

Boeken

Groundwater in Geologic Processes

door S.E. Ingebritsen and W.E. Sanford
Cambridge University Press, 1998, hard-
bound, 341 pag, ISBN 0521-49608-X.

Wetenschappelijke interesse in het grondwater beperkte zich tot voor kort tot hydrologen, ingenieursgeologen, civiel-technici en bodemfysici, waarbij de belangstelling vooral verband hield met transport van water en opgeloste stoffen in aquifers in relatie tot vraagstukken van waterwinning, waterbeheersing, grondmechanica en water- en bodembescherming. De geologie figureerde daarbij als de min of meer passieve matrix waarbinnen de dynamische hydrologische processen plaats hadden. Met de toenemende belangstelling voor de dynamiek van de geologische processen en de huidige mogelijkheden om deze te kwantificeren en te modelleren, is het vraagstuk van de rol van het grondwater als verbindend medium bij deze verschijnselen actueel geworden.

Het onderhavige boek is voor zover mij bekend de eerste tekst waarin de koppeling tussen geologische en grondwater-hydrologische processen tamelijk compleet en geïntegreerd wordt behandeld. Het begint met een overzicht van de fundamentele fysische en chemische principes waarop het al dan niet reactieve transport van vloeistoffen, opgeloste stoffen en warmte en hun interactie met het gesteente berust. Vervolgens worden de rekenmethoden behandeld waarmee deze processen en hun interactie gekoppeld kunnen worden gemodelleerd.

In het tweede deel worden deze processen toegepast op een aantal gegeneraliseerde situaties op geologische tijd en ruimteschaal, geïllustreerd met een aantal sprekende voorbeelden en case studies. Aan de orde komen onder meer de volgende verschijnselen en processen: de interactie tussen tektonische en sedimentaire processen

enerzijds, en de evolutie van regionale grondwaterdrukpatronen en daaraan gekoppelde grondwatersystemen anderzijds; de onderlinge invloed van grondwatercirculatie en geothermische systemen; de hydrogeochemische en diagenetische evolutie van sedimentaire bekken; de invloed van grondwater en thermische systemen op de ontwikkeling en migratie van koolwaterstoffen; de rol van vloeistoftransport bij de vorming van ertsafzettingen en evaporieten; vloeistofbewegingen bij seismische activiteit; diagenese en metamorfose; geothermische processen, magmatische systemen, en thermale bronnen en geisers.

Het boek is uitstekend uitgevoerd, de diagrammen en voorbeelden zijn duidelijk en instructief, de theorie wordt adequaat en niet nodeloos gecompliceerd behandeld en aan het einde van elk hoofdstuk zijn een aantal oefenvraagstukken gegeven, zonder overigens de oplossingen te bieden. De tekst is zeer geschikt voor zowel hydrologen die meer willen weten van de grondwater processen op geologische tijd en ruimteschaal en de geologische verschijnselen die daarbij dominant zijn, als voor geologen die geïnteresseerd zijn in de rol die het grondwater in de dynamische geologie speelt.

*J.J. de Vries,
Vrije Universiteit-Amsterdam*

Unsaturated Zone Hydrology for Scientists and Engineers

door J.A. Tindall and J.R. Kunkel
Prentice-Hall, New Jersey, 1999, hard-
bound, 624 pag, prijs \$ 51,95; ISBN 0-13-
660713-6

De hydrologie van de onverzadigde zone, ook wel als bodemfysica aangeduid, is vandoord vooral het domein van de landbouwkundigen geweest. Inmiddels echter is deze bovenste hydrologische zone het terrein geworden waar de bodem- en waterveront-

reiniging zijn geconcentreerd, en mag zij zich in de belangstelling van het milieu-onderzoek en de remediatie- en saneringspraktijken verheugen. Het onderhavige boek speelt in op de hierdoor ontstane behoefte aan geïntegreerde kennis van bodemfysica en bodemchemie en het reactieve transport van vloeistoffen, gassen en daarin opgeloste stoffen vanuit het perspectief van de milieu- en de verontreinigingsproblematiek.

