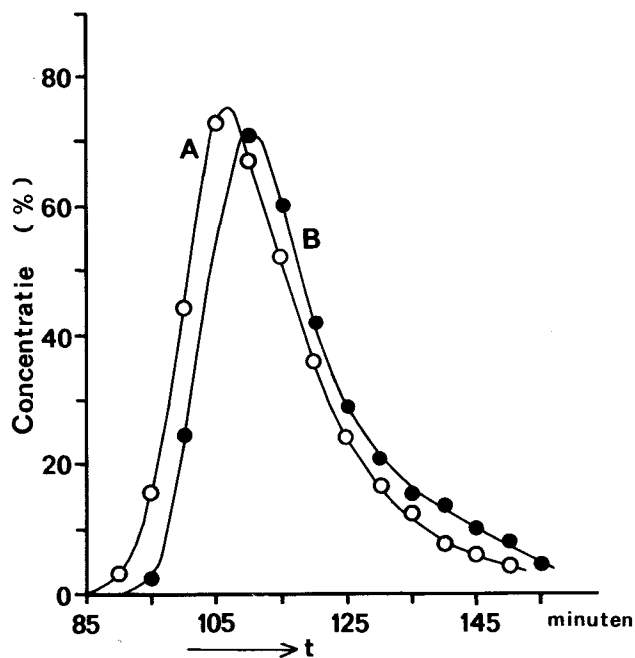
Het transport van een stof wordt in het model voorgesteld als meevoering in een reeks elkaar opvolgende watermassa's (proppen), waartussen uitwisseling van de stof (dispersie) plaatsvindt. Daarnaast geeft de massabalans de veranderingen weer tengevolge van fysische en bio-chemische omzettingen.

Alle bovengenoemde processen zijn in het wiskundige model opgenomen. De oplossing, bestaande uit de concentraties als functie van plaats en tijd, kan worden gevonden als alle ingangsgrootheden, beginvoorwaarden en randvoorwaarden bekend zijn. Ingangsgrootheden zijn invloeden uit de omgeving, zoals licht en stroomsnelheid, en de parameters van het systeem, zoals de snelheidscoëfficiënt voor de algengroei. Beginvoorwaarden gelden op het begintijdstip in het gehele pand, randvoorwaarden op alle volgende tijdstippen aan begin en eind van het pand.

Enige opmerkingen m.b.t. de toepassing van het model zijn hier op hun plaats. Als gevolg van het gebruik van zogenaamde „overall-variabelen”, die een hele serie systeemcomponenten onder één noemer brengen, zijn de modelparameters niet voor alle omstandigheden gelijk. De BOD bijvoorbeeld omvat alle aanwezige biochemisch afbreekbare bestanddelen, waardoor de snelheidsconstante voor de BOD-verwijdering varieert met de afbreekbaarheid van de stoffen, die toevallig in het water voorkomen. Iets dergelijks doet zich voor bij de snelheidsconstante voor de toename van chlorofyl-a. Doordat de ene algensoort bij een even groot chlorofylgehalte sneller groeit dan de andere, varieert de snelheid van chlorofyltoename met de soortensamenstelling van de algenpopulatie.

De parameterwaarden die in het onderzoek zijn verzameld, hebben betrekking op diverse beken in de Achterhoek. Voor een nog niet onderzochte waterloop zijn deze gegevens goed te gebruiken bij berekeningen met een oriënterend karakter, maar voor exactere berekening moet het model „geijkt” worden. Hierbij kan met veel voordeel gebruik worden gemaakt van de ervaringen, die bij de parameterschattingen in Oost-Gelderland zijn opgedaan.

Bij het afleiden van de getalgrootten van de parameters uit meetgegevens is het een gunstige omstandigheid als de invloed van de dispersie in de rivier kan worden verwaarloosd. Om dat te beoordelen moet de dispersiecoëfficiënt eerst worden gemeten. Dit gebeurt door de registratie van de concentratieverandering van een geïnjecteerde merkstof; een voorbeeld van een dergelijke meting geeft figuur 13. Indien uit de analyse volgt, dat de dispersie verwaarloosd kan worden, kan een meetprogramma worden opgesteld voor de verzameling van meetgegevens in een gefixeerd volume water, dat zich met de stroom mee beweegt. Zo'n volume-element wordt een „prop” genoemd.



Concentratie - verloop van fluoresceïne bij een dispersiemeting in de Groenlose Slinge

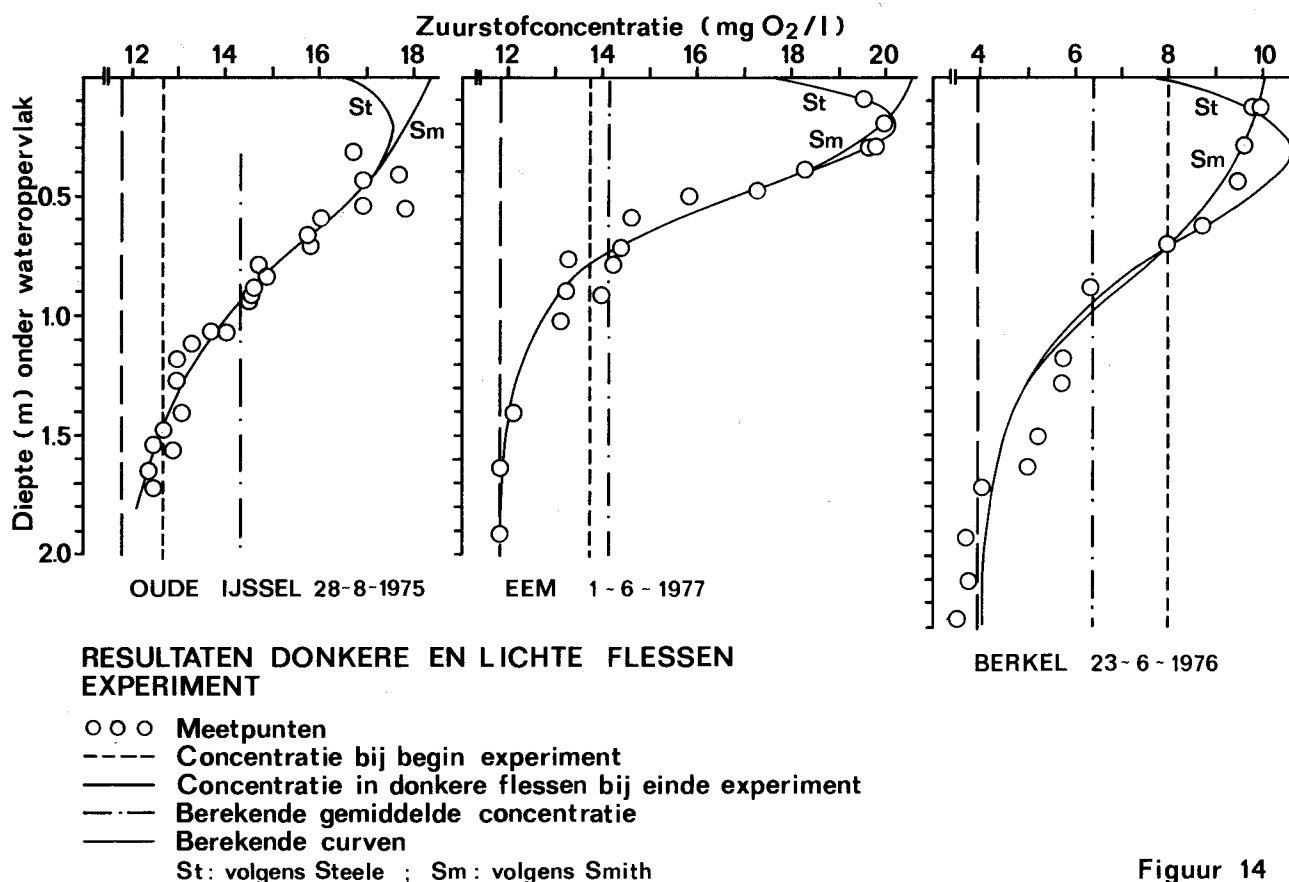
**A : gemeten in het midden v/d beek
B : gemeten op een kwart v/d breedte**

Afstand tot injectiepunt : 330 m

Tijdstip van injectie : $t = 0$

Stroomsnelheid = $0,05 \text{ m.s}^{-1}$

Figuur 13



Figuur 14

Gemeten worden O₂, koolstof-BOD, stikstof-BOD, chlorofyl-a en orthofosfaat. Het gunstigst is als er omstandigheden gekozen kunnen worden waarbij maar één proces betrokken is en dus maar één of enkele parameters van invloed zijn op de concentratieveranderingen. Dat is echter vrijwel nooit het geval. Wel kan worden geprobeerd omstandigheden te creëren of te zoeken waarin zo weinig mogelijk parameters een rol spelen. Meting bij verwaarloosbare dispersie is daar al één voorbeeld van, andere voorbeelden zijn flessenexperimenten, waarmee de O₂-productie door algen wordt bepaald en de meting van de BOD-afbraakconstante in een sterk vervuilde rivier. In het laatste geval overheerst volledig de BOD-reactie, temeer omdat door de lichtabsorptie in het vuile water de fotosynthese wordt onderdrukt. In figuur 14 wordt het resultaat gegeven van een flessenexperiment.

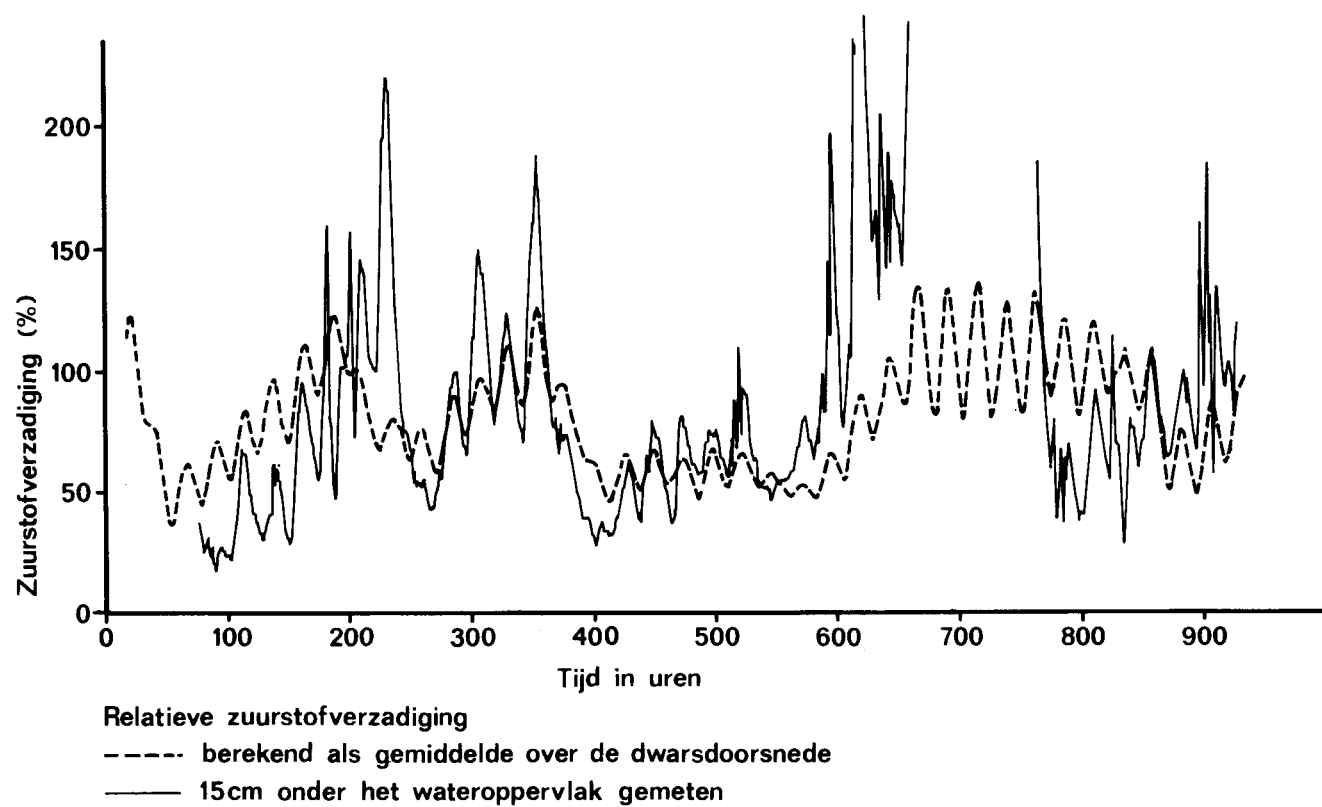
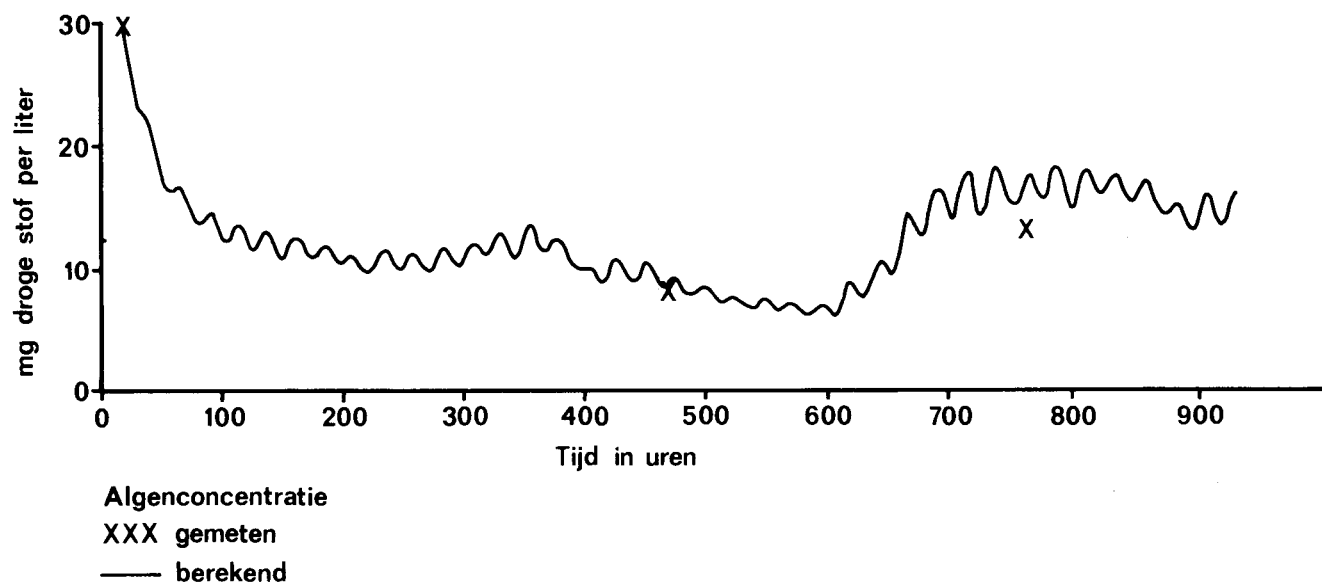
Niet alle parameters kunnen op deze wijze worden bepaald. De ontbrekende waarden worden gehaald uit de resultaten van de metingen in de bewegende propen. De toegepaste werkwijzen zijn in het basisrapport uitvoerig beschreven.

Teneinde een schatting van de nauwkeurigheid van het model te maken, zijn voor de Berkel gemeten en berekende waarden voor het algen- en zuurstofgehalte met elkaar vergeleken. Met het oog op deze modelverificatie werden omvangrijke bemonsteringscampagnes uitgevoerd.

De parameters werden bepaald uit de resultaten van een serie metingen in een bepaalde periode en gebruikt voor berekeningen in een heel ander tijdvak. Het enige probleem was, dat naar alle waarschijnlijkheid de zoöplanktonconcentratie in de vergelijkingsperiode aanzienlijk kleiner was dan ten tijde van de parameterbepaling; daarom werd een kleinere sterftecoëfficiënt van de algen aangehouden.

De berekeningen werden vergeleken met enkele gemeten algenconcentraties en een continue zuurstofregistratie, beide aan het einde van het riviertraject (figuur 15). Bij de beoordeling moet men zich realiseren, dat de zuurstofelektrode zich op 21 cm onder het wateroppervlak bevond. In de bovenste „water-laag” kunnen de fluctuaties en de dagelijkse gemiddelden van het zuurstofgehalte groter zijn dan in de rest van de doorsnede. De uitkomsten van deze toets zijn zeer redelijk. Een schatting van de nauwkeurigheid in de berekende concentraties, aangegeven als één getal, komt uit op ca. 25%.

RESULTATEN MODELTOETSING BERKEL
BOVENSTROOMS VAN STUW "BEEKVLIET", 11 MEI—18 JUNI 1976



Figuur 15



Figur 16

7.2.2 Voorbeelden van toepassing van het model

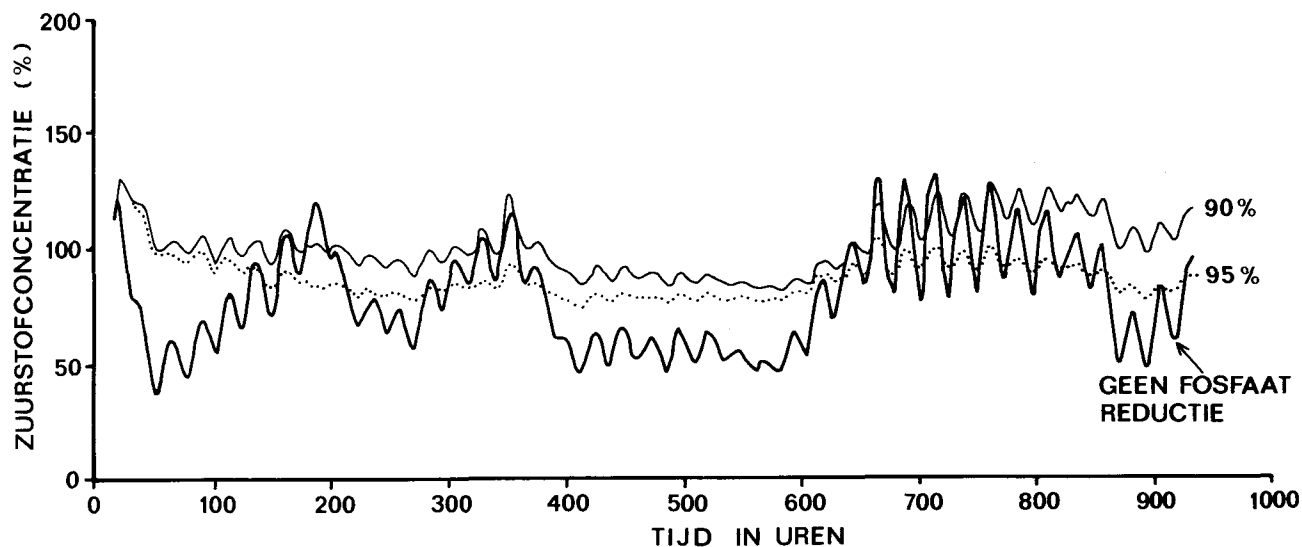
Voor de Berkel werd berekend welke extreme waarden het algen- en het zuurstofgehalte zouden bereiken, waar en wanneer deze extremen zouden optreden en welke veranderingen zich zouden voordoen wanneer de fosfaat- en BOD-lozingen worden teruggedrongen of het stromingsregiem wordt gewijzigd. We beperken ons tot het traject stuw „Stokkersbrug” – stuw „Beekvliet”, omdat daarvan de parameters redelijk goed bekend zijn (zie figuur 16).

De lozingen op de Berkel, die voor genoemd beekpand het belangrijkste zijn, zijn bovenstrooms van het beschouwde traject gesitueerd. Inleidende berekeningen hebben aangetoond, dat maatregelen langs het beschouwde deel van de beek zinloos zijn als niet tegelijkertijd ongeveer dezelfde maatregelen bovenstrooms worden genomen. Door het ontbreken van betrouwbare lozingsgegevens kan het effect van deze bovenstroomse maatregelen op de BOD-, fosfaat- en algengehalten niet exact worden berekend. Terwille van het voorbeeld kan daarom het beste worden aangenomen, dat de bovenstroomse maatregelen vaste reducties van de concentraties bij Stokkerbrug veroorzaken.

De fosfaataanvoer aan de bovenstroomse zijde van het traject en de fosfaatlozingen op het traject zelf worden achtereenvolgens met 90, 92, 95 en 99% verminderd. Tevens wordt de BOD-toevoer steeds met 90% verminderd. Een verlaging van de BOD is representatief voor de situatie, die na sanering van de lozing van Eibergen zal ontstaan. We werken verder met de veronderstelling, dat de genoemde zuiveringsmaatregelen tot gevolg hebben, dat het algengehalte bij stuw „Stokkersbrug” onveranderlijk 10% van het oorspronkelijke gehalte bedraagt.

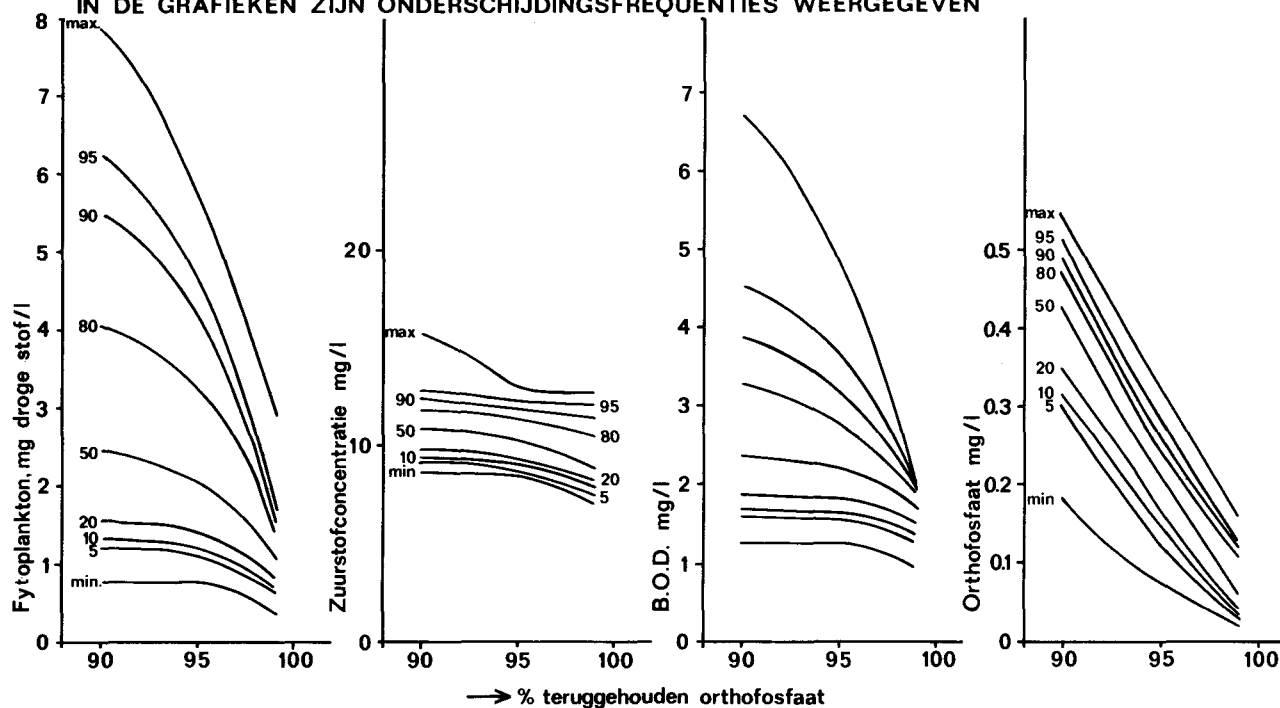
De effecten van de maatregelen op het algen- en het zuurstofgehalte aan het eind van het traject zijn weer gegeven in figuur 17. Hiermee wordt echter nog geen goed inzicht verkregen in de veranderingen in het traject als geheel. Figuur 18 geeft de frequentieverdelingen weer van het algengehalte en de zuurstofconcentratie in het gehele beekpand en gedurende de gehele gesimuleerde periode, zulks in samenhang met de mate van fosfaatverwijdering. Er kan bijvoorbeeld afgelezen worden, dat de algenconcentratie in meer dan 90% van de gevallen kleiner dan 5 mg droge stof zal zijn, indien de totale fosfaatbelasting met 93% wordt verminderd en de totale BOD-lozing met 90%.

**BEREKENDE ZUURSTOFCONCENTRATIE IN DE BERKEL, BOVEN STUW "BEEKVLIET" VOOR DE PERIODE VAN 11 MEI TOT 18 JUNI 1976.
EFFECT VAN DE VERMINDERING VAN DE FOSFAATLOZINGEN MET 90% EN 95% GECOMBINEERD MET EEN VERMINDERING VAN DE BOD - LOZINGEN MET 90% EN DE ALGENTOEVOER MET 90%**



Figuur 17

EFFECT VAN DE VERMINDERING VAN DE FOSFAATLOZINGEN OP DE ALGEN-, FOSFAAT-,
BOD- EN ZUURSTOFCONCENTRATIES IN DE BERKEL, TRAJECT STUW "STOKKERSBRUG"-
STUW "BEEKVLIET", BEREKEND VOOR DE PERIODE 11MEI-18 JUNI 1976
IN DE GRAFIEKEN ZIJN ONDERSCHIJDSFREQUENTIES WEERGEGEVEN



Figuur 18

Ter ondersteuning van het gebruik van het model in de praktijk is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Deze geeft uitsluitsel over de vraag welke parameters met de meeste nauwkeurigheid moeten worden bepaald. Een en ander wordt behandeld in hoofdstuk 10, modellen en hun gegevens.

7.2.3 Conclusies voor het waterbeheer

Met de tegenwoordig gebruikelijke tweetrapszuivering wordt bereikt, dat de bio-chemische oxydatie van geloosde afvalstoffen nog slechts een beperkte aanslag pleegt op de beschikbare zuurstof. Desondanks treedt nog een geduchte verstoring in de zuurstofhuishouding op, nu echter tengevolge van de ontwikkeling van *algen en planten*.

De landschappelijk fraaiste beken hebben door hun geringe diepte het meest te lijden van de eutrofiëring, doordat het licht de bodem goed kan bereiken. Planten en *sessiele* algen komen dan tot ontwikkeling. Sessiele algen groeien op de bodem en op waterplanten. Het incidentele opdrijven van de algenmatten, de zogenaamde flap, geeft een zeer onaangename aanblik, sterk gelijkend op drijfmest. Tengevolge van de meestal wat hogere stroomsnelheid in de ondiepe beken zijn zwevende algen daar niet zo belangrijk.

De *zwevende* algen spelen wel een hoofdrol in de diepere beken. De invloed ervan is des te groter, naarmate de verblijftijd van het water in de beek langer is. Een probleem, waaraan apart aandacht moet worden geschonken, is het voorkomen van uitgebreide kroosvelden.

In het algemeen resulteert de groei van algen in een netto toevoer van zuurstof aan het water, zodat oververzadiging tegenwoordig vaker voorkomt dan tekort aan zuurstof. Gehalten van twee- tot driemaal de verzadigingswaarde zijn regelmatig gemeten. Hydrobiologen zullen een uitspraak moeten doen over de schadelijkheid van zuurstofoververzadiging.

Onder bijzondere omstandigheden kan door de algen juist een tekort aan zuurstof worden veroorzaakt. Het betreft hier perioden van langdurig zware bewolking (lichtbeperking), waarbij de biologische oxydatie de intensiteit van de fotosynthese overvleugelt.

Van de factoren die de algengroei in de beken bepalen, komen er drie in aanmerking voor beïnvloeding door het waterbeheer. Deze zijn:

- de fosfaatconcentratie
- de lichtintensiteit
- de verblijftijd.

Fosfaat is vrijwel overal in overmaat aanwezig. Het is niet mogelijk een algemeen geldend getal te geven voor de concentratie, die bereikt moet worden. Zoals uit de volgende paragrafen blijkt, zijn er wel voorlopige grenswaarden opgesteld. Een verdere terugdringing vindt namelijk ook plaats door de algengroei zelf en die groei zal van geval tot geval verschillend zijn, afhankelijk van de waterhoogte in de beek en de verblijftijd. Wel is zeker dat langs de beken in de Achterhoek de lozing van de fosfaat op alle lozingspunten dient te worden tegengegaan, willen de maatregelen een behoorlijke kans van slagen hebben. Dit houdt in, dat ook het water, dat via de Duitse grens binnenkomt, zo weinig mogelijk fosfaat moet bevatten. Defosfatering zou voor het ontvangende water wel eens van groter nut kunnen zijn dan voor de beken zelf. Het is daarom gewenst, dat Rijk en Provincie hun beleid zo

goed mogelijk op elkaar afstemmen. Het is ook gewenst tijdig met de mogelijkheid van gebruik van oppervlaktewater voor de drinkwaterbereiding rekening te houden bij de planning van waterzuiveringsmaatregelen.

Praktisch onder alle omstandigheden verkleint de reductie van de *lichtintensiteit* de groei van algen. Beschaduwning, bijvoorbeeld door de aanplant van bomen, kan een gunstige werking hebben; met behulp van het model kan dit worden doorgerekend. Vergroting van de waterdiepte heeft eveneens een verminderend effect op de gemiddelde lichtintensiteit, maar het is de vraag of daardoor inderdaad het gewenste doel wordt bereikt: de toeneming van de verblijftijd, die ermee gepaard gaat, heeft een averechts effect

Er moet naar gestreefd worden de *verblijftijd* zo kort mogelijk te houden, tenzij daardoor de waterdiepte zo gering wordt, dat de groei van planten en sessiele algen wordt bevorderd. In een aantal situaties zou een betere afstemming van kwantiteits- en kwaliteitsbeheer tot verbeteringen van de waterkwaliteit kunnen leiden. Een geïntegreerd waterbeheer, mede gebaseerd op modelberekeningen, is hiertoe noodzakelijk.



7.3 Normen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater

In één van de basisrapporten is een overzicht gegeven van kwaliteitsnormen met betrekking tot het oppervlaktewater. Deze normen zijn op de volgende gebruiksdoeleinden gericht:

- productie van drinkwater voor de mens, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen eenvoudige en uitgebreide zuivering;
- drinkwater voor vee en in het wild levende dieren;
- behoud ecosystemen;
- viswater;
- recreatie (zwem)-water;
- land- en tuinbouw.

Het *teveel* de nadruk leggen op gebruiksdoeleinden of functies van het oppervlaktewater kan waterkwaliteitsbeheerders ertoe verleiden doelstellingen te formuleren, die slechts op de mens zijn gericht. Dit is een te smalle basis, aangezien ook ecosystemen en de

daartoe behorende organismen bescherming behoeven. Waterkwaliteitseisen dienen dan ook uiteindelijk gericht te zijn op het voortbestaan van aquatische levensgemeenschappen, die ter plaatse van nature aanwezig zijn.

Getalsnormen kunnen een onderdeel van het gehele pakket van waterkwaliteitseisen vormen. Tevens kunnen zij als richtlijn fungeren om een bepaalde waterkwaliteit te toetsen. Door verschillende instanties zijn in het verleden normen voorgesteld. De meeste van deze voorstellen zijn onvolledig, omdat ze op slechts enkele kenmerken en/of gebruiksdoeleinden betrekking hebben.

Alleen de normen die een officiële status hebben, zijn in het overzicht opgenomen. In tabel 13 is als voorbeeld het totaal-fosfaat gegeven. Hieruit blijkt de on-

Tabel 13 Streef- en grenswaarden voor zoet oppervlaktewater

Instantie	Minimum waterkwaliteit	Productie van drinkwater Met eenvoudige zuivering	Met uitgebreide zuivering	Drinkwater voor dieren	Behoud ecosystemen	Vissen	Recreatie (zwemwater)	Land- en tuinbouw
Commissie voor de Europese Gemeenschappen: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden		– 0.2	– 0.3					
Raad van Europa: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden								
I.M.P.: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden	0.3 0.05							
Gezondheidsraad: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden		– 0.1						
Min. Landbouw en Visserij: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden						0.25 0.05		
Min. Volksgezondheid en Milieuhygiëne: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden								
Zuiveringsschap Rivierenland: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden								
Zuiveringsschap O-Gelderland: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden								
Zuiveringsschap Veluwe: – voorlopige grenswaarden – streefwaarden								

volledigheid van de voorstellen van de verschillende instanties. Dit geldt ook voor andere fysische, chemische en biologische kenmerken.

De waterkwaliteitsnormen worden door de verschillende instanties aangegeven als voorlopige grenswaarden en streefwaarden. Het I.P.M. (Indicatief Meerjaren Programma) verstaat onder *voorlopige grenswaarden*: op korte termijn aanbevolen concentraties van stoffen in het oppervlaktewater, die niet overschreden mogen worden. Met *streefwaarden* worden concentraties bedoeld, die op lange termijn niet overschreden mogen worden. In E.G.-verband worden getalswaarden ingevuld, die het *basisbeschermingsniveau* moeten waarborgen. Hiermee wordt een zodanig niveau bedoeld, dat de mens of een ander levend organisme niet wordt blootgesteld aan een onaanvaardbaar gevaar. Niet gedefinieerd wordt wat onder „onaanvaardbaar” wordt verstaan. Opgemerkt dient te worden, dat de voorlopige grenswaarden strenger zijn dan het basisbeschermingsniveau.

wegens de giftigheid van nitraat als grenswaarde voor deze stof in drinkwater 10 mg N/l vastgesteld.

