

NN02963.677

Hist. Verz. L.L.U.



Landbouwniversiteit
Historische Verzameling

Nr. *D. 4. molen*

OVER WATER EN BODEM



Landbouwniversiteit

Wageningen

OVER WATER EN BODEM

Voordracht

op 5 oktober 1987
in de Aula van de Landbouwniversiteit
gehouden door

Dr.Ir. W.H. van der Molen
bij zijn afscheid als
hoogleraar in de Agrohdrologie

Geachte toehoorders, Dames en Heren,

Bijna twintig jaar geleden hield ik een inleidende voordracht over een verwant onderwerp. Wellicht is het thans dienstig eens na te gaan wat er sindsdien aan veranderingen is opgetreden in ons denken en doen, in de middelen die ons ter beschikking staan en over de vraagstukken en opgaven waarvoor wij ons nu geplaatst zien.

Water is een merkwaardige stof. Het is niet zeldzaam of duur, zoals goud of diamant, maar het is, in tegenstelling tot deze, onmisbaar voor het leven. Het verschaft, ondanks veelvuldig voorkomen een bestaan aan velen, van schippers tot waterdragers. De stof water heeft vele bijzondere eigenschappen, waarover Lyklema hier al eens een boeiend betoog heeft gehouden. Maar een eigenschap heeft hij daarbij niet vermeld, namelijk dat er hetzij te veel, hetzij te weinig van pleegt te zijn. Het is dit wispelturige gedrag dat aan de hydrologie en vooral aan de toepassingen daarvan in de techniek en de landbouw bestaansrecht verleent. Immers elke samenleving die niet met de door de natuur geleverde hoeveelheden tevreden is, zal maatregelen moeten treffen tot regeling en beheersing.

Hoe zit dat nu met de natuur, wat levert die en wat zijn de problemen daarbij? Laten wij eens in het klein en vlak bij huis beginnen en dan gaandeweg ons gezichtsveld verder verruimen.

Wij beginnen dan met schijnbaar kleine hoeveelheden in kleine kanaaltjes, de poriën in de bodem. De stromingswetten van water in de bodem zijn reeds lang bekend. Voor de beweging in het met water verzadigde deel van de bodem - het grondwater - formuleerde Darcy zijn wet reeds in de negentiende eeuw, voor de onverzadigde stroming van het bodemvocht deed Richards dit in de jaren dertig van de twintigste.

Beide wetten zijn uiterst eenvoudig, maar hun verdere uitwerking is dat allerm minst. Het is niet voldoende de grondleggende differentiaalvergelijkingen voor deze stromingen,

die uit deze wetten volgen, op te schrijven. Het staat wel indrukwekkend, vooral met wit krijt op een zwart bord, maar het oplossen ervan is een andere zaak. Een veel gebruikte werkwijze daarvoor is de wiskundige uitwerking van bepaalde, in de regel eenvoudige, gevallen tot formules.

Het zijn deze vereenvoudigingen, die geleid hebben tot de misvatting dat een grondwaterhydroloog woont op een rond eiland met een put in het midden.

Voor hydrologen en stromingsgevallen die iets dichter bij de werkelijkheid staan wordt deze analytische methode al spoedig erg ingewikkeld. De uiteindelijk verkregen formules zijn daarbij lang niet altijd in gesloten vorm te schrijven, maar nemen veelal de gedaante aan van in beginsel oneindig voortlopende reeksen.

Voor lineaire processen, waartoe de verplaatsing van grondwater, maar ook bijvoorbeeld de stroming van warmte of de diffusie van opgeloste stoffen behoren, zijn zeer veel van dergelijke oplossingen oeschikbaar. Merkwaardig genoeg zijn deze in de warmteleer veel eerder bekend geworden en ook toegepast dan bij de zeer verwante stroming van het grondwater. Formules voor warmtestroming, die door Carslaw & Jaeger zo voortreffelijk zijn samengevat, zijn eerst tientallen jaren, soms zelfs een eeuw later opnieuw afgeleid en toegepast voor grondwater. Overigens zijn deze oplossingen, hoewel exact, toch vaak ingewikkeld en vragen zij bij de uitwerking nog een aanzienlijke hoeveelheid rekenwerk.

