

HOE DENKEN HYDROLOGEN?

COLLEGE

**op 9 mei 1985
in de Aula van de Landbouwhogeschool
gegeven door**

**Prof.Ir. D.A. Kraijenhoff van de Leur
bij zijn afscheid als hoogeleraar
in de hydraulica en de
afvoerhydrologie aan de
Landbouwhogeschool**

HOE DENKEN HYDROLOGEN?

Dames en Heren,

Toen mijn pensionering een feit was werd me te kennen gegeven dat het op prijs zou worden gesteld wanneer ik in een afscheidscollege nog iets aan de blijvers zou willen meegeven.

Nu heb ik in mijn civiel-ingenieurs-loopbaan heel wat potjes op het vuur gezet waarbij ik dan weer werd weggeroepen voordat ze helemaal gaar waren, dus het leek me niet zo'n vreselijke toer om uit een aantal losse eindjes een bundeltje samen te stellen van ideeën die misschien de moeite waard zijn om voor verdere bewerking aan te bieden.

Daar ben ik eerst wat mee bezig geweest, maar het werd me gaandeweg duidelijk dat in dat verzamelen van die losse eindjes niet zo zeer de moeilijkheid zat als wel in dat bundelen tot iets dat ook voor een breder publiek nog aantrekkelijk zou kunnen zijn.

Mijn conclusie was dat ik die losse eindjes maar moest laten schieten. Dat is allemaal wat heterogeen en specialistisch en in dit late stadium kan ik alleen maar hopen dat mijn hobbies bekend zijn en weer zullen worden opgevat. Daarnaast kwam de gedachte bij me op dat een beschouwing van algemene aard voor u en voor dit moment, van meer belang zou kunnen zijn. Zo zou ik eens met u kunnen nagaan hoe in ons vak verschillende concepten en modellen naast elkaar een eigen leven leiden. Met andere woorden: *Hoe denken hydrologen* en waarom denken ze soms verschillend?

Hydrologen zijn mensen die nadenken over het terrestrische deel van de waterkringloop. Ze denken dus over dat deel van het aardse water dat uit de atmosfeer omlaag is gekomen en dat al afstromend tenslotte weer door verdamping naar de atmosfeer terugkeert.

Dat water-onderweg is een deel van de werkelijkheid die de hydrologen proberen te beschrijven met behulp van samenhangen, regels en wetten. Daartoe moet die werkelijkheid worden waargenomen en

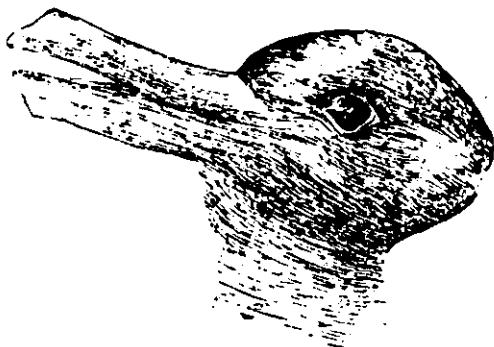
zoveel mogelijk worden geanalyseerd.

Hoe mensen waarnemen is het onderwerp van de *perceptie*leer, een vak waar ik weinig van weet maar toch wel zoveel over gelezen heb dat ik het voor allerlei andere vakken, waaronder de hydrologie, van betekenis acht.

Als u het goed vindt, zou ik dan eerst wat willen liefhebben in de perceptieleer om vervolgens een paar noties uit die perceptieleer terug te gaan zoeken in de verschillende manieren waarop hydrologen de afstroming van overvloedige neerslag bekijken die door de grond op weg is naar drains, greppels, sloten en beken.

