

WAAR KOMT DAT WATER VANDAAN?

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN HOOGLERAAR IN
DE HYDRAULICA EN DE GRONDMECHANICA
AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL
TE WAGENINGEN OP 9 JUNI 1966,

DOOR

Ir. D. A. KRAIJENHOFF VAN DE LEUR



H. VEENMAN & ZONEN N.V. WAGENINGEN

WAAR KOMT DAT WATER VANDAAN?

Mijnheer de Voorzitter en Mijne Heren Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool, Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren, Docenten en Wetenschappelijke Medewerkers, Dames en Heren Studenten, Vrienden en Familieleden en voorts Gij allen die door Uw aanwezigheid blijk geeft van Uw belangstelling,

Dames en Heren,

Een aantal Uwer zal in de loop van de waterrijke periode die achter ons ligt wel eens aan de rand van een grote watervlakte hebben gestaan en er zich over hebben verbaasd dat een rustige beek of rivier in een betrekkelijk korte tijd in zo'n brede stroom kon veranderen en U zult zich daarbij wellicht hebben afgevraagd waar dat water vandaan komt. Dit is wel één van de oudste vragen waarmee de mensheid zich steeds opnieuw ziet geconfronteerd, zowel in tijden van te veel water als in lange droogteperioden.

Veelvuldig hoort of leest men van schade en ongemak maar soms ook komen er berichten binnen van overstromingen die dorpen en hele landstreken verwoesten en daarbij hun tol aan mensenlevens opeisen. Telkens opnieuw blijkt dat de mens, die de nabijheid van het water zoekt omdat hij zonder dat niet leven kan, door ditzelfde onberekenbare element in zijn bestaan wordt bedreigd.

Wanneer ik hier spreek van een onberekenbaar element dan duid ik met dit woord tevens de uitdaging aan, die de mens in deze situatie ondergaat en dat leidt mij dan tot de vraag in hoeverre de mens er in is geslaagd om het water te begrijpen, het berekenbaar te maken en het vervolgens te leren beheersen.

Hoewel ook hier wetenschap en techniek nauw met elkaar zijn verweven, meen ik dat het niettemin zinvol is om hier onderscheid tussen deze beide facetten te maken en wel om aan te geven dat de wetenschap, het begrip van de materie en de kennis van de wetmatigheden, primair is en dat ook in de relatie van de mens tot het water de technische ontwikkeling zonder wetenschapsbeoefening zal verzanden. De deur waartegen ik nu trap staat gelukkig bij verreweg de meeste diensten al wagenwijd open.

Ik wil hier echter aan het technisch aspect, de waterbeheersing, minder aandacht schenken en vooral de vraag met U bespreken in hoeverre de mens er in geslaagd is om het onvoorspelbare en onberekenbare in het oerelement water in de loop der tijden terug te dringen en hoe men daarmee ook thans onderweg is.

Daartoe zou ik eerst met U willen nagaan welke voorstellingen de mens zich in de oudheid van het water heeft gemaakt:

Wanneer men de Bijbel opslaat bij het scheppingsverhaal dan leest men daar al direct aan het begin hoe de aarde werd geschapen temid-

den van de wateren: 'En God maakte het uitspansel en Hij scheidde de wateren die onder het uitspansel waren van de wateren die boven het uitspansel waren; en het was also. En God noemde het uitspansel hemel'. Met deze woorden van Genesis 1 wordt niet alleen de grootheid van de Schepper bezongen maar er wordt tevens een hydrologische conceptie mee aangegeven die lange tijd zijn stempel heeft gedrukt op het wereldbeeld van de mensheid op ons deel van de aarde: Een hemelgewelf dat de schepping als een tent beschutte en de aarde die als het ware op de wateren dreef of erin stond op fundamenten die het den mens niet gegeven was te kennen.

Men vindt dit beeld op tal van plaatsen in de Bijbel; zo leest men bijvoorbeeld hoe ten tijde van de zondvloed alle kolken der grote waterdiepten open braken en de sluizen des hemels werden geopend. God wijst de wateren weer terug maar toch blijft de angst dat de wateren opnieuw zullen losbreken en de schepping zullen overspoelen.

