

Het spaarbekken Jannezand geohydrologisch gezien

Inleiding

Sinds de jaren zeventig wordt water uit de spaarbekkens in de Brabantse Biesbosch gebruikt voor de drink- en industriewatervoorziening in zuid-west-Nederland (zie afb. 1). Het systeem van één voorraadbekken ('De Gijster') en twee procesbekkens ('Honderd en Dertig' en 'Petrusplaat') was ruim voldoende voor de afzet in die periode van 115 à 125 miljoen m³ per jaar. In de tweede helft van de jaren tachtig steeg de afzet naar 165 à 170 miljoen m³ per jaar. Derhalve werd kort na 1990 begonnen met



IR. J. M. J. WAALS
NV Waterwinningbedrijf
Brabantse Biesbosch



IR. A. P. SALVERDA
Witteveen + Bos Raadgevende
ingenieurs bv

de voorbereiding van het reeds geplande vierde bekken op de locatie 'Zuiderklip'. In dezelfde periode werd de Biesbosch uitgeroepen tot Nationaal Park. De spaarbekkens maken géén deel uit van het Nationaal Park en ook de gereserveerde locatie 'Zuiderklip' is als een zelfstandige enclave in het gebied opgenomen. Volgens het Beheers- en Inrichtingsplan van het Nationaal Park de Biesbosch is de aanleg van een vierde bekken op de Zuiderklip echter strijdig met de doelstellingen van het Nationaal Park. De provincie Noord-Brabant heeft daarop het initiatief genomen om een locatie buiten de grenzen van het Nationaal Park te vinden voor de aanleg van een vergelijkbaar bekken [Oskam, 1995]. De aanwijzing van een dergelijke locatie is MER-plichtig. In tegenstelling tot de bestaande bekkens zijn de alternatieve locaties gelegen in landbouwgebied en zelfs nabij woonkernen. De geohydrologische effecten voor de omgeving vormden dan ook een belangrijk criterium in het uiteindelijke keuzeprocess. In het kader van het MER is een indicatieve modelstudie uitgevoerd, waarmee op globale wijze de effecten van elk alternatief afzonderlijk berekend zijn. Mede op basis van deze berekeningen bleek het alternatief op de locatie Jannezand met lage dijken het Meest-Milieuvriendelijke Alternatief. Dit alternatief vormt de basis voor de verdere uitwerking van het ontwerp [Prov. Noord-Brabant, 1994; Salverda, 1995]. De resultaten van de indicatieve studie waren voldoende om de verschillende alternatieven in het kader van het MER te

Samenvatting

Het ontwerp van het vierde Biesbosch-spaarbekken op de locatie Jannezand was aanleiding om de geohydrologische effecten voor de directe omgeving zo nauwkeurig mogelijk te bepalen. Vanwege de interactie tussen de te verwachten effecten en het ontwerp van het spaarbekken werd gekozen voor een stapsgewijze verfijning van het grondonderzoeksprogramma en het grondwatermodel. Bij de berekeningen tijdens het definitief ontwerp was het noodzakelijk, het ontwerp aan te passen om de wijziging van de grondwaterstand in de woonkern Hank te minimaliseren. Uiteindelijk blijken de berekende effecten van het spaarbekken Jannezand zeer beperkt te zijn voor de directe omgeving.

kunnen vergelijken. Voor een nauwkeurige berekening van de effecten en het ontwikkelen van het definitief ontwerp was het geohydrologisch model echter niet toereikend. Vandaar dat besloten werd om het model stapsgewijs te verfijnen en pas bij het Definitief Ontwerp te komen tot gedetailleerde effectbepalingen en eventuele mitigerende en compenserende maatregelen. Naast de fasering van de hydrologische studie per ontwerpfase beschrijft dit artikel de invloed van deze studie op het ontwerp van het vierde Biesbosch-bekken ('Jannezand') en de belangrijkste effecten op de omgeving.

