

~~VERBODEN TOEGANG~~
~~COMMISSIE VOOR NATUURBEHEER~~
~~NEDERLAND~~
~~6660 NO LEERSUM~~

19 MEI 1982

organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk
onderzoek



VAN DE CONTACTGROEP
GRONDWATERMÔDELLEN, CHO-TNO

RAPPORT EN AANBEVELINGEN
VAN DE CONTACTGROEP
GRONDWATERMÔDELLEN, CHO-TNO.

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO
SERIE: RAPPORTEN EN NOTA'S 10

04C114

VOOR NATUURBEHEER
M-NEDERLAND

RAPPORT NR: 1193
model 168

RAPPORT EN AANBEVELINGEN
VAN DE CONTACTGROEP
GRONDWATERMÔDELLEN, CHO-TNO.

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO

Serie: Rapporten en Nota's no. 10.

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO.

RAPPORT EN AANBEVELINGEN
VAN DE CONTACTGROEP
GRONDWATERMODELLEN, CHO-TNO

Den Haag, april 1982

Contactadres:

**Secretariaatsbureau CHO-TNO,
Postbus 297, 2501 BD DEN HAAG**

AANBEVELINGEN

1. De Contactgroep beveelt aan haar te laten voortbestaan met handhaving van de huidige opdracht. Gezien het gestelde in conclusie 1 zou de opdracht evenwel anders dan tot nu toe moeten worden ingevuld, namelijk nl. op een wijze die geen te grote belasting voor de leden meebrengt. Het accent zal dan meer komen te liggen op het nemen van initiatieven en het geven van aanzetten.
2. Als activiteiten van de Contactgroep kunnen onder andere de in conclusie 9 geconstateerde knelpunten worden behandeld:
 - a. Betrouwbaarheid van modelresultaten:
Hiervoor is onderzoek nodig door de instellingen die modellen ontwikkelen.
Ontwikkelingen op dit gebied zijn gaande.
 - b. Relatie tussen aanvullende gegevensverzameling en toename in de betrouwbaarheid van modelresultaten.

De Contactgroep acht het wenselijk dat over deze onderwerpen in een breder verband van gebruikers en modelbouwers van gedachten kan worden gewisseld.

3. De Contactgroep beveelt aan dat binnen het Klein Comité van de CHO-TNO aandacht wordt besteed aan het probleem van de vrije uitwisselbaarheid van computerprogramma's op het gebied van de hydrologie.
4. Het verdient aanbeveling de informatie over programma's (ook) centraal toegankelijk te maken, bijvoorbeeld door middel van een zoekstelsel.
Hiervoor zou een informatiecentrum in het leven kunnen worden geroepen dat als taken zou krijgen:
 - het opzetten en bijhouden van het zoekstelsel;
 - het opstellen van kwalitatieve eisen aan programma's voor opname in het zoekstelsel;
 - het toetsen van programma's aan de gestelde eisen;
 - het registreren van toepassingen van programma's;
 - het bevorderen van de toegankelijkheid van programma's;
 - het stimuleren van het geven van cursussen en bijeenkomsten;
 - het signaleren van knelpunten.De Contactgroep heeft zich niet gebogen over de structuur van een dergelijk centrum. Die structuur is afhankelijk van ontwikkelingen buiten de groep (SAW, andere informatiecentra) en van de financiering. Deze zaken vallen buiten het gezichtsveld van de Contactgroep.
5. Daar het naar verwachting nog wel enige tijd zal duren voor een dergelijk centrum functioneert, wordt aanbevolen in afwachting daarvan het tabellarische overzicht zoals gemaakt voor het rapport "Grondwatermodellen en computerprogrammatuur" (CHO-TNO, 1978) bij te stellen aan de hand van een nieuwe enquête. Voor het verrichten van de werkzaamheden verbonden aan het opstellen van het overzicht, wordt gedacht aan een hiervoor aan te stellen werkkraacht, begeleid door de Contactgroep.

6. De modelbouwer dient te zorgen voor een goede gebruikersgerichte documentatie. Daarin moeten minimaal zijn opgenomen:
- een globale omschrijving (met onder meer mogelijkheden en beperkingen van het programma);
 - een omschrijving van de beschikbaarheid;
 - een handleiding voor het gebruik.
- De Contactgroep is van mening dat dit in eerste instantie een taak is van de organisaties waarbinnen de computerprogramma's worden ontwikkeld.
7. Cursussen in het toepassen van computerprogramma's zijn noodzakelijk om gebruikers vertrouwd te maken met het modelgebruik. Het geven van cursussen die gericht zijn op de mogelijkheden en het gebruik van een bepaald model, zijn in de eerste plaats een taak voor de beherende instanties. De Contactgroep constateert met voldoening dat thans aan dit punt in de praktijk steeds vaker aandacht wordt gegeven.
- Voor meer algemene opleiding en vorming gericht op het verstandig toepassen van modellen, ziet de Contactgroep primair een taak voor de onderwijsinstellingen.
- Ten aanzien van het geven van cursussen ziet de Contactgroep geen eigen taken voor de toekomst.

RAPPORT VAN DE
CONTACTGROEP GRONDWATERMODELLEN
CHO-TNO.

INHOUD

	Blz.
1. <u>INLEIDING</u>	1
2. <u>FUNKTIE EN TAKEN VAN DE CGM</u>	3
2.1. Taakomschrijving	3
2.2. Werkzaamheden	4
2.3. Kanttekeningen bij de voortzetting van de CGM.	5
3. <u>ONDERKENNING VAN PROBLEMEN IN RELATIE TOT MODELGEBRUIK</u>	9
3.1. Onderkenning van problemen	9
3.2. Indeling van modelgebruikers	10
4. <u>FORMULERING VAN HET ONDERZOEKSVOORSTEL</u>	13
4.1. Vooronderzoek	13
4.2. Het onderzoeksvoorstel	14
5. <u>KEUZE VAN HET MODEL</u>	15
5.1. Inleiding	15
5.2. Het fysische systeem	15
5.3. Beschikbaarheid van gegevens	16
5.4. Aard van het probleem	16
5.5. Aard en nauwkeurigheid van de te verwachten resultaten	17
5.6. Beschikbaarheid van faciliteiten	18
5.7. Beschikbare middelen	19
6. <u>GEBRUIK MODEL</u>	20
6.1. Inleiding	20
6.2. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid	20
6.3. Doelstelling modelonderzoek	22
6.4. Invoergegevens model	23

6.5.	Calibratie model	24
6.6.	Gevoeligheidsanalyse	25
6.7.	Verificatie model	25
6.8.	Toepassing model	26
7.	<u>COMPUTERPROGRAMMATUUR; KWALITEITSZORG</u>	27
7.1.	Bepaling van de gewenste kwaliteit	27
7.2.	Werkwijze	28
7.3.	Documentatie	30
8.	<u>COMPUTERPROGRAMMATUUR; BESCHIKBAARHEID EN TOEGANKELIJKHEID</u>	31
8.1.	Beschikbaarheid	31
8.2.	Toegankelijkheid	32
9.	<u>CONCLUSIES</u>	33

LITERATUUR

BIJLAGEN:

1. Samenstelling CGM
2. Bijlage bij hoofdstuk 7: Minimale eisen te stellen aan documentatie
3. Overzicht van het zoekstelsel van het International Ground Water Model Center
4. Afkortingen

1. INLEIDING

In de zeventiger jaren hebben de ontwikkeling en het gebruik van computermodellen op het gebied van grondwater (grondwatermodellen) een grote vlucht genomen. Reeds nu staat een relatief omvangrijk arsenaal aan modellen ter beschikking als hulpmiddel bij analyse van grondwaterproblemen. Deze problemen zijn gerelateerd aan zowel de uitvoering van werken en het grondwaterbeheer als aan spuurwerk en methodiekontwikkeling.

Gezien de inspanning, die momenteel geleverd wordt op het gebied van modelontwikkeling, mag verwacht worden dat het aantal modellen in de komende jaren nog zal toenemen. Daarnaast mag verondersteld worden dat het gebruik van grondwatermodellen in de dagelijkse praktijk van het grondwateronderzoek verder ingang zal vinden. Naarmate de modelontwikkeling enerzijds en het modelgebruik anderzijds in omvang toenemen, dient er meer en gericht aandacht te worden besteed aan:

- contacten en coördinatie tussen modelontwikkelaars;
- het samen optrekken van modelontwikkelaars en modelgebruikers (o.m. afstemming van mogelijkheden en behoeften);
- de beschikbaarheid van modellen en de modelkeuze.

Deze punten hebben al enige jaren en op verschillende plaatsen de aandacht.

Zo is in 1976 door het Klein Comité van CHO-TNO de "Ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur" ingesteld, die tot taak had de in Nederland beschikbare computerprogrammatuur, alsmede de bestaande verlangens op dit gebied te inventariseren.

Hierover werd in 1978 door de "Ad hoc groep" verslag gedaan (CHO-TNO, 1978). Vermeldenswaard in dit verband is ook het eindrapport van de CIAD-projectgroep (CIAD, 1979) (CIAD = Vereniging voor computertoepassingen in de ingenieurspraktijk), waarin ondermeer aandacht wordt besteed aan het gebruik van grondwatermodellen en computerprogrammatuur bij de bemaling van bouwputten e.d.

Het rapport van de "Ad hoc groep" vermeldt een aantal conclusies en aanbevelingen, die betrekking hebben op de bovengenoemde punten. Hierin wordt gewezen op de noodzaak om te komen tot een verbeterde informatie-uitwisseling en samenwerking tussen de modelontwikkelaars en de (potentiële) gebruikers. Tevens wordt het belang aangegeven om de ontwikkeling van modellen in sterkere mate te coördineren, terwijl meer aandacht zou moeten worden besteed aan het operationeel maken van modellen. Ten aanzien van dit laatste punt wordt enerzijds gewezen op de noodzaak van een goede gebruikersdocumentatie, anderzijds dient naar de mening van de "Ad hoc groep" de gebruiker zorg te dragen voor een duidelijke formulering van de probleemstelling.

Op grond van het rapport van de "Ad hoc groep" werd door het Klein Comité van de CHO-TNO besloten tot een vervolg activiteit. Na een voorbereidingsperiode leidde dit in augustus 1979 tot de instelling van de Contactgroep Grondwatermodellen (CGM). De doelstelling van de groep werd door het Klein Comité als volgt geformuleerd: "Het bevorderen van de samenwerking bij de ontwikkeling en toepassing van grondwatermodellen ten dienste van het grondwaterbeheer als totaliteit".

Aan deze doelstelling zijn een aantal taken en functies ontleend (in hoofdstuk 2 wordt hierop nader ingegaan).

Bij de samenstelling van de CGM werd gestreefd naar een representatieve vertegenwoordiging van onderzoekinstellingen, die modellen ontwikkelen, beheren en toepassen en van instanties (gebruikers) die werkzaam zijn op het gebied van het waterbeheer. De samenstelling van de CGM is aangegeven in bijlage 1.

In het voorliggende rapport wordt met name aandacht besteed aan de problematiek met betrekking tot de modelkeuze en het modelgebruik. Onderwerpen die door de CGM worden aangemerkt als zijnde van bijzonder gewicht en waarmee de CGM zich vanaf de instelling hoofdzakelijk heeft beziggehouden.

In de hoofdstukken 3 t/m 8 wordt hier uitgebreid op ingegaan. De gevolgde werkwijze is aangegeven in hoofdstuk 2.

De conclusies en aanbevelingen in dit rapport hebben niet alleen betrekking op de genoemde onderwerpen. De Contactgroep heeft zich tijdens haar werkzaamheden ook, zij het in beperkte mate en minder doelgericht, beziggehouden met een aantal andere punten. Tevens is bij de samenstelling van het rapport aandacht besteed aan de werkzaamheden van de CGM in de volgende fase. In hoofdstuk 2 wordt hierop nader ingegaan.

2. FUNKTIE EN TAKEN VAN DE CGM

2.1. Taakomschrijving

In de inleiding(hoofdstuk 1) is reeds aangegeven dat de instelling van de CGM nauw verweven is met de conclusies en aanbevelingen van de "Ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogramma-tuur". Dit is terug te vinden in de in hoofdstuk 1 genoemde doelstelling van de CGM en ook in de daaruit door het Klein Comité afgeleide functie en taken, te weten:

- a. contactfunctie;
- b. stimulerende taak;
- c. informatieve taak.

Bij de instelling werd hierbij opgemerkt dat de CGM bij haar werkzaamheden de nodige armslag zou moeten hebben, zodat een nauw omschreven taakstelling door het Klein Comité niet noodzakelijk werd geacht. Wel werden de genoemde functie en taken nog nader toegelicht, met de kanttekening dat een en ander door de CGM naar eigen inzicht kon worden ingevuld. Vanuit het Klein Comité werd de navolgende toelichting gegeven op de taakstelling van de CGM.

ad a. Contactfunctie:

- het fungeren als centraal punt("algemene vraagbaak") op het gebied van de grondwatermodellen;
- het bevorderen van het contact en de samenwerking tussen de modelbouwers onderling, met het accent op de nieuwbouw-activiteiten;
- het bevorderen van het onderlinge contact tussen grondwaterbeheerders(c.q. modelgebruikers);
- het bevorderen van de contacten tussen enerzijds de modelbouwers en anderzijds de grondwaterbeheerders/modelgebruikers.

ad b. Stimulerende taak:

- het doen "opvullen van leemten" in het onderzoek; in dit verband kunnen bijvoorbeeld voorstellen worden gedaan voor de instelling van ad hoc subgroepjes, die bepaalde problemen moeten aanpakken;
- het stimuleren van de modelbouwers betreffende het opstellen van goede beschrijvingen en documentaties van de diverse modellen;
- het doen formuleren van wenselijkheden betreffende grondwatermodellen door de grondwaterbeheerders/modelgebruikers.

ad c. Informatieve taak:

- het doen verspreiden van informatie over ontwikkelingen op het gebied van grondwatermodellen en computerprogramma-tuur;
- het (doen) organiseren van bijeenkomsten gericht op bepaalde problemen of doelgroepen.

Ten aanzien van de functie en taken van de CGM werden door het Klein Comité nog de volgende kanttekeningen geplaatst:

- de groep wordt geen "operationele of beheerstaak" toegedacht; een dergelijke taak past niet in de huidige constellatie van de CHO;
- waar, vanuit het grondwaterbeheer, relaties bestaan met het oppervlaktewater zal met ontwikkelingen op dat terrein rekening moeten worden gehouden;
- bij de technische discussie binnen de groep zal niet teveel in detail moeten worden getreden; gemikt zal moeten worden op het niveau boven de directe modelbouwer;
- goede contacten zullen moeten worden gelegd (bijvoorbeeld middels personele unies) met bestaande groepen die thans reeds op verschillende plaatsen actief zijn;
- een regelmatige voortgangsrapportage over de werkzaamheden van de groep is noodzakelijk, o.a. om zonnodig de samenstelling van de groep te kunnen aanpassen.

2.2. Werkzaamheden

Bij de aanvang van haar werkzaamheden heeft de CGM zich gerealiseerd dat het hier gaat om een zeer omvangrijk takenpakket. Een takenpakket dat niet in zijn geheel van de aanvang af aangevat zou kunnen worden. Om die reden heeft de CGM in eerste instantie bewust gezocht naar onderwerpen die prioriteit zouden moeten krijgen. Alvorens dit te doen is het probleemveld nadrukkelijk ingeperkt tot "kwantiteitsmodellen" dat wil zeggen dat de modellering van kwaliteitsprocessen (adsorptie, afbraak e.d.) in het grondwater buiten beschouwing is gebleven. Deze uitsluiting is overigens in overeenstemming met de conclusies van het aan de instelling van de CGM voorafgegaane overleg.