De wateren onder de aarde worden veelvuldig genoemd en men kan de aan hen toegedachte rol in de kringloop van het water bijvoorbeeld afleiden uit de beschrijving van de Hof van Eden. Hier ontspringt een rivier die de Hof bevochtigt en zich vervolgens splitst in de Pison (Indus), de Gihon (Nijl), de Eufhraat en de Tigris, de vier grote rivieren die tot het wereldbeeld van de oude Middellandse Zee-cultuur behoorden. Men krijgt de indruk dat men hier te doen heeft met een opening in de aardkorst waardoor de mysterieuze wateren der diepte hun weg naar de oppervlakte vinden, doch nu gecontroleerd en tot zegen van de schepping.

Tracht men zich in te denken hoe de natuur er moet hebben uitgezien die bij de schrijvers der oudheid dit wereldbeeld heeft opgeroepen, dan zou men zich een karstlandschap kunnen voorstellen waarin rivieren en beken inderdaad aan de rots 'ontspringen' en waar wellicht in de bergen de fossielen van schelpen zijn te vinden die er op duiden dat hier eens de bodem van de zee moet zijn geweest. Men kan zich voorstellen dat in dit land de zon zich als de 'brandende toorn des Heren' aan de mens kan voordoen die, zoals de Bijbel het uitdrukt, 'vruchtbaar land in zoute grond' kan doen verkeren. Hier herkent men inderdaad de regen als een gave die voortkomt uit God's 'schatkamers boven de hemel', de regen die 'de voren doordrenkt' en 'de kluiten doorvochtigt', die 'neerdaalt op het grasland' en 'de aarde besproeit'.

Wel wordt er ook melding gemaakt van 'wegspoelende regens' en van sneeuw op de Libanon maar ik heb geen aanwijzingen gevonden die er op duiden dat het tenslotte toch de neerslag is die de bronnen en rivieren voedt. Deze moesten blijkbaar op andere wijze van water worden voorzien: 'Hij zendt de bronnen naar de beken, tussen de bergen vloeien zij daarheen' en 'Hij opende de rots en wateren vloeiden, zij stroomden door de dorre streken als een rivier'. Ook zegt Mozes van Jozef: 'Zijn land zij door den Here gezegend met de kostelijkste gave des hemels, met den dauw en met de watervloed die beneden ligt'.

Men krijgt hieruit inderdaad de indruk dat men nog geen helder inzicht had in de relatie tussen de neerslag en de aanwezigheid van het grondwater en het uit treden van bronwater.

De aangehaalde teksten duiden weliswaar op een ondergrondse re-tourstroom van oceaanwater naar de rivierbronnen, evenwel kan men deze conceptie er niet met zekerheid uit afleiden. De latijnse Bijbel-vertaling van Hieronymus (340–420 n.C.) doet op dit punt echter een duidelijke uitspraak in het boek Prediker. Men leest daar: 'Alle beken stromen naar de zee nochtans wordt de zee niet vol. Naar de plaats waar vandaan de rivieren komen daarheen keren zij gedurig terug'. Recente bijbelonderzoekers gaan hier echter veelal niet mee akkoord, volgens hen moet de vertaling van de laatste zin luiden: 'Naar de plaats waarheen de beken stromen daarheen stromen zij altijd weer'. Het gaat blijkbaar om de uitdrukkingen 'waarheen' en 'waar vandaan' en men krijgt de indruk dat de discussie nog niet gesloten is. De opvatting van Hieronymus sluit volkomen aan bij het beeld van een oceaan die de aarde, ook aan de onderkant, omsluit, zij is dan ook gedurende lange tijd de officiële opvatting van de kerk geweest en afwijkende meningen werden als ketterij bestreden.

Toch kan men in de Bijbel wel degelijk enkele teksten aanwijzen die in de richting van een bovenaards damptransport lijken te gaan. Op twee plaatsen kan men lezen dat God 'dampen doet opstijgen aan het einde der aarde'. Men kan zich voorstellen dat hiermee de wolkenbanken worden bedoeld die aan de horizon verschijnen. Verder vindt men in het boek Job: 'Want Hij trekt de waterdruppels omhoog welke de nevels verdichten tot regen dien de wolken doen nederstromen en druppelen op vele mensen'. Deze regels wekken inderdaad het vermoeden dat de schrijver aan dit proces van verdamping en condensatie een plaats in de kringloop van het water heeft toegekend. Althans blijkt hier inzicht in de oorzaak van de neerslag, maar er blijkt niet uit dat men ook heeft begrepen dat deze niet alleen de aarde bevochtigt maar tenslotte ook alle rivieren en bronnen voedt.

