
Boeken

Analytical Solutions of Geohydrological Problems

door G.A. Bruggeman, *Developments in Water Science* nr 46, gebonden, 970 pagina's, 1999, Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-81829-4, f 465, \$ 236, Euro 211,01.

Toen uw recensent in 1982 als wiskundige de wereld van de hydrologie binnenstapte op het toenmalige RID (Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening) te Leidschendam, had hij het voorrecht gehuisvest te worden op de kamer van Gijs Bruggeman (GB) om het hydrologievak te leren. Wij deelden de belangstelling voor analytisch wiskundig werk en ik was verrast door zijn grote kennis op dit vakgebied (binnen de wiskunde bekend staand als de mathematische fysica) die hij zich zelf eigen had gemaakt. Hij vertelde mij eens dat professor Josselin de Jong hem suggereerde Laplace-transformatietechnieken toe te passen en dat hij daardoor in één klap een stuk verder kon komen met het afleiden van oplossingen van relevante hydrologische problemen. In die tijd herbergde zijn bureau vijf ordners die steeds geraadpleegd werden als een hydroloog langskwam om te vragen of er een oplossing bestond voor een of ander praktijkprobleem. Vaak had GB die oplossing voorradig of anders werd het probleem opgelost.

De verzameling groeide dus gestadig, en er bestond al een soort van classificatie

(opgezet door Arie Obdam) die later door GB sterk zou worden uitgebreid en verfijnd en te gebruiken als een flora voor het formulemateriaal. Het was bij iedereen duidelijk dat deze schat aan gegevens gepubliceerd zou moeten worden. Door de niet-aflatende aansporingen en inspanningen van Cees van den Akker (die het contact met Elsevier legde) werd GB moreel verplicht om zijn ordners te publiceren in boekvorm. Dat heeft wat voeten in aarde gehad, want aan de ene kant bleef GB maar doorgaan om nieuwe formules af te leiden (zie pag viii), aan de andere kant schrok Elsevier van de (financiële) consequenties om zo'n boek te publiceren, omdat in dit geval de auteur geen drukklaar zetsel zou aanleveren (waar uitgeverijen tegenwoordig zo dankbaar gebruik van maken). GB heeft tenslotte lang na zijn pensionering een handgeschreven manuscript ingeleverd bij de uitgeverij. Dit manuscript had bij wijze van spreken in facsimile gedrukt kunnen worden: GB heeft een fraai regelmatig handschrift en het geheel was verduidelijkt met tal van illustratieve modelgebiedschetsjes. GB suggereerde Elsevier voor het zetwerk een Collectief van Houtense Huisvrouwen dat al eerder goed werk had afgeleverd, maar Elsevier koos tenslotte voor het bureau VTEX in Vilnius, Litouwen. Dit bureau heeft een fantastische prestatie geleverd waarbij het duidelijk was dat daar wiskundigen aanwezig zijn of zelfs het werk deden gezien de drukproeven met daarin correcties

op schrijffouten. VTEX wist ook de tekenin-
getjes goed te reproduceren.

Tenslotte was het zo dat het boek in
februari 1999 op de markt verscheen, en het
is me bekend dat de auteur nu opgelucht
was bevrijd te zijn van de jarenlange druk
van zijn omgeving om toch maar zijn
levenswerk te publiceren. Omdat veel werk
tot stand kwam in de RID-, respectievelijk
RIVM-tijd prijkt het RIVM-logo op de
omslag en het titelblad. De NHV heeft uit-
gebreid stilgestaan bij de publicatie op een
feestelijke bijeenkomst (21 januari 2000 te
Driebergen) waar GB onder voorzitterschap
van Kees Maas (wiens carrière sterk door
hem werd beïnvloed) werd toegesproken
door De Vries, Van den Akker en Verruijt.
Gijs Bruggeman ontving toen een Erken-
ning voor Bijzondere Verdiensten van de
Nederlandse Hydrologische Vereniging¹.
Sindsdien is GB meer naar buiten getreden
door het geven van PAO-cursussen en door
congresbezoek (AEM, AGU).