Vervolgens heeft de CGM een nadere verkenning van het probleemveld uitgevoerd. Dit heeft geresulteerd in een vijftal programma-punten, met daarbij een aantal (concrete) actiepunten. In het onderstaande zijn deze punten in het kort weergegeven:

1. Welke antwoorden zoekt de gebruiker ?
 - 1.1. Verdere analyse van de enquête van de Ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur, eventueel opnieuw inventariseren van de verlangens van de gebruikers.
 - 1.2. Classificatie van de grondwaterproblemen.
2. Welke modellen kan de modelbouwer bieden ?
 - 2.1. Het bevorderen van het maken van goede (gebruiksvriendelijke) programmabeschrijvingen.
 - 2.2. Het (doen) ontwikkelen van technieken ten behoeve van de bepaling van de gevoeligheid van technieken ten behoeve van de bepaling van de betrouwbaarheid van modelresultaten.
 - 2.3. Regelmatig aanvullen van het overzicht van beschikbare modellen en aangeven van te verwachten ontwikkelingen.
3. Samenwerking tussen modelgebruiker en modelbouwer
 - 3.1. Het (doen) ontwikkelen van methodieken/technieken ten behoeve van het kiezen van een model in relatie tot het probleem en de beschikbare hoeveelheid kennis en middelen.
 - 3.2. Signaleren van lacunes in de permanente verzameling en registratie van gegevens.
 - 3.3. Signaleren van lacunes in het bestand van grondwatermodellen.
 - 3.4. Kennisoverdracht aan gebruikers van grondwatermodellen.

4. Beschikbaarheid van modellen
 - 4.1. Inventariseren van beschikbaarheid van bestaande modellen
 - 4.2. Stimuleren van beschikbaar maken van modellen
5. Samenwerking bij ontwikkeling van modellen
 - 5.1. Stimuleren van samenwerking bij ontwikkeling van modellen.

Uit dit pakket heeft de CGM de actiepunten 1.1., 1.2., 2.1., 2.2. en 3.1. geselecteerd om in de eerste fase ter hand te nemen. Hiertoe werden in eerste instantie twee subgroepen gevormd, die tot taak hadden de genoemde actiepunten nader inhoud te geven en daarover te rapporteren aan de CGM. Een en ander heeft geresulteerd in beschouwingen over modelkeuze en modelgebruik, die in de hoofdstukken 3 t/m 8 zijn neergelegd. Als rode draad hierbij heeft de CGM de gang van zaken in de praktijk voor ogen gehad, waarbij voor de oplossing van een bepaalde probleemstelling met betrekking tot het grondwater een grondwatermodel wordt gekozen(hoofdstuk 3 t/m 5)en vervolgens wordt toegepast waarbij zich een aantal daaraan gerelateerde problemen manifesteren(hoofdstuk 6). Belangrijke aspecten voor de gebruiker, gebruikersvriendelijke programmadocumentatie en beschikbaarheid, komen vervolgens in aparte hoofdstukken(resp. 7 en 8) aan de orde.

Met betrekking tot de genoemde punten is de CGM tot een aantal conclusies en aanbevelingen gekomen. De conclusies staan vermeld in hoofdstuk 9.

2.3. Kanttekeningen bij de voortzetting van de CGM

In de vorige paragraaf is naar voren gebracht dat de CGM in de eerste fase bewust een beperkt aantal aspecten onder de loupe heeft genomen. Onder verwijzing naar de uitgewerkte functie en taken en de door CGM geformuleerde actiepunten, kan gesteld worden dat er nog vele punten wachten om aangepakt te worden. Overigens moet hier wel worden gememoreerd dat in de eerste fase de "contact-functie" en de "informatieve taak" in algemene zin tot op zekere hoogte eveneens gestalte heeft gekregen, zij het dat dit beperkt bleef tot de leden van de contactgroep. Tijdens de vergaderingen vond informatie-uitwisseling plaats op het gebied van modelontwikkeling en modelgebruik, terwijl als gevolg van de samenstelling van de groep een contact tot stand is gekomen tussen "ontwikkelaars" en "gebruikers". De doorwerking hiervan naar buiten toe is vooralsnog beperkt gebleven.

Alvorens vorm en inhoud te kunnen geven aan vervolgactiviteiten van de CGM is het van belang om te bezien welke relevante ontwikkelingen er na de instelling van de CGM hebben plaatsgevonden. Het voert hier te ver om dit uitvoerig te behandelen. In het navolgende zal daarom alleen op die ontwikkelingen worden ingegaan, die directe relaties hebben met het werkkterrein van de CGM.

Ad hoc groep Waterbeheer - SAW

In 1979 is door de Stuurgroep Samenwerking Automatisering Waterstaat(SAW) de ad hoc groep Waterbeheer ingesteld met de opdracht om voorstellen te ontwikkelen met betrekking tot doel, taken, samenstelling en werkwijze van een samenwerkingsverband op het gebied van wiskundige technieken die gebruikt kunnen worden bij

het waterbeheer en in het bijzonder bij de regionale planvorming voor de waterhuishouding. Redenen tot het geven van deze opdracht waren onder meer de in voorbereiding zijnde wetgeving en het beschikbaar komen van wiskundige technieken, waaronder computermodellen, als resultaat van onderzoek in het kader van onder meer PAWN (Policy Analysis for the Watermanagement Netherlands), CWG (Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland) en TOW-H (Toegepast Onderzoek Waterstaat - Systemanalyse Waterbeheer).

Het overleg in de ad hoc groep Waterbeheer heeft geresulteerd in een aan de Stuurgroep SAW uitgebrachte notitie waarin de wenselijkheid wordt uitgesproken om te komen tot een samenwerkingsverband met een coördinerende en informatieve functie op het gebied van de ontwikkeling en het beheer van wiskundige technieken. Voorgesteld wordt om in de periode 1982-1983 te onderzoeken welke organisatievorm aan een dergelijk samenwerkingsverband kan worden gegeven en welke vorm de relaties met reeds bestaande groepen zouden moeten krijgen.

In november 1981 is door de Dienst Informatieverwerking van Rijkswaterstaat een functionaris aangewezen die met bovengenoemd onderzoek zal worden belast. Deze wordt begeleid door een begeleidingsgroep (SAMWAT), waarin vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, Provinciale Waterstaat, Waterloopkundig Laboratorium, RID, ICW en CHO-TNO (secretariatsbureau) zitting hebben.

Techniekenstudie milieu-effect rapportage

In opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk wordt een onderzoek uitgevoerd naar technieken (waar onder computermodellen), die in het kader van milieu-effect rapportage bruikbaar zijn voor de voorspelling van de mogelijke omvang van de gevolgen voor het milieu van bepaalde activiteiten. De eerste fase van dit onderzoek, waarbij de inventarisatie en classificatie van technieken centraal staat, wordt uitgevoerd door een combinatie van Nederlandse instellingen samen met het Engelse adviesbureau Environmental Resources Limited.

Er worden vijf onderzoeksvelden onderscheiden, te weten: water, bodem (inklusief grondwater), lucht, biotische aspecten en landschap. De inventarisatie met betrekking tot het aspect "bodem" wordt uitgevoerd door het RID in samenwerking met het ICW.

De nadruk van het totale onderzoek ligt op de praktische toepassingsmogelijkheden en beperkingen van de technieken: in welke gevallen, onder welke omstandigheden, benodigde basisinformatie, deskundigheidsniveau bij toepassing, kosten, tijd e.d. Het onderzoek zal uitmonden in een soort leidraad met voorspellingstechnieken ten behoeve van diegenen die milieu-effectrapporten zullen gaan maken, dan wel zullen beoordelen. Aandachtspunten hierbij zullen ook zijn de mogelijke hiaten in de technieksfeer en de wijze waarop de "leidraad" in de toekomst bijgehouden zou moeten worden.

Inventarisatie grondwaterkwaliteitsmodellen

In april 1980 werd door CHO-TNO een workshop georganiseerd met als onderwerp "Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels" (CHO-TNO, 1980).

Tijdens deze workshop werd onder meer gediscussieerd over diverse stellingen met betrekking tot het grondwaterkwaliteitsonderzoek.

Een tweetal stellingen had betrekking op modellen, te weten:

- Er dient een groep in het leven te worden geroepen die zich bezig gaat houden met de bouw en toepassing van grondwaterkwaliteitsmodellen.
- Grondwaterkwaliteitsmodellen dienen rekening te houden met de per regionaal systeem soms sterk wisselende randvoorwaarden.

In het kader van de CGM is met name de eerste stelling van belang. Deze stelling was overigens mede voortgekomen uit de discussies op dit punt binnen de CGM bij het begin van haar werkzaamheden. Naar aanleiding van deze stelling werd tijdens de workshop voorgesteld om een nadere verkenning uit te voeren naar de behoefte aan een groep die zelf modellen ontwikkelt c.q. aan een groep die kijkt wat er beschikbaar is aan modellen en waar behoefte aan is. Naar aanleiding van het vorenstaande heeft er tussen de direct belanghebbende instanties en binnen het Klein Comité nader overleg plaatsgehad. Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een in 1981 verstrekte opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne aan CHO-TNO, om een inventarisatie uit te voeren met betrekking tot de beschikbare grondwaterkwaliteitsmodellen en de ontwikkelingen op dit gebied. Deze opdracht wordt uitgevoerd door een bij het secretariaatsbureau van CHO-TNO geplaatste onderzoeker, onder begeleiding van vertegenwoordigers van een aantal instanties.

Naar verwachting zal in september 1982 een rapport aan de opdrachtgever worden uitgebracht.

Toegankelijkheid van modellen/gebruikerscursussen

In de CGM is meerdere malen van gedachten gewisseld over de toegankelijkheid van modellen voor (potentiële) gebruikers. Toegankelijkheid met name in de zin van gebruikersvriendelijke programmadocumentatie. Hieraan zal in dit rapport nog de nodige aandacht worden besteed. Ook de mondelinge instructie van (potentiële) gebruikers wordt door de CGM als een belangrijk aspect gezien bij de toegankelijkheid van modellen. Tot voor kort geschiedde dit met betrekking tot grondwatermodellen weinig structureel en op ad hoc basis. Sinds kort lijkt hier echter een verandering ten goede op te treden. Zo is voor het programma GROMULA van het Waterloopkundig Laboratorium in 1981 een gebruikersbijeenkomst georganiseerd. Voor het programma GELGAM en het RID-programmapakket op grondwatergebied staan gebruikerscursussen in 1982 op het programma.

Door deze cursussen wordt het mogelijk dat de potentiële gebruiker niet alleen beter met het programma kan werken, maar ook dat hij een meer verantwoorde beslissing kan nemen met betrekking tot de keuze van een model.

Toekomst van de CGM

Het is duidelijk dat vorenstaande van direct belang moet worden geacht voor de koersbepaling van de CGM in de volgende periode.

Enerzijds moet worden vermeden dat er doublures gaan ontstaan, anderzijds is het belangrijk dat er, gezien de stand van zaken, juist op het gebied van grondwatermodellen een herkenbaar coördinatiepunt blijft bestaan. Het is evenwel gewenst dat in de volgende periode meer gericht wordt gewerkt. Daarbij is echter het probleem dat het werken aan specifieke onderwerpen moeilijk kan worden ingepast in de normale werkzaamheden van de meeste CGM-leden. In de regel zal dan een (te) grote aanspraak moeten worden gedaan op de tijd van één of enkele leden van de contactgroep. Deze tijd komt alleen beschikbaar als de organisatie waaraan het lid verbonden is, hieraan de nodige prioriteit geeft en de daarvoor benodigde tijd beschikbaar stelt. Als de werkzaamheden voornamelijk binnen één organisatie zullen worden verricht, is het de vraag of het wel zinnig is de CGM hierbij als werkgroep op te voeren.

Het lijkt de CGM beter om als klankbord of forum te gaan functioneren voor degenen die op modelgebied werkzaam zijn. In dat geval zou kunnen worden volstaan met een vergaderfrequentie van een enkele keer per jaar. Op dergelijke vergaderingen zouden dan onder meer specifieke onderwerpen kunnen worden behandeld. Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan de knelpunten zoals die in de Contactgroep naar voren zijn gekomen (zie conclusie 9 en aanbeveling 2). Meer in het algemeen komt het er op neer dat voor deze bijeenkomsten van de CGM modelbouwers zullen worden uitgenodigd iets te vertellen over de ontwikkelingen op hun gebied en modelgebruikers over problemen bij het toepassen van modellen of over lacunes die worden geconstateerd bij de bestaande programma's. Ook kan gedacht worden aan het volgen van de onderzoekprogramma's van de instellingen die actief zijn op het gebied van (model) programma-ontwikkeling. Hiermee kunnen wellicht vragen worden beantwoord als: welke inspanning (mankracht, geld) wordt geleverd op het gebied van modelontwikkeling, neemt dat toe of af, is deze ontwikkeling gewenst, zijn er leemten te constateren tussen de ontwikkelingen die gaande zijn en de te verwachten vraag naar programma's in de toekomst. De bevindingen van de CGM naar aanleiding van dergelijke bijeenkomsten zouden via één van de bestaande kanalen (bv. via de Hydrologische Nieuwsbrief) een grotere verbreiding kunnen verkrijgen. Naast deze verslagen zijn van de contactgroep dan geen rapporten meer te verwachten.

Bij de hiervoor genoemde taakopvatting zal noch de opdracht aan de CGM noch de samenstelling ervan behoeven te worden aangepast. Als er meer kijk is op het al dan niet totstandkomen van een informatiecentrum (zie par. 5.6) en/of de taak van de groep SAMWAT, zal de positie van de CGM opnieuw moeten worden bezien.

3. ONDERKENNING VAN PROBLEMEN IN RELATIE TOT MODELGEBRUIK

3.1. Onderkenning van problemen

Het overheidsbeleid streeft o.a. naar een zo hoog mogelijke graad van materieel en immaterieel welzijn van de bevolking. Dit streven wordt verwoord in een aantal doelstellingen.

Water is voor bestuurders interessant omdat het één van de factoren is die nodig zijn voor het bereiken van enkele van die doelstellingen.

Zij liggen voor zover hier van belang voornamelijk op het gebied van

- landbouw en nijverheid;
- natuurlijk milieu en landschap;
- volksgezondheid;
- recreatie;
- veiligheid;
- werkgelegenheid.

In het algemeen zijn de doelstellingen zo ruim gedefinieerd dat zij niet zonder meer eënduidig richting geven aan het te voeren beleid bijvoorbeeld op het gebied van water en het hiervoor benodigde onderzoek. Uit een nadere analyse en uitwerking van elke doelstelling zal moeten blijken wat voor de verwezenlijking ervan nodig is. Meestal is dit een heel scala factoren.

Indien water een factor is, die van essentieel belang is voor het bereiken van de doelstelling en de doelstelling reëel bereikbaar lijkt, dan zal aan het water nadere aandacht dienen te worden besteed.

Naast de overheidslichamen, die de integratie van doelstelling op alle bovengenoemde gebieden tot stand moeten brengen (Rijk, Provincies, Gemeenten), zijn er instanties (zowel (semi-) overheid als particulier), waarvan de doelstellingen slechts op één of een beperkt aantal gebieden liggen. De factor water kan bij de vervulling van hun taken een hoofdrol spelen (waterschappen, waterleidingmaatschappijen, instanties die natuurgebieden beheren) of een bijrol (industrieën met eigen waterwinning, aannemingsmaatschappijen die met bronbemalingen te maken hebben). Veelal worden bij deze laatste instellingen en bedrijven via vergunningsprocedures door de toezichhoudende overheidslichamen gedwongen om aandacht te schenken aan de gevolgen van de door hen geplande ingrepen op de factor water, zelfs al zou dit vanuit hun eigen doelstellingen wellicht niet nodig zijn.