Nog lastiger liggen de zaken bij vraagstukken die van nature niet-lineair zijn. Voorbeelden van dergelijke niet-lineaire systemen zijn alle levende wezens. Zo geeft een kip, die tweemaal de gebruikelijke hoeveelheid voer krijgt niet tweemaal zoveel eieren, terwijl bij een lineair systeem als een koffie-automaat deze evenredigheid tussen in en uitvoer wel aanwezig is.

Dergelijke niet-lineaire systemen komen in de hydrologie veelvuldig voor: de stroming van water door een rivier behoort tot deze klasse, de verplaatsing van grondwater door een dun watervoerend pakket eveneens en de stroming van

bodemvocht in de onverzadigde zone van de bodem is zelfs een bij uitstek niet-lineaire gebeurtenis.

Voor dit soort vraagstukken bestaan slechts zeer weinig oplossingen van het eerder beschreven soort. Een klassiek voorbeeld is de al meer dan tachtig jaar oude beschrijving van een bepaald drainagegeval door Boussinesq, de oudste mij bekende analyse van de werking van een drainagestelsel in de bodem. Destijds was de drainage wel bekend en werd deze techniek in Engeland al meer dan een eeuw en bij ons al meer dan een halve eeuw toegepast, maar de technici hadden nog geen enkele belangstelling voor beschouwingen van deze aard. De oplossing van Boussinesq was dan ook veel belangwekkender voor de wiskundigen dan voor degenen die er direct voordeel van zouden kunnen trekken.

Blijkbaar gold destijds dat er aanzienlijk meer bekend is dan er wordt toegepast - en waarschijnlijk geldt dit nog steeds. Bij alle nadruk die de laatste tijd wordt gelegd op onderzoek wordt dit wel eens vergeten; hier komt de andere hoofdtaak van de universiteit en zelfs haar bestaansgrond, het onderwijs, aan de orde.

Dit onderwijs moet niet slechts gericht zijn op hen die jong zijn van jaren, maar zich ook uitstrekken tot ervaren mensen die reeds geruime tijd in de praktijk werkzaam zijn. Alleen op deze wijze zijn onevenwichtigheden van het zojuist beschreven soort enigszins te vermijden.

Maar dit terzijde; keren wij terug naar ons eigenlijke onderwerp, de waterstroming in de bodem. De beperkte mogelijkheden van de wiskundige oplossingen, maar vooral hun moeilijke hanteerbaarheid, stonden een algemene toepassing in de weg. Voor een rond eiland ging het wel, voor een elliptische omtrek werd het al moeilijk en voor het eiland Schouwen onoplosbaar.

En wat het tweede betreft, een Engelsman zei eens: "Among engineers, hodographs are not particularly popular". Zij die deze weg niet vermochten te volgen, om welke redenen dan ook, wendden zich daarom aanvankelijk tot de veel eenvoudiger modellen: schaalmodellen van water en zand, later ook

elektrische en electronische nabootsing van de werkelijkheid. Deze zijn een tijdlang veelvuldig gebruikt, terwijl voor de stroming van oppervlaktewater waterloopkundige laboratoria werden opgericht. Voor sommige toepassingen zijn dergelijke modellen nog steeds moeilijk misbaar. Zij hebben bovendien nog een voordeel: hun aanschouwelijkheid, een voordeel dat vooral bij het onderwijs van abstracte begrippen als equipotentiaalen, stroomlijnen en trajectoria goed van pas kan komen. Maar anderzijds hebben zij een groot nadeel: het maken van modellen is maatwerk en maatwerk kan niet op tegen massaproductie. Bovendien ontstaan er als gevolg van de sterk verkleinde schaal allerlei moeilijkheden; zo is bijvoorbeeld de capillaire opstijging van bodemvocht moeilijk op schaal te brengen en hetzelfde geldt voor het transport van opgeloste stoffen in de bodem.

Deze bezwaren gelden niet voor rekenmodellen. Hier staan ons hulpmiddelen ter beschikking die in grote hoeveelheden worden vervaardigd: sinds de invoering van de PC kunnen wij gemakkelijk toegang verkrijgen tot de wereld van de electronische verwerking van gegevens. De rekenmodellen splitsen het stromingsvraagstuk op in kleine stapjes. Aanvankelijk geschiedde dat met potlood en papier, later met mechanische rekenmachines.