Belangrijke voedingsstoffen zijn onder andere fosfaat en stikstof. Het Indicatief Meerjaren Programma (I.M.P.) voor de bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater vermeldt voor deze stoffen de volgende algemene grenswaarden.

In een aantal oppervlaktewateren binnen Gelderland worden deze algemene grenswaarden regelmatig overschreden. Om meer inzicht te verkrijgen in de oorzaak hiervan is het stroomgebied van de Barneveldse Beek nader bestudeerd. In 1977, het jaar van studie, bedroeg het gemiddelde stikstofgehalte 8 à 9 mg N/l (circa de helft hiervan was nitraat-N) en het totaal fosfaatgehalte circa 1 mg P/l. De gemiddelden lagen dus reeds boven de voorlopige I.M.P. grenswaarden.

Tabel 14 Algemene grenswaarden van enkele voedingsstoffen voor de kwaliteit van oppervlaktewater volgens het I.M.P. (1975-1979).

Kenmerk	Eenheid	Voorlopige grenswaarde	Streefwaarde
Kjeldahlstikstof (N)	mg/l	3	1
Ammonium (N)	mg/l	2,0	0,5
Nitriet (N)	mg/l	1,0	—
Nitraat (N)	mg/l	4	2
Totaal fosfaat (P)	mg/l	0,3	0,05

7.4 De fosfaat- en stikstofhuishouding in een stroomgebied

7.4.1 Inleiding

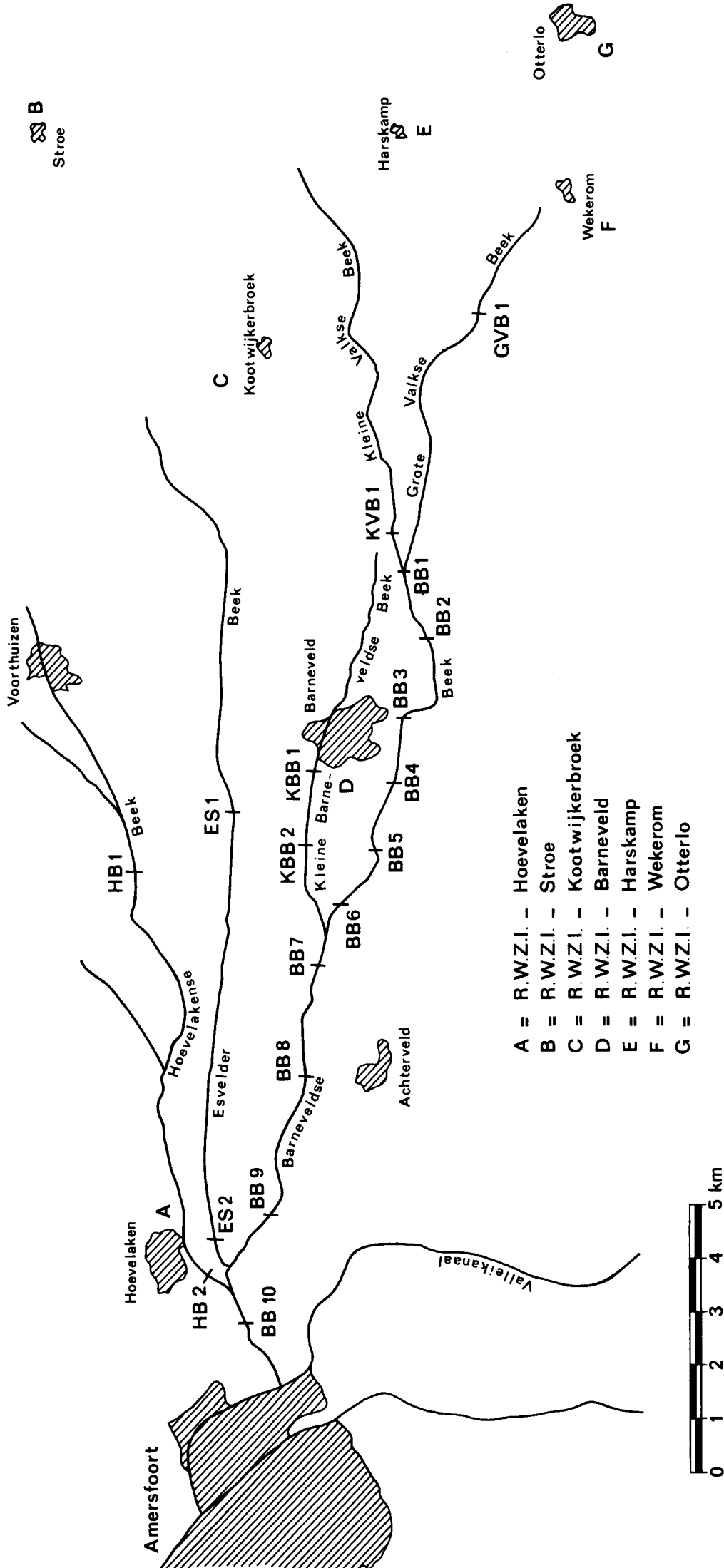
De voedselverrijking van het oppervlaktewater staat de laatste jaren in het centrum van de belangstelling van de waterkwaliteitsbeheerders. Als gevolg van een te grote toevoer van voedingsstoffen (nutriënten) vanuit verschillende vervuilsbronnen treedt een kwaliteitsvermindering van het oppervlaktewater op, waardoor de belangen van onder andere natuurbeheer, recreatie en drinkwatervoorziening worden geschaad. Enerzijds treden te grote schommelingen in zuurstofgehalte op, oververzadiging, of zelfs langdurige tekorten aan zuurstof en anderzijds worden giftige stoffen gevormd, die schadelijk zijn voor mens en dier. De Wereld Gezondheids Organisatie heeft bijvoorbeeld

7.4.2 Gebiedsbeschrijving

Het afwaterend oppervlak bedraagt voor het meetpunt BB 10, dat nabij de monding van de Barneveldse Beek is gelegen (figuur 19), 176 km². Hiervan zijn 152 km² zichtbaar afwaterend, dat wil zeggen dat deze doorsneden zijn met watergangen. De overige 24 km² behoren tot het Veluws massief. De neerslag die hier infiltreert, kwelt benedenstrooms in de beek weer op.

In 1977 bedroeg het neerslagoverschot (neerslag 820 mm minus verdamping 580 mm) ongeveer 240 mm (dit is circa 43.10⁶ m³ voor het stroomgebied) en de lozing door zuiveringsinstallaties circa 30 mm (dit is circa 5.10⁶ m³). In totaal bedroeg de afvoer bij meetpunt BB 10 dus circa 270 mm of 48.10⁶ m³.

OVERZICHT VAN HET GEBIED VAN DE BARNEVELDSE BEEK EN DE MONSTERPUNTEN VAN HET OPPERVLAKTEWATER



Figuur 19

Het oppervlak aan cultuurgrond bedraagt 102 km², waarvan 90% in gebruik is als grasland. De veebezetting bedraagt gemiddeld per ha cultuurgrond 2,7 runderen, 6,4 mestkalveren en 13,5 mestvarkens. Hierbij komt nog de pluimveehouderij met zo'n 100 kippen per ha.

In het gebied zijn ongeveer 44.000 personen woonachtig, waarvan 33.500 in kernen en 10.500 verspreid in het landelijk gebied. Dit levert een bewoningsdichtheid van 2,5 inwoner per ha op. De aansluitingsgraad op de zuiveringsinstallaties bedraagt circa 75%.

Als relevante vervuilingsbronnen kunnen worden genoemd: rioolwaterzuiveringsinstallaties, huishoudelijk afvalwater, afkomstig van de verspreide bebouwing en van de gerioleerde kernen, die ongezuiverd water lozen, de landbouw, de industrie, de recreatie en de neerslag (zie ook figuur 12).

7.4.3 De stikstofbalans

In 1977 zijn in het stroomgebied van de Barneveldse Beek op een aantal plaatsen tweewekelijks de concentratie van stikstof en de waterafvoer gemeten. Tevens werden de effluenten der zuiveringsinstallaties bemonsterd. Gedurende een aantal dagen werd enkele malen per dag gemeten. Deze dagen vielen zowel in een droge als in een natte periode. Om de verschillen tot uiting te brengen, zijn balansen opgesteld voor een droge periode (21 mei tot 1 november 1977) en een natte periode (de rest van 1977).

Het neerslagoverschot dat werd afgevoerd, bedroeg in de natte periode 203 mm en in de droge periode 39 mm. De afvoer der gezamenlijke zuiveringsinstallaties bedroeg in de natte periode 18 mm en in de droge 11 mm.

Als toelichting op de tabel diene het volgende. Uit de afvoer- en concentratiemetingen blijkt via meetpunt BB 10 gedurende 1977 circa 400.000 kg stikstof (N) te zijn afgevoerd. Omgerekend per ha van het totale stroomgebied is dat 22 à 23 kg N/ha per jaar. De stikstofafvoer moet echter groter zijn geweest. Enerzijds omdat wegens meting om de veertien dagen niet alle afvoerpieken en dus vrachtpieken van stikstof zijn meegenomen en anderzijds, omdat vooral gedurende de drogere, warmere, periode een aanzienlijke denitrificatie in het beekwater moet hebben plaatsgevonden.

De stikstoftoevoer kon gedeeltelijk aan metingen worden ontleend (toevoer door zuiveringsinstallaties en de neerslag direct op oppervlaktewater). De „natuurlijke” bodemuitspoeling is aan de hand van metingen in een nabijgelegen natuurgebied gesteld op 1 mg N/l. De toevoer van stikstof via afvalwater van de verspreide bebouwing en van ongezuiverd rioolwater kon worden geraamd. De geproduceerde hoeveelheid stikstof per inwoner via huishoudelijk afvalwater bedraagt 4,5 à 5 kg N per jaar.

Tenslotte blijft de landbouw over als sluitpost. De bijdrage van de landbouw blijkt dan circa 300.000 kg per jaar te zijn, dat is circa 29 kg/j per ha cultuurgrond.

Tabel 15 Globale stikstofbalans van de Barneveldse Beek, inclusief het onzichtbaar afwaterend oppervlak, voor de droge periode van 1977 (21/5-1/11), de natte periode (restant 1977) en voor het gehele jaar.

	Droog (kg N.ha ⁻¹ . jaar ⁻¹)	Nat (kg N.ha ⁻¹ . jaar ⁻¹)	Totaal	
			(kg N.ha ⁻¹ . jaar ⁻¹)	%
Toevoer:				
1. Landbouw	2,4	14,3	16,7	61
2. Natuurlijke bodemuitspoeling	0,4	2,0	2,4	9
3. Rioolwaterzuiveringsinstallaties	2,4	4,3	6,7	25
4. Afvalwater verspreide bebouwing + industrie	0,2	1,0	1,2	4
5. Neerslag op open water	0,1	0,2	0,3	1
Totaal	5,5	21,8	27,3	100
Afvoer:				
1. Via water op BB 10	3,3	19,1	22,4	82
2. Denitrificatie	2,2	2,7	4,9	18
Totaal	5,5	21,8	27,3	100

Volgens berekening moet de stikstoftoevoer vanuit de landbouw hoofdzakelijk via het grondwater geschieden, waarbij de concentratie dan 10 à 15 mg N/l moet bedragen.

Uit geochemisch onderzoek van een drietal gebieden binnen het stroomgebied blijkt het stikstofgehalte van het grondwater met name onder akkerland op te kunnen lopen tot 30 mg N/l. Het stikstofgehalte varieert echter sterk van plaats tot plaats.

7.4.4 De fosfaatbalans

Deze werd op dezelfde wijze als de stikstofbalans opgesteld voor 1977 (tabel 16).

De uit de metingen berekende fosfaatafvoer bij meetpunt BB 10 bedroeg 56.000 kg P voor 1977 of 3 à 4 kg P per ha van het totale stroomgebied. Wegens niet onderkende afvoerpieken en berging van het fosfaat in het bodemslib van de beek moet de totale afvoer hoger zijn geweest, namelijk circa 67.000 kg P.

De toevoer vanuit zuiveringsinstallaties, niet gezuiverd rioolwater en verspreide bebouwing kon weer worden berekend evenals die via de neerslag direct op op-

pervlaktewater. De via huishoudelijk afvalwater toegevoerde hoeveelheid fosfaat bedraagt circa 1,5 kg P per inwoner per jaar. De „natuurlijke” uitspoeling werd op 0,15 mg P/l gesteld.

De toevoer vanuit de landbouw is weer als sluitpost bepaald. Hij bedraagt circa 5000 kg over 1977. Volgens geochemisch onderzoek naar de grondwaterkwaliteit in drie gebieden binnen het stroomgebied moet deze toevoer via waterafvoer over of direct onder maaiveld (zogenaamd oppervlakkige afvoer) hebben plaatsgevonden. Circa 40 km² landbouwgrond die 's winters dras staan of een zeer ondiepe grondwaterstand hebben, zullen aan deze oppervlakkige afvoer hebben bijgedragen. Aan de hand van metingen is de concentratie van het oppervlakkig afgevoerde water gesteld op 0,75 mg P/l.

Een andere mogelijkheid van verontreiniging door de landbouw ontstaat bij onzorgvuldig uitrijden van mest.

Een bijzonder probleem was de berekening van de berging van fosfaat in het bodemslib van de beek. Volgens metingen en berekende balanstekorten in deelgebieden moet de berging 10 à 20% van de jaarlijkse P belasting van de Barneveldse Beek zijn of 4 à 5 g P per m² slootoppervlak per jaar.

Tabel 16 Fosfaatbelasting en -afvoer van de Barneveldse Beek voor het gehele zichtbare en onzichtbare afwateringsoppervlak in de droge periode van 1977 (21/5-1/11), de natte periode (restant '77) en voor het gehele jaar.

	Droog (kg P.ha ⁻¹)	Nat (kg P.ha ⁻¹)	Totaal	
			(kg P.ha ⁻¹)	%
Toevoer:				
1. Rioolwaterzuiveringsinstallaties	1,1	1,5	2,6	68
2. Afvalwater verspreide bebouwing + industrie	0,04	0,5	0,5	13
3. Natuurlijke bodemuitspoeling	0,06	0,3	0,4	11
4. Neerslag op open water	0,00	0,01	0,0	0
5. Landbouw	0,00	0,3	0,3	8
Totaal	1,2	2,6	3,8	100
Afvoer:				
1. Via water op meetpunt BB 10	0,9	2,4	3,3	87
2. Berging in bodemslib	0,3	0,2	0,5	13
Totaal	1,2	2,6	3,8	100

7.4.5 Conclusies voor het waterbeheer

stikstof

De bijdrage van de landbouw aan de stikstoftoevoer naar de beek bedroeg in 1977 circa 60%. Het mestoverschot werd voor 1977 geraamd op circa 83.000 ton varkensmest of circa 580.000 kg N. Afvoer van deze mest naar elders via de mestbank zou tot een vermindering van de stikstofbelasting van 20% leiden. Invoering van stikstofverwijdering op de zuiveringsinstallaties kan de belasting met 25% doen verminderen.

fosfaat

Invoering van defosfatering op de zuiveringsinstallaties zal leiden tot een vermindering in P belasting van ruim 60%. Het voorkómen van lozingen vanuit de verspreide bebouwing kan een reductie van 10% leveren en betere ontwatering van de landbouwgronden een reductie van 2 à 3%. De volgende fosfaatbelasting zou hierdoor kunnen ontstaan (tabel 17)

grijpende maatregelen worden getroffen met betrekking tot de landbouw en de verspreide bebouwing, kan de I.M.P.-grenswaarde van 0,3 mg P/l worden bereikt. Binnen de zomer- en winterperiode kunnen dan echter nog overschrijdingen plaatsvinden als gevolg van opwervend bodemslib.

7.5 Aspecten van het grondwaterkwaliteitsbeheer

7.5.1 Inleiding

Grondwater ontstaat doordat de bodem tijdens zijn vorming of naderhand water opneemt, dat afkomstig kan zijn van de zee, van rivieren of van de neerslag. Omdat Nederland tijdens de Tertiaire periode, die enkele miljoenen jaren geleden eindigde, geheel tot de zeebodem behoorde, vindt men op grotere diepte overal zout grondwater.

Tabel 17 Effecten van beheersmaatregelen op de fosfaat belasting (kg P/ha, jaar)

Bronnen	Huidige situatie		Defosfateren		Defosfateren + eliminatie verspr. beb. + landbouwk. maatregelen	
	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
1. RWZI's	1,1	1,5	0,1	0,2	0,1	0,2
2. Verspreide bebouwing	0,04	0,5	0,04	0,5	0,0	0,0
3. Natuurlijke bodemuitspoeling	0,06	0,3	0,06	0,3	0,06	0,3
4. Neerslag	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
5. Landbouw	0,01	0,3	0,01	0,3	0,00	0,1
Totaal	1,2	2,6	0,2	1,3	0,2	0,6

Hierbij moet worden aangetekend, dat defosfatering ook inhoudt, dat de belasting van de Veluwe randmeren wordt verminderd en uit dien hoofde eveneens gewenst kan zijn.

normen

Aan de I.M.P. grenswaarde voor Kjeldahl-stikstof van 3 mg N/l zal bij goed functionerende zuiveringsinstallaties in het algemeen kunnen worden voldaan. De I.M.P.-grenswaarde voor nitraat van 4 mg N/l zal slechts kunnen worden bereikt, indien uiterst ingrijpende maatregelen zouden worden genomen met betrekking tot het bodemgebruik, zoals vermindering van het oppervlak bouwland en van de bemestingsgraad. Alleen indien èn wordt gedefosfateerd èn in-

In het Tertiair werden in zee dikke kleilagen afgezet. Deze lagen komen nabij Winterswijk aan de oppervlakte. Meer naar het NW toe duiken ze steeds dieper weg; langs de randmeren van de Veluwe ligt hun top op 500 m diepte. In de aanvang van de Kwartaire periode behoorde het gebied van de Grote Rivieren en de Veluwe nog tot de zeebodem. Ook toen werden dikke kleilagen afgezet. Hun top ligt onder de Grote Rivieren en onder de bovenloop van de IJssel op 60 à 80 m diepte en onder Harderwijk op 250 m diepte.

Boven deze kleilagen is het grondwater in beweging. De circulatie ontstaat doordat in de hogere delen van het landschap regenwater infiltreert en in de lagere delen het grondwater opkwelt en de beken voedt. De

samenstelling van dit circulerende grondwater wordt primair bepaald door de samenstelling van de neerslag.

Tabel 18 Chemische samenstelling van de neerslag te Deelen (jaargemiddelde cijfers 1978; 741 mm neerslag)
Bron = K.N.M.I. – R.I.V.

positieve ionen	mg/l	negatieve ionen	mg/l
NH ₄ ⁺ ammonium	2,5	CL ⁻ chloride	2,8
Na ⁺ natrium	1,6	NO ₃ ⁻ nitraat	4,1
K ⁺ kalium	0,2	SO ₄ ²⁻ snefaaf	7,6
Ca ²⁺ calcium	0,8	PO ₄ ³⁻ fosfaaf	0,03
Mg ²⁺ magnesium	0,3		
P	4,4		
H			

De samenstelling kan van bui tot bui sterk wisselen. Uit spaarzame gegevens van vóór 1940 blijkt, dat het chloride-, natrium-, calcium- en magnesiumgehalte niet sterk is veranderd. Het bicarbonaat-, sulfaaf-, nitraaf- en amoniumgehalte is thans veel hoger dan vóór 1940. De belasting aan fosfaaf door de neerslag kan thans op 0,5 kg P per ha per jaar gesteld worden, van nitraaf op 30 kg N per ha per jaar.

Zodra het neerslagwater in de grond dringt, neemt het in de wortelzone koolzuur op. Hierdoor kan kalk in het grondwater oplossen. Op grotere diepte heeft het grondwater meestal zijn zuurstof verloren. Er kan onder deze omstandigheden reductie van nitraaf tot ammonium en van sulfaaf tot sulfide (dat als ijzersulfide zal neerslaan) optreden. In de onderlinge verhouding der positieve ionen kan wijziging optreden doordat het grondwater ionen met de bodem uitwisselt, bijv. Ca²⁺ tegen Na⁺. Verder kan het diepere zoute grondwater het zoete grondwater door diffusie en dispersie beïnvloeden. Indien men de samenstelling van grondwater met die van regenwater vergelijkt, moet men ook rekening houden met indamping.

Het kwelwater heeft na zijn langere verblijftijd meestal een andere samenstelling dan het zojuist geïnfiltreerde regenwater.

Door menselijk handelen kan de kwaliteit van het grondwater als volgt worden beïnvloed:

- de samenstelling van de neerslag kan door luchtverontreiniging veranderen;
- door het bodemgebruik kunnen stoffen aan het water worden toegevoegd;

- door veranderingen van het waterpeil (b.v. bij inpolderingen) kan het grondwaterstromingspatroon geheel veranderen. Door de kwelstroom onder de dijken wordt het grondwater dan b.v. door het rivierwater beïnvloed;
- door grondwateronttrekking kan het natuurlijke circulatiepatroon eveneens veranderen, waardoor grondwater van andere samenstelling naar de put wordt getrokken. Kwelgebieden kunnen infiltratiegebieden worden, hetgeen op de kwaliteit invloed heeft.

Verschillende van deze processen zijn bestudeerd in Oost-Gelderland en het gebied van de Barneveldse Beek.

7.5.2 Oost-Gelderland

Om een globaal overzicht te verkrijgen van de hydrochemische gesteldheid van het grondwater, werd een statistische analyse uitgevoerd op waterkwaliteitsgegevens, afkomstig van ca 270 locaties. Onderscheid werd gemaakt tussen natuurterrein, landbouwgebied en stedelijke bebouwing, omdat de menselijke beïnvloeding in deze volgorde toeneemt. Tevens werd onderscheid gemaakt tussen gegevens van vóór en van na 1950 en van ondiep grondwater (tussen 10 en 22,5 m onder maaiveld) en dieper grondwater (22,5 tot 40 m onder maaiveld). Het meest ondiepe grondwater bleef buiten beschouwing, omdat daar de kwaliteit voortdurend fluctueert. Zowel in natuurgebieden als in agrarische gebieden bleken de concentraties van Cl⁻, So₄²⁻, HCO₃⁻, N en Ca²⁺ na 1950 gemiddeld hoger te liggen dan vóór 1950, zowel in het ondiepe als het diepere grondwater. In de woongebieden is het tegendeel het geval, wellicht wegens het aanleggen van riolering.

Het chloride-ion (Cl⁻) is als indicator van groot belang, omdat het goed oplosbaar is en niet of nauwelijks in uitwisseling treedt met ionen van de bodemdeeltjes. Daar een verhoging van het Cl⁻ gehalte sinds 1940 in de neerslag niet aantoonbaar is, kan de invloed van het bodemgebruik vooral door het Cl⁻ ion worden aangetoond. In de woongebieden is het Cl⁻ gehalte in het ondiepe grondwater veel hoger dan in het diepere.

Indien men het opgepompte water der pompstations onderzoekt, blijkt de kwaliteit geleidelijk aan achteruit te zijn gegaan. Behalve het bodemgebruik speelt hier ook het aantrekken van water uit andere gebieden dan voorheen een rol. Immers door vergroting van de



pompcapaciteit zal grondwater van buiten het – meestal beschermde – gebied rondom het pompstation worden opgevangen. Een en ander is in detail onderzocht voor het pompstation „De Pol” bij Doetinchem (figuur 20). Hierbij konden eenvoudige modelberekeningen worden toegepast.

7.5.3 Gebied van de Barneveldse Beek

In dit gebied zijn vier terreinen in detail bestudeerd, twee gelegen ten westen van Barneveld (nabij Achterveld en Glindhorst) en twee ten oosten van Barneveld (tussen Stroe en Harskamp). Het watervoerende pakket boven de oudkwartaire kleilagen wordt ter plaatse van de westelijke onderzochte gebieden in tweeën gedeeld door de Eemkleilagen, die nabij Achterveld op 18 à 19 m onder het maaiveld, dat op ca. NAP + 5 m is gelegen, voorkomen.

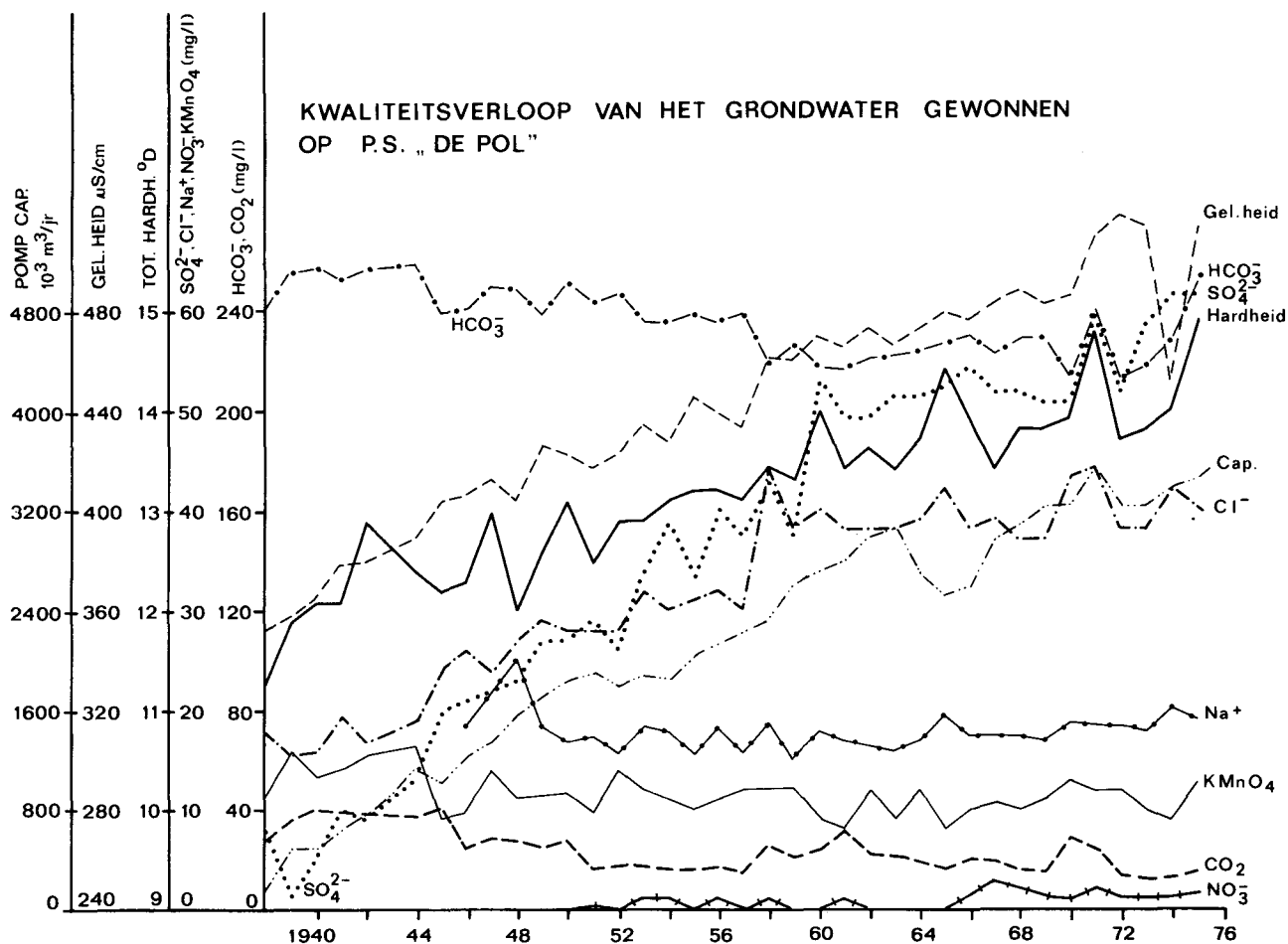
Het regionale grondwatersysteem heeft als voedingsgebied het Veluwe-massief en als kwelgebied de Gel-

derse vallei. Hierdoor heeft het grondwater onder de Eemklei een hogere grondwaterstand dan het grondwater op dezelfde plaats boven de klei. Hierop gesuperponeerd zijn meer lokale en ondiepe infiltratie- en kwelsystemen (figuur 21).

Dit geldt met name voor de gebieden nabij Achterveld en Glindhorst. Deze situatie wordt weerspiegeld in de grondwaterkwaliteit. Hierbij komt ook de beïnvloeding door het bodemgebruik en de bemesting.

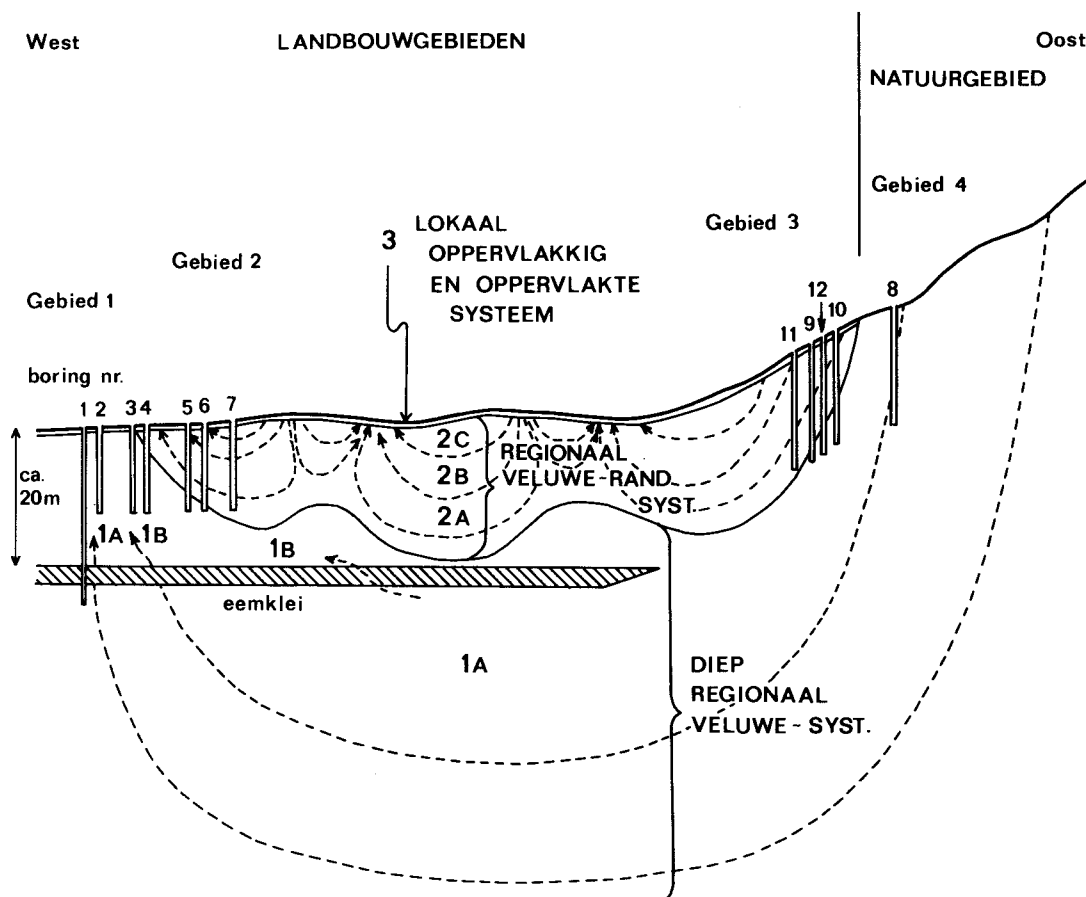
Het grondwater dat afkomstig is van het Veluwe-massief en onder de Eemklei voorkomt, heeft de volgende gemiddelde samenstelling:

PO_4^{3-} ca 0,4 mg/l, NO_3^- ca 0,5 mg/l en NH_4^+ ca 0,3 mg/l. Dit water is niet beïnvloed door de landbouw. Dit is wel het geval voor het ondiepe grondwatersysteem van het landbouwareaal. Hier zijn ion-concentraties gevonden tot maximaal 90 mg/l aan Cl^- , 250 mg/l aan SO_4^{2-} , 150 mg/l aan NO_3^- en 0,8 mg/l aan PO_4^{3-} . Het fosfaat ion wordt blijkbaar in een onoplosbare vorm vastgelegd.



Figuur 20

SCHEMATISCH HYDROCHEMISCH PROFIEL VAN HET BARNEVELDSE-BEEKGEBIED



Figuur 21

Tijdens zware regenval treedt oppervlakkige afvoer van grondwater op en indien het land dras komt te staan, komt ook afvoer via een stroming over het grondoppervlak voor. Dit ondiepste systeem staat onder zeer sterke invloed van de bemesting. Maximale concentraties liggen voor Cl^- in de buurt van 200 mg/l, voor NO_3^- nabij 225 mg/l (voor oppervlaktewater) en nabij 170 mg/l (voor zeer ondiep grondwater). Voor PO_4^{3-} worden tot max. enkele mg/l gevonden (wellicht onder invloed van directe lozingen).

In de kwelgebieden werd geconstateerd, dat de verontreiniging soms niet dieper dan tot 1 m onder maaiveld optrad; in infiltratiegebieden werd de invloed van de bemesting over het gehele onderzochte profiel (17 m diep) gevonden.

