

# Het meeste valt ernaast

Intreerede

Huub H.G. Savenije

---

5 oktober 2005



**"Het meeste valt eraast"**



# **"Het meeste valt eraan"**

Rede

op 5 oktober 2005 uitgesproken ter gelegenheid van de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Hydrologie en Waterhuishouding bij de Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft

door Prof. dr. ir. H.H.G. Savenije



**Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, collegae Hoogleraren van deze en andere universiteiten. Studenten, vrienden, familie en belangstellenden. Zeer gewaardeerde toehoorders.**

### **"Het meeste valt ernaast"**

Dit zei mijn vader altijd om mijn moeder een beetje op te beuren als het tijdens onze vakantie met bakken uit de lucht viel. Als zijn opmerking niet het gewenste effect resorteerde vervolgde hij met: "Wat nu valt, valt straks niet meer". Voor een relatief ongeschoolde man bleek mijn vader toch over een opmerkelijk hydrologisch inzicht te beschikken, want op de menselijke schaal zijn deze opmerkingen niet te weerleggen. Als wij de menselijke schaal (in de orde van enkele vierkante meters) afzetten tegen de typische afmeting van een onweersbui (in de orde van 30 km<sup>2</sup>) dan is het inderdaad zo dat de meeste regen ernaast valt. En hoewel ikzelf mij nogal heb uitgeput te benadrukken dat moisture recycling een essentieel hydrologisch proces is om continentale regenval in stand te houden, is het ontegenzeggelijk waar dat op menselijke schaal de kans bijzonder klein is dat eenzelfde regendruppel ons, binnen het tijdsbestek van een zomervakantie, twee maal treft.

Mijn vader had dus gelijk. Dat neemt niet weg, dat het opbeurend karakter van zijn opmerking bij mijn moeder meestal weinig effect had. En daar had zij overigens ook gelijk in. Mijn eerste promovenda, Marieke de Groen, toonde onweerlegbaar aan, dat de kans op een regendag na een regendag aanmerkelijk groter is dan de kans op een droge dag na een regendag. Deze zogenaamde Markov-eigenschap van regen is er debet aan dat een regenachtig begin van de vakantie meestal leidt tot een verregende vakantie, en dat een droog begin althans een verhoogde kans in zich bergt tot een memorabele zonovergoten vakantie.

Maar hoewel de effectiviteit van mijn vaders opmerking door De Groen weerlegd is, zit er toch een veel dieper hydrologisch belang in mijn vaders wijze woorden; de reikwijdte waarvan hij zelf niet heeft kunnen overzien. De hydrologische wetenschap verkeert momenteel in een impasse. Filosofisch gezien ligt die impasse tussen twee schaalniveaus: de menselijke schaal en de hydrologische schaal van het stroomgebied. De hydroloog is net als u en ik een mens. En juist dat menszijn beperkt hem (of haar) in het denken. Als wij naar de regen kijken en zien wat ermee gebeurt: het vormt plassen, het stroomt af, het infiltreert, het beweegt zich door de bodem en de ondergrond, het kwelt uit de grond en stroomt door een rivier, dan denken wij dat we begrijpen wat er gebeurt. We zien immers de waterdruppels bewegen en een traject afleggen. Er zijn zelfs hydrologen die met een vergrootglas naar de beweging van het water kijken. Ze bouwen de grond na in een laboratorium en, al of niet met behulp van kleurstoffen of meer geavanceerde tracers, kijken ze hoe het water sporen trekt door de grond. Hoewel dit op kleine schaal inzicht geeft in hoe water en opgeloste stoffen zich door de bodem begeven, draagt deze kennis nauwelijks tot niets bij tot het begrip van hydrologische processen op stroomgebiedschaal. In wezen is de menselijke schaal voor ons een beperking om de grotere processen te kunnen zien.

Wellicht heeft u de film "Antz" gezien. Een tekenfilm waarin alle ingrediënten voor een succesvolle Hollywood productie zijn verwerkt op de schaal van een mierenhoop. Aan het eind van de film zoomt de camera uit en zien we dat het dilluvium, waardoor het mierenvolk bijna verwoest is, niet veel meer is dan een plas in een stadspark, en dat het paradijs waar nooit honger of tekort is en dat alleen bereikt kan worden na een lange tocht vol ontberingen, niets meer is dan een omgevallen prullenbak met daaromheen rondslingerend vuil, achtergelaten door de morsige bezoekers van het park. Pas als wij uitzoomen begrijpen we waar de mieren in hun klaarblijkelijke onwetendheid naar gezocht hebben. En zo is het ook met de hydrologie. Als wij de grotere patronen willen begrijpen moeten wij ook de moeite nemen om naar het grotere schaalniveau te kijken. Voor de grote hydrologische vragen ligt het antwoord niet in een steeds kleinere schaal, maar juist in de grotere. En het spijt me dat ik hiermee 90% van de hydrologische onderzoeksgemeenschap voor het hoofd stoot. Het heeft geen zin om op poriënniveau antwoorden te zoeken op vragen die ons op het niveau van het stroomgebied, of zelfs de berghelling, bezighouden.