De eerste vijf hoofdstukken (150 pag) behandelen de fysische eigenschappen van de bodem en de basisprincipes van de hydro- en thermodynamica in relatie tot het bodemwatersysteem. Voorts komen hier aan de orde de elementaire chemische eigenschappen en reacties die in het bodemwater dominant zijn. Hoofdstukken 6-8 (50 pag) gaan in op de beginselen van het transport van water, gas en energie in de onverzadigde zone en van grondwaterstroming in de verzadigde zone. Vervolgens volgen vijf hoofdstukken waarin de kennis uit het voorafgaande gedeelte toegepast wordt op de berekening en modellering van vloeistofbewegingen en reactief transport van verontreinigingen. De oplossing van de stromingsvraagstukken is in de eerste plaats analytisch, hetgeen het inzicht in de processen en de gehanteerde benaderingen verhoogt. Vervolgens worden een aantal numerieke oplossingsmethoden en een aantal bekende modellen behandeld. De tekst besluit met een hoofdstuk gewijd aan ruimtelijke variabiliteit, het schaalprobleem en fractalen.

De inhoud van dit uitstekend uitgevoerde boek is adequaat en van voldoende diepgang; de behandeling is systematisch en overzichtelijk, met in elk hoofdstuk een aantal uitgewerkte vraagstukken. Het is duidelijk dat dit werk geschreven is als onderdeel van een cursus milieukunde voor studenten van verschillende disciplinaire achtergrond. De theorie is te volgen op basis van elementaire kennis van calculus en

chemie, en bovendien is een appendix toegevoegd waarin een aantal wiskundige aspecten nader worden belicht. Dit tekstboek is geschikt als leerboek en naslagwerk voor een breed publiek van milieukundigen, aardwetenschappers en ingenieurs. Van harte aanbevolen, ook gezien de redelijke prijs van dit zeer complete werk.

J.J. de Vries
Vrije Universiteit-Amsterdam

Groundwater modelling: calibration and the use of spreadsheets

door Theo N. Olsthoorn
Delft University Press, 1998, 296 pag + 4
appendices, paperback, ISBN 90-407-
1702-8.

Op 8 juni 1998 promoveerde Theodorus Nicolaas Olsthoorn aan de Technische Universiteit Delft op het proefschrift *Groundwater modelling: calibration and the use of spreadsheets*. Deze promotie past in een trend onder ervaren hydrologen om 'alsnog' een doctorstitel te verwerven, daartoe veelal aangemoedigd door collega's die vinden dat de beoogde doctor in de praktijk allang bewezen heeft het vereiste niveau te bezitten. Misschien is de gesignaleerde trend ook wel aangewakkerd door vrees voor een devaluatie van academische titels, die dreigde toen de Minister van Onderwijs het onzalige besluit nam om de academische opleidingen tot nominaal vier jaar te beperken; een dwaling die gelukkig voor de meeste exacte curricula inmiddels gecorrigeerd kon worden. (Maar hoe moet het nu, excellentie, met de diploma's van mensen die de vierjarige cursus volgden?) De basis van het proefschrift is het gebruik van spreadsheets voor het oplossen van grondwaterstromingsproblemen, waarmee Theo Olsthoorn al midden jaren tachtig nationaal en internationaal aan de weg timmerde. Ik herinner me dat Theo zich destijds afvroeg

of dat werk voldoende wetenschappelijk gevonden zou worden om als aanzet tot een academisch proefschrift te dienen. Die vraag is natuurlijk helemaal verkeerd gesteld. Technische universiteiten zijn er niet om nieuwe wetenschappelijke kennis te genereren – al is het niet verboden – maar om wetenschappelijke kennis toegankelijk te maken voor de praktijk. Dit is het proefschrift van een ingenieur, niet van een doctorandus, en daar is niets mis mee. Volgens mij zouden dan ook de eerste 192 pagina's voldoende geweest om te promoveren: ze vormen een mooi afgerond geheel over het modelleren met spreadsheets, en ook de omvang zou voor een proefschrift alleszins respectabel geweest zijn. Niettemin heeft Theo er een fors hoofdstuk aan toegevoegd dat gaat over het kalibreren van grondwatermodellen, en afgaande op de titel van het proefschrift (het laatste hoofdstuk wordt het eerst genoemd) vindt hij dat zelf het belangrijkste deel.