De overheid bepaalt daarom meestal of onderzoek nodig is. Zij zal zich er daarbij eerst van vergewissen of voor het bereiken van de doelstelling een ingreep met gevolgen voor het water nodig of wenselijk is. Als alles bij het oude blijft is geen nader onderzoek nodig afgezien van wetenschappelijk onderzoek. Onderzoek kan wel nodig zijn als er veranderingen te verwachten zijn:

- a. ter behartiging van andere doelstellingen;
- b. door aanpassingen van doelstellingen;
- c. door aanpassing van het waterbeheer vanuit de doelstelling zelf.

Een nader (oriënterend) onderzoek naar de gevolgen van een ingreep kan dan vereist zijn voor vergroting van het technisch inzicht. Ter verduidelijking kan hierbij als voorbeeld worden gegeven de situatie met een natuurgebied grenzend aan een landbouwgebied. Hierbij kan, redenerend vanuit de doelstelling natuurbehoud, onderzoek nodig zijn:

in geval a: als vanuit de doelstelling landbouw een lagere grondwaterstand wenselijk is;

in geval b: indien natuurbehoud een zwaarder accent gaat krijgen. Onderzoek kan dan gewenst zijn naar de grootte van bufferzones rondom het natuurgebied en het na te streven waterbeheer hierin;

in geval c: als het natuurgebied zo nat mogelijk gemaakt moet worden. Dan kan de vraag gesteld worden hoe ver men moet gaan met het buiten gebruik stellen van ont- en afwateringswerken en welk effect dat heeft. De vraag op welke wijze de maatgevende afvoer uit het natuurgebied zal veranderen, valt onder a. Immers, deze moet worden gezien vanuit de doelstelling landbouw.

Uit bestuurlijk oogpunt is vergroting van het inzicht vaak gewenst omdat niet aan alle wensen op het gebied van water (voortvloeiend uit een aanvaarde doelstelling) kan worden voldaan. Er zal dus bij het toestaan van vrijwel elke ingreep afgewogen en vervolgens gekozen moeten worden. De bestuurder dient zich hierbij vooraf rekenschap te geven van de consequenties van zijn keuze. Hij moet zo goed mogelijk kunnen voorzien of zijn keuze wel wordt gedekt door zijn interpretatie van de hiervoor genoemde ruime doelstelling.

De bestuurder zal de vragen die hierbij rijzen voorleggen aan het technische apparaat dat hem ter beschikking staat. Bij de beantwoording van die vragen kunnen modellen een rol spelen. De antwoorden die de bestuurder krijgt zal hij gebruiken bij zijn besluitvorming. In deze zin kan ook een bestuurder gebruiker van modellen zijn. Daarnaast zijn er echter gebruikers die veel directer betrokken zijn bij berekeningen met modellen. De realisatie van besluiten kristalliseert vaak in één of meer concrete projecten. Zo'n project wordt als een aparte eenheid uitgevoerd; soms door een speciale organisatorische groep. Een groter kader levert de doelstellingen die binnen het project worden gedetailleerd tot ontwerp-criteria; vaak via het afwegen van alternatieven. Een model kan de bouw en het gebruik van de te maken constructie of de te plegen ingreep in zijn omgeving simuleren en langs die weg waardevolle gegevens verschaffen.

3.2. Indeling van modelgebruikers

Het is bij discussies binnen de CGM nuttig gebleken onderscheid te maken tussen de verschillende niveaus modelgebruikers.

(In werkelijkheid zijn deze niveaus vaak niet zo duidelijk te onderscheiden. Zij gaan geleidelijk in elkaar over of zij zijn verenigd in één persoon).

Niveau 1; de beleidsgerichte gebruiker

Deze gebruiker is beleids en beleidsanalytisch gericht. Hij moet op de hoogte zijn van de beleidsdoelstellingen, waarbij grondwater één van de factoren is die nodig zijn voor het realiseren van doelstellingen. Hij moet overzien van welk belang water is

voor het bereiken van de doelstelling, mede in relatie tot de andere voorwaarden waaraan voldaan moet worden om de doelstelling te kunnen realiseren.

Aan de hand van zijn kennis van bestuurlijke zaken en de besluitvorming hierbij ("niveau 0") zal hij bij een ingreep moeten aangeven hoe betrouwbaar de gevolgen van een ingreep bepaald moeten worden, op welke termijn antwoord verwacht wordt en hoeveel geld beschikbaar is of moet komen om tot een verantwoorde besluitvorming te kunnen komen.

De gebruiker van niveau 1 zal dus op de hoogte dienen te zijn van de technische mogelijkheden op het gebied van hydrologische modellen. Deze mogelijkheden (kunnen) worden aangedragen door niveau 2.

Niveau 2; de technisch georiënteerde modelgebruiker

Hieronder wordt de gebruiker verstaan die in het kader van een onderzoeksproject, uitgaande van de probleemstelling, daadwerkelijk betrokken is bij de schematisering van de hydrologische werkelijkheid ten behoeve van de modeltoepassing. Hij is direct of indirect betrokken bij modelberekeningen, uit te voeren in eigen beheer of door derden.

Deze gebruiker moet hydrologisch geschoold zijn en het is wenselijk, maar niet noodzakelijk dat hij de gebruikelijke computertalen kan lezen, ermee om kan gaan en eventueel kleine aanpassingen in het programma kan aanbrengen.

Hij dient een probleem hydrologisch te kunnen vertalen (formulering van het onderzoeksvoorstel, zie hoofdstuk 4) en uit de beschikbare modellen het voor zijn probleem meest geschikte model te kunnen selecteren (criteria o.a. beschikbare tijd, krediet en gegevens en vereïste betrouwbaarheid, zie hoofdstuk 5).

Hij moet de voorwaarden waaraan voldaan moet zijn en waarop gelet moet worden om dat model toe te mogen passen, kennen, de beperkingen van het model onderkennen en de waarde die aan de uitkomst toegekend mag worden kunnen beoordelen.

Tevens dient hij aan te kunnen geven wat de betrouwbaarheid van de uitkomsten van het model is, door welke factoren deze betrouwbaarheid het sterkst wordt beïnvloed en hoe de betrouwbaarheid kan worden verhoogd (welke veldgegevens beter?; ander programma?). Kortom hij moet de modelresultaten kunnen interpreteren en evalueren. Voorts dient hij inzicht te hebben in de kosten die een en ander met zich meebrengt.

Indien in het hiernavolgende "de gebruiker" wordt genoemd, wordt hiermee niveau 2 bedoeld.

Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat voor een goede beleids-
onderbouwing en besluitvorming een nauw samenspel tussen de
verschillende niveau's en eventueel de bouwer van het model
noodzakelijk is. Deze wisselwerking tussen vraag en aanbod speelt
zich af in de wereld van:

1. de geohydrologen die de verschijnselen in mathematische termen beschrijven;
2. de mathematici die ze vertalen in bruikbare computerprogramma's;
3. de modelbouwers die er de gegevens van specifieke situaties aan toe voegen en er zo modellen van maken;
4. de technici die, mede met behulp van modellen, projecten (met alternatieven) gestalte geven (gebruikersniveau 2);
5. degene die, op grond van aldus tot stand gekomen voorstellen, beslissingen moeten nemen (gebruikersniveau 1).

Een goed gebruik van modellen vereist een nauwe samenwerking in deze keten van specialismen. Alleen dan zal een goed antwoord verwacht kunnen worden op de beleidsrelevante vragen. Hieruit vloeit voort dat een gebruiker van niveau 1 deel uit moet maken van de organisatie van de (grond)waterbeheerder of van degene die de belangen genoemd aan het begin van dit hoofdstuk behartigt.

In het algemeen is dat ook wenselijk voor een gebruiker van het niveau 2, zeker bij organisaties van enige omvang (SCOPE, 1978).

Voor kleine organisaties kan dat bezwaren opleveren.

Hier is een taak weggelegd voor terzake kundige bureaus. Zij hebben hier een verdergaande taak dan bij de organisaties waar wel deskundigen aan verbonden zijn.

Indien geen kennis van het niveau 2 in eigen huis voorhanden is, zal het in het algemeen extra inspanning vereisen om te voorkomen dat er antwoorden komen op vragen die niet gesteld of niet zo bedoeld zijn.

In het volgende hoofdstuk zal op de belangrijke wisselwerking tussen de verschillende niveaus bij het formuleren van het onderzoeksvoorstel en het gebruik van modelresultaten nader worden ingegaan.

4. FORMULERING VAN HET ONDERZOEKSVORSTEL

4.1. Vooronderzoek

Indien in de fase van de onderkenning van problemen die met de voorgestane ingreep of het te voeren beleid samenhangen, is komen vast te staan, dat water in dit verband een belangrijk rol speelt, moet worden overgegaan tot de formulering van een onderzoeksvorstel.

Alvorens een overwogen voorstel voor hydrologisch onderzoek kan worden geformuleerd, dient een goed inzicht te bestaan in de diverse belangen die bij de ingreep of in het voorgenomen beleid een rol spelen en in de vereiste ontwerpcriteria. Voor het verkrijgen van dit inzicht zal in de meeste gevallen een vooronderzoek vereist zijn. In het voorgaande hoofdstuk is dit al even aangeduid. Het vooronderzoek kan worden beschouwd als een oriënterend onderzoek waarin duidelijk moet worden welke doelstellingen in welke mate gebaat zijn met dan wel geschaad kunnen worden door de ingreep. Omdat de beschikbaarheid van gegevens in belangrijke mate de mogelijke onderzoeksvarianten bepaalt, dient allereerst een inventarisatie van de beschikbare gegevens te worden uitgevoerd. Op grond van deze gegevens kan het hydrologische systeem worden geschematiseerd, mede gelet op de (zo nauwkeurig mogelijk) omschreven hydrologische vragen waarop het onderzoek een antwoord zal dienen te geven. In het vooronderzoek dient tevens inzicht te worden verschaft in de betrouwbaarheid waarmee de gestelde vragen kunnen worden beantwoord, en de kosten en tijd die hiermee zijn gemoeid. Onder betrouwbaarheid wordt in dit verband verstaan, de mogelijke afwijking tussen de modelresultaten dat wil zeggen het gesimuleerde gedrag van het hydrologische systeem, en het gedrag van de aan dit systeem ten grondslag liggende werkelijkheid. Zo mogelijk dient te worden aangegeven welke samenhang er bestaat tussen enerzijds de vereiste kosten en tijd, en anderzijds de betrouwbaarheid van de resultaten; met andere woorden, hoe de kosten zich verhouden tot de baten. In het kader van een project betekent dit dat men de kosten van een studie zal afwegen tegen de baten die men verwacht van het beschikken over meer en betere informatie. Zulke baten kunnen variëren van een concreet goedkopere constructie tot meer zekerheid omtrent de gevolgen van een ingreep. Om op dit punt meer zekerheid te verkrijgen zal in veel gevallen ook in deze fase de toepassing van (globale) modellen nodig zijn.

Het zal duidelijk zijn dat het in de fase van vooronderzoek vaak al nodig is over enige financiële middelen te beschikken.

Het vooronderzoek zal over het algemeen worden uitgevoerd door de organisatie van de (grond-)waterbeheerder zelf, waarvan de beleidsgeoriënteerde modelgebruiker van niveau 1 deel uitmaakt. Voor het in overeenstemming brengen van de beleidsdoelstellingen met het hiervoor benodigde onderzoek is in deze fase overleg met zowel de bestuurder als de technisch georiënteerde modelgebruiker van niveau 2 gewenst, zo niet noodzakelijk. Hierbij is er van uitgegaan, dat niet bij voorbaat is uitgesloten dat toepassing van modellen tot de reële mogelijkheden behoort.

Na afronding van het vooronderzoek kan met de formulering van het onderzoeksvorstel worden begonnen. Dit zal eveneens in nauw overleg met de uitvoerder van het onderzoek (modelgebruiker niveau 2) dienen te geschieden.

4.2. Het onderzoeksvoorstel

Op grond van de resultaten van het vooronderzoek kan in concrete hydrologische termen de vraag worden gesteld, waarop het onderzoek antwoord dient te geven. In de projectformulering dienen tevens de verschillende randvoorwaarden te worden aangegeven waaraan het onderzoek dient te voldoen, zoals de benodigde hoeveelheid tijd, geld en mankracht en de gewenste betrouwbaarheid van de resultaten. Het verdient de voorkeur dat het voorstel voorziet in een gefaseerde uitvoering van het onderzoek. Op deze wijze blijft een eventueel noodzakelijke bijsturing van het onderzoek mogelijk.

Aldus komt men tot het projectplan van een hydrologische studie, dat de volgende onderdelen omvat:

- probleemstelling; schets van de achtergronden en aanleiding tot de vraag
- doelstelling; de concrete vraag
- uitvoering; weergave van de verschillende onderdelen van het onderzoek en eventueel van de wijze waarop die zullen worden uitgevoerd.
Een van de onderdelen van deze fase kan de uitvoering van een modelonderzoek zijn
- planning; per onderdeel aangeven van de benodigde tijd
- kosten; de benodigde hoeveelheid mankracht en financiële middelen
- organisatorisch kader; wie voert welk onderdeel uit, wie draagt de verantwoordelijkheid en hoe verloop de communicatie tijdens het project.

Veelal zal pas in de uitvoeringsfase duidelijk worden of de geformuleerde doelstellingen binnen de gestelde randvoorwaarden ook werkelijk kunnen worden gehaald. Indien dit niet het geval blijkt te zijn, moet worden teruggekoppeld, zodat een eventuele aanpassing van de doelstelling of de randvoorwaarden kan worden gepleegd. Dit kan betekenen dat er meer gegevens verzameld moeten worden (dus meer kosten), of dat de gestelde betrouwbaarheidseisen worden versoepeld. Hier is vanzelfsprekend een terugkoppeling naar niveau 1 vereist.

Bij het concreet formuleren van een voorstel voor de uitvoering van hydrologisch onderzoek, is de beslissing tot het gebruiken en de keuze van het model of de modellen waarvan gebruik zal worden gemaakt, van groot belang. Op deze keuze zal in het navolgende worden ingegaan.

5. KEUZE VAN HET MODEL

5.1. Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven hoe men tot een concreet voorstel voor een hydrologisch onderzoek komt, bestaande uit verschillende elementen, waaronder een doelstelling. Veelal is het doel van een hydrologisch onderzoek te voorspellen wat de gevolgen van een ingreep of een combinatie van ingrepen in het hydrologisch systeem (bijvoorbeeld een grondwaterwinning of een beekkanalisatie) zullen zijn voor bepaalde onderdelen van dit systeem (bijvoorbeeld grondwaterstanden, beekafvoeren). Meer concreet zal men willen weten aan welke criteria een ingreep of een constructie zal moeten voldoen om de doelstelling zo goed mogelijk te verwezenlijken.

In verband met de kosten en mogelijke schadelijke gevolgen kan zo'n ingreep meestal niet op het systeem zelf worden uitgetoet. Er zijn slechts enkele gevallen bekend waar dit wel is gebeurd.

Meestal zal men daarom gebruik maken van een geschematiseerde weergave van de werkelijke situatie, een model. Hiervoor is keuze mogelijk uit verschillende typen:

- een fysisch (schaal)model;
- een analoog model, een model dat berust op de overeenkomst (analogie) tussen de natuurkundige wetten die de stroming van grondwater beheersen, en die van andere processen (bijvoorbeeld elektrische stroom of laminaire stroming tussen twee platen);
- een wiskundig model, dat wil zeggen wiskundige formuleringen die de fysische processen van de (grond-)waterstroming beschrijven;
- een hybried model, dat wil zeggen een combinatie van de twee laatstgenoemde modellen.