Ik wil er hier op wijzen dat dit verband ook geenszins voor de hand kan hebben gelegen, want in de overwegend droge en deels woestijnachtige landstreken van het Midden-Oosten en Egypte dringt de spaarzame neerslag inderdaad zelden verder door dan tot in de bovenste bodemlagen. Ook dient men hierbij te denken aan de indruk die de rivier de Nijl op alle volken van deze landen moet hebben gemaakt. Deze wonderlijke rivier vindt over vele honderden kilometers zijn weg door barre woestijnen, zonder door zijrivieren te worden gevoed en dan vertoont hij in de heetste zomermaanden nog een enorme was, die de kilometers brede oeverlanden overstroomt en daar zijn slib op de vruchtbare akkers afzet. Hier was er zelfs geen enkele aanleiding om aan een samenhang tussen neerslag en afvoer te denken en het lag inderdaad voor de hand om de Egyptische opvattingen aan te hangen die een rechtstreekse voeding uit de wereldoceaan veronderstelden.

Ik wil straks graag nog even op deze interessante rivier terugkomen maar ik moet eerst de draad van mijn betoog weer opnemen. De ook door de Christelijke kerk aanvaarde opvatting over de oorsprong van bronnen en rivieren was dus dat al dit water uit de oceanen door een onderaards systeem van kanalen en wateraderen werd aangevoerd. Deze officiële misvatting heeft het zich baanbreken van betere inzichten gedurende lange tijd kunnen tegenhouden zelfs al waren deze reeds lang in de Griekse denkwereld voorhanden. In dit verband wil ik u in het kort nog de ontwikkeling in de Griekse denkwereld schetsen.

In de Ilias spreekt Achilles over de diepe en krachtige rivier Oceanos, de bron van alle rivieren, van elke zee en van alle sprengen en diepe waterputten. Dit beeld komt dus geheel overeen met de hydrologische conceptie welke aan de Bijbel is ontleend en die ook in het oude Egypte bestond.

In merkwaardige tegenstelling hiermee is echter de uitdrukking van Menelaos die in de Odyssee spreekt over 'de door toedoen van Zeus gevallen wateren van de Nijl'. Het ligt voor de hand om hier een aanduiding van een regenrivier in te zien.

De wijsgeer Thales, die omstreeks 600 v.C. leefde, meende dat het zeewater door de kracht van de wind in de aarde werd gedreven om vervolgens door het gewicht van de bergen omhoog te worden geperst. Hoewel dit beeld hydraulisch zowel als hydrologisch verre van gezond is kan men het toch waarderen als een vroege poging om het mechanisme van de kringloop te verklaren.

Plato schreef omstreeks 4 eeuwen voor Christus de voeding van rivieren en bronnen toe aan een soort getijbeweging in de onderaardse wateren die, als door een pompbeweging steeds weer opnieuw holle ruimten in de aarde vulde. Uit deze holle ruimten werden dan weer via ondergrondse kanalen de zeeën, meren, rivieren en bronnen gevoed. Men kan hier een zekere overeenstemming opmerken met het beeld van de draaikolk Charybdis die door Odysseus moest worden omzeild en die drie maal per dag het zeewater opzoog en weer uitbraakte.

Het was Aristoteles die ongeveer een halve eeuw later opmerkte dat een onderaards reservoir onmogelijk voldoende capaciteit kon hebben om de gehele watervoorziening van beken en rivieren te verzorgen. Hij stelde daarentegen dat de vele rivieren, die nabij bergen ontstaan, water ontvangen uit grotten waarin een lage temperatuur heerst die de lucht tot water doet condenseren. Voorts meende hij dat de zonnestralen water in lucht doen veranderen, die door afkoeling in de bergen weer in water verkeert. Dit water dringt in de grond en treedt aan de voet van de bergen weer, als uit een verzadigde spons, te voorschijn om zich daar tot de oorsprong van een rivier te verzamelen.