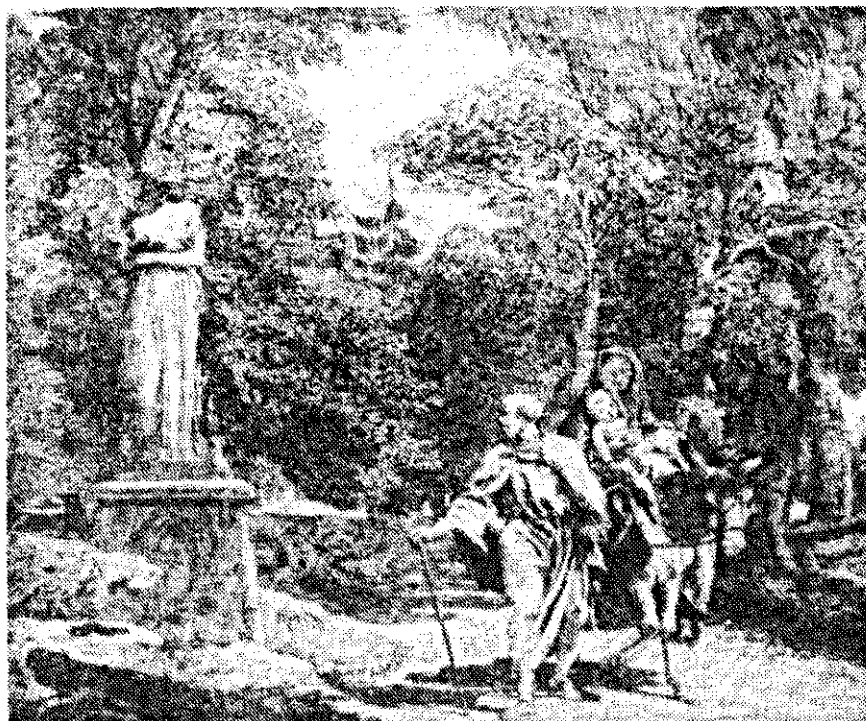
Maar eerst laat ik dat hydrologische onderwerp rusten en ga ik er van uit dat hydrologen reageren als andere gewone mensen en ik laat u nu een paar plaatjes zien die betrekking hebben op de perceptie.

De eerste twee zijn ontleend aan "Art and illusion" van Gombrich, (1980).



U kunt hier óf een eend óf een konijn in zien.

Gombrich merkt daarbij op dat je weliswaar bliksemsnel van de ene naar de andere betekenis kunt overschakelen, maar dat het onmogelijk is om beide betekenissen tegelijk te zien.



Met de ets van Tiepolo "The Holy Family Passing near a Statue" maakt Gombrich duidelijk dat we de feitelijke gegevens van de ets aanvullen vanuit onze bereidheid om de marmeren vrouwenfiguur als helder wit te zien. De kleding van St. Jozef maakt niet die witte indruk.



Als ik u nu zeg dat dit het vriendelijke linkeroog van Koningin

Beatrix is, dan ziet u dat pas wanneer u ook nu weer de *steun van uw geheugen* kunt gebruiken *waarmee u de context herkent*. U weet immers hoe een gezicht er uit ziet en herkent het portret van Koningin Beatrix binnen die categorie inclusief haar vriendelijke linkeroog.

Ik kan u nu nog laten zien hoe uw ervaring en instelling uw waarneming, dus beeldvorming beïnvloeden:

Kersen op brandewijn
Vliegen op alcohol

Als u de tweede regel aanleiding tot verwarring of afschuw geeft, had ik die kunnen voorkomen door u *anders te conditioneren*, bijvoorbeeld met:

Rijden op benzine
Vliegen op alcohol

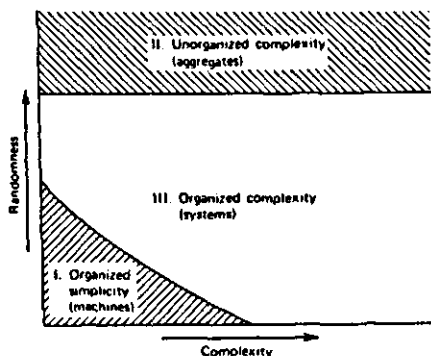
Hiermee hoop ik te hebben geïllustreerd dat het beeld dat u en ik ons van de werkelijkheid vormen, de werkelijkheid is zoals die zich aan ons voordoet en zoals wij die herkennen. Wij vullen hiaten aan uit onze ervaring maar wij hebben ook de neiging om uit onze werkelijkheid aspecten te weren die de harmonie van onze werkelijkheid dreigen te verstoren.

Het is uit een wetenschappelijk oogpunt noodzakelijk en het zal misverstanden voorkomen wanneer wij voortdurend beseffen dat onze werkelijkheid niet dezelfde hoeft te zijn als die van een ander, ook al zijn we er van overtuigd dat we ons met hetzelfde onderwerp bezig houden.

Voordat ik een poging doe om verschillende werkelijkheden van verschillende hydrologen te introduceren, wil ik u eerst nog een indruk geven van de aard van de problemen waarmee hydrologen worstelen.