7.5.4 Conclusie

Er zijn sterke aanwijzingen dat het grondwater, de in het verleden zo veilig geachte bron voor de watervoorziening, verontreinigd wordt door zowel lokale als diffuse vervuiling. Aangezien het overgrote deel van de

afvoer der regionale waterlopen afkomstig is van opkwellend grondwater, betekent dit tevens dat de kwaliteit van het oppervlaktewater door de grondwatervervuiling bedreigd wordt.

Hierbij komt dat een vervuilde sloot in principe door doorspoeling met schoon water is te reinigen, terwijl eenmaal vervuild grondwater door de langzame stroming (orde van grootte van enkele meters per jaar) voor tientallen jaren ongeschikt blijft. Een grondwaterverontreiniging is ook moeilijk op te sporen.

Voor het vaststellen van beschermingszônes rond pompstations zijn rekentechnieken beschikbaar op basis van bepaling van verblijftijden van het grondwater tussen een potentiële vervuiliingsbron en het pompstation. Voor grotere, regionale grondwatersystemen, zoals die onderzocht zijn voor het gebied van de Barneveldse Beek, zijn deze nog niet ontwikkeld. De mogelijkheid hiertoe is echter in principe aanwezig. Hierbij dient men de relatie tussen grondwaterkwantiteit en -kwaliteit goed in het oog te houden.

7.6 Samenvatting

Met behulp van het model GELQAM kunnen de zuurstofconcentraties en het algeenhalte van beken en kleine rivieren worden berekend in relatie tot geloosde vuilstoffen en nutriënten, zoals fosfaat. Ook de invloed van waterbeheersingswerken op de kwaliteit kan worden voorspeld.

De oorsprong van de belasting van oppervlaktewater door voedingsstoffen, zoals fosfaat en nitraat, is nagegaan voor de Barneveldse Beek. Alleen door uiterst

rigoureuze maatregelen zal in dit waterschap aan de voorlopige grenswaarden van het I.M.P. kunnen worden voldaan.

Uit onderzoek in Oost-Gelderland en in het gebied van de Barneveldse Beek is gebleken, dat het bodemgebruik invloed uitoefent op de kwaliteit van het grondwater. Deze invloed kan op den duur nadelig voor de drinkwatervoorziening zijn.



Gemaal "Giesbeek" in aanbouw

8 NATUURBEHOUD

8.1 Inleiding

Het doel van het subbeheersysteem natuurbehoud is het bewaren c.q. herstellen van natuurlijke elementen in het landschap en ook van het landschap zelf, door middel van een daarop gericht beheer. Dit beheer omvat het weren van storende invloeden en een juist gebruik van het gebied.

De toenemende schaarste aan natuurlijke landschappen met hun karakteristieke flora en fauna is voor de C.W.G. aanleiding geweest het natuurbehoud als maatschappelijk element bij de studie te betrekken. In de eerste fase van het onderzoek (1971-1975) zijn ecologische inventarisaties uitgevoerd in Oost-Gelderland. Er zijn waarderings toegekend aan natuurgebieden en aan natuurlijke elementen. Een dergelijk onderzoek werd door andere Commissies ondernomen voor het Veluwe massief, de randgebieden van de Veluwe en de uiterwaarden der Grote Rivieren.

In de tweede fase (1976-1979) is onderzoek gedaan naar de invloed die waterhuishoudkundige maatregelen op natuurlijke vegetaties van het land en op de macrofauna van beken uitoefenen. Dit onderzoek beoogde kennis te verkrijgen over de wijze waarop schade aan de natuur kan worden voorkómen of geminimaliseerd en over de maatregelen die getroffen moeten worden om natuurlijke systemen te behouden of te herstellen.

Het hydrobiologisch onderzoek is uitgevoerd in de laaglandbeken van Oost-Gelderland en in de beken (vooral sprengen-beken) van de Veluwe. Het vegetatiekundig onderzoek is uitgevoerd in een drietal natuurreservaten, twee in de Achterhoek en één in de IJsselvallei (figuur 22).

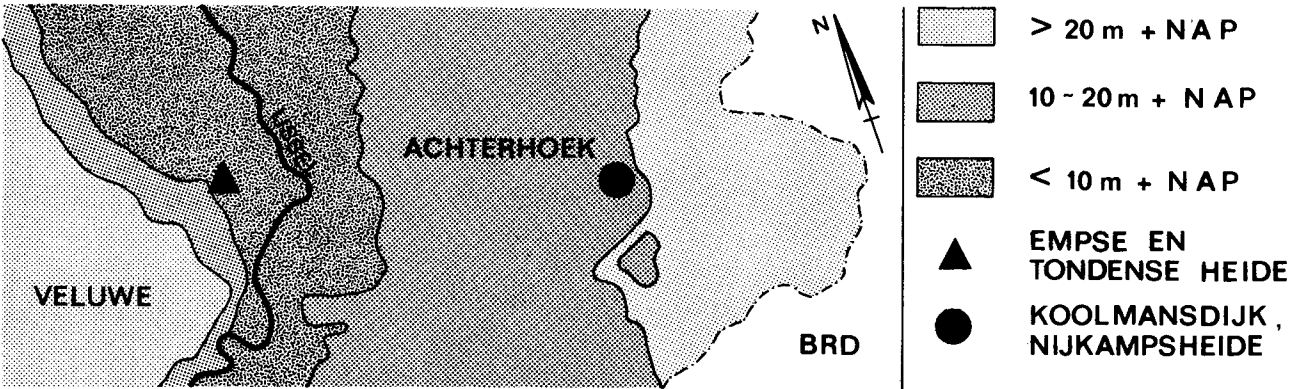
8.2 Behoud en beheer van beken van de Veluwe en in Oost-Gelderland.

8.2.1 Inleiding

In een groot deel van Gelderland vormen beken een belangrijk landschapselement. Het langgerekte karakter der beken maakt hun kwetsbaarheid groot en de instandhouding als natuurelement moeilijk.

Het onderzoek was gericht op de kenmerkende factoren die het beekmilieu bepalen en op de storende invloeden die leiden tot ontaarding van het karakteristieke samenspel van deze milieufactoren en tot het verdwijnen van de beekfauna. Tevens is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om door middel van een daarop gericht beheer te komen tot behoud en herstel van de beken.

GEOGRAFISCHE LIGGING VAN DE ONDERZOCHE NATUURTERREINEN



Figuur 22

De kenmerken van natuurlijke beken kunnen onderscheiden worden in fysische en chemische, die elkaar onderling beïnvloeden. De belangrijkste fysische factor is de stroming van het water. Deze varieert in de loop van de seizoenen en verder in de lengterichting en in de dwarsdoorsnede van de beek. Een natuurlijke beek bestaat uit smalle ondiepe bovenlopen die 's zomers droog kunnen vallen en uit bredere, diepere midden- en benedenlopen die langer water blijven voeren. Naarmate de beken voor hun voeding meer afhankelijk zijn van het opkwellende diepe grondwater zijn de afvoerfluctuaties geringer en voeren ze 's zomers in hun bovenlopen meer water. Dit laatste geldt voor de meeste Veluwe sprengen-beken. De verschillen in stroomsnelheid in de dwarsdoorsnede van de beek, waardoor gronddeeltjes meer of minder worden verplaatst, leiden tot het ontstaan van meanders. Er worden asymmetrische beekbeddingen gevormd, waarbij de ene oever flauw verloopt, terwijl de andere oever steil tot zelfs overhangend kan zijn.

Direct afhankelijk van de stromingsdynamiek is de variatie in de samenstelling van het bodemsubstraat; in de buitenbochten, met snellere stroming, vindt men grind en takken en in de rustiger binnenbochten fijn zand, slib en bladeren. In natuurlijke beken komt een grote variatie aan substraten voor. Deze bepaalt in belangrijke mate de levensmogelijkheden voor de beekfauna door het bieden van schuilgelegenheid, behuizing en voedsel.

Doordat de bodem beweeglijk is, ontstaat in stromend water vrijwel nooit een dichte, aaneengesloten mat van waterplanten. De vegetatie in het water vormt een open mozaiekpatroon.

In de natuurlijke situatie zorgt de aanwezige oeverbegroeiing van bomen en struiken bovendien voor een dusdanige onderschepping van het licht dat de plantengroei beperkt blijft. (zie ook hoofdstuk 7).

De voor de beekfauna belangrijkste chemische factor is het zuurstofgehalte. Dit is een resultante van de zuurstofinslag in het water, de productie van zuurstof door de waterplanten en het verbruik van zuurstof bij de ademhaling van planten en dieren en bij de bacteriële afbraak van organisch materiaal. In de natuurlijke situatie is door de stroming van het water de zuurstofinslag relatief groot terwijl de productie van zuurstof door de waterplanten gering is door de beperkingen die de fysische factoren aan de planten opleggen. Ook het verbruik bij de ademhaling is laag, terwijl alleen langzaam afbrekend plantenmateriaal en afgevallen bladeren een aanslag doen op de zuurstofvoorraad.

Dit tezamen leidt tot een zuurstofgehalte met in de loop van dag en nacht en in de loop van de seizoenen vrij geringe fluctuaties. Het gehalte bevindt zich steeds dicht rond de verzadigingswaarde. (zie hoofdstuk 7).

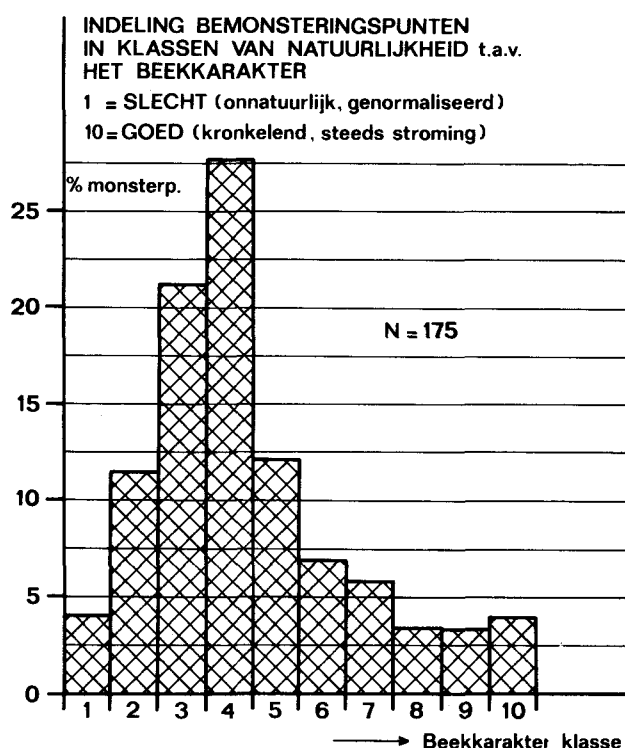
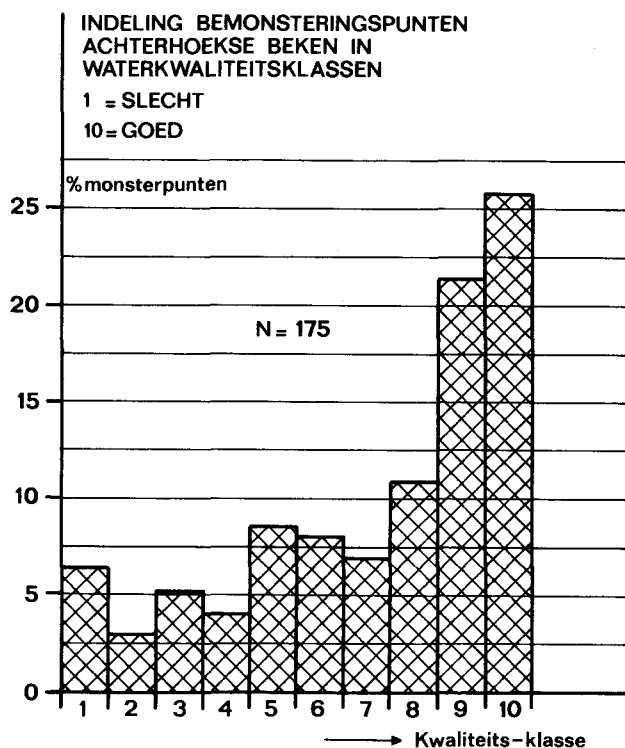
Een andere belangrijke chemische factor is het mineralengehalte (gehalte aan voedingsstoffen) van het water. De soort en de hoeveelheid waterplanten zijn hiervan afhankelijk, zodat een relatie met de zuurstofhuishouding ontstaat. In de natuurlijke situatie is het mineralengehalte laag en afhankelijk van de concentraties in het opkwellende grondwater en van de chemische samenstelling van de verschillende grondsoorten die het water passeert voordat het in de beek terecht komt.

Naast deze fysische en chemische factoren speelt in ons land met zijn meestal half-natuurlijke situaties het beheer door de mens een grote rol. Vele beken werden in hun bovenlopen doorgetrokken, zandbanken werden verwijderd, kanten werden afgestoken, beekoevers werden gemaaid en veel beken werden gestuurd ten behoeve van watermolens. Deze ingrepen waren echter kleinschalig en de beek kreeg de kans om, binnen bepaalde grenzen, zijn eigen dynamiek te herkennen.

Binnen de halfnatuurlijke landschappen nemen de sprengen-beken een zeer speciale plaats in. Vanaf de middeleeuwen zijn ten behoeve van de opwekking van waterkracht, voor proceswater en parkaanleg, sprengen gegraven in gebieden waar over korte afstand grote hoogteverschillen bestaan en waar grondwater dicht aan de oppervlakte komt. Deze sprengen-beken zijn gedeeltelijk of zelfs geheel kunstmatig, hetgeen impliceert (en nog meer dan bij de laaglandbeken) dat de technische voorzieningen en het beheer die hebben geleid tot het ontstaan en blijven bestaan van dit beektype mede in de beschouwing moeten worden betrokken.

8.2.2 Oost-Gelderland

In 1973 is een hydrobiologische kartering van de beken uitgevoerd. In de jaren daarna is in een aantal beken onderzoek gedaan naar de relatie tussen de samenstelling van het bodemsubstraat en de macrofauna, naar de invloed van droogvalling van beken op de macrofauna en naar de relatie tussen plantengroei, zuurstofhuishouding en macrofauna.



Figuur 23

Tot de macrofauna worden gerekend de met het blote oog zichtbare, in het water levende, dieren. Het betreft hier hoofdzakelijk organismen die op of in de bodem leven en waarvan de grootte varieert van 1 mm tot enkele centimeters. Tot de macrofauna behoren o.a. platwormen, borstelwormen, bloedzuigers, kreeftachtigen, vlieg- en muggelarven, libellen, kevers, wantsen, haften, steenvliegen, slakken en mosseltjes.

Het vóórkomen van de verschillende soorten is afhankelijk van de eerder genoemde fysische en chemische factoren. In de natuurlijke en onvervuilde beken is een specifieke macrofauna aanwezig. Wanneer een beek vervuild of gereguleerd wordt, verandert de samenstelling van de macrofauna. De kennis van deze verandering maakt het mogelijk om de vervuiling- en normalisatietoestand van een beek hydrobiologisch te karakteriseren. De resultaten van de bemonsteringen op 175 punten zijn samengevat in figuur 23. Op basis van de indicatie die de macrofauna geeft omtrent waterkwaliteit en beek karakter zijn de bemonsteringspunten wat beide aspecten betreft ingedeeld in 10 klassen gaande van goed tot slecht. D.w.z. van niet of nauwelijks verontreinigd tot zeer zwaar vervuild en van stromende kronkelende beek tot een rechte met zo goed als stilstaand water. De figuur laat zien, dat de waterkwaliteit een relatief gunstig beeld vertoont. Een

vrij hoog percentage van de waarnemingen bevindt zich in de minder vuile klassen, dit kan voor een groot deel worden toegeschreven aan het effect van zuiveringsmaatregelen.

Het beek karakter geeft een volledig ander beeld te zien. Het allergrootste deel der waarnemingen bevindt zich in de faunaklassen die indicatief zijn voor niet of nauwelijks stromend water.

De waterkwaliteit is voor een belangrijk deel herstelbaar. De beeknormalisaties zijn daarentegen dermate ingrijpend geweest, dat herstel van het oorspronkelijke beek karakter in de meeste gevallen niet meer mogelijk is. Deze uitkomst legt een zware claim op het behoud van die beken waarvan het beek karakter thans nog hoog geklassificeerd wordt. Dit betekent niet alleen dat die beken voor lozingen moeten worden gevrijwaard, maar het impliceert ook een schoningsbeheer dat aangepast is aan het kleinschalig karakter. Een behoud op de lange duur zal alleen mogelijk zijn, als rekening wordt gehouden met het natuurlijk gegeven van de eenheid van de beek en zijn stroomgebied. Dit houdt in, dat niet slechts enkele trajecten, maar hele stroomgebieden in de beschouwing moeten worden betrokken bij het overleg over de bescherming van beken; ook als bestuurlijke- en beheersgrenzen overschreden moeten worden.

Het onderzoek naar de relatie tussen waterplantengroei, zuurstofhuishouding en macrofauna van een traject van de Aaltense Slinge toonde de voor het behoud negatief samenwerkende effecten van én normalisatie én vervuiling. De door de normalisatie vergrote lichttoetreding, de door vervuiling toegenomen mineralenhoeveelheid en de zeer langzame stroming van het water met als gevolg een stabiele bodem, zorgden voor een massale waterplantenontwikkeling. Dit leidde tot zeer sterke zuurstofoververzadiging overdag en bijna zuurstofloosheid 's nachts en daarmee tot een sterk gestoorde samenstelling van de beekfauna, waarin algemene en sterk tolerante elementen overheersen.

Het onderzoek naar de invloed van de droogvalling van de beken op de beekfauna leverde als eerste resultaat dat de periodiek droogvallende bovenlopen een karakteristieke macrofaunalevensgemeenschap herbergen. Naar mate de droogvallingsperiode langer duurt verschijnen meer oever- en landorganismen. Enkele soorten steenvliegen, die in hun larvestadium in het water leven, zijn belangrijke elementen in deze levensgemeenschap. Bestudering van de invloed van de lengte van de droogvallingsperiode op hun levenscyclus gaf als eerste resultaat dat deze cyclus vrij flexibel is, hetgeen de dominante aanwezigheid der steenvliegen in dit type water verklaart. Kritisch is echter de periode vlak vóór het uitvliegen van de volwassen dieren in het voorjaar. Bij droogvalling in die periode bestaat groot gevaar voor uitsterven van de plaatselijke populatie.

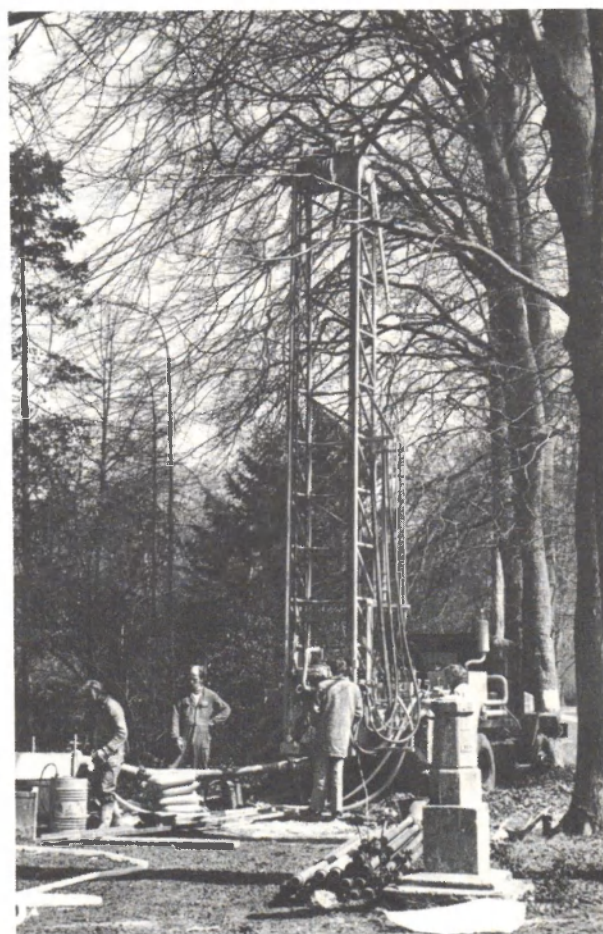
8.2.3 Veluwe

Op dezelfde wijze als in Oost-Gelderland is op de Veluwe een kartering uitgevoerd om een indruk te krijgen van waterkwaliteit en beekkarakter. Doordat de Veluwse beken en beekcomplexen veel meer geïsoleerd liggen dan de Oost-Gelderse, zijn er minder trajecten die in het matig vervuilde gebied terecht komen. Naast een zwaar vervuilde beektak kan parallel op enkele meters afstand een volkomen onbeïnvloede, alleen schoon grondwater bevattende tak lopen.

Een belangrijk deel van de (sprengen-)beken van de Veluwe heeft een goede waterkwaliteit. Ook het beek-karakter van de meeste beken is nog intact, hetgeen overeenkomt met de verwachting vanuit de ligging en functie van deze beken.

Meer dan bij de laaglandbeken in Oost-Gelderland wordt hier de relatie tussen beekkarakter en beekfauna bepaald door het onderhoud en beheer.

Om inzicht te krijgen in de techniek van het beheer dat in het verleden en ook thans nog geleid heeft tot het instandhouden van het karakteristieke sprengenmilieu, is een inventarisatie gemaakt van de huidige toestand van de sprengen en van het uitgeoefende beheer. Uit dit onderzoek bleek dat een aantal sprengen door verlaging van grondwaterstanden en verwaarloosd technisch beheer in deplorabele toestand verkeert. Andere sprengen die ook nu nog in kleinschalig onderhoud zijn en nog voldoende water voeren gaven aanwijzingen over de beheersmaatregelen die kunnen leiden tot behoud en herstel van sprengen en sprengen-beken.



Grondboring

8.3 Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden.

8.3.1 Inleiding

Het ontbreken van voldoende kennis van de gevolgen van waterhuishoudkundige maatregelen voor natuurgebieden, is aanleiding geweest tot gedetailleerd onderzoek in een drietal kleine natuurreservaten. Het betreft Koolmansdijk en Nijkampsheide ten NW van Lichtenvoorde en de Empese en Tondenseheide in de zuidelijke IJsselvallei ten NO van Eerbeek (figuur 22). In samenhang met de regionale hydrologie en topografie is de relatie onderzocht tussen de spontane vegetatie en de lokale hydrologie (grondwaterstanden en vochtleverantie), de hydrochemie (kwaliteit van het grondwater), de bodemkunde en de bodemchemie.

De onderzochte reservaten liggen in zwakgolvende dekzandgebieden, waar de „velden” en „broeken” oorspronkelijk belangrijke elementen van het landschap vormden. De „velden” hadden overwegend een voedselarm karakter, de bodem bestond uit podzolgronden en de vegetatie uit heide. De „broeken” waren relatief laaggelegen ten opzichte van de „velden”. De bodem was voedselrijker en bestond uit beek- en broekerdgronden en de vegetatie uit broekbos, zeggevegetatie en hooilanden.

Het landschap vertoonde een kleinschalige afwisseling van grasland, houtwallen, heide en moeras. Fragmenten van de oorspronkelijke landschapselementen zijn in de natuurreservaten terug te vinden. Koolmansdijk ligt in de overgangszône tussen het relatief hooggelegen vroegere heidegebied en het lager gelegen voormalige broekgebied. Nijkampsheide ligt in het hoge gedeelte van het gebied. Empese en Tondenseheide liggen aan de voet van de stuwwal van de Veluwe. De vegetatie van deze gebieden is in de laatste decennia sterk veranderd ten gevolge van veranderingen in de waterhuishouding en van het gebruik van het gebied.

8.3.2 Koolmansdijk

In dit gebied komen nog verschillende „kieskeurige” plantensoorten voor, zoals welriekende nachtorchis, parnassia, addertong, klokjesgentiaan, spaanse ruiter, galigaan, wolverlei en draad- en paardehaarzegge. Er werd een drietal vegetatietypen onderscheiden die genoemd werden naar dominante grassoorten: pijpestrootjevegetatie, tandjesgrasvegetatie en (rood)-zwenkgrasvegetatie.

Uit analyse van grondwaterstanden en neerslagoverschot (neerslag min verdamping) over de periode 1951 tot 1977 is gebleken dat de gemiddelde grondwaterstand ca. 50 cm is gedaald. In de jaren vijftig was de verbinding met het achterland (de Lievelde Heide) en daarmee de kwelsituatie in de lagere delen van het reservaat, al grotendeels teniet gedaan door de diepe ontwateringssloten langs de grenzen van het reservaat. Hierdoor werden vooral de hoge standen verlaagd. Sedert ca. 1970 zijn de laagste waterstanden ook aanmerkelijk gedaald, n.l. ca. 40 cm, door een in de nabijheid gelegen grondwateronttrekking. In de laagste delen van het grasland heerste vroeger permanent een plas-dras situatie, terwijl de bovengrond tegenwoordig in het vegetatieseizoen bij tijd en wijle sterk uitdroogt. Deze verlaging van de grondwaterstanden heeft door uitspoeling een verarming van de bovengrond veroorzaakt. De huidige vegetatie reflecteert deze wijziging reeds. Hierdoor is in Koolmansdijk wel een duidelijk verband tussen vegetatie en bodemchemie gevonden, maar een duidelijk verband met grondwaterpeil en grondwaterchemie ontbreekt. Desondanks komt nog steeds een aantal soorten voor, die aan de vroegere toestand herinnert, welke toestand gekenmerkt werd door min of meer basisch grondwater bovenin het profiel. Deze soorten zijn echter gedoemd te verdwijnen.

8.3.3 Nijkampsheide

De noordwestelijke helft van dit terrein is begroeid met een graslandvegetatie, de zuidoostelijke helft met een heideachtige vegetatie. De grasland vegetatie is het meest verwant aan de tandjesgrasvegetatie van Koolmansdijk, maar soortenarmer. In het heidegedeelte domineert pijpestrootje, terwijl hier en daar de vegetatie enkele kenmerken van vochtige heide vertoont.

Ten aanzien van de grondwaterstanden t.o.v. maaiveld is er weinig verschil met de huidige situatie in Koolmansdijk. Dit grondwaterregiem hangt hier echter wel samen met de oorspronkelijke ligging, n.l. in het centrum van het podzolgebied, hooggelegen ten opzichte van de omgeving.

Over de periode 1952 t/m 1977 blijkt een gemiddelde grondwaterstandsval van circa 10 cm opgetreden te zijn, vooral door verlaging van de hoogste standen.

Het grondwater is gemiddeld genomen zuurder en ionenarmer dan in Koolmansdijk. De bemonsterde beek-eerdgrond is bodemchemisch wat voedselartermer dan de beek-eerdgronden van de andere terreinen, die deel uitmaken van grotere broekgebieden.

Blijkens een vergelijking met oudere gegevens valt in de vegetatie enige verandering te bespeuren die geleid heeft tot het verdwijnen van de kenmerkende vochtigheidsesoorten, de verschuiving van een bepaalde vegetatiezone naar een wat lager terreingedeelte en de toename van soorten die op een wat vergrote beschikbaarheid van fosfaat wijzen. Kennelijk werken hier de verandering in de waterhuishouding, de verandering in het beheer en de toegenomen bemesting van de omgeving samen.

In Nijkampsheide zijn een beek-eerdgrond en een veldpodzolgrond geanalyseerd met het oog op berekening van de vochtleverantie aan de vegetatie in afhankelijkheid van het grondwaterstandsverloop. Bij de verdere interpretatie van deze berekeningen moet bedacht worden, dat de vochtleverantie van de bodem slechts één van de voor spontane vegetatie belangrijke milieucomponenten is die door het grondwaterstandsverloop worden beïnvloed. In beide bodems werd een duidelijke vermindering van de vochtleverantie berekend als gevolg van gesimuleerde verlagingen van het natuurlijke grondwaterstandsverloop. Deze reactie treedt in de veldpodzolgrond onmiddellijk op en is in een gemiddeld jaar min of meer evenredig aan de verlaging, tot dat het niveau van grondwaterstandsverloop 50 cm beneden normaal is. Daarbeneden neemt de reactie op verdere dalingen af en beneden ca. 75 cm onder de normale stand verandert de vochtleverantie niet meer. De vochtleverantie van de beek-eerdgrond bleek slechts ongeveer half zo gevoelig voor kleine verlagingen, maar nam vrijwel evenredig af bij dalingen tussen 50 en 175 cm beneden het oorspronkelijke niveau. Eerst beneden ca. 250 cm hebben verdere dalingen geen effect meer op de vochtleverantie. De totale gevoeligheid is 3 à 4 maal zo groot als die van de veldpodzolgrond. In beide gevallen bleek dat de vochtleverantie in samenhang met de verschillen in bewortelingsdiepte en bodemeigenschappen binnen de proefplekken van plaats tot plaats sterk verschilt. Het effect van deze verschillen is in de veldpodzolgrond van dezelfde orde van grootte als het totale effect van de diepste ontwatering. In de beek-eerdgrond zijn deze verschillen minder groot zolang het grondwater niet sterk daalt.



Natuurgebied Loohuis (gem. Aalten)

8.3.4 Empese- en Tondense Heide

Van het onderzochte zuidoostelijke deel van ongeveer 25 ha wordt ca. 80% ingenomen door vegetatietypen van min of meer voedselarm milieu. Hier zijn onderscheiden: heidevegetatie, gagelvegetatie en moerasvegetatie met pijpestrootje en riet. Plaatselijk zijn deze vegetaties vervangen door denne- en eikebossen, berkebossen en sporkehout-berkestruweel. De typen op de voedselrijke plaatsen zijn elze-wilgestruwelen en -bossen en moerasvegetatie zonder riet. Deze zijn in de plaats gekomen van de vroeger aanwezige graslanden.

Doordat het een wat groter reservaat is, wordt de grondwaterstand minder beïnvloed door het ontwateringsstelsel van de omgeving. Tijdens de waarnemingsperiode 1977-1978 bevond de grondwaterspiegel zich gedurende het winterhalfjaar in het gehele terrein nabij het maaiveld. De laagste delen stonden blank. De grondwaterstanden in de randzones zijn lager dan in het centrum van het reservaat. De gemid-

delde verlaging van de grondwaterstand door ontwateringswerken werd geschat op 30 cm; vooral in de zomerperiode is het peil veel lager dan vroeger.

Op de hooggelegen plekken worden veldpodzolgronden aangetroffen met heidevegetatie, terwijl in de lager gelegen delen beek- of broekeerdgronden voorkomen met broekbos, zeggevegetatie en hooiland. Een zône met gooreerdgronden die begroeid zijn met gagelstruweel en met een zeer soortenarme pijpestrooitje-vegetatie, neemt een tussenpositie in.

De vegetatie is in de laatste decennia in soortgelijke zin veranderd als die van Nijkampsheide.

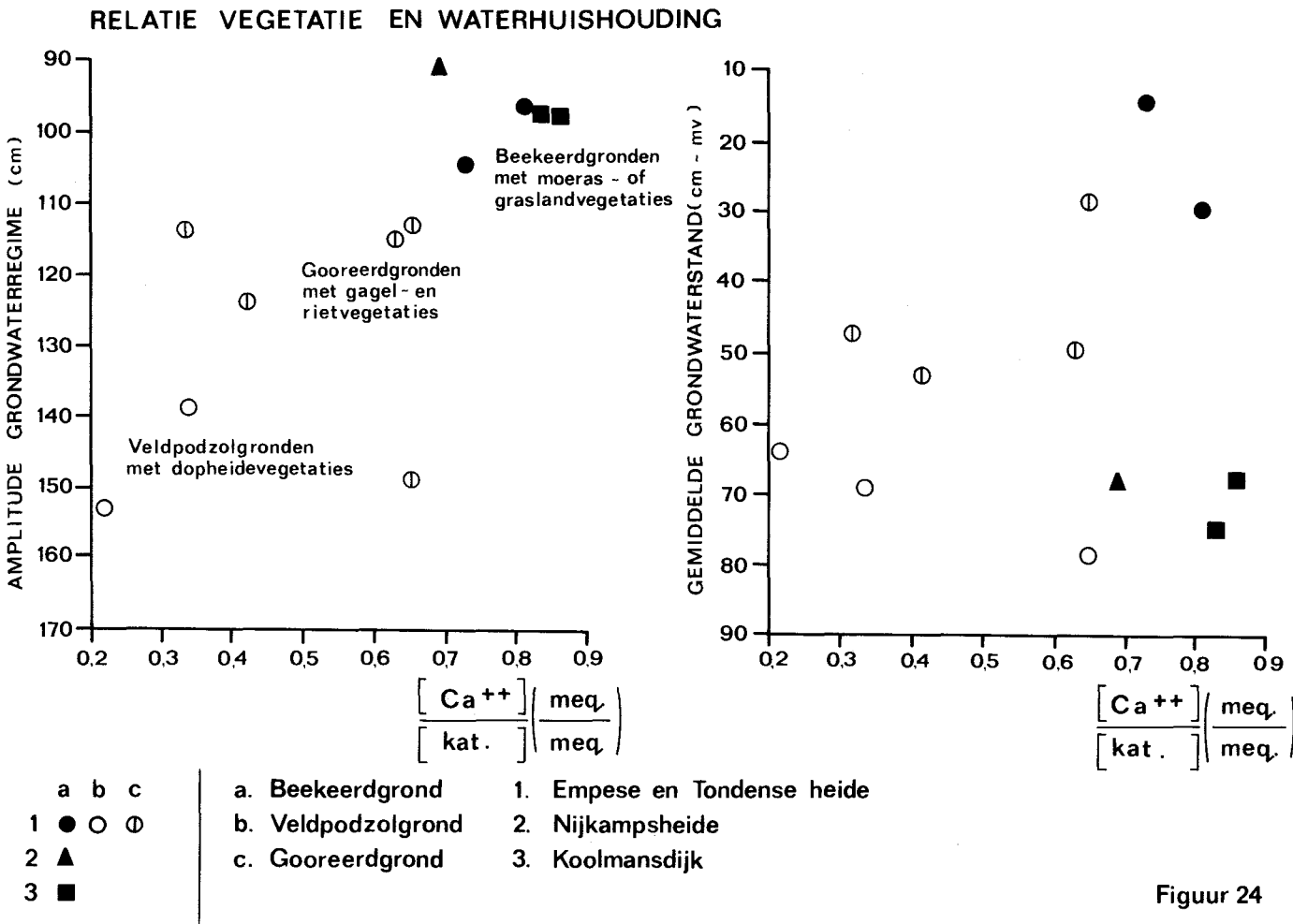
8.3.5 Landschapsecologische interpretatie

In het dekzandlandschap komen de grondwatertrap-pen (Gt) III en V het meest algemeen voor (zie ook par. 9.2). In de hogere delen (Gt V) heeft het grondwater een atmotroof karakter (chemisch gelijkend op de neerslag), terwijl in de lagere, natte, delen (Gt III) het

grondwater meer door het bodemmateriaal is beïn-vloed (zie par. 7.5). Deze lagere delen zijn van oudsher kwelgebieden, de hogere inzijgingsgebieden. De ver-schillen in hydrochemie komen goed tot uiting in het aandeel van calcium in het kationengehalte.