De hoofdfase van de uitvoering van het hydrologisch onderzoek zal daarom meestal bestaan uit een modelstudie. Men zal dan eerst een keuze moeten maken uit de genoemde typen van modellen en vervolgens uit de per type aanwezige (of te maken) faciliteiten, zoals laboratoria, analoge rekenmachines en computerprogramma's. De wijze waarop deze vraag kan worden beantwoord, zal nader worden uitgewerkt.

De keuze van een model is afhankelijk van een aantal factoren:

- a. het fysische systeem;
- b. de beschikbaarheid van gegevens;
- c. de aard van het probleem;
- d. de aard en de nauwkeurigheid van de resultaten die men verwacht;
- e. de beschikbare faciliteiten;
- f. de beschikbare middelen (geld en tijd).

In het vervolg van dit hoofdstuk zal successievelijk op de genoemde factoren worden ingegaan.

5.2. Het fysische systeem

In de eerste plaats is voor de modelkeuze van belang welk deel van de fysische werkelijkheid door het model zal moeten worden weergegeven.

Dit betreft zowel de omvang in ruimte en tijd en de mate van detaillering als de verschijnselen die men wil simuleren. Heel belangrijk is in hoeverre men moet en kan schematiseren tot de relevante aspecten van het systeem. Veel hangt af van de mate van detail waarmee men het systeem kent. Tot het systeem kunnen ook behoren de procedures waarmee men het systeem bestuurt.

5.3. Beschikbaarheid van gegevens

Zoals in hoofdstuk 4 reeds is aangegeven vangt iedere hydrologische studie aan met een inventarisatie van de reeds bekende gegevens. De beschikbaarheid van gegevens vormt een belangrijke randvoorwaarde voor de keuze van het meest geschikte model. Ze vormen het bouw materiaal van het model alsmede de voorwaarde en de toetssteen voor zijn werking.

Drie situaties zijn denkbaar.

- a. De situatie dat er niet voldoende gegevens aanwezig zijn om zelfs met een simpele analytische formule een verantwoorde berekening te kunnen uitvoeren. Wil men in zo'n geval een enigszins gefundeerde voorspelling kunnen doen, dan zullen tenminste zo veel extra gegevens moeten worden verzameld, dat een eenvoudige modelmatige benadering zinvol is.
- b. De situatie dat er wel een model te vinden is, dat met de beschikbare gegevens resultaten oplevert, echter zonder de betrouwbaarheid die, gelet op de doelstelling, wordt vereist. Het gebrek aan gegevens kan betrekking hebben op onvoldoende bekendheid met de geohydrologische opbouw van het onderzoeksgebied, waardoor een verantwoorde schematisering van het probleem niet goed mogelijk is. Het kan ook voorkomen dat er wel voldoende bekend is over de opbouw van het gebied maar dat er onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn. Ook in deze gevallen zullen de reeds bekende gegevens door middel van veldonderzoek moeten worden aangevuld.
- c. De situatie dat bij gebruikmaking van alle beschikbare gegevens een dussdanig model kan worden gevonden dat de resultaten de volgens de doelstelling gewenste betrouwbaarheid bezitten.

In hoofdstuk 4 is reeds aangegeven wat onder betrouwbaarheid van resultaten wordt verstaan. In hoofdstuk 6 zal hierop nader worden ingegaan.

Naar de relatie tussen extra gegevensverzameling en de hieruit resulterende toename in betrouwbaarheid van modelresultaten is nog weinig onderzoek gedaan. Het verdient aanbeveling dat aan dit aspect van modelonderzoek meer aandacht wordt besteed.

5.4. Aard van het probleem

In hoofdstuk 3 is aangegeven hoe een algemene vraag, gesteld op beleidsniveau, afdalend in de organisatie steeds verder wordt geconcretiseerd tot een in hydrologische termen gesteld vraagstuk. Dit vraagstuk wordt vertaald in een doelstelling van het hydrologische onderzoek, waarmee het vraagstuk tot een oplossing kan worden gebracht. In de doelstelling wordt onder andere de aard van het probleem uiteengezet, bevattende de volgende elementen:

- a. de aard van de ingreep die in het hydrologische systeem wordt gepleegd; bijvoorbeeld of het een grondwaterwinning, een polderpeilverlaging, een beekregulering, of een lozing van afvalstoffen betreft;
- b. de hydrologische parameter(s), waarvan men de reactie op die ingreep wil voorspellen; bijvoorbeeld het niveau van het frea-tisch vlak, een beekafvoer, de verdamping of de concentratie van
- c. het tijdstip waarop of het tijdsverloop waarover de ingreep wordt uitgeoefend en men de reactie van de hydrologische para-meter wil voorspellen; met andere woorden is het een stationair of een niet-stationair probleem;
- d. de locatie of het gebied waar de ingreep wordt uitgeoefend en waarvoor men de voorspelling wil doen (zowel in het horizontale als in het verticale vlak).

Een vraagstelling die de bovengenoemde elementen bevat zou er als volgt uit kunnen zien: Wat gebeurt er met de beekafvoeren (b) in gebied A (d) gedurende zomerperiode (c) als er in het voor-jaar (c) in gebied B (d) een grondwaterwinning (a) wordt gestart op 50 m diepte (d), die gedurende 3 maanden (c) zal worden gecon-tinueerd ?

Tezamen met de kennis die men heeft van het onderzoeksgebied, is men nu in staat om het probleem in hydrologische termen zodanig te beschrijven dat men kan gaan zoeken naar een model waarmee het probleem kan worden opgelost.

Een essentiële schakel voor een juiste modelkeuze ontbreekt echter nog, namelijk een antwoord op de vraag hoe betrouwbaar de resultaten dienen te zijn.

5.5. Aard en betrouwbaarheid van de te verwachten resultaten

Het gewicht en de omvang van de mogelijke gevolgen van een ingreep in het hydrologische systeem kunnen worden uitgedrukt in de be-trouwbaarheid die men van de modelresultaten verlangt.

In hoofdstuk 4 is al aangegeven wat onder betrouwbaarheid wordt verstaan. Het betekent dat grenzen worden aangegeven waarbinnen de modelresultaten mogen afwijken van de werkelijkheid (met een bepaalde kans op overschrijding): de zogenaamde betrouwbaarheids-grenzen. Deze grenzen zullen enger zijn naarmate de belangen die met de mogelijke gevolgen van een ingreep zijn gemoeid, zwaarder worden beoordeeld.

Een voorbeeld ter verduidelijking. Het kan voorkomen dat men niet wil dat in een bepaald gebied de grondwaterstand als gevolg van een elders geplande grondwaterwinning, waarvoor vergunning wordt aangevraagd, meer dan 10 cm daalt. Een doelstelling van het hydrologische onderzoek dat voor dit geval wordt ingesteld, zou kunnen zijn aan te geven wat de kans is, dat overschrijding van die 10 cm toch optreedt. Dit betekent dat het gekozen model in ieder geval in staat moet zijn resultaten te leveren met een be-trouwbaarheid die binnen de 10 cm ligt. Als dit niet mogelijk is, zal op grond van de modelresultaten door beleidsinstanties afwij-zend over het project worden beslist. Wil men toch graag goedkeu-ring krijgen voor het project, dan doet men er in dit geval goed aan uit te zien naar een model dat resultaten oplevert binnen engere betrouwbaarheids grenzen, dan het eerder gekozen model (waar-aan vanzelfsprekend de benodigde gegevens moeten zijn aangepast).

Dit voorbeeld toont aan dat ook de gewenste betrouwbaarheid van de modelresultaten, afgeleid uit het belang van de mogelijke gevolgen, een rol speelt bij de modelkeuze. In hoofdstuk 6 zal dieper worden ingegaan op de technische betekenis van de betrouwbaarheid van modelresultaten.

5.6. Beschikbaarheid van faciliteiten

In de voorgaande paragrafen is aangegeven welke elementen nodig zijn om een model te kunnen kiezen, maar nog niet waaruit gekozen kan worden. Wat dus nog ontbreekt is een overzicht van beschikbare faciliteiten waaruit een keuze gemaakt kan worden die het beste past bij het op te lossen probleem.

In Nederland zijn momenteel twee overzichten van beschikbare faciliteiten voor grondwateronderzoek bekend (overigens alleen beperkt tot computerprogramma's). Eén ervan is vermeld in het verslag van de "Ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur van de CHO-TNO (CHO-TNO, 1978). Het ander is het resultaat van een enquête, gehouden door de CIAD-werkgroep "Bemaling van grondwater" (CIAD, 1979). Beide overzichten zijn gebaseerd op een indeling naar hydrologische kenmerken.

Door middel van een systeem van plussen en minnen wordt aangegeven over welke andere eigenschappen en kenmerken de modellen beschikken (bijvoorbeeld welke schematiseringen erin zijn verwerkt, welke uitvoerparameters mogelijk zijn, welk rekensysteem wordt gebruikt, etc.).

In principe is dit een goed systeem. Een probleem is vaak dat er erg veel modelkenmerken zijn, zodat de overzichten zeer uitgebreid kunnen worden. Voor een niet goed in modeltechnieken ingevoerde gebruiker kan dit bezwaarlijk zijn. In een aparte subgroep van de Contactgroep is daarom gezocht naar mogelijkheden voor een meer gebruikersvriendelijke indeling. Getracht is om een zoekstelsel te ontwerpen met als ingang de verschillende typen hydrologische problemen. Al spoedig bleek echter dat met de meeste grondwatermodellen vrijwel alle typen problemen konden worden aangepakt. Dit betekende dat er op grond van dit keuzecriterium nauwelijks een selectie van modellen mogelijk was. De conclusie van de subgroep was dan ook dat hun indeling op hydrologische kenmerken het best hanteerbare systeem is. In de V.S. heeft men overigens het bezwaar van de uitgebreidheid trachten te ondervangen door het zoekstelsel te automatiseren. Er is een zogenaamd Model Annotation Retrieval System (MARS) ontwikkeld om de toegankelijkheid tot informatie over grondwatermodellen voor de modelgebruiker te vergemakkelijken. Ieder model in het systeem is zo compleet en consistent mogelijk beschreven volgens een lijst waarin een groot aantal specifieke kenmerken en mogelijkheden van het model zijn aangegeven (zie bijlage 3). Het systeem wordt onderhouden door het International Ground Water Modeling Center dat is ondergebracht bij het Holcomb Research Institute van de Butler University te Indianapolis, Indiana. Benadrukt moet worden dat de modellen zelf niet bij dit Center worden ondergebracht. Met behulp van het zoekstelsel kan worden verwezen naar instellingen, bedrijven of personen, waar de modellen verkrijgbaar of te gebruiken zijn.

Ook voor Nederland zou een dergelijk systeem welkom zijn.

De vraag is echter, wie het ontwikkelt en verder zal onderhouden.

Alvorens in dit opzicht verdere stappen worden ondernomen, zullen we moeten volstaan met een overzicht in tabelvorm. Een indeling zoals is aangehouden in het rapport van de "Ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur" lijkt hiervoor voldoende.

Een regelmatig herhaalde enquête zal de reeds beschikbare gegevens voortdurend moeten herzien.

5.7. Beschikbare middelen

De beschikbare geldelijke middelen worden veelal bepaald door de grootte van de belangen die op het spel staan en door de omvang van het project. Vooral bij kleine projecten kunnen de kosten van een onderzoek al gauw niet opwegen tegen de te verwachten besparingen op de constructies.

De kosten die zijn verbonden aan het werken met modellen, kunnen worden opgesplitst in de volgende onderdelen:

- a. de kosten van het ontwikkelen of aanpassen van het rekensysteem, het wiskundige model (incl. het computerprogramma);
- b. kosten van het opstellen van het hydrologische schema, het geometrische model;
- c. kosten van het verzamelen en verwerken van de gegevens;
- d. rekenkosten;
- e. kosten van eventuele verdere verwerking en van het presentabel maken van de resultaten.

In principe zijn alleen de onder a genoemde kosten eenmalig. Zij zijn echter vaak aanzienlijk en zullen veelal, b.v. via een opslag op de rekenkosten, als overhead bij elk project in rekening worden gebracht. Als zodanig kan het een bepalende factor zijn bij de modelkeuze.

De overige kostensoorten verschillen per probleem maar ook per type model en kunnen daarom een grote invloed hebben op de modelkeuze. De kosten van gegevensverzameling vormen een groot deel van de totale kosten. Over de benodigde hoeveelheid gegevens als keuzebepalende factor is in hoofdstuk 5.3. reeds besproken.

6. GEBRUIK MODEL

6.1 Inleiding

In voorgaande hoofdstukken is aangegeven hoe een als zodanig on-derkend probleem in relatie tot (grond)water geleidelijk concreter hydrologische vormen aanneemt. Globaal kunnen twee fasen van con-cretisering worden onderscheiden.

Allereerst wordt het grondprobleem (gesteld op het niveau van mana-gement of beleid) vertaald in termen van de doelstelling van de hydrologische studie (zie hoofdstuk 4). Als hulpmiddel bij de oplos-sing van het desbetreffende hydrologische vraagstuk kan tijdens de hydrologische studie van een hydrologisch model gebruik worden gemaakt. In het kader van dit rapport wordt de mogelijkheid dat bij de hydro-logische studie geen model nodig is buiten beschouwing gelaten.

De tweede fase van de concretisering van het oorspronkelijke pro-bleem vindt plaats in het kader van de formulering van de doelstel-ling van het modelonderzoek. Daarin wordt, uitgaande van de doelstel-ling van de hydrologische studie, het desbetreffende hydrologische vraagstuk ten behoeve van modelonderzoek door middel van zeer concrete, eenduidige hydrologische begrippen weergegeven. Een onderdeel van deze hydrologische-modeltechnische doelstelling zou ook de gewenste betrouw-baarheid van modelresultaten moeten zijn.

In het vorige hoofdstuk (hoofdstuk 5) is de keuze van het model be-sproken. In de meeste gevallen zal het hierbij om de keuze van een computerprogramma gaan, dat, eenmaal "gevoed" door invoergegevens, een "model" zal vormen. De invoergegevens betreffen de navolgende groepen gegevens:

- discretisering in ruimte en tijd;
- hydrologische parameters.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op diverse aspecten van het gebruik van de voornoemde invoergegevens in het kader van de modeltoepassing. Voordat de invoergegevens in paragraaf 6.4. nader beschouwd worden zal eerst aandacht worden gegeven aan de begrippen "nauwkeurigheid en betrouwbaarheid" (par. 6.2.) en aan het belang van een adequate formulering van de doelstelling van het modelonderzoek (par. 6.3.). Nadat de invoergegevens zijn besproken zal achtereenvolgens worden ingegaan op de calibratie (par. 6.5.), gevoeligheidsanalyse (par. 5.6.), verificatie (par. 6.7.) en de toepassing (par. 6.8.) van het model. Benadrukt wordt dat de in dit hoofdstuk weergegeven activiteiten van de modelgebruiker slechts de eigenlijke modeltoepassing betreffen en niet de interpretatie en de vervolgbewerkingen van modelresultaten ten behoeve van de realisering van de doelstelling van de hydrologische studie, waarvan het modelgebruik een onderdeel is. De activiteiten met betrekking tot de evaluatie van modelresultaten (eventueel een herfor-mulering van de doelstelling van het modelonderzoek) en de beslissingen inzake de verzameling van aanvullende (of meer betrouwbare) modelin-voergegevens zijn beschreven in hoofdstuk 4.