Het beeld van de onderaardse condensatie kan door iedere bezoeker van de grotten van Han worden bevestigd. Van grotere betekenis is echter dat men hier een duidelijke signalering van een belangrijk at-

mosferisch damptransport aantreft en dat voor het eerst een duidelijk verband tussen neerslag en afvoer is gelegd.

Wanneer allengs het Griekse denken in het Romeinse Rijk wordt voortgezet ziet men hoe men zich ook daar met de studie van het water gaat bezighouden. De methode van de rustige meditatie in het bad, die aan Archimedes de verklaring van de opwaartse druk had geopenbaard, bracht even voor het begin van onze jaartelling ook inspiratie aan Vitruvius. De onaangename koude druppels, die van het plafond op zijn hoofd vielen, deden hem beseffen dat, evenals zijn warme badwater, ook de door de zon verwarmde watervlakten en moerassen dampen doen opstijgen die door de wind naar de bergen worden gevoerd en daar neerslaan zoals de damp tegen het plafond van zijn badkamer. Hij stelt dat de winden uit Zuidelijke richtingen op hun weg naar het Noorden veel damp in zich opnemen en hij verklaart aldus het ontstaan van de grote rivieren waaronder de Rijn en de Rhône.

U ziet dat een in hoofdzaken juist inzicht in de hydrologische cyclus reeds aan het begin van onze jaartelling aanwezig was. Het heeft echter nog lang geduurd voordat dit inzicht in de wetenschapswereld werd aanvaard. Ik wil hier een tweetal factoren signaleren die, zoals zij elke wetenschappelijke ontwikkeling vertragen, ook betere opvattingen over de kringloop van het water in de weg hebben gestaan.

Zo is er in de eerste plaats het toekennen van een algemene geldigheid aan de interpretatie van observaties van locale en beperkte aard zonder dat de fysische grondslagen van de waargenomen verschijnselen bekend zijn: Aan het begin van onze jaartelling bestreed Seneca de opvatting dat het regenwater dieper dan een zekere afstand in de grond kon doordringen. Hij meende dit met stelligheid te mogen beweren aangezien hij een ijverig graver in zijn wijngaard was.

Een tweede en nog belangrijker factor is het gebrek aan bereidheid om ideeën te onderzoeken welke in strijd zijn met reeds lang aanvaarde opvattingen. De tot dogma verheven opvatting over de voeding van bronnen en rivieren door ondergrondse aanvoer uit de oceaan heeft het gevolg gehad, dat voor zover mij bekend is, eerst Leonardo da Vinci weer heeft kunnen aansluiten op de gedachten die Aristoteles en Vitruvius al ruim 1500 jaren vroeger hadden ontwikkeld.

Hoe hardnekkig de opvatting van de ondergrondse aanvoer wel was, blijkt, wanneer men ziet welke fantastische theorieën door grote geleerden als Descartes en Kepler werden geponcerd met het doel om de ondergrondse aanvoer van zeewater, de ontzilting daarvan en de opstijging naar de oppervlakte aannemelijk te maken; Kepler veronderstelt zelfs een spijsvertering van de aarde die zeewater zou opnemen en vervolgens zoet water door bronnen zou afscheiden.

Ook was er een theorie volgens welke capillaire krachten voor de opstijging van het water verantwoordelijk zouden zijn. De Duitse geograaf Varenius meldt in de 17de eeuw hoe het zeewater onderin de aarde het zout in de grondporiën achterlaat en dan capillair opstijgt.

Varenius verklaart nog onlangs koffie in een suikerklontje te hebben zien opstijgen waarbij de koffie aan de bovenkant naar buiten kwam. Hier was natuurlijk de wens de vader van de gedachte want hij zag weliswaar de bovenkant van het klontje vochtig worden maar de koffie kon uiteraard niet uittreden.