De eerste zeven hoofdstukken van het proefschrift worden gepresenteerd als een handleiding in het praktische gebruik van spreadsheet-programma's voor het modelleren van grondwaterstroming. Het woord handleiding is wellicht op zijn plaats, maar als praktische inleiding is toch het oorspronkelijke artikel in *Ground Water* te prefereren, dat als appendix A is toegevoegd, of een aantal artikelen dat destijds in H_2O verschenen is. Het proefschrift valt namelijk na een korte inleiding meteen met de deur in huis door de afleiding van de basisvergelijkingen voor de grondwaterstijghoogte in anisotrope grond te presenteren, inclusief niet-lineariteiten. Ik denk dat dit hoofdstuk (2) meer gewaardeerd zal worden door mensen die al ervaring met grondwatermodellering hebben.

Dat geldt zeker ook voor het volgende hoofdstuk (3), waarin de benadering van de basisvergelijkingen door eindige differenties behandeld wordt. Centraal staat hier de

vraag wat beter is, een 'grid-centred' differentieschema of een 'block-centred' differentieschema. (Grid-centred blijkt beter te zijn, behalve voor 'particle tracking'. De praktische consequentie is dat block-centred modellen meer cellen nodig hebben om dezelfde nauwkeurigheid als grid-centred modellen te bereiken. Jammer voor Modflow-gebruikers.) Wie zelf wel eens numerieke grondwatermodellen maakt (ik bedoel: wie niet uitsluitend met kant- en klare modelcodes werkt) zal het soort vragen dat in dit hoofdstuk behandeld wordt herkennen: ze komen in de praktijk vanzelf op. Je neemt je voor om ooit eens uit te zoeken hoe het precies zit, maar op één of andere manier komt het er niet van. Het is heel prettig om ze hier op een systematische manier behandeld te zien in de context van anisotrope media. Wie nooit zelf numerieke grondwatermodellen maakt zal zich dit soort vragen zelden stellen. Hij of zij komt er dan ook niet gemakkelijk achter welke aannamen ten grondslag liggen aan de kant-en-klare code waarmee hij/zij werkt, dus welke beperkingen eraan kleven.

Hoofdstuk 4 is heel dik en heel praktisch. Het behandelt in opklimmende graad van moeilijkheid hoe je spreadsheetmodellen bouwt, vanaf stationaire stijghoogteproblemen in homogene media tot tijdsafhankelijke problemen in multi-aquifersystemen, en ook het traceren van waterdeeltjes op basis van het berekende stijghoogtepatroon. Er zijn diverse tips voor een overzichtelijke lay-out van het worksheet en het geheel is gelardeerd met aansprekende voorbeelden. Eigenlijk is dit de echte handleiding. Wie zich de basisbeginselen eigen gemaakt heeft met behulp van appendix A zou rechtstreeks naar dit hoofdstuk kunnen springen; de belangstelling voor wat er in de andere hoofdstukken staat komt dan vanzelf.

Het enige wat niet in hoofdstuk 4 behandeld wordt is dichtheidstroming. Dit is het onderwerp van hoofdstuk 5. Dichtheidstro-

ming treedt op als de dichtheid van het water van plaats tot plaats varieert, bijvoorbeeld doordat het zoutgehalte niet overal gelijk is. Hier laat Theo Olsthoorn zich van zijn ingenieurskant zien, met zijn aanbeveling om dichtheidstroming te modelleren in termen van stijghoogten. Wetenschappelijk is het beter om te werken met de waterdruk, want druk is een fundamentele natuurkundige eigenschap waarover geen misverstand mogelijk is, terwijl stijghoogte een subjectief begrip is, dat dan ook de afgelopen halve eeuw herhaaldelijk tot discussies heeft geleid. Niettemin: toen ik zelf jaren geleden de keuze voor druk propageerde werd dat door niemand opgepikt, en sinds Theo zijn zoetwaterstijghoogte invoerde wordt het modelleren van dichtheidstroming opeens allerwegen beoefend.

De hoofdstukken 7 en 8 zijn te zien als aanvullende opmerkingen. Ze bevatten bruikbare tips voor het werken met spreadsheets. Het gaat daarbij om zaken die los staan van de hydrologische toepassing, maar waarmee je wel te maken krijgt als je grondwatermodellen wilt bouwen met een spreadsheetprogramma.