Voor ons ligt nu een bijzonder boek, toege-
seden op het vakgebied van de hydrologie
en dus met al de ons bekende variabelen en
parameters, met 508 pagina's formules voor
de analytische oplossingen van geohydrolo-
gische problemen (Part A). Het tweede deel
(Part B) van 440 pagina's is gewijd aan de
wiskundige modelbouw en aan de noodzake-
lijke technieken om de oplossingen in het
deel A te kunnen afleiden. Het boek wordt
afgesloten met een nuttige lijst van
gebruikte symbolen (met pagina-nummer
voor de definitie en dimensie) en een alge-
mene index.

Er zullen tal van hydrologen zijn die bewe-
ren dat zij zo'n boek niet nodig hebben
omdat de bestaande numerieke eindige-
elementen- en eindige-differentie-computer-
codes al voldoende zijn voor hun werk. Ik

denk dat zij zichzelf te kort doen door geen
kennis te nemen van dit boek. Deze codes
zijn inderdaad onmisbaar voor het algemene
praktijkprobleem, maar het gebruik van
analytische formules voor, het zij toegege-
ven, geschematiseerde gevallen kan de
hydroloog snel een enorme voorsprong
geven om inzicht te krijgen in de afhanke-
lijkheden van de parameters. Bovendien
laat de analytische oplossing zien welke
combinatie van de parameters een dimen-
sionloze groep oplevert, hetgeen bij nume-
rieke experimenten om de parameterafhan-
kelijkheden vast te stellen een reductie
geeft van het aantal computerruns.

Het boek begint dus (vreemd) genoeg met
het deel A 'Solutions' terwijl pas in deel B
'Mathematical Tools' de gebruikte technie-
ken worden uitgelegd. De problemen worden
ondergebracht in de volgende 5 hoofd-
klassen:

- A Phreatic groundwater
- B Confined groundwater
- C Multi-layer systems
- D Dispersion
- E Density flow (sharp interface)

De klasse B weer wordt opgedeeld in de 6
deelklassen:

- BI One-dimensional flow
- BII Two-dimensional radial-symmetric
flow
- BIII General two-dimensional flow
- BIV Three-dimensional spherical flow
- BV Three-dimensional axial-symmetric
flow
- BVI General three-dimensional flow

Via een determinatiesleutel wordt de
gebruiker stap voor stap naar de oplossing
van zijn probleem geleid. Soms zal het nodig
zijn zelf het probleem iets anders te formu-
leren (verwisseling van assen of gebruik
maken van aanwezige symmetrieën) om met
behulp van de sleutel tot resultaat te
komen. De auteur heeft heel nauwkeurig
aangegeven bij elke oplossing welke
methode daarvoor is gebruikt. Deze metho-
den worden in deel B nader verklaard. Dus

¹ Zie **Michael van der Valk (2000)**; in:
STROMINGEN, jrg 6, nr 2, pag 46-47.

in het (tamelijk) onwaarschijnlijke geval dat uw probleem niet staat vermeld in het boek, dan is het pad in ieder geval geëffend om zelf te trachten een oplossing te vinden.

Gezien de achtergrond van de auteur is het goed te begrijpen dat inderdaad de meeste aandacht wordt besteed aan het verzadigde grondwater (met typische praktijkproblemen geïnspireerd door de toenmalige Deltawerken, zoals bouwputten). Het onderdeel met transportvergelijkingen valt hiermee vergeleken wat korter uit. Hij besteedt geen aandacht aan transportvergelijkingen gekoppeld met een gewone differentiaalvergelijking (zoals een chemische reactievergelijking); dat type gekoppelde vergelijkingen staan ook wel bekend onder de naam 'dual porosity equations'. Daar staat tegenover dat GB de laatste jaren de smaak te pakken heeft gekregen om gebruik te maken van matrixfuncties om oplossingen af te leiden van meerlagen-systemen, hierbij geïnspireerd door het werk van Maas² en Hemker en Maas³.