Op deze wijze hebben Keppler en Bessel gewerkt aan hun berekening van de planetenbanen, zo heeft ook nog de Commissie Lorenz in de jaren 20 van deze eeuw gerekend aan de gevolgen van de aanleg van de Afsluitdijk op de waterstanden langs de kusten van Noord-Friesland. Voor grondwaterstromingen is de relaxatiemethode, waarbij in blokken tegelijk werd gerekend, een tijdlang veelvuldig gebruikt.

Door de snelle ontwikkeling van de computer zijn dit soort vraagstukken thans gemakkelijk op te lossen. Verrassend is daarbij hoe nauwkeurig de oude handberekeningen vaak bleken te zijn.

Merkwaardig genoeg is het diepe verschil tussen lineaire en niet-lineaire vraagstukken, dat aan de wiskundigen zoveel hoofdbrekens bezorgde, bij de numerieke werkwijze nauwelijks

van betekenis: de oplossing wordt er vrijwel niet door beïnvloed.

In beginsel zijn deze rekenmethoden het toppunt van eenvoud. De partiële differentiaalvergelijking, die de grondslag vormt voor de stroming van grondwater, de vergelijking van Laplace, kan bijvoorbeeld worden geschreven als de som van de stijghoogten van het grondwater in enkele omringende punten (vier of zes, al naar het aantal meegenomen dimensies) gedeeld door hun aantal. Vier of zes getallen optellen en delen door vier of zes, dat is alles. Het moet wel vele keren, vaak duizenden keren, om alles kloppend te krijgen, maar tenslotte wordt de uitkomst gevonden met een nauwkeurigheid die de behoeften van de praktijk verre overtreft. Het is zelfs mogelijk dit werk te doen op het werkblad - de spreadsheet - van een kleine computer; wel wat langzaam, maar 's avonds aangezet is de oplossing de volgende morgen wel klaar.

Het spreekt vanzelf dat er met verfijnder middelen meer kan worden gedaan en sneller gewerkt, maar niettemin is het duidelijk hoe de beschikbaarheid van een in massa vervaardigd standaardwerktuig de vroegere werkwijzen voor een groot deel overbodig heeft gemaakt. De huidige hydroloog knutselt niet meer, hij tuurt op een scherm.

Overigens is dit een uiterst gevaarlijke bezigheid. Niet zozeer wegens vermeende gevaren voor de gezondheid, maar wel omdat men, al turend en rekenend, de aandacht voor de werkelijkheid dreigt te verliezen. Geen model is beter dan de gegevens, die er in gebruikt worden en juist aan deze gegevens - en zelfs aan de fundamentele wetten - ontbreekt nog wel een en ander, al is het eerste ernstiger dan het tweede. Het is dan ook in het veld en bij het overbrengen van de eigenschappen van het veld naar de modellen dat er moeilijkheden optreden. Het veld is niet netjes, niet regelmatig, vol onverwachte verscheidenheid. Voor berekeningen over de hoeveelheden water die een gebied in of uit stromen kan men nog wel met globale waarden volstaan, maar zodra men op kleinere schaal gaat werken en vooral als ook de kwaliteit

van het water in het geding is wordt dit anders en zal de ruimtelijke spreiding van de bodemeigenschappen een belangrijke invloed gaan uitoefenen.

De invloed van deze spreiding blijkt af te hangen van de schaal waarop de stroming zich afspeelt. Men kan de bodem opgebouwd denken uit cellen of kamers, waarin het binnenkomende water volledig wordt gemengd. Met deze uiterst eenvoudige voorstelling van zaken wordt een model verkregen dat in vele gevallen verrassend goede uitkomsten oplevert. De grootte van de cellen is evenwel sterk afhankelijk van de schaal: voor een kolom zand in het laboratorium bedraagt hun afmeting slechts enkele millimeters, voor een bodemprofiel een decimeter, voor een watervoerend pakket enkele tot vele meters.

Deze kenmerkende dispersielengte is eigenlijk een reken-grootheid, waarover men niet te veel moet nadenken. Hoewel dat uit universitair gezichtspunt weinig bevredigend is, valt er, zoals met vele van dergelijke begrippen, redelijk mee te werken. Toch schuilt er, zoals wij zullen zien, een addertje onder het gras, een onverwacht addertje van geheel andere aard.