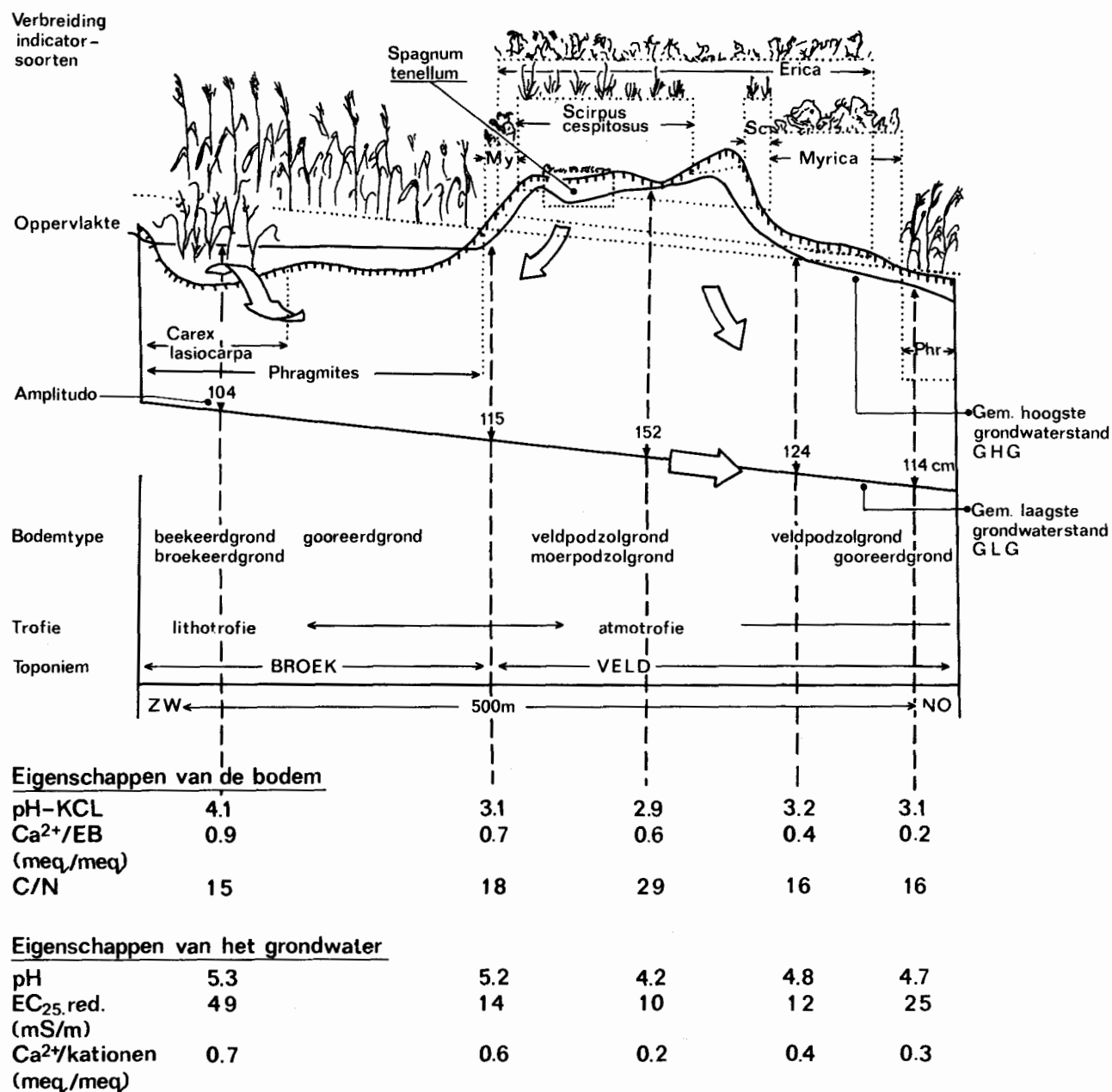
De grondwaterfluctuatie is in de hogere delen groter dan in de lagere delen van het gebied. Het is gebleken dat de waterchemie duidelijker in verband staat met de amplitude van de grondwaterstandsfluctuatie dan met de diepteligging daarvan ten opzichte van maaiveld. In de figuren 24 en 25 is dit geïllustreerd. Tevens blijkt dat er een grove correlatie is met de bodem en de vegeta-tie. Dit complex van variabelen, die in grote lijnen met de regionale geomorfologie samenhangen, is in figuur 25 geschematiseerd aan de hand van de situatie in Empese en Tondenseheide.

De reactie van de vegetatie op ingrepen in de water-huishouding is tamelijk complex. Zowel de heideve-getatie in de inzijgingsgebieden als de moerasvegeta-tie in de kwelgebieden maken plaats voor storingsge-



Figuur 24

**SCHEMATISCHE DOORSNEDE DOOR EMPESE EN TONDENSE HEIDE
MET INDICATORSOORTEN EN ABIOTISCHE GEGEVENS,
PIJLEN GEVEN STROOMRICHTINGEN AAN IN HET
HYDROLOGISCHE STELSEL**



EB= uitwisselbare kationen

EC_{25,red.}= Soortelijke elektrische geleiding met aftrek van de berekende bijdrage van H₃O⁺

Figuur 25

zelschappen. De veranderingen in de tussenliggende zône zijn op het eerste gezicht minder sterk. De heischrale graslandvegetatie ontwikkelt zich in de richting van een droge heide en het oorspronkelijke orchideerijke blauwgrasland in de richting van een soortenrijk vochtig grasland. Deze tussenliggende zône heeft echter van nature de meest „kieskeurige” soorten, die het moeten hebben van de regulerende werking van de wijde omgeving, welke men terugvindt in de gradient tussen inzijgings- en kwelgebied. Hiertoe behoort een deel van de thans nog in de onderzochte reservaten voorkomende soorten. Dergelijke soorten kunnen verdwijnen na veranderingen in de verre omgeving zonder dat het grondwaterstandsverloop ter plaatse duidelijk verandert, b.v. doordat de grondwaterkwaliteit anders is geworden.

Wanneer het grondwaterstandsverloop wél duidelijk is veranderd, kan onderscheid worden gemaakt tussen effecten op de vochtleverantie enerzijds en effecten op niet hydrologische omgevingscomponenten, zoals de luchthuishouding en de mobilisatie van organische en anorganische stoffen, anderzijds. Het lijkt erop of op de beeekeerdgronden de effecten van de laatste soort voor de vegetatie reeds merkbaar zijn bij geringe verlagingen, die nog geen beduidend verminderde vochtleverantie veroorzaken. Op de veldpodzolgronden zou echter heel goed bij zulke geringe verlagingen de veranderende vochtleverantie van meer invloed op de vegetatie kunnen zijn dan chemische veranderingen.

Het verdient aanbeveling om de verkregen kennis ten aanzien van de gebruikswaarde van natuurreservaten in relatie tot hydrologische gradienten, in de toekomst als uitgangspunt te nemen bij de ontwikkeling van een karteringstechniek ten behoeve van een provinciaal beleidsplan voor natuurbehoud. Hiertoe zal het zeker noodzakelijk zijn ook andere typen natuurgebieden in het onderzoek te betrekken. Detaillering kan worden aangebracht door rekening te houden met de nutriëntenvoorraad in de bodem en met de vochtleverantie in relatie tot waterstandsval. Door het onderzoek is het duidelijk geworden dat de waterhuishouding op verschillende manieren inwerkt op de vegetatie en dat daarbij lang niet altijd de watervoorziening van de planten, maar veeleer voedingsstoffen betrokken zijn.

8.4 Samenvatting

Nadat in de eerste onderzoeksperiode van de C.W.G. het ecologische onderzoek het karakter droeg van inventarisatie en waardering van natuurgebieden, is gedurende de tweede periode de relatie tussen fysische en chemische factoren en natuurlijke elementen zoals vegetaties en macrofauna's van beken, bestudeerd. Hierdoor werd een meer samenhangend beeld tussen waterhuishouding en natuurlijke elementen verkregen, waardoor het mogelijk wordt natuurbehoud en waterbeheer meer op elkaar af te stemmen.



Stuw "De Pol"
Doetinchem

9 INTEGRALE WATERBEHEERSYSTEMEN

9.1 Inleiding

Het doel van deze systemen is het bewerkstelligen van een optimaal beheer van de gehele waterhuishouding. Hiervoor is het nodig de subbeheersystemen Waterwinning, Waterbeheersing, Waterkwaliteitsbeheer en Natuurbehoud op elkaar af te stemmen en te integreren.

Dit betekent dat de uitgangspunten voor de subbeheersystemen dienen te worden vastgesteld. De vraagstukken die aan de orde komen, zijn: een onderlinge afweging van belangen, die betrokken zijn bij het water, de maximale hoeveelheid beschikbaar grond- en oppervlaktewater per regio, de gewenste kwaliteit van grond- en oppervlaktewater per regio (waterkwaliteitsnormen), de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewater en de kwaliteit daarvan uit het landelijk systeem (de grote rivieren) en het prijs- en subsidiebeleid. Het kiezen uit verschillende mogelijkheden is alleen mogelijk indien men de consequenties van de keuze kan overzien.

In dit hoofdstuk wordt het optimalisatie-vraagstuk in twee fasen beschouwd. In de eerste fase (paragraaf 9.2) kan vanuit het aanbod van grond- en oppervlaktewater een sub-optimalisatie plaatsvinden. Een voorselectie van alternatieve waterbeheersmaatregelen is hierdoor mogelijk. De bestaande waterhuishoudkundige toestand en de daarbij betrokken belangen, alsmede de gevolgen van bepaalde ingrepen daarin, worden daartoe op een overzichtelijke wijze gepresenteerd in de vorm van overzichtscartogrammen en daarna integraal bekeken met behulp van het multicriteria afwegingsmodel GELPAM.

In de tweede fase (paragraaf 9.4) wordt ook de vraag naar water door huishoudens, bedrijven en landbouw in de beschouwing betrokken. Hiervoor zijn respectievelijk de modellen HUISIM, AQUASIM en UNSAT beschikbaar.

Voor de integratie van vraag- en aanbodmodellen van water zijn de multi-criteria afwegingsmodellen AQUAFLEX en GELPAM geschikte hulpmiddelen om tot een optimalisatie van het waterbeheer te komen.

Een voorbeeld om de toepasbaarheid van deze modellen te demonstreren zal in dit hoofdstuk worden uitgewerkt. Meer rekenwerk is nodig voor een volledige analyse, terwijl tevens terugkoppelingen naar de

subbeheersystemen noodzakelijk zijn. Dit is thans nog niet gebeurd, zodat aan de uitkomsten slechts indicatieve betekenis mag worden toegekend. Bovendien is bij het opstellen van alternatieve integrale waterbeheersplannen aan het subbeheersysteem Kwaliteitsbeheer weinig aandacht besteed.

9.2 Overzichtskarten van de waterhuishouding

De bestaande waterhuishoudkundige toestand en de deelbelangen die bij het water zijn betrokken, als ook de gevolgen van bepaalde ingrepen in de waterhuishoudkundige toestand, zijn gepresenteerd in de vorm van overzichtscartogrammen. Voor ieder aspect wordt de informatie per element met een oppervlakte van 1 km² weergegeven.

Gezien het globale karakter van de kaarten is het gebruik ervan alleen voor de lange-termijnplanning van het waterbeheer geschikt. Voor het uitvoeren van waterbeheerswerken moet veel meer in detail gegaan worden.

De cartografische weergave van de berekende of ingevoerde gegevens werd uitgevoerd met het computerprogramma SYMAP, afkomstig van de Harvard Universiteit (U.S.A.). Het programma biedt de mogelijkheid om de legenda en het kaartuiterlijk aan te passen aan speciale wensen. Een aantal van de beschikbare kaarten wordt in dit rapport gepresenteerd.

9.2.1 Landbouwwaterhuishouding

Bij deze kaarten is uitgegaan van representatieve bodemprofielen. Deze zijn ontleend aan beschikbare bodemkaarten en aanvullend veldbodemkundig onderzoek. Per element van één km² is het meest voorkomende bodemprofiel aangegeven. Van de bodemprofielen is een aantal eigenschappen, die de vochtleverantie bepalen, gekwantificeerd. Het betreft hier de dikte van de wortelzone, de vocht karakteristiek van de wortelzone en de ondergrond (pF-curve) en het capillaire geleidingsvermogen van de ondergrond (K(ψ)-relatie). De grondwatertrap van het representatieve bodemprofiel beschrijft het gemiddelde grondwaterstandsverloop gedurende het jaar. In tabel 19 wordt

Tabel 19 Geschematiseerde grondwaterstandsverlopen behorende bij elf grondwatertrappen (Gt's), in cm onder maaiveld.

Grondwatertrap	G.H.G.		G.V.G.		G.L.G.	
	Traject	Rekenwaarde	Traject	Rekenwaarde	Traject	Rekenwaarde
I	<20	10	< 40	20	<50	45
II	<40	15	< 60	40	50-80	70
II*	<40	30	< 60	50	50-80	70
III	<40	20	< 70	50	80-120	110
III*	<40	40	< 70	65	80-120	110
IV	>40	60	> 60	80	80-120	110
V	<40	30	< 70	60	>120	140
V*	<40	40	< 70	70	>120	150
VI	40-80	60	> 70	90	>120	160
VII	>80	100	>110	130	>160	200
VII*	>80	200	>110	230	>160	300

deze omschrijving aangegeven met de gemiddeld hoogste grondwaterstand (G.H.G.) de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand op 15 april (G.V.G.) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (G.L.G.)

Op basis van de meteorologische gegevens van het station Winterswijk gedurende de periode 1911 t/m 1975 en uitgaande van een bodemgebruik als grasland is met het model UNSAT de relatieve verdamping en de relatieve productie bij verschillende droogtekansen berekend voor elk maatgevend bodemprofiel en de bijbehorende grondwatertrap. De relatieve verdamping geeft de verhouding tussen werkelijke en potentiële verdamping weer. Hieruit kan tevens de waterbehoefte voor de verschillende droogtekansen worden afgeleid.

De berekeningen zijn herhaald voor situaties, waarbij de G.V.G. en de G.L.G. zijn verlaagd met 10, 20, 30 ... 300 cm. Hieruit kan de gevoeligheid voor grondwaterstandsverlaging worden afgeleid (zie figuur 26). De gevoeligheid voor verdroging is op twee manieren gekarakteriseerd door:

- a. de grondwaterstandsverlaging in cm, waarbij een productieverlies van 5% optreedt;
- b. het productieverlies bij een grondwaterstandsverlaging van 300 cm.

Naast een toename van de verdroging door grondwaterstands daling kan er ook een vermindering van de wateroverlast optreden. Hierover is in het verleden veel onderzoek gedaan, o.a. door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland T.N.O. (C.O.L.N.) In het C.O.L.N.-onderzoek zijn onder meer voor zeven bodemprofielen de verbanden aangegeven tussen de zomer-grondwaterstand, de win-

ter-grondwaterstand en de opbrengst van akkerbouwgewassen en grasland. De zomer- en winter-grondwaterstanden zijn in een later stadium in een G.L.G. en G.H.G. omgezet. De verbanden omvatten een natte tak, waarin de aspecten die als wateroverlast gekwalificeerd worden zijn ondergebracht: beluchting, stevigheid van de bodem, bewerkbaarheid, temperatuur e.d.

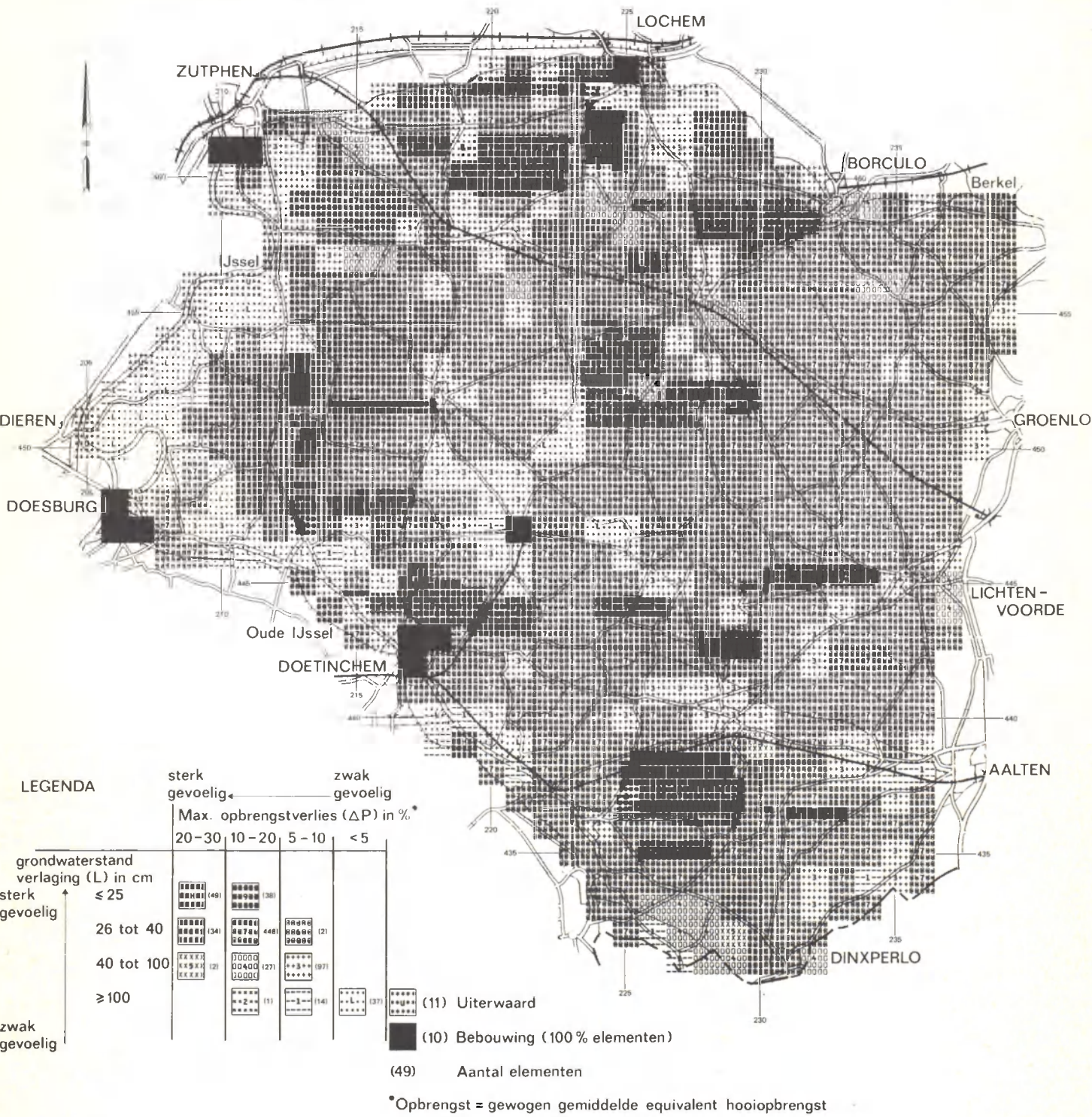
In tabel 20 zijn de opbrengstdepressie-percentages veroorzaakt door wateroverlast voor de verschillende grondwatertrappen en voor vier onderscheiden grondsoorten gegeven bij gebruik als grasland.

De resultaten van de toepassing van gegevens van deze tabel op Oost-Gelderland zijn weergegeven in figuur 27.

Tabel 20 Opbrengstdepressie-percentages door wateroverlast bij verschillende grondwatertrappen en vier grondsoorten en gebruik als grasland (ontleend aan Haans en van Soesbergen, 1977).

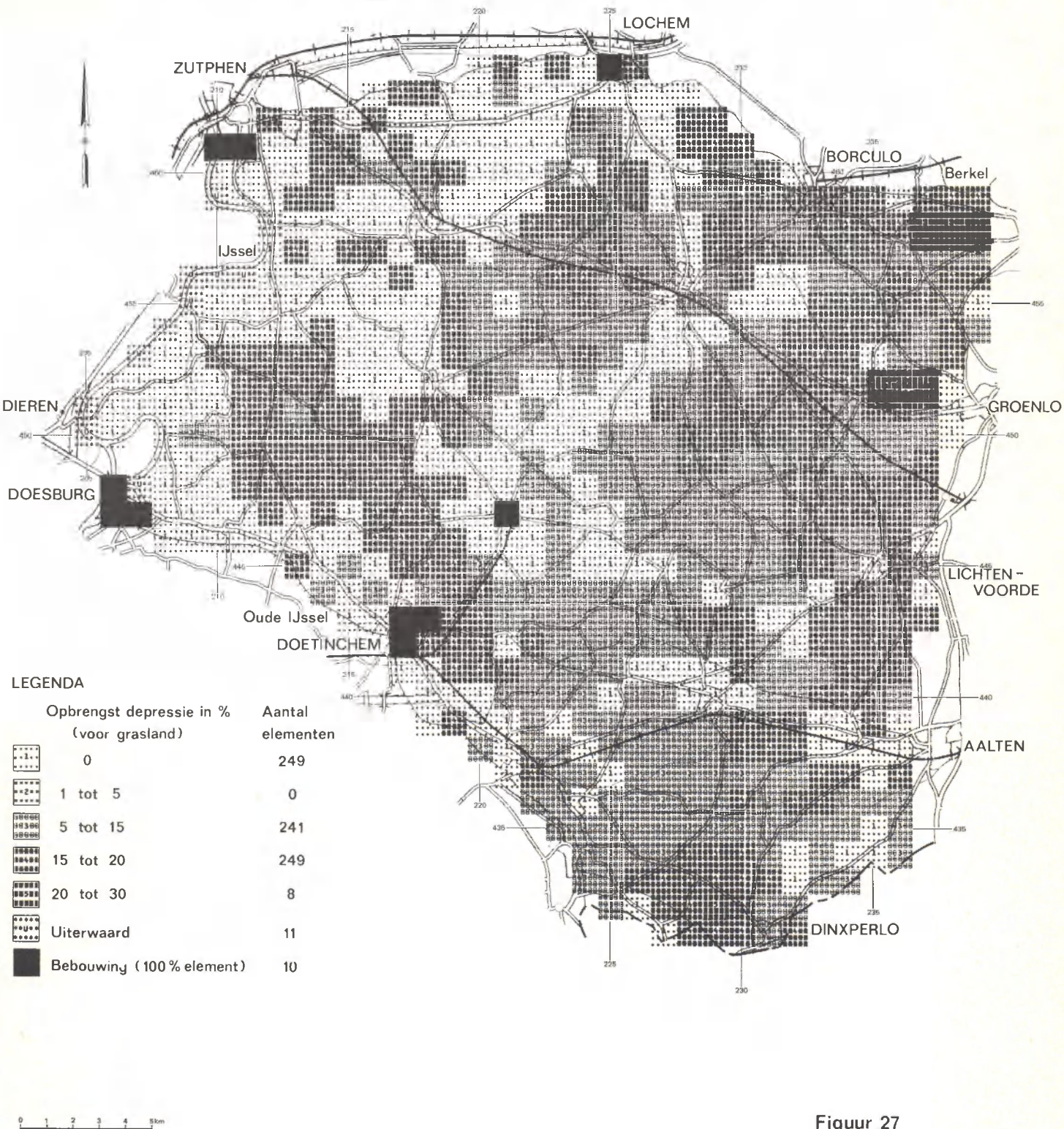
Grondwatertrap	Opbrengstdepressie-percentage grasland			
Gt	Klei	Zand	Veen	Leem
I	—	—	30	—
II	23	25	25	23
II*	10	10	12	10
III	16	18	20	16
III*	5	5	5	5
IV	0	0	0	0
V	9	9	12	9
V*	0	0	0	0
VI	0	0	0	0
VII	0	0	0	0
VII*	0	0	0	0

WATERHUISHOUDING OOST-GELDERLAND
 Kartogram van de gevoeligheid voor grondwaterstandsverlaging van
 het representatieve profiel per element (= 100 ha)



Figuur 26

WATERHUISHOUDING OOST - GELDERLAND
 Kartogram van de opbrengstdepressie tengevolge van wateroverlast van
 het representatieve profiel per element (= 100 ha)



Figuur 27

Opgemerkt wordt dat de kennis ten aanzien van de wateroverlast nog steeds sterk empirisch is. De laatste jaren wordt echter gewerkt aan meer theoretisch onderbouwde modellen, waarbij de processen in beschouwing worden genomen die via de waterhuishouding van invloed zijn op de teeltmaatregelen, de gewasgroei en uiteindelijk op de opbrengst. Tot nu toe is deze methode slechts voor twee bodemtypen uitgewerkt.

In het basisrapport van de „Bezinningsgroep” is een aantal cartogrammen met betrekking tot de landbouwwaterhuishouding opgenomen.



Hoge waterstand februari 1980

9.2.2 Technische winbaarheid van grondwater (Oost-Gelderland)

Door een groot aantal diensten is in het verleden geo-hydrologisch onderzoek in Gelderland verricht. Bij het onderzoek wordt o.a. getracht de dikte D en de horizontale doorlatendheid K van het watervoerend pakket vast te stellen. Het produkt van beide factoren KD wordt wel het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket genoemd. Van tussenliggende slecht doorlatende lagen wordt de weerstand tegen verticale stroming C vastgesteld, opdat een inzicht verkregen wordt in de mate van samenhang tussen de watervoerende pakketten. Deze factoren zijn van groot belang in verband met de technische winbaarheid van grondwater.

In het algemeen kan gesteld worden dat hoe groter het doorlaatvermogen (KD) is, hoe meer water bij dezelfde grondwaterstandverlaging kan worden gewonnen. Het is dan ook deze grootheid, die voor Oost-Gelderland in kaart is gebracht: figuur 28. Voor het overige deel van Gelderland was dit nog niet mogelijk bij gebrek aan gegevens. Er is uitgegaan van één watervoerend pakket, omdat in het algemeen de c -waarde van de weerstandbiedende lagen relatief gering is ofwel gegevens over de aanwezigheid van deze lagen ontbreken.

Van de gebieden, waarover nog geen regionale interpretaties zijn gepubliceerd, is aan de hand van de resultaten van diverse onderzoeken de KD -waarde geschat. De op deze wijze verkregen informatie heeft slechts een indicatieve waarde. Gezien het globale karakter van de verzamelde geo-hydrologische parameters is een vrij grove klasse-indeling aangehouden. Opgemerkt dient te worden, dat bij de technische winbaarheid van het grondwater geen rekening is gehouden met de grondwaterkwaliteit.

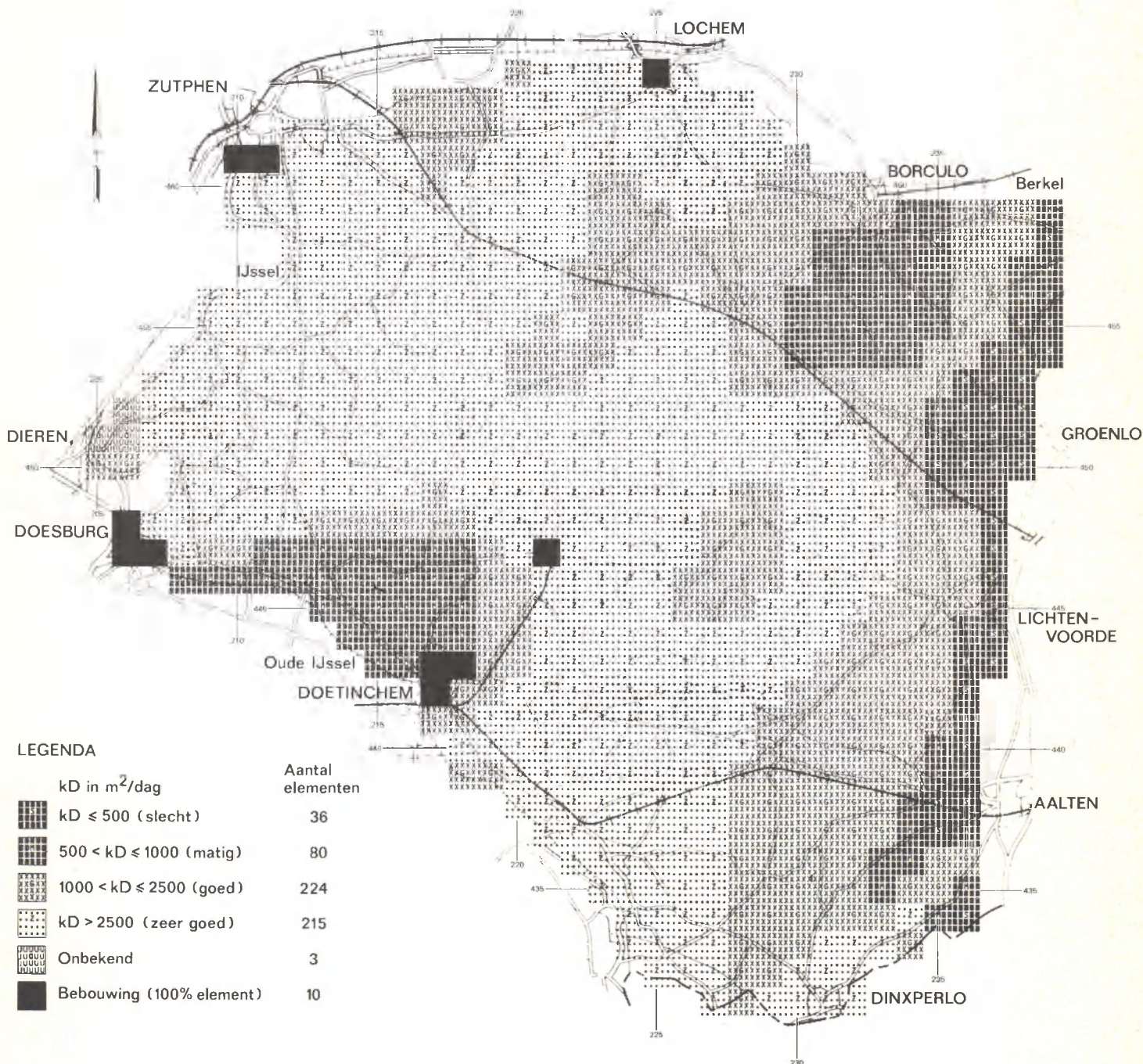
9.2.3 Grondwaterinvloed en natuurwaarde (Oost-Gelderland)

In de eerste periode van het onderzoek is een globale vegetatiekartering van alle bos- en heideterreinen en een hydrobiologische kartering van alle beken in Oost-Gelderland uitgevoerd. De vegetatiekartering is gebaseerd op de indeling van de plantengemeenschappen in Nederland. Vervolgens werden de natuurterreinen en de beken respectievelijk botanisch en hydrobiologisch gewaardeerd. Bij de waardering werd gebruik gemaakt van rangorde-schalen, die vooral gebaseerd zijn op zeldzaamheid. De relatie tussen vegetatie en waterhuishouding is gezocht via de grondwaterstand, uitgedrukt in grondwatertrappen. Verschillen in vochtleveranties van diverse grondsoorten, de eventuele aanwezigheid van ondiep gelegen slecht doorlatende lagen en de chemische samenstelling van het grondwater werden niet beschouwd.

Van verschillende zijden is hierop kritiek geuit, omdat men de studie enerzijds te statisch vond aangezien veranderingen in de tijd buiten beschouwing bleven en anderzijds te lokaal aangezien de regionale samenhang van de verschillende natuurgebieden werd verwaarloosd. Daarom is in de tweede periode van het onderzoek een drietal natuurgebieden gedetailleerd onderzocht, waarover in hoofdstuk 8 werd gerapporteerd.