Deel B is opgesplitst in drie hoofdstukken:

I Basic Principles for Saturated Groundwater Flow

II Analytical Solution Methods

III Functions

In dit deel van het boek wordt duidelijk dat de auteur een geroutineerde hydroloog is en precies datgene behandelt wat ook werkelijk relevant is in het kader van de doelstellingen van het boek. Hoofdstuk I is een redelijk beknopte inleiding tot de hydrologie van verzadigd grondwater. Hoofdstuk II bevat veel standaard stof, ook te vinden in algemene wiskundeboeken, maar er wordt ook uitgebreider ingegaan op (tegen-

woordig) iets minder bekende zaken zoals de Hankel-transformaties, conforme afbeeldingen, hodograaf en methoden om oplossingen te construeren gebaseerd op bestaande oplossingen. In 2.3.4 (Solutions in anisotropic soils) volgt GB het eerste boek van Jacob Bear (1972, 1988)⁴. Maar uw recensent wil ook wijzen op een andere mogelijkheid om te schalen (en om ook oppervlakte-, en volume-elementen invariant te laten). Zie daarvoor het tweede boek van Bear (1979)⁵ en het artikel van Olsthoorn (1982)⁶. Dit stuk wordt afgesloten met het memorabele reciprociteitsprincipe, dat best wat meer bekend zou mogen zijn. Er wordt een bewijs gegeven en het principe wordt met behulp van een paar expliciete (niet triviale) voorbeelden verduidelijkt en geverifieerd. Hoofdstuk III beschrijft de functies die optreden in deel A. De auteur is hier uitvoeriger dan menig leerboek en ook hier is zijn ervaring gecondenseerd in een aantal nuttige relaties en identiteiten met afleidingen. Hij heeft een naam gegeven aan een fraaie combinatie van functies, de Polderfunctie:

$$P(x, y) = \frac{1}{2} e^{2x} \operatorname{erfc}(x / y + y) + \frac{1}{2} e^{-2x} \operatorname{erfc}(x / y - y).$$

Hierdoor krijgen vele formules een sympathieker gezicht. Zelfs voor een wiskundige zal in dit hoofdstuk nog wel een hem onbekende identiteit te ontdekken zijn. In ieder geval wordt veel achtergrondinformatie gegeven over deze functies die anders voor iemand met een hydrologische opleiding moeilijk te traceren zou zijn in de mathematische literatuur.

² C. Maas (1986) **The use of matrix differential calculus in problems of multiple-aquifer flow**; in: *Journal of Hydrology*, vol 88, pag 43–67.

³ C.J. Hemker en C. Maas (1987) **Unsteady flow to wells in layered and fissured aquifer systems**; in: *Journal of Hydrology*, vol 90, pag 231–249.

⁴ Jacob Bear (1972, 1988) **Dynamics of Fluids in Porous Media**; Dover Publications, New York, pag 290–297.

⁵ Jacob Bear (1979) **Hydraulics of Groundwater**; McGraw-Hill, New York, pag 73 en 169–175.

⁶ T.N. Olsthoorn (1982) **Anisotropie, een verwaarloosd verschijnsel bij grondwatervraagstukken**; in: *H₂O*, jrg 15, nr 1.1, pag 262–267 en 273.

Gezien de solistische werkwijze van de auteur is het niet verwonderlijk dat literatuurverwijzingen naar eerder gepubliceerd materiaal vrijwel ontbreken. Enkel een klein aantal standaardwerken wordt genoemd. Hij verontschuldigt zich daarover in de het voorwoord (pag viii). Het zou een enorme taak zijn te bepalen welk percentage van de circa 1100 problemen voor het eerst in dit boek wordt opgelost. Nog moeilijker zou de beantwoording van die vraag zijn indien ook de literatuur van andere vakgebieden erbij zou worden betrokken. Uw recensent schat dat dit percentage toch gauw in de orde van grootte van enige tientallen procenten zal zijn.

Een aantal waarschuwingen met betrekking tot de notatie is hier op zijn plaats, hoewel alle gebruikte variabelen steeds duidelijk zijn verklaard (ter plekke en in de lijst op het einde van het boek):

- 1 De auteur werkt vaak in verlagingen in plaats van stijghoogten.
- 2 De z -as staat soms naar beneden gericht, waardoor in 3D een linksdraaiend systeem ontstaat.
- 3 De auteur gebruikt ϕ [L] voor de stijghoogte en de ϕ [L^2T^{-1}] voor de groothed $K\phi$. Voor de stroomfunctie gebruikt hij ψ [L^2T^{-1}]. Deze twee grootheden worden meestal aangeduid met respectievelijk Φ en Ψ (in ieder geval in de literatuur over analytische elementen).
4. Voor de permeabiliteit wordt K [LT^{-1}] gebruikt in overeenstemming met de eerste keus in de Verklarende hydrologische woordenlijst⁷. Maar op veel plaatsen wordt hiervoor toch de k gebruikt. Voor de intrinsieke permeabiliteit wordt k [L] gebruikt, waarvoor de andere stroming de Griekse letter κ reserveert.