Tenslotte hebben, eveneens in de 17de eeuw, de Franse onderzoekers Perrault en Mariotte een meer realistische suggestie van Kepler gevolgd, namelijk het „meten is kennen” en daarmee een einde gemaakt aan de vermelde wilde speculaties. Zij verrichtten systematische metingen in het stroomgebied van de Seine, bepaalden gedurende 3 jaren de neerslag en maten de afvoeren in de rivier. Hun conclusie was dat de neerslaghoeveelheid op het stroomgebied vele malen groter was dan de totale opgetreden afvoer zodat de neerslag meer dan voldoende moest zijn om alle bronnen van water te voorzien. Hiermee was een begin gemaakt aan de reeks van kwantitatieve onderzoeken die in de volgende eeuwen het inzicht in de kringloop van het water verder zou verdiepen.

Een belangrijke bijdrage leverde ook de sterrekundige Halley. Toen deze veelzijdige onderzoeker zich op het eiland St. Helena bevond om daar astronomische waarnemingen te verrichten, viel het hem op dat op een heldere dag zijn kijker met vocht bedekt raakte en zijn papieren zo nat werden dat hij er niet meer op kon schrijven. Dit bracht hem in 1693 ertoe om experimenten met verdamping van zeewater te verrichten. Met behulp van de verkregen gegevens berekende hij globaal de waterhoeveelheden die door verdamping aan de Middellandse Zee werden onttrokken en hij vond dat deze ruimschoots voldoende zouden zijn om de daarin uitstromende rivieren en bronnen van water te voorzien.

Het is interessant dat de resultaten van een nauwkeurig experiment Perrault toch nog op een dwaalspoor schijnen te hebben gebracht. Hij zou een aarden pot op enige meters diepte hebben ingegraven en deze door een loden pijp met een kelder hebben verbonden. Zijn hypothese was dat een optredende zakwaterstroom ook in de pot terecht moest komen en dan via de buis naar de kelder zou afvloeien. Toen hij geen druppel ving was zijn conclusie dat er blijkbaar geen zakwater tot op deze diepte doordrong. Wij weten nu dat deze conclusie onjuist was omdat water in een homogene grond zich boven de grondwaterspiegel altijd onder een druk bevindt die lager is dan de atmosferische- en dat het zakwater daarom niet onder atmosferische druk kan uittreden. Het zakwater kan dus om de pot van Perrault zijn heengevloeid zonder dat er een druppel in de loden buis terecht kwam. De hypothese van Perrault was dus onjuist omdat hij de fysische achtergronden van het door hem bestudeerde verschijnsel onvoldoende kende. Dit is een gevaar waaraan iedere bedrijver van de experimentele hydrologie voortdurend bloot staat omdat nog van tal van onderdelen van de kringloop onvoldoende details bekend zijn.

Men zou de resultaten van Perrault, Mariotte en Halley als volgt kunnen samenvatten: Alle bronnen en rivieren worden inderdaad door de oceaan gevoed (althans in hoofdzaak) maar het water volgt de weg naar de brongebieden in dampvorm door de atmosfeer en niet door een stelsel van ondergrondse kanalen en aderen.

Dankzij het kwantitatieve onderzoek in de hydrologie dat door Perrault is ingezet is het thans algemeen bekend dat de kringloop van het water door de zonne-energie wordt aangedreven: In het proces van verdamping, opstijging en condensatie wordt aan het water een hoeveelheid energie in de vorm van arbeidsvermogen van plaats toegevoegd. Deze energie wordt op de terugweg naar zee door wrijving en turbulentie in warmte omgezet en gaat aldus weer voor de kringloop verloren. Dat het water daarbij niet alleen over het aardoppervlak maar ook door de bovenste aardlagen zijn weg vindt is een feit, maar de beweging is uiteindelijk steeds zeewaarts gericht en tegengesteld aan de onderaardse retourstroom welke uit de oceaan-theorie werd afgeleid.

Toch blijkt ook in onze tijd de mysterieuze waterader nog een rol te spelen: De term wordt veel gebruikt door wichelroedelopers die er vermoedelijk plaatselijke concentraties van de grondwaterbeweging mee aanduiden. De suggestie die echter nog steeds van dit woord uitgaat werd duidelijk aangegeven door een heibaars die de opzichter trachtte te misleiden door 'wateraar' te roepen wanneer plotseling het bovendiepte van de houten paal versneld de diepte inging. De ware oorzaak was echter niet de gesuggereerde holte maar wel de breuk van de paal.

