

1998-35_computerondersteunend-waterbeheer-
definitiestudie

stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Computerondersteunend waterbeheer

Deel I: definitiestudie



98

35

Aan:
geadresseerde

10 februari 1999

Ons kenmerk : 99/0304/LRW

Onderwerp : aanbidding STOWA rapport 98-35, 'Computerondersteunend waterbeheer; deel I: definitiestudie'

L.S.,

De laatste jaren blijkt steeds meer dat invulling van operationeel peilbeheer door waterbeheerders om een koppeling van oppervlaktewaterbeheer aan de actuele grond- en oppervlaktesituatie vraagt. Een adequate realisering daarvan hangt sterk af van kennis, kunde en instrumentarium. De ontwikkeling van dit instrumentarium voor het operationele beheer is in de afgelopen jaren wat onderbelicht gebleven.

De Nederlandse waterbeheerders hebben aangegeven dat er behoefte is aan een dergelijk instrumentarium waarmee het dagelijkse beheer beter kan worden ondersteund en geobjectiveerd. Op voorhand is gesteld dat een dergelijk instrument optimaal gebruik moet maken van beschikbare gegevens en voorts relatief gemakkelijk toe te passen moet zijn. Daarbij is gebruik gemaakt van het reeds in STOWA-kader ontwikkelde beslissingsondersteunend systeem AQUARIUS.

De voorliggende definitiestudie 'Computerondersteund Waterbeheer' schetst het ontwerp van een systematiek waarmee het dagelijks peilbeheer door waterschappen kan worden ondersteund, met het oog op het zo goed mogelijk omgaan met grond- en oppervlaktewater. Deze studie is mede gebaseerd op onderzoek, dat in opdracht van het waterschap Dollardzijlvest is uitgevoerd.

In het vervolgtraject zal de methodiek worden geïmplementeerd en getoetst bij waterschap Dollardzijlvest, waterschap Groot-Salland, waterschap Meppelerdiep, waterschap Peel en Maasvallei, waterschap Regge en Dinkel en hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.

Hoogachtend,
De directeur van de STOWA
voor deze



ir. L.R. Wentholt

**Computerondersteunend
waterbeheer**

Deel I: definitiestudie

98 35

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Telefax 030 232 17 66
E-Mail stowa@stowa.nl

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.5773.049.9

TEN GELEIDE

Het beheer van grond- en oppervlaktewater is één van de kerntaken van de waterschappen. Een adequate realisering daarvan hangt sterk af van kennis, kunde en instrumentarium. De ontwikkeling van dit instrumentarium voor het operationele beheer is in de afgelopen jaren wat onderbelicht gebleven.

Door diverse waterschappen is aangegeven dat er behoefte is aan een dergelijk instrumentarium waarmee het dagelijkse beheer beter kan worden ondersteund en geobjectiveerd. Op voorhand is gesteld dat een dergelijk instrument optimaal gebruik moet maken van beschikbare gegevens en voorts relatief gemakkelijk toe te passen moet zijn. Daarbij is gebruik gemaakt van het reeds in STOWA-kader ontwikkelde beslissingsondersteunend systeem AQUARIUS.

De voorliggende definitiestudie 'Computerondersteund Waterbeheer' schetst het ontwerp van een systematiek waarmee het dagelijks peilbeheer door waterschappen kan worden ondersteund, met het oog op het zo goed mogelijk omgaan met grond- en oppervlaktewater. Deze studie is mede gebaseerd op onderzoek, dat in opdracht van het waterschap Dollardzijlvest is uitgevoerd.

In het vervolgtraject zal de methodiek worden geïmplementeerd en getoetst bij waterschap Dollardzijlvest, waterschap Groot-Salland, waterschap Meppelerdiep, waterschap Peel en Maasvallei, waterschap Regge en Dinkel en hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.

De werkzaamheden zijn uitgevoerd door een projectteam, met als projectleider dr.ir.P.J.T. van Bakel (SC-DLO), projectmedewerkers waren drs. M. Hogeweg (HKV Lijn in Water) en dr.ir. A.H. Lobbrecht (IHE). Het project is begeleid door een begeleidingscommissie onder voorzitterschap van de heer ir. G.M. Moser (Stichtse Rijnlanden), technische ondersteuning en toetsing van de concepten aan de werkprocessen bij de waterschappen vond plaats in een werkgroep onder voorzitterschap van de heer ir. M.J.M. Janssens (Amstel, Gooi en Vecht). Voor de samenstelling van de commissies wordt verwezen naar de bijlage.

Utrecht, december 1998

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

Inhoud

	blz.
0 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	7
0.1 Samenvatting	7
0.2 Conclusies en aanbeveling	9
1 Inleiding	11
1.1 Projectkader	11
1.2 Nadere analyse	11
1.3 Doelstellingen	12
1.4 Werkwijze	12
1.5 Leeswijzer	13
2 Het te modelleren systeem	15
2.1 Algemeen	15
2.2 Functie-eisen	15
2.3 Conceptuele modelbeschrijving	16
2.3.1 Ruimtelijke begrenzing	16
2.3.2 Te modelleren deelsystemen	17
2.3.3 Relaties tussen deelsystemen	21
2.4 Temporele aspecten	22
2.5 Praktische uitwerking	23
3 Beschrijving van de benodigde functionaliteiten	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Te modelleren processen	27
3.3 Te modelleren variabelen	29
3.4 Benodigde overige gegevens	30
3.4.1 Tijdsonafhankelijke gegevens	30
3.4.2 Tijdafhankelijke gegevens	30
3.5 Representativiteit van puntinformatie voor een beheerseenheid	31
3.5.1 Probleemschets	31
3.5.2 Conclusies, discussie en aanbevelingen	32
4 IT-aspecten	35
4.1 Inleiding	35
4.1.1 Relatie tot GW'96	35
4.1.2 Gevolgen van de recente ontwikkelingen voor COW	36
4.1.3 Relatie tot Aquarius	36
4.1.4 Toepassing van GIS	39
4.1.5 Het gebruik van data-assimilatie in COW	40
4.1.6 Technieken voor het oplossen van optimalisatieproblemen	42
4.1.7 Keuze voor COW	43
4.1.8 Gebruik van bestaande modellen in COW	44

4.2	Systeembeschrijving	45
4.2.1	Bepaling nieuw beleid	45
4.2.2	Evaluatie van het beleid/instrument	48
4.2.3	Relatie on-line database tot off-line database	48
4.3	Functionaliteit COW	49
4.3.1	Functionele eisen	49
4.3.2	Eisen aan technische realisatie COW	51
4.4	Acceptatiecriteria	54
4.4.1	Aantoonbare realisatie functionele en technische eisen	54
4.4.2	Succesvolle uitvoering praktijktest in proefgebieden	55
4.5	Ontwikkelplan	55
4.5.1	Inleiding	55
4.5.2	Iteratief ontwikkeltraject	56
5	Projectorganisatorische aspecten	59
5.1	Inleiding	59
5.2	Overzicht van activiteiten	59
5.2.1	Berekeningen	60
5.2.2	Gegevensmodel	61
5.2.3	Documentatie	62
5.2.4	Grafische uitvoer	62
5.2.5	Begeleiding proefgebieden en projectleiding	63
5.3	Organisatorische aspecten	64
5.3.1	Inleiding	64
5.3.2	Personele invulling	64
5.3.3	Begeleiding en overleg	64
5.3.4	Tijdplanning	65
5.3.5	Kostenraming	65
5.3.6	Op te leveren producten en doorkijk vervolgfases	66
	Referenties	67
	Lijst van begrippen	71
	Aanhangsel Samenstelling van de begeleidingsgroep en de werkgroep Computerondersteund Waterbeheer	81
	Figuren	
2.1	Schematische voorstelling van het te modelleren hydrologische systeem en de daarbij behorende processen	18
4.1	Processen in het Kalman-filter	41
4.2	Voorbeeld invoerscherm watergangen	46
4.3	Voorbeeld vergelijking voorspellingen met metingen	48
4.4	Iteratief ontwikkelmodel	56

0 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

0.1 Samenvatting

De traditionele taak van waterschappen is het beheer van de waterlopen op een zodanige wijze dat wordt voldaan aan de normen die worden gesteld om wateroverlast te voorkomen of wordt voldaan aan de eisen die worden gesteld aan het zoutgehalte van het oppervlaktewater. Door de ontwikkelingen die verband houden met integraal waterbeheer moeten waterschappen steeds meer gaan optreden als beheerder van het (ondiepe) grondwater. Naast het beschermen tegen overstromingen e.d. is grondwater daardoor mede een leidraad voor het dagelijkse waterbeheer.

De wijze waarop deze nieuwe taak door de diverse beheerders wordt ingevuld verschilt sterk en kan variëren van reageren op klachten uit het beheersgebied tot volledig computergestuurd peilbeheer waarbij het streefpeil rechtstreeks is gekoppeld aan een gemeten grondwaterstand. Dit is een aanwijzing dat er (nog) geen uitgekristalliseerde methode(n) bestaa(t)(n) om hieraan inhoud te geven. Dit wordt als een probleem ervaren omdat in toenemende mate de 'klant' van het waterbeheer tekst en uitleg wil over het gevoerde beheer. Door diverse waterschappen is daarom aangegeven dat er behoefte is aan een instrument waarmee het dagelijks waterbeheer kan worden ondersteund en waarmee het te voeren beheer objectiever kan worden en daardoor ook beter is uit te leggen. Op voorhand is gesteld dat een dergelijk instrument optimaal gebruik moet maken van beschikbare gegevens en voorts relatief gemakkelijk toe te passen moet zijn. Op basis van bovengeschetste probeemstelling en randvoorwaarden is een project gestart met als doel:

het ontwerpen van een instrument, in de vorm van een computerapplicatie, waarmee het dagelijks beheer door waterschappen kan worden ondersteund, met het oog op het zo goed mogelijk omgaan met grond- en oppervlaktewater.

Bij de eerste fase van dit project, de definitiefase, is voortgebouwd op een definitiestudie die in opdracht van waterschap Dollardzijlvest is uitgevoerd (Van Bakel e.a., 1995). In overleg met een werkgroep en een begeleidingsgroep (voor de samenstelling zie Aanhangsel 1) is vervolgens de definitiestudie nader ingevuld. De resultaten staan beschreven in het voor u liggend verslag.

De eerste stap in een definitiestudie is vast te stellen welke functies het instrument moet kunnen vervullen. Deze zijn afgeleid uit discussies in de werkgroep en de begeleidingsgroep. Op basis hiervan is een systeembeschrijving van het te modelleren systeem op te stellen (hoofdstuk 2). Allereerst is de begrenzing in de ruimte vastgesteld: het topsysteem (de bovenste 10 a 20 m incl. het oppervlaktewatersysteem) van 1 beheerseheid. Ten tweede is gesteld dat (uiteraard)

het dynamisch gedrag moet worden meegenomen. Uitgaande van de doelstelling dat de methode in staat moet zijn per beheerseenheid de effecten te kunnen berekenen van oppervlaktewaterbeheer op de standplaatsfactoren van in het beheersgebied voorkomende belangen zijn 4 deelsystemen in model gebracht:

- het oppervlaktewatersysteem;
- het verzadigd grondwatersysteem;
- het onverzadigd grondwatersysteem;
- het gewas/atmosfeersysteem.

De voornaamste hydrologische processen en de relaties tussen de deelsystemen zijn daarbij nader ingevuld. Dit zijn de verdamping, de wateropname door gewassen, de verticale waterbeweging in de onverzadigde zone, de stroming van grondwater naar of van het oppervlaktewater en de stroming van water in het oppervlaktewater. Het 'Leitmotiv' hierbij is geweest dat bij operationeel beheer moet kunnen worden opgehangen aan redelijk gemakkelijk meetbare variabelen, i.c. de grondwaterstand en de openwaterstand. Moeilijk meetbare variabelen die toch van substantiële invloed zijn op het te voeren beheer moeten wel berekenbaar zijn.

In hoofdstuk 3 worden de te modelleren processen, variabelen en benodigde gegevens nader ingevuld. Bij de variabelen is een onderscheid gemaakt in meetbaar en niet-meetbare stuurvariabelen, instelvariabelen en uitgangsvaariabelen.

Bij deze nadere invulling van deed zich de vraag van representativiteit van puntinformatie voor. Deze problematiek speelt bij vrijwel elk hydrologisch onderzoek maar voor computerondersteund waterbeheer in het bijzonder. Immers, het peil wordt gestuurd op basis van 1 of enkele waarnemingen van de grond- en oppervlaktewaterstand. In een aanvullend onderzoek, beschreven in een apart deelrapport (Bierkens e.a., 1998), en samengevat in paragraaf 3.5 en Aanhangsel 2) is op systematische wijze voor een voorbeeldpeilvak op 2 vragen een antwoord gezocht:

1. Is het mogelijk de waterhuishouding van een beheerseenheid te koppelen aan de grondwaterstand op 1 of enkele punten.
2. Zo ja, is er dan een procedure of zijn er vuistregels te geven om te bepalen welk punt daarvoor het meest geschikt is.

De resultaten van het onderzoek gaven aanleiding tot vele discussie omdat er geen eenduidig antwoord op de vragen kan worden gegeven en dat nog veel nader onderzoek nodig is. Wel is de conclusie getrokken dat grondwaterstandsgestuurd peilbeheer op basis van 1 of enkele referentiemeetpunten voor de grondwaterstand mogelijk is en derhalve de verdere ontwikkeling van het instrument door kan gaan.

Een belangrijke succesfactor bij computerondersteund waterbeheer is dat veel aandacht wordt besteed aan de vorm van het instrument, hetgeen vertaald kan worden in eisen aan software, hardware e.d. Deze It-aspecten worden beschreven in hoofdstuk 4. Allereerst komen daarbij de relaties met belangrijke externe ontwikkelingen zoals de Gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen (GUW, 1995), de Gegevensstandaard Water 1996 (GW'96) en Adventus

aan de orde. Voorts is besloten aan te sluiten op het in Stowa-kader ontwikkelde Beslissings-Ondersteunend Systeem Aquarius (Lobbrecht, 1997). Op deze wijze kan de verbinding met andere beheerseenheden worden gelegd.

In het te ontwikkelen instrumentarium zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande rekenmodellen. Als rekenhart is gekozen voor Swap. Dit computerprogramma is het meest geavanceerde voor simulatie van hydrologische processen in de onverzadigde zone en is recent herzien (Van Dam e.a., 1997). Een belangrijk ander uitgangspunt is dat gekozen is voor het inbouwen van een techniek om het rekenmodel te laten aanpassen aan veldmetingen (ARMA-model). Voorts zal het instrument volgens een iteratieve methode worden ontwikkeld, waarbij via een 5-tal cycli binnen 40 weken het computerprogramma zal worden gebouwd. Het gebruik van gegevens van 2 proefgebieden en inschakeling van de gebruiker zijn daarbij belangrijke elementen. Als ontwikkelhulpmiddelen zal gebruik worden gemaakt van MS Word, Visual Basic en Open Database Connectivity (ODBC).

In hoofdstuk 5 ten slotte zijn de projectorganisatorische aspecten beschreven voor realisatie van het instrument.

0.2 Conclusies en aanbeveling

De voornaamste conclusie van de werkgroep en de begeleidingsgroep is dat de voorgestelde aanpak goede mogelijkheden biedt tot het ontwikkelen van instrument waarmee het dagelijks waterbeheer door waterschappen kan worden ondersteund.

Daarnaast is de problematiek van de representativiteit van puntinformatie een punt dat extra aandacht behoeft in de onderzoeksprogrammering van de onderzoeksinstituten.

De begeleidingsgroep beveelt aan door te gaan met de verdere ontwikkelingen van het instrument overeenkomstig het Plan van Aanpak zoals in het rapport (hoofdstuk 5) beschreven.

1 Inleiding

1.1 Projectkader

De onderwerp operationeel peilbeheer is sinds jaar en dag een belangrijk aandachtspunt voor waterschappen. Daarbij dient een onderscheid te worden gemaakt in peilbeheer in periodes met hoge afvoeren (waarbij het afvoeren van water en het voorkomen van wateroverlast voorop staat) en peilbeheer gericht op waterstandsbeheer. Laatstgenoemde vorm van peilbeheer was vooral gebaseerd op vuistregels of zo men wil het piepsysteem (zie ook Van Bakel, 1985). Deze handelwijze volstaat echter niet meer. Het peilbeheer dient ondergeschikt te zijn aan de wensen die vanuit de verschillende functies worden gesteld aan de grond- en oppervlaktewatersituatie. In de regel betekent dit dat grondwater als leidraad wordt genomen (zie ook rapport projectgroep Waterlood, in druk).

De moderne invulling van de taak van operationeel peilbeheer door de waterschappen vraagt derhalve om een koppeling van oppervlaktewaterbeheer aan de **actuele** grond- en oppervlaktewatersituatie. Een aantal waterschappen is hier ook mee bezig (Van Bakel e.a., 1996) Bij deze koppeling zijn 2 aspecten aan de orde: inhoud en vorm van de koppeling. De inhoud heeft betrekking op zaken als welke processen spelen een belangrijke rol en bij welke grondwaterstand hoort welk streefpeil. De vorm heeft betrekking op de realisatie van de koppeling; welke waarnemingen moeten worden verricht en met welke frequentie, welke programmatuur is daarbij nuttig, etc. Op voorhand kan gesteld worden dat daarbij ondersteuning door computerprogrammatuur nuttig is. De bestaande programmatuur op dit terrein is echter nog niet geschikt. Om die reden heeft Stowa aan SC-DLO opdracht verleend tot het uitvoeren van een definitiestudie voor de ontwikkeling van een systematiek waarmee het operationeel beheer door waterschappen met behulp van een computerapplicatie kan worden ondersteund.

1.2 Nadere analyse

De te ontwerpen systematiek moet primair kunnen worden gebruikt bij het operationele beheer, hetgeen betekent dat op *real time* basis de systematiek 'meedraait' met handelingen die verband die worden uitgevoerd om het oppervlaktewater te beheren. Daarbij kan worden verondersteld dat de wensen van de verschillende belanghebbenden bij een goed waterbeheer bekend zijn, en op peilvkniveau zijn te vertalen naar een nader te definiëren gewenste grond- en/of oppervlaktewatersituatie op elk moment in het jaar. Het definiëren van deze gewenste situatie is een strategische beslissing die voort vloeit uit de functietoekenning in het provinciale waterhuishoudingsplan en de nadere detaillering daarvan in de beheersplannen. De invulling van de gewenste

situatie in termen van kwantificeerbare variabelen zoals de grondwaterstand(sdiepte), de kwelintensiteit of de chemische samenstelling van het water is overigens nog volop in discussie.

1.3 Doelstellingen

De algemene doelstelling luidt:

Het ontwerpen van een instrument in de vorm van een computerapplicatie, waarmee het dagelijks peilbeheer door waterschappen op *real time* basis kan worden ondersteund, met het oog op het zo goed mogelijk omgaan met grond- en oppervlaktewater.

De specifieke doelstellingen van de definitiefase zijn:

- het nader definiëren van het hydrologisch systeem en daarbij behorende processen, parameters en variabelen die moeten worden meegenomen in de te ontwikkelen methodiek;
- het precies vastleggen van de benodigde functionaliteiten van de methodiek;
- het definiëren van de daarbij benodigde informatica-omgeving;
- het opstellen van een acceptatietest voor de op te leveren computerprogrammatuur;
- het opstellen van een plan van aanpak voor het vervolgtraject (modelontwikkelings- en invoeringsplan en het gebruik van proefgebieden);
- het afstemmen met het project "Sturing in het waterbeheer";
- het beschrijven van de benodigde personele, financiële en andere inspanningen om de methodiek te realiseren;
- het opstellen van een lijst van begrippen en definities.

1.4 Werkwijze

Als voorbereiding op de uitvoering van de definitiefase is een workshop gehouden. De daarbij gebruikte documenten en het verslag vormden het startpunt voor de uitvoering. In een werkgroep (tijdelijk opgesplitst in 2 subwerkgroepen: Hoog en Laag) is op actieve wijze bijgedragen aan de nadere uitwerking van de specifieke doelstellingen. De resultaten hiervan zijn besproken en aangevuld in de begeleidingscommissie. Het resultaat van alle werkzaamheden is vastgelegd in onderhavig document.