Nu is het inderdaad verleidelijk te denken dat als iets op het microniveau complex is, dat het dan op een groter niveau (immers de optelsom van vele complexe processen) nog ingewikkelder is. Maar dat is niet waar. Op een groter niveau openbaart zich een opzienbarende eenvoud. En gelukkig maar. Anders zou de wereld er wel heel ingewikkeld uitzien. Alsof het leven zo al niet moeilijk genoeg is.

Hetzelfde doet zich voor in andere wetenschappen. De economie, de optelsom van een veelheid en diversiteit aan menselijk handelen, vertoont bepaalde wetmatigheden die moeilijk te herleiden zijn op het gedrag van het individu (in elk geval niet op mij). Groepsprocessen die de beweging van mensen over pleinen en door stationsgebouwen beschrijven hebben nauwelijks relatie tot mijn eigen loopgedrag. De wet van Ohm, hoewel opmerkelijk eenvoudig, zegt niets over de beweging van een individueel elektron door een draadje. Voor een belangrijk deel zijn deze wetmatigheden het gevolg van middeling, maar er is in de natuur meer aan de hand. Er is sprake van **zelforganisatie**, een mijns inziens essentieel aspect van de hydrologie. Ik kom hier nog op terug.

Hoewel wij als civielen volledig vertrouwd zijn met de klassieke behoudswetten: behoud van massa, behoud van beweging, en zelfs, behoud van energie, doen wij vrijwel niets met andere natuurwetten, waarschijnlijk omdat wij die niet van toepassing achten op ons schaalniveau. Neem de tweede wet van de thermodynamica: het streven naar wanorde, ofwel het maximaliseren van de Entropie. Een essentiële natuurwet die ervoor zorgt dat energieomzetting altijd maar een kant opgaat, waardoor alle vormen van energie uiteindelijk worden omgezet in warmte. En niet andersom. Het is niet zo dat een blokje dat op tafel ligt spontaan omhoog gaat doordat het warmte onttrekt aan zijn massa. Iets wat volgens de wet van behoud van energie wel degelijk mogelijk is. Maar wij civielen doen weinig met deze wet.

Laat ik een voorbeeld geven. Een voorbeeld uit de waterloopkunde. Als wij de stroming van water door een rivier willen beschrijven maken wij gebruik van de

zogenaamde St. Venant vergelijkingen. De behoudswetten voor massa en beweging van water. Als wij ook de zanderige bedding van de rivier willen laten meebewegen met de stroming (middels erosie en sedimentatie) gebruiken wij ook nog de twee behoudswetten voor het sediment. Toen ik studeerde was een klassiek probleem dat als je wilde voorspellen hoe breed een rivier moest worden om een maatgevende afvoer binnen zijn oevers te houden, dat je dan vastliep. Je kwam een vergelijking te kort. Je moest de breedte opleggen om alles te kunnen uitrekenen. Maar je kon dus nooit uitrekenen welke breedte de rivier zelf zou instellen. Nu hadden een aantal oude Engelse hydrologen (of eigenlijk irrigatieingenieurs) dit probleem heel pragmatisch opgelost. Ze waren, met het oog op het stabiele ontwerp van irrigatiekanalen in Pakistan, gaan kijken hoe breed natuurlijke waterlopen waren en hadden, volledig empirisch, verbanden gelegd met andere meetbare grootheden. De formule van Lacey (1930) was een van de meest succesvolle van deze formules en deze gaf het verband tussen de breedte en de "bankfull discharge", de afvoer van een rivier waarbij het water tot aan de rand van de natuurlijke oeverwallen staat. Deze formule was verbluffend eenvoudig. De breedte was evenredig met de wortel van de "bankfull discharge". En hoewel vele wetenschappers sindsdien hebben getracht deze vermaledijde en veel te simpele "wet" te weerleggen, is dat nooit gelukt.

Ook ik werd tijdens mijn studie gewaarschuwd voor deze simpele wet die onderdeel uitmaakte van de "regime theory": pure empirie en hoogst onwetenschappelijk. In mijn naïviteit, echter, dacht ik dat als zo'n simpele wet in de praktijk niet te weerleggen valt, hij hoogst waarschijnlijk waar is, en dat als dat zo is, er waarschijnlijk een natuurwet aan ten grondslag ligt. Zelf dacht ik daarbij aan de Entropiewet, die bij andere fysische processen, zoals de dynamica van gassen, zo belangrijk was. Zou die niet ook in de morfologie van belang zijn? Ik vroeg het mijn docent, maar die bekoelde mijn enthousiasme. Dat was allemaal allang bekeken. Hij noemde nog een paar grote namen en zei dat het antwoord zeker niet bij de Entropie lag. Dit is mij altijd bijgebleven en ik zie het als een voorbeeld van hoe je niet met je studenten om moet gaan. Natuurlijk had ik de kennis niet om dit soort dingen te begrijpen, en natuurlijk kende ik de literatuur niet, maar ik had de onbevangenheid van de aankomende wetenschapper. En een docent dient dit soort ideeën niet zomaar ter zijde te schuiven. Nog steeds denk ik dat Entropie de verklaring in zich bergt voor de vorm van de rivier, en gelukkig sta ik daarin tegenwoordig niet meer alleen. Het standaardwerk van Rodriguez-Iturbe en Rinaldo (1997) laat dit overtuigend zien. Maar ook hier weer, de patronen worden alleen op grotere schaal zichtbaar, en op de kleine schaal kan de breedte van een rivier aanmerkelijk afwijken van de voorspelde waarde. Overigens heb ik op latere leeftijd revanche genomen. Mijn artikel "Lacey's formula explained" geeft een plausibele verklaring voor Lacey's formule en plaatst het in de context van de zelf-organisatie.