⁷ CHO-TNO (1986) **Verklarende hydrologische woordenlijst**; CHO-TNO, Rapporten en Nota's nr 16.

- 5 Soms wordt een wat ongebruikelijk complex vlak gedefinieerd; $\zeta = x + iz$, waarbij z omlaag wijst.

In die gevallen waarbij wij (op het RID) destijds uit verschillende bronnen verkregen analytische oplossingen vergeleken met die van GB en waarbij ogenschijnlijk er een discrepantie optrad met betrekking tot de tekens, bleek uiteindelijk steeds dat de oorzaak was gelegen in de punten hierboven, hetgeen aanleiding gaf tot de geveulegde woorden "Eind goed, al goed".

Het aantal drukfouten is opmerkelijk gering; degene die echt van belang zijn volgen hieronder (Bruggeman *in litt.*):

- 1 pag 20, regel 2, (12.06): voeg toe "- KH".
- 2 pag 215, regel 7, (241.26): voeg toe in de formule tussen) en } de letter t.
3. pag 247, regel 2, (323.04): verander de R in de formule in een L .
- 4 pag 296, regel 14, (354.12): verander D in b , twee keer.
- 5 pag 377, regel 11, (532.01): verander L in l .
- 6 pag 482, regel 3, (820.02): verander "for $r > 0$ " in "for $t > 0$ ".
- 7 pag 863, regel 10, (29): voeg toe voor de () de functieaanduiding "exp".
- 8 pag 863, regel 13, (32): voeg toe voor de () de functieaanduiding "exp".

Voor een uitgebreid overzicht van de inhoud zij verwezen naar de Elsevier-website voor dit boek⁸, en voor een andere boekbespreking naar het *Journal of Contaminant Hydrology*⁹. Ook valt nog de notitie geschreven door Theo Olsthoorn¹⁰ over een formule (335.17) te noemen.

Samenvattend kan ik zeggen dat het boek, ondanks de hoge aanschafprijs onmisbaar is

⁸ <http://www.elsevier.nl/locate/ISBN/0-444-81829-4>

⁹ *Journal of Contaminant Hydrology*, vol 43, pag 187-189 (2000), door Feike J. Leij.

¹⁰ Theo N. Olsthoorn (2000) **Complexe oplossingen uit het boek van Bruggeman**; in: *Stromingen*, jrg 6, nr 3, pag 5-7.

voor de analytische geïnteresseerde hydroloog. Uw recensent vindt het een prachtig boek dat hij al heel wat keren heeft geraadpleegd. Meer in het algemeen zullen wetenschappers zoekend naar oplossingen voor begin-, randwaarde-problemen op hun specifieke vakgebied er baat bij hebben (met enige aanpassingen met betrekking tot de variabelen en parameters). Eigenlijk zou het niet mogen ontbreken op elk ingenieursbureau, waarbij ik me kan voorstellen dat het boek nog meer aan waarde zou winnen indien er ook hulpmiddelen ter beschikking komen om de analytische expressies vakkundig en nauwkeurig numeriek te evalueren. Het is mij bekend dat er hiertoe al enige initiatieven zijn genomen. Men kan denken aan het gebruik van een pakket als Matlab. Het zou ideaal zijn als het boek wordt uitgebracht op een CD met hyperlinks naar numerieke software. Zou dat nog lang duren?

Ed Veling

Analytical Solutions of Geohydrological Problems

door G.A. Bruggeman, Developments in Water Science nr 46, gebonden, 970 pagina's, 1999, Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-81829-4, f 465, \$ 236, Euro 211,01.