1.5 Leeswijzer

De achtergronden, problemen, doelstellingen en werkwijze staan beschreven in hoofdstuk 1. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op het te modelleren systeem, waarbij allereerst de eisen worden beschreven waaraan het te ontwikkelen instrument moet voldoen. In hoofdstuk 3 worden de te modelleren processen, variabelen en benodigde gegevens beschreven, waarbij speciale aandacht wordt geschonken aan de representativiteit van puntinformatie voor een beheerseenheid. De It-aspecten in hoofdstuk 4 aan de orde. Hoofdstuk 5 beschrijft de personele en organisatorische aspecten voor de vervolgfase.

2 Het te modelleren systeem

2.1 Algemeen

Een waterschap beheert een stelsel van waterlopen en kunstwerken. De fysieke eigenschappen van dit systeem variëren ruimtelijk en in de tijd meestal vrij sterk. Daarnaast wordt door het oppervlaktewaterstelsel het grondwatersysteem beïnvloed, en omgekeerd. De ruimtelijke en temporele variabiliteit in deze interactie is eveneens zeer groot. Het gevolg hiervan is dat de beheerder slechts een beperkte kennis heeft van het hydrologisch functioneren van het beheersgebied. Dit leidt echter in de regel geen belemmering om toch te komen tot een vereenvoudiging van de werkelijkheid, in de vorm van een conceptueel model. In dit denkmodel zitten impliciet of expliciet de voornaamste relaties waarmee effecten van waterbeheer op belangen kunnen worden begrepen. Meer specifiek gaat het daarbij om de effecten van door de waterbeheerder te nemen inrichtings- en beheersmaatregelen (met de haar ten dienste staande technische middelen) op 'standplaatsfactoren' van in het gebied voorkomende belangen. Voor bijvoorbeeld het belang landbouw is dat het effect van het opzetten van het peil in het voorjaar op de omstandigheden in de bouwvoor tijdens het zaaien; voor landnatuur is dat het effect van hogere openwaterstanden op de zuurgraad van de wortelzone. De kennis over de processen die daarbij een rol spelen is beperkt, zeker als daarbij de beperkte kennis van de parameters wordt betrokken. Voor het operationeel waterbeheer kan dat een probleem vormen. Uit diverse onderzoeken is echter wel af zogenoemde reprofuncties af te leiden die aangeven in welke mate de hoedanigheid van de standplaats afhangt van het waterbeheer zonder alle onderliggende processen te kennen. De belangrijkste vereenvoudiging die daarbij meestal wordt doorgevoerd is het 'model te beperken tot alleen hydrologische processen en de (bio-)chemische en bodemmechanische processen niet expliciet mee te nemen. De volgende stap is na gaan welke deelsystemen en processen wel in beschouwing moeten worden genomen, gelet op de doelstellingen. Deze stap is niet eenduidig. De 'kunst' van het modelleren heeft vooral hierop betrekking. Het in paragraaf 2.3 te bespreken conceptueel model is afgeleid uit de functie-eisen die door de werkgroep en de begeleidingsgroep aan het instrument zijn gesteld. Deze zullen allereerst aan de orde worden gesteld.

2.2 Functie-eisen

Aan de discussies in de werkgroep en de begeleidingsgroep zijn de volgende functie-eisen voor het te bouwen instrument ontleend:

1. Primair is de ondersteuning van het operationeel waterbeheer. Dit betekent op *real time* basis sturen waarbij de methodiek wordt gevoed met actuele gegevens van de hydrologische

situatie (actueel: hooguit enkele dagen oud) en voorspellingen c.q. verwachtingen van de meteorologische situatie tot de volgende beslismoment resp. tot aan het einde van het beheerseizoen. Ondersteuning moet daarbij worden onderscheiden van computergestuurd wat meer hoort bij een meet- en regelprobleem.

2. Secundair is dat de methodiek in staat moet zijn het gevoerde operationele beheer, met behulp van de daartoe geschikte middelen, achteraf te evalueren, om zodoende de operationele doelstellingen bij te kunnen stellen (incl. te besluiten tot het achterwege laten van frequent beheer).
3. De operationele doelstellingen zijn op elk moment gegeven en moeten meetbaar danwel berekenbaar zijn. Gedacht wordt aan grondwaterstanden, wateraanvoerhoeveelheden, openwaterstanden, vochtvoorraad in de wortelzone en chloridegehalten in het oppervlaktewater. Echter, het is niet uitgesloten dat in de toekomst wordt beheerd op bijvoorbeeld stikstofgehalten in het oppervlaktewater. Dus moet het systeem zodanig open zijn dat dit kan worden ingebouwd. Ondertussen is het wel mogelijk dat de wens tot vermindering van nitraatbelasting van het oppervlaktewater nu al een doelstelling van de waterbeheerder is. Wil de systematiek hierin kunnen ondersteunen dan dient deze doelstelling te worden vertaald naar een operationele doelstelling (bijvoorbeeld een hoge grondwaterstand in de winter). Deze vertaling moet extern worden aangeleverd.
4. De methodiek is niet bedoeld voor evaluerend ontwerpen. De fysieke hydrologische mogelijkheden van het systeem zijn derhalve een gegeven.
5. De methodiek geeft aan wat er moet gebeuren (peil verhogen, water aanvoeren, etc.) maar niet de technische realisatie. Het maakt voor de methodiek dus niet uit of het peil automatisch wordt aangepast danwel 'een balk op de stuw wordt gelegd'.
6. De methodiek richt zich op 1 beheerseenheid. De optimale verdeling van water over het gehele beheersgebied is voor de methodiek dus geen operationele doel.
7. De methodiek moet risico-inschattingen kunnen geven. Bijvoorbeeld, wat is de kans op nat-schade in een droog resp. nat jaar bij opzetten van het peil tot niveau x op datum y.

Op basis van deze ruim geformuleerde eisen zijn vele schematisaties van de werkelijkheid mogelijk. De hierna te beschrijven conceptueel model is hoofdzakelijk gebaseerd op het conceptueel model dat ten grondslag ligt aan het reeds bestaande computerprogramma SWW ((Beekman e.a., 1988).

2.3 Conceptuele modelbeschrijving

2.3.1 Ruimtelijke begrenzing

Het te modelleren gebied zal ruimtelijk moeten worden begrensd, zowel in horizontale als verticale richting.

Voorgesteld wordt het te modelleren systeem betrekking te laten hebben op het zogenoemde topsysteem van één beheerseenheid .

Dit betekent dat de relaties met de 'buitenwereld' worden losgekoppeld in de vorm van 3 soorten (opgelegde) randvoorwaarden:

- type 1: fluxrandvoorwaarde
- type 2: potentiaalrandvoorwaarde
- type 3: functionele randvoorwaarde (bijvoorbeeld de afvoer over de rand is een functie van de berekende open-waterstand)

Voor het gewas\atmosfeersysteem functioneert de neerslag en referentiegewasverdamping als fluxbovenrandvoorwaarde.

Voor het bovenste deel van het verzadigd grondwatersysteem fungeert de opgegeven kwel of wegzijging meestal als fluxrandvoorwaarde. Indien de grondwaterstijghoogte van de diepere pakketten bekend zijn kan een potentiaalrandvoorwaarde worden opgelegd; indien een berekening van de grondwaterstroming van de verzadigde systeem van de beheerseenheid en omgeving mogelijk is kan de kwel of wegzijging als functie van de grondwaterstand in het beheersgebied als type 3 randvoorwaarde worden gegeven.

De verbinding met de omgeving via het oppervlaktewaterstelsel wordt geregeld met het specificeren van de randvoorwaarden die gelden op deze grens, bijvoorbeeld in de vorm van een afvoerformule van een stuw.

2.3.2 Te modelleren deelsystemen

Een hydrologisch systeem van een gebied bestaat op zijn minst de volgende deelsystemen (zie ook fig. 2.1):

a Het oppervlaktewatersysteem.

Het oppervlaktewaterstelsel van een beheerseenheid is te onderscheiden in beheersbaar en niet-beheersbaar.

De openwaterstand in een beheersbaar oppervlaktewater is door de waterbeheerder door operationeel beheer te beïnvloeden terwijl een niet-beheersbaar oppervlaktewater de waterstand wordt bepaald door de geometrie van de waterloop en het debiet. Wel is door onderhoud de stromingsweerstand en daarmee de waterstand te beïnvloeden. Ondanks het niet-beheersbaar zijn heeft dit stelsel invloed op de grondwatersysteem en dient derhalve in beschouwing te worden genomen.

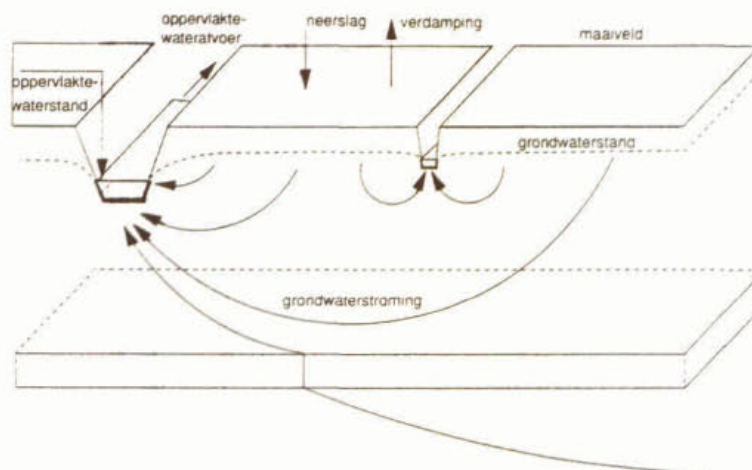


Fig. 2.1 Schematische voorstelling van het te modelleren hydrologische systeem en de daarbij behorende processen

Daarnaast wordt veelal een onderscheid gemaakt in ontwaterings- en afwateringstelsel. Gelet op de functie-eisen staat de ontwateringsfunctie centraal en dient de afwateringsfunctie zover te worden meegenomen dat alleen de invloed van het debiet op de openwaterstand rekening kan worden gehouden. Dit leidt tot vereenvoudiging van het oppervlaktewatersysteem tot 1 reservoir, met inbegrip van de kunstwerken waarmee de openwaterstand kan worden geregeld.

Het oppervlaktewatersysteem van een beheerseenheid moet derhalve als een reservoir in model worden gebracht. In zowel het hoge als het lage deel van Nederland is er meestal sprake van verhanglijnen waardoor er weliswaar sprake is van 1 reservoir maar niet van 1 open-waterstand. Zonder hydraulische berekeningen is de opstuwning niet te bepalen. Dit impliceert een complicatie waarop in hoofdstuk 3 wordt terug gekomen.

De waterstand in elk reservoir wordt berekend uit 1) de waterbalans en 2) de bergingseigenschappen.

Ad 1). De waterbalans van het oppervlaktewatersysteem moet de volgende posten bevatten:

- neerslag;
- verdamping;
- waterinlaat;
- waterafvoer;
- drainage of subinfiltratie;
- lozingen en onttrekkingen (w.o. onttrekking voor beregening en bevoeiing).

De drainage of subinfiltratie kan worden bepaald uit het verschil in openwaterstand en grondwaterstand, gedeeld door een weerstand, of als restpost van de oppervlaktewaterbalans (zie ook paragraaf 2.3). Deze term omvat alle waterstromen tussen het oppervlaktewatersysteem en de verzadigde zone en eventueel oppervlakte-afvoer, inclusief kwel die rechtstreeks vanuit watervoerende pakketten naar waterlopen stroomt.

Ad 2). De bergingseigenschappen zijn afhankelijk van de lengte aan waterlopen en de geometrie van de waterlopen (bodemhoogte, bodembreedte en talud). Dit betekent dat de bergingsmogelijkheden afhankelijk zijn van de open-waterstand. Vooral in hellende gebieden neemt het aantal waterlopen dat meedoet aan de berging toe naarmate de open-waterstand hoger is.

b Het verzadigd grondwatersysteem.

De verzadigde grondwatersysteem van een beheerseenheid is driedimensionaal en niet-stationair. Het wordt niet haalbaar geacht voor operationele toepassingen een hiervoor toegesneden model toe te passen (zoals MODFLOW, Microfem, NAGROM of SIMGRO), omdat deze modellen ofwel geen mogelijkheid hebben het oppervlaktewatersysteem te beheersen ofwel zeer ingewikkeld of te rekenintensief zijn. De volgende vereenvoudigingen zijn mogelijk:

- i het toepassen van een 1-dimensionaal model waarbij de grondwaterstand wordt berekend uit de drainage of subinfiltratie, processen in de onverzadigde zone (zie hierna) en een waarde voor de kwel of wegzijging. Het voordeel is de modelmatige eenvoud; de nadelen zijn dat de benodigde drainageweerstand altijd betrekking heeft op een zeker oppervlak en dat kwelintensiteit meestal slecht bekend is (en bovendien niet constant in de tijd (Van Bakel, 1986)).
Het is uiteraard mogelijk het gebied te schematiseren in meer dan één 1-dimensionaal model, waarbij elk model representatief is voor een deel van het te modelleren gebied.
- ii met meten van de grondwaterstand. Het grote voordeel hiervan is dat onder i. geschetste problemen niet meer kunnen optreden; een nadeel is dat het grondwaterstandsmeetpunt representatief moet zijn voor een zeker gebied (dit bezwaar geldt overigens ook voor 'puntmodellen'). Door de variabiliteit in de bodemeigenschappen is de representativiteit meestal beperkt. Een ander probleem is dat de grondwaterstand na een hevige regenbui meestal wel reageert terwijl de onverzadigde zone nog niet volledig (her)bevochtigd is. De oorzaak is het voorkomen van preferente stroombanen die kunnen ontstaan als gevolg van bijvoorbeeld waterafstotendheid of heterogeniteit. Zonder onderzoek zijn deze afwijkingen niet aan te geven. Bovendien zijn bij scenario-achtige studies en bij vooruit rekenen per definitie geen metingen beschikbaar.

c Het onverzadigd grondwatersysteem.

De onverzadigde zone is het meest ingewikkelde deel van het hydrologisch systeem. Wortelopname en onverzadigde stroming zijn niet-lineaire processen, die bovendien ook nog hysteresis vertonen (dat wil zeggen de relaties zijn niet-eenduidig maar afhankelijk van de voorgeschiedenis). De stroming is eveneens 3-dimensionaal maar de verticale component overheerst t.o.v. de andere 2 componenten. De volgende vereenvoudigingen worden daarom veelal doorgevoerd:

- a de onverzadigde zone wordt opgedeeld in compartimenten. Per compartiment wordt de berging en de verticale stroming bepaald en eventueel de wortelopname. Dit is het concept dat bijvoorbeeld in SWATRE (Belmans et al, 1983; Van Dam et al. 1997) wordt gebruikt. Het voordeel is dat gelaagde profielen goed kunnen worden gemodelleerd.
- b de onverzadigde zone wordt opgedeeld in wortelzone en onverzadigde ondergrond. De waterbalans van de wortelzone bevat naast de infiltratie via het maaiveld ook de wortelopname en de capillaire opstijging of percolatie. De opstijging is een functie van de grondwaterstand en daarmee is de relatie te leggen met het waterbeheer. Dit concept wordt toegepast in bijvoorbeeld MUST (De Laat, 1980). Een voordeel is de eenvoud; een nadeel is dat, vooral bij diepere grondwaterstanden (> 2,5 m), de relatie tussen capillaire opstijging en grondwaterstand vrijwel afwezig is. Voor de beoogde toepassing is dat echter geen bezwaar, omdat operationeel peilbeheer tot doel heeft relatief ondiepe grondwaterstanden te beïnvloeden.

Een onderdeel van de onverzadigde zone is de wortelopname, die wordt bepaald door enerzijds de verdampingsvraag van de atmosfeer en anderzijds de mogelijke reductie door onvoldoende vocht. Dit is voor verschillende gewassen zoals aardappelen, suikerbieten, wintertarwe, grasland en maïs verschillend en ook min of meer bekend. Voor terrestrische ecosystemen is dit veel minder het geval.

Zoals uit bovenstaande blijkt is de simulatie van de onverzadigde zone vrij ingewikkeld. De vraag is dan ook of dit kan worden vermeden. Dit kan alleen als er een goed alternatief is voor de berekening van de vochtvoorraad in de wortelzone. In het verleden zijn daartoe pogingen ondernomen. Het probleem daarbij is dat toch min of meer wordt teruggegrepen op tabellen die het verband tussen grondwaterstand en capillaire opstijging weergeven. De andere mogelijkheid, nl. het meten van de vochtvoorraad is eveneens problematisch vanwege instrumentele problemen (zijn oplosbaar), maar vooral vanwege de moeilijkheid van het vinden van representatieve plekken.

Een belangrijke andere reden om de onverzadigde zone in detail te kunnen simuleren is de noodzaak tot het kunnen doen van modelmatige uitspraken over de bewerkbaarheid, zuurstofgebrek, verminderde opname van voedingsstoffen en andere vormen van wateroverlast die mede worden beïnvloed door het operationeel waterbeheer (van Wijk e.a., 1988).

Voor akkerbouwgewassen vormt de bereikbaarheid en bewerkbaarheid in m.n. voor- en najaar een belangrijk gegeven. De bereikbaarheid/bewerkbaarheid is redelijk te koppelen aan de drukhoogte van het water in de top van de wortelzone (Peerboom, 1990; Beuving, 1984; Postma, 1991). Bij grasland is de betreedbaarheid en bereikbaarheid belangrijk. Deze is eveneens te koppelen aan genoemde drukhoogte. Deze drukhoogte is niet gelijk aan de negatieve waarde van de diepte van de grondwaterstand maar is te berekenen uit de dynamiek van neerslag, verdamping en verticale waterbeweging in de onverzadigde zone.

d Het atmosfeersysteem.

Het is gebruikelijk de atmosfeer als randvoorwaarden op te leggen. De dagwaarden van de referentiegewasverdamping worden van bijvoorbeeld het KNMI betrokken en via gewasfactoren wordt de potentiële evapotranspiratie bepaald. De neerslag wordt óf zelf gemeten óf betrokken van lokale stations. Daarbij worden meestal dagwaarden gebruikt. Voor snelle systemen zoals stedelijk gebied kan het noodzakelijk zijn te werken met uurwaarden.

Een vorm van neerslag kan beregening uit oppervlaktewater zijn.. Dit is tevens een onttrekkingspost voor het oppervlaktewater. In sommige delen van Nederland is de beregeningshoeveelheden aanzienlijk. Dit proces zal derhalve moeten worden meegenomen in het model. Conceptueel gezien is dat niet moeilijk. Zodra de vochtspanning of vochtvoorraad een bepaalde waarde heeft overschreden, wordt er beregend met een vaste hoeveelheid. Vooral voor grasland en hakvruchten is dat min of meer overeenkomstig de gewenste praktijk.

2.3.3 Relaties tussen deelsystemen

Relatie grondwater-oppervlaktewater

De wijze waarop de relatie tussen grondwater- en oppervlaktewater wordt geschematiseerd is van cruciaal belang maar is nog onderwerp van talrijke studies en disputen. Voorgesteld wordt de aanpak te volgen zoals deze is uitgewerkt in diverse studies waarbij de effecten van oppervlaktewaterbeheer op het grondwatersysteem een belangrijke rol spelen (zie o.a. Werkgroep Waterbeheer Noord-Brabant, 1990; Post en van Bakel, 1986; Keesman en van Bakel, 1985; van Walsum en van Bakel, 1983; van Walsum en Veldhuizen, 1996)

Globaal is de aanpak als volgt:

Het oppervlaktewatersysteem wordt onderverdeeld in maximaal 5 klassen. Voor hoog-Nederland is een indeling in beken, A-watergangen, schouwsloten, perceelssloten, greppels een mogelijke indeling. In laag-Nederland is sprake van boezemwatergangen, hoofdwatergangen, schouwsloten, perceelssloten en greppels. Echter, het gaat hierbij om het hydrologisch functioneren ('what's in a name'), waarbij met name de bodemdiepte t.o.v. de open-waterstand belangrijk is. Buisdrainage is op te vatten als een aparte klasse. Dit systeem heet wel een ontwateringsfunctie

maar neemt niet deel aan de bergingsfunctie.