Ook in de hydrologie zijn er vele Lacey-achtige vergelijkingen: empirische vergelijkingen die een verbluffend eenvoudig verband suggereren tussen hydrologische grootheden. Laat ik er een paar noemen: het lineair reservoir dat het uitputtingsverloop van een rivier en het grondwater nauwkeurig beschrijft; de Markov-eigenschap van regen; het infiltratieverloop van Horton; de wet van Darcy

(niet alleen in het laboratorium, maar ook in echte grondwaterpakketten die nergens lijken op de nette schematisering die Delftse ingenieurs bedenken); de Unit Hydrograph (om hoogwatergolven te beschrijven); de Muskingum vergelijking (om stroming door een riviertraject te beschrijven); de Van den Burgh vergelijking voor menging van zoet en zout water; het feit dat de getijweg (de afstand die een waterdeeltje aflegt tussen laag en hoog water) constant is langs de as van een estuarium; de opslingering van het getij die als een perfect rechte lijn verloopt; en er is veel meer. Deze vergelijkingen hangen alle samen met het Entropie-beginsel, dat zich uit in zelf-organisatie van het medium waardoorheen het water stroomt.

Hier raken we het grote misverstand tussen hydrologen en waterloopkundigen. Voor de hydroloog is het medium waardoor het water stroomt niet een gegeven, of althans behoort dat niet te zijn. Voor de waterloopkundige meestal wel. Sterker nog, de waterloopkundige legt het medium op, en zo niet in de natuur, dan toch wel in het laboratorium, zodat hij zich volledig kan richten op het onderdeel van zijn studie: de beweging van het water. Maar zo is het niet in de hydrologie. Van regendruppel tot zee kiest het water niet alleen zijn eigen weg, het creëert ook zijn eigen weg. Nou lijkt dat een bewerkelijke klus, een Hercules taak, maar gelukkig heeft het water daar alle tijd voor: miljoenen jaren, iets wat wederom op de menselijke schaal moeilijk te doorgronden is. Als wij leven in het hier en nu is het moeilijk te doorgronden hoe aarde en water over vele miljoenen jaren hebben samengespannen om de Entropie van het aarde-water systeem te maximaliseren. Dit leidt ertoe dat de hoeveelheid energie die een waterdruppel in zich bergt als het de lange weg van heuveltop naar zee begint, zo geleidelijk mogelijk via wrijving dissipeert. En in die wrijving schuilt de eroderende kracht. Het waterdeeltje creëert zijn eigen weg, die niet de weg is van de minste weerstand (want dan zou het versnellen) maar de weg van de gelijkmatige omzetting van energie, zowel boven als onder de grond.

Dat laatste zie ik als wellicht de grootste uitdaging. Wat er boven de grond gebeurt is door Rodriguez-Iturbe en Rinaldo al heel aardig beschreven, (hoewel er ook daar nog vragen zijn), maar wat er onder de grond gebeurt is nog braakliggend terrein. Ook daar moeten concepten van gelijkmatige verdeling van energiedissipatie (constant energie expenditure) en het streven naar minimale energieniveaus (minimum streampower) bepalend zijn voor het verklaren van zelforganisatie onder de grond (zowel in de verzadigde als onverzadigde zone). En deze wetmatigheid is er verantwoordelijk voor dat er zoveel voorspelbaarheid zit in hydrologische processen op stroomgebiedschaal terwijl die op de menselijke schaal moeilijk voorspelbaar, uitermate complex en heterogeen zijn.