De invloed van onregelmatigheden is al lang bekend en dus ook herhaaldelijk weer vergeten. Na de inundaties in Zeeland, uitgevoerd onder de oorlogsomstandigheden van de jaren 1940-1945, werd een uitgebreid onderzoek ingesteld naar de verzilting van de onder water gezette gronden en naar de ontzilting, die na het droogvallen door de neerslag werd teweeg gebracht. Al spoedig stuitte men daarbij op onbegrijpelijke uitkomsten, die veroorzaakt bleken te worden door uiterst geringe verschillen in de bodem of in de hoogte van het terrein.

Verhoeven wijdde aan deze verscheidenheid een uitvoerige studie. Er bleken verschillen te bestaan tussen kopjes en kuultjes, met een hoogteverschil van slechts enkele centimeters, maar ook geheel onverklaarbare verschillen op afstanden van enkele decimeters tot meters. Doordat men werkte met een vrijwel volmaakte merkstof, het chloride-ion, kwam

deze verscheidenheid duidelijk te voorschijn. Maar omdat de onregelmatigheid van de bodem destijds meer werd beschouwd als een storende invloed dan als een aan de bodem gebonden kenmerk werd de speurtocht niet voortgezet, maar mondde zij uit in een algemeen voorschrift: "neem voor een grondmonster ten minste zestien steken".

Een tiental jaren later beschreven Boumans en Dieleman, hoe in Irak zoute gronden konden worden ontzilt door een gelijktijdige aanwending van bevloeiing en drainage. De uitspoeling van zouten, voornamelijk chloriden, verliep vooral op kleigronden veel minder snel dan uit de waterbeweging zou volgen. Dit lage nuttig effect van de uitspoeling werd toegeschreven aan het voorkomen van scheuren en gangen, waardoor water naar de ondergrond kon vloeien zonder veel zouten mee te nemen. Later toonden Bouma en medewerkers de aanwezigheid van dergelijke scheuren in Nederlandse kleigronden aan met behulp van de kleurstof methyleenblauw.

Thans is het niet zozeer het chloride-ion dat schade veroorzaakt, maar zijn er allerlei andere stoffen die bodem en water bedreigen. Wij kennen thans nitraten en fosfaten, maar ook minerale olie en resten of bijmengsels van bestrijdingsmiddelen als voorbeelden van dergelijke stoffen. Ook deze worden met het water verplaatst, al worden sommige ervan, zoals de fosfaten, in de bodem vastgehouden, waardoor zij sterk worden vertraagd in hun bewegingen.

Andere daarentegen, zoals nitraat, smaakstoffen uit minerale olie en dichloorpropan - een bijmengsel van een bestrijdingsmiddel tegen aaltjes - lopen ongehinderd met het water mee.

Is dus de stroomsnelheid van het water op verschillende plaatsen verschillend, dan zal ook de verspreiding van deze verontreinigingen door de bodem met zeer uiteenlopende snelheden verlopen.

Gedeelten van deze stoffen die een snelweg volgen zullen dan eerder hun doel bereiken dan die welke van een wandelpad gebruik maken. Een belangrijke vraag is nu of een dergelijk wegenstelsel van blijvende aard is - zoals het Nederlandse

wegennet - of dat de voorkeurspaden elk seizoen een andere plaats innemen. In het laatste geval is, op wat langere termijn gezien, het verschijnsel statistisch belangwekkend, maar heeft het weinig gevolgen. Zijn daarentegen de paden van blijvende aard, dan zullen alle verontreinigingen, ook degene die in de bodem worden vertraagd, veel sneller doordringen dan men op grond van het algemene stromingsbeeld mag verwachten. Wellicht is dit een verklaring voor de verrassend grote diepte tot waar in sommige gebieden verontreinigingen zijn doorgedrongen. Zo zijn in het grondwater in Drente tot op een diepte van meer dan 40 meter sporen gevonden van het eerder genoemde dichloorpropaan. Als preferente stroming daarvan de oorzaak is, dan moet dit ook gelden voor talrijke andere verontreinigingen en mogelijk zelfs voor sterk in de bodem vastgehouden stoffen als fosfaten.