Bij elke klasse worden gespecificeerd:

- de geometrische eigenschappen, i.c. bodemhoogte (draindiepte), bodembreedte en talud;
- 1 waarde voor de drainageweerstand (ook wel aangeduid als ontwateringsweerstand, volgens Ernst (1966) gedefinieerd als de reciproke van evenredigheidsfactor tussen drainageflux en opbolling. Verondersteld kan worden dat bij subinfiltratie (omgekeerde van ontwatering) dezelfde relatie geldig is. Wel kan bijvoorbeeld de waarde van de drainageweerstand anders zijn als gevolg van bijvoorbeeld een andere natte omtrek of het 'dichtslaan' van de slootbodem.

Vaststelling van de drainageweerstandsrelatie stuit in de praktijk veelal op gebrek aan gegevens. In het kader van Watersnood wordt gewerkt aan een leidraad om aan de hand van bestanden, staalkaarten en veldopnames deze relatie zo goed mogelijk vast te stellen.

Als laatste dient hierbij te worden vermeld dat bij stijging van de grondwaterstand tot in het maaiveld het maaiveld als ontwateringsmiddel gaat functioneren. Dit proces van oppervlakteafvoer als gevolg van grondwaterstanden tot in het maaiveld kan derhalve worden meegenomen.

Relatie onverzadigde zone en oppervlaktewater

Via oppervlakte- en oppervlakkige afvoer kan water over de onverzadigde zone naar het oppervlaktewater stromen. Deze processen treden vooral op bij hoge neerslagen. Gelet op de functies zullen deze interacties buiten beschouwing blijven.

Via inundatie kan water vanuit het oppervlaktewatersysteem over de onverzadigde zone stromen en vervolgens infiltreren. Dit proces vereist een ingewikkelder conceptueel model dan hier geschetst en zal niet worden meegenomen.

Relatie verzadigde en onverzadigde zone

Algemeen wordt als grensvlak tussen verzadigde en onverzadigde zone de freatische grondwaterstand aangenomen. Dit is formeel niet juist maar om praktische redenen (een grondwaterstand is goed meetbaar). de koppeling tussen deze twee systemen is als volgt:

- de grondwaterstand fungeert als potentiaalrandvoorwaarde voor de onverzadigde zone;
- de capillaire opstijging of de percolatie fungeert als fluxrandvoorwaarde voor de verzadigde zone.

2.4 Temporele aspecten

Door wisselingen in weersomstandigheden en in bodemgebruik varieert de waterhuishoudkundige toestand voortdurend. Het is daarom absoluut noodzakelijk het te modelleren systeem niet-stationair te beschouwen, waarbij variaties van dag tot dag gesimuleerd moeten kunnen worden. De meest voor de hand liggende berekeningen van de temporele variatie is dat gewerkt wordt met "historische" gegevens (gegevens die reeds zijn waargenomen). Door wijziging in bijvoorbeeld het peilbeheer kan worden geëvalueerd welke effecten zouden zijn opgetreden.

Met het model moet echter op de eerste plaats *real time* kunnen worden gerekend, dat wil zeggen dat gegevens uit het veld direct moeten kunnen worden verwerkt in het programma en dat 'à la minuut' een advies wordt verkregen over het te voeren peilbeheer in de komende periode van zeg 1 week. Ook moet daarbij een voorspelling van te verwachten neerslag minus verdamping bij betrokken kunnen worden.

2.5 Praktische uitwerking

In bovenstaande paragraaf is als het ware de blauwdruk voor het te modelleren systeem beschreven. Bij toepassing ervan in de praktijk doen zich een aantal problemen. De belangrijkste zullen hieronder worden besproken.

Ruimtelijke schematisering onverzadigde zone

In de vorige paragraaf is de nadruk gelegd op de beschrijving van de onverzadigde zone. Daaraan ligt de vooronderstelling ten grondslag dat het operationeel waterbeheer dat met de te ontwikkelen methodiek moet worden ondersteund, vooral gericht is op beïnvloeding van de waterhuishoudkundige toestand van standplaatsen van verschillende soorten bodemgebruik. Voorts is een belangrijke keuze de onverzadigde zone alleen 1-dimensionaal in de verticale richting te beschouwen. Dit leidt echter tot een belangrijk probleem: is het mogelijk voor 1 beheerseenheid 1 representatief punt te vinden? Bekend is dat de ruimtelijke variabiliteit in eigenschappen van de onverzadigde zone groot is. Bovendien kunnen door verschillen in bodemgebruik grote verschillen in verdamping optreden (denk aan landelijk vs. stedelijk of beregend of niet). Het is daarom noodzakelijk een methodiek te ontwikkelen waarbij per beheerseenheid meerdere modellen voor de onverzadigde zone worden opgesteld die elk voor een bepaald deel bijdragen aan de balans voor het oppervlaktewatersysteem.

De problematiek van de representativiteit van puntmodellen en van de het vinden van een representatief punt om het peilbeheer van een peilvak 'aan op te hangen' is door de begeleidingscommissie als zeer wezenlijk onderkend en was aanleiding hiervoor een aanvullend onderzoek in te stellen. In hoofdstuk 3 worden de voornaamste resultaten besproken.

Verhanglijnen

Na is besloten geen hydraulisch model op te nemen, d.w.z. de stroming van water in het oppervlaktewater wordt niet expliciet in model gebracht. Echter, zeker in het hellende deel van Nederland is binnen 1 beheerseenheid bij enige afvoer (of aanvoer) geen sprake van een vlakke waterstand. Het is dus mogelijk de opstuwing te koppelen aan het debiet, in de vorm van een tabel of een andere reprofunctie. Deze tabel geeft de relatie tussen de verschil in open-waterstand bij de stuw en de representatieve open-waterstand enerzijds en het debiet anderzijds en is het resultaat van een berekening met een hydraulisch model en kan *off line* worden opgesteld (reprofunctie).

Wateroverlast

Voorspelling van de wateroverlast is noodzakelijk omdat bij modern peilbeheer wordt gestreefd naar zo hoog mogelijke peilen maar dit mag niet leiden tot een ontoelaatbare toename van de natschade. Indien de verwachte natschade is te koppelen aan het grondwaterstandsverloop (via bijvoorbeeld tijdafhankelijke relaties tussen onderschrijding van een bepaalde grondwaterstandsdiepte en schade: zie Peerboom, 1991), dan is er geen noodzaak om de onverzadigde zone te simuleren, tenzij dit voor het simuleren van de grondwaterstandsverloop noodzakelijk is. Dit kan betekenen dat de modellering van de onverzadigde zone op een eenvoudiger wijze kan plaats vinden.

Berekening

De mogelijkheid van berekening zal worden meegenomen. Voor berekening uit het oppervlaktewater vormt de berekende bruto gift maal percentage beregend (is invoer) een onttrekkingspost van het oppervlaktewater. De bruto gift door het model worden bepaald (door het opgeven van het beregeningsgedrag) danwel als opgelegde hoeveelheid worden opgegeven. Voor berekening uit het grondwater zal de bruto beregeningsgift worden omgeslagen over het gehele beheersgebied door dit overal als extra wegzijgingspost op te leggen.

Q(h)-relaties oppervlaktewaterstelsel

De waterstand in het oppervlaktewaterstelsel van een beheerseenheid wordt mede gestuurd door de Q(h)-relaties van de betreffende in- en uitlaatpunten (de relatie tussen debiet en openwaterstand).

Als zijn 2 kunstwerken denkbaar:

- een vrij lozend middel, bijvoorbeeld een stuw of een duiker;
- een gemaal.

De Q(h)-relatie van een stuw (c.q. ander vrij lozend middel) is af te leiden uit afmetingen en type, waarbij de open-waterstand voor de stuw wordt bepaald uit de overstorthoogte en de kruinhoogte, onder de veronderstelling dat de stuw altijd volkomen is (bij onvolkomen stuwen dient ook de benedenstroomse waterstand te worden meegenomen).

Bij een automatische stuw wordt deze kruinhoogte zodanig aangepast dat het streefpeil wordt gehandhaafd. Echter, de verlaging van de kruinhoogte is technisch begrensd waardoor in perioden met hoge afvoeren de werkelijke open-waterstand het streefpeil kan overschrijden. Voor de methodiek betekent dit dat bij een automatische stuw de laagst mogelijke kruinhoogte bekend moet zijn, dat de overstorthoogte wordt berekend en indien kruinhoogte plus overstorthoogte hoger is dan het streefpeil, het streefpeil niet wordt gehaald.

De Q(h)-relatie van een gemaal wordt veelal van fabriekswege verstrekt. Als gevolg van slijtage e.d. kan deze relatie in de loop van de tijd een wijziging ondergaan. In de regel is de variatie

in opvoerhoogte beperkt en is de afvoercapaciteit een constante grootte. Indien de drainage groter is dan deze capaciteit treden overschrijdingen op van het streefpeil (volgt uit de waterbalans).

Als inlaat zijn 2 kunstwerken denkbaar:

- een gemaal
- een inlaatwerk

Een gemaal is gemakkelijk 'in model' te brengen: zodra er een peilonderschrijding optreedt, wordt het inlaatgemaal aangezet, waarbij de aanvoercapaciteit een bovengrens vormt.

Een inlaatwerk dat functioneert onafhankelijk van de benedenstroomse waterstand kan ook als een gemaal worden gemodelleerd. Indien dit niet het geval is dient de inlaatcapaciteit als functie van de berekende open-waterstand te worden opgegeven.

Onderbemaling

Onderbemalingen (eventueel opmalingen) vormen als het ware een kleine beheerseenheid binnen de beheerseenheid van het waterschap. Als zodanig vormen ze geen onderwerp van operationeel beheer door waterschappen. Ze oefenen wel invloed uit op het hydrologisch functioneren en wel op de volgende manieren:

- de afvoercapaciteit is veelal zodanig dat de variaties in open-waterstand beperkter zijn dan in het stelsel dat niet is onderbemalen;
- de onderbemalingen zijn eilanden met een afwijkende grondwaterstand, waardoor ook de omgeving kan worden beïnvloed.

Het voorstel is met dit laatste punt geen rekening te houden (vereist een berekening met een regionaal grondwaterstromingsmodel) en het eerste punt te verwerken in de relatie tussen berging in het oppervlaktewater en de open-waterstand.

Bovenstroomse aanvoer

Beheerseenheden die in de zogenoemde doorgaande lijn zitten ontvangen water van bovenstroomse beheerseenheden. Zoals is afgesproken is de interactie tussen de beheerseenheden via het oppervlaktewater geen punt van aandacht, hetgeen betekent dat het bovenstroomse afvoerloop een gegeven waterinlaat vormt voor de beheerseenheid. Bij voorspellende berekeningen is dit gegeven niet beschikbaar en dient de voorspelde bovenstroomse invoer te worden ontleend aan een koppeling aan de voorspelde neerslag danwel te worden ontleend aan een gebiedsmodel zoals Aquarius (Lobrecht, 1997)

3 Beschrijving van de benodigde functionaliteiten

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 is het conceptuele model en mee te nemen hydrologische fenomenen beschreven. In dit hoofdstuk zullen de te modelleren processen en variabelen meer in detail worden behandeld. Daarnaast zal aandacht worden geschonken aan het probleem van de representativiteit van een puntwaarneming voor een beheerseenheid.

3.2 Te modelleren processen

De volgende processen dienen te worden meegenomen:

- neerslag (opgelegd);
- verdamping (referentieverdamping opgelegd, de actuele verdamping wordt berekend aan de hand van vochtvoorraad in de wortelzone en het landgebruik). Aan landgebruik zijn gewasfactoren te koppelen, die per gewas en soms per jaar kunnen verschillen;
- stroming en berging van water over/op het maaiveld (berekend);
- stroming van water door het bodemoppervlak (berekend);
- stroming en berging van water in de onverzadigde zone van het topsysteem van de beschouwde beheerseenheid (berekend);
- 'stroming' van water in het verzadigde grondwaterdeel van het topsysteem, in de vorm van een bron- of lekterm (uitwisseling met het regionale grondwatersysteem (opgelegd, zie discussiepunt) en de drainage naar of subinfiltratie vanuit het oppervlaktewatersysteem (berekend);
- de berging van water in het verzadigde deel (zie discussiepunt);
- de drainage vanuit of subinfiltratie naar verzadigd grondwatersysteem (berekend of als restpost van het oppervlaktewatersysteem);
- lozingen op en onttrekkingen aan het oppervlaktewatersysteem (opgelegd);
- de aanvoer van systeemvreemd water (opgelegd);
- de afvoer van systeemeigen water (opgelegd of berekend);
- de berging van water in het oppervlaktewatersysteem van de beschouwde beheerseenheid (gemeten of berekend uit waterbalans (en eventueel opstuwning) van het oppervlaktewatersysteem); en voor gebieden waar ook gestuurd wordt op het zoutgehalte van het oppervlaktewater;
- de belasting van het oppervlaktewater met zout in het drainagewater (berekende hoeveelheid maal opgelegde concentratie);
- de belasting van het oppervlaktewater met zout in het aangevoerde water (berekende hoeveelheid maal opgelegde concentratie);
- de afvoer van zout via afvoer (berekende hoeveelheid maal berekende concentratie);
- de belasting van zout via lozingen op het oppervlaktewater (opgelegde hoeveelheid maal opge-

legde concentratie);

- de afvoer van zout via onttrekkingen aan het oppervlaktewater (opgelegde hoeveelheid maal berekende concentratie).
- de berging van zout in het oppervlaktewater (berekende bergingsverandering maal berekende concentratie).

Discussie

Het opleggen van de kwel is meestal een problematische aangelegenheid vanwege de volgende factoren:

- variabel in de tijd;
- niet onafhankelijk van het waterbeheer in het topsysteem (denk aan weglekeffect en invloed van beregning uit grondwater);
- de grootte van de kwel is alleen indirect te bepalen.

Daarom zal de volgende werkwijze worden toegepast:

In de real time modus worden de volgende variabelen gemeten:

- grondwaterstand
- open-waterstand
- aanvoeren
- afvoeren
- lozingen op en onttrekkingen aan het oppervlaktewater.

Dit biedt de mogelijkheid de drainage of infiltratie als restpost van de balans van het oppervlakte-waterstelsel voortdurend te berekenen. Deze restpost is tevens een post in de balans van het verzadigde grondwaterdeel van het topsysteem. Daarmee is de moeilijk te bepalen post van kwel of wegzijging als restpost te bepalen. Denk wel aan stapeling van fouten!

Ook de suggestie om de als restpost berekende kwel uit de laatste periode(n) te gebruiken als beste schatter voor de vooruitrekenperiode (T. Visser van waterschap Regge en Dinkel) zal als mogelijkheid worden meegenomen.

Bij het vooruit rekenen worden variabelen berekend die naderhand worden gemeten. Dit biedt de mogelijkheid parameters voortdurend bij te stellen. Daarom zal gebruik worden gemaakt van een zelflerende methodiek (in de vorm van het gebruik van een Kalman-filter). Zie verder hoofdstuk 4: IT-aspecten.

3.3 Te modelleren variabelen

Het is van belang onderscheid te maken in stuurvariabelen, instelvariabelen en uitgangsvariabelen (zie begrippenlijst).

Er zijn 2 soorten instelvariabelen te onderscheiden:

- streefwaarden (bijvoorbeeld streefpeil);
- grenswaarden (bijvoorbeeld open-waterstand nooit hoger dan 50 cm-mv in verband met bebouwing of bijvoorbeeld maximale daling nooit groter dan 20 cm/dag i.v.m. oeverstabiliteit).

Bij stuurvariabelen is onderscheid te maken in meetbare en niet-meetbare variabelen. Laatstgenoemden moeten dus worden gesimuleerd.

Meetbare stuurvariabelen:

- neerslaghoeveelheden;
- grondwaterstanden;
- zoutgehaltes;
- open-waterstanden;
- afvoeren) (kunnen ook uitgangsvariabele zijn of rechtstreeks voortvloeien uit open-waterstanden);

Niet-meetbare stuurvariabelen:

- verdamping(sreductie);
- drukhoogte aan maaiveld;
- vochtinhoud van de wortelzone.

Instelvariabelen:

- streefpeilen open-waterstand;
- grenswaarden open-waterstand(svariatie);

Uitgangsvariabelen:

- grondwaterstanden (alleen bij vooruit rekenen);
- open-waterstanden (alleen bij vooruit rekenen);
- verdampings(reductie);
- drukhoogte aan het maaiveld.

Niet alle genoemde variabelen kunnen bij een specifieke toepassing van belang zijn. Echter de methodiek moet rekening houden met alle mogelijk van belang zijnde variabelen.

3.4 Benodigde overige gegevens

3.4.1 Tijdsafhankelijke gegevens

Voor toepassing van de systematiek moeten de volgende gegevens bekend zijn:

1. begrenzing beheerseenheid
2. maaiveldhoogtes (m t.o.v. NAP)
3. bodemgebruik(sverdeling) van de beheerseenheid
4. lengte A-watgangen (m)
5. geometrie A-watgangen
 - bodemhoogte (m t.o.v. NAP)
 - bodembreedte (m)
 - talud (-)
6. lengte van overige waterlopen (m)
7. gegevens overige waterlopen
 - bodemhoogte (m t.o.v. NAP)
 - bodembreedte (m)
 - talud (-)
 - percentage en overige gegevens buisdrainage
8. afmetingen kunstwerken en max. en min. instelbare hoogtes (m t.o.v. NAP)
9. bodemopbouw en daaraan te koppelen bodemfysische eigenschappen (i.c. vochtkarakteristiek, onverzadigde doorlatendheid, infiltratiecapaciteit)
10. kwel/wegzijging (mm/d)
11. afvoercapaciteit (mm/d)
12. aanvoercapaciteit (mm/d)
13. zoutgehalte in het drainagewater (mg/l)

N.B. Gegevens ad 10 t/m 13 kunnen ook tijdafhankelijk zijn.

3.4.2 Tijdafhankelijke gegevens

- neerslag (historisch, voorspelling en scenario) (mm/d);
- referentiegewasverdamping (historisch, voorspelling en scenario) (mm/d);
- aanvoer van systeemvreemd water (optioneel) (m^3/d);
- lozingen op het oppervlaktewater (m^3/d);
- onttrekkingen aan het oppervlaktewater (m^3/d);
- stijghoogte diepe grondwater (optioneel) (m t.o.v. NAP);
- eigenschappen die samenhangen met het grondgebruik (bijvoorbeeld bewortelingsdiepte, gewashoogte) (m):

- zoutgehalte van het lozingswater (mg/l).

Overige aandachtspunten

1. Er moet kunnen worden gerekend in NAP en t.o.v. maaiveld.
2. Er moet kunnen worden gerekend per eenheid van oppervlakte of per eenheid van beheerseenheid.

3.5 Representativiteit van puntinformatie voor een beheerseenheid

3.5.1 Probleemschets

Het conceptueel model van de waterhuishouding zoals in hoofdstuk 2 houdt in dat de hydrologie van het topsysteem wordt gemodelleerd met een, in essentie, 1-dimensionaal model van de onverzadigde zone en de interactie met het oppervlaktewater (per beheerseenheid kunnen overigens wel meer dan 1 puntmodellen worden opgesteld). Bij het koppelen van het operationeel peilbeheer aan gemeten grondwaterstanden wordt puntinformatie gebruikt (de grondwaterstand in 1 peilbuis). De vraag is hoe representatief deze puntinformatie is of in andere woorden: is het toegestaan puntinformatie te gebruiken voor het operationeel beheer van een beheerseenheid en zo ja hoe is de relatie tussen puntinformatie en de beheerseenheid.