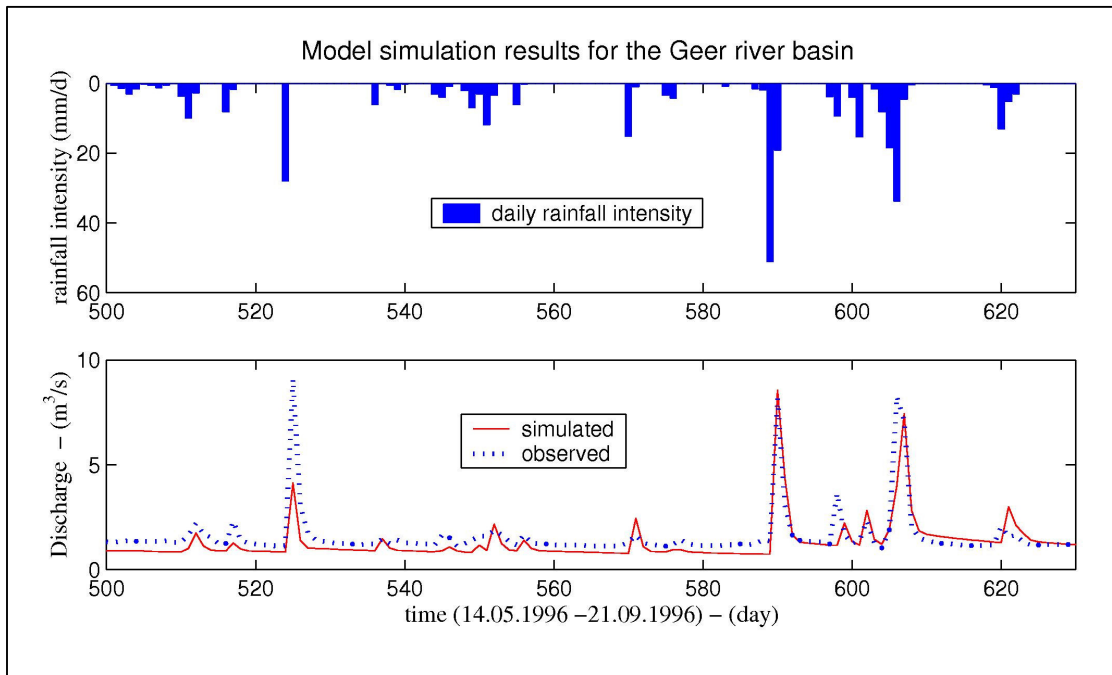
Nu is er in de hydrologie veel sprake van niet-lineariteit. Als voorbeeld: een zelfde hoeveelheid regen kan onder verschillende omstandigheden andere afvoer genereren. Of een verdubbeling van de regen in de ene omstandigheid, genereert een andere afvoer dan onder een andere omstandigheid. Dit niet-lineaire gedrag is echter het gevolg van twee zaken: drempelprocessen en het schaalniveau. Een voldoende groot schaalniveau is nodig voordat zelf-organisatie de overhand krijgt en verschillende hydrologische processen worden typisch gescheiden door drempels: de drempel waarboven componenten van een drainagesysteem verbonden worden; de

drempel waarbeneden een rivier droogvalt; de drempel waarboven oppervlakkige afvoer plaatsvindt; etc. Beneden of boven zo'n drempel krijgen andere processen de overhand. Maar deze processen op zich zijn veelal wel lineair (Fenicia et al., 2005).

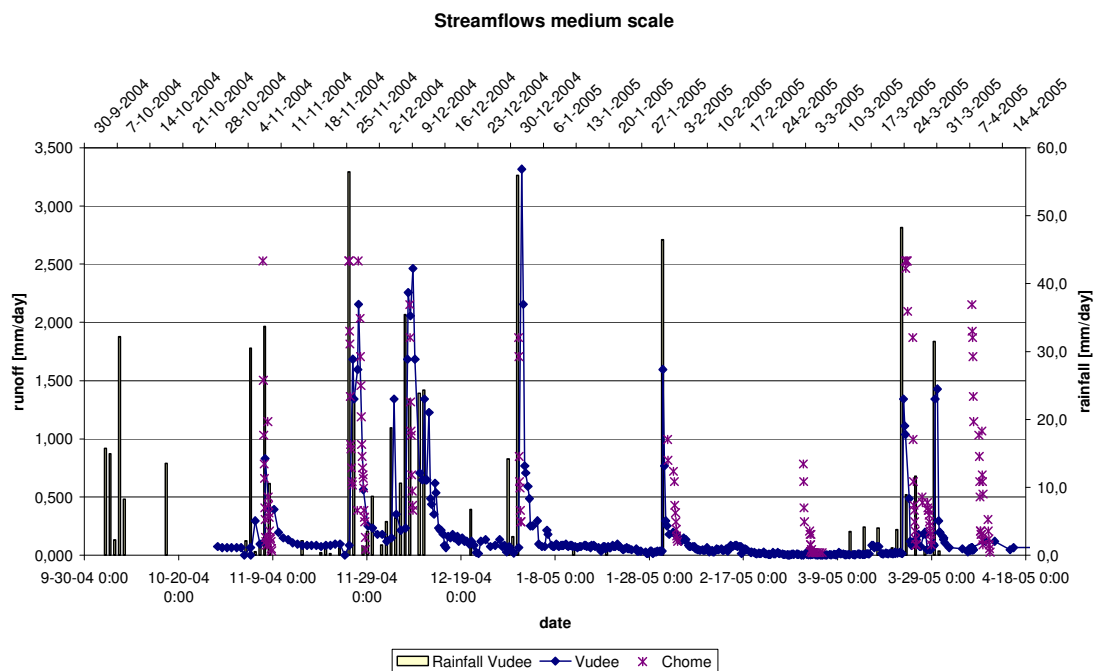
We moeten dus zoeken naar de grote patronen om hydrologisch gedrag te kunnen verklaren. Helaas is dat denken niet "main stream". Maar er is ook goed nieuws. Onlangs hebben Roland Klees en ik een prestigieus NWO project verworven dat zich bezighoudt met hydrologische processen op de schaal van een van de grootste stroomgebieden van Afrika: de Zambezi. Behalve dat dit onderzoek belangrijk is voor de bestudering van het gravitatieveld van de aarde, heeft het tevens als doel nieuwe inzichten te verwerven in hydrologische processen op de schaal van het stroomgebied. Deze benadering is holistisch: het geheel is meer dan de som der delen; de reductionistische benadering, daarentegen, tracht systeemgedrag te verklaren uit de som van de kleinste processen. De meeste hydrologen van de huidige generatie zijn reductionisten. Ik niet. Ik ben ervan overtuigd dat de antwoorden gezocht moeten worden in een empirische, holistische benadering die bouwt op wat wij waarnemen. Wat wij waarnemen verrast ons telkens weer. Geeft telkens weer inspiratie om de fysische verklaring achter het waargenomen te vinden. De wereld zit vol verrassende fenomenen die wij ontdekken door ze waar te nemen niet door ze middels reductionisme te voorspellen. Toch zie ik wel degelijk het nut van het bestuderen van deelprocessen op kleine schaal, gedreven door de nieuwsgierigheid van wat er op die schaal gebeurt, maar ik zie het niet als een begaanbare weg om systeemgedrag te verklaren. Het reductionisme werkt op het schaalniveau van de mier, die niet ziet dat zijn wereld onderdeel uitmaakt van een park, in een stad, in een stroomgebied, op een continent. Voor mij is het duidelijk: de grote kansen om in de hydrologie een stap vooruit te zetten liggen in het herkennen van patronen op grotere schaalniveaus. Het meeste valt eraan.