6.2. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid

De waterstroming in de verzadigde en onverzadigde zone van de grond kan in het algemeen worden beschreven met een differentiaalvergelijking

of met een stelsel van gekoppelde differentiaalvergelijkingen. Slechts in een beperkt aantal gevallen kan voor deze vergelijkingen de exacte oplossing worden gevonden. Indien de exacte oplossing niet kan worden gegeven, kan voor de differentiaalvergelijking langs numerieke weg een benaderende oplossing worden verkregen. De meest bekende numerieke technieken zijn de methoden van de eindige elementen en van de eindige differenties. De numeriek verkregen oplossing is benaderend in de zin dat er, zowel in het ruimte- als tijddomein in het algemeen een afwijking bestaat tussen de numerieke oplossing en de exacte (onbekende) oplossing van de differentiaalvergelijking.

De mate waarin de numerieke oplossing de exacte oplossing benadert, wordt de nauwkeurigheid van modelresultaten genoemd.

Naast de precisie van de computer en het effect van mogelijke convergentiecriteria is de nauwkeurigheid van modelresultaten vooral afhankelijk van de mate van discretisering in ruimte en tijd. In het algemeen geldt dat naarmate de grootte van elementen of blokken (bij respectievelijk eindige elementen- of eindige differentiemethode) afneemt en/of de grootte van de tijdstap afneemt, de numerieke oplossing de exacte (onbekende) oplossing dichterbij zal benaderen, met andere woorden de nauwkeurigheid van modelresultaten neemt toe.

Een voorbeeld van de weergave van de nauwkeurigheid van modelresultaten zou kunnen zijn:

"De onnauwkeurigheid van de met het model berekende grondwaterstandsverlagingen is over het hele modelgebied kleiner dan 3,5 cm".

Het is in de meeste gevallen niet mogelijk om de nauwkeurigheid van modelresultaten in absolute zin aan te geven, aangezien de exacte oplossing niet bekend is. In dergelijke gevallen kan worden volstaan met het nagaan van het relatieve effect van de factoren die de nauwkeurigheid beïnvloeden door de uitvoering van de gevoeligheidsanalyse (zie par. 6.6.). De gevoeligheidsanalyse houdt bijvoorbeeld in het maken van twee modelberekeningen met verschillende mate van schematisering. Indien het relatieve effect van de verandering van de schematisering op de modeluitkomsten zeer klein is, mag in vele gevallen worden aangenomen dat de onnauwkeurigheid in absolute zin voldoende klein is. Een dergelijk onderzoek naar de nauwkeurigheid van modelresultaten is in de meeste gevallen niet nodig gezien het bevestigend sterkere effect van de betrouwbaarheid van modelresultaten.

Terwijl door middel van het begrip nauwkeurigheid in principe een eenduidig te kwantificeren "fout in modelresultaten" wordt uitgedrukt, wordt door middel van het begrip betrouwbaarheid de "onzekerheid" aangegeven waarmee de modelresultaten afwijken van de werkelijkheid. Een groot probleem is dat men modelresultaten niet altijd kan toetsten aan de werkelijkheid, omdat:

- er geen gegevens beschikbaar zijn;
- het prognoses voor de toekomst betreft.

De verschillen tussen de uitkomsten van het model en de werkelijkheid worden dikwijls veroorzaakt doordat de in het model gebruikte gegevens slechts schattenderwijs kunnen worden vastgesteld. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van geschatte waarden voor het doorlaatvermogen van de grond (verzadigd en onverzadigd), drainage-

weerstanden van open leidingen, grondwaterstijghoogten op een modelrand, "nuttige" neerslag, e.d.

De betrouwbaarheid van modelresultaten zou op diverse manieren kunnen worden gepresenteerd, bijvoorbeeld als ranges van waarden met een bepaalde kans van voorkomen. Een dergelijke weergave zou bijvoorbeeld kunnen zijn:

- de kans dat de met het model op een bepaalde plaats berekende verlagingen van de grondwaterstand in werkelijkheid groter zullen zijn dan 40, 50 en 60 cm is respectievelijk 32,6%, 16,5% en 4,1%;
- de kans dat de met het model berekende reductie van de verdamping in werkelijkheid een waarde zal hebben die tussen 40 en 60 mm ligt is 83,8%.

Om de betrouwbaarheid van modelresultaten te kunnen kwantificeren moet eerst de betrouwbaarheid van modelgegevens op een statistische wijze kwantitatief worden weergegeven en als zodanig in het grondwatermodel worden gehanteerd. Kwantificering van de betrouwbaarheid van modelgegevens zou onder andere door toepassing van inverse modellen kunnen worden bereikt. Dit zijn modellen voor de verzadigde grondwaterstroming waarmee met behulp van gemeten grondwaterstanden en bijbehorende randvoorwaarden bodemconstanten kunnen worden berekend. In Nederland zijn op dit moment noch de inverse modellen, noch grondwatermodellen ten behoeve van de bepaling van de betrouwbaarheid van modelresultaten beschikbaar.

Het zou van belang zijn om nu reeds bij de gegevensverzameling in het veld, en interpretatie van dergelijke veldgegevens (kartering), meer aandacht te geven aan onbetrouwbaarheidsaspecten.

6.3 Doelstelling modelonderzoek

Het belang van een adequate formulering van de doelstelling van het modelonderzoek is evident: daarmee wordt in zeer sterke mate richting gegeven aan de wijze waarop van het model gebruik wordt gemaakt, met als doel binnen de gegeven tijdsruimte een optimale besteding van financiële middelen en mankracht te bewerkstelligen.

De doelstelling van het modelonderzoek moet door middel van zeer concrete, eenduidige hydrologische begrippen worden weergegeven. Een onderdeel van deze hydrologische modeltechnische doelstelling zou ook de betrouwbaarheid van modelresultaten moeten betreffen. De doelstelling van een modelonderzoek zou bijvoorbeeld kunnen zijn: "Bereken de tijdsafhankelijke verlaging van het freatische vlak in gebied A gedurende de opeenvolgende, meteorologisch gemiddelde groeiseizoenen als er elk jaar begin mei in gebied B een constante grondwateronttrekking wordt gestart (nadere specificatie debiet en ligging putten), die gedurende 3 maanden wordt gecontinueerd, en als in gebied C het peil van het oppervlaktewater tijdens elk groeiseizoen met een bepaalde hoogte ten opzichte van het bestaande niveau wordt opgezet. Bereken tevens de betrouwbaarheid van de voorspelling van de voornoemde verlagingen".

De doelstelling van het modelonderzoek komt tot stand in overleg met de beleidsgerichte modelgebruiker, die de hydrologische studie opzet en de uitvoering daarvan coördineert, en de technisch georiënteerde

modelgebruiker die uit hoofde van zijn kennis over modelmogelijkheden en -beperkingen de doelstelling van het modelonderzoek realiseert. Het proces en de aspecten van de formulering van de doelstelling van het modelonderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 4.

6.4. Invoergegevens model

In deze paragraaf wordt ingegaan op de voor de modelberekening benodigde invoergegevens. Deze gegevens kunnen op vele wijzen (onderverdeling in groepen) worden gepresenteerd. In dit rapport wordt de navolgende indeling gehanteerd:

a. discretisering in ruimte en tijd;

b. hydrologische parameters.

De invoergegevens voor het sturen van het rekenproces, zoals convergentiecriteria en parameters van de numerieke techniek, zullen in dit rapport niet worden besproken.

ad a. Discretisering in ruimte en tijd

Als gebruik wordt gemaakt van numerieke modellen moet het modelgebied (een-, twee- of driedimensionaal) in een aantal subgebieden worden verdeeld. Bij de eindige elementenmethode noemt men deze subgebieden "elementen". Een dergelijke opdeling van ruimte door elementen heet dan "ruimtelijke discretisering".

Wat de geometrie van het onderzoeksgebied betreft moet informatie worden gegeven over de locaties van zaken zoals modelranden, drainagestelsels, plassen, grondwaterwinningen, e.d.

De mate waarmee de modelinvoer de werkelijke geometrie weergeeft beïnvloedt de modelresultaten. Men zou immers de werkelijke geometrie ten behoeve van een model in principe exact kunnen weergeven.

Bij de toepassing van numerieke niet-stationaire grondwatermodellen wordt de door te rekenen tijdsperiode in een aantal tijdstappen verdeeld. Een dergelijke onderverdeling heet een "discretisering in tijd".

De mate van discretisering naar ruimte en tijd is van invloed op de nauwkeurigheid van de modelresultaten. Door de elementen en/of tijdstappen voldoende klein te kiezen kan de onnauwkeurigheid ten gevolge van de discretisering naar behoefte worden beperkt.

In de meeste gevallen zal de onnauwkeurigheid verwaarloosbaar klein zijn ten opzichte van de onbetrouwbaarheid van de modelresultaten. Dit laatste is het gevolg van de onzekerheid over de waarden van de hierna te bespreken hydrologische parameters.

ad b Hydrologische parameters

Onder hydrologische parameters worden alle invoergegevens verstaan die niet bij ad. a zijn besproken. Door middel van deze parameters wordt enerzijds de fysische structuur van het in het model weergegeven hydrologische systeem vastgelegd, anderzijds worden daarmee ook de invloeden op het systeem beschreven. De hydrologische parameters kunnen worden onderverdeeld in de volgende twee groepen van

invoergegevens:

- I. tijdsonafhankelijke;
- II. tijdsafhankelijke.

ad. I. Tijdsonafhankelijke invoergegevens

Als voorbeelden kunnen worden genoemd:

- doorlaatvermogen en bergingscoëfficiënt van watervoerende pakketten;
- hydraulische weerstand van slechtdoorlatende lagen;
- drainageweerstand van open leidingen;
- grondwaterstijghoogten en fluxen langs de modelrand (kunnen ook tijdsafhankelijk zijn);
- peilen van het oppervlaktewaterstelsel, zoals slootpeilen en rivierpeilen (kunnen ook tijdsafhankelijk zijn);
- vocht karakteristiek van de grond;
- doorlatendheid in de onverzadigde zone.

ad. II. Tijdsafhankelijke invoergegevens

Als voorbeelden kunnen worden genoemd:

- aanvulling van het verzadigde grondwater vanuit de onverzadigde zone;
- onttrekkingsdebiet van grondwater;
- worteldiepte en bladoppervlakte-index van een gewas;
- meteorologische grootheden zoals neerslag, straling e.d.

6.5

Calibratie model

Onder de calibratie van het model wordt hier verstaan de bepaling van de waarden van de hydrologische parameters, zoals deze in de voorgaande paragraaf zijn omschreven. Hierna zal achtereenvolgens worden ingegaan op de in ontwikkeling zijnde inverse calibratietechniek en de thans gebruikelijke "trial and error" calibratie-aanpak.

Een van de technieken waarmee in de (naaste) toekomst een geohydrologisch model zal kunnen worden gecalibreerd, met name wat betreft bodemconstanten, zijn de inverse modellen. Uitgaande van de beschikbare gegevens over grondwaterstanden en afvoeren en gebruik makende van de kwalitatieve kennis over de geohydrologische opbouw, kan met behulp van een invers model een kwalitatief beeld worden verkregen over bijvoorbeeld de ruimtelijke variatie van het doorlaatvermogen van een watervoerend pakket. Een invers model kan worden gebruikt in combinatie met aanvullende metingen, zoals pomp-proeven. Behalve dat een dergelijke wijze van calibratie beduidend goedkoper kan zijn in vergelijking met het uitvoeren van diepe boringen kan met behulp van een invers model ook een beeld worden verkregen van de betrouwbaarheid van de daarmee berekende bodemconstanten. (In Nederland zijn thans geen inverse modellen beschikbaar. Dergelijke modellen worden momenteel voornamelijk in de Verenigde Staten ontwikkeld.)

Een gangbare aanpak bij de calibratie van een model is de zogenaamde "trial and error" methode. Daarbij worden de waarden van bodemconstanten zodanig gewijzigd totdat de met het geohydrologische model

berekende grondwaterstanden en/of fluxen met de werkelijke grondwaterstanden c.q. fluxen "voldoende" overeenstemmen. Voor het hanteren van de "trial and error" methode is het een vereiste dat de hydroloog-modelgebruiker ook een inzicht heeft in de geohydrologische opbouw van het desbetreffende modelgebied. Dit heeft te maken met het feit dat nagenoeg dezelfde modelresultaten met een zeer groot aantal verschillende combinaties van parameterwaarden kunnen worden verkregen. Als hulpmiddel van de "trial and error" calibratiemethode kan gebruik worden gemaakt van de gevoeligheidsanalyse van modelresultaten (zie par. 6.6.). Op deze wijze kunnen die invoergegevens worden bijgesteld die relatief de sterkste invloed op de modelresultaten hebben.

Met de inverse modellen is nog weinig ervaring opgedaan maar het ziet er naar uit dat de "trial and error" methode ten opzichte van de inverse techniek de volgende nadelen heeft:

- men kan er nimmer zeker van zijn dat de als "beste" gekozen combinatie van parameterwaarden inderdaad de "beste" is (inverse methode is objectief),
- er kan geen inzicht worden verkregen in de betrouwbaarheid van parameterwaarden;
- de methode is duur in uitvoering en zeer arbeidsintensief;
- de methode leidt in de praktijk veelal tot teleurstellende resultaten of het ontbreken van vertrouwen in de betrouwbaarheid van de parameterwaarden.

Er dient echter bedacht te worden dat de inverse techniek ook niet altijd succesvol kan zijn, dit vooral door een gebrek aan (betrouwbare) gegevens.

6.6. Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyses houdt in:

- het effect van structurele veranderingen in een model evalueren. Een voorbeeld van een dergelijke verandering kan zijn het toepassen van twee verschillende typen randvoorwaarden.
- het relatieve belang van de schematisering (in ruimte en/of tijd), van parameters en randvoorwaarden bepalen.

Een gevoeligheidsanalyse kan zowel de initiële en andere randvoorwaarden als alle parameters van het model omvatten.

Veranderingen in uitkomsten zijn een maat voor de veranderingen in het gehele systeemgedrag in vergelijking tot een referentiesituatie. Voor een gevoeligheidsanalyse zal men van deze referentiesituatie uit moeten gaan, waarbij vervolgens de relevante parameters en randvoorwaarden worden gevarieerd. De aan te brengen variaties zullen fysisch verantwoord moeten zijn. Het maar lukraak alle variabelen met een zeker percentage veranderen geeft vaak aanleiding tot onzinnige uitkomsten.

6.7. Verificatie model

De verificatie van het model betekent niets meer en niets minder dan toetsing van het model aan de waargenomen werkelijkheid. Daarvoor dienen waarnemingen in het veld te worden gebruikt. Dit zullen bij voorkeur waarnemingen zijn die niet reeds voor de ijking van het model zijn gebruikt.

Het is van groot belang dat verificatie plaatsvindt. Hieruit zal namelijk duidelijk worden of het desbetreffende model geschikt is voor toepassingen in de praktijk, dat wil zeggen of het geschikt is voor het maken van voorspellingen. Voor de verificatie dienen daarom vooral gedragingen van het model onder extreme situaties (bijvoorbeeld droog, nat jaar) worden meegenomen. Hierdoor wordt voorkomen dat met het model hydrologische situaties worden voorspeld waarvoor het model niet is geverifiëerd.

De beoordeling van de kwaliteiten van een model geschiedt aan de hand van door de modelgebruiker op te stellen criteria. Terwille van de objectiviteit zou het wenselijk zijn kwantitatieve criteria te hanteren, bijvoorbeeld de in statistische zin uitgedrukte nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het model.

6.8. Toepassing model

Nadat in de verificatiefase vastgesteld is dat het model aan de gestelde verificatiecriteria voldoet, kan het model worden gebruikt om de doelstelling van het modelonderzoek te realiseren.