Om deze vraag te beantwoorden heeft Stowa, onder auspiciën van de begeleidingscommissie, een aanvullende opdracht verstrekt aan SC-DLO tot het uitvoeren van een definitiestudie dienaangaande. Daarbij werden de volgende doelstellingen geformuleerd:

- 1) het geven van antwoord op de vraag of het mogelijk is om, op basis van meetinformatie (i.c. grondwaterstanden) en modelinformatie verkregen voor één representatief punt binnen een beheerseenheid, de waterhuishouding van deze beheerseenheid met behulp van de regionaalwaterbeheerder ten dienste staande technische middelen in de gewenste richting te sturen, rekening houdend met de ruimtelijke variatie van hydrologische eigenschappen en landgebruik binnen de beheerseenheid en de specifieke beheersdoelstelling van deze beheerseenheid. Een beheersdoelstelling kan bestaan uit het maximaliseren van bepaalde landgebruikskwaliteiten (draagkracht, gewasopbrengst), het minimaliseren of beperken van kosten (droogteschade, natschade) of combinaties hiervan.
- 2) het afleiden van een procedure en/of vuistregels om te bepalen op basis van welk punt (i.c. welke lokatie) het best gestuurd kan worden om de gegeven beheersdoelstelling te halen.

Van het uitgevoerde onderzoek is een uitgebreide rapportage opgesteld (Bierkens e.a., 1998). Hier zullen alleen de samenvatting, conclusies en aanbevelingen worden gegeven.

3.5.2 Samenvatting, discussie en aanbevelingen

De procedure die is ontworpen om te komen tot een keuze van de representatieve locaties bestaat uit het combineren van modelberekeningen van het onverzadigde stromingsmodel SWAP met een steekproefmethode die gebruikt maakt van een gedetailleerd hoogtepuntenbestand als hulpinformatie. Uit het bestand van maaiveldshoogtes wordt de cumulatieve frequentieverdeling berekend. Deze verdeling wordt onderverdeeld in 10 klassen met de 10-percentielen als klassengrenzen. Uit elke klasse worden aselect twee locaties gekozen. Dit resulteert in 20 locaties. Van elke locatie wordt een Swap-model gemaakt waarbij de maaiveldshoogte vastligt en de bodemfysische en hydrologische eigenschappen worden 'getrokken' uit vooraf veronderstelde kansverdelingen. Bijvoorbeeld: de afstand tussen de grotere waterlopen wordt getrokken uit een uniforme verdeling met grenzen tussen 400 en 500 m. Een belangrijke veronderstelling daarbij is dat de eigenschappen op een locatie onderling onafhankelijk zijn. Elk model wordt vervolgens gesimuleerd voor een periode van 10 jaar voor de verschillende peilbeheersvarianten en 6 verschillende locaties van het referentiemeetpunt. Voor meer informatie, zie Bierkens e.a. (1998).

Op deze wijze is men in staat met behulp van een beperkt aantal SWAP-runs redelijk nauwkeurige schattingen te maken van de gebiedsgemiddelde bruto opbrengst van een beheerseenheid, gegeven dat een zekere methode van peilbeheer toegepast wordt op een zekere referentielocatie. Naast schattingen van de gebiedsgemiddelde opbrengst levert de methode ook een schatting van de onzekerheidsmarges van de schattingen. Door op deze wijze voor één methode van peilbeheer de gebiedsgemiddelde bruto opbrengst te berekenen voor verschillende referentielocaties, kan bij benadering de referentielocatie gevonden worden die de maximale gebiedsgemiddelde bruto opbrengst oplevert: het representatieve punt. Opgemerkt dient te worden dat volgens boven beschreven methode de keuze van de beste referentielocatie alleen is gebaseerd op de maaiveldshoogten. De (onbekende) variatie in hydrologische en bodemfysische eigenschappen komt alleen tot uiting in gesimuleerde invoer voor SWAP en dus in de berekende onzekerheidsmarges van de gebiedsgemiddelde bruto-opbrengst.

De methode is toegepast in een proefgebied in Drenthe: het peilvak Trijzen van het Waterschap Meppelerdiep. Het gebied is 613 ha groot. Het is een zwak golvend dekzandlandschap. Het dominante landgebruik is grasland voor melkveehouderij en het dominante bodemtype veldpodzolen. Met "maximalisatie van de gebieds-gemiddelde opbrengst" als beheersdoelstelling zijn vier varianten van peilbeheer geanalyseerd voor zes referentielocaties (met toenemende maaiveldshoogte van referentielocatie 1 tot en 6). De vier beschouwde beheersvarianten zijn een vaste stuwhoogte met en zonder aanvoer en een eenvoudige vorm van grondwaterstandsafhankelijk peilbeheer met en zonder aanvoer.

Met betrekking tot de doelstellingen van het onderzoek leverde dit een aantal voorlopige conclusies op.

- 1) Voor de beschouwde beheerseenheid en de vier onderzochte peilvarianten kunnen de representatieve locaties bij benadering worden gevonden. Voor de vier onderzochte varianten vonden we (percentielen van maaiveldshoogte-verdeling):

vast peil zonder wateraanvoer:	60%-90% punt
vast peil met wateraanvoer:	60%-90% punt
grondwaterstandsafh. zonder wateraanvoer:	40%-70% punt
grondwaterstandsafh. met wateraanvoer:	30%-40% punt

Met name voor het grondwaterstandsafhankelijk peilbeheer met wateraanvoer is de representatieve locatie dus redelijk eenduidig vast te stellen.

- 2) De maximale bruto opbrengst die door afstemming van een beheersvariant op de beste referentielocatie kan worden bereikt is voor de vier varianten ongeveer gelijk. Echter het grote voordeel van grondwaterafhankelijk peilbeheer met wateraanvoer is dat de maximale bruto opbrengst onder relatief droge omstandigheden kan worden bereikt (weinig natschade) en dat de opbrengstverschillen binnen de beheerseenheid het geringst zijn. Dit maakt de methode beter te verkopen aan de agrariërs dan optimalisatie van de andere beheersvarianten.

Naast bovenstaande conclusies die betrekking hebben op de doelstellingen van dit onderzoek kunnen nog een aantal voorzichtige conclusies met betrekking tot de beheersvarianten worden getrokken:

Grondwaterafhankelijk peilbeheer levert alleen een verbetering op wanneer het wordt gecombineerd met de mogelijkheid tot aanvoer van water van buiten de beheerseenheid.

Aanvoer van water van buiten de beheerseenheid levert niet veel op in het geval van een vaste stuw.

De volgende algemene conclusies zijn te trekken:

1. De procedure zoals die is ontwikkeld in het kader van de opdracht is algemeen toepasbaar maar vergt wel veel rekeninspanning.
2. De procedure kan nog worden verbeterd op het terrein van het koppelen van de maaiveldshoogte aan de hydrologische en bodemfysische eigenschappen.
3. De rekenprocedure is behept met een systematische fout doordat de openwaterstanden worden berekend op basis van de simulatie voor het referentiepunt. In een volgende versie dienen meerdere modellen voor de onverzadigde zone gekoppeld te worden aan 1 model voor het open water.
5. Grondwaterstandsafhankelijk peilbeheer kan wel worden gekoppeld aan sturingspunten met een duidelijk afwijkende maaiveldshoogte (t.o.v. het gemiddelde), mits dan hiervoor wordt gecorrigeerd door de koppeling tussen grondwaterstand en streefpeil navenant op te schuiven (bij laag gelegen punten moet de op het scherpst van de natschadesnede worden gestuurd; bij hoog gelegen sturingspunten kan niet op het scherpst van de natschadesnede worden

gestuurd omdat rekening moet worden gehouden met lager gelegen punten die gevoeliger zijn voor natschade). Qua maaiveldshoogte te extreme punten zijn echter minder geschikt vanwege het toch duidelijk anders reageren van de grondwaterstand op neerslag en verdamping, in vergelijking met de rest van de beheerseenheid. Voor het onderhavige proefgebied is voor de laag gelegen punten duidelijk niet op het scherpst van de snede het peilbeheer gesimuleerd.

Discussie

In de praktijk kan niet alleen worden gestuurd op de hoogste gemiddelde opbrengst per beheerseenheid maar dienen ook nadere overwegingen een rol spelen, zoals: ook de laagste plekken moeten een drooglegging hebben van minimaal 30 cm omdat anders een normale bedrijfsvoering niet mogelijk is.

De vraag is ook hoe representatief zijn de resultaten van het beschouwde peilvak voor andere beheerseenheden. Hierop is geen eenduidig antwoord te geven.

Aanbevelingen

1. Er dient nader onderzoek plaats te vinden naar de representativiteit van puntinformatie voor een beheerseenheid. Naar de mening van de begeleidingsgroep is het onderwerp van groot belang voor waterbeheerders maar is de kennis nog onvoldoende om voor het operationeel beheer te worden toegepast.
2. Voor de verdere ontwikkeling van het instrument voor computerondersteund waterbeheer kan worden uitgegaan van de veronderstelling dat het waterbeheer van een beheerseenheid is te koppelen aan 1 of enkele puntwaarnemingen van de grondwaterstand, overeenkomstig de oorspronkelijke voornemens.

4 IT-aspecten

4.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is het rekenmodel uitgewerkt dat in Computerondersteund Operationeel Waterbeheer (COW) zal worden toegepast op de onderkende deelsystemen. Dit hoofdstuk bevat de it-aspecten van de ontwikkeling van COW. In de beschrijving is geen onderscheid gemaakt tussen de toepassing van COW in laag- of hooggelegen beheerseenheden.

Allereerst zijn de ontwikkeling van het Gegevensmodel Water 1996, Aquarius en GIS besproken, alsmede de gevolgen van die ontwikkelingen voor COW.

Vervolgens is in een systeembeschrijving het (toekomstig) gebruik van COW geschetst als ware het systeem al gerealiseerd.

De systeembeschrijving en de in de voorgaande hoofdstukken genoemde model-aspecten leiden tot een opsomming van de functionele eisen die aan COW worden gesteld. Naast functionele eisen zijn er aanvullende technische-eisen geformuleerd.

Om ten behoeve van oplevering te bepalen of het dan gerealiseerde systeem voldoet aan alle verwachtingen is een aantal acceptatiecriteria geformuleerd.

Ten slotte is aangegeven op welke manier COW zal worden ontwikkeld in de vervolgfase van het project.

4.1.1 Relatie tot GW'96

Bij de meeste waterschappen is de situatie zo dat gegevens en applicaties één geheel vormen. Communicatie van gegevens tussen applicaties binnen een waterschap en communicatie met derden verloopt moeizaam. De Gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen (GUW 1995) is een eerste stap in de richting van een uniform gegevensmodel voor waterschappen. Deze stap heeft een vervolg gehad in het project Adventus (Adventus, 1996). In dit project is de gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen uitgebreid met zo veel mogelijk gegevens die in een all-in waterschap worden gebruikt.

Naast een uniform gegevensmodel is een uniform uitwisselingsformaat van groot belang voor standaardisatie binnen de Nederlandse overheden. De Unie van Waterschappen ontplooit

verschillende initiatieven die zowel op het gebied van gegevensmodellering, uitwisselingsformaten als applicaties tot afspraken op nationaal niveau moeten leiden. Deze initiatieven leiden uiteindelijk tot een nieuwe versie van de gegevensstandaard onder de naam Gegevensstandaard Water 1996 (UvW, 1996).

4.1.2 Gevolgen van de recente ontwikkelingen voor COW

Zolang de waterschapsbrede basisregistratie nog geen feit is, zullen de verschillende informatiesystemen een eigen opslagmogelijkheid moeten hebben. Zo ook COW. Echter, door het gegevensmodel van COW aan te laten sluiten bij dat van de GW'96 is het in de toekomst mogelijk om de COW-eigen opslag te vervangen door opslag in de basis-registratie. Als voor een of meer deelsystemen van bestaande rekenmodellen gebruik wordt gemaakt, kan het zijn dat modelspecifieke gegevens apart zullen worden opgeslagen. De interpretatie van meetgegevens in de visie van de GW'96 is echter zo breed dat rekenresultaten hier ook onder vallen en dus conform de GW'96 kunnen worden beschreven.

Ook voor uitwisseling op basis van de STOWA/Unie-stekkerdoos water geldt dat deze pas tegen het eind van de zomer beschikbaar komt. De specificaties (STOWA, 1996) kunnen echter al worden gebruikt om een import-/exportfaciliteit te maken voor COW.

Door ondersteuning van de STOWA/Unie-stekkerdoos water sluit COW aan op de komende standaard binnen waterschapsland.

Door bovenstaande punten mee te nemen bij de ontwikkeling van COW is een optimale integratie van COW in de waterschaps-informatie-infrastructuur gewaarborgd, zowel op korte als op lange termijn.

4.1.3 Relatie tot Aquarius

Inleiding

In het kader van het STOWA-onderzoeksprogramma is in 1993 aan de TU Delft een project gestart naar technieken voor de ondersteuning van de operationele waterkwantiteits- en waterkwaliteitsbeheersing.

Uit dit project is inmiddels een beslissingsondersteunend systeem (BOS) voortgekomen onder de naam Aquarius (Lobbrecht, 1997)

Vergelijking COW en Aquarius

De methodieken van Aquarius en COW lijken veel overeenkomsten te vertonen. Verschillen uiteten zich met name op de volgende aspecten:

- COW is geavanceerder met betrekking tot het landelijk gebied, vanwege de modellering van de onverzadigde zone,
- COW besteedt geen aandacht aan het waterverdelingsvraagstuk,
- COW genereert schade,
- Omgang met meer dan een drainageniveau naast elkaar in een beheerseenheid (in Aquarius: opsplitsing in deelgebieden, in COW: multi-level systeem waarbij een punt meerdere ontwateringsmiddelen 'voelt').

Aquarius bevat elementen die voor COW bruikbaar zijn zoals:

- generatie van weersvoorspellingen,
- toeleveren randvoorwaarden,
- opstellen modelschematisatie,
- grafische weergave resultaten.

Andersom kan COW gedetailleerde gegevens toeleveren aan Aquarius met betrekking tot:

- de onverzadigde zone,
- de schadefuncties nodig om doelstellingen te evalueren.

Resultaten overleg Aquarius

Omtrent de relatie tussen COW en Aquarius is overleg geweest met de heer Lobbrecht van de TU Delft. In dit overleg is aan de orde geweest:

- integratie van COW en Aquarius,
- uitwisseling van gegevens met behulp van de stekkerdoos,
- opslag van gegevens volgens het legodoos principe,
- hergebruik van sourcecode,
- bovengenoemde overeenkomsten/verschillen.

Uit het overleg is gebleken dat de overeenkomsten tussen COW en Aquarius veel groter zijn dan de verschillen. Belangrijkste verschil is dat COW een gedetailleerde analyse van een afzonderlijke beheerseenheid mogelijk maakt, waar Aquarius een analyse doet van het beheer van gebieden op grotere schaal. In Aquarius worden onder andere stedelijke en landelijke afvoersystemen onderscheiden. Daarnaast zijn voor dergelijke systemen bodemeigenschappen op te geven ten behoeve van (regionale) grondwaterstroming. In COW daarentegen is sprake van een model *per* beheerseenheid, met een gelaagde beschrijving van de onverzadigde zone.

Drie alternatieven

Ten aanzien van de integratie van COW met Aquarius zijn drie opties besproken met een oplopende maat van integratie. In de *eerste optie* worden COW en Aquarius niet met elkaar geïntegreerd. COW krijgt een eigen user interface en een eigen gegevensstructuur. Daar waar mogelijk kunnen gegevens tussen COW en Aquarius worden uitgewisseld met gebruikmaking van de STOWA/Unie-stekkerdoos.

In de *tweede optie* wordt zoveel mogelijk van programmatuur van Aquarius hergebruikt voor het maken van een aparte applicatie COW. Delen van Aquarius die hiervoor in aanmerking komen zijn de invoermogelijkheden voor het opzetten van een model, de presentatieschermen voor weergave van het model en de resultaten van berekeningen.

De *derde optie* kent de hoogste graad van integratie van COW en Aquarius. In deze optie wordt het grondwatersysteem van Aquarius uitgebreid met COW-modules voor de verzadigde en de onverzadigde zone. Deze modules kunnen analoog aan de bestaande Aquarius-grondwatermodule communiceren met het oppervlaktewatersysteem en het atmosfeersysteem.

Evaluatie van alternatieven

Elk van de opties heeft vanzelfsprekend voordelen en nadelen. De eerste optie heeft als voordeel dat de functionaliteit van het produkt volledig zal zijn afgestemd op de wensen van de werkgroep. Belangrijke nadelen zijn het verschijnen van twee produkten op de markt met sterk overeenkomende functionaliteit en mogelijk sterk verschillende bediening. Uitwisseling van gegevens tussen COW en Aquarius zal plaats kunnen vinden met behulp van de STOWA/Unie-stekkerdoos water. Hiertoe moeten wel twee stekkers worden gerealiseerd.

Door in de tweede optie gebruik te maken van grote delen van de bestaande Aquarius user interface zullen de twee applicaties voor wat betreft uiterlijk en bediening sterk op elkaar gaan lijken. Het nadeel van twee gelijksoortige rekenprogramma's blijft aanwezig. Het beheer van de twee systemen dient gecoördineerd te worden met betrekking tot de gedeelde programmatuur (terugmelding van gevonden fouten). Ook bij de tweede optie vindt uitwisseling van gegevens plaats tussen COW en Aquarius. Om gebruik te kunnen maken van de STOWA/Unie-stekkerdoos water moeten twee stekkers worden gerealiseerd.

Toepassen van de derde optie betekent dat ook het nadeel van twee programma's wordt geëlimineerd. De waterbeheerder gebruikt één systeem voor zowel de globale beleidsevaluatie van Aquarius als de gedetailleerde grondwaterbenadering van COW. Het beheer van de applicatie kan worden gecentraliseerd in tegenstelling tot het toepassen van de tweede optie. Vanuit de wens om COW aan te laten sluiten bij het gegevensmodel van de Unie van Waterschappen is het nodig om bij toepassing van de derde optie de gegevensopslag van Aquarius te wijzigen. Uitwisseling van gegevens is niet meer van toepassing. De toegepaste ASCII invoerbestanden dienen bij voorkeur door middel van tabellen te worden gemodelleerd. Bovendien is de

systeemdokumentatie van Aquarius niet volledig met betrekking tot het gegevensmodel, zodat ook daar inspanning nodig is.

Besluit voor het project COW

Er is een keuze gemaakt voor een zo hoog mogelijke integratie van COW en Aquarius. De definitiestudie van COW wordt evenwel afgerond ten einde een duidelijk beeld van de gewenste functionaliteit te krijgen. Gevolg van de gemaakte keuze is dat de in de definitiestudie gewenste functionaliteit zal worden toegevoegd aan de in Aquarius aanwezige functionaliteit. In de in dit document gepresenteerde planning voor vervolg is rekening gehouden met de gemaakte keuze.

4.1.4 Toepassing van GIS

De geografische informatie systemen (GIS) vinden steeds meer hun weg naar de onderzoeker en de beleidsmedewerker. In een GIS worden administratieve gegevens gekoppeld aan geografische gegevens. Hierdoor is het mogelijk nieuwe verbanden tussen de gegevens te leggen.

De gebruikelijke GIS-pakketten (Arc/Info, Intergraph/MGE en Smallworld) beschikken over de mogelijkheid om de administratieve gegevens op te slaan in een extern DBMS. Zodoende is het mogelijk dat gebruikers van het GIS-pakket de organisatie-eigen DBMS kunnen gebruiken (zoals bijvoorbeeld Oracle, dBase, INGRES).

Gezien de diversiteit in de bij waterschappen in gebruik zijnde GIS-pakketten wordt het niet haalbaar geacht COW te voorzien van GIS-functionaliteiten. De ontwikkeling van COW is wel zodanig dat gegevens met behulp van een GIS-applicatie kunnen worden gevisualiseerd:

- export van gegevens,
- keuze van algemeen gebruikt DBMS voor gegevensopslag ten behoeve van de ontwikkeling van COW. Bij het testen van COW door gebruikers kan de waterschapseigen database worden gebruikt,
- opname van locatiegegevens in COW.