Laat ik nog een paar mooie illustratie geven van mijn vaders uitspraak.

Zo zien wij hier een grafiek van een modeltoepassing op de Geer rivier in België, die mijn PhD student Zhang gemaakt heeft met het REW model. We zien duidelijk dat er een piekafvoer is waargenomen die niet door het model wordt gesimuleerd. Eenvoudigweg omdat de regenmeter onvoldoende regen had waargenomen. De regen was blijkbaar op een andere plek gevallen dan waar de regenmeter stond: het meeste viel er duidelijk naast.



Nog duidelijker zien wij dat hier in de Pangani rivier, in Tanzania, waar mijn PhD student Marloes Mul onderzoek doet. Het betreft twee kleine zijriviertjes die twee aangrenzende stroomgebiedjes van ongeveer 30 km<sup>2</sup> afwateren. Er lijkt een goede overeenstemming tussen de afvoer in Vudee en de regen gemeten in Vudee, maar in maart en april zien we duidelijk twee afvoerpieken bij Chome (maar 8 km verderop) zonder dat er enige regenval was waargenomen. Hier viel alles ernaast.



## **Hydrologie, en het dilemma waarvoor wij nu staan.**

Toen ik ging studeren, in 1971, was Hydrologie nog een relatief jonge wetenschap bij de TH, zoals het toen nog heette. Prof. Jan van Dam en Prof. Adriaan Volker waren de hydrologiehoogleraren, beiden helaas overleden. Deze twee markante hoogleraren waren zonder de computer groot geworden. Wij echter, werden reeds als beginnend student met de computer in contact gebracht. We moesten eenvoudige programmaatjes schrijven in Algol, die je moest intypen op ponskaarten en vervolgens in een net stapeltje, voorafgegaan door zogenaamde stuurkaarten, in een lange sleuf moest zetten (aansluitend aan de ponskaarten van iemand anders) om in de computer te worden ingevoerd. De computer kreeg je zelf nauwelijks te zien, die vulde een grote ruimte waarin je manshoge kasten kon ontwaren waarop grote spoelen met magnetische tapes ronddraaiden. Een tijdje later verdrong je je dan met andere studenten in een kleine ruimte waar de printer lange rollen computerpagina's uitspuwde, in de hoop dat jouw uitvoer erbij zou zitten. Wat een teleurstelling als dan je wachten werd beloond door een lange sliert pagina's met error messages.

Volker had deze frustrerende ervaring tijdens zijn opleiding en wetenschappelijke carrière niet hoeven meemaken. Zijn grootste wapenfeiten had hij behaald met potlood, papier en een instrument dat destijds elke ingenieur bij zich had: de rekenliniaal. Tegenwoordig kunnen we ons dat nauwelijks meer voorstellen: dat je serieuze wetenschap en techniek kunt bedrijven zonder de hulp van een computer. Toch waren Volker en Van Dam, en vele andere pioniers van de hydrologie, wetenschappelijke grootheden die de theoretische fundamenten hebben gelegd voor de hedendaagse hydrologie.