Daartoe maak ik gebruik van het verhelderende boek van G.M. Weinberg (1975).

-  = Analytical treatment
 = Statistical treatment



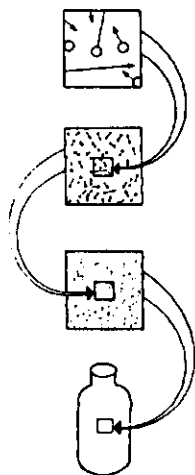
Hier worden in de werkelijkheid drie soorten van problemen onderscheiden.

Wanneer een systeem veel elementen bevat is zijn "complexity" groot. Speelt het toeval een grote rol bij uitwendige factoren en bij de interactie van die elementen, dan is ook de "randomness" van het systeem groot.

Links onderin ligt de mogelijkheid voor de analytische benadering ("organized simplicity"): Daar kijkt men hoe de zaak in elkaar zit en welke fysische wetten bij de interactie van de elementen en de inwerking van externe factoren een rol spelen.

Het systeem wordt dus beschouwd als een machine die zich op een voorspelbare manier gedraagt.

Bovenin ligt het gebied van de verzamelingen van elementen waarvan noch de structuur, noch de fysische interactie van de elementen zich laten beschrijven.



Een voorbeeld hiervan zijn de gasmoleculen in een fles. Dat zijn er veel te veel om er een botsingsberekening op los te kunnen laten. Het gaat er nu om een aantal eigenschappen van deze enorme verzamelingen langs empirisch-statistische weg op te sporen. Zo ontstond de wet van Boyle-Gay-Lussac, maar ook de elasticiteitswet van Hooke, de wet van Darcy voor de grondwaterstroming en andere fysische wetten. Die zijn in een andere grootte-orde op hun beurt weer de uitgangspunten voor de *analytische* benadering.

Vaardigheid met machines, dus de georganiseerde eenvoud, vond men van oudsher overwegend bij T.H.-mensen. Daarentegen kon men bij LH-mensen vertrouwdheid

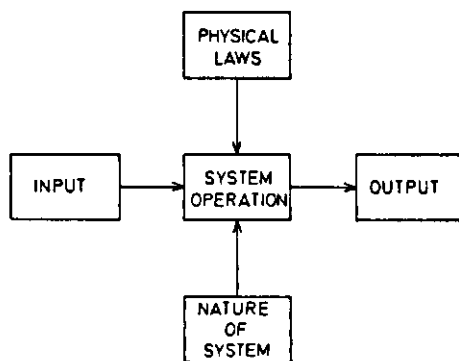
verwachten met de eindeloos ingewikkelde natuur waar de *empirisch-statistische* benadering mogelijkheden biedt.

Waar zijn onze hydrologische systemen te vinden?

Helaas vrijwel zonder uitzondering in het witte niemandsland van de georganiseerde ingewikkeldheid waar zowel de analytische als de empirisch-statistische benadering zullen vastlopen. Dit nu is het gebied van de *systeembenadering* waar we er proberenderwijze het beste van moeten maken door onze inzichten uit de analytische hoek te combineren met de mogelijkheden die door de empirisch-statistische benadering worden geboden. Dooge (1973) heeft daar een zeer verhelderend diagram voor gegeven.

Op grond van eigen ervaring en theoretisch inzicht vormt de hydroloog zich een bepaald idee over de manier waarop regen de grond indringt, als zakwaterstroom in het grondwater terecht komt en dan de grondwaterstanden en de afvoeren naar sloten, beken en drains verandert.

De hydroloog drukt dit idee, of concept, vervolgens uit in een wetenschappelijk model en heeft daarmee de structuur van zijn model gekozen. (De verticaal in de figuur van Dooge).