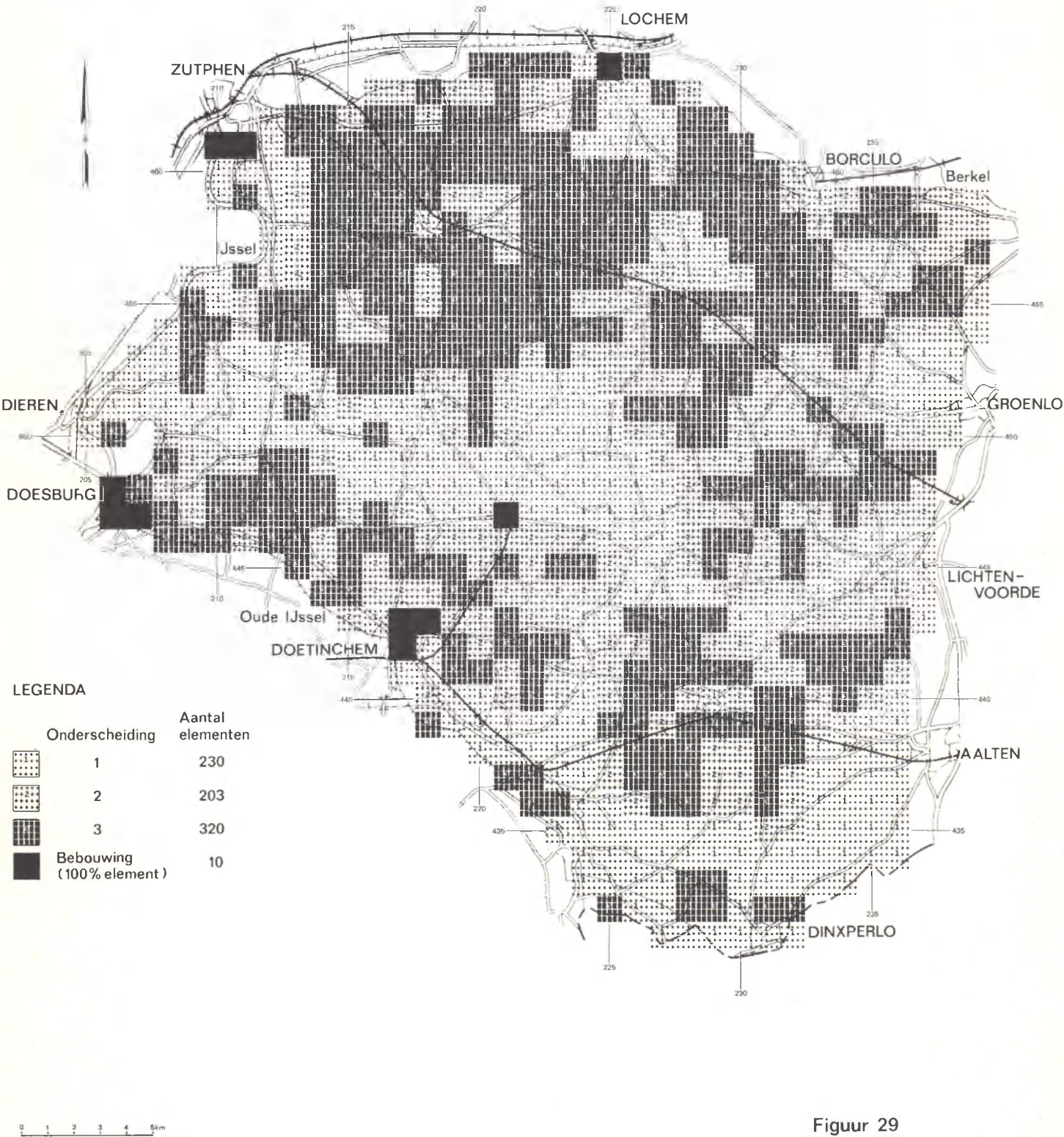
WATERHUISHOUDING OOST-GELDERLAND

Kartogram van de technische winbaarheid van grondwater per element (=100 ha)



Figuur 28

WATERHUISHOUDING OOST-GELDERLAND
 Kartogram van grondwaterinvloed en natuurwaarden per element (=100ha)



Figuur 29

Voor het integrale onderzoek was het echter toch noodzakelijk enig inzicht te hebben in de relatie grondwater – natuurwaarde op regionale schaal. Daarom is een speciale kaart gemaakt, gebaseerd op de reeds bestaande kaart van „Natte en vochtige natuurgebieden” van Staatsbosbeheer. De inhoud van deze kaart is overgebracht naar het kilometernetwerk voor Oost-Gelderland. De vanwege hun natuurwaarde belangrijke beekdalen zijn eveneens in kaart gebracht. In figuur 29 zijn de resultaten voor Oost-Gelderland weergegeven. Op de kaart komen drie legenda-eenheden voor:

Vochtig of nat gebied met een hoge natuurwaarde (3).

In deze vakken zijn dikwijls waterhuishoudkundige veranderingen gewenst om de kwaliteit van de natuurgebieden in de toekomst te kunnen behouden. De meeste natuurgebieden zijn geïsoleerde restjes van vroegere vochtige of natte zônes in het landschap van Oost-Gelderland. Soms ging het daarbij om moerasen, waar de wortelzone zich tot onder het phreatisch vlak bevond. Elders speelde tenminste in een belangrijk gedeelte van het seizoen de capillaire opstijging een rol. Voor zover kon worden nagegaan is dit ook in de resterende natuurgebieden thans nog het geval.

De plantengemeenschappen in deze natuurgebieden zijn mede afhankelijk van de chemische samenstelling van het grondwater. Deze is zeker in het bovenste gedeelte van het grondwaterreservoir op veel plaatsen thans anders dan vroeger als gevolg van afvalwaterlozingen, uitspoeling van wegzout en meststoffen, veranderde kwaliteit van infiltrerend regenwater en de aanvoer van grond- en oppervlaktewater uit andere gebieden. Een nadere geografische aanduiding van deze veranderingen vergt nog veel onderzoek. Grondwaterkwaliteitsmodellen zouden hierbij een nuttig hulpmiddel kunnen zijn.

Waterhuishoudkundige maatregelen in deze elementen, die niet zijn afgestemd op het natuurbeheer, zullen vrijwel steeds op ernstige bezwaren van de zijde van natuurbeheerders stuiten. Ten slotte moet worden opgemerkt, dat de totale oppervlakte van „vochtig of nat natuurgebied” ongeveer 4% bedraagt van de totale oppervlakte van Oost-Gelderland. Ongeveer 40% van alle elementen wordt door legenda-eenheid 3 ingenomen; hetgeen wil zeggen, dat gemiddeld per element met legenda-eenheid 3 ca. 10% vochtig of nat natuurgebied met een hoge waarde voorkomt.

Potentieel waardevolle gebieden (2).

De in deze elementen voorkomende resten van vochtige of natte gebieden zijn te klein om aan het vereiste minimum-areaal voor de voorkomende levensgemeenschappen te kunnen voldoen en zullen daardoor in waarde nog verder achteruitgaan. Het is vanuit natuurbeheersoogpunt gewenst deze gebieden tot natuurgebied te ontwikkelen. Te zijner tijd zal een natuurtechnisch ontwikkelingsplan moeten worden opgesteld, waaruit ook waterhuishoudkundige maatregelen zullen voortvloeien. Het vooruitlopen daarop door maatregelen, die hydrologisch ingrijpend zijn, lijkt daarom in de 2-hokken verwerpelijk.

Overig (1)

Dit gebied omvat alle overige elementen. Sommige hiervan bevatten belangrijke natuurgebieden, die echter niet „vochtig of nat” zijn. Dat betekent dat verlaging van de grondwaterstand voor deze gebieden zelf niet als schadelijk wordt ervaren; een verhoging van de grondwaterstand zal dit echter dikwijls wel zijn. Uit wat reeds eerder in deze toelichting is opgemerkt volgt tevens, dat bij elke geplande ingreep nagegaan dient te worden, wat de uitstralingseffecten zijn. Daarbij moet vooral rekening gehouden worden met maatregelen, die invloed uitoefenen op de kwaliteit van het grondwater, omdat zij pas na enige decennia in een natuurgebied elders tot uiting komen. Het gaat hier immers dikwijls om infiltratiegebieden voor de neerslag. Over deze uitstralingseffecten is veel minder bekend dan over de effecten van de kwantitatieve waterhuishouding, zoals peil en peilschommelingen. Ook de kwantitatieve aspecten van de waterhuishouding zouden met zich mee kunnen brengen, dat een deel van de als 1 aangeduide elementen nodig is als bufferzone.

Opmerking.

Het gebruik van de kaart is beperkt tot signalering in de studiefase voor het waterbeheer op lange termijn. Voor de feitelijke beleidsvoorbereiding, waarbij over gedetailleerde gegevens betreffende de natuurwaarde in het aangegeven gebied moet worden beschikt, zal een grondiger kartering noodzakelijk zijn.

De huidige informatie is zelfs voor de planning van het waterbeheer op langere termijn ontoereikend.

9.3 Integratieprocedures bij het gebruik van de aspectkaarten

Voor het opstellen van alternatieve waterbeheersplannen en het kiezen hieruit is het nodig verschillende cartogrammen met elkaar in verband te brengen. Indien zeer veel aspecten een rol spelen en daardoor veel deskundigen bij de studie betrokken worden, is het afwegen van belangen een complexe zaak. Dit proces kan extra worden bemoeilijkt indien irrelevante overwegingen bij de betrokken personen de bovenaan gaan voeren. Daarom zijn er in de laatste jaren een aantal methodieken ontwikkeld als hulpmiddel in het beslissingsproces. Deze methodieken worden aangeduid als multi-criteria afwegingsmodellen. Het nut van deze modellen wordt sterk bepaald door de mate waarin zij geaccepteerd worden door de bij het beslissingsvraagstuk betrokken personen.

De multi-criteria afwegingsmodellen hebben de volgende kenmerken:

- beleid en beleidsvoorbereiding worden duidelijk gescheiden, zonder evenwel de wisselwerking tussen beide te verwaarlozen;
- er wordt gewerkt met alternatieve plannen;
- er wordt gewerkt met verschillende criteria, eventueel met verschillende dimensies. Er kan een hiërarchie in criteria worden aangebracht;
- de alternatieve plannen worden eerst per criterium tegen elkaar afgewogen door één of meer specialisten; vervolgens worden de criteria gewogen door de beslissers;
- beide genoemde afwegingen leiden tot de integrale afweging, waarbij de keuze van de oplossing sterk bepaald wordt door de samenstelling van de groep van beslissers;
- gevoeligheidsanalyses geven aan in hoeverre de gekozen oplossing afhankelijk is van de gewichten van de criteria;
- de resultaten van de afweging en de gevoeligheidsanalyses kunnen aanleiding geven tot een herformulering van de plannen en de criteria.

De werkwijze is als volgt. Een aantal alternatieve concrete waterbeheerprojecten wordt op alle beleidsrelevante cartogrammen gezet. Per kaart (criterium) worden nu eerst de projecten onderling met elkaar vergeleken. Hierbij wordt tevens de gehele omgeving van het project in de beschouwing betrokken. Dit kan door verschillende deskundigen geschieden, waarbij gebruik wordt gemaakt van relatieve gewichten in een ordinale (rangorde) schaal. Hieruit volgt een rangorde van projecten, die voor de diverse criteria echter zal

verschillen. De volgende stap is dan ook de criteria onderling te wegen. Dit geschiedt op dezelfde wijze, hetgeen resulteert in een rangorde van de criteria. Combinatie van beide wegen leidt tot een keuze uit de verschillende projecten.

In verband met de aspectkaarten is het model GELPAM toegepast. Hierbij moest door zeven hypothetische personen een keuze worden gemaakt uit zeventien alternatieve lokaties voor een te bouwen drinkwaterpompstation, waarbij gebruik werd gemaakt van zes aspectkaarten.

Het bleek, dat de methode zonder veel problemen kon worden toegepast. De verwachting is dan ook, dat voor de planning van het regionale waterbeheer GELPAM in combinatie met de andere modellen een nuttig hulpmiddel kan zijn. Voor een uitvoeriger beschouwing wordt verwezen naar het betreffende basisrapport.



Meetstuw, type H - flume

9.4 Integratie van vraag en aanbod van water

9.4.1 Probleemstelling

In de eerste periode van het onderzoek werd getracht om aan het waterbeheer een meer integraal karakter te geven door de waterbehoefte voor landbouw, huishoudens en bedrijven, natuur en landschap, milieuhygiëne, recreatie enz. te confronteren met het natuurlijke aanbod van water. Hiertoe werd in eerste instantie een economisch model voor de drink- en industrie-watervoorziening opgesteld voor Oost-Gelderland. Het geëxtrapoleerde verbruik van water werd als vraagcurve en de steeds duurder wordende watervoorziening als aanbodcurve gebruikt en het snijpunt van deze curven werd als optimum beschouwd. Tegen deze aanpak is een aantal bezwaren in te brengen:

- bij de samenstelling van de vraag- en aanbodcurven gaat door de sommatie van de gegevens veel informatie verloren;
- de vraagcurve die ontstaat door extrapolatie van een historische reeks van waterverbruiken geeft geen informatie over de invloed van de waterprijs, bemetering enz. op de vraag naar water;
- in de aanbodcurve zijn de maatschappelijke kosten, dat wil zeggen verminderingen in welzijn, die meestal moeilijk in geld zijn uit te drukken, zoals bijvoorbeeld het verlies aan natuurgebied, niet opgenomen.

Verdere complicaties ontstaan indien vraag en aanbodmodellen ook voor de sectoren landbouw, milieuhygiëne enz. moeten worden ontworpen. Deze hebben ook hun maatschappelijke kosten en bovendien moeten deze modellen met elkaar in verband worden gebracht.

Een laatste belangrijk probleem van deze methode is de vraag in hoeverre de waarde-oordelen van de besluitvormende instanties in het model kunnen worden verwerkt en hoe het model als verbindingsschakel tussen de deskundigen en de bestuurders kan worden gebruikt.

Teneinde aan bovengenoemde bezwaren tegemoet te komen, zijn in de tweede studieperiode multi-criteria methoden toegepast. Als studiegebied werd wederom Oost-Gelderland gekozen.

9.4.2 Het beleidsanalysemodel AQUAFLEX (methode Paelinck)

Het model is een middel waarmee aan de hand van afwegingscriteria uit verschillende objecten kan worden gekozen. In tabel 21 is een voorbeeld gegeven.

Tabel 21 Voorbeeld van de multi-criteria methode

Gewicht W der criteria	Object O Criterium C	O ₁	O ₂	O ₃
3	C ₁	3	2	1
2	C ₂	2	3	1
1	C ₃	2	1	3

Tabel 21 geeft aan dat volgens criterium C₁ het object O₁ beter is dan O₂ en O₂ beter is dan O₃. Verder geeft de tabel aan, dat criterium C₁ belangrijker is dan C₂ en C₂ belangrijker dan C₃. Indien men nu object en criteriumgewicht zou mogen vermenigvuldigen (zgn. cardinale benadering) dan verkrijgt men de volgende scores (tabel 22).

Tabel 22 Score der objecten (cardinaal)

Object O Criterium C	O ₁	O ₂	O ₃
C ₁	9	6	3
C ₂	4	6	2
C ₃	2	1	3
Totaal	15	13	8

Het blijkt dat object O₁ het beste is (score = 15), dan volgt O₂ (score = 13) en dan O₃ (score = 8).

Het is ook mogelijk om deze methode ordinaal toe te passen, waarbij 3 alleen de betekenis heeft van méér dan 2 en 2 die van méér dan 1. Voor de theorie zij verwezen naar bijlage 5 (niet in verkorte versie aanwezig).

Voor de objecten kunnen plannen worden ingevuld en voor de criteria aandachtspunten van de bestuurders. Plannen en aandachtspunten kunnen door de onderzoekers slechts in overleg met de bestuurders worden gekozen en vastgesteld.

Om een rekenvoorbeeld te kunnen geven werden enkele fictieve plannen opgesteld voor Oost-Gelderland, waarbij een aantal criteria min of meer willekeurig werd gekozen. Voor een beperkt aantal functies van het water werd een relatiepatroon opgesteld (tabel 23). Aan de hand hiervan werd een aantal plannen ontworpen onder de volgende veronderstellingen. (figuur 30)

Cultuurtechnische werken, berekening.

- a. ontwatering van die gemeenten waarvoor de urgentie hiertoe matig of groot is (zie hoofdstuk 5). Het betreft in totaal 46 000 ha grasland;
- b. de netto baten van ontwatering zijn gesteld op gemiddeld f 30,- per ha per jaar, als verschil tussen de mééropbrengst van f 280,- per ha per jaar en de jaarlijkse lasten van f 250,- per ha per jaar (prijzen omstreeks 1978);
- c. indien vanwege de aanwezige natuurgebieden compenserende werken (omleidingen, stuwen enz.) moeten worden uitgevoerd, zijn de kosten van ontwatering met 50% verhoogd, zodat de jaarlijkse last f 375,- per ha wordt;
- d. de prognose voor de waterbehoefte is opgesteld voor een groeiseizoen (15 april tot 15 september) met een droogtegraad, die eens in de tien jaar wordt bereikt of overschreden. Als alternatieven zijn berekend de berekening van resp. 50%, 25% en 13% (situatie 1976) van het graslandareaal van 80 000 ha. De berekeningen zijn gemaakt met het model UNSAT;
- e. de netto baten van berekening zijn gesteld op gemiddeld f 130,- per beregende ha per jaar, indien het bedrijf zelf grondwater wint. In geval van gebruik van oppervlaktewater vallen de kosten van grondwaterwinning weg, maar die van watertoevoer komen ervoor in de plaats, zodat de netto baten gemiddeld op f 85,- per jaar per beregende ha komen (prijzen 1978). Indien grotere werken voor watertoevoer nodig zijn – en dat is nodig indien méér dan 10% van het grasland vanuit oppervlaktewater moet worden beregend – is een netto verlies van ca. f 20,- per ha per jaar aangenomen. Vermoedelijk ligt dit verlies veel hoger.

Drink- en industriewatervoorziening.

- a. de prognose voor de huishoudelijke vraag naar water is berekend met het model HUISIM nr. 6 (bij-

- lage 4 niet in verkorte versie aanwezig). Voor de verschillende plannen zijn óf minimum, óf gemiddelde óf maximum prognoses voor 1990 berekend;
- b. het tarief van leidingwater is voor kleinverbruik op f 1,- per m³ gesteld en bij grootverbruik op f 0,50 per m³ (prijzen 1977). Indien in het model prijsmaatregelen werden getroffen, werden deze tarieven met 20% verhoogd;
- c. de kosten van het door de industrie zelf gewonnen water werden arbitrair op f 0,10 per m³ gesteld (prijzen 1976). Indien in het model een heffing op grondwaterwinning is ingevoerd, is deze op f 0,25 per m³ gesteld (prijzen 1976);
- d. de beschikbare hoeveelheid grondwater is op 70.10⁶ m³ per jaar gesteld voor een jaar met een droogtegraad, die eens in de tien jaar wordt bereikt of overschreden. In een nóg droger jaar mag deze hoeveelheid worden overschreden;
- e. voor de locatie van nieuwe drinkwaterpompstations wordt óf uitgegaan van het 10-jarenplan van de VEWIN óf van locaties met minimale landbouwschade (zie hoofdstuk 6).

Natuurbehoud en beheer.

- a. in het kader van de „Bezinningsgroep” (par. 9.2.3) werd een kaart samengesteld, waarop per km² is aangegeven of vochtige of natte natuurterreinen met hoge natuurwaarde voorkomen. Deze kaart is gebruikt als obstakelkaart;
- b. vijf gemeenten die vrijwel op iedere km² dergelijk natuurgebied hebben, zijn „natuurgemeenten” genoemd. Dit zijn: Winterswijk, Vorden, Hummelo en Keppel, Herwen en Aerdts en Pannerden. Voor de gemeenten Winterswijk, Vorden en Herwen en Aerdts is volgens hoofdstuk 5 de ontwatering urgent voor in totaal 10 000 ha grasland. Hiervoor zijn als alternatieven opgenomen: wel of niet ontwateren.

Waterzuivering.

- a. de plannen van het zuiveringsschap zijn gevolgd. Als alternatief is defosfatering bij de RZI Winterswijk opgenomen. De kosten hiervan zijn gesteld op f 100.000,- per jaar;
- b. in sommige plannen is de heffing op afvalwaterlozing verhoogd tot f 32,- per inwonerequivalent (prijzen 1970).

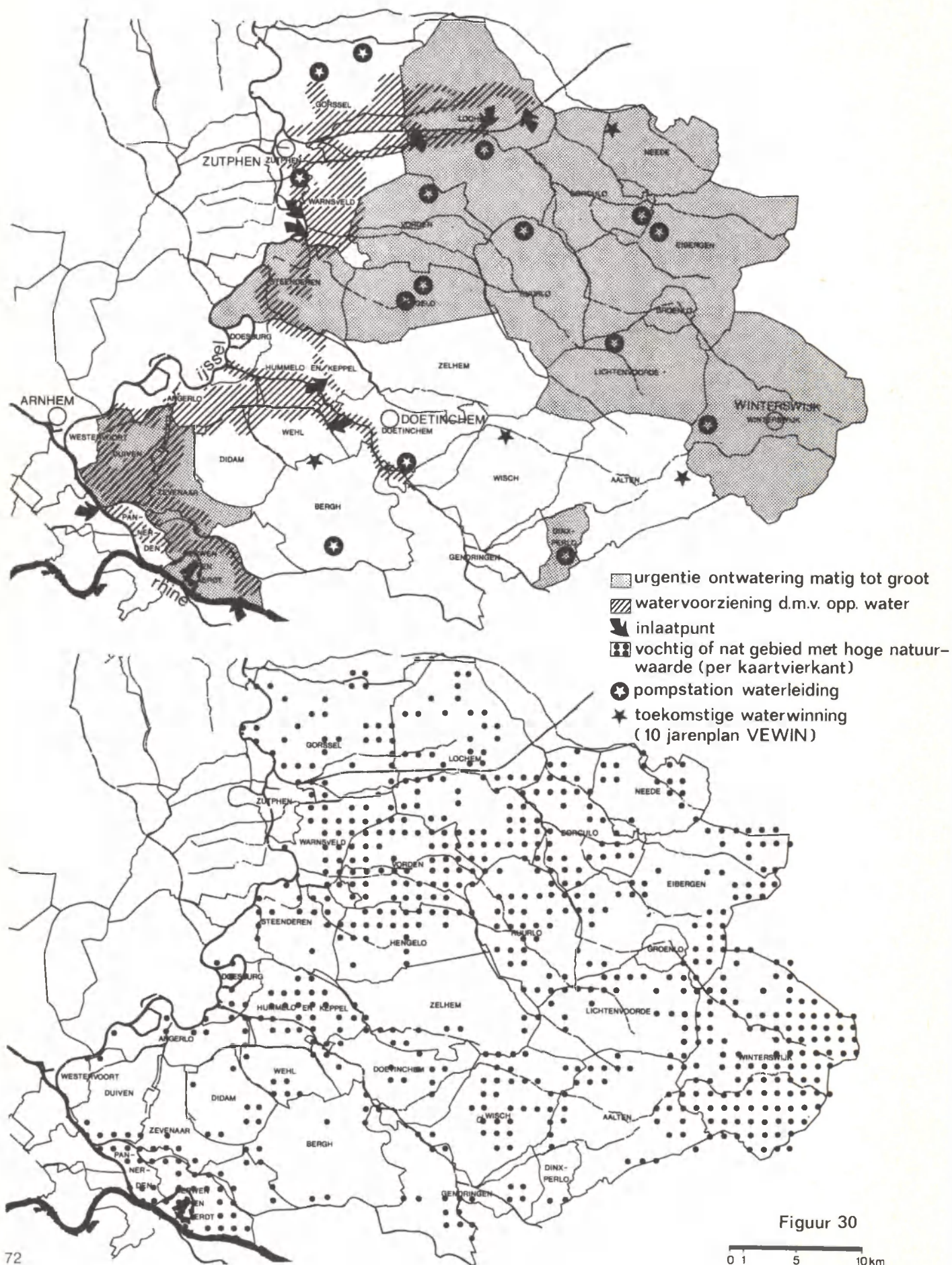
De zes uitgewerkte alternatieven kunnen als volgt worden omschreven (zie tabel 24).

r. Referentieplan.

In dit plan is getracht om een evenwichtige verdeling van het beschikbare water tot stand te brengen.

Tabel 23 Relatiepatroon voor de functies van het water

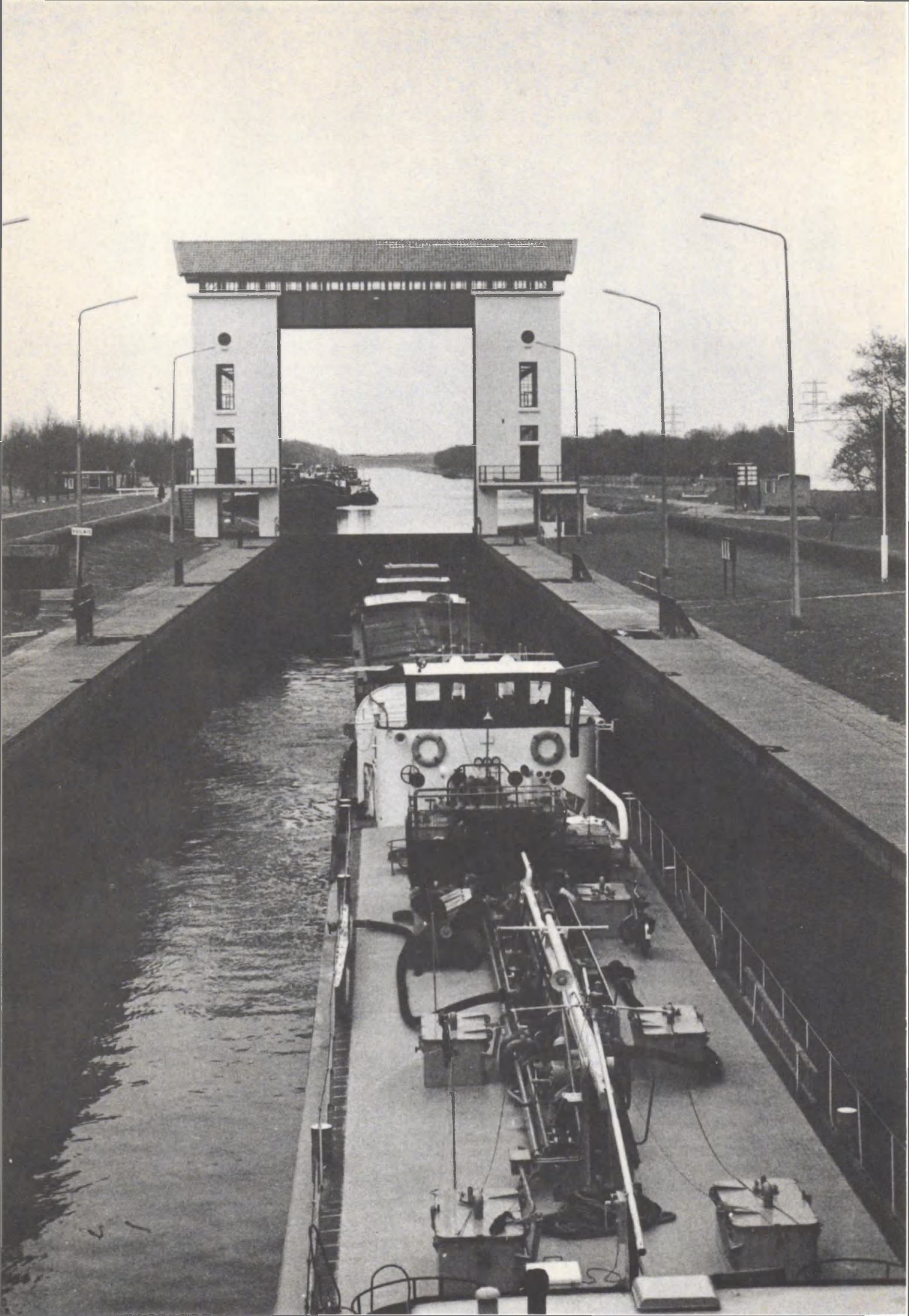
Huishouden	Industrie	Landbouw; veeteelt	Bos-, natuur- terrein	Milieuhygiëne	Kosten water- productie etc.	
	„overig”					
veilige voorziening (kwant., kwal.) (incl. bescherming grondstof)						huishouden „overig”
concurrentie bij de bron	als productie factor optimaal					industrie
bescherming wingebed/landbouw; grondwateronttrekking/ontwatering; beregening/onttrekking; verdroging/onttrekking		„optimale” productie-omstan- digheden d.m.v. waterbeheersing				landbouw veeteelt
vermindering beekafvoer en natuur- schade door verdroging; sommige natuurgeb. bevorderen grondwateraanvulling		onttrekking en ontwatering/ verdroging natuur; microklimaat; zie verder milieu	veiligstellen en handhaven natuurl. elementen			bos-, natuurterrein
lozing afvalwater; kwaliteitseisen voor de bron		uitspoeling mest en giftstoffen; kwal. eisen beregening en veedrenking	kwaliteitseisen	normstelling , zuivering en voorkómen van vervuiling i.v.m. functies v/h water		milieuhygiëne
onttrekking, zuivering, opslag, distributie		peilbeheersing; beregening	flexibele rand- voorwaarde; kosten v. anderen	transport, zuivering, lozing en slibwerking	minimaal	kosten water- productie etc.



Figuur 30

Tabel 24 Alternatieve Plannen

	r	n	l	g	a	z
	Referentieplan	Natuurvriendelijk plan	Landbouwvriendelijk plan	Grondwater-bezuinigingsplan	Minimumplan m.b.t. watervoorziening	Maximumplan m.b.t. watervoorziening
A. LANDBOUW						
A 1 Ontwatering	gebied met urgentie groot en matig en zie B	als r zie B	als r, Winterswijk wordt wel ontwaterd	als l	als r	als r zie B
A 2 Berekening	tot max. 50% van grasland (ook in droog jaar!)	tot max. 25% van grasland (ook in droog jaar)	als r	tot max. 13% van grasland (ook in droog jaar)	als g	als r
A 3 Herkomst beregeningswater	grondwater, en verder „rendabel“ oppervlaktewater, zie C 4	als r	grondwater; gaat vóór C 4	als r	grondwater, zie C 4	als r, ook onrendabel oppervl. water
B. NATUURBEHEER						
	geen nieuwe werken in „natuurgemeenten“ verder geen restricties	als r, maar in alle andere gebieden worden compensaties toegepast t.b.v. natuur	als n, wel ontwateringswerken in Winterswijk (incl. compensatie)	als l	als r	geen beperking m.b.t. nieuwe werken, wel compensatieprijs voor alle natuurgebieden
C. WATERVOORZIENING						
huishoud, industrie etc. C 1 Hoeveelheid	gem. prognose	als r	als r	als r	min. prognose	max. prognose
C 2 Reële prijzen	ongewijzigd	prijsverhoging belasting op grondwater	als r	belasting particuliere winning grondw.	als r	als n
C 3 Locatie nieuwe pompstations	tienjarenplan en zie B	min. landbouwschade zie B	als n	als n	als r	als n
C 4 Herkomst water	grondw.; gaat vóór A 3 (eventueel opp.-water)	als r	grondwater komt ná A 3, verder opp.-water	als r	grondwater gaat vóór A 3	als r
D. MILIEUHYGIËNE						
D 1 Kwaliteit	plan Zuiveringsschap	defosfatering Winterswijk	als r	als r	als r	als n
D 2 Locatie lozing RZI	plan Zuiveringsschap	als r	als r	als r	als r	als r hergebruik efficiënt voor beregening



Uitgegaan wordt van de gemiddelde prognose voor het waterverbruik door huishoudens en bedrijven, geen prijsmaatregelen. De drinkwatervoorziening geniet bij de grondwateronttrekking voorkeur boven de landbouw wegens de kwaliteit van de grondstof. In de „natuurgemeenten” met samen 13 000 ha grasland worden geen nieuwe pompstations gesticht of ontwateringswerken uitgevoerd. In de overige gemeenten, waar de urgentie tot ontwatering matig tot groot is, worden wel werken uitgevoerd. Het betreft 36 000 ha van de 46 000 ha, waarvoor de ontwatering urgent is. Gestreefd wordt naar beregening van de helft van het graslandareaal tegen redelijke kosten.

n. Natuurvriendelijk plan.

De waterbehoefte wordt beperkt door prijsmaatregelen. De beregening wordt beperkt tot 25% van het graslandareaal. De „natuurgemeenten” blijven gevrijwaard van nieuwe werken. Daar waar buiten de „natuurgemeenten” per kaartvak van één km² vochtige waardevolle natuurgebieden voorkomen, worden de cultuurtechnische werken door compenserende maatregelen 50% duurder. Dit heeft betrekking op 16 000 ha aan kaartvierkanten.

Defosfatering vindt plaats bij Winterswijk. Toekomstige pompstations worden volgens het criterium minimale landbouwschade gelokaliseerd (hoofdstuk 6).

l. Landbouwvriendelijk plan met natuurvriendelijk accent.