Een van deze grootheden is Prof James Dooge. Jim Dooge is een van de Founding Fathers van de hedendaagse hydrologie. Hij is nog altijd actief, maar zijn gezichtsvermogen laat te wensen over. Vorig jaar heb ik hem gevraagd een overzichtsartikel te schrijven over de hydrologie, als leidend artikel voor het internationale tijdschrift HESS (Hydrology and Earth System Sciences) waar ik executive editor van ben. Dit tijdschrift is volledig web-based en alle interacties tussen de auteur, de reviewers en de editor gaan via internet. Jim Dooge, hij zal rond de tachtig zijn, met zijn ogen die niet meer willen, heeft een prachtig artikel geschreven, getiteld "Bringing it all together". Een sluitstuk van een magistraal hydrologisch leven. Toen hij het paper vorig jaar op de EGU conferentie presenteerde zei hij tegen mij: "This is my swan song".

Het stuk is het resultaat van een lang hydrologisch leven waarin Jim altijd gezocht heeft naar de eenvoud in de hydrologische chaos. Jim Dooge typeerde hydrologie als "een complex systeem met een zekere mate van ordening". Naar die ordening heeft hij altijd gezocht. Dat kon moeilijk anders want in het begin van zijn carrière was dat de enige manier om grip te krijgen op de hydrologie. Immers, hoe anders kan je beschrijven hoe het water zich gedraagt, als het enige waarover je beschikt je hersens zijn, gesteund door potlood, papier, een rekenliniaal en de wiskunde. Het artikel van Jim is een prachtige lofrede op de eenvoud. De zoektocht naar

vergelijkingen die beschrijven hoe het ingewikkelde beest, dat de hydrologie is, zich manifesteert middels eenvoudige vergelijkingen.

De huidige generatie hydrologen is in verwarring, en mijn generatie is daar schuldig aan. Met de komst van de computer kregen wij steeds meer mogelijkheden om het complexe beest na te bouwen in hydrologische modellen. Alle hydrologische processen waarvan wij weten dat die op, onder en boven de grond plaatsvinden: regenval, verdamping, infiltratie, oppervlakkige afvoer, percolatie, ondergrondse afvoer, exfiltratie, rivierafvoer, etc. wilden wij met al hun interacties en terugkoppelingen in drie dimensies, en op nauwkeurige schaal zowel in de ruimte als de tijd kunnen nabootsen. Impliciete numerieke modellen met gekoppelde balansvergelijkingen voor massa, impuls en energie op de schaal van de vierkante meter. Het is allemaal gemaakt. En wat bleek? Volledige verwarring. Hoewel de modellen goed in staat bleken om het regenval afvoer proces nauwkeurig na te bootsen, bleken ze dat evengoed te kunnen doen met andere (zelfs oneindig veel) combinaties van parameterwaarden. De zogenaamde equifinaliteit. Een model gaf het goede antwoord, maar om de verkeerde reden. We hadden de hydrologie in al zijn complexiteit gevangen, het gaf het antwoord dat we wilden, maar als twee verschillende hydrologen, met twee verschillende parametrisaties hetzelfde resultaat bereikten kon niemand zeggen wie gelijk had.

Dat was vroeger wel anders. De eenvoudige vergelijkingen die de oude generatie hydrologen hadden afgeleid werkten altijd eenduidig en transparant, vertrouwend op de eenduidigheid van de wiskunde die ze gebruikten. Het feit dat de huidige generatie hydrologen de weg kwijt is zou zo erg nog niet zijn, als we ons falen maar zouden inzien. Maar helaas, velen gaan door op de ingeslagen weg en zoeken het antwoord in een nog grotere detaillering van de modellen en meer onderzoek op de vierkante millimeter.

Hoe heeft het zover kunnen komen? Ik denk dat de computer ons heeft verblind. Dank zij de computer kunnen wij resultaten krijgen zonder diep te hoeven nadenken over wat er nu eigenlijk gebeurt. Met het verschijnen van de numerieke modellen is het zoeken naar analytische oplossingen van de basisvergelijkingen gestagneerd. Waarom zou je nog eindeloos met pen en papier puzzelen als de computer het in een wip voor je uitrekent? Ikzelf heb in de gelukkige omstandigheid verkeerd tijdens mijn eerste baan als hydroloog, in Mozambique, dat ik, verstoken van literatuur en modern rekentuig, de noodzaak heb gevoeld om met pen en papier (en een rekenmachientje, dat geef ik toe) mijn eigen weg te moeten zoeken om orde te scheppen in een complex probleem: zoutindringing in een estuarium waaruit de boeren zoet water wilden betrekken. Wat ik deed was het veld ingaan, veel meten en goed kijken om te begrijpen hoe het systeem werkte. In wezen deed ik niet veel anders dan de wijsheden van Volker en Van Dam toepassen op een nieuwe omgeving. En daar heb ik ontzettend veel van geleerd.

Wat blijkt? Het ingewikkelde hydrologische systeem openbaart zich dikwijls aan ons in verbluffende eenvoud, dank zij de zelforganisatie van het medium waardoor het water stroomt. Om dit soort dingen te ontdekken heb je weinig aan

computermodellen. Wat je nodig hebt is de gelegenheid om veldwerk te doen, op de juiste manier naar het systeem te kijken, een patroon te herkennen en vervolgens als je het patroon hebt waargenomen te trachten uit te puzzelen waardoor het komt dat er blijkbaar een eenvoudige vergelijking is die het systeemgedrag kan verklaren.