Toen ik in het begin van mijn hydrologische carrière tegen een probleem opliep waar ik noch mijn baas uit konden komen, kwam mijn baas met het volgende advies: "Als we het echt niet meer weten moet je maar contact opnemen met Bruggeman van het RIVM. Die kan overal een formule voor afleiden!". Er zijn mensen die niet weten hoe snel ze zo'n advies moeten opvolgen. Wat is er immers makkelijker dan iemand die al jouw problemen kan oplossen. Voor mijzelf werkt het juist averechts: ik geloof niet in mensen die overal een antwoord op weten. Ik heb dan ook erg mijn best gedaan

om het contact met zo'n als alwetend hydroloog gepresenteerd mens te vermijden. Mogelijk speelde mee dat ik bang was om, als die heer Bruggeman met een oplossing zou komen, ik misschien wel zou moeten toegeven dat ik het niet zo begrijpen. Ik heb dan ook erg mijn best gedaan een eigen oplossing te bedenken, en aangezien de betreffende opdrachtgever de rekening uiteindelijk heeft betaald, ben ik daar in geslaagd.

Ik heb Bruggeman nooit gezien, nooit gesproken. Dat maakt de magie rond de man alleen maar groter. Hydrologen die ik inhoudelijk een stapje hoger beoordeel dan mijzelf spraken met respect over hem, en meldden dat hij met een boek bezig was. In dat verband is de term 'bijbel' regelmatig gevallen. Niet zo lang geleden is dat boek dan eindelijk verschenen, wat ook wel tijd werd, want Gijs Bruggeman is inmiddels gepensioneerd. Het boek draagt de droge titel 'Analytical solutions of geohydrological problems' en is uitgegeven in de serie 'Developments in water science' van Elsevier.

Nu het boek voor me ligt, blijkt er ook qua omvang sprake van een bijbelachtig boek. De bladzijdenteller stopt pas bij 959. Ook een tweedeling in testamenten vind ik terug. Na het voorwoord begint deel A, dat opnieuw een buitengewoon droge titel heeft: 'Solutions'. Deel B begint op bladzijde 509 en heet 'Mathematical tools'.

Voor de inhoudelijke bespreking van het boek verwijs ik naar de bespreking van Ed Veling in ditzelfde nummer. Het is duidelijk dat Bruggeman in staat was om een veelheid van formules af te leiden en op enig moment besloot er een boek van te maken. Het is bijna aandoenlijk om te lezen dat Bruggeman besluit om ergens een lijn te trekken om het formaat van het boek binnen de perken te houden. De lijn komt op 1100 oplossingen te liggen, wat doet vermoeden dat die lijn eerst op 1000 lag, maar

dat er daarna per ongeluk nog 100 bij kwamen. Gelukkig heeft Bruggeman de nummering zodanig gemaakt dat nieuwe formules kunnen worden toegevoegd zonder de bestaande nummering overhoop te gooien. Een heel belangrijke vraag bij zo'n lijvig boekwerk is of ik kan vinden wat ik zoek. Hoewel ik altijd respect heb voor dikke boeken, hangt de bruikbaarheid van een boek af van de toegankelijkheid. Ik besluit een probleem te definiëren met een winning in een poldergebied vanuit een tweede watervoerend pakket, waarvan de afdekkende laag op 2 km afstand uitwigt. Ik wil verlagende weten als ik de winning opstart.

Ik besluit de determinatietabel ter hand te nemen, en begin bij vraag 1. Omdat mijn grondwater homogeen is (geen dichtheidsverschillen) mag ik gelijk door naar vraag 5. Daar wordt gevraagd of er freatisch water bij mijn probleem betrokken is. Dat is het wel, maar ik wil eerst kijken naar de verlagingen in het gepompte pakket, zodat ik met enige twijfel voor de weg langs vraag 7 kies. Daar kies ik de meerlaagssystemen, en dan mag ik gelijk naar formule 700. Daar wachten mij nieuwe vragen: is mijn systeem continu (nee, dus door naar 750). Op die plaats aangekomen wacht mij een onaangename verrassing: er zijn zo veel vormen van discontinuïteit in een pakket, dat Bruggeman besloten heeft zich te beperken tot problemen waarbij een deel van het bovenste watervoerend pakket vervangen is door volledig doorsnijndend waterlichaam (rivier, meer, enzovoort). Er bekruipt mij onmiddellijk een 'dat-heb-ik-weer'-gevoel. Het eerste beste probleem wat ik verzin hoort niet bij de 1100 van Bruggeman. In algemene termen staat wel beschreven hoe zo'n formule verkregen moet worden, maar juist omdat ik het analytisch rekenen zo slecht beheers (en dus niet in staat ben om die varianten te af te leiden) had ik mijn hoop op het boek gevestigd.