Tenslotte hoofdstuk 8. Dit is weer een heel dik hoofdstuk, een proefschriftje op zich haast, dat gemakkelijk zelfstandig gelezen kan worden. Het gaat over het kalibreren van grondwatermodellen, een veld van onderzoek dat al jaren aandacht trekt, maar waarvan de resultaten nog steeds maar mondjesmaat praktisch toegepast worden. De eerste helft van het hoofdstuk behandelt theoretische aspecten. Er is tegenwoordig voldoende wiskundige programmatuur op de markt voor het uitvoeren van een wiskundige optimalisatie van modelparameters, maar Theo legt er de nadruk op dat het kalibreren van een model veel meer inhoudt dan dat. Na een optimalisatieronde moet gecontroleerd worden of de residuen (zeg de fouten van het model) geen ruimtelijke structuur meer vertonen. Een

ruimtelijke structuur wijst op een fout in het modelconcept, die opgespoord en gecorrigeerd moet worden, waarna een nieuwe optimalisatieronde volgt, enzovoort. Het tweede gedeelte van dit hoofdstuk geeft een case study, waarin de theorie wordt toegepast. De kalibratie van het grondwatermodel van de Amsterdamse waterleidingduinen vergde maar liefst 67 optimalisatieslagen, maar daarna was dan ook de gemiddelde fout in de berekende stijghoogte teruggebracht van 75 cm tot minder dan 15 cm. Met gepaste trots vermeldt Theo dat deze fout even klein is als die van een Digitaal Terrein Model dat met laserscanning vanuit een vliegtuig is opgenomen. Omdat voor een studie van de ruimtelijke structuur van modelfouten de statistische samenhang tussen de modelparameters gekend moet worden, is het uitgesloten dat zo'n resultaat behaald had kunnen worden met de methode van trial-and-error, die in de praktijk nog overwegend toegepast wordt. Wat ik in dit hoofdstuk nog mis, is de notie dat een perfect gekalibreerd model niet automatisch perfecte voorspellingen oplevert, omdat een hydrologische ingreep nieuwe vrijheidsgraden kan introduceren, waardoor de gevonden parameters – ook als ze de juiste waarden hebben – ontoereikend kunnen zijn om de nieuwe toestand van het systeem te beschrijven. Maar tegenover alles wat er te berde gebracht wordt is dat een beetje een pietluttige opmerking.

In STROMINGEN 4/4 besprak Harry Boukes de proefschriften van Louis Dekker en Coen Ritsema, en hij was aangenaam verrast dat één van die twee als eerste naar een artikel in Stromingen verwijst. Dat klopt niet helemaal, want ook Theo Olsthoorn haalt artikelen in Stromingen aan; verschillende keren zelfs. Zijn proefschrift verscheen enkele maanden eerder dan die van Dekker en van Ritsema, maar ik vond pas in de kerstvakantie tijd voor een bespreking. Weinig tijd. Dat is ook een beetje te zien aan

het proefschrift van Theo Olsthoorn: de inhoudsopgave klopt niet goed met de paginanummering, hier en daar wringt de tekst... Jammer dat tegenwoordig zoveel zaken die ooit tot het normale werk behoor- den in de schaarse vrije tijd afgehandeld moeten worden. Maar ik dwaal af: dit is gewoon een heel mooi proefschrift, waaraan alle (geo)hydrologen veel plezier kunnen beleven.

Kees Maas

A Manual of Field Hydrogeology

door Laura L. Sanders

Prentice-Hall, New Jersey, 1998, paper-
back, 381 pag, ISBN 0-13-227927-4,
\$ 32,95, f 78,40.

Wanneer je als hydrogeoloog voor het eerst in een afgelegen gebied komt te werken en niet van jongs af aan de gewoonte hebt gehad regelmatig je hoofd onder een motor- kap te steken, dan moet je maar even doen alsof je met kennis van zaken meekijkt wanneer een lokale monteur je veldwerk- auto aan het repareren is. Echter, wanneer het direct het hydrologische veldwerk betreft dan moet je zelf het voortouw nemen, vaak zonder de mogelijkheid even snel met een vakgenoot te overleggen. Veldwerk is kostbaar en hoe langer de meetperiode hoe beter; er is dus minder ruimte dan bij data-analyse om het over te doen. Tijdens het veldwerk kan je op vele praktische vragen stuiten. Hoe een filter te construeren in een PVC peilbuis? Wat voor een pompcapaciteit is er nodig voor een bepaalde pompproef? Wat is de waarde van een pompproef als niet aan alle in de litera- tuur vermelde randvoorwaarden voldaan kan worden? Wat voor een diameter pijpen is er nodig voor een infiltratie test? Is het uitvoeren van rivier afvoermetingen vanaf bruggen (makkelijk en snel want er is geen boot of kabelbaan nodig) wel nauwkeurig