Dit plan tracht de landbouw te stimuleren. De gemeente Winterswijk wordt wel ontwaterd, echter met compenserende maatregelen. Deze compensatie geldt ook voor de buiten de natuurgemeenten gelegen 16 000 ha, waarbinnen natuurgebied voorkomt (zie n.). Beregening krijgt zoveel mogelijk voorrang boven drinkwatervoorziening ten aanzien van grondwateronttrekking.

Lokatie van nieuwe pompstations als onder n.

g. Grondwaterbezuinigingsplan.

Dit plan tracht met het oog op een voorzichtig grondwaterbeleid het grondwaterverbruik terug te dringen door een heffing op de grondwateronttrekking door landbouw, waterleidingbedrijven en particulieren. De te beregenen oppervlakte wordt niet uitgebreid boven het percentage van 1976 nl. 13% Ontwatering als onder 1, lokatie nieuwe pompstations als onder n.

a. Minimumplan.

Ontwatering als onder r. Verder gaat dit plan uit van minimumprognoses voor het waterverbruik. De „natuurgemeenten” worden beschermd en slechts 13% van het graslandareaal wordt beregend.

z. Maximumplan.

Dit is een plan waar kosten noch moeite worden gespaard om in de waterbehoefte te voorzien (denk aan grote subsidies). Om de limiet van 70.10⁶ m³ per jaar met betrekking tot grondwaterwinning niet te overschrijden, worden prijsmaatregelen getroffen, waardoor het verbruik vermindert. Compensaties worden bij alle ontwateringswerken toegepast ten behoeve van het natuurbeheer. De „natuurgemeenten” genieten geen absolute bescherming (46 000 ha wordt ontwaterd, waarbij voor 24 000 ha compenserende werken worden uitgevoerd). Lokatie nieuwe grondwaterpompstations als onder n. Het effluent van zuiveringsinstallaties wordt zoveel mogelijk voor beregening gebruikt. Tijdens een droog seizoen is dat slechts 5.10⁶ m³, daar het effluent van de RZI's „Nieuwgraaf”, „Olburgen” en „Zutphen” direct op de IJssel geloosd wordt.

Benadrukt moet worden dat een aantal aspecten van deze plannen niet in beschouwing is genomen. Prijsmaatregelen drukken het waterverbruik, maar zullen door de gebruiker om sociale of economische redenen niet worden gewaardeerd. Compenserende maatregelen bij ontwatering (omleidingen, peilbeheersing, e.d.) ten behoeve van natuurbeheer maken ontwateringswerken al vlug onrendabel. Het inlaten van water uit Rijn en IJssel, dat voor sommige plannen nodig zal zijn, omdat Oost-Gelderland in een droge zomer zo goed als geen oppervlaktewaterafvoer kent, kan uit hydrobiologisch oogpunt minder gewenst zijn. In een zeer droog jaar zoals 1976 zal ad hoc moeten worden beslist of een grondwateronttrekking van 70.10⁶ m³ mag worden overschreden.

In tabel 25 zijn de waterbehoeften van de verschillende sectoren weergegeven (excl. lekverlies tijdens beregening, bij watertransport e.d.)

De verdeling over grond- en oppervlaktewater is als volgt (tabel 26).

Tabel 25 De waterbehoefte in 1990 in 10^6 m^3 per jaar voor een jaar met een droogtegraad die eens in de tien jaar wordt bereikt of overschreden.

plan sector	r	n	l	g	a	z
landbouw- (berekening)	45,5*	22,8	45,5	11,8	11,8	45,5
huishouden** (incl. agrar. verbruik)	27,3	24,5	27,3	27,3	19,3	34,7
industrie	23,4	8,1	23,4	9,3	19,4	9,7
instellingen***	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
totaal	98,3*	57,5	98,3	50,5	52,6	92,0

* Hieraan kan in r niet worden voldaan omdat, naast het gebruik van grondwater, slechts 10% van het graslandareaal tegen redelijke kosten van oppervlaktewater kan worden voorzien gedurende een droge zomer.

** Het agrarisch verbruik omvat ca $2,10^6 \text{ m}^3$ voor veedrenking, stalreiniging enz. De overige $6,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ zijn in de tabel niet opgenomen. Zij worden uit eigen winning verkregen.

*** Bij gebrek aan gegevens als een constante hoeveelheid opgevoerd.

Tabel 26 Verdeling over grond- en wateroppervlaktewater in 10^6 m^3 per jaar voor een jaar met een droogtegraad die eens in de tien jaar wordt bereikt of overschreden. (zie opm. bij tabel 25).

plan	categorie	grondwater	oppervl.water	totaal
r $79,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	17,3	9,5	26,8
	eigen w. ind.	20,4	—	20,4
	waterleiding	32,3	—	32,3
n $57,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	22,8	—	22,8
	eigen w. ind.	1,0	—	1,0
	waterleiding	33,7	—	33,7
l $98,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	36,0	9,5	45,5
	eigen w. ind.	20,4	—	20,4
	waterleiding	13,6	18,7	32,3
g $50,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	11,8	—	11,8
	eigen w. ind.	1,0	—	1,0
	waterleiding	37,8	—	37,8
a $52,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	11,8	—	11,8
	eigen w. ind.	16,9	—	16,9
	waterleiding	23,9	—	23,9
z $92,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	berekening	23,5	22,0	45,5
	eigen w. ind.	1,2	—	1,2
	waterleiding	45,3	—	45,3

Als *beleidscriteria* zijn gekozen:

- landbouw (L): de som van kosten en baten van ontwatering en beregning in duizenden guldens gemiddeld per jaar;
- natuur (N): een voorkeur van ordinale aard (rangorde);
- watervoorziening (V): de levering in 10⁶ m³ per jaar als indicatie voor het welvaartsniveau;
- milieuhygiëne (M): het effect van defosfatering dat ordinaal wordt aangeduid;
- kosten en baten (K): de som van kosten en baten van landbouw en watervoorziening in duizenden guldens per jaar t.o.v. r.
- grondwaterreserve (G): de hoeveelheid in 10⁶ m³ per jaar t.o.v. de limiet van 70.10⁶ m³ per jaar.

De matrix van gewichten der plannen wordt nu als volgt (tabel 27).

Deze matrix kan tot matrix van kerngewichten worden herleid door de rijen (horizontaal) op 100 te normeren. Voor de ordinale rangschikking werd de vierkantswortelregel toegepast (zie rapport NEI, literatuurlijst).

Vergelijkt men tabel 28 met tabel 22 dan ontbreekt de weging der criteria nog. Voor het model AQUAFLEX is het slechts nodig de volgorde van de belangrijkheid der criteria te kennen, dus bijv. $L \geq N \geq K \geq V \geq M \geq G$

(landbouw is belangrijker dan natuurbeheer, natuurbeheer is belangrijker dan de kosten etc). Deze volgorde zou o.a. de visie van de politicus „I” kunnen zijn. De gewichtsverdeling ligt in dit geval tussen twee extremen: enerzijds L 100% en N, K, V, M en G ieder 0% en anderzijds allen $\frac{100}{6} = 16.66\%$ (respectievelijk

de punten A en K in figuur 31).

Hiertussen zijn allerlei gewichtsverdelingen denkbaar, die in figuur 31 in beeld zijn gebracht als een verkenning van de beleidsruimte van politicus „I”. Bij iedere gewichtsverdeling hoort een rangorde der plannen r...z.

Voor punt A van figuur 31 geldt dus dat r (referentieplan) het beste plan is, gevolgd door l, a, n, z en tenslotte g.

Eenzelfde exercitie is voor andere rangorden der criteria uit te voeren, d.w.z. voor andere politieke visies. In het totaal zijn er $6! = 720$ verschillende rangorden der criteria of 720 verschillende politieke visies mogelijk. In de onderhavige studie is dit aantal teruggebracht tot 24 visies door de criteria milieuhygiëne (M) en grondwaterreserve (G) steeds resp. de één na laatste en laatste plaats in de rangorde te geven. De reden hiervoor was, dat het criterium milieuhygiëne weinig variatie in de plannen brengt en dat de grondwaterreserve een afgeleide is van de andere criteria. Van elk

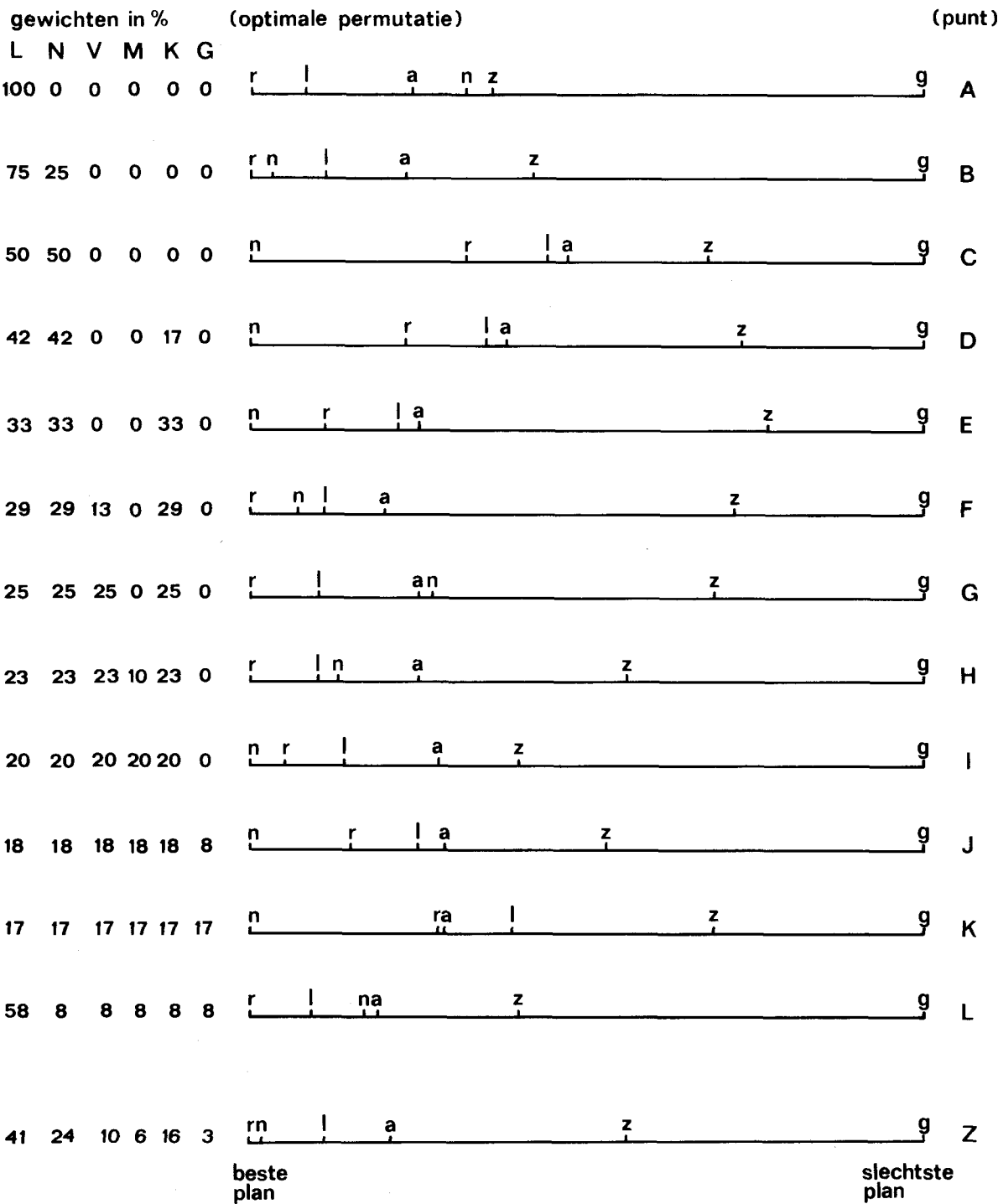
Tabel 27 Matrix van gewichten

plannen \ criteria	r	n	l	g	a	z
landbouw (L)	3.850	1.688	3.392	(-) 3.027	2.421	1.514
natuur (N)	+++	++++	++	++	+++	+
watervoorziening (V)	52,8	34,7	52,8	38,7	40,8	46,5
milieuhygiëne (M)	+	++	+	+	+	++
kosten/baten (K)	0	(-) 9.717	(-) 458	(-) 20.297	2.046	(-) 23.052
grondwaterreserve (G)	0	12,5	0	19,4	17,4	0

Tabel 28 Matrix van kerngewichten (AQUAFLEX)

plannen \ criteria	r	n	l	g	a	z	
landbouw (L)	25	17	23	0	19	16	100
natuur (N)	15	37	12	12	15	9	100
watervoorziening (V)	19	13	19	15	17	17	100
milieuhygiëne (M)	11	28	11	11	11	28	100
kosten/baten (K)	28	16	27	3	26	0	100
grondwaterreserve (G)	0	28	0	41	31	0	100

VOLGORDE DER PLANNEN (r,n,l,g,a,z) BIJ EEN WILLEKEURIG AANGENOMEN
 GEWICHTSVERDELING DER CRITERIA (L,N,V,M,K,G) HIERBIJ IS A PRIORI
 AANGENOMEN DAT $L \geq N \geq K \geq V \geq M \geq G$. DE ONDERSTE REGEL GEEFT DE
 GEWICHTSVERDELING DER CRITERIA AAN, DIE-UITGAANDE VAN DE
 RANGORDE À PRIORI-HET MEEST WORDT AANGETROFFEN (ZIE TABEL 29)



Figuur 31

9.4.3 Het beleidsanalysemodel GELPAM (methode Saaty)

der 24 visies werden 50 verschillende gewichtscombinaties beschouwd. Van de hieruitvolgende 1200 combinaties van gewichten kan een frequentieverdeling worden opgesteld. Het blijkt dan dat de volgorde r l a n z g, d.w.z. referentieplan te verkiezen boven landbouwvriendelijk plan, het landbouwvriendelijk plan te verkiezen boven het minimumplan enz., in 24% van de gevallen optreedt. De volgorde l n a z g, r n l a z g en n r l a z g treden op in respectievelijk 18%, 16% en 15% van de gevallen. Deze planvolgorden tezamen dekken 73% van de gewichtscombinaties. Hieruit kan men concluderen, dat vooral de plannen r, l en n veel belovende plannen zijn. Het plan r blijkt in 72% van de gewichtscombinaties op de eerste plaats te komen en in 28% op de tweede plaats. Zijn vooraanstaande plaats is dus weinig omstreden en weinig afhankelijk van de politieke visie. Het plan daarentegen vindt men voor wat de frequentie betreft vrij regelmatig verdeeld over de eerste tot en met de zesde plaats. Het is dus zeer omstreden en sterk afhankelijk van de politieke visie (zie tabel 29).

Volgens de methode van Saaty worden de gewichten indirect gevonden. Eerst worden de plannen ten opzichte van één criterium paarsgewijs vergeleken, dus b.v. r en n, r en l, r en g enz. ten opzichte van criterium landbouw (L). De gewichtsverhouding geeft men met een getal aan. Wegen de plannen ten opzichte van het criterium even zwaar, dan wordt de verhouding 1. Weegt een plan zwaarder dan het andere, dan wordt de houding b.v. 6. De gwichtsverhouding kan maximaal 10 bedragen: het ene plan weegt dan tien keer zo zwaar als het andere. Dezelfde bewerking wordt ook voor de andere criteria uitgevoerd. De aldus gevonden verhoudingsgetallen kunnen omgewerkt worden tot een matrix van kerngewichten, zie tabel 30.

Dezelfde methode kan worden toegepast voor de onderlinge vergelijking van de criteria. In tabel 31 zijn de gewichten van de criteria voor een bepaalde politieke visie gegeven: in dit geval voor $L \geq K \geq V \geq M \geq N \geq G$.

Tabel 29 Frequentieverdeling voor de 1200 onderzochte gewichtscombinaties.

Plaats in de rangorde van plannen	r	n	l	g	a	z
1e	72	28	—	—	—	—
2e	28	17	54	—	1	—
3e	—	18	33	—	49	—
4e	—	25	13	—	50	12
5e	—	10	—	8	—	82
6e	—	2	—	92	—	6
Totaal	100	100	100	100	100	100

Tabel 31 Gewichten der criteria

L	44,7
N	4,2
V	12,8
M	6,5
K	29,2
G	2,6
	100,0

Tabel 30 Matrix van kerngewichten (GELPAM)

Plannen \ Criteria	r	n	l	g	a	z	
landbouw (L)	49,7	7,3	22,6	2,1	12,4	5,9	100
natuur (N)	18,1	50,2	5,7	5,7	18,1	2,3	100
watervoorziening (V)	31,5	3,2	31,5	5,7	10,7	17,4	100
milieuhygiëne (M)	7,1	35,7	7,1	7,1	7,1	35,7	100
kosten/baten (K)	32,7	9,1	19,7	3,7	32,7	2,2	100
grondwaterreserve (G)	3,6	13,4	3,6	52,5	23,5	3,6	100

Hierna worden de kerngewichten vermenigvuldigd met de gewichten der criteria. Vervolgens worden de resultaten per plan gesommeerd. Zij zijn in tabel 32 als integraal gewicht weergegeven in %.

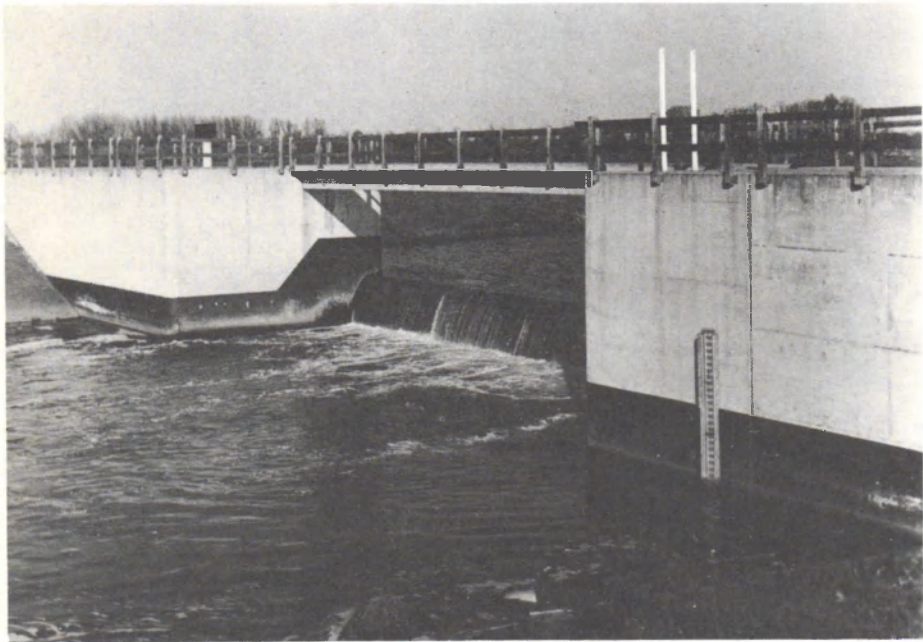
Tabel 32 Volgorde en integrale gewichten van de plannen volgens $L \geq K \geq V \geq M \geq N \geq G$

	volgorde van de projecten	integraal gewicht	concordantie
r	1	37,1	0,84
l	2	20,7	0,51
a	3	18,3	0,17
n	4	11,1	0,45
z	5	8,0	0,71
g	6	4,8	0,83
		100,0	

In tabel 32 zijn tevens de zogenaamde concordantie-coëfficiënten gegeven. Deze duiden de mate van overeenstemming aan, die men heeft ten aanzien van het integrale gewicht van een plan. Bij een hoge concordantie zullen de meeste criteria in eenzelfde richting wijzen, d.w.z. een plan ondersteunen of juist verwerpen. Bij een lage concordantie is het omgekeerde het geval. De betekenis van de concordantie-coëfficiënt kan men enigszins vergelijken met de frequentieverdeling zoals die in tabel 29 bij het model AQUAFLEX is gegeven.

9.5 Samenvatting

In dit hoofdstuk is een aanzet gegeven voor een optimalisatie van het waterbeheersysteem in zijn totaliteit. Dit gebeurde in twee fasen. In de eerste fase wordt vanuit het wateraanbod aangegeven hoe een sub-optimalisatie kan plaatsvinden. Hiertoe is een aantal overzichtskaarten met verschillende aspecten van de waterhuishouding gepresenteerd. De belangen van de landbouw, het natuurbehoud en de technische beschikbaarheid van grondwater kwamen hierbij aan de orde. Voor het integraal bestuderen van de aspectkaarten wordt een korte toelichting gegeven op multicriteria afwegingsmodellen, waarmee het mogelijk is tot een sub-optimalisatie te komen. Dit leidt tot een voorselectie van waterbeheersmaatregelen. Vervolgens is aandacht gegeven aan de vraag naar water voor huishoudingen, bedrijven en landbouw. De vraag naar water is per gemeente berekend. De beleidsanalysemodellen AQUAFLEX en GELPAM (multi-criteria afwegingsmodellen) zijn als hulpmiddel gebruikt om verschillende waterhuishoudkundige aspecten te integreren ten einde tot een optimalisatie van het totale waterbeheersysteem te komen. Het model GELPAM is bijzonder makkelijk hanteerbaar en verdient daarom een lichte voorkeur boven het model AQUAFLEX. Een eenvoudig voorbeeld, waarbij uit 6 integrale waterbeheersplannen voor Oost-Gelderland moet worden gekozen, is gepresenteerd. Hierbij moet worden bedacht, dat de beleidsanalyse zeer onvolledig is gebeurd, zodat uit de resultaten nog geen praktische conclusies kunnen worden getrokken.



Stuw te Rekken

Hoofdstuk 10 en 11 MODELLEN EN HUN GEGEVENS

NIET IN VERKORTE VERSIE



12 BEHEER VAN MEETNETTEN EN MODELLEN

12.1 Meetnetten en gegevensbestanden

Een meetnet is een samenhangende verzameling meetstations, die voor één gemeenschappelijk doel of voor verschillende uiteenlopende doeleinden zijn opgericht.

Een van de subdoelstellingen van het onderzoek was het verkrijgen van inzicht in de gewenste hoeveelheid en nauwkeurigheid van gegevens op waterhuishoudkundig gebied. Tegen de achtergrond hiervan was het nodig om:

- inzicht te krijgen in de huidige hydrologische meetnetten, gegevensbestanden en in de kosten ervan;
- aanbevelingen te geven inzake de gewenste omvang van hydrologische meetnetten, de wijze van verwerken van de gegevens en het beheer van de meetnetten.

De tegenstrijdige belangen die betrokken zijn bij het waterbeheer maken een belangenafweging noodzakelijk. Deze kan geschieden door het kwantificeren van effecten van ingrepen in het waterhuishoudkundige systeem. Hiervoor zijn gegevens nodig van hydrologische parameters, zoals waterstanden, afvoeren, waterkwaliteitskenmerken, bodemvocht- en meteorologische gegevens.

Dergelijke gegevens worden gekenmerkt door enerzijds grote variaties in de tijd en met de plaats en anderzijds door een onderlinge samenhang. Om de variaties goed te kunnen volgen, is frequent meten op een groot aantal meetlokaties noodzakelijk. Door echter gebruik te maken van de samenhang tussen de parameters, kunnen de omvang van het meetnet en de frequentie van meten worden beperkt.

Hydrologische meetnetten dienen afgestemd te zijn op de kennis van het hydrologische systeem en op de doelstellingen van het waterbeheer en dienen zodanig te worden geoptimaliseerd, dat bij zo gering mogelijke kosten zoveel mogelijk informatie wordt verkregen. In Nederland houden vele instanties op lokaal, regionaal en landelijk niveau zich bezig met met verzamelen, verwerken en opslaan van gegevens. Voor de optimalisatie hiervan is samenwerking noodzakelijk.

12.1.1 Overzicht van bestaande meetnetten

Oppervlaktewaterkwantiteit.

De oppervlaktewateren in Nederland worden wel ingedeeld in drie categorieën:

1. Het primaire systeem: de grote rijkswateren. De metingen in dit systeem worden van oudsher door het Rijk uitgevoerd.
2. Het secundaire systeem: de overige rijkswateren (in Gelderland: Twenthe Kanaal, Apeldoornsch Kanaal), de grensoverschrijdende wateren, welke niet vallen onder het primaire systeem en de lozingen op en onttrekkingen aan de rijkswateren. De metingen in dit systeem worden door Rijk, Provincies en Waterschappen uitgevoerd.

3. Het tertiaire systeem: alle overige wateren.
De metingen in dit systeem worden voornamelijk uitgevoerd door de Waterschappen. De meetnetten in studiegebieden worden ook tot deze categorie gerekend. Uit de modelstudies is gebleken, dat vooral op de Veluwe en in het Rivierengebied te weinig gedetailleerde afvoergegevens bekend zijn.

Oppervlaktewaterkwaliteit.

In die Gelderse rijkswateren waar het Rijk zelf het waterbeheer uitoefent, verricht de Rijkswaterstaat op 23 lokaties regelmatig metingen; op enkele punten (o.a. te Lobith) wordt de kwaliteit continu gemeten. In de overige Gelderse wateren verrichten de Provincie en de Zuiveringsschappen 4 respectievelijk 10 metingen per jaar. Uit studies in Oost-Gelderland met het model GELQAM is gebleken, dat de meetfrequentie onvoldoende is om inzicht te verkrijgen in het kwaliteitsverloop.

Grondwaterstanden.

Ten behoeve van het in de 50-er jaren uitgevoerde COLN-onderzoek is een groot aantal waarnemingsbuizen (ondiep) geplaatst. De waarnemingsfrequentie is 2 x per maand of 4 x per jaar. De gegevens worden opgeslagen in het Archief van Grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning TNO. In de loop der jaren heeft het meetnet allerlei uitbreidingen ondergaan. In Gelderland worden thans ruim 1100 buizen (ondiep) en ruim 1500 putten (diep) waargenomen.

Grondwaterkwaliteit.

Ten behoeve van de drinkwatervoorziening zijn tot dusver vele kwaliteitsgegevens verzameld. Het RID werkt thans aan de inrichting van een landelijk meetnet, dat in 1982 operationeel moet zijn. Voor Gelderland zijn 55 meetpunten in het ondiepe grondwater (< 30 à 40 m-mv) gepland. De selectie van meetpunten voor het diepe grondwater (> 30 à 40 m-mv) moet nog plaatsvinden. In Gelderland zullen vermoedelijk 25 van deze meetpunten worden ingericht.

Meteorologie

Het meteorologisch meetnet omvat meetstations van het KNMI en van de Rijkswaterstaat. Uit het onderzoek is gebleken, dat voor regionale studies de regenmeterdichtheid voldoende is. Het aantal verdampingsstations is te gering. Nader onderzoek naar het optimale aantal stations is gewenst.

Sedert 1978 bestaan er twee landelijke meetnetten voor de regenwaterkwaliteit. Het RIV/KNMI-meetnet bestaat uit 12 meetpunten, waarvan 1 in Gelderland (Deelen) en het RID meetnet telt 26 meetpunten, waarvan 2 in Gelderland (Epe en Eibergen). De bemonsteringsfrequentie bedraagt 1 x per maand resp. 1 x per 14 dagen.

12.1.2 Overzicht van de bestaande hydrologische gegevensbestanden

Oppervlaktewater.

Waterstand- en afvoergegevens treft men aan in een groot aantal archieven bij een groot aantal organisaties, zoals Rijkswaterstaat, Provincies en Waterschappen. Er is nauwelijks sprake van enige coördinatie tussen de archiefbeheerders.

Voor waterkwaliteitsgegevens kan hetzelfde worden gezegd. Archiven met dergelijke gegevens treft men aan bij Rijkswaterstaat (RIZA), Provincies en Waterc.q. Zuiveringsschappen.

Grondwater.

De meeste grondwaterstandsgegevens in Nederland zijn ondergebracht bij het Archief van Grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning TNO. Daarnaast beschikken vele organisaties zoals Provincies, Schappen, Gemeenten, Waterleidingbedrijven e.d., over eigen archieven.

Grondwaterkwaliteitsgegevens treft men aan bij o.a. het RIV, het RID en Waterleidingmaatschappijen.

Meteorologie

De meeste meteorologische gegevens zijn ondergebracht in het archief van het KNMI te De Bilt. Daarnaast treft men dergelijke gegevens aan bij o.a. Rijkswaterstaat en verschillende Provincies.

Het centrale zoekarchief.

Dit landelijke archief zal informatie bevatten over gegevens, die in eerder genoemde archieven zijn opgeborgen. Deze informatie betreft o.a. de meetlokatie, de meetmethode, de periode waarover gegevens bekend zijn, de meetfrequentie en de naam van de beheerder van de gegevens. Via een zoekarchief kan men snel te weten komen welke hydrologische gegevens in een bepaald gebied aanwezig zijn. Het centrale zoekarchief wordt momenteel door Rijkswaterstaat opgezet. De Gelderse bijdrage hieraan is gereed.

12.1.3 Kosten van meetnetten

In onderstaande tabel 33 wordt een overzicht gegeven van de geschatte kosten per jaar voor de verschillende meetnetten in Gelderland.

- 1) Men bedenke dat dit de gemiddelde kosten per meetpunt zijn. Indien veel parameters per meetpunt worden verzameld, zullen de kosten het gemiddelde ruim overtreffen.
- 2) peilbuizen (ondiep)
- 3) peilputten (diep)

Tabel 33 Kosten van meetnetten in Gelderland.

	parameter	Totale kosten/jaar	gem. per meetpunt/jaar
oppervlaktewater	kwantiteit kwaliteit (per parameter)	f 900.000,— f 1.000.000,—	f 22.500,— ¹⁾ f 3.450,— ¹⁾
grondwater	standen kwaliteit	f 730.000,— f 150.000,—	f 190,— ²⁾ of f 330,— ³⁾ f 3.000,—
meteorologie	regenwater- kwaliteit overige	f 35.000,— onbekend	f 17.500,— —

De gegevens worden voor velerlei doeleinden gebruikt. Te denken valt o.a. aan het waterbeheer, de dimensionering van kunstwerken, de beleidsvoorbereiding, de vergunningverlening, de rechtszekerheid (gegevens zijn vastgelegd), het natuurbeheer en het wetenschappelijk onderzoek.

12.1.4 Aanbevelingen

Te verwachten is dat in het kader van de toekomstige wetgeving op het gebied van de waterhuishouding aan de Provincies belangrijke taken zullen worden toebedeeld. Dit zal tot gevolg hebben dat de Provincies meer dan tot nu toe een taak krijgen bij het inrichten en exploiteren van meetnetten en bij de coördinatie van de gegevensverzameling.

Oppervlaktewaterkwantiteit.

Om uniformiteit in inkrimping, verwerking en opslag van gegevens te kunnen waarborgen, zal er naar gestreefd moeten worden om de exploitatie van die

meetstations, die door andere instanties dan het Rijk worden beheerd, en de gegevensverwerking te concentreren bij diensten, die hiervoor voldoende zijn of kunnen worden geëquipeerd, zoals de Provincie en grote Waterschappen.

Oppervlaktewaterkwaliteit.

Kwantiteits- en kwaliteitsmetingen dienen op elkaar te worden afgestemd, opdat vuilvrachten kunnen worden vastgesteld en stoffenbalansen kunnen worden uitgerekend. Voor het primaire meetnet dient het Rijk zorg te dragen. Voor het secundaire meetnet dienen de meetpunten van het Rijk en van de Provincies op elkaar te worden afgestemd. Voor het tertiaire net is de Provincie de aangewezen instantie om een coördinerende en ondersteunende taak te vervullen voor de regionale waterkwaliteitsbeheerders.



Verbetering van de Berkel (1934)

Grondwaterstanden.

Het bestaande landelijke waarnemingsnet dient te worden herzien en dusdanig te worden aangepast, dat – overeenkomstig de doelstelling van het Archief van Grondwaterstanden – een landelijk overzicht van de grondwaterstanden en de regionale trends in het grondwaterstandsverloop kunnen worden gegeven. Voor lokale meetnetten dient de Provincie een coördinerende en ondersteunende taak te vervullen.

Grondwaterkwaliteit.

Voor de inrichting van dergelijke meetnetten is nader overleg tussen Rijk en Provincie gewenst. Hierbij dienen de regionale Waterleidingbedrijven te worden betrokken vanwege de daar aanwezige kennis van de lokale grondwaterkwaliteit. Afstemming van grondwaterstands- en grondwaterkwaliteitsmeetnetten op elkaar is noodzakelijk.

Meteorologie.

Het verdampingsmeetnet telt thans onvoldoende stations. Regionale hydrologische studies en gespecialiseerd verdampingsonderzoek (zoals thans gaande in het stroomgebied van de Hupselse Beek) zullen aanwijzingen moeten opleveren voor de optimale omvang van een dergelijk meetnet. Het meten van regenwaterkwaliteit verdient meer aandacht.

12.2 Modellen

De systeembenadering voor het waterbeheer in Nederland heeft geresulteerd in een aantal modellen voor het hydrologische systeem (GELGAM en GELQAM), voor het economische systeem (HUISIM en AQUASIM) en voor de regionale integrale beleidsanalyse (GELPAM en AQUAFLEX).