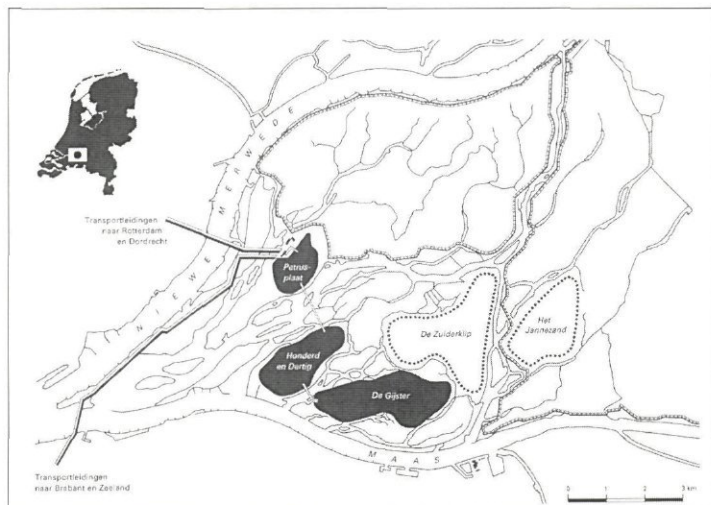
Het ontwerpproces Jannezand

De ontwikkeling van het ontwerp van het spaarbekken Jannezand bestaat uit meerdere fasen. Gedurende het MER is het spaarbekken schetsmatig opgezet en zijn oriënterende berekeningen voor de geohydrologie gemaakt. Nadat het MER was afgerond, is begonnen met het 'voorlopig ontwerp' (v.o.), waarin het schetsontwerp nader is gedetailleerd. De belangrijkste aanpassing ten opzichte van het MER was de verhoging van de bekendheid met één meter, zodat volstaan kon worden met een iets kleiner wateroppervlak. Op deze manier werd het mogelijk om een bredere randzone tussen het spaarbekken en het nabijgelegen dorp

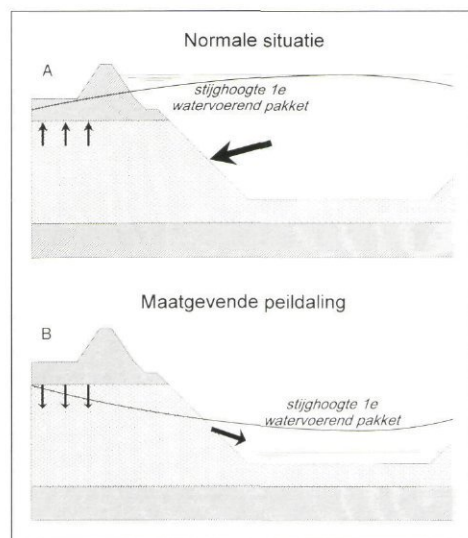
Hank aan te leggen. In het v.o. is het normale peil in het bekken vastgesteld op NAP +3,0 m in de winter en op NAP +3,5 m in de zomer. Op basis van aanvullend geotechnisch onderzoek tijdens het v.o. werd de bodemdikte van het bekken vastgesteld op NAP -15 à -20 m. Hiermee wordt een bekken gecreëerd met een voorraad van 45 miljoen m³. In het 'definitief ontwerp' (d.o.) wordt de exacte ontgravingsdiepte vastgesteld, wordt het dijkontwerp gedetailleerd uitgewerkt en worden de geohydrologische effecten op de omgeving nauwkeurig bepaald. Op basis hiervan worden mitigerende en compenserende maatregelen genomen om deze effecten te minimaliseren. Dit is dus een iteratief proces, waarbij het ontwerp bepalend is voor de geohydrologische effecten, die op hun beurt weer bepalend zijn voor aanpassingen aan het ontwerp. Tot de belangrijkste effecten behoren wateroverlast in kruipruimten, zettingsrisico's, vernattings- c.q. verdrogingschade in de landbouw en de beïnvloeding van de afwatering in het poldergebied.

Principewerking

Het waterniveau in het Jannezand is in de normale situatie NAP +3,0 à +3,5 m (resp. winter- en zomersituatie). In deze situatie zal er water uit het bekken naar de omgeving weglekken (zie afb. 2a).



Afb. 1: - Overzicht
Biesbosch-bekkens.



Afb. 2: - De principewerking van een spaarbekken.

Een dergelijke lekstroom biedt weliswaar positieve mogelijkheden voor natuurontwikkeling in de randzone, maar er kunnen ook negatieve effecten optreden in de vorm van wateroverlast in de bebouwde omgeving en de landbouw.