Het is thans mogelijk dergelijke voorkeursbanen direct in het veld aan te tonen. Het gebruik van methyleenblauw voor kleigronden heb ik al genoemd, maar in zandgronden is deze kleurstof voor dit doel te weinig beweeglijk. Men kan echter jodide gebruiken, dat even snel wordt verplaatst als het water zelf. Nadat het jodide ver genoeg in de bodem is doorgedrongen, kan het in de wand van een vers gegraven profielkuil zichtbaar gemaakt worden door oxydatie met chloorwater tot jodium en het aantonen van dit jodium met zetmeel; een zeer bekende reactie, die bij aanwezigheid van jodide een donkerblauwe kleur oplevert. Op deze wijze zijn door Van Ommen fraaie beelden verkregen van de voorkeursstromingen in een op het oog homogene zandgrond.

Twintig jaar geleden heette het grondwater nog koel, betrouwbaar en zuiver of gemakkelijk te zuiveren. In gebieden als de Veluwe en ook in sommige andere stuwwallen is het zuurstofrijk en soms kan het zelfs zonder verdere voorbewerking worden gebruikt als drinkwater. Maar thans is het duidelijk geworden dat zeker de bovenste 20 meter van dit grondwater door de mens beïnvloed is. Omdat in de Nederlandse pleistocene zanden de bufferende werking gering is, leidt in onze zandstreken de zuurheid van de neerslag ook tot

verzuring van het grondwater; in sommige gebieden is deze verandering reeds tot een diepte van 20 meter beneden het freatisch vlak waar te nemen.

Wij hebben gezien dat neerwaartse verplaatsingen van deze orde van grootte zeer wel mogelijk zijn. Maar behalve deze neerwaartse verplaatsing, kunnen ook horizontale stromingen stoffen van de ene naar de andere plaats vervoeren. Zijn de vertikale bewegingen vooral belangrijk bij vervuilingen die afkomstig zijn uit verspreide bronnen, zoals de neerslag of de landbouw, de horizontale verplaatsingen zijn vooral van betekenis bij puntbronnen zoals vuilstorten en bij lijnbronnen zoals verkeerswegen. Deze verplaatsing is bijzonder eenvoudig te vinden uit een gemakkelijk te meten grootte, het elektrisch geleidingsvermogen van het water. Zo is dit geleidingsvermogen in de buurt van een verkeersweg vaak duidelijk verhoogd door het zout dat in de winter gestrooid wordt om bij vorst de gladheid te bestrijden. Toch is deze horizontale verplaatsing in ons land in de regel zeer traag en vergt een afstand van slechts 50 tot 100 meter al enkele tientallen jaren.

Dit lijkt geruststellend, maar is het toch niet. Het duidt er immers op dat de verblijftijd van het water in de bodem - en zeker in de zeer dikke watervoerende pakketten, die ons land kenmerken - bijzonder lang is. Vervuild grondwater blijft dan ook zeer lange tijd vervuild, dit in tegenstelling tot oppervlaktewater.

Als een rivier door een ongeval verontreinigd is geraakt - en bij de Rijn komt dat helaas nogal eens voor - dan kan daaraan reeds na korte tijd, een week ongeveer, weer bruikbaar water worden onttrokken. Zo moet het inlaten van water uit de Lek bij Vreeswijk, ten behoeve van de voorziening van West-Nederland met drinkwater, soms enige tijd worden gestaakt wegens vervuiling van de rivier. Maar meestal kan de winning na enkele dagen weer worden hervat. Grondwater daarentegen is in dit opzicht veel kwetsbaarder: een pompput, die door vervuiling wordt getroffen, moet worden gesloten. Juist in deze gevallen zijn de eerder genoemde berekeningen

van de stromingen van bijzonder belang: kunnen zij inderdaad de verschijnselen goed beschrijven of hebben de onregelmatigheden in de bodem daarop een te grote invloed? En zo ja, hoe kunnen wij dan dergelijke onregelmatigheden opsporen en opnemen in onze modellen? Hier ligt de moeilijkheid niet zozeer in de beschikbaarheid van rekenmethoden, maar in het onderzoek te velde.