De ontwikkeling van deze modellen vereiste gespecialiseerde kennis en samenwerking tussen verschillende deskundigen, waarbij uitgebreide computerfaciliteiten onmisbaar waren. De complexiteit van de modellen en de benodigde kennis en ervaring voor een verantwoorde toepassing maken een centraal beheer en onderhoud van deze modellen gewenst. Gezien de snelle ontwikkelingen op het gebied van de modeltheorie zal het beheer tevens een verdere ontwikkeling

van bovengenoemde modellen met zich meebrengen, zodat deze „up to date” kunnen blijven.

Het ligt voor de hand, gezien de ruime toepasbaarheid, ook in andere Provincies, van de ontwikkelde modellen, de primaire verantwoordelijkheid voor het modelbeheer en onderhoud aanvankelijk te leggen op Rijksniveau. Dit spreekt te meer, daar de ontwikkelde modellen voor de landelijke waterhuishouding (P.A.W.N.-studie) en bovengenoemde regionale modellen in een samenhangend pakket moeten worden ondergebracht.

Een centraal beheer heeft als groot voordeel, dat een goede kwaliteitsbewaking van de modelresultaten kan geschieden. Deze kwaliteitsbewaking is van belang aangezien het nagenoeg onmogelijk is de met de computer uitgevoerde modelberekeningen met de hand na te rekenen. Speciale technieken en toetsen en inzicht in de fysisch-mathematische grondslag van de modellen zijn hiervoor noodzakelijk.

Naarmate bij de Provincies meer inzicht in de modellen bestaat en meer deskundig personeel aanwezig is, kunnen in de toekomst meer toepassingen op provinciaal niveau plaatsvinden. Een decentralisatie van het beheer der modellen is dan mogelijk, waarbij het Rijk een belangrijke coördinerende en ondersteunende rol dient te blijven vervullen. De ervaring die met de modeltoepassingen wordt opgedaan in de komende jaren, zal leren in welke richting het beheer zich dient te ontwikkelen.

Voorlichting aan de regionale waterbeheerder en begeleiding van een verantwoorde toepassing van de modellen is een belangrijke taak van de centrale beheerder van de modellen. Het ligt voor de hand, dat daartoe op Rijksniveau een samenwerkingsvorm tussen diensten, onderzoekinstituten en Universiteiten tot stand komt, waarbinnen ook de regionale waterbeheerder (als gebruiker) een belangrijke invloed moet kunnen uitoefenen.

Voorlopig zal worden gestart met begeleidingsgroepen voor de modellen GELGAM en GELQAM, waardoor toepassing van de modellen wordt gestimuleerd.

12.3 Onderlinge afstemming van meetnetten en modellen

De toepassing van een model is probleemgericht en vraagt informatie, die via meetnetten verkregen moet worden. Model en meetnet moeten hierbij op elkaar aansluiten. Indien bewezen is dat het model het systeem betrouwbaar beschrijft, kan het verkregen inzicht gevolgen hebben voor het meetnet. Omgekeerd heeft de informatie uit meetnetten een essentiële invloed op de ontwikkeling van de modellen.

Een model is rendabel, indien de kosten van de benodigde gegevens en het model tezamen kleiner zijn dan de baten van de met het model verkregen resultaten.

De behoefte aan voortdurend aanpassen van modellen en meetnetten, gebaseerd op ontwikkeling in kennis, maken een onderlinge afstemming van het beheer

wenselijk. Een meer gecentraliseerd beheer van meetnetten en modellen is hiervoor noodzakelijk. Het feit dat het beheer van meetnetten en de ontwikkeling van modellen bij vele instanties is ondergebracht, bemoeilijkt de onderlinge afstemming.

Het is echter verheugend te constateren, dat gedurende de laatste jaren aan de coördinatie van de verschillende meetnetten op zich en aan de modelontwikkeling meer aandacht is gegeven. Vanuit de hoek van de beheerders van meetnetten valt steeds vaker te beluisteren, dat voor de optimalisatie van het meetnet regionale modelstudies noodzakelijk zijn. Het is dan ook te verwachten, dat in de nabije toekomst meer aandacht zal worden gegeven aan de relatie tussen model en meetnet.



De droge zomer van 1976

Hoofdstuk 13 TOEKOMSTIG ONDERZOEK

Hoofdstuk 14 EVALUATIE

NIET IN VERKORTE VERSIE

BIJLAGE 1 SAMENSTELLING COMMISSIE, STUURGROEP EN WERKGROEPEN

I COMMISSIE BESTUDERING WATERHUISHOUDING GELDERLAND *)

drs. R. van den Berg, voorzitter	Lid van Gedeputeerde Staten van Gelderland
drs. E. Romijn, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
dr. ir. Th.J. van de Nes, projectleider	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. J. Achterstraat	Provinciale Directie voor de Bedrijfsontwikkeling in Gelderland van het Ministerie van Landbouw en Visserij
J.A. Admiraal	Vereniging Krachtwerktuigen
ir. T. Blok	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. K.P. Blumenthal	Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
drs. D. de Boer	Economisch Technologisch Instituut voor Gelderland
ir. E.F.F. Boswinkel	Rijkswaterstaat, Directie Gelderland
ir. H.P. de Bruin	Provinciale Landbouwkundige Dienst van Gelderland
ir. H.J. Colenbrander	Cie Hydrologisch Onderzoek – TNO
J.C. Daams	Gelderse Waterschapsbond
prof. dr. ir. J.C. van Dam	Technische Hogeschool Delft, afdeling Weg- en Waterbouwkunde
drs. M. Engel-van 't Hof	Stichting Gelderse Milieufederatie
mr. J. Fokkens	Lid van Gedeputeerde Staten van Gelderland
ir. A.J. Grandjean	Landinrichting, Gelderland
ir. H. Haverkate	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
dr. S. Jelgersma	Rijks Geologische Dienst, Hydrogeologische afdeling
W.L.J. Kateman	Provinciale Griffie, afdeling Waterbeheer
prof. ir. D.A. Kraijenhoff van de Leur	Landbouwhogeschool, afdeling Hydraulica en Afvoerhydrologie
ir. F.H. van der Linde van Sprankhuizen	Provinciale Planologische Dienst van Gelderland
ir. G.A. Oosterbaan	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ir. P. Santema	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. R.P.H.P. van der Schans	Stichting voor Bodemkartering
D.B.F.A. Serree	Zuiveringsschap Rivierenland
ir. K. van Til	Rijkswaterstaat, Directie Bovenrivieren
ir. H. Ton	Commissie inzake Wateronttrekking aan de Bodem
drs. F. Walter	Dienst Grondwaterverkenning TNO
prof. dr. A.J. Wiggers	Rijksinstituut voor Natuurbeheer

ir. J.A. Wisse	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
ir. B. Zandveld	Waterleiding Maatschappij Gelderland
ir. K.C. Zijlstra	Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater

*) Opmerking. In de samenstelling van de verschillende groepen hebben zich tussen 1971 en 1979 voortdurend wisselingen voorgedaan. In de bijlage is de toestand voor 1979 opgegeven

II STUURGROEP COMMISSIE BESTUDERING WATERHUISHOUDING GELDERLAND

drs. R. van den Berg, voorzitter	Lid van Gedeputeerde Staten van Gelderland
drs. E. Romijn, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
dr. ir. Th. J. van de Nes, projectleider	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. K.P. Blumenthal	Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging.
ir. H.J. Colenbrander	Cie Hydrologisch Onderzoek – TNO
J.C. Daams	Gelderse Waterschapsbond
ir. A.J. Grandjean	Landinrichting, Gelderland
ir. H. Haverkate	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. G.A. Oosterbaan	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ir. P. Santema	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. R.P.H.P. van der Schans	Stichting voor Bodemkartering
D.B.F.A. Serree	Zuiveringsschap Rivierenland
prof. dr. A.J. Wiggers	Rijksinstituut voor Natuurbeheer

III WERKGROEP COMMISSIE BESTUDERING WATERHUISHOUDING GELDERLAND.

drs. E. Romijn, voorzitter	Provinciale Waterstaat van Gelderland
H.M.J. Eijsbouts, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
dr. ir. Th. J. van de Nes, projectleider	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. C. van den Akker	Gemeente Waterleidingen Amsterdam
ir. H. van de Beld	Technische Hogeschool Twente, afdeling Chemische Technologie
ir. M.G.M. den Blanken	Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen
ir. T. Blok	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. J. Chr. Both	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
dr. ir. J. Bouma	Stichting voor Bodemkartering
drs. H.A.R. de Bruin	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
ir. J. Bruyn	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland

ir. W. Cramer	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. J.A.M. van der Gun	Dienst Grondwaterverkenning TNO
ir. B.A. Herfst	Rijkswaterstaat, Directie Gelderland
ir. A.F. van Holst	Stichting voor Bodemkartering
drs. M.F. van der Horst	Provinciale Planologische Dienst van Gelderland
dr. S. Jelgersma	Rijks Geologische Dienst
dr. ir. D.H. Keuning	Landbouwhogeschool, afdeling Hydraulica en Afvoerhydrologie
dr. ir. P.J.M. de Laat	International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering
ir. M.J.M. Loomans	Provinciale Landbouwkundige Dienst van Gelderland
dr. F.G. Mulder	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. J.H.C. Mülschlegel	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. H.J. Opdam	Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. J. Patyi	Landinrichting, Gelderland
dr. G.J. Saaltink	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
ir. H. Vaessen	Waterleiding Maatschappij Gelderland
dr. ir. J. Wesseling	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

IV STUDIEGROEP WATERBEHEERSING

dr. ir. Th. J. van de Nes, voorzitter	Provinciale Waterstaat van Gelderland
dr. F.G. Mulder, secretaris	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. D. Breemhaar	Provinciale Directie voor de Bedrijfsontwikkeling in Gelderland
drs. J. Gardeniers	Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbehoud en Natuurbeheer
ir. J.G. de Graan	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
dr. ir. D.H. Keuning	Landbouwhogeschool, afdeling Hydrolica en Afvoerhydrologie
ir. J. Patyi	Landinrichting, Gelderland
ir. J.W. Pulles	Rijkswaterstaat, Dienst Waterhuishouding en Waterbeweging
dr. ir. P.E. Rijtema	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ing. G. Sanders	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. P. Warmerdam	Landbouwhogeschool, afdeling Hydraulica en Afvoerhydrologie
ir. H. Wieling	Proefstation voor de Rundveehouderij

V STUDIEGROEP WATERWINNING

ir. J. Bruyn, voorzitter	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
dr. ir. Th.J. van de Nes, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. R.H.C.M. Awater	Rijkswaterstaat, Dienst Informatie Verwerking
ir. T. Blok	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. J.C. Boxem	Provinciale Landbouwkundige Dienst van Gelderland
drs. H.A.R. de Bruin	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
dr. ir. R.A. Feddes	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ir. A.G.N. Jansen	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
dr. W. Kohsiek	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
dr. ir. P.J.M. de Laat	International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering
ir. C.R. Meinardi	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. H. Vaessen	Waterleiding Maatschappij Gelderland

VI STUDIEGROEP WATERKWALITEIT EN WATERZUIVERING

ir. H. van de Beld, voorzitter	Technische Hogeschool Twente, afdeling Chemische Technologie
ir. B. de Boer, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. C.P.J.M. van Beek	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. W. van Duijvenboden	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
prof. dr. G.B. Engelen	Vrije Universiteit, Instituut voor Aardwetenschappen
dr. J. Hoeks	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ir. J. Linders	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. J.H.A.M. Steenvoorden	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
drs. L. Vašák	Vrije Universiteit, Instituut voor Aardwetenschappen
ing. D. Wouda	Zuiveringsschap Veluwe

VII STUDIEGROEP ECOLOGIE

dr. G.J. Saaltink, voorzitter	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
ir. J. Chr. Both, secretaris	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
dr. G.J. Baaijens	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
J.F. Bannink	Stichting voor Bodemkartering
ir. H. van de Beld	Technische Hogeschool Twente, afdeling Chemische Technologie
drs. J. Gardeniers	Landbouwhogeschool, afdeling Natuurbehoud en Natuurbeheer

drs. D. van de Hoek	Landbouwhogeschool, afdeling Natuurbehoud en Natuurbeheer
ir. R.H. Kemmers	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
dr. E. van der Maarel	Katholieke Universiteit Nijmegen, afdeling Geobotanie
ir. J.C. Pape	Stichting voor Bodemkartering
drs. G. van Wirdum	Rijksinstituut voor Natuurbeheer

VIII BEZINNINGSGROEP

dr. ir. Th.J. van de Nes, voorzitter	Provinciale Waterstaat van Gelderland
dr. ir. J. Bouma, secretaris	Stichting voor Bodemkartering
ir. J.C. Boxem	Provinciale Landbouwkundige Dienst van Gelderland
drs. J. Gardeniers	Landbouwhogeschool, afdeling Natuurbehoud en Natuurbeheer
ing. G.J. Grotentraast	Cie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven
ir. B.A. Herfst	Rijkswaterstaat, Directie Gelderland
dr. ir. P.J.M. de Laat	International Institute for Hydraulic Environmental Engineering
dr. F.G. Mulder	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. J.C. Pape	Stichting voor Bodemkartering
ir. J. Patyi	Landinrichting, Gelderland
drs. G. van Wirdum	Rijksinstituut voor Natuurbeheer

IX BEGELEIDINGSGROEP ECONOMISCH ONDERZOEK

drs. E. Romijn, voorzitter/rapporteur	Provinciale Waterstaat van Gelderland
drs. J.P. Ancot	Nederlands Economisch Instituut
drs. J.A. Bourdrez	Nederlands Economisch Instituut
drs. C. Breedveld	Stichting Economisch Technologisch Instituut voor Gelderland
ir. R. Dorfmeijer	Provinciale Waterstaat van Gelderland
P.L. van Halst	Waterschap van de Baakse Beek
ir. H. Haverkate	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. A.A. van der Koppel	Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland
ir. J. Mülschlegel	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
dr. ir. Th.J. van de Nes	Provinciale Waterstaat van Gelderland
prof. dr. J.H.P. Paelinck	Nederlands Economisch Instituut
ir. J. Patyi	Landinrichting, Gelderland

X STUDIEGROEP WATERSTAATKUNDIGE GEGEVENS

ir. T. Blok, voorzitter	Provinciale Waterstaat van Gelderland
H.J. Brinkhof, secretaris	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. H. Brouwer	Dienst Grondwaterverkenning TNO
ir. A.J. Veraart	Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. P.M.M. Warmerdam	Landbouwhogeschool, afdeling Hydraulica en Afvoerhydrologie

XI STUDIEGROEP GEOHYDROLOGIE

ir. H. Vaessen, voorzitter	Waterleiding Maatschappij Gelderland
dr. F.G. Mulder, secretaris	Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. J.A.M. van der Gun	Dienst Grondwaterverkenning TNO
dr. S. Jelgersma	Rijks Geologische Dienst
ir. C.R. Meinardi	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening

XII STUDIEGROEP BODEMKUNDE

dr. ir. J. Bouma, voorz./rapporteur	Stichting voor Bodemkartering
ing. G.W. Bloemen	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ing. H.C. van Heesen	Stichting voor Bodemkartering
ir. A.F. van Holst	Stichting voor Bodemkartering

XIII STUDIEGROEP OPERATIONEEL MAKEN VAN MODELLEN

dr. ir. Th.J. van de Nes, voorzitter	Provinciale Waterstaat van Gelderland
ir. A.J. Veraart, secretaris	Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
ir. R.H.C.M. Awater	Rijkswaterstaat, Dienst Informatie Verwerking
ir. W. Cramer	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
dr. ir. R.A. Feddes	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
ir. B.A. Herfst	Rijkswaterstaat, Directie Gelderland
ir. K. Kovar	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
dr. ir. P.J.M. de Laat	International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering
ir. H.L.M. Rolf	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
ir. P. van der Veer	Rijkswaterstaat, Dienst Informatie Verwerking

LITERATUUR

1) Publicaties, Rapporten en Basisrapporten uitgebracht in het kader van of in samenwerking met C.W.G.

- 1 Akkers, B.P., (1979). Gebruikershandleiding programmapakket GELPAM (Gelders Multi-criteria afwegingsmodel). P.W. Gelderland.
- 2 Alderwegen, H.A. van, (1975). Een verkenning van het regionaal recreatiemodel Spamor. I.C.W.
- 3 Ancot, J.P. en J. Paelinck, (1979). AQUAFLEX, een modelmatige aanpak ter voorbereiding van beslissingen met betrekking tot de waterhuishouding in Gelderland. N.E.I.
- 4 Ancot, J.P. (1979). An econometric spatial demand model for water. Symp. Wageningen 1979. (Zie ook ECE Seminar Veldhoven 1980)
- 5 Ancot, J.P., E. Romijn (1980). Design and economic evaluation of alternative schemes for combined use of ground water and surface water. ECE Seminar Veldhoven 1980.
- 6 Awater, R.H.C.M. (1976). Infiltratie Dinxperlo. Afstudeerproject TH Delft.
- 7 Awater, R.H.C.M. (1977). Das Wasserwerk Dinxperlo. Symp. Aurich 1977.
- 8 Awater, R.H.C.M. en J. Bouma (1979). Sensitivity analysis of the model for ground water flow and evapotranspiration. Symp. Wageningen 1979.
- 9 Awater, R.H.C.M. en P.J.M. de Laat, (1980). Ground water flow and evapotranspiration. A simulation model, Part 2. Practical application in East-Gelderland. W.O.G. en I.H.E. (in druk)
- 10 Bakel, P.J.T.V., (1979). Sensitivity analysis of models for evapotranspiration. Symp. Wageningen 1979.
- 11 Bannink, B.A., (1975). Een numeriek model ter beschrijving van de zuurstofhuishouding in de Oude IJssel, waarin met name de invloed van fotosynthese op deze huishouding is gevat. T.H.T.
- 12 Bannink, J.F. en J.C. Pape, (1980). Enige gegevens betreffende de bodemgesteldheid van de natuurterreinen. Empese- en Tondense-heide, Koolmansdijk en Nijkampsheide. STIBOKA.
- 13 Bentlage, C.G.M.L., (1977). Een verkenning van de fosfaat- en zuurstofhuishouding van de Barneveldse Beek. T.H.T.
- 14 Beunders, B.A.J., (1978). Fosfaathuishouding en algengroei in het Barneveldse Beekgebied. T.H.T.
- 15 Blanken, M.G.M. den, (1975). Toepassing van het model Keuning voor grondwaterbeheer in de Achterhoek op een recente periode. L.H.
- 16 Boer, B. de, (1973). Een BOD-zuurstofmodel voor beken en rivieren; samenvatting van de werkzaamheden van de T.H.T.
- 17 Boer, B. de, (1973). Kwaliteitsmodellen voor beken en rivieren in het bijzonder de Groenlose Slinge. T.H.T.
- 18 Boer, B. de, (1976). A moving cell simulation model of the dynamics of dissolved oxygen. Systems Simul. Wat. Res. North Holland.
- 19 Boer, B. de, (1977). Toepassing van het unicriterium model van Locht. P.W. Gelderland.
- 20 Boer, B. de, (1977). Application of an econometric optimisation model to the water supply in East Gelderland. Symp. Aurich 1977.
- 21 Boer, B. de, (1979). A moving cell method of the dissolved oxygen and phytoplankton dynamics in rivers. Symp. Baden, IAHS nr. 125.
- 22 Boer, B. De, (1980). Gebruikershandleiding GELQAM. P.W. Gelderland (in voorbereiding).
- 23 Bommel, R.F. van, N. van Baalen en H. Thunissen, (1979). Enkele analyses met betrekking tot de afvoeren van de Oude IJssel. L.H.
- 24 Boonstoppel, F.J. (1975). Het industriële waterverbruik in de Achterhoek. R.I.D.
- 25 Both, J.C., (1976). De verspreiding van de macrofauna in relatie tot de samenstelling van het substraat in enkele Achterhoekse beekjes. L.H.
- 26 Both, J.C., G. v. Wirdum. (1979). Sensitivity of spontaneous vegetation to variation of water regime. Symp. Wageningen 1979.
- 27 Both, J.C. en G. van Wirdum, (1980). Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. R.I.N. (in voorbereiding)
- 28 Bouma, J. en H.C. van Heesen, (1979). Waterwingebied 't Klooster. Toelichting bij de veldbodemkundige gevoeligheidsanalyse. STIBOKA.
- 29 Bouma, J., ed. (1979). Overzichtskaarten met betrekking tot een aantal aspecten van de waterhuishouding in Gelderland. STIBOKA.
- 30 Breedveld, C. (1974). Industriële groeiindices in de Achterhoek. E.T.I.
- 31 Brinke, Bontenbal en Beringen, (1980). De invloed van droogvalling op de levenscyclus van *Nemoura cinerea* en *Amphinemura standfussii*. L.H. (in voorbereiding)
- 32 Brugge, T., J.G. de Graan en P.F. Rijtema, (1978). Waterkwaliteitsnormen, normatief? Een overzicht van waterkwaliteitsnormen voor diverse functies van het oppervlaktewater. P.W. Gelderland, R.I.D. en I.C.W.
- 33 Bruin, H.A.R. de, (1975). Over het interpoleren van de neerslaghoogte. K.N.M.I.

- 34 Bruin, H.A.R., W. Kohsiek. (1979). Meteorological aspects of the Penman formula. Symp. Wageningen 1979.
- 35 Bruin, H.A.R. de, W. Kohsiek, P.J.T. van Bakel en R.A. Feddes, (1979).
Verdamping en gewasproductie.
Deel 1 Toepassingen van de Penmanformule.
Deel 2 Verdamping in relatie tot bodem en gewas.
Deel 3 Gewasproductie en watergebruik.
K.N.M.I. en I.C.W.
- 36 Bruyn, J., (1974). Globale raming van de door grondwaterwinning veroorzaakte schade aan de landbouw in Oost-Gelderland. Nota 36. W.O.G.
- 37 Bruyn, J., (1979). Technische kosten van drink- en industriewater + landbouwschade. W.O.G.
- 38 Claessens, E., (1978). Macrofauna onderzoek in de Zuidveluwe beken: De Duno, de Seelbeek en de Hoge Oorsprong. L.H.
- 39 Colenbrander, H.J., Th. J. v.d. Nes, (1974). Waterhuishouding, vroeger, nu en in de toekomst. H₂O '74 no. 1
- 40 Colenbrander, H.J., (1977). System theory as an approach to regional water resources management. Symp. Aurich (zie ook CHO-TNO Versl. Med. no. 22, 1976)
- 41 Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland, (1975, 1976). Modelonderzoek 1971-1974 ten behoeve van de waterhuishouding in Gelderland.
Deel 1 Onderzoek in relatie tot beleidsvoorbereiding.
Deel 2 Grondslagen. Interimrapporten.
- 42 Duyvenbooden, W. van, (1980). De samenstelling van het in de Achterhoek gewonnen grondwater. R.I.D.
- 43 Ewalts, W.P.G., (1974). Rapport inzake een geo-elektrisch onderzoek in de Liemers. Dienst Grondwaterverk. T.N.O.
- 44 Gardeniers, J.J.P. (1977). Notes on the ecology of intermittent lowland streams. Symp. Aurich 1977.
- 45 Gennepe, R. en E. Uunk, (1972). Reactiepatronen Groenlose Slinge. T.H.T.
- 46 Gerritsen, J. en D. van de Kolk, (1980). Kwaliteitsbeoordeling van de sprengbeken van de Oost-Veluwe. L.H. (in voorbereiding)
- 47 Graan, J.G. de, (1978). Enkele uitbreidingen van het beslissingsmodel van Saaty (een aanvulling op het rapport Van de Nes van Van Lohuizen). R.I.D.
- 48 Hagen, J.H., (1973). Economische aspecten van het optimaal waterbeheer in Gelderland. Serie A: Economische aspecten no. 6. Inst. milieuvraagst. V.U. Amsterdam
- 49 Helder, J.G.M., (1974). Het waterverbruik in de landbouw in Oost-Gelderland. L.E.I.
- 50 Heijndeman, B.J., (1979). Kwantitatief onderzoek naar plankton in het stroomgebied van de Barneveldse Beek L.H.
- 51 Hiemstra, P., (1978). Een model voor de fytoplankton- en zuurstofhuishouding in een rivier. T.H.T.
- 52 Holst, A.F. van, ing. H.C. van Heesen en H. Makken, (1974). Waterwingebied 't Klooster; toelichting op een verwerking van bodemkundige gegevens. Rapport no. 1109. STIBOKA.
- 53 Holst, A.F. van, H.C. Heesen en J.C. Pape, (1974). Toelichting op en verwerking van bodemkundige gegevens ten behoeve van grondwaterbeheermodel rapport. no. 1160. STIBOKA.
- 54 Iersel, P. van, (1977). Zuurstofritmiek in de Boven-Slinge bij Winterswijk. L.H.
- 55 Jurgens, C.R., (1979). Enkele aspecten betreffende de waterbeheersing en landbouw in Oost-Gelderland.
Deel 1 Inventarisatie waterbeheersing.
Deel 2 Kosten van waterbeheersing (ontwatering en afwatering) ten behoeve van de landbouw.
Landinrichtingsdienst.
- 56 Kerpershoek, A., (1979). Gebruikershandleiding GELGAM. R.W.-D.I.V.
- 57 Keuning, D.H., (1973). Een wiskundig model voor grondwaterbeheer in de Achterhoek. L.H.
- 58 Knol, A. en B. van Eck, (1980). De relatie tussen blad en macrofauna in de Ratumse Beek. L.H. (in voorbereiding).
- 59 Kovar, K. en H.L.M. Rolf, (1979). Application of a model for ground water flow and evapotranspiration to an area in the Over Betuwe. Symp. Wageningen 1979.
- 60 Laat, P.J.M. de, C.v.d. Akker, Th.J. v.d. Nes. (1975). Consequences of ground water extraction on evapotranspiration and saturated-unsaturated flow. Symp. Bratislava - IAHS. no. 115.
- 61 Laat, P.J.M. de, C.v.d. Akker, (1977) Ground water flow and evapotranspiration, Symp. Aurich 1977.
- 62 Laat, P.J.M. de en R.H.C.M. Awater, (1978). Ground-water flow and evapotranspiration. A simulation model. Part 1 Theory. I.H.E. en W.O.G.
- 63 Laat, P.J.M. de, (1980). Model for unsaturated flow above a shallow water-table. Thesis Delft. Agric. Res. Rep. no. 895.
- 64 Lambert, J., (1979). Rapport inzake een aanvullend geohydrologisch veldonderzoek in de Over-Betuwe en Zuidelijke Veluwe zoom. R.I.D.
- 65 Locht, L.J., (1975). Regionale waterhuishouding, beleidsdoelstelling en structuur van de afwegingsprocedure. Nota 768. I.C.W.
- 66 Locht, L.J., (1977). Warum der Vorschlag des Spiels mit den Kurven. Symp. Aurich 1977
- 67 Maarel, E. van der, (1975). Ecologische aspecten van de grondwaterhuishouding in Oost-Gelderland. K.U.N., afd. Geobot.
- 68 Meyvis, H.C.J. (1978). Optimale kwaliteit van oppervlaktewater in het kader van een integraal waterbeheer. T.H.T.

- 69 Nes, Th. J. v.d., (1977). The structure of the decision making process within the water resources management system. Symp. Urbanization. Amsterdam, IAHS no. 123. (zie ook CHO-TNO Versl. Med. no. 22, 1976)
- 70 Nes, Th. J. v.d., (1977). Linear analysis of physically based model of a distributed surface run-off system. Symp. Aurich 1977.
- 71 Nes, Th.J. van de en E.P. van Lohuizen, (1978). Onderzoek naar de toepasbaarheid van multi-criteria afwegingsmodellen ten behoeve van de waterhuishouding in Gelderland. P.W. Gelderland.
- 72 Nes, Th.J. v.d., (1979). Applicability of multi-criteria decision models with multiple decision makers in water resources systems. Symp. Wageningen 1979. (Zie ook ECE Seminar Veldhoven 1980)
- 73 Nes, Th.J. van de en J. Bruyn, (1979). Een aantal aspecten betreffende het waterverbruik in Gelderland. Deel 1 De ontwikkeling van het waterverbruik in de landbouw. Deel 2 De ontwikkeling van het waterverbruik ten behoeve van de drinkwatervoorziening en de industrie. P.W. Gelderland en W.O.G.
- 74 Nes, Th.J. van de, (1980). Het gebruik en beheer van hydrologische gegevens c.q. meetnetten in relatie tot het regionale waterbeheer in Gelderland. P.W. Gelderland (in voorbereiding).
- 75 Nissink, H. (1975). Een fytoplankton en zuurstofmodel van de Oude IJssel. T.H.T.
- 76 Oever, M.L. v.d., (1972). Het ontwikkelen van een meetmethode om mengpatronen onbeken te bepalen. T.H.T.
- 77 Perk, J.C. van der, (1974). Afweging van verschillende systemen voor verbetering van de waterkwaliteit in recreatieplassen; partiële schade-functies voor waterkwaliteit en -kwantiteit. I.C.W.
- 78 Philips, R., (1979). Invloed van het plantendeck op de hydrologische kringloop. L.H.
- 79 Prins, J.P., (1979). Parameterschatting in waterkwaliteitsmodel met behulp van de methode der meest aanmerkelijke schattingen volgens Box. T.H.T.
- 80 Rolf, H.L.M. en K. Kovar, (1980). Modelstudie Over-Betuwe. Volume 1, Geohydrologie van het gebied Over-Betuwe – Zuidelijke Veluwe zoom. Volume 2, Model description. Volume 3, Toepassing van het model R.I.D. (in voorbereiding).
- 81 Romijn, E., (1980). Basisrapport geohydrologie Gelderland. P.W. Gelderland (in druk).
- 82 Romijn, E., (1977). Naar een wetenschappelijke basis voor het integrale waterbeheer. Waterschapsbelangen '77 nr. 8.
- 83 Romijn, E., (1979). Watermanagement models for the province of Gelderland. Symp. Wageningen. (Zie ook Symp. Problematique et question des eaux interieures, Liège 1978).
- 84 Rijtema, P.E., (1974). Te verwachten landbouwkundige gevolgen van de waterwinning in Oost-Gelderland. Nota 797. I.C.W.
- 85 Schaik, H.P.J. van, (1973). Mestoverschotten en stikstof- en fosfaatbelasting van grond- en oppervlaktewater in de Gelderse Achterhoek. Nota 745. I.C.W.
- 86 Schouten, H.R., (1976). Rapport inzake een geo-elektrisch onderzoek in de Over-Betuwe en de Gelderse Vallei. D.G.V.-T.N.O.
- 87 Schuurmans, A. en P. Schuurmans, (1974). De invloed van grondwaterstands daling op de vegetatie van de natuurgebieden in Oost-Gelderland. K.U.N., afd. Geobot.
- 88 Sleeking, A.W., (1974). De theoretische berekening van de relatie doorlaatfactor – zuigspanning van zandgronden. L.H. – I.C.W.
- 89 Spalink, E., (1974). De betekenis voor de landbouw van toegestane vervuiling via bemesting; een nutsfunctie. I.C.W.
- 90 Spalink, E. (1975). Modelmatige verwerking van de economische aspecten van het integraal waterbeheer in een regio. C.B.S.
- 91 Steenvoorden, J.H.A.M., (1979). Fosfaat- en stikstofhuishouding voor het oppervlaktewater van de Barneveldse Beek. I.C.W.
- 92 Stoffelsen, G.H. en J. Bouma, (1979). Waterwingebied Over-Betuwe. Toelichting op en verwerking van de bodemkundige gegevens. STIBOKA.
- 93 Straten, G. van, (1977). Phytoplankton and oxygen models for brooks and rivers. Symp. Aurich. 1977.
- 94 Straten, G. van, B. de Boer (1979). Sensitivity analysis to uncertainty in phytoplankton oxygen models. Symp. Wageningen, 1979.
- 95 Straten, G. van (1979). Hydrological aspects of oxygen behaviour and algal blooms in river systems. C.H.O.-T.N.O. Versl. Med. nr. 25.
- 96 Straten, G. van, B. de Boer en H. van de Beld, (1980). Model voor de fytoplankton- en zuurstofhuishouding in een rivier met toepassingen in Oost-Gelderland. T.H.T.
- 97 Tolkamp, H., (1975). De hydrobiologische kwaliteitsbeoordeling van de beken in de Zuidelijke Achterhoek. L.H.
- 98 Tolkamp, H., (1975). De hydrobiologische inventarisatie van enkele beekjes in de gemeente Aalten in de zomer van 1973 en de winter van 1974. L.H.
- 99 Tolkamp, H., J.P. Gardeniers (1977). Hydrobiological Survey of lowland streams in the Achterhoek. Symp. Aurich 1977.
- 100 Ton, H., (1974). Toepassing van het rekenschema – Rijtema bij het berekenen van droogte-schaden in Olden Eibergen. L.H.
- 101 Tongeren, O.F.R. van en H.L.G. Verbraak, (1974). De vegetatie van het Noorderbroek bij Varsseveld. K.U.N., afd. Geobot.