Als de Maas gedurende lange tijd ongeschikt is als bron voor de drinkwatervoorziening wordt de inlaat gesloten en wordt de voorraad in het bekken aangesproken. Bij een langdurige inlaatstop van 6 weken zal het niveau in het bekken dalen tot ongeveer NAP -4,0 m en bij een inlaatstop van 10 weken tot NAP -13 m. In deze situaties zal er water vanuit de omgeving naar het bekken toestromen (zie afb. 2b).

Hoewel een dergelijke situatie slechts zeer incidenteel zal optreden, moeten de mogelijke effecten voor verdrogingschade in de landbouw en zettingsrisico's voor de bebouwde omgeving bepaald worden.

Het grondonderzoekprogramma

In het kader van het d.o. is een gedetailleerde studie uitgevoerd, bestaande uit een grondonderzoekprogramma en een modelstudie. Het grondonderzoekprogramma bestond uit een geotechnisch en een geohydrologisch onderzoek.

Hiermee werden de relevante bodem- en geohydrologische parameters vastgesteld, die enerzijds bepalend zijn voor het ontwerp van het spaarbekken, anderzijds voor de effecten van het spaarbekken op de omgeving.

Het geotechnisch onderzoek bestond uit een groot aantal sonderingen en boringen, uitgevoerd tot een diepte van 80 à 100 m. In een gebied van circa 350 ha zijn de kwartaire en tertiaire afzettingen met een basisraster van 250 m in kaart gebracht. Plaatselijk, waar afwijkingen geconstateerd werden, werd dit basisraster verdicht tot 80 à 125 m. Dit leverde een bodemopbouw

op, zoals deze in afbeelding 3 is geschematiseerd voor het hele gebied. Plaatselijk zijn echter afwijkingen geconstateerd, vooral voor de dikte van de deklaag en de kleilagen behorend tot de Formatie van Kedichem.

Om de geohydrologische effecten vooraf met behulp van een model nauwkeurig te kunnen bepalen, moeten de verschillende parameters, zoals doorlatendheid en weerstand van de diverse lagen, nauwkeurig worden vastgesteld [Van Wee, 1997]. Aangezien het spaarbekken voor een belangrijk deel aangelegd wordt in de Formatie van Sterksel, bepaalt de horizontale doorlatendheid van dit zandpakket

(het eerste watervoerende pakket) in sterke mate de effecten op de directe omgeving. Derhalve zijn twee pompproeven uitgevoerd in deze laag, waarbij de gemiddelde doorlatendheid voor dit pakket (kD-waarde) werd bepaald op 650 m²/dag à 1.000 m²/dag (aan de westzijde resp. oostzijde van het bekken). Om de weerstand van de kleilagen behorend tot de Formatie van Kedichem te bepalen, is ook een pompproef in het tweede watervoerende pakket gedaan. Daarbij is bepaald, dat deze laag een gemiddelde weerstand van circa 900 dagen heeft. Daardoor blijven de effecten van het spaarbekken op de diepere lagen en de wijdere omgeving beperkt.

De modelstudie

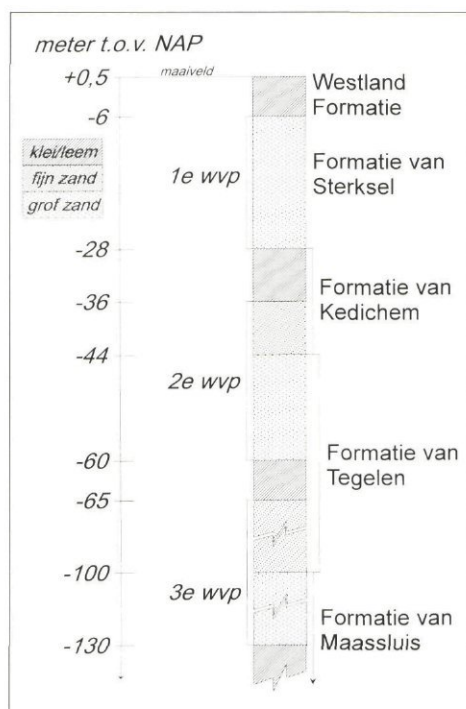
Voor het MER was al een indicatief model gebruikt. Dit model loopt van het Hollands Diep in het westen tot aan de Afgedamde Maas in het oosten en van de Merwede in het noorden tot aan de lijn Heusden-Drunen-Markkanaal in het zuiden.