Wie zal tot in bijzonderheden kunnen vaststellen hoe grove en fijne laagjes elkaar afwisselen en of deze laagjes ver doorlopen of daarentegen al spoedig eindigen? Er zijn enkele belangwekkende studies op dit gebied verricht, maar de toegankelijkheid van diepe watervoerende pakketten is nu eenmaal beperkt en goede meetmethoden ontbreken nog grotendeels.

Nog moeilijker is de beschrijving van de waterbeweging in de onverzadigde zone van de bodem, boven het grondwater. De bewegingswetten zijn hier in zo sterke mate niet-lineair dat hun uitwerking moeizaam verloopt. Zelfs bij toepassing van numerieke rekenmethoden stuit men soms op onverwachte instabiliteiten in de oplossingen, die alleen bij gebruik van zeer kleine tijdstappen te voorkomen zijn. Men moet altijd een vergelijk sluiten tussen de nauwkeurigheid, de stabiliteit en de benodigde rekentijd.

Er zijn vele voorbeelden van dergelijke modellen, waarvan ik hier alleen het door Feddes ontwikkelde model SWATRE en het model MUST van De Laat wil noemen als een geslaagd compromis tussen behoeften en mogelijkheden. Voor Nederlandse omstandigheden is het daarbij belangrijk dat ook de invloed van het grondwater kan worden meegenomen, terwijl anderzijds ook de uitwerking van de onverzadigde processen op dit grondwater beschreven kan worden.

Een uitbreiding van een dergelijk model tot de verplaatsing van opgeloste stoffen ligt voor de hand, hoewel de eerder beschreven onregelmatigheden, die zelfs in zandgronden optreden, daarbij moeilijk in rekening te brengen zullen zijn.

Maar genoeg over dit onderwerp; er zijn andere schalen waarmee de hydroloog te maken krijgt. Zo is er de nationale

waterhuishouding: hoe gaan wij om met het water dat ons ter beschikking staat? In de laatste decennia is daar veelvuldig aandacht aan besteed. De maatschappelijke ontwikkelingen weerspiegelen zich duidelijk in de nota's die over dit onderwerp handelen. De tijd van ongebreidelde, zelfs exponentieel veronderstelde groei op alle gebied, tot de bevolkingsaantallen toe, uit het eind van de jaren zestig leidde tot grootse plannen. Daarentegen bracht de sobere tijd van de jaren tachtig nog wel veel studies maar weinig uitvoering en een veel grotere aandacht voor het beheer van de bestaande middelen. Wat de landbouw betreft hebben deze studies duidelijk aangetoond dat deze bedrijfstak veruit de grootste belanghebbende is bij een goede waterhuishouding.

Wij horen van de zijde van het natuurbeheer nog wel eens de klacht dat Nederland geheel verdroogd is, dat de waterpeilen veel te laag zijn geworden. De klacht is terecht voor zover het de flora en fauna van natte terreinen betreft; dergelijke terreinen zijn immers in de loop van deze eeuw sterk in omvang afgenomen.

Maar de verdroging strekt zich niet uit tot de intensief gevoerde landbouw. Het zijn juist de grote belangen van deze bedrijvigheid die tot de genoemde veranderingen in de waterhuishouding hebben geleid. Tekorten aan water, die in normale en vooral in droge zomers optreden, worden daarbij in steeds toenemende mate door kunstmatige beregening opgevangen.

Hoewel vele berekeningen aantonen dat beregening in ons land niet of nauwelijks rendabel is en hoewel de laatste zeer droge zomer al elf jaar geleden voorkwam, breidt de beregende oppervlakte zich nog steeds uit. Overigens zijn het niet steeds de diepere pellen, die het verdwijnen van kenmerkende plantengroei hebben teweeg gebracht, maar evenzeer de zwaardere bemesting. Of de te verwachten extensivering in de landbouw een tegengestelde invloed uit zal oefenen is niet zeker, maar ik verwacht het niet en zeker niet in die mate die nodig zou zijn om de vroegere toestanden te doen terugkeren.

Landbouw, natuurbeheer en openbare watervoorziening zijn alle gebaat bij een voldoende beschikbaarheid van goed water, maar zij kennen toch vooral, door hun sterk verschillende eisen, een grote tegenstelling van belangen. Het is een toernooiveld met drie goede ploegen van deelnemers, maar de tijd ontbreekt mij om een uitvoerig verslag te geven van hetgeen zich daar afspeelt.