Daarnaast kan het zo zijn dat gebiedsgegevens (zoals bodemgebruik en maaiveldhoogte) kunnen worden geïmporteerd vanuit een GIS-applicatie. Voor welke gegevens dit geldt is afhankelijk van de voor een berekening benodigde gegevens en dient door de werkgroep te worden bepaald.

4.1.5 Het gebruik van data-assimilatie in COW

In veel fysische systemen zijn er twee bronnen van informatie, waaruit het gedrag van het systeem is af te leiden:

- metingen aan het fysisch systeem
- wiskundige modellen van het fysisch systeem

De metingen bevatten onnauwkeurigheden. Meetapparatuur is niet perfect en volledige meetgegevens over langere periode is niet altijd beschikbaar (bijvoorbeeld omdat een meetapparaat tijdelijk buiten gebruik is). Bovendien kunnen niet alle fysische grootheden op elke locatie in het systeem worden gemeten (dit zou in een waterloop betekenen dat op elke centimeter een waterstandsmeter is opgesteld...).

Een model, gebaseerd op wiskundige vergelijkingen waarmee het fysisch gedrag van het systeem is beschreven is per definitie in zekere mate onnauwkeurig. Ten eerste omdat bij het opstellen van de vergelijkingen aannames zijn gemaakt ter vereenvoudiging van het model (bijvoorbeeld turbulentie wordt verwaarloost, 1-d waterbewegingsmodel). Ten tweede omdat niet alle gedragbepalende invoer in het werkelijke systeem bekend is in het wiskundig model. Zo kan bijvoorbeeld wind worden verwaarloosd (bijvoorbeeld omdat deze niet bekend is).

In het onderstaande worden twee technieken besproken waarmee de resultaten van het rekenmodel kunnen worden verbeterd door assimilatie van metingen

- Het Kalman-filter
- Een ARMA-model

Het Kalman-filter

Het Kalman-filter (Kalman, 1960) is een techniek waarmee een minimale onnauwkeurigheid kan worden verkregen door integratie van metingen en het wiskundig model.

Het Kalman-filter breidt de modelvergelijking van het wiskundig model uit met een vergelijking waarin metingen worden gekoppeld aan modelvariabelen.

Met de wiskundige vergelijking wordt in een rekenstap een 'voorspelling' gemaakt van de nieuwe systeemtoestand. Als er metingen beschikbaar zijn van bepaalde modelvariabelen, worden deze vergeleken met de 'voorspelde' waarde. Vervolgens vindt een 'correctie' van de modelvariabelen plaats op basis van de gemeten waarde. In de volgende rekenstap wordt deze procedure herhaald. Onderstaande figuur toont het zojuist beschreven proces:

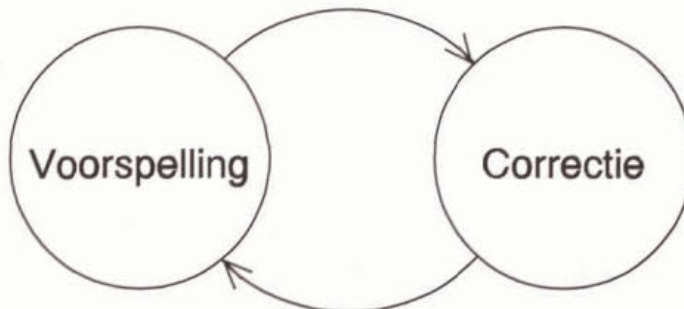


Fig. 4.1 Processen in het Kalman-filter

De mate waarin de modelwaarde wordt aangepast is afhankelijk van de onzekerheid in het model en de onzekerheid van de metingen.

Waarden waarvoor geen metingen beschikbaar zijn worden ook gecorrigeerd, omdat in de correctieslag de vergelijking van het wiskundig model opnieuw wordt uitgerekend.

Een voordeel van het Kalman-filter is het gebruik van fysische eigenschappen van het systeem bij de bepaling van de correctie op de voorspelde resultaten met metingen.

Nadeel is de complexe implementatie en de langere rekentijd.

ARMA-model

In ARMA-modellen wordt, in tegenstelling tot het Kalman-filter geen gebruik gemaakt van fysische eigenschappen van het te modelleren systeem. In plaats daarvan wordt een correctie op voorspellingen bepaald door een weging van eerdere correcties en van eerder gemaakte fouten in voorspellingen.

Voorbeeld

Een model voorspelt de waarde van een variabele. In de voorlaatste tijdstap is na vergelijking met een inmiddels beschikbaar gekomen meetwaarde een fout in de voorspelde waarde geconstateerd. De assimilator telt nu bij de zojuist voorspelde waarde de helft van de geconstateerde fout om een verbeterde voorspelling te verkrijgen.

Een voordeel van een ARMA-model is de eenvoudige implementatie en de flexibiliteit van de assimilator. Zowel het aantal historische waarden als de weegfactoren ervoor kunnen zonder problemen worden gewijzigd zonder dat daarvoor aanpassingen aan de programmatuur hoeven te worden gedaan. Bovendien is het ARMA-model snel in uitvoering.

Nadeel van een ARMA-model is de afwezigheid van fysica in de assimilator.

4.1.6 Technieken voor het oplossen van optimalisatieproblemen

Naast data-assimilatie voor het verbeteren van modelresultaten, is in COW ook sprake van een optimalisatieprobleem. Dit heeft betrekking op het vinden van de optimale combinatie van variabelen, zodanig dat de door de gebruiker gestelde doelstellingen zo goed mogelijk worden gerealiseerd.

Voor het oplossen van een dergelijk probleem zijn diverse technieken beschikbaar. In het onderstaande worden drie technieken besproken, te weten:

- neutrale netwerken
- fuzzy logic
- genetische algoritmen.

Neurale netwerken

In het geval van neutrale netwerken, worden geen vergelijkingen voor het probleem geformuleerd. In plaats daarvan wordt een netwerken van rekenelementen (neuronen) en verbindingen tussen rekenelementen (synapsen) opgezet. Elk neuron reageert op een bepaalde manier op invoer en genereert daaruit uitvoer voor andere neuronen. De synapsen verbinden bepaalde neuronen met andere neuronen, eventueel met een vertraging. Het neutrale netwerk wordt voor elke toepassing getraind. Hierbij wordt een verzameling invoer in het te modelleren proces gecombineerd met bekende bijbehorende uitvoer. De parameters die het gedrag van het neutrale netwerk beïnvloeden worden zodanig ingesteld dat het netwerk de bij de invoer bekende uitvoer zo goed mogelijk reproduceert. Vervolgens kan het netwerk worden toegepast op nieuwe invoer, waarvan de uitvoer volgt uit het netwerk.

Toepassing van neutrale netwerken vraagt een uitgebreide kennis van het opstellen van een dergelijk netwerk, in verband met de vele vrijheidsgraden (het aantal neuronen en synapsen, het aantal lagen in het netwerk, toepassing van feedback-loops et cetera).

Daarnaast is een grote hoeveelheid invoer en bijbehorende uitvoer nodig om het netwerk het gedrag van het gemodelleerde proces aan te leren.

Fuzzy logic

Fuzzy logic is feitelijk een uitbreiding van de Booleaanse logica, in die zin dat aan een uitspraak niet de waarde *Waar* of *Onwaar* wordt toegekend maar een zekere *mate van geldigheid*. Voor elke soort uitspraak wordt een waarheidsfunctie gedefinieerd, waarvan de waarde varieert van 0 (*Onwaar*) tot 1 (*Waar*). De waarheidsfunctie wordt toegepast op een aantal systeemvariabelen (bijvoorbeeld waterstand en debiet) om het waarheidsgehalte van de uitspraak te bepalen.

Fuzzy logic vindt zijn toepassing binnen COW op het vlak van de evaluatie van beleidsdoelstellingen. Zo kan voor elke soort doelstelling een waarheidsfunctie worden

gedefinieerd, waarmee kan worden aangegeven of de doelstelling geheel, bijna geheel, bijna niet of geheel niet is gehaald. Zodoende kan een gebruiker een beleid opstellen waarin doelstelling A geheel moet worden gehaald, doelstelling B bijna geheel, en waarin helemaal geen rekening wordt gehouden met doelstelling C.

Een dergelijke formulering van doelfuncties is feitelijk al voorgesteld voor COW en wordt toegepast (zij het onder de naam van 'schadefunctie') in Aquarius.

Genetische algoritmen

Genetische algoritmen gaat uit van een verzameling mogelijke oplossingen van een maximalisatie-probleem. Deze oplossingen worden gecombineerd tot nieuwe oplossingen die de optimale oplossing van het probleem beter benaderen. Vaak zal het maximalisatie-probleem bestaan uit een aantal maximalisatieproblemen (in het geval van COW is bijvoorbeeld sprake van verschillende beleidsdoelstellingen die in combinaties worden nagestreefd). Elk van deze maximalisatieproblemen heeft zijn eigen optimale oplossing. Deze kunnen worden gecombineerd om de oplossing van het totale probleem te vormen.

De analogie tussen deze manier van oplossen en genetica zit in het 'survival of the fittest' aanpak door recombinatie-, mutatie- en selectie-achtige mechanismen.

Genetische algoritmen combineren steeds de betere oplossingen met elkaar om telkens nog betere oplossingen te vormen.

Genetische algoritmen kunnen op verschillende klassen van problemen worden toegepast. Enkele voorbeelden zijn:

- het vinden van een optimale inzet van een aantal kunstwerken
- het vinden van een optimale configuratie van een neurale netwerk (zie boven)
- het oplossen van het travelling salesman probleem.

4.1.7 Keuze voor COW

Optimale keuze modelvariabelen

Voor COW is een keuze gemaakt voor het toepassen van de ARMA assimilatie-techniek. Deze keuze wordt gemotiveerd vanuit het feit dat het oppervlaktewatersysteem door middel van een bakkenmodel is geschematiseerd. Toepassing van een Kalman-filter lijkt hiervoor een te zwaar middel. Verder zijn er in een Kalman-filter veel gedragsbepalende instellingen nodig, waardoor grote kennis van de toepassing van de techniek is vereist. Een ARMA-model is eenvoudiger in het gebruik en geeft desondanks goede resultaten.

Voor COW kunnen de volgende modelvariabelen worden meegenomen in het ARMA-filter:

- waterstand oppervlaktewatersysteem
- grondwaterstand
- aanvoer
- afvoer

De gebruiker kan per modelvariabele aangeven of deze daadwerkelijk gefilterd wordt. Het rekenmodel zal 'onder water' altijd de benodigde informatie berekenen. Als een modelvariabele is geselecteerd zal deze informatie ook daadwerkelijk voor correctie worden gebruikt. Deze schijnbare overbodige berekening is nodig om de gebruiker de beschreven flexibiliteit te geven.

Optimale beheerstrategie

In Aquarius is functionaliteit aanwezig om een optimale beheerstrategie te laten bepalen. De optimale instelling van de stuurvariabelen (klepstanden et cetera) wordt door een optimalisatieroutine. De hierboven beschreven filtertechnieken is niet van toepassing op het optimaliseren van de beheerstrategie.

4.1.8 Gebruik van bestaande modellen in COW

Voor de berekeningen in COW zal deels gebruik worden gemaakt van bestaande rekenmodellen. In de ontwerpfase zal van deze modellen moeten worden bepaald welke invoer wordt aangeleverd door COW en welke uitvoer wordt gebruikt in COW. Bovendien moet worden vastgesteld hoe COW en het rekenmodel communiceren.

Het gebruik van bestaande rekenmodellen in COW heeft als voordeel dat deze rekenmodellen niet ontwikkeld hoeven te worden. Nadelen zijn de groeiende beheerscomplexiteit (twee parallelle ontwikkelingslijnen) en het feit dat de rekenmodellen mogelijk verouderd zijn.

Keuze van het rekenhart

Het rekenhart zal worden gevormd door de simulatie van de processen in de onverzadigde zone en de interactie tussen grond- en oppervlaktewater. Daarvoor zijn 3 kandidaten bekeken:

- Swap
- Must
- Mozart

Alle 3 computerprogramma's zijn te karakteriseren als zogenoemde puntsimulatoren. Voor simulatie van een heel peilvak moet er dus altijd op een of andere manier worden opgeschaald (zie hoofdstuk 4).

Swap wordt momenteel geschikt gemaakt voor Windows. In fysische zin zonder meer favoriet. Te verwachte nadelen zijn de lange reketijden en het feit dat gewerkt wordt met slechts 1 bodemgebruiksvorm per model.

Must staat bekend om zijn snelle performance. Indien wateroverlast is te koppelen aan de grondwaterstand dan heeft deze code de voorkeur.

Mozart lijkt een kruising tussen SWAP en Must. Het feit dat Mozart is ontwikkeld volgens SDM is een voordeel.

In de werkgroep is gekozen voor het gebruik van Swap als simulatieroutine voor de processen in de onverzadigde zone en de interactie met het oppervlaktewater.

Bij de ontwikkeling van COW wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat een rekenmodel na verloop van tijd wordt vervangen door een nieuwe versie ervan.

Hiertoe zullen de rekenmodellen worden ontsloten door een eenduidige interface te definiëren. De rekenmodellen worden vervolgens als dynamic link library (DLL) gekoppeld aan COW. Een nieuwe versie leidt dan tot een nieuwe DLL en kan eenvoudig worden toegepast.

4.2 Systeembeschrijving

Deze paragraaf bevat een voorstelling van het te ontwikkelen systeem en hoe het gebruikt kan worden. In de beschrijving zijn schetsen opgenomen van mogelijke dialogen van COW. Integratie met Aquarius kan tot gevolg hebben dat een hieronder beschreven functionaliteit niet of in een andere vorm reeds bestaat in Aquarius. Tijdens de evaluatie van de bestaande functionaliteit van Aquarius in het vervolgtraject (zie tijdplan), zal in een dergelijke situatie een keuze gemaakt moeten worden.

4.2.1 Bepaling nieuw beleid

Na het starten van COW verschijnt het hoofdscherm. Dit scherm is voorzien van een menubalk en een knoppenbalk waarmee de verschillende functies van COW benaderd kunnen worden. Om het waterbeheer van een beheerseenheid te kunnen evalueren, moet eerst de betreffende beheerseenheid geselecteerd worden. De gebruiker selecteert op basis van zelf opgegeven namen. De directory-structuur is niet direct zichtbaar voor de gebruiker. Het maken van een selectie heeft als effect dat alle voor deze beheerseenheid ingevoerde gegevens worden geladen in de on-line database.

COW heeft twee databases. In de on-line database staan gegevens over de afgelopen twee jaar. In de off-line database staan gegevens over alle voorgaande jaren (inclusief de afgelopen twee jaar). Regelmatig kan de gebruiker gegevens kopiëren of verplaatsen naar de off-line database.

Voor het vullen van de database kan gebruik worden gemaakt van:

1. met de installatie CD-rom meegeleverde software en voorbeeld gegevens
2. speciaal ontworpen invulschermen
3. import mogelijkheden van COW.

Als het model voor de geselecteerde beheerseenheid nog niet af is, kan de gebruiker de modelleeractiviteiten voortzetten waar deze na de voorgaande sessie zijn beëindigd.

- Voor het invoeren van de geometrie van het oppervlaktewatersysteem zijn vooraf gedefinieerde dwarsprofielen beschikbaar. Hierin zijn voor verschillende klassen waterlopen karakteristieke afmetingen opgeslagen. De gebruiker selecteert de gewenste klassen van waterlopen en voert de in het beheersgebied voorkomende lengte van een bepaalde klasse in. Als alle andere gegevens omtrent het oppervlaktewatersysteem zijn ingevoerd, kan opdracht aan COW worden gegeven om de ingevoerde geometrie te vertalen naar het reservoirmodel (relatie waterstand, volume, oppervlakte aan waterspiegel) dat door COW wordt gebruikt voor het oppervlaktewatersysteem.

Het is mogelijk om dwarsprofielen van waterlopen te importeren, bijvoorbeeld vanuit een legger-applicatie (met gebruikmaking van de STOWA/Unie-stekkerdoos Water).

- Voor de (on)verzadigde zone worden in invoerschermen de benodigde parameters ingevoerd. De invoervelden zijn gevuld met standaardwaarden die meegeleverd worden bij de installatie CD-rom.
- De instelparameters voor het ARMA-filter kunnen worden ingevoerd in een daartoe ontworpen dialoog.

Geometrie oppervlaktewatersysteem	
Klasse watergang	Hoofdwatergang
Totale lengte [m]	1000
Bodembreedte [m]	10
Linker talud 1:N N=	2
Rechter talud 1:M M=	2

Buttons: Toevoegen, OK, Annuleren

Fig. 4.2 Voorbeeld invoerscherm watergangen

Voordat een simulatie kan worden gemaakt met het nieuwe model voor de beheerseenheid, zal eerst het ARMA-filter moeten worden ingeregeld, en zal een eerste actuele toestand moeten worden bepaald. Deze twee activiteiten worden geheel door het COW uitgevoerd na een enkele opdracht.

De voor deze activiteiten benodigde meetgegevens kunnen middels dialogen of door importeren worden ingevoerd. Voor het inregelen van het ARMA-filter zijn gegevens nodig over een periode van een week. Door metingen weer te geven in een grafiek kan een eenvoudige controle op de invoer worden gepleegd.

Als het model is ingeregeld, kan een eerste voorspellende simulatie worden gemaakt. Hiertoe wordt een vooraf gedefinieerd neerslagscenario gekozen (bijvoorbeeld veel neerslag, weinig neerslag,...). De neerslagscenario's worden eenmalig gedefinieerd, zodat voor het maken van een simulatie minimale aanvullende invoer nodig is. Aanpassing van een neerslagscenario ten behoeve van een specifieke berekening is mogelijk.

Behalve het neerslagscenario, moet ook een aantal na te streven beleidsdoelstellingen worden gekozen. Een beleidsdoelstelling bestaat uit een soort kostenfunctie, waarin de invloed van modelvariabelen op het behalen van de doelstelling tot uitdrukking is gebracht. COW zal de stuurparameters zodanig aanpassen dat de schadefuncties voor de geselecteerde beleidsdoelstellingen worden geminimaliseerd. Bij keuze van meerdere beleidsdoelstellingen kan door middel van een gewicht een prioriteit aan deze doelstellingen worden gegeven ten behoeve van het maken van afwegingen door het model.

De voortgang van een simulatie (zowel het bepalen van de actuele toestand als het maken van een voorspelling) wordt duidelijk gemaakt in een 'percentage gereed'.

Er kan nu een simulatie worden gemaakt met een andere combinatie van doelstellingen of een ander neerslagscenario.

Het resultaat van de uitgevoerde simulaties kan in grafieken worden weergegeven. In een grafiek kan de waarde van een parameter bij verschillende simulaties worden gecombineerd. Bovendien kunnen historische (berekende en gemeten) waarden voor de parameter worden getoond (zie onderstaande figuur). Daarnaast kunnen rekenresultaten worden gecombineerd in tabellen (scorekaart).