- 102 Tongeren, O.F.R. van en H.L.G. Verbraak, (1974). De vegetatie van het stroomgebied van de Vennevertlose beek. K.U.N., afd. Geobot.
 - 103 Tongeren, O.F.R. van en H.L.G. Verbraak (1974). De vegetatie van het landgoed „Ulenpas“. K.U.N., afd Geobot.
 - 104 Va'sák, J., (1979). De chemische samenstelling van het grondwater in het Barneveldse Beekgebied. V.U., Amsterdam.
 - 105 Verdonschot, P.F.M., (1977). Het gebruik van kunstmatig substraat voor de bestudering van de macrofauna levensgemeenschappen in vervuilde en onvervuilde beken in de Achterhoek. L.H.
 - 106 Visser, W.C. (1977). The comprehensive universal model. Symp. Aurich 1977.
 - 107 Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland, (1974). De infiltratieproef Olden Eibergen.
 - 108 Waterleiding Maatschappij Gelderland, (1977). Verslag van de uitvoering van een aanvullend geohydrologisch onderzoek in de Over-Betuwe.
 - 109 IJzerman, A.J., (1979). Sprengen en sprengbeken op de Veuwe. Een onderzoek naar beheer, onderhoud en watervoorziening in historisch perspectief. L.H.
- 2) Geraadpleegde publicaties en rapporten.**
- Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening, (1965). De toekomstige drinkwatervoorziening van Nederland.
- Commissie ter bestudering van de waterbehoefte van de Gelderse landbouwgronden, (1962). Eerste interimrapport. De waterbehoefte van de Tielerwaard-west.
- Commissie ter bestudering van de waterbehoefte van de Gelderse landbouwgronden, (1970). Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied.
- Doornbos, J., H. van Straten en H. Wieling, (1977). Berekening op melkveebedrijven. Proefstation voor de Rundveehouderij.
- Haimes, Y. Hierarchical analysis of water resources systems. McGraw-Hill Book Company New York.
- Hall, W.A. and J.A. Dracup, (1970). Water resources systems engineering. McGraw-Hill Book Company New York.
- Hoorn, J.W. van, (1960). Grondwaterstroming in komgronden en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Versl. Landb. Ond. Nr. 66.10.
- Maris, A.G., A. Volker, S. Herweijer, W.F.J.M. Krul, J.J. Hopmans, (1959). De waterhuishouding van Nederland. Artikelen serie in de Ingenieur, no. 1, 2, 3, 4.
- Mesarovic, M.D. et al, (1970). Theory of hierarchial, multilevel systems. Academic Press New York.
- Reuter, K.N., J.J. Kouwe, (1958). De landbouwwaterhuishouding in de provincie Gelderland. COLN-TNO.
- Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, (1970). Regionaal basisplan Gelderland.
- Rijkswaterstaat, (1968). De waterhuishouding van Nederland.
- Santema, P., (1971). Recente ontwikkelingen in het beleid van de centrale overheid in de U.S.A. met betrekking tot de opstelling en de evaluatie van plannen voor projecten op het gebied van de „natte“ waterstaat. De ingenieur, no. 15.

INHOUD	BLADZIJDE
Voorwoord	I
Conclusies	II
Aanbevelingen	III
1. Inleiding	1
2. Opzet van het onderzoek	3
2.1. Doelstelling van het onderzoek	3
2.2. Organisatie van het onderzoek	3
2.3. Opzet van het rapport.	5
<i>Verkorte versie van het rapport</i>	
3. Systeembenadering voor het waterbeheer	6
3.1. De beschrijving van het waterbeheersysteem	6
3.2. Het beslissingsproces	8
3.3. Organisatie-hiërarchie	8
3.4. Décompositie en integratie	9
4. Integrale planning van het waterbeheer	10
4.1. Inleiding	10
4.2. Het provinciale grondwaterplan	10
4.3. Het provinciale waterkwaliteitsplan	11
4.4. Het provinciale waterhuishoudingsplan	11
4.5. Overzicht	12
5. Waterbeheersing	13
5.1. Inleiding	13
5.2. Het neerslag-afvoermodel	13
5.3. De toestand van de landbouwwaterhuishouding in Oost-Gelderland	14
5.4. Samenvatting	16
6. Waterwinning	18
6.1. Inleiding	18
6.2. Het waterverbruik door landbouw, huishoudens en bedrijven	18
6.2.1. Het waterverbruik door de landbouw	18
6.2.2. Het huishoudelijk verbruik	19
6.2.3. Het waterverbruik door bedrijven	23
6.3. Berekening van de gevolgen van de grondwateronttrekking	25
6.4. Samenvatting	29
7. Waterkwaliteitsbeheer	31
7.1. Inleiding	31
7.2. Het model voor de zuurstofhuishouding	32
7.2.1. Opzet van het model	32
7.2.2. Voorbeelden van toepassing van het model	37
7.2.3. Conclusies voor het waterbeheer	38
7.3. Normen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater	40
7.4. De fosfaat- en stikstofhuishouding in een stroomgebied	41
7.4.1. Inleiding	41
7.4.2. Gebiedsbeschrijving	41
7.4.3. De stikstofbalans	43
7.4.4. De fosfaatbalans	44
7.4.5. Conclusies voor het waterbeheer	45
7.5. Aspecten van het grondwaterkwaliteitsbeheer	45
7.5.1. Inleiding	45
7.5.2. Oost-Gelderland	46
7.5.3. Gebied van de Barneveldse Beek	48
7.5.4. Conclusie	49
7.6. Samenvatting	50

8. Natuurbehoud	51
8.1. Inleiding	51
8.2. Behoud en beheer van beken van de Veluwe en in Oost-Gelderland	51
8.2.1. Inleiding	51
8.2.2. Oost-Gelderland	52
8.2.3. Veluwe	54
8.3. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden	55
8.3.1. Inleiding	55
8.3.2. Koolmansdijk	55
8.3.3. Nijkampsheide	55
8.3.4. Empese- en Tondense Heide	56
8.3.5. Landschapsecologische interpretatie	57
8.4. Samenvatting	59
9. Integrale waterbeheersystemen	60
9.1. Inleiding	60
9.2. Overzichtskaarten van de waterhuishouding	60
9.2.1. Landbouwwaterhuishouding	60
9.2.2. Technische winbaarheid van grondwater (Oost-Gelderland)	64
9.2.3. Grondwaterinvloed en natuurwaarde (Oost-Gelderland)	64
9.3. Integratieprocedures bij het gebruik van aspectkaarten	68
9.4. Integratie van vraag en aanbod van water	69
9.4.1. Probleemstelling	69
9.4.2. Het beleidsanalysemodel AQUAFLEX (methode Paelinck)	69
9.4.3. Het beleidsanalysemodel GELPAM (methode Saaty)	79
9.5. Samenvatting	80
10. Modellen en hun gegevens	81
<i>niet in verkorte versie</i>	
11. Modellen en hun gegevens	81
<i>niet in verkorte versie</i>	
12. Beheer van meetnetten en modellen	83
12.1. Meetnetten en gegevensbestanden	83
12.1.1. Overzicht van bestaande meetnetten	83
12.1.2. Overzicht van de bestaande hydrologische gegevensbestanden	84
12.1.3. Kosten van meetnetten	84
12.1.4. Aanbevelingen	85
12.2. Modellen	86
12.3. Onderlinge opsomming van meetnetten en modellen	87
13. Toekomstig onderzoek	88
<i>niet in verkorte versie</i>	
14. Evaluatie	88
<i>niet in verkorte versie</i>	

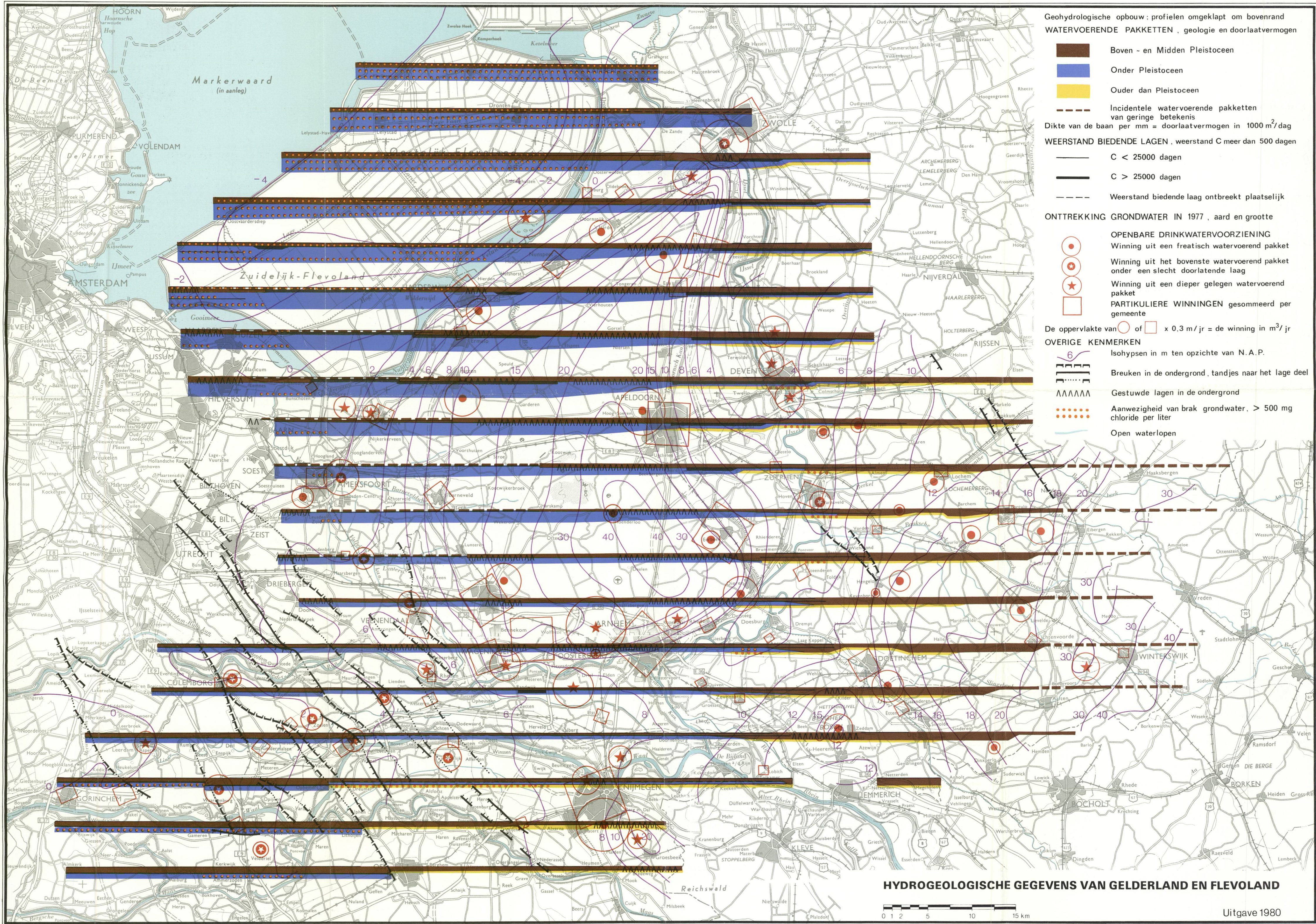
Bijlagen

1. Samenstelling van Commissie, Stuurgroep en Werkgroepen.

2, 3, 4, *niet in verkorte versie*

Hydrogeologische gegevens van Gelderland en Flevoland

Literatuur



Geohydrologische opbouw: profielen omgeklapt om bovenrand
WATEROVERENDE PAKKETTEN, geologie en doorlaatvermogen

- Boven - en Midden Pleistoceen
- Onder Pleistoceen
- Ouder dan Pleistoceen
- Incidentele watervoerende pakketten van geringe betekenis
- Dikte van de baan per mm = doorlaatvermogen in 1000 m²/dag
- WEERSTAND BIEDENDE LAGEN, weerstand C meer dan 500 dagen
- C < 25000 dagen
- C > 25000 dagen
- Weerstand biedende laag ontbreekt plaatselijk

- ONTTREKKING GRONDWATER IN 1977, aard en grootte
- OPENBARE DRINKWATERVOORZIENING
 - Winning uit een freatisch watervoerend pakket
 - Winning uit het bovenste watervoerend pakket onder een slecht doorlatende laag
 - Winning uit een dieper gelegen watervoerend pakket
 - PARTIKULIERE WINNINGEN gesommeerd per gemeente

- De oppervlakte van of x 0,3 m³/jr = de winning in m³/jr
- OVERIGE KENMERKEN
- Isophypsen in m ten opzichte van N.A.P.
 - Breuken in de ondergrond, tandjes naar het lage deel
 - Gestuwde lagen in de ondergrond
 - Aanwezigheid van brak grondwater, > 500 mg chloride per liter
 - Open waterlopen

HYDROGEOLOGISCHE GEGEVENS VAN GELDERLAND EN FLEVOLAND

0 1 2 5 10 15 km

Uitgave 1980

Toelichting bij de Hydrogeologische Gegevens van Gelderland en Flevoland

S. Jelgersma
Rijks Geologische Dienst
C.R. Meinardi
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening

1. De opzet van de kaart

De bedoeling van de kaart is om een algemeen overzicht te geven van de hydrogeologische gesteldheid van Gelderland en Flevoland. Wij hebben getracht de meest kenmerkende gegevens samen te brengen, zodat de gebruiker van de kaart in één oogopslag een indruk kan krijgen van de situatie van het grondwater in het gebied dat hem interesseert. Deze opzet sluit een vérgaande detaillering uit; in het algemeen zullen de gegevens van de kaart niet toereikend zijn voor verfijnde hydrologische beschouwingen of berekeningen. De specialist zal terug moeten grijpen op vakliteratuur of eigen veldonderzoek.

- De gepresenteerde gegevens zouden van nut kunnen zijn voor:
- de overheid die beleid voert ten aanzien van kwaliteit en kwantiteit van het grondwater;
 - participuleren of instellingen die gebruik willen maken van het grondwater, of er anderszins bij betrokken zijn;
 - (geo)hydrologen die aanvangen met lokaal of regionaal onderzoek.

De kaart geeft in de eerste plaats schematisch de opbouw van de ondergrond weer; de nadruk ligt op de geohydrologische structuur, zoals die blijkt uit de opeenvolging van watervoerende pakketten (zand) en slecht doorlatende lagen (klei). De isohypsen geven de stijghoogten van het grondwater aan; de richting van de stroming staat loodrecht op de isohypsen. De grotere waterlopen draineren vaak het grondwater, maar voeden het soms ook.

Onttrekkingen van grondwater kunnen de situatie in wijde omgeving beïnvloeden; alle winningen van betekenis zijn afgebeeld op de kaart.

Wat betreft de kwaliteit van het grondwater is onderscheid gemaakt tussen zoet en brak grondwater. Ten slotte zijn nog enige kenmerken opgenomen, die kunnen duiden op lokale afwijkingen van het algemene beeld, zoals de stuwwallen en breuken in de ondergrond.

Hoewel de kaart speciaal is ontworpen voor Nederlandse omstandigheden, is toch zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij internationaal gangbare symbolen (UNESCO international legend for hydrogeological maps).

2. De gekozen aanduidingen

De geohydrologische structuur bepaalt voor een groot deel het voorkomen en het gedrag van grondwater. De natuurlijke stroming van grondwater - binnen de kringloop van het water - en kunstmatige stromingen, opgewekt door menselijk ingrijpen, hangen beide van deze structuur af. Ook de kwaliteit van het grondwater ondervindt invloed van de structuur; vooral het al dan niet aanwezig zijn van slecht doorlatende lagen is belangrijk voor de natuurlijke samenstelling van grondwater, maar ook voor het doordringen van verontreiniging van boven af. De geohydrologische structuur is in beeld gebracht door middel van gekleurde banen, waarin de opeenvolging van de lagen is aangegeven.

De banen tonen de grootte van het doorlaatvermogen (het produkt van dikte en doorlatendheid) van de watervoerende pakketten en de weerstand tegen verticale stroming van de slecht doorlatende lagen. Deze eigenschappen zeggen meer over de stroming van het grondwater dan de exacte diepteligging van de lagen. Door middel van de kleur is onderscheid gemaakt in de geologie van de watervoerende pakketten. De onderscheiden geologische eenheden hebben ten eerste in het veld verschillende kenmerken - zodat ze goed herkenbaar zijn - en ten tweede verschillen ze vaak ook duidelijk wat betreft hun hydrologische eigenschappen (doorlatendheid, kwaliteit van het grondwater).

De isohypsen gelden voor het diepste watervoerende pakket, waarvan voldoende gegevens bekend waren om lijnen van gelijke stijghoogte te kunnen bepalen. De invloed van lokale verstoringen (kleine verschillen in maaiveldshoogte; detailontwatering) zal daardoor beperkt zijn, zodat het regionale stromingsbeeld goed naar voren komt.

De onttrekkingen van grondwater voor particulier gebruik en de winplaatsen voor de openbare drinkwatervoorziening zijn van elkaar onderscheiden. Bij de laatste gaat het meestal om sterk geconcentreerde winningen, terwijl de particuliere onttrekkingen vaak wat méér gespreid zijn over de bebouwde kommen van de gemeenten. Bovendien is de laatste jaren een tendens merkbaar dat de grootte van de particuliere winningen terugloopt, terwijl de winning voor de openbare drinkwatervoorziening nog steeds toeneemt.

De grootte van de winning is aangeduid door een gebied te omgrenzen, waarvan het oppervlak vermenigvuldigd met een schijf water van 300 mm gelijk is aan de jaarlijkse onttrekking. Een waterschijf van 300 mm/jaar komt ongeveer overeen met het gemiddelde neerslagoverschot (neerslag minus verdamping). Voor alle duidelijkheid moet hier gesteld worden dat het aangegeven gebied niet het invloedsgebied van de onttrekking voorstelt; dat zal meestal groter zijn. Winningen kleiner dan 300.000 m³/jaar zijn niet apart weergegeven; het totaal van de particuliere onttrekkingen omvat soms wel een aantal kleine winningen. Het effect van een kleinere winning is gering; hoewel ze gezamenlijk toch wel een merkbare invloed kunnen hebben, bijvoorbeeld als ze dienen voor beregening.

Bij het weergeven van de open waterlopen is een tamelijk subjectieve keus gemaakt. Voor de vrij afwaterende gebieden (Veluwe, Oost-Gelderland) zijn de grotere beken genomen; de kanalen niet, omdat ze vaak weinig contact hebben met het grondwater (dichtgeslibde bodem) en de kleinere beken niet omdat ze een groot deel van het jaar droog staan. De sprengen langs de randen van de Veluwe zijn niet afgebeeld, hoewel ze in nauw verband staan met het grondwater. Veranderingen in de toestand van het grondwater onder de Veluwe kunnen effect hebben op de sprengen. In het rivierengebied zijn alleen de centrale wateringen weergegeven.

Ten aanzien van de kwaliteit van het grondwater is onderscheid gemaakt tussen zoet en brak water. Het zoutgehalte is een belangrijk criterium voor gebruik als drinkwater, maar ook voor landbouw en natuur.

Als grenswaarde is 500 mg chloride per liter aangehouden, omdat die overeenkomt met een internationaal gangbare definitie; de norm voor drinkwater ligt in Nederland lager.

Een groot deel van Gelderland en Flevoland heeft onder de invloed gestaan van glaciële verschijnselen tijdens de voorlaatste - de Saale - ijstijd. Het toen aanwezige landsij heeft diepe sporen getrokken in de vorm van glaciële dalen; naast de dalen zijn stuwwallen ontstaan. De dalen zijn opgevuld met jongere sedimenten die gedeeltelijk afkomstig zijn van materiaal van de stuwwallen. Op de kaart zijn enkele dalen herkenbaar aan de hoge weerstand tegen verticale stroming van de dalopvulling. De stuwwallen zijn met een aparte signatuur aangegeven; loodrecht op de scheefstelling door stuwing kan de horizontale doorlatendheid sterk afnemen. In het gebied van de stuwwallen moet men steeds verdacht zijn op een grillige opbouw van de ondergrond en een gecompliceerd hydrologische situatie.

In de westelijke Betuwe ligt een zone, waar de ondergrond door breuken is vervormd. Dit uit zich in de hydrogeologische situatie door plotselinge overgangen in de dikte van de lagen. Met name het doorlaatvermogen kan daardoor ineens van waarde veranderen. Ook in de omgeving van Winterswijk zijn breuken aanwezig in de ondergrond; omdat zij de hydrogeologische situatie maar weinig beïnvloeden zijn ze niet op de kaart aangegeven.

3. Wat niet op de kaart staat

Niet alle zaken, die verband houden met de hydrogeologie, staan op de kaart vermeld. Daarvoor zijn een aantal redenen te noemen. De eerste is natuurlijk dat een keus moest worden gemaakt; de kaart zou anders onleesbaar worden door een veelheid aan details. Verder bevat de kaart in principe alleen hydrogeologische gegevens. Hoewel de stroming van grondwater onverbreekelijk is verbonden met de rest van de kringloop van het water, is het onderwerp van de kaart beperkt tot dat deel van de ondergrond, dat geheel met grondwater is verzadigd.

De kaart geeft niet de basisgegevens (boringen, stijghoogten, pompproeven) waarop de interpretatie is gebaseerd. Dit betekent dat de nauwkeurigheid van de weergegeven eigenschappen niet beoordeeld kan worden. Op enkele plaatsen, waar een nauwgezet onderzoek heeft plaatsgevonden, kan de nauwkeurigheid groot zijn; in het algemeen zal de gebruiker van de kaart echter rekening moeten houden met de mogelijkheid van soms grote afwijkingen van de werkelijkheid. Ook hierdoor zullen de gegevens van de kaart niet voldoende zijn voor hydrologische beschouwingen waarbij grote nauwkeurigheid een eis is. In zo'n geval zullen de gegevens door veldonderzoek moeten worden aangevuld. Een gegeven dat op de kaart ontbreekt, is de exacte diepteligging van de diverse lagen. De diepte van watervoerende pakketten en van weerstandbiedende lagen is belangrijk bij de constructie van waarnemings- of pompputten. Dit technische criterium zal echter zelden nog doorslaggevend zijn bij het installeren van een grondwaterwinning.

Alleen de grotere waterlopen zijn aangegeven; daarbuiten heeft het grondwater echter nog talrijke andere verbindingen met water aan of nabij het maaiveld. In het algemeen zal het ondiepe grondwater van nature in directe verbinding staan met het bodemvocht in de onverzadigde zone en via die weg ook aanvulling kunnen krijgen uit de neerslag of andersom water verliezen door verdamping.

De hydrologische processen in de onverzadigde zone zijn van groot belang voor met name de landbouw en voor de toestand van natuurgebieden. Een verandering in het regiem van het diepe grondwater zal bijna altijd doorwerken naar boven en daarmee ook invloed kunnen uitoefenen op onder andere landbouw en natuur. Het is echter niet goed mogelijk om een dergelijke relatie weer te geven op de kaart, omdat het verband tussen het grondwater en alle erbij betrokken belangen zeer complex is en meestal sterk plaatsgebonden. Met andere woorden: de gebruiker heeft meer gegevens - bijvoorbeeld de door StiBoKa uitgegeven bodemkaarten - nodig als hij een ingreep, zoals winning of lozing, wil beoordelen naar het effect op landbouw en natuur.

Er is niet in detail aangegeven hoe de wisselwerking kan zijn tussen het grondwater en de kleinere beken en waterlopen. De aanwezigheid van kwelzones of sprengen is niet apart vermeld. Ook de omstandigheid of het open water het grondwater draineert of juist water verliest volgt niet direct uit de kaart.

Ten slotte staat niet op de kaart hoe de kwaliteit van het zoete grondwater is. Hoewel sommige kwaliteitseigenschappen zich goed lenen voor kartering, is het moeilijk om op een kaart een totaalbeeld van de kwaliteit van het grondwater weer te geven. Dit komt gedeeltelijk doordat de kwaliteit door een groot aantal - verschillend reagerende - kenmerken wordt bepaald.

4. Kort overzicht van de hydrogeologische eigenschappen

Gelderland en Flevoland bestaan uit een aantal deelgebieden met verschillende hydrogeologische kenmerken.

Dit zijn in grote lijnen de volgende:

a. De Veluwe

De stuwheuvels van de Veluwe vormen het beginpunt van een machtige grondwaterstroming die doorgaat tot in de omliggende gebieden. Door de hoge ligging en de goede doorlatendheid van de ondergrond komt het gehele neerslagoverschot aan het grondwater ten goede. Open waterlopen zijn vrijwel afwezig. De grondwaterstroming kan ingewikkeld zijn door de onregelmatige opbouw (stuwing) van de lagen. De kwaliteit van het grondwater houdt sterk verband met de kwaliteit van de neerslag. In veel gevallen treedt een geringe indamping op, de gehalten aan opgeloste stoffen worden iets hoger als gevolg van de natuurlijke verdamping. Het grondwater is van zeer goede kwaliteit; de beïnvloeding van de kwaliteit door menselijke activiteiten is nog gering. Toch is het grondwater van de Veluwe kwetsbaar voor verontreiniging doordat afsluitende lagen meestal ontbreken. De winning van grondwater op de Veluwe wordt beperkt door mogelijke effecten op natuur en landbouw in de randzones.

b. De Gelderse Vallei

Het diepere grondwater van de Gelderse Vallei krijgt aanvulling door horizontale toestroming van de Veluwe in het oosten en voor een kleiner deel van de Utrechtse Heuvelrug in het westen. Dit grondwater kwelt op door de slecht doorlatende Eemkleilaag naar de ondiepe lagen, die een zeer gering doorlaatvermogen hebben. Deze ondiepe lagen verwerken ook de lokale neerslag, die echter maar kort in de ondergrond verblijft en daarna samen met het kwelwater door de beken wordt afgevoerd. De kwaliteit van het diepe grondwater is vrijwel dezelfde als onder de Veluwe, het is echter zuurstofloos en bevat wat ijzer. Het ondiepe grondwater vertoont haast overal de kenmerken van verontreiniging, vooral door landbouw en bewoning. Mogelijke effecten op de lokale landbouw en natuurgebieden vormen een beperkende factor voor de winning van grondwater. Nabij Amersfoort bevat het diepe watervoerende pakket brak water.

c. Flevoland

De hydrogeologische situatie van Flevoland heeft grote overeenkomst met de Gelderse Vallei. Verschillen zijn dat de nieuwe polders een nog sterker kwelgebied zijn voor grondwater afkomstig van de Veluwe en dat de lokale neerslag vrijwel direct wordt afgevoerd door bemaling. Een zeer typerend verschil is ook dat een groot deel van het grondwater onder Flevoland min of meer brak is. Slechts aan de oostrand is de toestroming van zoet grondwater zodanig groot (geweest) dat de watervoerende pakketten volledig met zoet water zijn gevuld. Langs alle randen van Flevoland vindt tegenwoordig ook verzoeting plaats, doordat vanuit de randmeren zoet oppervlaktewater in de ondergrond inzijgt. De voornaamste beperking voor de winning van zoet grondwater onder Flevoland ligt in de aanwezigheid van brak grondwater. Lokaal kan een winning invloed hebben op natte natuurgebieden, terwijl bij grotere winningen rekening moet worden gehouden met effecten op het oude land.

d. Het IJsseldal

Een overheersend kenmerk van de vallei waarin de IJssel stroomt is de aanwezigheid van dikke en zeer slecht doorlatende fluvioglaciële kleilagen. Deze lagen verdelen de ondergrond in twee pakketten die nauwelijks verband met elkaar houden, behalve aan de randen, waar de kleilagen snel dunner worden en ophouden te bestaan. Het diepe watervoerende pakket ten westen van de IJssel ontvangt grondwater uit het Veluwemassief. Deze invloed gaat onder de IJssel door.

Het ondiepe pakket krijgt langs de rand ook voeding uit de Veluwe, maar daarnaast ook uit de lokale neerslag en plaatselijk vanuit de IJssel. De kwaliteit van het diepe grondwater draagt de sporen van zijn ontstaan op de Veluwe; waar dit water door marine tertiaire lagen heeft gestroomd, heeft het door kationenwisseling een lagere hardheid gekregen. Het ondiepe grondwater is op veel plaatsen verontreinigd door menselijke activiteiten; beschermende lagen ontbreken meestal. De winning van diep grondwater ondervindt beperkingen door de aanwezigheid van brak water en door het optreden van eventuele effecten aan de randen van de vallei. Een ondiepe winning zal vooral lokale gevolgen hebben voor de vegetatie.

e. Cost-Gelderland

De ondergrond van Cost-Gelderland bestaat in het algemeen uit één watervoerend pakket, met daarin freatisch grondwater. Freatisch grondwater staat in vrije verbinding met de atmosfeer. Ter weerszijden van de Cude IJssel komen echter wel afdekkende kleilagen aan de oppervlakte voor. Het watervoerende pakket bestaat plaatselijk uit gestuwde lagen (Montferland, Lochemer Berg); hier kan het doorlaatvermogen soms groot zijn. Ten oosten van de lijn Aalten-Croenlo-Neede zijn de zandlagen zo dun, dat een watervoerend pakket ontbreekt; lokaal zijn echter gaulstructuren aanwezig die opgevuld zijn met zand en grind waarin wel grondwater kan stromen.

De watervoerende pakketten in Cost-Gelderland fungeren hoofdzakelijk als doorstroom-reservoir voor de lokale neerslag. De kwaliteit van het grondwater is haast overal in meerdere of mindere mate beïnvloed door menselijke activiteiten; beschermende lagen zijn of afwezig of hebben slechts geringe betekenis. De winning van grondwater kent belemmeringen doordat vrijwel overal effecten in de vorm van opbrengstderiving voor de landbouw en/of schade aan natuurgebieden kunnen optreden.

f. Het Rivierengebied

Haast overal in het Rivierengebied bestaat de ondergrond uit twee watervoerende pakketten, gescheiden door een slecht doorlatende laag. In het noorden en oosten is het doorlaatvermogen van het diepe pakket het grootst; in het zuiden en in het westen zal het vaak andersom zijn. Plaatselijk zijn nog diepere pakketten te onderscheiden. In het algemeen ligt aan maaiveld een Holocene kleilaag, met uitzondering van de rivierduinen in het land van Maas en Waal en sommige verlaten rivierbeddingen, die met zand zijn gevuld. De voeding van het grondwater is divers. Vanuit de omliggende infiltratiegebieden (Montferland, Veluwe, Rijk van Nijmegen, Utrechtse Heuvelrug) komt grondwater horizontaal aanstromen. Vooral de invloed van de Veluwe is in het diepe pakket onder de Betuwe tot aan de Lange te merken. Oeverwalssystemen fungeren als plaatselijke infiltratiegebieden voor de neerslag. De belangrijkste bron van voeding zijn de grote rivieren. In het oosten vindt overwegend een stroming van grondwater plaats vanuit en vanaf de rivieren en in het westen is die stroming zelfs overheersend.

Door de verschillen in voeding kan het grondwater ook een zeer verschillende kwaliteit hebben. Het water afkomstig van de heuvelgebieden is zeer goed van kwaliteit. In iets mindere mate geldt dit ook voor het reeds lang geleden geïnfiltreerde rivierwater; het recent geïnfiltreerde water heeft een vrij slechte kwaliteit. Het lokaal door een oeverwal ingezegen water kan van slechte kwaliteit zijn als het door veenlagen heeft gestroomd. Op een aantal plaatsen ligt de top van het brakke grondwater hoog (Bommelerwaard, Neder-Betuwe). Behalve de laatstgenoemde omstandigheid is weinig bekend over de factoren die in het Gelderse Rivierengebied de winning van grondwater beperken (mogelijk landbouw-of natuurschade, mogelijk ook zettingen van het maaiveld).

g. Het Rijk van Nijmegen

De geohydrologische situatie van het Rijk van Nijmegen, waar ook stuwwallen zijn, is in het klein vergelijkbaar met de Veluwe. Verschillen zijn dat het horizontale doorlaatvermogen van de ondergrond kleiner is en dat een deel van de stuwwal bezet is door bebouwing, zodat daar de grondwaterkwaliteit slechter is. Voor de winning van grondwater is belangrijk dat er aan de randen minder uitgesproken natuurgebieden liggen.

5. Meer gedetailleerde gegevens

De Rijks Geologische Dienst brengt geologische kaarten uit waarop gedetailleerde geologische gegevens zijn vermeld; de Dienst Grondwaterverkenning TNC maakt geohydrologische inventarisaties waarin vele geohydrologische eigenschappen zijn vermeld; Rijkswaterstaat verzorgt de Waterstaatskaart waarop het oppervlaktewater in detail is aangegeven; de Stichting voor Bodemkartering geeft bodemkaarten uit die van veel belang zijn voor de ondiepe hydrogeologische situatie. Van het overige kaartmateriaal dat beschikbaar is, moet vooral de Topografische Kaart genoemd worden; topografische details zijn vaak in grote mate bepalend voor hydrogeologische situaties.

De Rijksgeologische Dienst en het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening beheren een geologisch/geohydrologisch archief, waarin onder andere boorgegevens en grondwater-analyses zijn opgenomen; stijghoogten van het grondwater worden gearcheveerd door de Dienst Grondwaterverkenning TNC.

Uitvoerige geohydrologische studies zijn gerapporteerd door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (Veluwe, Flevoland, Gelderse Vallei, Rivierengebied; door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (Cost-Gelderland) en door de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland (Tielerwaard, Achterhoek, Over-Betuwe). Daarnaast is door talrijke andere instanties gerapporteerd over soms gedetailleerde (geo)-hydrologische onderzoeken. Een vrijwel volledig overzicht van alle relevante literatuur (ook de niet gepubliceerde) is te vinden in het basisrapport Geohydrologie van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland (1980).