genoeg? Kan een evaporatiepan afgedekt worden met een gaas wanneer vogels het als zwembad gebruiken en, zo ja, wat is de omrekenfactor? Om dit soort vragen in het veld op te lossen ben je aangewezen op ervaring en boeken zoals *A Manual of Field Hydrogeology*. Het boek, dat ervan uitgaat dat de lezer een basiskennis van de hydro- geologie heeft, is bedoeld voor studenten die een cursus veldhydrogeologie volgen en voor net afgestudeerde hydrogeologen in hun eerste baan waarvan veldwerk een onder- deel is.

De eerste 40 bladzijden, hoofdstuk 1 ('Introduction and Tools of the Trade') en hoofdstuk 2 ('Field Operations'), behandelen onderwerpen die bij de doelgroep groten- deels als al bekend mag worden veronder- steld, zoals de geologische hamer, veldboek- jes (met foto!), de werking van het kompas en het lezen van kaarten. Het Global Posi- tioning System (GPS), een toch essentieel hulpmiddel in gebieden met weinig oriënta- tiepunten, ontbreekt in de velduitrusting.

Hoofdstuk 3 ('Surface Water') legt uit hoe met een hydrogeologisch oog naar bronnen gekeken kan worden (bijvoorbeeld: als de bodemverkleuring groter is dan het natte brongebied, duidt dit op een groter debiet in het verleden) en hoe de grens van een rivierbekken gekarteerd kan worden m.b.v. de hoogtekaart of te voet. Metingen aan rivieren worden uitgebreid behandeld: het bepalen van de gradiënt van de rivier, het plaatsen van peilschalen, de automatische peilschrijver (alleen het ouderwetse Stevens' model met een drijver, niks over recentere meters die op waterdruk werken) en een goedkope methode om met stukjes verkoolde kurk in een buis, die op het hoog- ste waterniveau aan de wand blijven kleven, de piekafvoer te bepalen. Wat betreft het meten bij bruggen is de auteur kort. Dit moet zoveel mogelijk vermeden worden in verband met de mogelijk aanwezige eddy stromen. Als er toch gemeten moet worden, verhoog dan het aantal metingen. Hier stopt

A Manual of Field Hydrogeology

- 1 Introduction and Tools of the Trade
 - 2 Field Operations
 - 3 Surface Water
 - 4 Soil Water and Ground Water
 - 5 Aquifer and Aquitard Testing
 - 6 Describing Sediments and Rocks
 - 7 Sediment and Rock Sampling and Drilling Methods
 - 8 Well Design and Installation
 - 9 Geochemical Measurements
 - 10 Hydrogeologic Mapping
 - 11 Common Field Situations
-

de auteur, het is nu aan de lezer zelf om te bedenken welke meetmethode het meest geschikt is. Een automatische peilschrijver met al zijn onderhoud komt bijvoorbeeld bovenstreams het meest tot zijn recht vanwege de vaak snel wisselende piekafvoeren, terwijl benedenstreams een peilschaal die één of twee keer per dag gelezen wordt, vaak volstaat (dan vloeit er tenminste ook wat geld van het onderzoek naar de lokale bevolking). Aan het eind van het hoofdstuk staat beschreven hoe met behulp van een emmer, die op zijn kop in de rivierbodem wordt geplaatst, een slangetje, een stop en een infuuszak, op een innovatieve manier gemeten kan worden hoeveel water er door de rivierbodem infiltreert of kwelt.