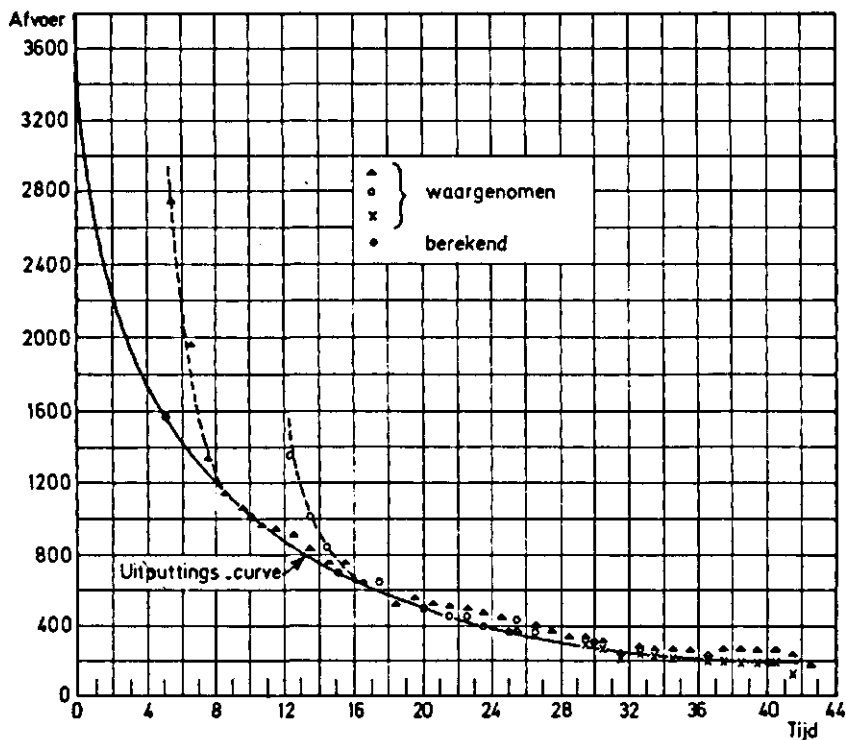


Ter illustratie; Het model "mannen van 30 zijn gemiddeld a cm langer dan jongens van 12, dus $y = a + x$ " heeft een andere structuur dan "mannen van 30 zijn gemiddeld b maal zo lang als jongens van 12, dus $y = b.x$ ". In deze modellen zijn a en b de parameters waarmee de respectievelijke één-parameter modellen aan de werkelijkheid kunnen worden aangepast. De beste waarden van deze parameters kunnen empirisch-statistisch worden bepaald nadat een groot aantal mannen en jongens zijn gemeten.

Zo zal men in een gekozen grondwatermodel de parameterwaarden met behulp van gemeten neerslag-grondwaterstand- en afvoerreeksen, bepalen. (De horizontaal in het diagram van Dooge).

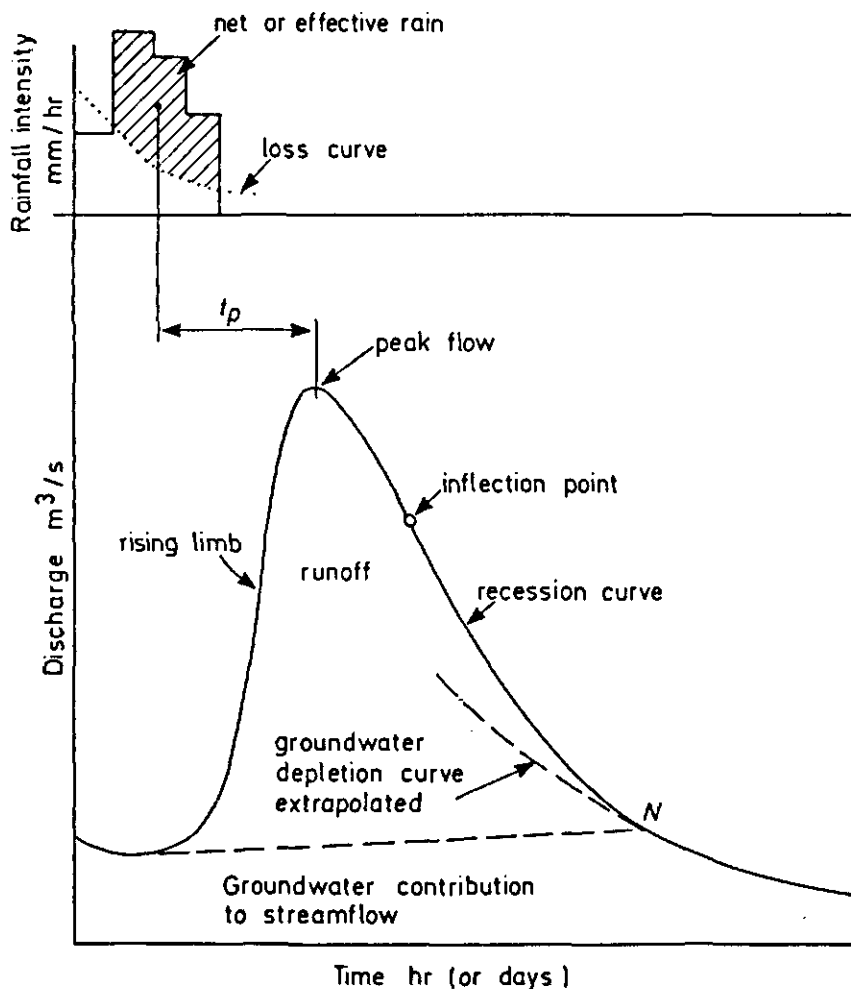
Alleen waarnemingen te velde zullen er uitsluitsel over kunnen geven of een concept en een daarop gebaseerd model bruikbaar is in een bepaalde situatie en met een bepaald doel.