Staat U mij toe dat ik nu nog de ontwikkeling van de hydrologische kennis illustreer aan de hand van een voorbeeld. Ik wil U daartoe gaarne iets vertellen over de Nijl, die raadselachtige rivier die de levensader was van een vroege beschaving maar die toch zijn herkomst zo lang verborgen heeft kunnen houden.

Ook de oude Egyptenaren meenden dat de wereld temidden van de chaotische oerwateren was geschapen. Deze wateren omgaven niet alleen de schepping maar drongen bovendien vanuit de onderwereld tot het aardoppervlak door in de gestalte van de Nijl die, naar men geloofde, ergens ten Zuiden van het rijk der pharao's uit een diepe grot te voorschijn kwam.

De Griekse onderzoeker Herodotus kwam omstreeks 460 v.C. naar Egypte met het doel om het raadsel van de Nijl op te lossen. De mening van sommige van zijn landgenoten dat de Nijl door de Oceanos zou worden gevoed voldeed hem niet en hij ondernam een ontdekkings-tocht in stroomopwaartse richting. Hoewel Alexandrië toen nog niet bestond was de Griekse invloed in Egypte blijkbaar al zo groot dat hij er in slaagde om tot aan Assoean door te dringen. Hij ontmoette op zijn tocht slechts één man die beweerde de oorsprong van de Nijl te kennen en dat was een schriftgeleerde. Deze verklaarde dat de Nijl verder naar het Zuiden ontsprong tussen de heuvels Crophi en Mophi alwaar

het water met grote kracht uit een onpeilbaar diepe bron te voorschijn zou komen. Het blijkt dat Herodotus hier met de reeds gesignaleerde geloofsopvatting werd geconfronteerd. Hij vermeldde dit verhaal maar achtte het niet geloofwaardig en ging dus door met reizigers uit zuidelijke streken uit te vragen. Hij slaagde er in om uit de berichten van deze reizigers een beschrijving van de middenloop op te stellen die later in grote lijnen met de werkelijkheid zou blijken overeen te stemmen. Zijn reconstructie eindigt ongeveer bij de samenvloeiing van de Bahr el Ghazal en de Bahr el Jebel. Naar hij heeft vernomen was daar de hitte zo ondragelijk dat er geen mensen meer woonden. Het is echter waarschijnlijk dat zijn informatie niet verder reikten vanwege de aldaar beginnende uitgestrekte Sudd-moerassen waarachter de bovenloop van de Witte Nijl lange tijd verborgen is gebleven.

Na de stichting van de universiteitsstad Alexandrië stelt reeds omstreeks 200 jaar v.C. de Griekse geograaf Eratosthenes dat de Nijl en zijn belangrijke zijrivieren uit meren afkomstig zijn en door zomerregens worden gevoed. Hij vermeldt hierbij dat dus de aannamen van Aristoteles zijn bevestigd. Op grond van latere gegevens neemt men aan dat deze geleerde zich dit verrassend juiste inzicht moet hebben gevormd uit de verhalen van Griekse olifantjagers die blijkbaar met hun expedities ondanks de barrières van woestijnen en moerassen tot diep in Afrika doordrongen.

Merkwaardig is dat dit nieuwe inzicht toch weer door de oude geloofsopvattingen dreigt te worden verdrongen, wanneer, zoals Seneca meldt, Nero een tweetal centurions uitzendt om de bronnen van de Nijl te ontdekken. Zij meldden bij hun terugkomst dat zij op onafzienbare moerassen waren gestuit, zo groot dat men zelfs niet kon hopen ooit de grenzen daarvan te kennen. Vermoedelijk zijn dit weer de Sudd-moerassen geweest waar ook de reconstructie van Herodotus eindigde. De beide mannen wilden kennelijk toch niet met lege handen terugkeren en meldden verder dat zij met eigen ogen hadden gezien dat een enorme waterhoeveelheid tussen twee rotsen omhoog kwam. Seneca gaat op dit verhaal in en meent dat dit water dan wel uit een groot onderaards meer afkomstig moet zijn.