De informatie uit het grondonderzoekprogramma over de ligging van de bodemlagen en de grootte van de verschillende parameters zijn gebruikt om het grondwatermodel verder te detailleren.

In de omgeving van het Janneezand is het netwerk verfijnd met een nauwkeurige modellering van de oppervlaktewateren en het poldersysteem (het top-systeem).

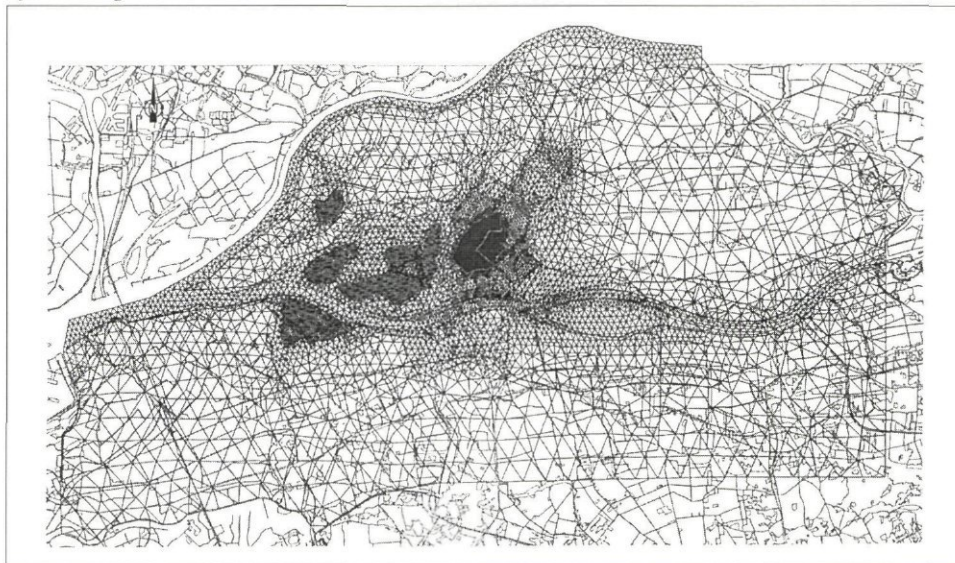
In en rond het Janneezand liggen de verschillende knooppunten op een afstand van 25-150 m; aan de randen van het model zijn de knooppuntsafstanden circa 1.000 m (zie afb. 4).

Het verbeterde model werd vervolgens geijkt met de gegevens van circa 25 peilbuizen in het modelgebied en de bemalinggegevens. De kalibratie gebeurde voor een hydrologisch gemiddelde situatie, waarna het model is gevalideerd voor een afwijkende



Afb. 3: - De geologie en bodemopbouw.

Afb. 4: - Het grondwatermodel.



situatie (resp. een droge en een natte periode). De afwijkingen tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden c.q. stijghoogtes waren kleiner dan 25 cm, zoals vooraf als eis gesteld was. Op basis hiervan is de conclusie gewettigd, dat de nauwkeurigheid van het model groot is. Na de ijking van het model zijn verschillende scenario's doorgerekend. Deze scenario's hebben enerzijds betrekking op de situatie in het bekken (een normaal zomer- of winterpeil of een incidentele inlaatstop). Anderzijds bepaalt de hydrologische situatie buiten het bekken (een normale, een droge of een (extreem) natte periode) de effecten in de omgeving. Gekozen is om 9 scenario's door te rekenen, die maatgevend zijn voor het ontwerp en representatief voor de effecten in de omgeving (zie tabel I). Daarbij zijn zowel de stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten bepaald, als de verandering in de kwel en de wijziging in de freatische grondwaterstand.

TABEL I – De modelscenario's.