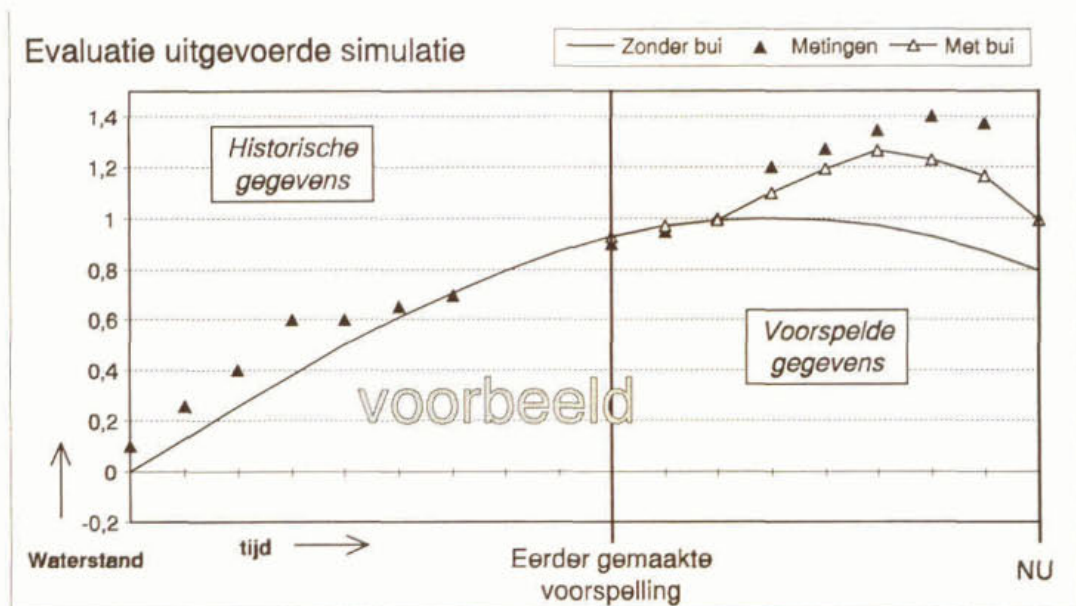


Fig. 4.3 Voorbeeld vergelijking voorspellingen met metingen

4.2.2 Evaluatie van het beleid/instrument

Als een gebruiker enige tijd met het instrument heeft gewerkt, bestaat de mogelijkheid om het uitgevoerde beleid te evalueren. Hiertoe worden de invoer en uitvoer van (door de gebruiker daartoe aangemerkte) simulaties bewaard in de on-line database.

De gebruiker kan simulatieresultaten vergelijken met (eveneens in de on-line database) aanwezige metingen die in de periode van de simulatie zijn gedaan.

De gebruiker kan alternatieve scenario's definiëren en er vervolgens simulaties mee uitvoeren vanaf een geselecteerde datum.

4.2.3 Relatie on-line database tot off-line database

Verwacht mag worden dat door dagelijkse invoer van gegevens en dagelijkse simulaties de hoeveelheid opgeslagen informatie na verloop van tijd een enorme omvang aanneemt. Om performance redenen is de mogelijkheid aanwezig om die gegevens die niet frequent geraadpleegd worden te verplaatsen van de on-line database naar de off-line database. Deze laatste heeft een identieke gegevensstructuur als de on-line database, zodat hetzelfde hulpmiddel kan worden toegepast op de off-line database.

Als de gebruiker gegevens naar de off-line database wil verplaatsen of kopiëren, dan kiest hij een daartoe ontworpen dialoog. COW zorgt zelf voor de overdracht van gegevens en het inpassen in de bestaande inhoud van de off-line database. Zodoende wordt het mogelijk om trends in grondwaterstanden, waterstanden et cetera te herkennen.

Alle modelvariabelen worden met een tijdstempel in de off-line database opgeslagen, zodat bij wijziging van modelvariabelen de oorspronkelijke waarden niet verloren gaan.

4.3 Functionaliteit COW

4.3.1 Functionele eisen

Onderstaande lijst geeft een opsomming op globaal niveau van de functionele eisen die aan COW worden gesteld. In de ontwerpfase zullen de eisen gedetailleerd worden uitgewerkt in het iteratief ontwikkelproces (zie volgende paragraaf).

COW zal zijn basisgegevens uit de centrale basisregistratie van het waterschap kunnen halen. De metingen zullen (mogelijk via een daartoe te ontwikkelen stekker) uit het beschikbare meetverwerkingssysteem worden gehaald. Reproduceerbare rekenresultaten zullen na het beëindigen van een COW-sessie worden verwijderd, tenzij de gebruiker de gegevens exporteert. De actuele beginvoorwaarden van de rekenmodellen zullen wel worden bewaard.

COW zal beschikken over één database per beheersgebied met gegevens voor alle beheerseenheden. Hierdoor is het in de toekomst eenvoudiger om regionale grondwaterstroming aan COW toe te voegen en sluit beter aan bij de legosteen-grondplaat gedachte van de GW'96. Bovendien kan COW aansluiten bij lopende ontwikkelingen als Intwis.

COW zal beschikken over de mogelijkheid tot het vullen van de database met algemene info, zoals:

- welke beheerseenheid
- locatie maatgevend punt
- selectie specifiek DBMS

COW zal beschikken over functies voor het raadplegen en analyseren van resultaten van modelberekeningen, zoals:

- vergelijken van resultaten van eerdere scenario's met metingen
- modelcalibratie
- exporteren van tabellen en reeksen naar het zogeheten comma-separated-value bestandsformaat (CSV), dat door veel spreadsheet-pakketten kan worden gelezen.

De gebruiker van COW kan de geometrie van het oppervlaktewatersysteem van de onderhavige beheerseenheid invoeren. Ter ondersteuning hiervan, kan de gebruiker vooraf klassen van waterlopen definiëren, op basis van geometrische kenmerken. De schematisatie van het oppervlaktewatersysteem bestaat uit het aangeven van de lengte van een bepaalde klasse van waterlopen die voorkomt in de beheerseenheid.

De gebruiker kan de onderstaande eigenschappen van de onverzadigde zone invoeren:

- dikte van de wortelzone
- pF-curve in tabelvorm
- k-h relatie
- Staringreeks
- per te modelleren laag de bouwsteencode uit de Staringreeks

De gebruiker kan alle kalibratieparameters van het oppervlaktewatermodel, de rekenmodellen van de verzadigde en onverzadigde zone, het ARMA-filter en de kostenfuncties invoeren en aanpassen.

In COW zullen onderstaande modelvariabelen met behulp van een ARMA-filter op aangeven van de gebruiker kunnen worden gefilterd:

- waterstand oppervlaktewatersysteem
- grondwaterstand
- aanvoer
- afvoer

De gebruiker van COW kan alle benodigde metingen invoeren in COW in verschillende tijdstappen. Dit kan handmatig of door het importeren van gegevens uit een meetverwerkings-systeem. COW zal beschikken over de mogelijkheid om grafische de beschikbare metingen weer te geven.

De rekenmodellen van COW zullen eerst worden geactualiseerd nadat metingen zijn ingevoerd, alvorens voorspellende berekeningen kunnen worden gemaakt.

De gebruiker kan ten behoeve van voorspellende berekeningen neerslagverwachting invoeren in verschillende tijdstappen. Hiertoe kan de gebruiker vooraf scenario's definiëren. Een in een scenario ingevoerde neerslag kan worden vervangen door de verwachte waarde.

COW zal beschikken over verschillende mogelijkheden om resultaten van simulaties grafisch weer te geven, waaronder:

- resultaten uitgedrukt in m + NAP en m + Maaiveld
- actuele situatie rekenmodellen in vergelijking met metingen
- combinatie van resultaten van meerdere simulaties in 1 grafiek

- ingevoerde doelwaarde variabelen
- opnemen doelwaarde variabelen in grafiek ((grond)waterstanden, chlorideconcentraties,...)

COW zal beschikken over functionaliteit voor het maken van rapportages van grafieken en tabellen op papier.

COW zal beschikken over de mogelijkheid om gegevens vanuit on-line database naar het datawarehouse (de basisregistratie) te kopiëren/verplaatsen.

COW zal gegevens kunnen importeren via de stekkerdoos water en via comma-separated-value bestanden (de laatste vorm met name voor gegevens in tabelstructuur).

Het aanvullen van meetreeksen vormt geen onderdeel van COW.

4.3.2 Eisen aan technische realisatie COW

Naast functionele eisen, zijn er ook technische eisen aan COW geformuleerd. De technische eisen hebben betrekking op de volgende aspecten:

- performance: de snelheid van de applicatie
- beveiliging: bescherming van gegevens tegen ongeautoriseerd gebruik
- hardwareplatform: de hardware platforms waarop COW beschikbaar komt.
- opslagperiode: de periode gedurende welke de gegevens in de on-line en off-line database worden opgeslagen
- opslagcapaciteit: de minimale hoeveelheid schijfruimte die beschikbaar moet zijn om met COW te kunnen werken.
- werkgeheugen: de minimale hoeveelheid werkgeheugen die nodig is om met COW te kunnen werken.
- installatie: de manier waarop COW wordt verspreid en hoe de installatie verloopt
- verkeerde invoer: de manier waarop de gebruiker tegen zichzelf beschermd wordt
- gebruikersvriendelijkheid: de manier waarop het gebruik van COW wordt vergemakkelijkt.
- integratie met externe systemen: de manier waarop COW wordt ingepast in de bestaande it-infrastructuur van gebruikersorganisaties.
- onderhoudbaarheid: eisen aan de (systeem-)documentatie en sourcecode ten behoeve van onderhoud.

performance

Bij de eerste simulatie die voor een bepaalde periode met COW wordt gemaakt worden de rekenmodellen automatisch up-to-date gebracht.

De gebruiker zal een minimale hoeveelheid invoer hoeven plegen per simulatie.
De toegestane maximale simulatieduur in operationele situatie is een minuut.

beveiliging

Er zal een scheiding zijn tussen de on-line database van COW en de basisregistratie.
Om te voorkomen dat cruciale informatie verloren gaat door ongeofende gebruikers, zullen deze gegevens alleen kunnen worden gewijzigd na invoeren van een toegangscode en na expliciete bevestiging van de gebruiker.

opslagperiode

De gegevens in de COW-eigen database (Staringreeks, initiële waarden voor rekenmodellen, actuele toestand) worden onbeperkt opgeslagen. De reproduceerbare rekenresultaten worden bij het beëindigen van de COW-sessie verwijderd. Als de gebruiker deze resultaten wil bewaren, moeten zij door de gebruiker worden geëxporteerd. De ingelezen meetgegevens worden eveneens niet opgeslagen in COW, hiervoor is het meetverwerkend systeem bedoeld. De gegevens in het 'datawarehouse' (basisregistratie) kunnen in principe onbeperkt worden bewaard.

installatie

COW zal worden uitgebracht op cd-rom met een installatieprocedure. Het zal mogelijk zijn COW te installeren op en te gebruiken vanaf een netwerk.

De cd-rom bevat naast de programmatuur en documentatie ook voorbeeldgegevens zoals de Staring-reeks, de k-h relatie et cetera.

COW vereist dat Windows95 of Windows NT reeds is geïnstalleerd op de PC.

verkeerde invoer

De user interface van COW stelt alleen die menukeuzen beschikbaar die gegeven de situatie van invoeren zijn toegestaan.

Er zal foutcontrole plaatsvinden bij invoer van gegevens (bijvoorbeeld geldigheid van bestandsnamen en directories bij importeren/exporteren).

Als er in een berekening met COW een fout optreedt zal hiervan een heldere foutmeldingen worden gegenereerd en gepresenteerd aan de gebruiker. Dit zal niet leiden tot uitvallen van COW.

opslagcapaciteit

Voor opslag van de gegevens die COW (inclusief voorbeeld gegevens) nodig heeft om een berekening te kunnen maken zal minimaal 100 Mb ruimte moeten zijn op de harde schijf. Deze hoeveelheid zal gedurende de volgende fase van het project nauwkeuriger worden bepaald.

werkgeheugen

Voor het gebruik van COW zal minimaal 8 MB werkgeheugen beschikbaar moeten zijn. Aan deze eis wordt reeds voldaan als de hoeveelheid werkgeheugen beschikbaar is die wordt aanbevolen voor de besturingssystemen waarop COW beschikbaar zal komen.

hardwareplatform en operating systeem

COW zal beschikbaar komen op IBM-compatible PC's met een Pentium processor en besturingssysteem Windows 95 of Windows/NT 4.0 of hoger.

gebruikersvriendelijkheid

De gebruiker van COW wordt ondersteund door on-line en contextgevoelige helpschermen. Gegevens die altijd aanwezig moeten zijn, zoals de Staring-reeks of de k-h relatie, zullen worden meegeleverd op de cd-rom.

Van COW zal een gebruikershandleiding worden opgesteld, waarin ook de installatie van COW is beschreven.

integratie met externe systemen

COW zal aansluiten op de Gegevensstandaard Water 1996.

Voor uitwisseling van gegevens zal COW gebruik maken van de Stekkerdoos Water.

Gedurende de ontwikkeling van COW, zal gebruik worden gemaakt van een DBMS als opslagmedium. COW maakt in operationele situatie gebruik van het bij de organisatie in gebruik zijnde DBMS.

onderhoud

Ten behoeve van het onderhoud van de COW-programmatuur zal een ontwerpdocument worden opgesteld. Hierin zal ondermeer het gegevensmodel en de functionele-decompositie worden beschreven.

De sourcecode van COW zal worden voorzien van commentaar, zoals standaard headers, interfacebeschrijvingen.

4.4 Acceptatiecriteria

Door het formuleren van acceptatiecriteria wordt het mogelijk eenduidig vast te stellen of het ontwikkelde systeem aan de gestelde eisen voldoet. Voor de ontwikkeling van COW zijn twee acceptatiecriteria geformuleerd.

- aantoonbare realisatie functionele en technische eisen
- succesvolle uitvoering praktijktest in proefgebieden

In het navolgende is beschreven welke maatregelen worden genomen om aan te tonen dat aan een criterium is voldaan:

4.4.1 Aantoonbare realisatie functionele en technische eisen

De aantoonbare realisatie van de functionele en technische eisen wordt gerealiseerd door het opstellen van een testprocedure en een testplan.

Testprocedure

De testprocedure beschrijft hoe de tests worden uitgevoerd en welke typen tests worden gedaan. Door de gekozen iteratieve ontwikkelmethode voor COW (zie volgende paragraaf) vervaagt voor een deel de scheiding tussen realisatie en testen. In elke cyclus van de ontwikkeling wordt COW getest door de gebruikers en wordt het resultaat van de testen verwerkt. In de volgende cyclus kan de gebruiker verifiëren of de door hem gerapporteerde fout is hersteld.

Testplan

In een testplan wordt in detail een aantal testen beschreven. Hierbij wordt aangegeven welke uitgangspositie geldt voor de test (welke beheerseenheid, instelling van parameters, et cetera.), welke actie van de gebruiker wordt verlangd en wat het verwachte resultaat van het programma is bij succesvolle uitvoering van de opdrachten. Tijdens de evaluatiesessies met gebruikers, zullen de testen uit het testplan worden uitgevoerd. In elke cyclus wordt het testplan uitgebreid met testen voor de nieuw toegevoegde functionaliteit.

Na de laatste cyclus zal een systeemtestplan worden geformuleerd, bestaande uit een selectie van testen uit het dan bestaande testplan. Het systeemtestplan zal dienen als leidraad bij het uitvoeren van de systeemtest.

Inbreng van de gebruiker bij het testen

Er wordt in het vervolgtraject een actieve inbreng van de gebruikers verwacht tijdens de, in de vorm van:

- het mee definiëren van aanvullende functionaliteit, en
- het uitvoeren van testen van tussentijdse versies

De testen per ontwikkelcyclus worden in nauwe samenwerking tussen gebruiker en ontwikkelteam uitgevoerd in een één tot twee dagen durende sessie.

4.4.2 Succesvolle uitvoering praktijktest in proefgebieden

Na de laatste cyclus zal een systeemtest worden afgenomen, waarin het functioneren van COW als geheel wordt getest. Bovendien wordt een review van de sourcecode gedaan met het oog op overdracht van de code aan de STOWA.

In het testplan voor de praktijktest is een aantal testen beschreven, met per test een opsomming van de functionele en technische eisen die in de test worden gecontroleerd. De testen beschrijven de uit te voeren acties en de te verwachten systeemrespons. De testen representeren in werkelijk gebruik voorkomende situaties.

De gegevens voor de praktijktest worden verkregen uit de geselecteerde proefgebieden.

4.5 Ontwikkelplan

4.5.1 Inleiding

COW zal iteratief worden ontwikkeld. Dit model heeft als voordeel ten opzichte van een lineair ontwikkelmodel dat er kort na de start van het traject al tastbare resultaten beschikbaar zijn. Deze tussenresultaten kunnen worden geëvalueerd door leden van de werkgroepen hoog en laag. Door deze tussentijdse evaluaties kan optimaal worden ingespeeld op de (veranderde) gebruikerswensen. Echter, de in deze definitiestudie genoemde functionaliteit zal leidend blijven voor de afbakening van ontwikkeling van COW.

In de onderstaande paragrafen is een beschrijving van het iteratief ontwikkelmodel opgenomen. Vervolgens worden de belangrijkste activiteiten in de diverse fasen van het iteratief ontwikkelmodel toegelicht. Tenslotte worden de gevolgen van de keuze van dit ontwikkelmodel voor de projectorganisatie besproken. Speciale aandacht gaat uit naar de rol van gebruikers van COW.

4.5.2 Iteratief ontwikkeltraject

Onderstaande figuur toont de iteratieve ontwikkelmethode. Kenmerkend voor deze methode is het herhaald doorlopen van de activiteiten Specificatie, Ontwerp, Realisatie en Evaluatie (cycli). Het traject begint met het opstellen van de specificaties voor de basis van het informatie-systeem. Vervolgens wordt hiervan een ontwerp gemaakt en wordt de basis gerealiseerd. Deze basis wordt uitgezet bij een evaluatiegroep die de basis test, gebruikt en evalueert. De resultaten van deze evaluatie worden gebruikt bij de tweede cyclus van activiteiten.

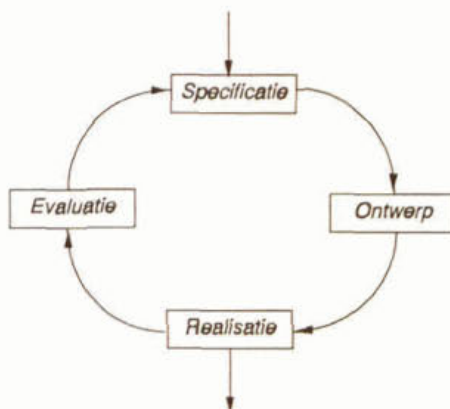


Fig. 4.4 Iteratief ontwikkelmodel

Specificatie

Tijdens de specificatiefase van elke ontwikkelcyclus wordt in overleg met gebruikers vastgesteld wat de aanvullende functionaliteit van COW is, ten opzichte van het voorgaande prototype. Tijdens deze bijeenkomsten worden de resultaten van de evaluatiefase van de voorgaande cyclus besproken. Verbeteringen van reeds opgenomen functionaliteit worden zodoende in het eerstvolgende prototype verwerkt.

De specificatiefase maakt gebruik van de volgende startprodukten:

- evaluatierapporten van de evaluatiefase uit de voorgaande cyclus
- de in het ontwikkelplan geschetste functionaliteit op hoofdlijn

De specificatiefase levert het volgende produkt op:

- (aanvullende) specificatie van functionaliteit van COW
- te verwerken verbeteringen aan eerdere prototypen

Ontwerp

Van de in de specificatiefase geselecteerde functionaliteit wordt een ontwerp gemaakt, gebruikmakend van standaard technieken (entiteit-relatie-diagrammen, data-flow-diagrammen).

De ontwerpfase maakt gebruik van de volgende startprodukten:

- (aanvullende) specificatie van functionaliteit van COW en te verwerken verbeteringen aan eerdere prototypen
- bestaande ontwerpdocumentatie

De specificatiefase levert het volgende produkt op:

- (aanvullende) ontwerpdocumentatie

Realisatie

Tijdens de fase realisatie worden de ontwerpen van de aanvullende functionaliteit en de uit de evaluatie resulterende verbeteringen van DBS geïmplementeerd in een nieuw prototype.

Voor de implementatie van code wordt een codeerrichtlijn gevolgd, waarin per functie in ieder geval zijn opgenomen:

- de naam en copyright voor *STOWA*
- het doel van de functie
- een beschrijving van de interface van de functie

De realisatiefase heeft als startprodukten:

- (aanvullende) ontwerpdocumentatie
- voorgaand prototype COW

De realisatiefase heeft als eindprodukten:

- vernieuwd prototype van COW
- systeemdokumentatie, zoals handleiding en ontwerp

Evaluatie

Tijdens de fase evaluatie wordt het ontwikkelde prototype uitgezet bij gebruikers. De gebruikers werken gedurende een periode van bijvoorbeeld twee weken met het prototype van COW.