Ik maak nu een sprong van ruim 18 eeuwen om U te vertellen dat de Engelsman Speke in 1858 het Victoriameer vanuit Oost Afrika bereikte; hij vond de uitlaat aan de Noordzijde van het meer en concludeerde dat hij hier vermoedelijk met de oorsprong van de Nijl te maken had. Zijn landgenoot Baker stelde in 1864 vast dat het Victoriameer inderdaad, via het Albertmeer, de Witte Nijl voedt. De 'bronnen van de Nijl' waren dus gevonden en ik vraag me op dit punt af of men eigenlijk niet even ver was als de Griekse olifantjagers van 2000 jaar voordien.

Na nog enige aanvullende onderzoeken was in 1877 het gehele verloop van de rivier bekend: In het Albertmeer begint de Witte Nijl, noordelijk daarvan doorstroomt hij de Sudd-moerassen en voert daar

tijdelijk de naam Bahr el Jebel (rivier der bergen). Bij Khartoum vloeit hij samen met de Blauwe Nijl waarna de Nijl nog slechts de Atbara aan zijn rechteroever opneemt om vervolgens zijn lange reis door honderden mijlen woestijn te maken en tenslotte de Middellandse Zee te bereiken.

Weliswaar was de loop van de rivier nu geheel bekend doch daarmee was het geheim van zijn merkwaardig regime nog maar gedeeltelijk opgelost. Dat die 'door toedoen van Zeus gevallen wateren,' waarvan Menelaos sprak, inderdaad de door Eratosthenes genoemde zomerregens waren, stond eveneens vast, maar voordat men zou weten hoe de aanvoer van het Nijlwater naar tijd en herkomst was verdeeld moest er nog een uitvoerige hydrologische studie worden uitgevoerd. Allereerst moest men nagaan waar de enorme watermassa's vandaan komen die elke zomer een maanden durende hoogwaterperiode veroorzaken zodat de gemiddelde hoogste afvoer in begin september ongeveer het vijftienvoud van de gemiddelde laagste afvoer in mei bedraagt.

In 1891 meende men nog dat de Witte- en de Blauwe Nijl en de Atbara ongeveer gelijke aandelen in deze watermassa leverden. Na een hydrologisch onderzoek van het gehele stroomgebied kon echter worden vastgesteld dat bij de hoogste Nijlafvoer 70% van het water afkomstig was van de Blauwe Nijl, 20% van de Atbara en slechts 10% van de veel langere Witte Nijl.

De oorzaken van deze merkwaardige verdeling zijn interessant en zij zijn tevens van doorslaggevende betekenis bij de beoordeling van de mogelijkheden om door regulering tot een meer gelijkmatige wateraanvoer naar de landbouwgebieden van Egypte en de Sudan te komen.

Het is hier niet de gelegenheid om ons in de details van dit hydrologisch onderzoek te verdiepen en ik moet daarom volstaan met de korte vermelding dat het de Blauwe Nijl en de Atbara zijn die de zomerregens in Ethiopië opvangen en dat deze beide rivieren na die enorme golf, in de wintermaanden slechts een gering debiet leveren; de Atbara kan zelfs geheel opdrogen. Hoewel de totale jaarlijkse neerslag op het gebied van de equatoriale meren ongeveer even groot is, is deze gelijkmatiger over het jaar verdeeld terwijl voorts de meren en de Suddmoerassen alle binnen komende onregelmatigheden gladstrijken. Van grote betekenis zijn ook de enorme verdampingsverliezen in de sterk begroeide Suddmoerassen. Tenslotte blijkt dat Ethiopië gemiddeld 84% van de totale Nijlafvoer levert en het merengebied slechts de resterende 16% voor haar rekening neemt, maar deze afvoer van de Witte Nijl onderhoudt dan ook de Nijlafvoer in de periode van januari tot juni. Dit alles kon worden geconcludeerd uit een enorm aantal metingen van afvoeren, neerslag en verdamping die in de loop van tientallen jaren werden verricht.

Door de politieke strijd die rondom dit project heeft gewoed weet U allen van de bouw van de nieuwe Assoeandam, die nu met Russische hulp tot stand wordt gebracht. Men wil met deze dam een reservoir

vormen met zo'n grote capaciteit dat het gehele zomerhoogwater van de Nijl er in kan worden geborgen. Hierdoor zal men in de toekomst de totale Nijl-afvoer kunnen gebruiken voor irrigatie, de opwekking van energie en de overige watervoorziening van de bevolking. Een volgend groot internationaal project is een omleidingskanaal langs de Suddmoerassen om de aldaar optredende verdamping op te heffen.