No	Bekkenpeil	Hydrologische situatie
1.	Normaal zomerpeil (NAP + 3,5 m)	Normale zomer
2.	Normaal zomerpeil (NAP + 3,5 m)	Droge zomer
3.	Normaal zomerpeil (NAP + 3,5 m)	Natte zomer
4.	Normaal winterpeil (NAP + 3,0 m)	Normale winter
5.	Normaal winterpeil (NAP + 3,0 m)	Extreem natte winter
6.	Maatgevende peildaling (NAP –13,5 m)	Normale periode
7.	Maatgevende peildaling (NAP –13,5 m)	Droge periode
8.	'Kort'durende inlaatstop (NAP – 4,0 m)	Normale periode
9.	'Kort'durende inlaatstop (NAP – 4,0 m)	Droge periode

Aanpassing van het ontwerp

De eerste berekeningen van het geohydrologisch model gaven inzicht in de mogelijke effecten. Op basis van de normale (zomer)situatie waren de belangrijkste uitkomsten:

- de lekverliezen uit het bekken blijven beperkt tot circa 32.000 m³/dag
- de extra kwel kan door de aanwezige gemalen eenvoudig verwerkt worden
- slechts in een klein landbouwgebied, direct grenzend aan het bekken (ca. 10 ha) treedt een opbrengstvermindering door wateroverlast op van ca. 4%
- de extra kwel biedt positieve kansen voor natuurontwikkeling in de randzone rond het bekken
- er zijn géén zettingsrisico's voor de bebouwing in de omgeving
- in de bebouwde kom van Hank stijgt de freatische grondwaterstand met 5-20 cm. Vooral dit laatste punt gaf aanleiding tot een aanpassing van het ontwerp. Een stijging van de freatische grondwaterstand tot 20 cm zou kunnen leiden tot wateroverlast in de kruipruimten van de woningen. Derhalve is gekeken naar een mogelijkheid om de kwelstroom richting Hank te verminderen. Dit bleek eenvoudig

Afb. 5: - De wijziging van de grondwaterstand in een gemiddelde zomer.



te realiseren door een nieuw te graven watergang (de 'kanoroute') plaatselijk te verdiepen tot in het eerste watervoerende pakket. Hierdoor wordt de stijging van de freatische grondwaterstand in Hank zelf beperkt tot circa 5 cm (zie afb. 5). Deze ingreep is technisch eenvoudig uit te voeren (zie afb. 6). Het verminderen van de kwel in Hank heeft als consequentie, dat het verhang groter wordt en daarmee het lekverlies uit het bekken. Zelfs bij een beperkte ingreep in een deel van de kanoroute neemt het lekverlies uit het bekken met circa 10% toe tot 35.000 m³/dag. Deze extra kwel manifesteert zich echter in de natuurontwikkelingszone direct langs het spaarbekken, wat positief beoordeeld wordt.

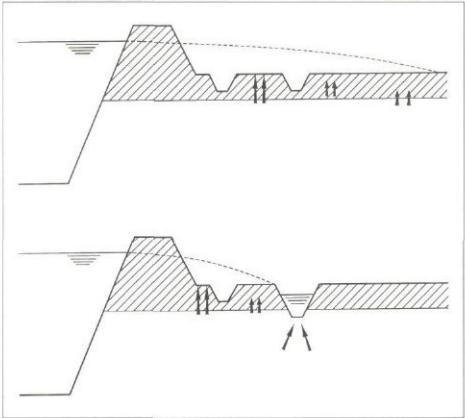
De effecten van het aangepast ontwerp
Met de aanpassing van de kanoroute in het ontwerp zijn de definitieve berekeningen gemaakt. Ten opzichte van de effecten in de normale (zomer)situatie is het lekverlies in de winterperiode (met een lager bekken-niveau) ruim 5.000 m³/dag minder. Hierdoor zijn de effecten op de omgeving van een spaarbekken in de normale situatie klein.