Zoals in 6.3. is besproken zou een belangrijk onderdeel van deze doelstelling de betrouwbaarheid van modelresultaten moeten zijn. Benadrukt wordt nog eens dat voor voorspellend gebruik van het model voorkomende hydrologische situaties niet wezenlijk anders mogen zijn dan de situaties die voor de calibratie en verificatie van het model zijn gebruikt.

Modellen waarmee de betrouwbaarheid van modelresultaten kan worden berekend, ontbreken op dit moment in Nederland. In het buitenland verkeren dergelijke modellen in een fase van ontwikkeling.

Nadat een model resultaten heeft opgeleverd (doelstelling van het modelonderzoek is dus gerealiseerd) worden deze resultaten in het kader van de hydrologische studie, waarvan het desbetreffende modelonderzoek een deel heeft uitgemaakt, geïnterpreteerd en benut. Evaluatie van modelresultaten zou, met name bij het niet voldoen aan de verwachtingen met betrekking tot betrouwbaarheid van modelresultaten, kunnen leiden tot een beslissing om aanvullende (of meer betrouwbare) modelinvoergegevens te gaan verzamelen.

Indien nodig kan dan, in wisselwerking met de eventuele opdrachtgever, een nieuwe c.q. aangepaste doelstelling van het modelonderzoek worden opgesteld. Dit is bijvoorbeeld het geval als de gewenste betrouwbaarheid van modelresultaten met bestaande invoergegevens niet gehaald kan worden en de verzameling van aanvullende (meer betrouwbare) gegevens om financiële of andere redenen niet mogelijk is.

7. COMPUTERPROGRAMMATUUR; KWALITEITZORG

7.1 Bepaling van de gewenste kwaliteit

Bij het maken van computerprogramma's moet er naar worden gestreefd om de kwaliteit van de programmatuur en de hoeveelheid documentatie te laten overeenstemmen met het toekomstig gebruik en de aard van de te ontwikkelen programmatuur.

Daarbij zijn een aantal aspecten van belang:

- a. De gebruiksfrequentie kan zeer verschillend zijn. Qua opbouw en documentatie worden relatief lage eisen gesteld aan programmatuur die slechts eenmaal wordt gebruikt, zoals ad hoc programma's voor het produceren van een tabel. Heel hoge eisen worden daarentegen gesteld aan programma's die veelvuldig of zelfs continu worden gebruikt. Dan moet soms zelfs rekening worden gehouden met de mogelijkheid van wederzijdse beïnvloeding zoals bij het gelijktijdig muteren van een verzameling gegevens door verschillende gebruikers.
- b. Het aantal gebruikers speelt in zoverre een rol dat er wat lagere eisen aan de documentatie kunnen worden gesteld als er slechts één gebruiker is. Dat is meer het geval als deze ook de exploitatie voor zijn rekening neemt en zeker als de gebruiker en ontwikkelaar in één persoon zijn verenigd.
- c. De verwachte levensduur van programmatuur geeft aan dat na verloop van een bepaalde periode de programmatuur niet meer zal worden gebruikt. Bij een grotere levensduur is de kans dat aanpassingen en uitbreidingen van de programmatuur zullen moeten worden uitgevoerd, groter. Dat kan consequenties voor de structuur van het programma hebben.
- d. Van belang is tevens de mate waarin na gereedkomen van de programmatuur aan de gebruikers nog ondersteuning moet worden gegeven. Naarmate die groter is zullen met name de eisen die de documentatie worden gesteld, groter worden. De ondersteuning kan hier ruim worden opgevat: zowel de bediening van het systeem als de vaktechnische ondersteuning ten aanzien van schematisaties e.d. kunnen hieronder worden begrepen. Speciaal hoge eisen worden gesteld als de ondersteuning bij het gebruik niet door de ontwikkelaar maar door anderen moet worden gegeven.
- e. Ten aanzien van de exploitatie geldt eveneens dat het van belang is of de ontwikkelaar deze verzorgt of dat een andere instantie die voor haar rekening neemt. In dit verband is exploitatie meer dan het verwerken van opdrachten tot productie. Ook vallen daaronder: het beheer van de programmatuur (waaronder het zonodig aanpassen aan nieuwe besturingsprogrammatuur van een computer), het uitvoeren van onderhoud (waaronder het herstellen van fouten en het aanbrengen van kleine mutaties) en het begeleiden van gebruikers. Met name in het geval dat de exploitatie niet bij de ontwikkelaar is ondergebracht (of als de ontwikkelaar voor korte of langere tijd onbereikbaar wordt) zal onderhoud pas doelmatig kunnen worden uitgevoerd als er een goede overzichtelijke structuur in het programma aanwezig is en het systeem goed en toegankelijk is gedocumenteerd.

- f. De complexiteit en omvang van de programmatuur zijn mede bepalend voor de eisen die worden gesteld aan programmatuur en documentatie. Bij zeer eenvoudige kleine programma's zal men later weinig problemen ondervinden bij het onderhoud als de documentatie wat summier is. Complexe grote systemen vergen daarentegen aanzienlijk meer.
- g. De verlangde betrouwbaarheid van het systeem (d.w.z. de kans dat de resultaten van het systeem foutloos zijn) heeft consequenties voor de te stellen eisen aan programmatuur en documentatie. Speciaal van belang zijn situaties waarin zeer hoge kosten verbonden zijn aan het gebruik van programmatuur (en dus een fout ernstige financiële consequenties kan hebben) en situaties waarbij na het optreden van een fout binnen een korte, vastgestelde tijd het onderhoud moet zijn uitgevoerd. Men zal zo mogelijk beveiligingen in de programmatuur aanbrengen die ervoor zorgdragen dat de gebruiker bij eventueel optredende, onwaarschijnlijke (tussen) resultaten in de loop van de berekeningen gewaarschuwd wordt dat er mogelijk iets mis is met de berekening. Deze foutensignalering moet op een voor de gebruiker herkenbare wijze worden gegeven.

7.2

Werkwijze

Om programmatuur van goede kwaliteit te vervaardigen moet men volgens gedisciplineerde, goed gestructureerde methoden te werk gaan en zal er op een aantal niveau's documentatie moeten worden gemaakt. In dat geval is de kans groot dat de programmatuur aan de verwachtingen zal voldoen en onderhoudbaar is en dat ondersteuning kan worden geleverd.

De schijnbare extra inspanning, die het maken van goede documentatie en het volgen van gestructureerde methodieken met zich mee brengen worden in de loop van het project en zeker na het gereedkomen ervan veelal meervoudig terugverdiend door de goede toegankelijkheid van alle voor latere activiteiten (incl. eventuele uitbreidingen) benodigde informatie. Een goede werkwijze bij een project dat tot doel heeft een computerprogramma te vervaardigen, ziet er in hoofdlijnen als volgt uit:

- a. Bij de start van een project zal men een voorstudie moeten verrichten waarin de probleemstelling aan de orde komt. Daarbij moet het doel zo scherp mogelijk worden omschreven, onderzocht op haalbaarheid en worden alternatieven globaal bekeken en afgewogen. Deze fase is nodig om zekerheid te krijgen dat de uit te voeren automatiseringswerkzaamheden nodig en zinvol zijn en dat uit de verschillende alternatieven de juiste wordt gebruikt als basis voor het project. Het is zinvol om in een verslag de ontwikkelde gedachten en conclusies vast te leggen opdat er later in de loop van het project op kan worden teruggevallen.
- b. Als er na een voorstudie voldoende duidelijkheid over het te starten project is verkregen, is het van groot belang dat men vóór het ontwerpen van het programmasysteem zorgvuldig specificaties opstelt waaraan het systeem zal moeten voldoen. Het verdient aanbeveling om een deel van de specificaties te schrijven in de vorm van later uit te geven gebruikersdocumentatie. Daarmee wordt voorkomen dat de gebruikersvriendelijk-

heid van het te ontwikkelen systeem afhankelijk wordt van het ontwerp in plaats van andersom. In de specificaties wordt niet alleen de voor de gebruiker zichtbare buitenkant van de programmatuur vastgelegd. Ook is het van belang om te definiëren welke andere voorwaarden voor het ontwerp zullen gelden.

Dat kan bijvoorbeeld de mogelijkheid zijn van aansluiting van het programma op andere reeds bestaande programmatuur of gegevensbestanden of de mogelijkheid voor de gebruiker om zelf door koppeling met eigen modules het gegevensverwerkingsproces te beïnvloeden. Ook kan het van belang zijn hier al de verlangde nauwkeurigheidsgraad vast te leggen als dat van invloed is op de te kiezen numerieke procedures. De specificaties vormen de basis voor het verdere verloop van het project. Zij dienen daarom goed te worden vastgelegd.

- c. Nadat het te ontwerpen computerprogramma duidelijk is gespecificeerd kan het ontwerp worden gemaakt. (In de praktijk zullen de verschillende fasen van een project elkaar wel enigszins overlappen omdat in de specificatiefase er wel globaal zal worden nagedacht over de structuur van het te ontwerpen programma).

Van bijzonder belang is het om volgens gestructureerde methoden te werk te gaan. Er zijn vele van die methoden bekend. Een veel toegepaste techniek staat in de literatuur bekend als de Structured Design methode van Myers en Constantine (zie onder meer het boek Composite/Structured Design van Myers).

De belangrijkste kenmerken van die methode zijn:

I.. een analyse van de voor het rekenproces benodigde gegevensstromen;

II. een analyse van de in het rekenproces benodigd functies;

III. kwaliteitseisen aan de programma-onderdelen.

In de praktijk blijkt deze methode tot een zeer grondige ontwerpproces te leiden. De daarvoor benodigde schijnbare extra tijd wordt terug verdiend bij het latere bouwen van het systeem omdat door een duidelijk en goed gedefinieerd ontwerp het in de bouwfase niet meer nodig zal zijn het ontwerp nog eens uit te breiden of bij te stellen omdat sommige aspecten niet zo goed doordacht bleken.

- d. Als het ontwerp van het systeem goed is vastgelegd kan met bouwen worden begonnen. Het bouwen van het systeem omvat het programmeren inclusief de machine-afhankelijke besturingsprogramma's en het vervaardigen van documentatie. Daarnaast is in de bouwfase het testen een belangrijke activiteit. De procedures en criteria die bij het testen worden gehanteerd moeten tevoren goed zijn vastgelegd. Het testen kan statisch en dynamisch gebeuren (Statisch: bezien of alle statements, labels etc. worden doorlopen c.q. gebruikt; dynamisch: afdrukken van de waarden van variabelen tijdens de loop van het programma). Voor het testen zijn veelal standaardprogramma's beschikbaar. Veelal zal het testen van modules in onderlinge samenhang "van klein naar groot" gebeuren: eerst worden modules afzonderlijk getest; vervolgens steeds meer modules in samenhangend verband.

- e. Indien de exploitatie niet door de ontwikkelaar wordt verzorgd zal de gereedgekomen programmatuur volgens duidelijke afspraken omtrent kwaliteit van de programmatuur en verantwoordelijkheden van de betrokkenen moeten worden overgedragen aan de instantie die de exploitatie gaat verzorgen.

Bij een werkwijze zoals hierboven globaal is omschreven gaat men grondig, gedisciplineerd en volgens een goed aangegeven methodiek te werk. Dat betekent dat het projectmanagement goed gevoerd kan worden. De kosten, inspanningen en benodigde tijd zijn dan beheersbaar. De kans is daarmee vergroot dat het ontwikkelde programmasysteem goed zal overeenkomen met de verwachtingen van de gebruikers en dat exploitatie van het systeem geen onevenredige grote inspanning zal vergen. Latere uitbreidingen van een systeem kunnen, als er op is ingespeeld, eenvoudiger worden aangebracht.

Het maken van documentatie is bij de beschreven werkwijze geen sluitpost meer. Immers, in de specificatiefase werden reeds delen van de gebruikersdocumentatie geschreven. In de ontwerpfase worden belangrijke delen van de systeemdokumentatie geschreven, terwijl in de bouwfase modules nader worden gedocumenteerd.

7.3

Documentatie

Ten aanzien van de documentatie kan nog worden opgemerkt dat zij gericht moet zijn op de groep die er kennis van zal nemen:

- a. De eenvoudigste vorm van documentatie, gericht op de eventuele gebruiker (niveau 2) of op een manager (niveau 1) die programmatuur voor zijn groep zoekt, bestaat uit een of enkele vouwbladen waarop staat vermeld: de naam van het programma en van de organisatie die het ter beschikking stelt, toepassingsgebied, mogelijkheden en beperkingen, voorwaarden waaronder de ter beschikking stelling kan plaatsvinden.
- b. Een wat uitgebreidere vorm van documentatie (met name bedoeld voor gebruikersniveau 2) is de gebruikershandleiding. Deze bevat een wat nadere omschrijving van de mogelijkheden en beperkingen, eventueel geïllustreerd aan de hand van enkele voorbeelden. De gebruikershandleiding bevat verder een compleet bedieningsvoorschrift. Zonodig kunnen in de handleiding richtlijnen of suggesties worden opgenomen voor het gebruik en de interpretatie van de resultaten. De beheerder kan deze richtlijnen en suggesties zonodig bijstellen naar aanleiding van gebruikersevaluaties.
- c. Een nog uitgebreider vorm van gebruikersdocumentatie kan bestaan als de gebruiker (niveau 2) de gelegenheid heeft om zelf onderdelen van de programmatuur te wijzigen, of de loop van de rekenprocessen ingrijpend te beïnvloeden door de structuur van het programma te veranderen. Daarvoor zal de gebruiker uitgebreide documentatie omtrent de structuur van het programma en de functies van de modules nodig hebben.
- d. Voor de beheerder van de programmatuur zal een nog uitgebreidere vorm van documentatie ter beschikking moeten staan. Een uitgebreide beschrijving van alle modules vormt de basis voor een effectief beheer en voor de mogelijkheid tot een latere uitbreiding of wijziging van de programmatuur. Afhankelijk van de kwaliteitseisen die men aan de documentatie stelt, zullen een aantal aspecten in de documentatie moeten worden opgenomen. In bijlage 2 zijn weergegeven die punten die in elk geval in documentaties zouden moeten worden opgenomen.

8. COMPUTERPROGRAMMATUUR; BESCHIKBAARHEID EN TOEGANKELIJKHEID

8.1. Beschikbaarheid

Een computerprogramma dat wordt beheerd door een bepaalde dienst of instelling kan al dan niet beschikbaar worden gesteld aan een willekeurige gebruiker. Deze beschikbaarheid kan voorwaardelijk of onvoorwaardelijk zijn. In vele gevallen blijken computerprogramma's voorwaardelijk beschikbaar te zijn, dat wil zeggen dat ze slechts mogen worden gebruikt indien aan de condities, gesteld door de beherende dienst of instelling, wordt voldaan. Bovendien zijn er dan nog meerdere vormen van beschikbaarheid te onderscheiden, namelijk:

- het volledig beschikbaar stellen van de computerprogrammatuur door middel van de gebruikersdocumentatie (zie par. 7.3.) en het vrijgeven van (de listing van) het programma. De gebruiker kan dan zelf het programma op een eigen computersysteem implementeren en eventueel naar eigen behoefte aanpassen en/of uitbreiden.
- het toestaan dat de gebruiker wel met het programma werkt, maar niet zelf onderdelen of de structuur wijzigt. De gebruiker rekent vanuit zijn eigen instelling via een terminalverbinding of bij de beheerder van het programma.
- het programma wordt niet vrijgegeven, de gebruiker kan en mag zelf niet met het programma rekenen. Wel is het mogelijk dat de eigenaar/beheerder voor de gebruiker (al dan niet in het kader van een opdracht tot onderzoek) met het programma berekeningen uitvoert.