Jim Dooge's "swan song" is een apotheose van deze benadering. Als geen ander heeft hij dit gedaan en ons hierover verteld op het moment dat wij dit het hardste nodig hadden. Op een moment dat wij ons moesten bezinnen over het doel van onze hydrologische modellen en hoe wij die gebruiken om onze kennis te vergroten. Begrijp me goed. Ik ben niet tegen hydrologische modellen, maar ik ben ervan overtuigd dat de modellen moeten dienen om ons inzicht in het functioneren van het systeem te vergroten en niet om als een zwarte doos te dienen waarbinnen iets gebeurt dat wij niet volledig kunnen doorgronden.

Bij de leerstoel hydrologie hebben wij de consequentie getrokken uit deze les. De studenten die bij ons afstuderen worden geconfronteerd met een aantal dingen die er tot voor kort niet waren. Zo doen wij uitgebreid veldwerk, zowel binnen als buiten Nederland. In Luxemburg, op de hellingen van het Moezelstroomgebied. In de Schelde, waar het water dankzij het getij heftig stroomt. En in de veenweide gebieden van Noord-Holland, waarvan wij eigenlijk nog maar zo weinig weten. Zij leren observaties doen, rapporteren en presenteren. Elke week hebben wij bij de sectie een colloquium waar studenten, stafleden en internationale gasten presentaties houden. Verder leren zij niet alleen wat er in het dictaat staat, maar wordt van hen verwacht dat zij artikelen bestuderen en daar kritisch commentaar op leveren. Dit alles om het zelf denken en reflecteren te stimuleren. En tenslotte leren wij hen de schoonheid van de analytische oplossing.

Het zou pretentius zijn om te denken dat wij het nu beter doen dan in het verleden. Wat wij doen is trachten de signalen van deze tijd op te vangen en hierop in te spelen, alles met het doel moderne hydrologen op te leiden die stevig verankerd staan in de lessen die onze voorgangers ons hebben geleerd.

## Waar ga ik mij in de leerstoel op richten?

Er zijn drie onderzoeksterreinen waar ik bijzondere aandacht aan ga geven:

1. Regenval-afvoerprocessen.
2. De hydrologie van laaglandgebieden
3. Nieuwe technologieën

Ad 1. Ik vind het uitermate belangrijk dat wij als Nederlanders een terdege begrip hebben van het ontstaan van hoogwaters (de genese van hoogwater). We leven aan de monding van een aantal (voor ons) grote rivieren: de Rijn en de Maas. Ik hoef in deze rede het belang van Hoogwaterbestrijding niet meer te onderstrepen. Recente gebeurtenissen laten zien dat het gevaar van overstromingen nooit geweken is. Maar als wij iets aan hoogwaters willen doen, moeten wij goed begrijpen hoe hoogwater ontstaat. En dat gebeurt buiten ons land. Wij moeten dus buiten onze grenzen kijken en samenwerken met de landen waarmee wij de rivieren delen om gezamenlijk de beste verdedigingsstrategie te ontwerpen. Om die reden werken wij nauw samen met het Gabriel Lippmann instituut in Luxemburg, waar wij twee promovendi (Fabricio Fenicia en Miriam Gerrits) en meerdere MSc's aan het werk hebben.

Maar wij werken ook op grotere schaal. We doen onderzoek in het stroomgebied van de Nijl, waar wij een hydrologisch model gecombineerd hebben met een regionaal klimaatsmodel en waar mijn promovendus Yasir Mohamed onlangs met lof gepromoveerd is op het effect dat het Jonglei kanaal heeft op het klimaat en de hydrologie van de Nijl. Dit kanaal beoogt een deel van het Nijlwater om te leiden voor het in de grote Sudd swamp kan verdampen, en de aanleg ervan is hoogst controversieel. Een andere promovendus (Hessel Winsemius) studeert aan de waterbalans en de regenval-afvoer modellering van de Zambezi. We gaan binnenkort op veldbezoek in Zambia om informatie te verzamelen waarmee wij ons model beter kunnen configureren.

Ad 2. Wij leven in een laaglandgebied en dus moeten wij de hydrologie daarvan goed doorgronden. Wij werken samen met de provincie Noord Holland en het waterschap Noorderkwartier. Zo doen wij in de Eilandpolder, met een aantal MSc studenten, onderzoek naar de effecten van slootpeilaanpassingen op de hydrologie van de veenpolders.

Estuaria zullen mijn aandacht houden, zei het door de hydrologische bril. Dat betekent, het zoeken naar analytische betrekkingen die zich op grotere schaal manifesteren en waarbij de vorm van het estuarium, de waterbeweging en de menging in onderlinge afhankelijkheid worden bestudeerd. Mijn boek dat ik tijdens mijn sabbatical geschreven heb is daar de weerslag van en ik heb momenteel een promovendus (Nguyen Anh Duc) die deze theorie test in de Mekong en de Schelde.

Ad 3. Er dienen zich een aantal nieuwe technologieën aan waarmee wij beter grip kunnen krijgen op onze waterbalansen. De meest in het oog lopende nieuwe technologie betreft de gravitiemeting vanuit de ruimte (GRACE), waar collega Klees

en ik met twee promovendi aan werken. Op iets bescheidener schaal werken wij aan een nieuw apparaat voor on-line interceptiemetingen en andere instrumenten om beter grip te krijgen op verdampingsprocessen.