Met dat alles is er in de systeem-wereld en dus ook de hydrologische wereld, plaats voor verschillende opvattingen over de werkelijkheid en zoals ik hiervoor heb betoogd, hebben die opvattingen alles te maken met herkenning van de werkelijkheid vanuit traditionele gezichtspunten.



Zo heerst er bij de afvoerhydrologen, vooral in het buitenland, de alsnog onverwoestbaar gebleken opvatting dat het afvoersysteem van een stroomgebied een grondwaterreservoir omvat waaruit de zogenaamde "base flow" wordt gevoed. Voor die base flow zou dan gelden dat de afvoer evenredig is met de vulling van dat grondwaterreservoir. Dit is makkelijk want dan ziet het verloop van de "base flow" er voor een bepaalde bron of rivier altijd hetzelfde uit.

Zo wil de traditie verder dat de baseflow van het totale afvoerverloop wordt afgetrokken waarna men dan kan onderzoeken welke andere afvoerprocessen voor het optreden van afvoertoppen verantwoordelijk kunnen zijn.

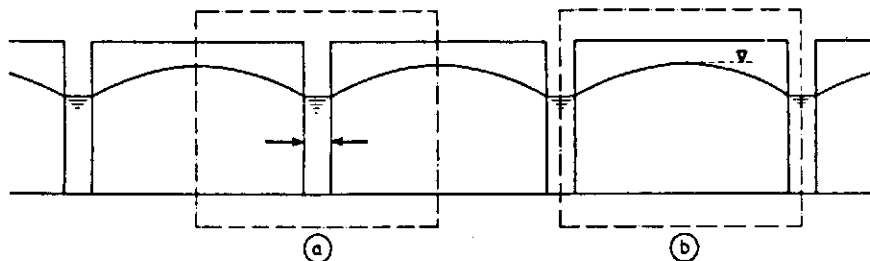


Veldexperimenten met merkstoffen en isotopen-analyses hebben steeds aangetoond dat het aandeel van het grondwater in de afvoertoppen veel groter is dan het volgens het concept van de base-flow zou kunnen zijn. De traditionele hydroloog legt deze "uitzonderingen" naast zich neer. Ze passen niet in zijn concept en dreigen de

harmonie in zijn werkelijkheid te verstoren. Rudolf Arnheim spreekt in zijn boek "Visual Thinking" over "the blindness of a man whose mind is 'made up' and therefore incapable of responding to unforeseen opportunities".

Het is waarschijnlijk dat de grote hydraulicus-hydroloog J. Boussinesq in het begin van deze eeuw ongewild aanleiding tot deze misvatting over de grondwaterafvoer heeft gegeven. De Zeeuw (1966) meldt hoe ook Boussinesq op zoek was naar een zich herhalend "régime" van een bron, teneinde in droge tijden het uitputtingsverloop van zo'n bron te kunnen voorspellen. Hij veronderstelde daartoe dat, wanneer de regen was opgehouden en de daaruit voortkomende aanvulling van het grondwaterreservoir met zakwater zou zijn gestaakt, bij de daarop volgende uitputting van dit reservoir, alle waterdiepten evenredig kleiner zouden worden. Weliswaar is het hem toen wel duidelijk geweest dat het om de "état pénultième", dus het laatste deel van het uitputtingsverloop, of wel het "staartverloop", ging, maar dat neemt niet weg dat het concept van een grondwaterberging met een evenredige afvoer sindsdien wijd en zijd verbreid is.