In Nederland is het zo dat universiteiten, hogescholen en een aantal andere gesubsidiëerde onderzoeksinstituten hun programma's om niet d.w.z. onvoorwaardelijk ter beschikking stellen aan derden. De kosten gemaakt voor de ontwikkeling van de computerprogrammatuur worden dan in feite niet doorberekend.

Instellingen die op commerciële basis werken zoals ingenieursbureau's e.d. berekenen wel ontwikkelingskosten van een computerprogramma aan de gebruiker door. Behalve deze kosten worden dikwijls ook de kosten van ondersteuning en de kosten van onderhoud van het programma in de vorm van een zekere overhead aan de gebruiker doorberekend. Een onderlinge uitwisseling van computerprogramma's tussen de twee genoemde groepen instellingen wordt daardoor sterk belemmerd.

Het zal zinvol zijn als er een oplossing werd gevonden voor deze problemen.

Inzicht in de beschikbaarheid van computerprogramma's kan worden verbeterd indien er regelmatig een overzicht worden gemaakt van de aanwezige grondwatermodellen in Nederland. Door de TNO-ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur is een eerste overzicht gegeven van de aanwezige modellen (CHO-TNO, 1978). Ook door de CIAD-projectgroep "Bemaling van grondwater" is aandacht besteed aan inventarisatie van modellen op het gebied van de bemaling van bouwputten.

Een recente ontwikkeling is dat door sommige onderzoeksinstellingen computerprogramma's uit het buitenland worden aangekocht, geïmplementeerd op de computer en vervolgens beschikbaar worden gesteld aan de gebruikers.

8.2. Toegankelijkheid

De toegankelijkheid van een computerprogramma wordt sterk bepaald door het gemak waarmee de gebruiker met het programma kan omgaan, of met andere woorden de 'gebruikersvriendelijkheid' van het programma.

De volgende aspecten zijn van belang voor een goede toegankelijkheid:

- documentatie;
- ondersteuning in het gebruik;
- onderhoud;
- toepasbaarheid op verschillende computersystemen.

De documentatie zal gericht dienen te zijn op het niveau van de gebruiker. Voor nadere informatie zie hoofdstuk 7 en bijlage 2.

Voor een efficiënt gebruik van het computerprogramma kan ondersteuning c.q. begeleiding door de modelbouwer of beheerder van vitaal belang zijn. Dit geldt in het bijzonder voor grote en gecompliceerde programma's.

Regelmatig zal door de modelbouwer en/of beherende instantie onderhoud van het programma dienen plaats te vinden. Dit betekent dat fouten in het programma worden verbeterd en veranderingen volgens nieuwe inzichten worden aangebracht, waardoor het programma niet zo snel veroudert en wellicht de gebruikersvriendelijkheid wordt bevorderd.

Voor een ruime toepassing is het van belang dat het programma 'universeel' te gebruiken is, dat wil zeggen dat het toepasbaar is op verschillende computersystemen. Dit houdt in dat er geen gebruik wordt gemaakt van bijzondere faciliteiten van een computer en dat een standaardtaal wordt gehanteerd. Verder is een goed gestructureerde opbouw van het programma, zoals in hoofdstuk 7 wordt benadrukt, sterk bepalend voor een goede toepasbaarheid in de praktijk.

Evenals voor de beschikbaarheid van computerprogramma's is opgemerkt, geldt ook dat voor een goede toegankelijkheid er regelmatig een overzicht verschijnt van modellen/programma's met hun karakteristieken. Voorbeelden hiervan kunnen worden gevonden in de tabellen 4 t/m 16 in Rapporten en Nota's, no. 2, CHO-TNO, 1978.

Een andere mogelijkheid om de toegankelijkheid te bevorderen is een zoekstelsel van modellen, waar men als gebruiker na invulling van een aantal vragen een overzicht krijgt van welke modellen voor een specifiek probleem beschikbaar zijn. Hierna kan de gebruiker contact opnemen met de beheerder van het geselecteerde model.

Een voorbeeld van een dergelijk zoekarchief is het Model Annotation Retrieval System (MARS) van het International Ground Water Modeling Center, Holcomb Research Institute, Indianapolis, U.S.A. (zie bijlage 3).

9. CONCLUSIES

Algemeen

1. De leden van de groep hebben hun contacten als nuttig en vruchtbaar ervaren. De uitwerking van taken verliep soms moeizaam en was tijdrovend. Door het contact hebben de bouwers en gebruikers binnen de Contactgroep meer begrip voor elkaars problemen gekregen. Met dit rapport wordt getracht om de gedachtenvorming die hierover heeft plaatsgevonden in bredere kring uit te dragen. In die zin meent de Contactgroep aan haar algemene taakstelling, namelijk de contactfunctie te voldoen.
De uitwerking verliep moeizaam en was tijdrovend als op individuele leden beroep werd gedaan om specifieke onderwerpen nader uit te werken. Bij de voortzetting van de werkzaamheden van de Contactgroep dient hiermee rekening te worden gehouden (aanbeveling 1).

Contact

2. Het gebruik van modellen ten behoeve van beleidsanalyse en besluitvorming wordt alom als nuttig ervaren. De grondwatermodellen vormen hiervan in veel gevallen een onderdeel. Problematisch is vaak het contact tussen de twee partijen die in de praktijk zijn te onderscheiden:
 - a. de leveranciers, bouwers en deels ook exploitanten van computerprogramma's, die vanuit een fysisch-mathematische achtergrond, en met het oog op de praktijk de programma's ontwikkelen en die willen toepassen;
 - b. de gebruikers; de technici (technische diensten) en de beslis-sers die modellen willen gebruiken en soms zelf willen (laten) bouwen, eventueel met gebruikmaking van door anderen ontwikkelde computerprogramma's.Deze twee partijen trachten elkaar te vinden op een markt die, niet voldoende doorzichtig is, mede als gevolg van snelle ontwikkelingen en het grote aantal instanties dat zich in Nederland met de hydrologie bezighoudt.
3. Terwille van een goede communicatie is het in de eerste plaats nodig dat men datgene wat men kan en verlangt, duidelijk kenbaar maakt. Dit vereist een zekere mate van inzicht in elkaars werksfeer.
De ontwikkelaars van de mathematische middelen dienen, met een goede documentatie, inzicht te verschaffen in de mogelijkheden van computerprogramma, dat wil zeggen de te simuleren processen, de vereiste gegevens, de te leveren resultaten en de condities van het gebruik. Er dient een goede gebruikershandleiding beschikbaar te zijn en de bereidheid van het geven van assistentie bij het gebruik.
De gebruikers moeten hun problemen duidelijk formuleren in termen van een eenduidige technisch-hydrologische analyse die aangeeft welk systeem men in een model wil weergeven, welke gegevens men beschikbaar heeft, welke informatie men wenst en onder welke voorwaarden men het onderzoek denkt uit te (laten) voeren.
Nadat een contact is gelegd, moet in nauw overleg worden gekomen tot een verdere integratie van de mogelijkheden van een programma en de vereisten van een project.

4. Het blijkt dat in een klein land als Nederland, de contacten in het persoonlijk vlak en het overleg tussen de (grote) organisaties op het gebied van de hydrologie in het algemeen toereikend zijn om te voorkomen dat omvangrijke ontwikkelingen gaande zijn zonder dat men dat van elkaar weet. Dit is in mindere mate het geval met de talrijke kleinere en meer incidentele gebruikers van dit soort geavanceerde technieken (waterschappen, Provinciale Waterstaatsdiensten, waterleidingbedrijven). De reeds gesignaleerde complexe en veranderende "markt" is hieraan ook niet vreemd. De Contactgroep acht het daarom belangrijk dat er een structuur aanwezig is waarin aan de contactfunctie tussen modelbouwers en gebruikers vorm wordt gegeven (aanbeveling 1).
5. Het ontwikkelen van computerprogramma's is een tijdrovende en kostbare aangelegenheid; vaak veel meer dan de gebruikers zich realiseren. Een goede afstemming op de eisen van de (toekomstige) praktijk is daarom van groot belang. Ook dit vereist een goede communicatie tussen modelbouwers en gebruikers (aanbeveling 1).

Informatie en kennisoverdracht

6. De gebruiker moet op eenvoudige wijze tot een keuze kunnen komen van het computerprogramma dat bij de beschikbare middelen en gegevens het best gebruikt kan worden voor de oplossing van zijn probleem. Daarbij moet duidelijk zijn wat de mogelijkheden en beperkingen van een dergelijk programma zijn. De Contactgroep heeft getracht het keuzeprobleem te vergemakkelijken via een probleemgerichte indeling van de beschikbare computerprogramma's. De verwachting was dat hiermee een (voor)selectie van computerprogramma's kon worden uitgevoerd met als doel een inperking van het aantal potentieel geschikte programma's. In de praktijk bleek echter dat een dergelijke aanpak niet tot de verwachte inperking leidde. De meeste programma's bleken namelijk in meerdere probleemcategorieën voor te komen. Een indeling van de programma's naar hydrologische kenmerken (zoals in CHO-TNO, 1978) lijkt dan ook de meest aangewezen manier (aanbeveling 5).
7. Een geautomatiseerd zoekstelsel zou bij het kiezen van het meest geschikte computerprogramma voor het oplossen van een bepaald probleem van groot nut kunnen zijn. De opzet en onderhoud van zo een stelsel zou verzorgd kunnen worden door een voor dit doel in te stellen informatiecentrum (aanbeveling 4).
8. In conclusie 3 is gesignaleerd dat de gebruikers vaak moeite hebben met het duidelijk formuleren van hun problemen in technisch-hydrologische zin. Dit wordt voor een deel veroorzaakt door gebrek aan scholing. Door scholing kan het inzicht in de mogelijkheden van computerprogramma's en modellen in de hydrologie worden vergroot (aanbeveling 7).

Knelpunten

9. Tijdens de discussies in de Contactgroep zijn reeds een aantal problemen naar voren gekomen waarmee momenteel met name de ge-

bruikers van grondwatermodellen worden geconfronteerd. De meeste problemen hebben betrekking op de waarde die aan de uitkomsten van modelresultaten moet worden gehecht:

- de geringe mate waarin in veel modelstudies wordt ingegaan op de betrouwbaarheid van de modelresultaten;
- de relatie tussen de omvang en de kwaliteit van de beschikbare (of met hoge kosten aan te vullen) gegevens enerzijds en de betrouwbaarheid van de modelresultaten anderzijds;
- de toetsing van modelresultaten aan praktijksituaties.

De aanpak van voornoemde probleempunten zou dermate veel inspanning vergen dat dit alleen maar via de onderzoeksprogramma's van de geëigende instellingen kan worden gerealiseerd. Aangezien dit problemen zijn die uit de praktijk van de gebruikers voortkomen is het gewenst dat de praktijk bij de uitvoering van het voornoemde onderzoek betrokken blijft (aanbeveling 1 en 2).

10. De uitwisseling van computerprogramma's tussen diverse organisaties stuit op problemen. Sommigen brengen immers hun kosten van ontwikkeling en onderhoud in rekening (aanbeveling 3).

LITERATUUR

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO, 1978-
Verslag van de TNO-ad-hoc groep grondwatermodellen en computerpro-
grammatuur.

Serie: Rapporten en Nota's no. 2

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO, 1980-
Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels.

Verslag van de Workshop op 1 en 2 april 1980 (J.C. Hooghart).

Serie: Rapporten en Nota's no. 5

MYERS, G.J. v.d. Veer - 19..

Composite/Structured Design.

Van Nostrand Reinhold Comp., New York

SCIENTIFIC COMMITTEE ON PROBLEMS OF THE ENVIRONMENT, 1978-
Utilization of Numerical Groundwater Models for Water Resource
Management.

U.S. Departement of Commerce, NTIS, PB-285 782

VERENIGING VOOR COMPUTERTOEPASSINGEN IN DE PRAKTIJK, 1979-
Bemaling van grondwater: vergunningsprocedures en computerpro-
gramma's.

CIAD script 2.

BIJLAGE 1

SAMENSTELLING CONTACTGROEP GRONDWATERMODELLEN CHO-TNO

- Ir. E. Allersma
Stichting Waterbouwkundig Laboratorium
Postbus 152
8300 AD EMMELOORD
Tel. 05274 - 2922
- Ir. M.G.M. den Blanken
Keuringsinstituut voor Waterleiding-
artikelen N.V.
Groningerhaven 7
3433 PE NIEUWEGEIN-ZUID
Tel. 03402 - 60860
- Drs. F.A.M. Claessen
(vanaf januari 1981)
Rijkswaterstaat
Directie Waterhuishouding
en Waterbeweging
District Noord
Postbus 19
8200 AA LELYSTAD
Tel. 03200 - 41911 (vanaf januari 1981)
- Ir. W. Cramer
Rijksinstituut voor Drink-
watervoorziening
Nieuwe Havenstraat 6
Postbus 150
2260 AD LEIDSCHENDAM
Tel. 070 - 694251
- Dr. R.A. Feddes
Instituut voor Cultuurtechniek
en Waterhuishouding
Postbus 35
6700 AA WAGENINGEN
Tel. 08370 - 19100
- Ir. J. Klinkspoor
Provinciale Waterstaat
Noord Holland
Zijlweg 245 - Postbus 205
2050 AE OVERVEEN
Tel. 023 - 319350
- Dr. Ir. R.W.R. Koopmans
Landbouw Hogeschool
Vakgroep Cultuurtechniek
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA WAGENINGEN
Tel. 08370 - 82262
- Ir. K. Kovar
(secretaris)
Rijksinstituut voor Drink-
watervoorziening
Nieuwe Havenstraat 6
Postbus 150
2260 AD LEIDSCHENDAM
Tel. 070 - 694251

Ir. J.A. Los
(voorzitter)

Provinciale Waterstaat
Drenthe
Westerbrink 1
9405 BJ ASSEN
Tel. 05920 - 55544

Ir. H. Ton
(tot augustus 1981)
Ir. A.W. Sleeking
(vanaf augustus 1981)

Landinrichtingsdienst
Postbus 20021
3502 LA UTRECHT
Tel. 030 - 852445

Dr. Ir. P. van der Veer

Rijkswaterstaat
Dienst Informatieverwerking
Nijverheidsstraat 1
2288 BB RIJSWIJK
Tel. 070 - 906628

Ir. N.W. Zuiderveen Borgesius
(tot januari 1981)

Rijkswaterstaat
Directie Waterhuishouding
en Waterbeweging,
Distrikt Zuid-Oost
Afdeling Maas
Postbus 25
6200 MA MAASTRICHT
Tel. 043 - 17744

Secretariaatsbureau CHO-TNO:

Ing. J.C. Hooghart

Commissie voor Hydrologisch
Onderzoek - TNO
Postbus 297
2501 BD 's GRAVENHAGE
Tel. 070 - 850198

Bijlage 2

Minimale eisen te stellen aan documentatie

1. Globale omschrijving

- Naam van het programma.
- Mogelijkheden en beperkingen
(Bijvoorbeeld: verzadigde/onverzadigde zone; aantal dimensies; stationair/niet-stationair; tijdschaal; tijdstap grootten; randvoorwaarden)
- Korte omschrijving van de basisvergelijkingen en de gebruikte oplossingsmethodiek. Voor een nadere omschrijving van de rekenmethode verwijzen naar een publikatie daarover of naar bijlagen bij de documentatie.