### **Slotwoord**

Ook in het onderwijs zou je kunnen zeggen dat het meeste ernaast valt. Van alles wat je vertelt mag je blij zijn als er een beetje beklijft. Dat geldt ook voor dit college. Dus ik zal het niet te lang maken en ik zal u achteraf ook niet overhoren.

Wel belangrijk om te onthouden is het volgende. Toen ik bij het IHE mijn inaugurale rede hield (10 jaar geleden) heb ik het geheim verklapt dat er in mijn leven twee vrouwen waren. Nu, na 10 jaar, moet ik dat herzien. Het zijn er nu drie (de laatste was toen nog maar een meisje). Mijn moeder is degene die u boos moet aankijken als deze rede u onwelgevallig is geweest. Zij is degene die mij altijd heeft gestimuleerd om te leren en te studeren, en die in mij altijd de intelligentie heeft gezien die menigeen in mijn omgeving (onderwijzers inclusief) maar moeilijk konden ontwaren. Schertsend noemde ze mij de verstrooide professor, niet omdat ik zoveel wijsheid ten tonele bracht, maar louter en alleen vanwege mijn mentale afwezigheid en vergeetachtigheid. Voorwaar de kiem (en wellicht een noodzakelijke voorwaarde) voor een veelbelovende wetenschappelijke loopbaan. Mama bedankt.

De tweede is Heleen, die altijd al vond dat Hennes en ik zulke slimme jongens waren, terwijl de omgeving, voornamelijk bestaande uit zeer intelligente dames die zonder uitzondering beschikten over een scherp geheugen en de capaciteit tot multi-tasking, dat soort van kwaliteiten maar nauwelijks in ons herkenden. Heleen is op al onze avonturen door Afrika, Azië en Australië altijd zonder morren meegegaan en bleek altijd in staat in een nieuwe omgeving weer snel haar draai te vinden, zowel professioneel als persoonlijk. Zonder jou had ik hier nooit gestaan. En als derde vrouw mijn dochter. Op haar heb ik al mijn didactische kennis mogen botvieren, om er telkens weer achter te komen dat ik geweldig te kort schoot. Ze is het levend bewijs dat een bèta een alfa als dochter kan hebben. En ten slotte is er mijn zoon. Het levende bewijs dat een bèta een bèta tot zoon kan hebben, en dat bèta 's niet saai zijn. Jullie geven zin en vreugde aan mijn leven en bieden zicht op een veelbelovende toekomst.

Ten slotte nog iets over onze Sectie. Ik ben ontzettend blij met de uitstekende samenwerking met Nick en met iedereen binnen de Sectie. Ook de goede omgeving waarbinnen wij kunnen functioneren, zowel binnen de afdeling als binnen de faculteit, is bijzonder goed. Hans en Louis, ook jullie bedankt hiervoor.

En dan als laatste, mijn studenten. Jullie zijn een continue bron van inspiratie. Ik put veel energie uit jullie enthousiasme. Het dispuut is een wervelend middelpunt van de afdeling en dat geeft ons allemaal veel energie en voldoening. En hiermee sluit ik af.

Ik heb gezegd.

Referenties:

- Dooge, J.C.I., 2005. Bringing it all together. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9: 3-14.
- Fenicia, F., H.H.G. Savenije, P. Matgen, L. Pfister, 2005. Is the groundwater reservoir linear? Learning from data in hydrological modelling. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2, 1717-1755, 2005.
- Groen, M.M. de, 2002. Modelling interception and transpiration at monthly time steps; introducing daily variability through Markov chains. PhD thesis, IHE/Delft University of Technology, 29 April 2002.
- Lacey, G., 1930. Stable channels in alluvium. *Minutes Proc., Inst. Civ. Engrs, Lond.* 229, 259-292.
- Mohamed, Y. A., B.J.J.M. van den Hurk, H.H.G. Savenije and W.G.M. Bastiaanssen, 2005. The Impact of the Sudd wetland on the Nile Hydroclimatology. *Water Resources Research*, 40, W08420: 1-14.
- Rodriguez-Iturbe, I., Rinaldo, A., 2001. *Fractal River Basins; chance and self-organization*. Cambridge University Press (first published 1997)
- Savenije, H.H.G., 2001. "Equifinality, a blessing in disguise?", HP Today Invited commentary, *Hydrological Processes*, 15, pp. 2835-2838.
- Savenije, Hubert H.G., 2003. "The width of a bankfull channel; Lacey's formula explained", *Journal of Hydrology*, Vol. 276, Iss. 1-4, pp. 176-183.
- Savenije, H.H.G., 2005. *Salinity and Tides in Alluvial Estuaries*. Elsevier Publishers.
- Zhang, G.P. and H.H.G. Savenije, 2005. Rainfall-runoff modelling in a catchment with a complex groundwater flow system: application of the Representative Elementary Watershed (REW) approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol 9: 243-259