Gebruikers krijgen een evaluatieformulier waarop opmerkingen omtrent het gebruik van het prototype of de bijgeleverde gebruikershandleiding gemaakt kunnen worden. Op het formulier zijn in elk geval de volgende items opgenomen:

- nummer van het prototype van COW
- naam van de organisatie van de gebruiker
- opsomming van in een eerdere evaluatie gesignaleerde tekortkomingen, met de vraag of deze nog steeds geldig zijn
- opsomming van in de huidige cyclus gerealiseerd aanvullende functionaliteit, met de vraag of deze goed werkt
- ruimte voor gesignaleerde tekortkomingen, op het gebied van functionaliteit, performance, documentatie et cetera.

De evaluatiefase heeft de volgende startprodukten:

- prototype COW
- gebruikersdocumentatie
- evaluatieformulier

Het resultaat van de evaluatiefase is een door elke gebruiker ingevuld evaluatieformulier.

5 Projectplanning

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 van de definitiestudie is een gedetailleerde functionele beschrijving gegeven van het hulpmiddel voor computer ondersteund operationeel waterbeheer. In deze beschrijving is bovendien geadviseerd om AQUARIUS als basis te gebruiken voor het te ontwikkelen hulpmiddel.

De verdere concretisering van IT-activiteiten en, in overleg met de opdrachtgever en de voorzitter van de begeleidingsgroep, het aanbrengen van een prioritering in de realisatie van de beschreven functionaliteiten, heeft tot het volgende resultaat geleid:

- Data-assimilatie met behulp van een ARMA-filter. Er is besloten vooralsnog geen ARMA-filter toe te passen. Uit de genoemde gesprekken is gebleken dat er nader onderzoek nodig is naar het gebruik van een ARMA-filter voor het beoogde doel. Dit onderzoek zou zich moeten richten op het bepalen van de te filteren variabelen en de manier waarop een correctie moet worden toegepast op niet gefilterde variabelen.
- Bewaren van rekenresultaten/alternatieve beheersscenario's (anders dan de mogelijkheden die AQUARIUS hiertoe nu biedt).
- Het genereren van tabellarische uitvoer. Dit wordt geheel via export functionaliteit van AQUARIUS en verloopt via export faciliteit naar een spreadsheet (MS Excel).
- Automatisch vanuit digitale legger importeren van modelgegevens.
- Simultaan presenteren van de resultaten van verschillende modelberekeningen. Dit zal verlopen via een export faciliteit naar een spreadsheet (MS Excel)
- Online draaien van AQUARIUS en het automatisch binnenhalen van gegevens uit het veld.

De in de definitiestudie voorgestelde ontwikkelmethode is gehandhaafd. De invulling en verdeling van de activiteiten over de verschillende cycli is wel aangepast. In de planning in de tijd van de activiteiten (zie paragraaf 5.3.4), is aangegeven hoe de activiteiten zijn gerelateerd aan de cycli.

5.2 Overzicht van activiteiten

Onderstaande paragrafen beschrijven de uit te voeren activiteiten. De activiteiten zijn ondergebracht in zes klassen, te weten:

- Berekeningen
- Grafische uitvoer
- Gegevensmodel
- Documentatie
- Begeleiding proefgebieden en projectleiding

5.2.1 Berekeningen

Swap is een applicatie met veel vrijheidsgraden. Ten behoeve van het gebruik in AQUARIUS zal slechts een beperkt gedeelte van de mogelijkheden van Swap worden gebruikt. Het is essentieel voor de performance van het nieuwe AQUARIUS dat alle overbodige delen uit Swap worden verwijderd. De integratie van Swap bestaat daarom ten eerste uit het isoleren van die delen van Swap die binnen AQUARIUS nodig zijn voor de modellering van de onverzadigde zone.

Vervolgens wordt hiervan een dynamic link library (DLL) gemaakt, welke vanuit AQUARIUS kan worden aangeroepen. Ten behoeve van het testen van de DLL zal een separaat Visual Basic programma worden gemaakt dat de DLL in verschillende sessies aanroept (b.v. 3 maal), waarmee de door AQUARIUS opgelegde randvoorwaarden kunnen worden gesimuleerd en waarmee de uitkomsten van de DLL-berekeningen kunnen worden gepresenteerd (eventueel aanvullend grafisch via export naar spreadsheet).

Tenslotte zullen aan AQUARIUS twee invoerschermen worden toegevoegd. Eén waarmee bodemeenheden kunnen worden gedefinieerd / toegevoegd (algemeen) en één waarmee voor deze grondtypen de laagdikten worden opgegeven (per onderscheiden deelgebied).

De communicatie tussen AQUARIUS en Swap (test programma) verloopt uiteindelijk via twee DLL calls (bijv. initialize() en rununsat()), waarbij de DLL in het computergeheugen blijft totdat AQUARIUS wordt afgesloten. Een speciaal punt van aandacht is dat alle interne variabelen van Swap, dan wel voor ieder deelgebied en tijdstap opnieuw worden bepaald (situatie vorige tijdstap onbekend) dan wel dat al deze variabelen door Swap aan AQUARIUS worden doorgegeven aan het einde van elke tijdstap en bij het begin van elke tijdstap weer worden teruggegeven door AQUARIUS aan Swap. Qua performance is het laatste te prefereren. Het geheugengebruik vormt daarbij echter wel een aandachtspunt.

Verder zullen er in AQUARIUS nog een aantal aanpassingen worden doorgevoerd:

- interactie tussen bodem en oppervlaktewater modelleren van maximaal 6 deelsystemen met verschillende weerstand
- ponding en overland flow
- introductie van vrij invoerbare hoogte-bergingsrelatie voor het oppervlaktewater (gekoppeld aan de zes deelsystemen in de grond).

Deze aanpassingen betreffen zowel het simulatiemodel als het optimalisatiemodel.

5.2.2 Gegevensmodel

Met betrekking tot het gegevensmodel is een aantal deelactiviteiten onderkend. Deze worden hieronder besproken.

Opstellen gegevensmodel

Er bestaat op het moment geen gegevensmodel van AQUARIUS. De technische documentatie is met name gericht op een beschrijving van het rekenmodel.

Om een migratie richting een Adventus applicatie mogelijk te kunnen maken zal een gegevensmodel worden opgesteld, bestaande uit Entiteit Relatie Diagrammen (ERD). Hierbij zal zoveel mogelijk de systematiek van Adventus worden gehanteerd (de te beschrijven kenmerken, het hanteren van coderingen enzovoort).

Te zijner tijd kunnen relevante gegevens uit het gegevensmodel van AQUARIUS worden ingediend bij de beheersorganisatie Adventus, om te worden opgenomen in het gegevensmodel Adventus. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gegevens die specifiek zijn voor AQUARIUS en gegevens die ook voor andere applicaties van belang kunnen zijn. Alleen de laatste categorie gegevens komt in aanmerking voor opname in het gegevensmodel Adventus.

In het op te stellen gegevensmodel van AQUARIUS worden ook de gegevens opgenomen die voor Swap noodzakelijk zijn. Deze gegevens worden bepaald aan de hand van het resultaat van de integratie van Swap in AQUARIUS.

Opslag van gegevens van AQUARIUS in een database

Nadat het gegevensmodel van AQUARIUS is opgesteld, is de volgende stap (richting een Adventus applicatie) het opslaan van de modelgegevens in een database. Deze database vervangt het ASCII bestand waarin op dit moment de modelgegevens en andere basisgegevens van AQUARIUS zijn opgeslagen.

Deze activiteit bestaat enerzijds uit het aanmaken van een database op basis van het opgestelde gegevensmodel. Daarnaast zal in AQUARIUS een aantal aanpassingen worden aangebracht, zodat de modelinformatie uit de database wordt gelezen, in plaats van uit een ASCII bestand.

In de user interface van AQUARIUS zal een onderscheid worden gemaakt tussen:

- het beheren van de gegevens in de database en
- het opstellen van een model door het selecteren van objecten uit de database.

Door de database centraal in de organisatie beschikbaar te maken wordt het mogelijk om één lijst met in het beheersgebied voorkomende kunstwerken op te stellen. Verschillende gebruikers putten allemaal uit deze lijst bij het opstellen van een model met AQUARIUS.

Importeren van meetgegevens

Gegeven de beoogde toepassing van de applicatie, nl. ondersteunen van het dagelijks peilbeheer in niet-calamiteuze situaties, is het in eerste instantie niet noodzakelijk dat de meetgegevens die met een geautomatiseerd meetsysteem worden ingewonnen, zonder tussenkomst worden gebruikt om het peilbeheer aan te passen. Met andere woorden, de applicatie is geen real time toepassing in de strikte zin van het woord. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de ingewonnen meetgegevens zijn gevalideerd en eventueel geaggregeerd. Deze gegevens zijn beschikbaar via een databestand dat inleesbaar is voor de te ontwikkelen applicatie.

Speciale aandacht vereist op dit punt het feit dat meetgegevens met verschillende intervallen beschikbaar kunnen zijn en dat AQUARIUS met een vast tijdsinterval rekent. Voor het aanmaken van de juiste intervallen dient een speciale routine te worden gemaakt.

Om de real-time situatie na te bootsen wordt een separaat programma ontwikkeld, waarmee meetgegevens handmatig kunnen worden ingevoerd. Deze gegevens worden automatisch door AQUARIUS ingelezen (on-line database), voorafgaand aan het maken van een voorspellende berekening. AQUARIUS en het invoerprogramma kunnen simultaan draaien.

5.2.3 Documentatie

De extra functionaliteit zal in de gebruikershandleiding en in de on-line help worden verwerkt. Bij het aanmaken van de documentatie zal vooral aandacht worden besteed aan duurzaamheid van de oplossing en de eenvoud bij het in de toekomst aanpassen van teksten in de manual en het helpstelsel. Daartoe wordt een nieuw systeem opgezet.

5.2.4 Grafische uitvoer

Vanuit de opname van SWAP in AQUARIUS, is de wens geuit om meer gegevens te kunnen presenteren dan momenteel in AQUARIUS beschikbaar is. Hieronder wordt verstaan:

- Verschilfuncties
- Vergelijken van alternatieven
- Evaluatie modelcalibratie
- Uitvoer in tabelvorm.

Deze extra uitvoermogelijkheden worden gerealiseerd met behulp van een aantal AQUARIUS en Microsoft Excel macro's.

5.2.5 Begeleiding proefgebieden en projectleiding

De tijdsbesteding voor de leden van de werkgroep, die de informatie omtrent een proefgebied inbrengen, zal ca. 35 dagen per medewerker bedragen.

Meer in detail omvat dit onderdeel de volgende activiteiten:

1. Keuze proefgebied en veldbezoek
2. Opstellen en beoordelen van het meetplan
3. Actief meedraaien in de bouw van de computerapplicatie waarbij de ingewonnen gegevens worden gebruikt om de werkwijze te ontwikkelen en te testen.
4. Be- en verwerken en kwaliteitsborging van de benodigde gegevens.

Voor de genoemde onderdelen wordt de volgende tijdsinspanning geraamd:

Activiteit	Van Bakel	Per waterschap
1. keuze proefgebied en veldbezoek	4	1
2. opstellen en beoordelen meetplan	5	3
3. bewerken en verwerken van gegevens voor toepassing in applicatie		16
4. actief meedraaien in ontwikkeling van applicatie	6	15
Totaal	15	35

N.B. De kosten van aanschaf apparatuur, inrichten meetpunten e.d. zijn niet meegenomen. Ook de personele inspanning voor inwinning van de gegevens is niet begroot.

Ten behoeve van het leren werken met AQUARIUS zal een workshop worden georganiseerd in de beginfase van het project, deze wordt gecombineerd met een reguliere AQUARIUS-cursus.

Naast het begeleiden van de proefgebieden vindt de algehele projectleiding plaats vanuit deze activiteit. Hieronder valt ook het bijwonen van vergaderingen van de begeleidingsgroep

5.3 Organisatorische aspecten

5.3.1 Inleiding

Een succesvolle realisatie van het instrument voor ondersteuning van het dagelijks waterbeheer vereist een strakke organisatie van de werkzaamheden. In hoofdstuk 4 van het rapport van de definitiefase is de ontwikkelmethode uitgebreid beschreven. In dit hoofdstuk zullen de organisatorische en personele aspecten voor realisatie van de applicatie worden behandeld.

5.3.2 Personele invulling

De projectleiding berust bij SC-DLO (Van Bakel). Aan dit instituut zal de opdracht voor de vervolgfase worden verstrekt. Zij is verantwoordelijk voor de voortgang en bewaakt de inhoudelijke kwaliteit. Daarnaast is zij verantwoordelijk voor de aansturing van de metingen in de proefgebieden.

De bouw van het instrument zal door SC-DLO worden uitbesteed aan HKV^{LIJN IN WATER} (Hogeweg) en het IHE Delft (Lobbrecht).

Een belangrijk element bij de realisatie is de inschakeling van *counterparts*, afkomstig van waterschappen. Hiervoor zullen de volgende waterschappen zorg dragen:

- Ws Meppelerdiep (Ter Horst);
- Ws Dollardzijlvest (De Vries/Bartelds);
- Hhr De Stichtse Rijnlanden (Van de Berg);
- Ws. Regge en Dinkel (Visser/Siebring);
- Ws Peel en Maasvallei (Peerboom);
- Ws. Groot-Salland (Ter Brake).

Genoemde personen c.q. de betreffende waterschappen hebben zich bereid verklaard tijdens de duur van het project een aanzienlijke inspanning te leveren in de vorm van het registreren van de meetgegevens, het beschikbaar stellen hiervan en het daadwerkelijk helpen vorm te geven aan het basisontwerp. Dit houdt ondermeer in dat door hen actief van AQUARIUS gebruik gemaakt gaat worden, ondermeer in de vorm van het opstellen van modellen en het uitvoeren van de noodzakelijke kalibraties.

5.3.3 Begeleiding en overleg

Het onderzoek zal worden begeleid door een begeleidingscommissie die ook heeft gefunctioneerd voor begeleiding van de definitiefase.

De begeleidingscommissie zal na elke cyclus en aanvullend één maal voor de bespreking van het eindrapport overleg plegen over voortgang, beoordeling resultaten en financiën.

De kosten voor de uitvoering van het project bedragen derhalve f 205.000,- exclusief BTW, ofwel f 240.875,- inclusief 17,5% BTW. Deze bedragen zijn inclusief reiskosten.

5.3.6 Op te leveren producten en doorkijk vervolgfases

Het op te leveren produkt is een computerapplicatie voor ondersteuning van het operationeel waterbeheer. Het produkt komt overeen met het eindprodukten van fase 2 en 3 van het oorspronkelijke projectvoorstel (dd. maart 1996), i.c. de basisontwerp en het detailontwerp. Beide produkten worden nu in 1 slag ontwikkeld. Gelet op de gewenste functionaliteit in relatie tot de te ondernemen activiteiten kan het op te leveren produkt worden gekenschetst als een alfa-versie.

In de vervolgfase zullen de onderdelen worden opgepakt die wel zijn opgenomen in de definitiestudie maar niet in de alfa-versie. Ook wordt de mogelijkheid om on line te kunnen draaien, door het automatisch binnenhalen van gegevens, als haalbaar en nuttig gezien. Het is op dit moment moeilijk de benodigde inspanning te ramen. Wel is de verwachting dat de oorspronkelijke kosten van f 35.000,- voor fase 3 niet toereikend zullen zijn.

Referenties

Adventus, 1996.

Gegevensmodel Adventus; Eindrapport deel 1 en 2; Marknesse.

Bakel, P.J.T. van, 1993.

Modelleren op maat? In: Modelleren op maat, Stowa-rapport nr. 9,

Bakel, P.J.T. van, 1985.

Effecten van peilbeheer in het gebied De Monden (Dr.). Rapport 15. ICW, Wageningen.

Bakel, P.J.T. van, 1986.

Planning, design and operation of regional surface water management systems. A case study. Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bakel, P.J.T. van, 1986.

Hydrological and economical effects of manipulating water levels in open water conduits - A case study. In: Proc. Agr. Wat. Manag. Balkema, Rotterdam.

Bakel, P.J.T. van, A. Bartelds, H.K. Hettling, J.W. Kok en G. Nijhof, 1995.

Computerondersteund oppervlaktewaterbeheer (door het waterschap Dollardzijlvest). Tauw Civiel en Bouw.

Beekman, W., P.J.T. van Bakel en G. Nijhof, 1988.

Ontwikkeling en toepassing van het simulatiemodel SWW als begeleidingssysteem voor het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer. Nota 1912. ICW, Wageningen.

Belmans, C., J. G. Wesseling and R.A. Feddes, 1983.

Simulation model of the waterbalance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydr. 63: 271-286

Beuving, J. 1982.

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

Bierkens, M.F.P., P.J.T. van Bakel en J.G. Wesseling, 1998.

Representativiteit van puntinformatie voor de beheersing van het oppervlaktewaterstand in een beheerseenheid.

CHO-TNO, 1983.

Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapporten en nota's no. 16.

Dam, J. C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, p.E.V. van Walsum, P. Groenedijk en C.A. van Diepen, 1997.

Swap version 2.0 Theory.

DBW, 1996.

Digitale Beschrijving Waterkeringen, Oplossing van knelpunten, Unie van Waterschappen, maart 1996.

GUW, 1995.

Handleiding Gegevensstandaard Unie van Waterschappen (GUW). Unie van Waterschappen, februari 1995.

Kalman, 1960.

Kalman R.E., A new approach to linear filtering and prediction problems, Transaction of the ASME - Journal of Basic Engineering, pp. 35-45, maart 1960.

Keesman, K.J., P.J.T. van Bakel, J. Kreling en B.M. Haayer, 1985.

Berekening van de langjarige aanvoereffecten en -efficiencies ten behoeve van de bepaling van de landbouwkundige baten van wateraanvoer naar het 'tus-10-plan' gebied. Nota 1623. ICW, Wageningen

KIVI/KGVL, 1992.

Van automatisering naar Sturing. Sturingsmogelijkheden van watersystemen.

Laat, P.J.M. de, 1980.

Model for unsaturated flow above a shallow water-table, applied to a regional subsurface flow problem. Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Lobbrecht, A. H., 1997.

Dynamic water-system control. Design and operation of regional water-resources systems. Thesis TUD,

Moser, G.M., 1993.

Modelleren in Rijnland. In: Modelleren op maat. Stowa-rapport nr. 9.

Peerboom, J.M.P.M., 1990.

Schadefuncties hoge grondwaterstanden op grasland. Rapport 43. SC-DLO, Wageningen.

Post, H. en P.J.T. van Bakel, 1981.

Onderzoek waterbeheer in de ruilverkabeling 'Ruinerwold-Koekange'. Onderzoek naar de mogelijkheden en effecten van peilbeheer in natuur- en landbouwgebieden. Mededelingen Landinrichtingsdienst 164.

Postma, J., 1995.

Kwantificering van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en productievermindering ten gevolge van wateroverlast op grasland. Rapport 190. Staring Centrum, Wageningen.

Rog, P. (ed.), 1990.

Sturing in het waterbeheer. Samvat rapporten no. 6.

STOWA, 1995.

STOWA/Unie-stekkerdoos Water, Toepassingsonderzoek voor de uitwisseling van gegevens binnen de sector water; STOWA publikatie 95-04; Utrecht.

STOWA, 1996.

Stekkerdoos Water: Definitiestudie SUF-OW. STOWA-rapport 96-04.

Unie van Waterschappen, 1995.

Handleiding Gegevensstandaard Unie van Waterschappen (GUW). UvW, Den Haag.

Unie van waterschappen, 1996.

Project Waterschapslegodoos. Unie van Waterschappen.

Werkgroep Waterbeheer Noord-Brabant, 1990.

Planning van de oppervlaktewaterhuishouding in midden en oostelijk Noord-Brabant. Rapport 99. Staring Centrum, Wageningen.

Walsum, P.E.V. van en P.J.T. van Bakel, 1983.

Berekening van de effecten van infiltratie op de gewasverdamping in het herinrichtingsgebied, met een aangepaste versie van het model SWATRE. Nota 1434. ICW, Wageningen.