2. Beschikbaarheid

- Beherende instelling en naam van de contactpersoon.
- Beschikbare computer(s).
- Voorwaarden voor het gebruik.
(Bijvoorbeeld: kostenaspecten; mogelijkheid voor eigen gebruik of procedures voor geven van opdracht tot gebruik)

3. Handleiding bij het gebruik

- Invoer-beschrijving:
Omschrijving van de invoerparameters en een voorbeeld van een invoer.
- Uitvoer-beschrijving:
Beschrijving van de uitvoerfaciliteiten en een handleiding voor het aanroepen daarvan.
Beschrijving van uitvoerparameters.
Voorbeeld van uitvoer.
- Omschrijving van de job-control, benodigd voor het starten van het programma.
- Beschrijving van de foutmeldingen die het programma kan geven en daarop door de gebruiker uit te voeren acties.
- Eventuele omschrijving van een methodiek voor het afregelen van een model.

Bijlagen

Indien niet verwezen wordt naar een aparte publicatie een nadere omschrijving van de gebruikte rekentechniek.

GROUND WATER MODEL SEARCH AND RETRIEVAL SERVICE

The Model Annotation Retrieval System

The Model Annotation Retrieval System (MARS) is designed to facilitate rapid user accessibility to information on ground water modeling codes. Each model in the system is described by a set of annotations of its operating characteristics, capabilities and availability. An extensive checklist, the model annotation form, is developed to describe each model as completely and consistently as possible. This list is used to enter the model information in the MARS data base.

For retrieval of specific model information from the data base a model annotation retrieval form is used, which is basically the same as the annotation form. A computer search is then executed, matching requested with stored model annotations. Information on these matching models is printed either in summary form or as a listing of the complete annotations.

The Search and Retrieval

The Ground Water Model Annotation Retrieval Form is divided into major categories, such as "AQUIFER CONDITIONS," "MODEL PROCESSES" and "MODEL PROGRAM CODE INFORMATION," and into minor categories, such as "Confined," "Laminar Flow" and "Do you need the program code?", these latter characteristics detailing the general headings.

A search on MARS starts with choosing a major category, ("I am primarily interested in aquifer conditions"), and then selecting detail characteristics ("I am specifically interested in a confined, anisotropic, heterogeneous system consisting of two overlying aquifers and including system deformation"). The computer now selects the stored model annotations, which match these characteristics. Any model descriptions not satisfying these characteristics will be rejected.

At this point the MARS user has selected a sub-set of annotations and different actions are possible:

- A-1 The user can request that the entire annotation for each model is printed;
- A-2 The user can request that the summary descriptions of these models are printed;
- B-1 The user can return to the previous sub-set to select another set of characteristics;
- B-2 The user can continue searching from the current sub-set;
- B-3 The user can end the search.

(continued)

Any combination between an action of Group A and an action of Group B is possible. At each level of the search, the MARS is selecting from only those annotations obtained from a previous search. In general, the search will be carried out by a member of the IGWMC staff.

Requesting Ground Water Modeling Information

The MARS is used by sending a request to the clearinghouse, defining the modeling needs, preferably by using the Ground Water Model Annotation Retrieval Form, as is developed by IGWMC. Eventually, a statement of the problem can be submitted and the resident ground water modeler will prepare a checklist.

A search is normally carried out in sequence of major and minor categories as printed. If you prefer another set of priorities, you can rank the selected categories 1, 2, 3, etc. The codes used to complete the checklist are a "1", a "Ø" or a "blank." A "1" means select this minor category; a "Ø" means this minor category cannot be selected; and a "blank" means "take it or leave it."

Filling in the form one should remember that the more specific the request is, the less chance there will be that any given model will have all the characteristics desired. Executing the search IGWMC staff will often be confronted with this aspect. If no matching models can be found, we will send you information regarding those models which appear to be the most capable of meeting your particular requirements.

Cost of the System

At the present time, the following cost scheme is in effect:

1. A summary listing of all stored models, which includes the modeler's name and address, the name of the model, the purpose of the model, the year of completion, as well as an annotation key which can be used to retrieve the entire annotation if more detailed information is desired. \$25.00
2. Request for complete annotations without executing a search \$25.00
 - 1 annotation \$ 5.00
 - each additional annotation \$ 1.00
3. Executing a search \$ 5.00
 - Each selected complete annotation \$ 1.00
 - Each sub-set summary per 20 models \$ 1.00

An invoice for the cost of the requested service plus postage will be sent following the shipment of the resulting information.

Further Information

Requests for IGWMC services should be sent to the Principal Investigator of the International Ground Water Modeling Center at the Holcomb Research Institute, who is also available for further information on the ground water modeling activities of Holcomb Research Institute or on ground water modeling in general.

GROUND WATER MODEL ANNOTATION RETRIEVAL FORM

INQUIRER IDENTIFICATION

Name: _____

Address: _____

Telephone: _____

Affiliation: (Please check one)

Consultant _____

Municipal government _____

State government _____

Federal government _____

Planning agency _____

Research Laboratory _____

University _____

Other: _____

DESIRED MODEL CHARACTERISTICS

AQUIFER CONDITIONS (Please fill in or check as appropriate)

Confined (artesian) _____

Water table (phreatic) _____

Aquitard _____

• Semi-confined (leaky artesian) _____

Storage in confining layer _____

Delayed yield from storage _____

Isotropic _____

Anisotropic _____

Homogeneous _____

Heterogeneous _____

Fractured system: = discrete fractures _____

= dual porosity _____

Aquifer system deformation _____

Aquifer compaction _____

AQUIFER CONDITIONS (continued)

Two overlying aquifers _____

Three overlying aquifers _____

Many overlying aquifers _____

Changing aquifer conditions in time _____

Which: _____

Changing aquifer conditions in space _____

Which: _____

FLOW CONDITIONS (Please check as appropriate)

Steady flow _____

Unsaturated flow _____

Unsteady flow _____

Inter flow _____

Saturated flow _____

BOUNDARY CONDITIONS (Please check as appropriate)

Constant heads _____

Tidal fluctuations _____

Changing heads _____

Infiltration _____

Constant flux _____

Groundwater recharge _____

Changing flux _____

Wells _____

Head dependant flux _____

Well characteristics _____

No flow _____

Constant pumping _____

Free surface _____

Variable pumping _____

Seepage surface _____

Other: _____

Movable external,
boundary _____

SURFACE FLOW RELATED CHARACTERISTICS (Please fill in or check as appropriate)

Time variability of sur- Lakes _____
face water stage _____ Rivers _____

Water balance of surface Ponds _____
water included _____

Elevation of surface Folders _____
bed _____ Swamps _____

Springs _____ Other: _____

FLUID CONDITIONS INCLUDED IN MODEL (Please fill in or check as appropriate)

Homogeneous _____ Nitrogen components _____

Heterogeneous _____ Organic _____

Multiple fluids _____ Hydrocarbons _____

Salt water- Heavy metals _____
fresh water _____

Steam-water _____ Pesticides, _____
Herbicides _____

Air-water _____ Radioactive _____

Oil-water _____ Coliforms _____

Total dissolved Thermal properties _____
solids _____

Compressibility _____

Contaminants, Pollutants, Density _____
Leachate _____

Other: _____

Chlorides _____

Sulfates _____

MODEL PROCESSES (Please fill in or check as appropriate)

Laminar flow _____	Diffusion _____
Turbulent flow _____	Consolidation _____
Precipitation _____	Change of phase _____
Drawing _____	Hysteresis _____
Condensation _____	Expansion _____
Capillary forces _____	Adsorption _____
Freezing _____	Absorption _____
Evapotranspiration _____	Ion exchange _____
Convection _____	Clogging _____
Conduction _____	Decay _____
Dispersion _____	Reactions _____
Random movement _____	Other: _____

OTHER MODEL CHARACTERISTICS (Please fill in or check as appropriate)

English units _____	Crop production _____
Metric units _____	Conjunctive use _____
Economics _____	Stochastic input _____
Optimization _____	Stochastic parameter distributions _____
Calibration _____	Management decisions _____
Calibration accuracy _____	Other: _____
Inverse problem _____	
Sensitivity analysis _____	

INPUT DATA OF MODEL (Please fill in or check as appropriate)

-- Areal Values

Elevation of land _____	Hydraulic resistance confining layer _____
Elevation of aquifer top _____	Hydraulic resistance riverbed, lakebed _____
Elevation of aquifer bottom _____	Dispersion _____
Thickness of aquifer _____	Thermal conductivity _____
Elevation of surface water bottom _____	Thermal capacity _____
Heads _____	Specific heat _____
Permeability _____	Temperature _____
Transmissivity _____	Fluid density _____
Porosity _____	Specific weight _____
Storage coefficient _____	Decay rate _____
Specific yield _____	Initial quality concentrations of water constituents _____
Diffusivity _____	

-- Boundary Conditions

Heads _____	Pumpage rates _____
Fluxes _____	
Precipitation rates _____	
Evapotranspiration rates _____	Ground water recharge rates _____

-- Model Characteristics

Grid intervals _____	Initial time step _____
Number of nodes _____	Number of time increments _____
Node location or coordinates _____	Error criteria _____
Time step sequence _____	
Other: _____	

MODEL OUTPUT FACILITIES (Please fill in or check as appropriate)

-- Tables

Aquifer geometry _____	Permeability _____
Heads _____	Transmissivity _____
Fluxes _____	Storage coefficient _____
Velocities _____	Specific yield _____

MODEL OUTPUT FACILITIES (continued)

Diffusivity _____	Concentrations of water constituents _____
Hydraulic resistance confining layer _____	Precipitation rates _____
Hydraulic resistance riverbed, lakebed _____	Evaporation rates _____
Dispersion _____	Pumpage rates _____
Thermal conductivity _____	Artificial recharge rates _____
Temperature _____	Ground water recharge rates _____
Fluid density _____	Other: _____

-- Plotted graphics (time series curve = tsc, areal distribution map = adm)

Heads _____	tsc _____ adm _____
Fluxes _____	tsc _____ adm _____
Velocities _____	tsc _____ adm _____
Temperature _____	tsc _____ adm _____
Concentrations of water constituents _____	tsc _____ adm _____
Other: _____	tsc _____ adm _____

BASIC TECHNIQUE FOR MODEL (Please fill in or check as appropriate)

Finite difference _____

Finite element _____

Analytical (method of images included) _____

Which:

Linear programming _____

Other: _____

GEOMETRY OF MODEL (Please fill in or check as appropriate)

-- Shape of Cell

Square _____	Isoparametric quadrilateral _____
Rectangular _____	Mixed, curved isoparametric _____
Linear _____	Orthogonal _____
Triangular _____	Curvilinear _____
Polygon _____	None _____
Cylindrical _____	Other: _____
Spherical _____	
Tetrahedral _____	

-- Spatial Characteristics

Saturated zone	1D horizontal _____
	1D vertical _____
	2D horizontal _____
	2D vertical _____
	3D _____
	cylindrical or radial _____
Unsaturated zone	1D horizontal _____
	1D vertical _____
	2D horizontal _____
	2D vertical _____
	3D _____
	cylindrical or radial _____

-- Grid Orientation and Sizing

Plan or horizontal view _____

Cross-sectional or vertical view _____

Axial symmetry _____

Variable size grid _____

Nonaxis grid _____

Other: _____

GEOMETRY OF MODEL (continued)

— Number of Model Nodes

1 - 10 _____ 10,000 - 100,000 _____
 10 - 100 _____ > 100,000 _____
 100 - 1,000 _____ Variable _____
 1,000 - 10,000 _____

EQUATION SOLVING TECHNIQUE (Please fill in or check as appropriate)

Gauss-Seidel (point over relaxation) _____	Method of characteristics _____
Line successive over relaxation _____	Particle in a cell _____
Alternating direction _____	Weighted residuals _____
Iterative alternating direction _____	Predictor-corrector _____
Gauss elimination _____	Strongly implicit _____
Cholesky square root _____	Implicit _____
Doolittle _____	Explicit _____
Point Jacobi _____	Crank-Nicolson _____
	Other: _____

ERROR CRITERIA (Please fill in or check as appropriate)

Water balance over model _____
 Sum head change over model between iterations _____
 Sum quality change over model between iterations _____
 Maximum head change at any one node _____
 Maximum quality change at any one node _____
 Mass balance _____
 Other: _____

USER'S COMPUTER SPECIFICATION (Please explain if possible)

Computer make and model number:

Maximum core storage (bytes):

Maximum mass storage:

Other available peripheral equipment:

Available compiler language and level:

Other remarks:

MODEL PROGRAM CODE INFORMATION (continued)

Maximum cost of available code:

Desired form of available code:

Card deck Yes _____ No _____

Punch type specification:

Tape Yes _____ No _____

Reader type specification:

Printed listing Yes _____ No _____

Must a user's manual be available?

Yes _____ No _____

Must code have been checked against theory?

Yes _____ No _____

Must code have been applied to field problems?

Yes _____ No _____

Must code have been applied to research problems?

Yes _____ No _____

Must code have been applied to classroom work?

Yes _____ No _____

Must code be usable by inquirer without author supervision or advice?

Yes _____ No _____

Must author support of code be available?

Yes _____ No _____

MODEL PROGRAM CODE INFORMATION (Please fill in or check as appropriate)

Desired language and level:

Do you need the program code? Yes _____ No _____

Do you accept access to the program without knowing the code?

Yes _____ No _____

Do you accept the use of a program being part of a consultant's participation?

Yes _____ No _____

BIJLAGE 4

AFKORTINGEN

CGM	Contactgroep Grondwatermodellen CHO - TNO
CHO-TNO	Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO
CIAD	Vereniging voor computertoepassingen in de ingenieurspraktijk
CWG	Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland
GELGAM	Gelders Grondwater Analyse Model
GROMULA	Groundwater Multi-Layer
ICW	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
IGWMC	International Ground Water Modeling Center
MARS	Model Annotation Retrieval System
PAWN	Policy Analysis of Watermanagement for the Netherlands
RID	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
SAMWAT	Samenwerking Analysemethoden (modellen en technieken) in het Waterbeheer
SAW	Samenwerking Automatisering Waterstaat
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment
TOW-H	Toegepast Onderzoek Waterstaat - Systemanalyse Waterbeheer

RAPPORTEN EN NOTA'S VAN DE COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO

1. Tweede Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Archivering en Automatische verwerking
van hydrologische gegevens TNO.
Januari 1977.
2. Verslag en aanbevelingen
van de ad hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur TNO.
Juli 1978.
3. De droogte in 1976.
Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976
verschenen literatuur - (P.K.M. v.d. Heijde).
Augustus 1978.
4. Nederlandse activiteiten in internationaal hydrologisch verband.
Lezingserie, gehouden op 25 april 1978 te Delft, aangevuld met
(schematische) overzichten van internationale organisaties en
een overzicht van hun vertegenwoordigers in Nederland.
Augustus 1978.
5. Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels.
Een verslag van de Workshop op 1 en 2 april 1980 te Wageningen -
(J.C. Hooghart), aangevuld met discussiebijdragen en een
inventarisatie van het onderzoek in Nederland.
Augustus 1980.
6. Derde Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Archivering en Automatische verwerking
van hydrologische gegevens TNO.
Februari 1981.
7. Overzicht van de wensen van hydrologen en waterbeheerders ten aan-
zien van het operationele regenwaarnemingennet van het KNMI -
J.C. Hooghart.
Oktober 1981.
- 8a. Verklarende Hydrologische Woordenlijst.
I. Water in de onverzadigde zone
II. Water in de verzadigde zone
van de Gespreksgroep Hydrologische Terminologie
Januari 1982.
9. Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied.
Een verslag van de 2e CHO-studiebijeenkomst op 2 en 3 november 1981,
De Eemhof, Zuidelijk Flevoland - (J.C. Hooghart), aangevuld
met discussiebijdragen.
Februari 1982.
10. Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Grondwatermodellen, CHO-TNO.
April 1982.