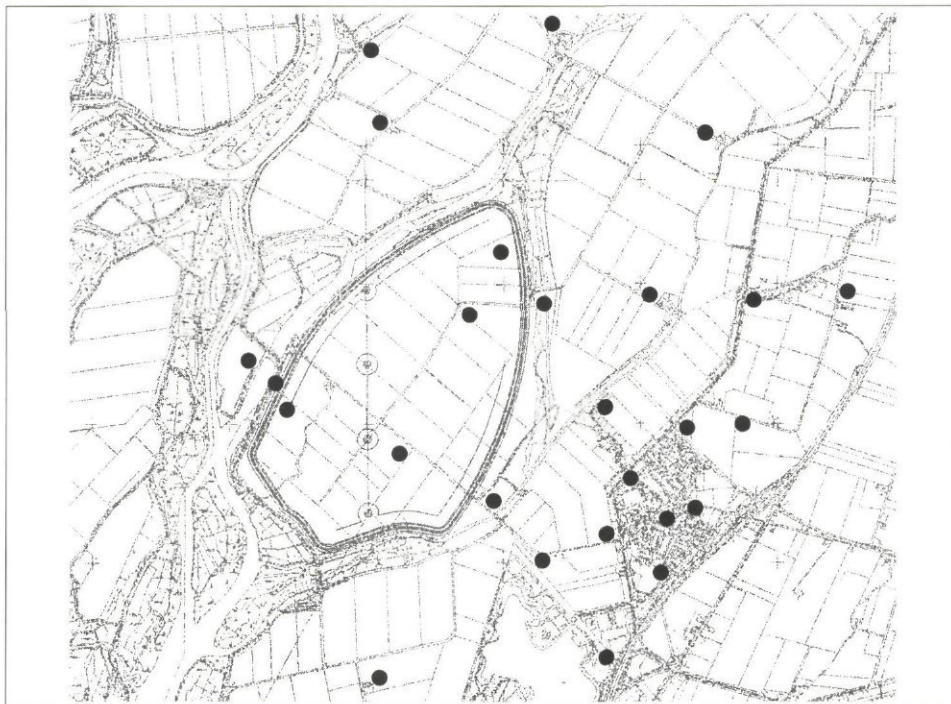
Bij een incidentele, langdurige innamestop (van 6 à 10 weken) kan het peil in het bekken aanzienlijk dalen (tot NAP –13,5 m bij een maatgevende peildaling). Geohydrologisch betekent dit, dat de normale kwelsituatie kan omslaan in een tijdelijke inzijging (tot maximaal ruim 130.000 m³/dag). Door het incidentele, relatief kortdurende karakter van een grotere peilverlaging in het Jannezand zijn de effecten op de grondwaterstand in de omgeving gering.

Conclusie

De geohydrologie speelt een belangrijke rol bij het ontwerpproces voor het vierde Biesbosch-spaarbekken op de locatie Jannezand. In tegenstelling tot de bestaande spaarbekkens is het Jannezand vrijwel geheel omgeven door landbouwgebied, terwijl de woonkern Hank op een afstand van circa 1 km ligt. Het hydrologisch

Afb. 6: - Het oorspronkelijke ontwerp en de verdieping van de 'kanoroute'.





Afb. 7: - Het nulmeetnet.

onderzoek heeft in elke fase van het ontwerpproces een belangrijke rol gespeeld. Per fase is een stapsgewijze verfijning doorgevoerd. Tijdens het definitief ontwerp zijn door gedetailleerd geotechnisch en geohydrologisch onderzoek de relevante gegevens met voldoende nauwkeurigheid verzameld en ingevoerd in het grondwater-model.

Op basis van de eerste modelberekeningen is het ontwerp enigszins aangepast. Vooral de effecten van een spaarbekken Janneezand voor de grondwaterstand in de kern Hank zijn tot vrijwel nul gereduceerd door het afvangen van de kwel via een verdiepte watergang, de 'kanoroute'. De overige effecten worden vooral bepaald door het lekverlies uit het spaarbekken. De effecten zijn echter (zeer) gering. Bij een normaal bekkenpeil stijgt de grondwaterstand in het omringende landbouwgebied met enkele centimeters tot decimeters. Bij een incidentele peildaling in het bekken (door een innamestop) kan er een toestroming naar het bekken optreden, maar vanwege het kortstondige karakter zijn de effecten voor de omgeving vrijwel nihil.

Hoewel het 10 à 15 jaar duurt voordat het spaarbekken Janneezand gerealiseerd is, is inmiddels een uitgebreid meetnet van peilbuizen in en rondom het Janneezand geïnstalleerd (zie afb. 7). Vanaf mei 1996 worden de waterstanden en stijghoogten gemeten, zodat de daadwerkelijke verschillen tussen de huidige situatie (zonder spaarbekken) en de toekomstige situatie (mét spaarbekken) bepaald kunnen worden. Op deze wijze kan achteraf

gecontroleerd worden of de berekende geohydrologische effecten overeenkomen met de werkelijkheid en kan zonodig worden bijgestuurd.