Walsum, P.E.V. van en A.A. Veldhuizen, 1996.

Modelstudie waterhuishouding Fochteleorveen en omgeving. Simulatie van scenario's voor het waterbeheer met SIMGRO. Rapport 399. SC-DLO, Wageningen.

Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk, 1988.

Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen, Rapport 31. ICW, Wageningen.

Lijst van begrippen

Hydrologisch begrippen

Voor hydrologische begrippen wordt verwezen naar het 'Gele boekje' (CHO-TNO, 1983)

Sturingsbegrippen

Voor begrippen m.b.t. sturing in het waterbeheer zie 'Van automatisering naar Sturing' (KIVI/KGVL) en 'Sturing in het waterbeheer' (Samvat rapporten no. 4). Voor het COW-project zijn de volgende definities gehanteerd:

* Invoervariabele of ook ingangsvariabele

De onafhankelijke variabele die vanuit de omgeving op het systeem/proces inwerken

• Toestandsvariabelen

De variabelen waarmee de toestand van het proces/systeem wordt weergegeven

* Uitvoervariabelen of ook uitgangsvariabelen

De afhankelijke variabelen die het resultaat zijn van de reactie van het proces of systeem op de ingangsvariabele

• Systeemparemeters

In principe constante grootheden van het proces of systeem die bepalend zijn voor het dynamisch gedrag

• Stuurvariabelen of ook regelvariabelen

De ingangsvariabelen die worden gebruikt om het proces te regelen

• Instelvariabelen

Ingangsvariabelen die niet worden gebruikt voor de regeling maar die wel een bepaalde waarde moeten hebben om het proces of systeem te kunnen laten functioneren

Begrippen m.b.t. modellen en informatiesystemen

Onderstaande lijst is voor het grootste deel overgenomen uit NOV-rapport 13-1: 'Kennisoverzicht instrumentarium verdrogingsbestrijding' van S.J.A. van Baalen, F.J Stoppelenburg en A.C. Garritsen (1997).

- Abiotisch

Behorend tot de niet-levende natuur (v.Beusekom, 1988)

Attribuut

Eigenschap of kenmerk van een *entiteit* (Oonincx & Jansen, 1994)

- Biotisch

Tot de levende natuur behorend (v.Beusekom, 1988)

- Capillaire zoom

Het gedeelte van de verzadigde zone dat direct gelegen is boven de *grondwaterspiegel* (CHO-TNO, 1986)

- Conversie

Het omzetten van de ene voorstellingswijze in de andere (naar Uitert & Kaspers, 1990)

- Data

Als vervanging van het Nederlandse woord "gegevens" vooral gebruikt in samenstellingen als: *databank, database, databestand, datastructuur* (Uitert & Kaspers, 1990)

- Databank

Geïntegreerd geheel van gegevensverzamelingen, vastgelegd in een direct, naar verschillende gezichtspunten toegankelijk geheugen, bestemd voor informatieverstrekking in ruime kring, beheerd door een afzonderlijk programmasysteem (Uitert & Kaspers, 1990)

- Database

Een verzameling van onderling gerelateerde *informatie* (Burrough, 1986)

Databank voor een geheel van samenhangende toepassingen, meestal binnen éénzelfde organisatie (Uitert & Kaspers, 1990) Een database is een specialistische databank.

- Database Management System (DBMS)

Eén (of meerdere) computerprogramma('s) om de *informatie* in een *database* te ordenen (Burrough, 1986)

Programmapakket voor databeheer en het organiseren en besturen van de toegang (raadplegen) tot de *informatie*, opgeslagen in een *database* (Uitert & Kaspers, 1990)

- Databestand

Volledige door de computer beheerde verzameling van op één toepassing betrekking hebbende records, die op een bepaalde manier georganiseerd en toegankelijk is en die zowel programmaopdrachten als gegevens kan bevatten (Uitert & Kaspers, 1990)

Bestand met gegevens dat wordt gebruikt door een bepaald programma.

- Datastructuur

Samenhang tussen de *gegevenselementen* van een *databank* (naar Uitert & Kaspers, 1990)

Een geordende reeks gegevens die verwijst naar samenstellende gegevensbestanden of -elementen (Vlietstra, 1990) zie *structuur*

- Drainage

Afvoer van water over en door de grond en door het waterlopenstelsel (CHO-TNO, 1986)

- Duurzaam waterbeheer

Het voorzien in de behoeften en het bevorderen van de kwaliteit van de watervoorziening voor de huidige generatie, binnen de draagkracht van de ondersteunende ecosystemen, zonder daardoor de mogelijkheden voor toekomstige generaties in gevaar te brengen (v.Beek, 1993)

- Ecosysteem

Functioneel relatiestelsel binnen een bepaalde tijdruimte dat bestaat uit zowel levende als niet-levende subsystemen (Schroevens, 1982)

- Entiteit

Een zelfstandige grootheid met een eigen betekenis (Oonincx & Jansen, 1994)

- Expertsysteem

Een computerprogramma dat met behulp van de gemodelleerde kennis en procedures van een expert uitspraken doet over een bepaald probleem (Oonincx & Jansen, 1994)

- Forma(a)t

s.l.: Verzamelnaam om een aantal eigenschappen van een *datastructuur* aan te duiden, zoals indeling, klasse, datatype en representatie (Uitert & Kaspers, 1990)

s.s.: De vorm waarin een gegeven weergegeven wordt, bv. bij *attributen* het datatype, lengte, aantal decimalen e.d. (STOWA, 1996)

- Gebiedsvreemd water

s.s.: Van elders aangevoerd water, met een andere samenstelling dan het oorspronkelijk voorkomende water (v.d.Veen & Garritsen, 1994)

s.l.: Water met een andere samenstelling dan het oorspronkelijk voorkomende water, hetzij t.g.v. aanvoer van elders, hetzij t.g.v. veranderingen in de samenstelling van het water in situ a.g.v. menselijke ingrepen

- Gebruikers interface

Functionele eenheid, door middel waarvan de gebruiker met het computersysteem kan communiceren (Uitert & Kaspers, 1990)

- Gegevenselement (GUW)

zie *attribuut*

- Gegevensgroep

Een afzonderlijk te definiëren groep van *entiteiten* en hun *attributen* (STOWA, 1996)

- Grondwaterspiegel

Het vlak door de punten waar de druk van het grondwater gelijk is aan de atmosferische druk (naar CHO-TNO, 1986)

- GUW (Gegevensstandaard Unie van Waterschappen)

Een overzicht van definities en (technische) formaten van gegevens die worden uitgewisseld tussen waterschappen onderling en met andere organisaties. Hoewel de gegevensstandaard is gemaakt met het oog op de vele uitwisselingsrelaties, is deze op zich nog geen uitwisselingsformaat (UvW, 1995)

- Informatie

De betekenis die de ontvanger krachtens ervaring of afspraak (conventie) aan een (combinatie van) gegeven(s) toekent (Ooninx & Jansen, 1994)

• Informatiebehoefte

De behoefte welke binnen een organisatie bestaat aan relevante informatie om haar doelstellingen te bereiken en haar functies te ondersteunen (Uitert & Kaspers, 1990)

• Informatiesysteem

s.s. Ingeperkt tot een digitaal (geautomatiseerd) systeem: een structuur waarbinnen één of meerdere *modellen* en *databestanden* zijn gekoppeld aan een *DBMS* zodanig dat een gebruiker op eenvoudige wijze de door hem/haar gewenste informatie uit de door hem/haar aangeleverde en/of ingebouwde databestanden kan halen. Een informatiesysteem bestaat meestal uit een "onzichtbare" rekenkern (processor) en "zichtbare" in- en output velden (pre- en postprocessor, liefst windows-bestuurde *gebruikers interface*).

s.l. Geheel aan mensen, procedures en apparatuur binnen een organisatie, bestemd, gebouwd, bediend, gehanteerd en onderhouden om gegevens te verzamelen en te verwerken, de aldus verkregen informatie op te slaan, terug te zoeken, weer te geven en te verstrekken, en als zodanig fungerend als verbindingsschakel tussen de aanwezige gegevens en de informatiebehoeften van de gebruikers (Uitert & Kaspers, 1990)

• Informatievoorziening

Het geheel aan processen bestaande uit het verzamelen, opslaan en verwerken van gegevens, en het beschikbaar stellen ervan aan de juiste mensen, op de juiste plaats en tijd, in de juiste vorm en frequentie en met de juiste inhoud (correct en volledig) (Uitert & Kaspers, 1990)

• Instrumentarium

De gezamenlijke gereedschappen voor een bepaald doel (De Boer, 1992)

Het geheel aan *modellen*, *modelpakketten* en *data* dat een gebruiker ter beschikking staat bij de oplossing van problemen.

• Kwelelasticiteit

De verandering van de kwel als gevolg van de verandering in de grondwaterstand (v.Bakel, 1995)

• Lokale hydrologie (systeem)

De hydrologie die zich afspeelt binnen het *topstelsel* van het te vernatten gebied (v.Bakel, 1995)

• Metamodellering

Het maken van vereenvoudigde versies van ingewikkelde *modellen*, toegespitst op bepaalde probleemsituaties (v.Beek, 1993), te gebruiken op managementniveau

- Methode

s.l.: Vaste, weldoordachte manier van handelen om een zeker doel te bereiken

s.s.: Wijze van handelen bij een wetenschappelijk onderzoek

(Geerts Heestermans, 1984)

- Model

Een vereenvoudigde voorstelling van (een deel van) de werkelijkheid met een operationeel karakter, bedoeld om concrete vragen op te lossen. Een vuistregel is volgens deze definitie ook een model (naar Garritsen, 1996). zie *modelpakket*

- Model, ecohydrologisch

Ecohydrologische modellen voorspellen veranderingen van abiotische standplaatsfactoren aan de hand van veranderingen in de hydrologie door ingrepen in de waterhuishouding (Garritsen, 1993)

- Model, hydro-ecologisch

Hydro-ecologische modellen voorspellen veranderingen van de vegetatie aan de hand van veranderingen in standplaatsfactoren (Garritsen, 1993)

- Modelleren

s.l. Het proces van het maken van een *model*, eventueel gebruikmakend van wiskundige formules of computerprogramma's (v.Bakel, 1993)

s.s. In het dagelijks taalgebruik: het toepassen van een computerprogramma voor het maken en doorrekenen van een *model*

- Modelpakket

Computerprogramma geschikt om een *model* op te stellen of door te rekenen.

- Operationeel waterbeheer

De dagelijkse *waterbeheersing* als uitvoering (hoe) van het *tactisch waterbeheer* (naar Moser, 1993). Er wordt gestreefd naar het continu instellen van een zo gunstig mogelijke situatie m.b.v. beheersmaatregelen zoals bemaling, wateraflaat, waterinlaat en conservering.

- Piepsysteem

Het uitvoeren van peilbeheer (op grond van ervaringsregels), waarbij als terugkoppelingsmechanisme de reactie van de ingelanden wordt gebruikt (Beekman et al., 1988)

- Regionale hydrologie (systeem)

Hydrologie op een schaalniveau groter dan het schaalniveau van de *lokale hydrologie* (naar v.Bakel, 1995)

- Schil

zie *gebruikers interface*

- Stekkerdoos (STOWA/Unie)

Algemeen toepasbare software die uit te wisselen bestanden in- en uitpakt in het NEN 1878-formaat (STOWA, 1995). Bestanden moeten aangeleverd worden volgens de Gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen (*G UW*). De classificatie-code volgens de *G UW* dient tevens als coderingssysteem voor de stekkerdoos.

- Stekker (STOWA/Unie)

Software die specifieke gegevens van een gebruiker vertaalt (converteert) volgens het in de Gegevensstandaard van de Unie van Waterschappen (*G UW*) vastgestelde classificatiestelsel (STOWA, 1995). Een conversietabel vormt het hart van deze software.

- Standaard Uitwisselings Formaat (SUF)

Voorgeschreven structuur van uitwisselingsbestanden. Veelgebruikte SUF's zijn NEN 1878 (STOWA/Unie-stekkerdoos Water) en NetCDF/HDF (RIVM). Door bestanden die tussen twee of meerdere programma's uitgewisseld moeten worden volgens deze structuur op te bouwen, wordt uitwisseling vereenvoudigd. (vrij naar STOWA, 1995)

- Standplaats

Ruimtelijke eenheid die homogeen is voor wat betreft de belangrijkste abiotische *standplaatsfactoren* die voor de plantengroei van belang zijn (geciteerd door v.d.Veen & Garritsen, 1994)

- Standplaatsfactor

Een variabele abiotische eigenschap van de standplaats, die (statistisch) verklarend is voor het al dan niet voorkomen van plantensoorten (naar v.d.Veen & Garritsen, 1994)

- Strategisch waterbeheer

Waterbeheer op voornamelijk bestuursniveau, waarbij aan de hand van de vastgestelde gebruiksfunctie van gebieden wordt bepaald wat voor waterbeheer er gevoerd zou moeten worden (naar Moser, 1993)

- **Structuur**

De wijze waarop de delen van een geheel onderling zijn geschikt (Uitert & Kaspers, 1990)

- **Subgroep**

Een groep *entiteiten* binnen een *gegevensgroep* (STOWA, 1996)

- **Subinfiltratie**

De directe aanvoer van water via het oppervlaktewatersysteem naar het grondwatersysteem (v.Bakel, 1995)

- **Tactisch waterbeheer**

Waterbeheer op managementsniveau, waarbij het *strategisch beheer* wordt vertaald in concrete (waar en wanneer) beheersmaatregelen (naar Moser, 1993)

- **Topsysteem**

De bovenrand van een geohydrologisch systeem, bestaande uit de combinatie van gewas/atmosfeer, oppervlaktewater, onverzadigde zone en een deel van het *freatisch water*. De onderkant van het topsysteem bevindt zich daar waar lokale verschillen aan het maaiveld niet meer afzonderlijk herkenbaar zijn.

- **User interface**

zie *gebruikers interface*

- **Verdroging**

Alle onbedoelde effecten als gevolg van de daling van de grondwaterstand op bos, natuur en landschap, zowel als gevolg van vochttekort als van mineralisatie en verandering in de invloed van kwel en neerslag. Een gebied met een natuurfunctie wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand water van onvoldoende kwaliteit moet worden aangevoerd (NW3, ENW).

- **Vuistregels**

Gemakkelijk toepasbare, in de meeste gevallen opgaande regel (De Boer, 1992)

Globale praktische regel, dan wel algemeen opgaande berekeningsformule, die voor een eerste benadering bruikbaar is (Uitert & Kaspers, 1990)

(Reken)regels, hetzij gebaseerd op (jarenlange) praktijkervaring, hetzij gebaseerd op vereenvoudigde wetenschappelijke *modellen*

● Watersysteem

Een samenhangend geheel van oppervlaktewater- en grondwatervoorkomens, inclusief de directe, voor het functioneren van het betreffende water relevante omgeving en de daarbij behorende biotische component (v.Beusekom, 1990)

● Wegzijing

Neerwaartse stroming van grondwater (v.Beusekom, 1990); ook wel negatieve kwel

Referenties bij deze begrippenlijst

Bakel, P.J.T. van (1993) Modelleren op maat? in: Modelleren op maat, stowa rapport nr. 9, juli 1993

Bakel, P.J.T. van (1995) Ideeën over vuistregels verdrogingsbestrijding. TAUW-projectnummer 05861.08, september 1995

Beek, E.van (1993) Duurzame modellering voor duurzaam waterbeheer. Delftse Universitaire Pers, Delft. 26 pp.

Beekman, W. et al. (1988) Simulatiemodel Waterbeheer Waterschappen. ICW Nota 1912, oktober 1988

Beusekom, C.F. van et al. (1988) Water boven water. Stusieresultaten 1983-1987 van de Studiecommissie Waterbeheer-, Natuur, Bos en Landschap

Beusekom, C.F. van et al. (1990) Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap. SWNBL, Staatbosbeheer, Driebergen.

Boer, W.Th. de (1992) Wolters' Woordenboek Nederlands, Koenen. Wolters-Noordhoff, Groningen.

Burrough, P.A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soil and resources survey no.12, Clarendon Press, Oxford, Great-Britain

CHO-TNO (1986) Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapport no. 16, CHO-TNO, Den Haag.

- Garritsen, A.C. (1993) Linking hydrological and ecological models. In: The use of hydro-ecological models in The Netherlands. Proceedings CHO-TNO nr. 47. CHO-TNO, Delft
- Garritsen, A.C. (1996) Dertien in een dozijn? Discussiestuk NOV-13. RIZA-WSG, 10-2-'96
- Geerts, G. & H. Heestermans (1984) Van Dale groot woordenboek der Nederlandse Taal, elfde herziene druk. Van Dale Lexicografie, Utrecht/Antwerpen.
- Moser, G.M. (1993) Modelleren in Rijnland. in: Modelleren op maat, stowa rapport nr. 9, juli 1993
- Oonincx, J.A.M. & W. Jansen (1994) Leerboek informatiesystemen: de praktijk. Samsom Bedrijfsinformatie, Alphen a.d. Rijn, 1994
- Schroevers, P.J. et al. (1982) Landschapstaal, een stelsel van begrippen voor de landschapsecologie. Pudoc, Wageningen, 1982
- STOWA (1995) STOWA/Unie-stekkerdoos Water; Toepassingsonderzoek voor de uitwisseling van gegevens binnen de sector water. STOWA-rapport nr. 95-04, STOWA, Utrecht.
- STOWA (1996) Stekkerdoos Water: Definitiestudie SUF-OW. STOWA-rapport 96-04 (concept maart 1996)
- Uitert, C.v. & A.M. Kaspers (1990) Lexicon informatica, deel 1: Algemene Automatisering. Samsom bedrijfsinformatie, Alphen a.d. Rijn, 1990
- UvW (1995) Handleiding Gegevensstandaard Unie van Waterschappen (GUW). UvW, Den Haag, februari 1995
- Veen, G.J. v.d. & A.C.Garritsen (1994) Kennisoverzicht Ecohydrologie: een inventarisatie van kennis en expertise op het gebied van ecohydrologie en verdroging. NOV-7 rapport, RIZA, Lelystad
- Vlietstra, J. (1990) Lexicon informatica, deel 1: Industriële Automatisering. Samsom bedrijfsinformatie, Alphen a.d. Rijn, 1990

Aanhangsel

**Samenstelling van de begeleidings- en werkgroep
Computerondersteund Waterbeheer**

Begeleidingsgroep:

dr.ir. P.J.T. van Bakel	DLO-Staring Centrum
ing. F. Benning	Waterschap Meppelerdiep
drs. A.C. Garritsen	RIZA
ir. C. Griffioen	Waterschap Groot-Salland
ing. J.W. Kok	Waterschap Dollardzijlvest
ir. G.M. Moser (voorzitter)	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
ir. J. Stam	Waterschap De Maaskant
ir. L. Wentholt	Stowa

Wergroep

ir. M.H.M. Janssens (voorzitter)	Sector Waterbeheer Vecht en Amstel
dr.ir. P.J.T. van Bakel	DLO-Staring Centrum
ing. A. Bartelds	Waterschap Dollardzijlvest
ing. J.M.M. Bouwmans	DLG
J.G.A. van Duinhoven	Waterschap De Dommel
ir. H. Groen	Waterschap Noorderzijlvest

ing. E. de Gruijter	Waterschap 't Suydevelt
ir. M. Hogeweg	HKV Lijn in Water
H. ter Horst	Waterschap Meppelerdiep
ir. F. van Kruiningen	Hoogheemraadschap van Rijnland
ir. G.J. Leene	Waterschap Noorderzijlvest
G. Nijhof	Waterschap Dollardzijlvest
ing. J.A.J. Oostdam	Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard
ir. J.M.P.M. Peerboom	Waterschap Peel en Maasvallei
ing. J. van Roon	Waterschap Hunze en Aa
ir. R. van Veen	Waterschap Roer en Overmaas
ir. T.N.M. Visser	Waterschap Regge en Dinkel
ir. H. de Vos	Amstel en Vecht
ir. P. de Vries	Waterschap Dollardzijlvest
ir. L. Wentholt	Stowa