Overigens staat er bijna wel altijd iets in de krant over de Nederlandse waterhuishouding: het onderwerp lijkt even onuitputtelijk als het weer.

Zien wij wat verder dan het eigen land, zijn er dan ontwikkelingen, die vergelijkbaar zijn met hetgeen in Nederland is geschied op het gebied van de waterhuishouding? Hierbij moeten wij natuurlijk in het oog houden dat de omstandigheden, ook de hydrologische, in het buitenland vaak geheel anders zijn. Niet alleen onze polders zijn uniek; ook onze zandstreken, waar de landbouw listig gebruik maakt van het ondiep voorkomende grondwater, vinden in het buitenland nauwelijks hun evenbeeld.

Wij kennen daarentegen geen goed ontwikkelde karstgebieden, geen stuwweren, stortbeken of grote waterkrachtcentrales. In vlakke gebieden elders ter wereld voelen wij ons beter thuis. Opvallend is hier dat in dergelijke vlakten een maatregel als de drainage van landbouwgronden thans op zeer grote schaal wordt toegepast. Het doel daarvan is niet zozeer een overmaat aan water te voorkomen, maar eerder om de dreigende of reeds voorgevallen verzilting tegen te gaan. Zo wordt op het ogenblik in de Nijldelta en de Nijlvallei van Egypte jaarlijks het grootste areaal ter wereld aan drainagewerken uitgevoerd. De kennis en belangstelling, die in beide landen op dit gebied aanwezig is heeft niet alleen geleid tot een unieke Egyptisch-Nederlandse samenwerking bij de uitvoering van deze werken, maar ook tot gezamenlijke studies over de waterhuishouding van dit land, dat alle water moet betrekken uit een bron: de Nijl.

Tenslotte wil ik u nog veel verder meevoeren op onze tocht. De ruimtevaart is in deze eeuw begonnen, maar is nog even

primitief als de scheepvaart van de Feniciërs vergeleken met de huidige. Toch heeft zij al veel kennis opgeleverd, vele raadsels opgelost en ons uiteraard nog veel meer nieuwe opgegeven. Terwijl een goede twintig jaar geleden het voorkomen van water op aarde reeds behoorlijk was beschreven - daarover is, behoudens enkele bijzonderheden, weinig nieuws meer aan toegevoegd - over andere planeten bestonden slechts wilde gissingen. Steeds meer blijkt hoe onze eigen wereld een bijzondere plaats inneemt onder haar soortgenoten: met haar kern van ijzer, haar verschuivende vastelanden en oceanen. Twee derde van het oppervlak bestaat uit zeewater en het overige gedeelte, het vasteland, wordt snel en ingrijpend vervormd onder invloed van stromend water. Van onze Maan is reeds lang bekend, dat stromend water als vormende kracht ontbreekt en wij weten nu zeker dat onze begeleidster in het geheel geen water bevat en waarschijnlijk ook nooit bevat heeft.

Geen oord dus waar een hydroloog zijn professie kan uitoefenen, evenmin trouwens als op Mercurius, waar ook geen water te bestuderen valt, laat staan te regelen. Onze zuster Venus leek eerst aantrekkelijker, er is een dichte atmosfeer, er is nog meer bewolking dan in de afgelopen zomer in Nederland. Maar sinds wij weten dat in die broeikas de temperatuur van de bodem boven het kritische punt van water ligt en ook dat de zeer dichte atmosfeer wel veel koolzuurgas, maar vrijwel geen waterdamp bevat, kunnen wij ook deze zuster wel vergeten als werkterrein. Er zijn zeer dichte wolken, maar geen wolken zoals wij die kennen; als het regent, regent het zwavelzuur.

Voor water moeten wij verder van huis. De manen en ringen van Jupiter en Saturnus bevatten deze stof in grote hoeveelheden, de ring van Saturnus bestaat zelfs grotendeels uit brokken ijs. Maar het is er zo koud dat dit ijs nauwelijks verdampt en dat een ijsbrok zich gedraagt als bij ons een kiezelsteen: het duurt heel lang voordat hij in damp is opgegaan. Stenen zijn voor de petrologen, een hydroloog kan er weinig mee.