Hoofdstuk 4 ('Soil Water and Ground Water') en hoofdstuk 5 ('Aquifer and Aquitard Testing') behandelen water in de onverzadigde en verzadigde zone. Het uitvoeren van infiltratietests, bodemvochtbepalingen en het nemen van watermonsters uit de onverzadigde zone met behulp van een vacuümpomp zijn uitgebreid beschreven en geïllustreerd met duidelijke tekeningen. Veel aandacht wordt besteed aan het vergelijking van het waterniveau in verschillende piëzometers. Als de top van het filter meer dan een paar voet (1 m!) beneden de grond-

waterspiegel staat, zo waarschuwt de auteur, dan zullen verticale stromingscomponenten al voorkomen dat de piëzometer de grondwaterspiegel op ware hoogte weergeeft. Als de elektrische stijghoogtemeter het begeven heeft dan kan er altijd nog gemeten worden door het onderste stuk van het meetlint wit te krijten. Bij slug tests, die een goedkoop alternatief zijn voor pompproeven, wordt de daling/stijging van de waterspiegel gemeten nadat een volume plotseling uit/in de put is gebracht. Het nadeel van een slug test, zo vermeldt het boek, is dat het een K-waarde oplevert die alleen geldt voor een hele kleine zone rondom de put. Pompproeven leveren K-waarden die representatief zijn voor een grotere zone rondom de put omdat er meer water uit het aquifer wordt onttrokken. De auteur vermeldt ook nog dat er, bij een slugtest, héél snel gemeten moet worden wanneer het filter in sedimenten met een hoge K-waarde staat; mij is dat nooit gelukt (K was ongeveer 50 m/d bleek na een pompproef). Praktische zaken die komen kijken bij pompproeven komen uitgebreid aan bod, bijvoorbeeld de tijdsduur van een pompproef en het voorkomen van het probleem dat het opgepompte water tijdens de proef het bestudeerde aquifer aanvult. Wanneer de data van de pompproef met één van de standaard analysemethoden uit het boek geen mooie plot oplevert dan voldeed de pompproef niet aan alle voorwaarden en moet er in de literatuur naar een andere analysemethode gezocht worden. Kortom – zo interpreteer ik de tekst – geen zorgen als de pompproef niet aan de hele lijst met voorwaarden voor een ideale pompproef voldoet zolang de data met behulp van een standaard methode een mooie plot opleveren.

Hoofdstuk 6 ('Describing Soils and Rocks'), hoofdstuk 7 ('Sediment and Rock Sampling and Drilling Methods') en hoofdstuk 8 ('Well Design and Installation') geven een praktische beschrijving van boringen en

alles wat daar mee samenhangt, zoals de gangbare boormethodes (hand en mechanisch), het nemen en beschrijven van sedimentmonsters, en het afwerken van de put (o.a. de grootte van de gleuven in de filter). Aan de hand van een voorbeeld waarin de grondwatergradiënt centraal staat, wordt de lezer er kort op gewezen dat, voordat de boor de grond ingaat, er eerst met een hydrogeologisch oog naar het gebied gekeken moet worden. Zoals in bijna ieder hoofdstuk, wordt de lezer gemaand vooral alle veiligheidsmaatregelen in acht te nemen (ga niet staan in een gat dat dieper is dan je middel, draag een beschermende bril als je met een hamer op een steen inhakt). Wellicht is al deze aandacht terug te voeren op het feit dat het een Amerikaans boek is: voor je het weet ligt er een schadeclaim op de deurmat.

Hoofdstuk 9 ('Geochemical Measurements') beschrijft het nemen van watermonsters voor het lab en het uitvoeren van waterkwaliteitstests in het veld. De lezer wordt erop gewezen dat het pompen van monsterwater uit een piëzometer met beleid moet gebeuren; als de pomp op volle kracht aan staat dan kan er sediment, waaraan mogelijk een vervuilende parameter gekleefd zit, in de buis komen. Er bestaat dan de kans dat het watermonster een hogere concentratie van de vervuilende parameter bevat dan het formatiewater. De behandeling van het monster (soort container, bewaartemperatuur, maximale bewaartijd) is per parameter in een overzichtelijke tabel gepresenteerd. Buiten de traditionele hydrochemische veldtests (pH, EC, etc.) komen ook de veldspectrometer en veldgaschromatograaf aan bod.

Hoofdstuk 10 ('Hydrogeologic Mapping') geeft een eerste aanzet om de data te verwerken in hydrogeologische profielen, stijghoogtekaarten met stroomlijnen, Piper- en Stiff-diagrammen.