Literatuur

- Oskam, G. en Waals, J. M. J. (1995). *Het vierde Biesbosch-bekken* Voordracht uit de 47e Vakantiecursus Drinkwatervoorziening 'Bouwen voor de 21e eeuw' gehouden op 6 januari 1995 aan de TU-Delft.
- Provincie Noord-Brabant (1994). *MER Uitwerkingsplan Vierde Spaarbekken*.
- Salverda, A. P., Waals, J. M. J. en Biesheuvel, A. (1996). *Geohydrologisch onderzoek voor het vierde Biesbosch-bekken*, H₂O (29) 1996, nr. 3, pagina 67-70.
- Wee, T. H. van, Waals, J. M. J. en Salverda, A. P. (1997). *Ontwerp spaarbekken Janneezand: Optimalisatie van geohydrologische proeven bij grote projecten*, Stromingen (in druk).
- Witteveen+Bos (1994). *MER Uitwerkingsplan Vierde Spaarbekken: Basisdocument Geohydrologie*.

• • •

Dynamische simulatie

- Slot van pagina 671.

vlak van energieverbruik zijn veelbelovende resultaten bereikt. De toepassing brengt echter ook kosten en andere consequenties met zich mee. Tegenover de potentieel grote (financiële) voordelen staan kosten voor het ontwerp van de regelaar, de benodigde hard- en software en de noodzakelijke analyzers. Ook moet worden stilgestaan bij de mogelijke veranderingen in de procesvoering. In plaats van het aanpassen van (zuurstof)setpoints komen doelfuncties en evaluatie van performance

meer naar de voorgrond. In het kader van de hedendaagse aandacht voor milieurendement en kostenefficiëntie zijn het vooral deze laatste aspecten die de toepassing van geavanceerde regelaars interessant maakt.

In het eerste artikel van dit drieluik is de waarde van dynamische simulatie in de praktijk geïllustreerd aan de hand van een aantal voorbeelden van uiteenlopende aard. Dit tweede artikel heeft zich gericht op de mogelijke inzet van simulatie bij de regeling van het zuiveringsproces.

In het derde en laatste artikel zal worden ingegaan op het afvalwatersysteem, waarbij de waarde van simulatiemodellen in een bredere scope wordt geplaatst.

Literatuur

1. Meinema, K., Roest, H. F. van der, Schagen, K. M. van en Veersma, A. M. J. (1997). *'Dynamische simulatie: van theorie naar praktijk'*, H₂O (30) 1997, nr. 22.
2. Schagen, K. M. van, Veersma, A. M. J., Meinema, K. en Roest, H. F. van der (1995). *'Multivariabel: de nieuwe generatie?'*, H₂O (28) 1995, nr. 16.

• • •

Colloquium Recent Advances in Subsurface Hydrology

The Section for Hydrology and Ecology of the Department of Water Management, Environmental and Sanitary Engineering (Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology), has recently started a colloquium series under the title *Recent Advances in Subsurface Hydrology*.

The colloquium is meant to serve as a forum for presenting results of up-to-date research in subsurface hydrology.

The following two talks are scheduled for the third colloquium in this series *Mathematical modeling of biodegradation of organic pollutants in soils*, Claudio Gallo (Centre for Advanced Studies, Research and Development in Sardinia (CRS4), Cagliari, Sardinia, Italy) and *Napl in the subsurface: processes and remediation methods an overview*, Majid Hassanizadeh (Department of Water Management, Environmental and Sanitary Engineering Delft University of Technology, Delft, The Netherlands).

Location, date and time

Thursday, November 6, 1997. 14u30;
Room 5.99, Faculty of Civil Engineering and Geo Sciences, Stevinweg 1,
NL-2628 CN Delft.

Information

Ed Veling 015-278 50 74,
e-mail: Ed.Veling@ct.tudelft.nl &
Majid Hassanizadeh 015-278 73 46,
e-mail: Majid.Hassanizadeh@ct.tudelft.nl.