En de rode planeet Mars? Hoe heb ik niet als jongen genoten van de verhalen over kanalen, gegraven door de bewoners van een uitdrogende wereld, kanalen die smeltwater van de polen door onmetelijke woestijnen leidden naar warmere gebieden, waar bevoeide landbouw werd bedreven. En zoals het wel meer gaat bij grote bevoeiingsprojecten, zelfs sociologische beschouwingen ontbraken niet: de beschaving zou een vorm van onderlinge eensgezinsheid kennen die op onze planeet nog altijd verre te zoeken is.

Jammer dat het niet waar bleek te zijn: de koude woestijn Mars kent geen vloeibaar water en in de dunne atmosfeer bevindt zich slechts zeer weinig waterdamp. Wel ligt er ijs aan de polen, koolzuursneeuw en bevroren water en misschien komt er onder het uitgedroogde oppervlak nog een aanzienlijke voorraad ijs voor in de bodem. Er zijn althans sterke aanwijzingen, dat er wel water is geweest en dat dit ook gestroomd heeft: droge beddingen zijn zichtbaar, die sprekend gelijken op dergelijke beddingen in onze woestijnen. Geen kanalen of bevoeiingswerken, maar dus toch in de toekomst nog enig werk voor een nieuwsgierig hydroloog met buitenaardse aspiraties en historische belangstelling.

Toch zullen wij onze aandacht en vindingrijkheid voornamelijk op de eigen planeet moeten richten. Daar is overigens nog genoeg te doen. Nieuwe en waarschijnlijk onverwachte gezichtspunten en vraagstukken zullen zich aandienen, ook ten aanzien van watergebruik en waterbeheersing in de landbouw in de breedste zin. Het verheugt mij dan ook dat de aandacht voor de natuurkunde van de bodem, de agrohydrologie, de hydraulica en de hydrologie in het algemeen in Wageningen behouden zal blijven. Wij hebben er immers een belangrijk veld van toepassing voor. Ik wil dan ook eindigen met de wens dat een nauwer samengaan van de genoemde deelgebieden de verdere ontwikkeling van het gehele vakgebied bodem en water ten goede zal komen. Moge het spoedig gelukken daartoe de noodzakelijke voorzieningen te treffen.

Ik dank u voor uw aandacht.

LITERATUUR

- Belmans, C. et al., 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil, SWATRE. J. Hydrol., **63**, 271-286.
- Biswas, A.K., 1970. History of Hydrology. 336 pp. Amsterdam-London.
- Bouma, J. & L.W. Dekker, 1978. A case study on infiltration into dry clay soil. I: Morphological observations. Geoderma, **20**, 27-40.
- Boussinesq, M.J., 1904. Recherches theoriques sur l'ecoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le debit des sources. Journal de Mathematiques Pures et Appliquees, **10**, 1-78.
- Carslaw, H.S. & J.C. Jaeger, 1959. Conduction of Heat in Solids. Oxford, 510 pp.
- Hoogsteen, K.J., 1986 Micro-verontreiniging in drie waterwingebieden. H₂O , **19**, 48-52.
- Hulsbos, W.C. & J.H. Boumans, 1960, Leaching of saline soils in Iraq. Neth. J. Agric. Sci., **8**, 1-10.
- Laat, P.J.M. de, 1985, Simulatie van verdamping en beregning met MUST. H₂O, **17**, 363-367.
- Lettau, H., 1954. A Study of the Mass, Momentum and Energy Budget of the Atmosphere. Arch. f. Meteor., Geophys. u. Bioklim **7**, 133-157
- Lyklema, J., 1974. Water, iets bijzonders. Diesrede Landbouwhogeschool. Wageningen.
- Mutch, Th.A. et al, 1979. The Geology of Mars. Princeton, 400 pp.
- Nederland. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Den Haag), 1985. De waterhuishouding van Nederland. 253 pp. + 1 bijl. 's Gravenhage.
- Ommen, H.C. van, et al, 1987. A new technique for evaluating the presence of preferential flow paths in non-structured soils. Submitted to Soil Sci. Soc. of Am. Journal.

- Rijkswaterstaat (Den Haag), 1968. De waterhuishouding van Nederland. 180 pp. + 1 bijl. Den Haag.
- Verhoeven, B., 1972, Salty soils. In: Drainage Principles and Applications, Publ. 16, ILRI, Wageningen, Vol I, 75-89.