Als men nu nagaat waarom ook in Nederland het concept van de evenredige afvoer zo onverwoestbaar is gebleken, dan is het verhelderend om twee beschouwingswijzen van de hydrologische werkelijkheid te onderkennen.



Men kan een element van een systeem van evenwijdige sloten op

twee manieren typeren:

a is de *afvoerhydrologische*- en

b is de *agrohydrologische* typering.

Bij a is de aandacht van de afvoerhydroloog gericht op de toestroming van grondwater naar het afvoersysteem. Het gaat hem dus om de potentiaalverdeling in het grondwater bij de slootwand en in het bijzonder het *potentiaalverhang* aldaar want dat drijft het water naar buiten. De grondwaterstanden zijn afgeleide grootheden en als zodanig niet van direct belang voor het afvoerproces.

Bij b daarentegen gaat de belangstelling van de agrohydroloog in het bijzonder uit naar de grondwaterstanden en vooral naar de toestand halverwege de kavel. Daar immers ligt de grondwaterspiegel het hoogst boven het slootpeil en zal de wateroverlast het eerst kunnen optreden. Men wil nu, bij een gekozen maatgevende zakwatertoevoer, het hoogteverschil, of wel het totale potentiaalverval, vaststellen dat bij die doorstroming van de bodem nodig is om alle weerstanden tot aan de sloot te overwinnen. Dat zijn de verticale weerstand in de bovenlaag, de horizontale weerstand in de watervoerende laag, op weg naar de sloot en tenslotte de radiale weerstand bij de sloot zelf. Dit *totale benodigde potentiaalverval* bepaalt de kritieke grondwaterstand bij de maatgevende zakwatertoevoer.

Deze op stromingsweerstand gerichte beschouwingswijze maakt de aanname van *stromingsevenwicht* nodig, d.w.z. de vorm van het stromingsbeeld verandert niet; de binnenkomende zakwatertoevoer stroomt onveranderd door de bodem naar de sloten; er gaat niets af om de berging (en dus de grondwaterstanden) te doen toenemen en er komt niets bij doordat onderwijl de grondwaterstanden zakken en de berging afneemt. Er wordt dus aangenomen dat het *stromingsbeeld stationair* is.

Volgens deze gedachtengang behoort er bij iedere intensiteit van de zakwatertoevoer een stationair stromingsbeeld met een bepaalde hoogte van de grondwaterstand midden tussen de drains. Aangezien er bij stationaire stromingsbeelden geen verschil is tussen de zakwa-

tertoevoer en de afvoer naar de sloten, kan dit concept er toe leiden dat men in termen van grondwaterstand/afvoer-relaties gaat denken, ook wanneer er van stromingsevenwicht geen sprake meer is en men in feite met een niet-stationaire stroming te maken heeft.

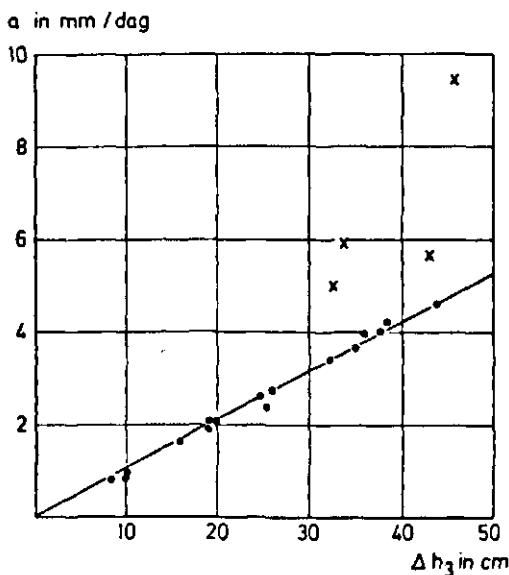
Men kan begrijpen dat de agrohydroloog de voor stationaire stroming verkregen inzichten met betrekking tot de grondwaterstanden niet wil prijsgeven en dan maar liever concessies doet waar het de nauwkeurigheid betreft waarmee de grondwaterafvoer kan worden beschreven. Men gebruikt dan wel een quasi-stationair model waarbij het *niet stationaire stromingsproces* wordt benaderd door een opeenvolging van stationaire stromingsbeelden zoals die tenslotte bij elk van de opeenvolgende zakwatertoevoeren zouden ontstaan, mits die maar lang genoeg zouden aanhouden.