Hoofdstuk 11 ('Field Projects') geeft de lezer "een idee van het soort projecten waar

een beginnend hydrogeoloog op ingezet zou kunnen worden." Veel onderwerpen (bijvoorbeeld geofysica) worden daarom genoemd zonder er diep op in te gaan. Geofysica, met name geo-elektriek en boorgatmetingen, is toch een veel toegepaste techniek om meer over de hydrogeologie te weten te komen. Het bepalen van de filterdiepte voor een net geboorde put op basis van een boorgatmeting is bijvoorbeeld een vraag die een beginnende hydrogeoloog in het veld kan verwachten. In het voorwoord van het boek wordt vermeld dat de geofysica is weggelaten om – voor gebruik in het veld – het boek draagbaar te houden. Het boek heeft inderdaad een handzaam formaat met een weerbestendige flexibele plastic kaft. Indien de handzaamheid van het boek voorop staat, dan is er genoeg materiaal voor twee veldboeken: één hydrogeologisch boek zoals dat van Sanders, zonder oppervlaktewater maar met geofysica en isotopen, en één boek met oppervlaktewater en meteorologie.

Bart Goes

A Mathematical Primer on Groundwater Flow

An Introduction to the Mathematical and Physical Concepts of Saturated Flow in the Subsurface

door John F. Hermance; Prentice-Hall, New Jersey, 1998/9, paperback, 230 pag, ISBN 0-13-896499-8, \$ 35,95, f 80,50.

Het zal niemand verwonderen dat het boek *A Mathematical Primer on Groundwater Flow* zich alleen al vanwege zijn titel in een meer dan warme belangstelling van de leden van de NHV-werkgroep 'Analytische Methoden' – ook bekend als het 'Ernstgenootschap' – mag verheugen. De motieven van de auteur om dit boek te schrijven komen goeddeels overeen met die welke aan de oprichting van de werkgroep ten

grondslag hebben gelegen en daarnaast bestond er binnen de werkgroep al enige tijd het idee een 'primer' over hetzelfde onderwerp te produceren. In hoeverre zou Hermance de werkgroep de kaas van het brood hebben gegeten?

John Hermance, in het dagelijks leven Professor in de Geofysica aan de Brown University, maakt bij het hydrologieonderwijs voor zijn studenten gebruik van de, ook bij ons bekende, standaardwerken van Freeze en Cherry, Fetter en Domenico en Schwartz. Ofschoon naar zijn mening de boeken van deze auteurs stuk voor stuk goed bruikbaar zijn in het universitaire onderwijs, kan Hermance weinig waardering opbrengen voor het feit dat in deze boeken onvoldoende moeite wordt genomen voor het afleiden van essentiële stromingsrelaties vanuit de hydrologische basisprincipes. Veelal worden er zonder enige afleiding en bewijs panklare formules gegeven, waardoor de gebruiker ervan het zicht op beperkingen in het toepassingsbereik wordt onthouden. Het is de doelstelling van Hermance de student voldoende vaardigheden bij te brengen zodat deze zelf in staat is om, via vertaling van het fysieke stromingsgeval naar de bijpassende wiskundige vergelijkingen met bijbehorende rand- en beginvoorwaarden en de keuze van de juiste wiskundige oplossingsmethoden, de analytische oplossing van een aantal elementaire stromingsproblemen tot een goed einde te brengen. Het afleiden van analytische oplossingen is in de optiek van Hermance niet alleen een middel maar ook een doel, en zijn eigen studenten dienen deze vaardigheden onder de knie te hebben alvorens zij zich met numerieke stromingsmodellen gaan bezighouden.

Met nadruk stelt Hermance dat zijn boek vooral als aanvulling naast de boeken van de eerder genoemde auteurs gezien moet worden, en vooral een inleiding en geen brede verhandeling op het vlak van wiskundige hydrogeologie is. Voor dit laatste wordt