Ook bij een tweede probleem dat ik verzin, levert het boek mij geen kant en klare

formule op. Dat betekent dat ik een andere ingang moet vinden om het boek te bespreken. Ik blader langs de formules, en probeer te begrijpen wat de figuurtjes voorstellen. Daar moet ik mijn best voor doen, want de tekeningetjes zijn erg schematisch. Ik loop vluchtig langs oneindig lange waterlopen die cirkelvormige heterogeniteiten doorsnijden onder een semi-doorlatend damlichaam. En kijk daar eens: met formule 370.01 vind ik iets dat op mijn eerste probleem lijkt. Daarvoor moet ik het bovenste watervoerend pakket vervangen door een vast polderpeil, zodat mijn probleem verschuift naar de familie van de single-layer-problemen. De oplossing die Bruggeman hiervoor geeft blijkt voor mij een probleem op zich: er staat een dikke integraal met e-machten, wortels en cosinussen, waarvan ik zo op het eerste gezicht nog niet zie hoe ik daar een verlaging uit moet vogelen. Dat is geen toeval: bijna elke oplossing die Bruggeman presenteert veronderstelt een stevige wiskundige basis bij de lezer.

Dat probleem moet ook door Bruggeman, en anders door de lezers van de eerste proefversies van zijn boek zijn onderkend. Deel twee is een toelichting op de mathematische instrumenten die gebruikt zijn. Met die titel doet Bruggeman de inhoud van dit tweede deel echter te kort: in een verbluffend compacte en heldere stijl legt hij uit hoe het water tussen de bodemdeeltjes stroomt. Bijna terloops verweeft hij zijn beschouwing van de werkelijkheid met de wiskundige beschrijving ervan, maar het eerste hoofdstuk is meer fysica dan wiskunde. Details als richtlijnen voor het houden van een pompproef en de relatie tussen het soortelijk gewicht van water en de chloride-concentratie komen aan de orde, maar altijd binnen de consistente ordening van het geheel der hydrologie. Pas na 70 bladzijden gaat Bruggeman wat dieper in op de wiskunde. Vanaf hoofdstuk 2 waar de analytische oplossingsmethoden besproken worden, gaat het

weer echt over wiskundige bewerkingen. Daar raak ik dan ook ergens de draad kwijt. Het verschil tussen de eindige Hankel-transformatie en de Schwarz-Christoffel-transformatie is aan mij niet besteed. Een hoofdstuk over de gebruikte functies completeert het boek.

Hoe moeten we dit boek nu beoordelen? Het moge duidelijk zijn dat er sprake is van een indrukwekkend boek. De bijna duizend pagina's zijn volgeschreven met compacte, bijna droge, zakelijke inhoud. Nergens betrap ik de auteur op een flintertje wolligheid. Verder blijkt uit alles dat Bruggeman de materie de baas blijft, dat hij overzicht behoudt. Het is dus een boek waaruit we veel kunnen leren, en dat komt niet in de eerste plaats door de omvang.

Aan de andere kant is de focus op de inhoud van het boek ook een zwakte: er wordt zeker in het eerste deel erg weinig toelichting gegeven. De scheiding tussen uitkomsten (deel A) en het overzicht van de bewandelde wegen (deel B) zal een hydroloog die een oplossing wil reconstrueren niet altijd tot tevredenheid stemmen. Ook de figuurtjes die de problemen beschrijven zijn erg schematisch en niet altijd in één oogopslag herkenbaar.