Dat "lang genoeg" moet worden gezien tegenover de *karacteristieke tijd* van het systeem.

Een analogie kan hier misschien verhelderend werken: Men kan met vertrouwen de luchttemperatuur op een buitenthermometer aflezen; de tijd die het kwik nodig heeft om een temperatuursverandering in de lucht over te nemen is klein, dus de karakteristieke tijd van de thermometer is klein in de tijdschaal van de temperatuursveranderingen van de lucht. Daarentegen is bekend dat zwemwater een grote karakteristieke tijd heeft en daarom de temperatuursveranderingen in de lucht op een soort gemiddelde en vertraagde manier volgt.

Bij een niet stationaire grondwaterstroming is dit ook het geval: De op het quasi-stationaire model gebaseerde grondwaterstand/afvoer-relatie is in feite niets meer dan een gemiddeld voorkomend statistisch verband (Ernst 1962).

In deze aan Van Hoorn (1960) ontleende figuur zijn gelijktijdig gemeten afvoeren (verticaal) en grondwaterstanden (horizontaal) tegen elkaar uitgezet, zoals die zijn gemeten in een drainageproefveld in de Maaskant. De kruisen staan voor waarnemingen tijdens of



vlak na de regen, de stippen geven waarnemingen weer die langere tijd na regen zijn gedaan. Deze laatste hebben betrekking op de "état pénultième" van Boussinesq oftewel het staartverloop. De kruisen zijn in te passen in lussen die in overeenstemming zijn met de uitkomsten van een niet-stationair model uit de sfeer α van de afvoerhydrologie waar men het verloop van de afvoer en de beweging

van de grondwaterstand midden tussen de drains ziet als twee aparte - door de zakwaterstroom gedreven - processen.

In 1984 ontving C.V. Theis de Horton medaille voor zijn model van 1935 voor de niet-stationaire toestroming van grondwater naar een put. In zijn dankwoord vertelt hij hoe ook hij, met behulp van zijn rekenschuif, tot grote opluchting van de betrokkene, de lussen kon berekenen die een waarnemer van grondwaterstanden en grondwaterafvoeren had opgemerkt nabij een grondwaterwinning die jaarlijks een seizoen in bedrijf werd gesteld en dan weer werd gestopt.

Een afvoerhydroloog ziet de beweging van de grondwaterstand en het verloop van de afvoer dus als twee aparte - door de zakwaterstroom gedreven - processen. Wat hem betreft hebben ze net zo veel met elkaar te maken als de smeltwaterafvoer uit de Athabasca Glacier in het Rocky Mountains National Park en het aantal geparkeerde auto's bij het daar aanwezige restaurant. Beide zijn hoog bij mooi weer en laag bij slecht weer.

Ik chargeer dit punt om extra duidelijk te maken dat een afvoerhydroloog een grondwaterstand niet als indicator voor de grondwaterafvoer kan aanvaarden, terwijl sommige agrohydrologen voor wie de waterhuishouding in de grond centraal staat, daar blijkbaar nog wel mee kunnen leven en er zelfs mee willen werken.

Overigens wil ik daar onmiddellijk aan toevoegen dat wanneer een afvoerhydroloog iets verstandigs over het verloop van grondwaterstanden moet zeggen, hij het steeds moeilijker krijgt naarmate de plaats verder van de afvoerleiding verwijderd ligt.

Ik hoop met deze verhandeling duidelijk te hebben gemaakt dat hydrologen met verschillende doelstellingen de "werkelijkheid" vanuit verschillende gezichtspunten kunnen bekijken en aldus verschillende aspecten belichten. Die "werkelijkheid" ligt in het door Weinberg aangegeven probleemgebied van de "georganiseerde ingewikkeldheid". De daar vereiste systeembenadering maakt vereenvoudigende aannamen nodig om het gestelde probleem hanteerbaar te maken. Die vereenvoudigende aannamen kunnen echter consequenties hebben die onaanvaardbaar zijn voor andere hydrologen die met andere doelstellingen in datzelfde gebied bezig zijn. De hydrologie moet dan een beschouwing ontwikkelen die beide gezichtspunten en dus beide aspecten in zich verenigt; en zo blijft er voor hydrologen steeds werk aan de winkel.



Foto NRC Handelsblad/
Vincent Mentzel.