A Mathematical Primer on Groundwater Flow

- I Fundamental Relations of Groundwater Flow
 - 1 Hydrologic Nature of the Subsurface
 - 2 Darcy's Law and Three Dimensional Flow
 - 3 Taylor's Series, Directional Derivatives and Hydraulic Gradients
 - 4 Conservation of Fluid Flow: Application to One Dimension
 - 5 Fundamental Relations for Groundwater Flow in Three Dimensions
 - II Steady-State Flow
 - 6 Two Dimensional Steady-State Flow
 - 7 Refraction of Flux
 - 8 Steady State Flow in Unconfined Aquifers
 - 9 Natural Steady State Recharge and Discharge Systems in the Vertical Plane
 - 10 Steady State Flow to a Well
 - III Transient Flow
 - 11 Introduction to Transient Flow
 - 12 Transient 1-D Flow in a Confined Layer: Periodic and Aperiodic Solutions
 - 13 Transient 1-D Flow: Superposition of Elementary Response Functions
 - 14 Transient Well Discharge from a Confined Aquifer
 - 15 Selected Topics in Transient Flow
-

men doorverwezen naar de teksten van Bear en Strack.

Het boek bestaat uit drie delen van elk 5 hoofdstukken. In deel I worden de elementaire begrippen als stijghoogte, drukhoogte, specifieke doorlatendheid, de wet van Darcy etc. behandeld. Tamelijk uitgebreid wordt stilgestaan bij het gebruik van Taylorreeksontwikkeling voor het afleiden van de stromings- en behoudsvergelijkingen in een, twee en drie dimensies. Het deel eindigt met de vectorrepresentatie van de grondwa-

terflux waarbij begrip als curl, gradiënt en divergentie aan de orde komen. Deel II wordt gewijd aan stationaire grondwaterstroming. In dit deel vindt de kentering plaats van de meer fundamentele beschrijvingen in deel I naar afleiding van oplossingen die de grondwaterstroming in de 1- en 2- dimensionale ruimte beschrijven. Het gebruik van wiskundig gereedschap blijft echter beperkt tot toepassing van integratie van simpele differentiaalvergelijkingen. Alleen grondwaterstroming in afgesloten en freatische pakketten wordt behandeld. De voor Nederland zo karakteristieke stroming in half-afgesloten pakketten ontbreekt volledig. Opmerkelijk is het eveneens ontbreken van een behandeling van anisotropie, terwijl er wel uitgebreid wordt stilgestaan bij de breking van stroomlijnen op het grensvlak tussen twee zones met verschillende doorlatendheid. Voor de behandeling van stroming in het platte vlak wordt slechts gebruik gemaakt van, met de hand geconstrueerde, stroomnetten, een techniek die bij de wat ouderen onder u nog wellicht nog bekend staat als de vierkantjesmethode. Op zich niets op tegen maar het is mij onduidelijk waarom er met geen woord gerept wordt over evenoude maar veel krachtiger methode als conforme afbeelding.

In deel III komt tenslotte niet-stationaire stroming aan bod. Ook hier wordt, zoals dat in deel II het geval is, alleen 1-dimensionale en radiaal-symmetrische grondwaterstroming in afgesloten en freatische pakketten behandeld. De onderwerpen die in dit deel behandeld worden, zoals cyclisch-periodieke grondwaterstroming, impulse respons, superpositie van niet-stationaire oplossingen en niet-stationaire stroming naar een put zijn zonder meer interessant voor praktische toepassingen, zoals pompproeven en getijdevoortplanting.

Werden er in de twee voorafgaande delen geen hoge eisen gesteld aan de wiskundige bagage van de lezer, in deel III wordt evenwel uitgegaan van een gedegen voorkennis

met betrekking tot zaken als complexe getallen, Fourier-integraal-transformatie, Hankel-transformatie etc. Hier doet zich echter ten aanzien van de doelgroep een paradoxale situatie voor. De lezer zonder die voorkennis zal weer terug de schoolbanken in moeten, terwijl hij toch met een 'mathematical primer' van doen meende te hebben. De lezer, die deze kennis wel bezit, zal er nauwelijks meer van opsteken. Voor hem geldt het bezwaar dat Hermance heeft met betrekking tot het formulegebruik in de hydrologische standaardwerken van Fetter c.s. namelijk niet, aangezien zijn voorkennis hem voldoende in staat stelt dat bezwaar te tackelen.

Dit alles maakt dat de eerder gestelde vraag met betrekking tot het brood van de werkgroep Analytische Methoden in ontkenkende zin kan worden beantwoord. Er is nog voldoende kaas over, zodat er voor het Ernstgenootschap nog een schone taak in het verschiet ligt.

Nicko Straathof