Wie zich realiseert dat dit werk de kennis van één mens bevat, kan niet anders dan diep respect opbrengen. Maar ik bespreek hier niet de kennis van een mens, ik bespreek een boek dat tegen een stevige kostprijs in de handel aangeschaft kan worden. In dat verband is de bruikbaarheid van het boek een relevant criterium, en dan wordt het allemaal toch wat kritischer. Een boek heeft een doelgroep, en in dit geval lijkt me dat de hydrologen in de wereld. Om dan een boodschap over te kunnen brengen, moet je aansluiten bij de kennis die bij die doelgroep aanwezig is. Het boek van Bruggeman veronderstelt veel wiskundige kennis (of op zijn minst interesse en vaardigheid)

om van het boek te kunnen profiteren. Ik ken mensen die afgeven op hydrologen "die tijdens de wiskunde-colleges hebben zitten slapen", maar daar sluit ik me niet bij aan, al was het alleen maar omdat ik als HBO-er nooit wiskunde-college heb gevolgd. Een hydroloog moet beoordeeld worden op wat hij/zij van water begrijpt, en wiskunde is daarvoor één van de beschikbare gereedschappen. Ik twijfel een beetje over de aansluiting tussen het boek en de doelgroep.

Uiteindelijk komt, ook als het over bruikbaarheid van het boek gaat, de associatie met de bijbel bij mij op: er zijn mensen voor wie dit boek een hydrologische manier van leven vertegenwoordigt. De meeste mensen zullen er hap-snap uit citeren wanneer het hen het beste uitkomt. Er zullen ook mensen die zich tegen de manier van werken verzetten. Persoonlijk verwacht ik vooral uit hoofdstuk 1 van deel B te zullen putten.

Al met al ligt er een boek voor me, waarvan ik me kan voorstellen dat het een slordige f 500,— waard is, en er zijn niet veel boeken waarvan ik dat zeg.

Harry Boukes

Tracers and Modelling in Hydrogeology
door A. Dassargues (red), IAHS-publicatie
262, 1999, ISBN 1-901502-21-X, 572 + xii
pag, £ 74,00

Voor het begrip 'tracer' weet ik zo snel geen goed Nederlands equivalent. Waar het om gaat, is dat met fysieke of chemische karakteristieken van het water zelf of van in water opgeloste of meegevoerde stoffen herkomst en stromingsrichting kunnen worden bepaald en idealiter een groot deel van het hydrologische systeem beschreven kan worden. Zo'n karakteristiek noemen we een tracer. Aan de hand van tracers kan een stromingsmodel worden geijkt, waarmee extra informatie wordt gebruikt naast de in het algemeen voorhanden zijnde gegevens over fluxen of stijghoogten. Zo kan een op basis van potentialen gekalibreerd en vervolgens 'goed' bevonden grondwatermodel opeens aanzienlijk minder betrouwbaar blijken wanneer bijvoorbeeld uit de geanalyseerde isotopensamenstelling naar voren komt dat de ouderdom of herkomst van het bemonsterde water totaal niet overeenkomt met wat het grondwatermodel zonder deze informatie aan verblijftijden of stroombanen berekent. Het is dan tijd voor een bijstelling, zowel van het model als van ons beeld dat

ijking op louter fluxen of grondwaterstijghoogten voldoende was.

Deel 262 uit de serie rode boeken van de International Association of Hydrological Sciences geeft in 81 artikelen een overzicht van de manieren waarop tracers bij kunnen dragen aan het begrip van complexe hydrogeologische processen door het bieden van extra mogelijkheden voor de kwantificering en modellering van stroming en transport. De artikelen geven voorbeelden van het gebruik van tracers bij diverse onderzoeken: grondwaterkwaliteit, grondwaterbescherming, oplossingen voor verontreinigingen, effecten van afvalstortplaatsen; dit alles op verschillende ruimtelijke en temporele schaalniveaus. Er ligt nadruk op de betrouwbaarheid van voorspellingen op basis van grondwatermodellen, die vooral afhangt van de kalibratie en validatie van de modellen op basis van meetgegevens. «Tracers and Modelling in Hydrogeology» bevat de bijdragen aan het gelijknamige symposium mei vorig jaar in Luik (TraM 2000) en wordt daarmee geacht 'the state-of-the-art' op dat moment te beschrijven.

Michael R. van der Valk