Als afsluiting van dit deel van mijn verhandeling toon ik u deze plastic van Henneman. Richt ik mijn aandacht op het midden dan zie ik een soort blikseminslag. Beschouw ik daarentegen het midden als achtergrond, dan zie ik waarom Henneman deze plastic "de kus" genoemd heeft.

Dames en Heren, ik zie vandaag terug op 38 jaren activiteit als civiel ingenieur. Daaronder vielen 28 jaar werk aan de Landbouwhogeschool. Wat ik hier tot nu toe heb gezegd had betrekking op die laatste periode van onderwijs en onderzoek.

Maar ik zou u vandaag toch ook de smaak willen meegeven van de tien jaren die aan mijn Wageningse tijd voorafgingen. Dat was een intensieve periode van ontwerp en uitvoering en één van de hoogtepunten daarin was de afsluiting van het stroomgat bij Bath in 1953 na de grote overstroming. Een groep mensen heeft toen hart en ziel in dat werk gelegd en zo dat stroomgat dichtgekregen.

Daar is geen film van gemaakt, maar er bestaat wel een film die dezelfde geest ademt en dat is de film die Bert Haanstra in 1961 maak-

te bij de afsluiting van het Veerse Gat. Nu slaken een aantal van u de verzuchting: Daar heb je hem weer met z'n

Delta Fase I !!!

Inderdaad, van die film kan ik geen genoeg krijgen. Ik hoop van harte dat in de komende 20 minuten iets van dat gevoel op u zal overwaaien.

Geachte toehoorders,

Ik ben er zeker van dat u mij vandaag enige nostalgie niet misgunt, maar toch vraagt u zich misschien af wat deze film met het denken van hydrologen te maken heeft. Per slot zou ik u daarover inlichten.

Mag ik u er dan op wijzen dat u ook nu naar een model van de werkelijkheid hebt zitten kijken. In dat model heeft de vereenvoudigende meesterhand van Bert Haanstra in 20 minuten een werkelijkheid van vele maanden uitgebeeld. En in die 20 minuten hebt u meer belangrijke aspecten kunnen meebeleven dan u ooit ter plaatse vanuit uw eigen enkelvoudige gezichtspunt had kunnen zien.

Elk beeld, elke klank en elk woord van Haanstra's model is zo geladen dat ze samen iets veel groters dan die 20 minuten film uitdragen. Elk element van dit model is zo essentieel en representatief dat de aanschouwer het zelf in zijn verbeelding verder uitwerkt.

Ook de hydroloog staat voor de taak om zijn beeld van de werkelijkheid te vereenvoudigen tot een model dat alleen de meest representatieve en essentiële elementen bevat. Dat betekent dat de hydroloog net als de beeldend kunstenaar "the science of simplification" (Weinberg) moet beoefenen.

Ik hoop, dames en heren, dat mijn opvolger een Haanstra onder de hydrologen zal zijn.

Ik dank u voor uw aandacht.

LITERATUUR

- Arnheim, R.: "Visual Thinking", Univ. of California Press.
- Dooge, J.C.I., 1973: "Linear Theory of Hydrologic Systems", USDA Techn. Bull. No. 1468, US Government Printing Office, Washington.
- Ernst, L.F., 1962: "Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen", Proefschrift.
- Ernst, L.F., 1978: "Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables", Journal of Hydrology 39 (1-30).
- Gombrich, E., 1980: "Art and Illusion, a Study in the Psychology of Pictorial Representation", Second impression, Phaidon Press.
- Hooghoudt, S.B., 1937: "Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond", Algemene Landsdrukkerij.
- Hoorn, J.W. van, 1960: "Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem", Proefschrift.
- Jager, A.W. de, 1965: "Hoge afvoeren van enige Nederlandse Stroomgebieden", Proefschrift.
- Laat, P.J.M. de, 1980: "Model for unsaturated flow above a shallow water-table", Proefschrift.
- Molen, W.H. van der, 1977: "Niet-stationaire grondwaterstroming", Collegedictaat.
- Theis, C.V., 1984: "Acceptance of Robert E. Horton Medal", EOS July 10.
- Weinberg, G.M., 1975: "An introduction to general systems thinking", John Wiley & Sons.
- Zeeuw, J.W. de, 1966: "Analyse van het afvoerloop van gebieden met hoofdzakelijk grondwater", Proefschrift.