Waar ik nu Uw speciale aandacht voor wil vragen is de omstandigheid dat bouw en exploitatie van deze indrukwekkende reguleringswerken alleen mogelijk zijn geworden dankzij een langdurige, intensieve en systematische studie van de hydrologie van de Nijl. De man die hiervoor in belangrijke mate verantwoordelijk was is Dr. Hurst, de Engelsman aan wiens boek 'The Nile' ik hier veel heb ontleend. Dr. Hurst heeft meer dan 40 jaar gegevens over de Nijl verzameld en bestudeerd en hij heeft daarbij vele malen het gehele stroomgebied bereisd, overal gemeten en een intensief netwerk van waarnemingsstations opgebouwd. Uiteraard deed hij dit werk niet alleen maar hij werkte in zijn goed toegeruste dienst samen met meteorologen, geologen en vele andere deskundigen zodat zij tenslotte de grote lijnen konden aangeven voor de werken die nu in uitvoering zijn. Ik wil dit relaas over de Nijl beëindigen met de vermelding dat men voor het hoogste Nijldebiet bij Assoean ruim 13000 m³ per seconde opgeeft en voor de laagste afvoer slechts enige honderden m³ per seconde.

Naar ik hoop vraagt U zich nu af waar U deze getallen eerder hebt gehoord en misschien komt U de geschilderde situatie van Egypte ook bekend voor, namelijk die van een land aan het benedenstroomse einde van een grote rivier die tevens zijn levensader is.

Laat ik de niet ingewijden onder U mogen zeggen dat de zo juist genoemde getallen bij benadering ook van toepassing zijn op de Rijn bij Lobith. Ook Nederland bouwt aan een systeem van reservoirs, sluizen en dammen om de afvoer van de rivier de Rijn nuttig te kunnen gebruiken. Alleen vraag ik mij af of wij onze Rijn wel even goed kennen als Dr. Hurst zijn Nijl. Hebben wij het stroomgebied van de Rijn al voldoende bestudeerd om te weten hoe daarin de verdeling van neerslag en verdamping de Rijnafvoer bepaalt? Kennen wij het karakter van de deelstroomgebieden en de wijze waarop zij tot de afvoer bijdragen? Weten wij wat de gevolgen zijn van de aanleg en exploitatie van de stuwweren in de zijrivieren die in toenemend aantal het regime van de Rijn zullen beïnvloeden? Hoe kunnen wij onze voorspellingsmethoden verbeteren om met behulp daarvan ons eigen gecompliceerde waterbeheersingssysteem zo goed mogelijk te beheren en welke meteorologische en hydrologische waarnemingen zullen wij daarvoor in de midden- en bovenloop van de Rijn nodig hebben?

Dit zijn ongetwijfeld vragen die bij onze waterbeheerders en ook in de verschillende studiediensten leven, maar moet men met hen de mogelijkheid niet onder ogen zien dat de oplossing van de vele binnenlandse vraagstukken zoveel aandacht en werkkraft zal blijven vragen

dat er onvoldoende gelegenheid over blijft voor een diepgaande bestudering van onze vitale waterbelangen die buiten onze grenzen liggen? Schenken wij Nederlanders wel voldoende aandacht aan de problemen die zich achter onze rug ontwikkelen terwijl wij met gepaste bewondering kennis nemen van de gedegen manier waarop de vraagstukken in het Westen en Noorden van het land worden opgelost?

Bij een vorige gelegenheid heb ik op deze zelfde plaats mogen opmerken dat men rekening diende te houden met de mogelijkheid van wijzigingen in de afvoercharacteristieken niet alleen van beken maar ook van grote rivieren, waardoor langjarige reeksen van afvoergegevens geen betrouwbare basis meer zouden zijn voor waterloopkundige studies. Ik wil hier graag nog eens de aandacht op dit punt vestigen want in beginsel mag men de Rijn bovenstrooms van Lobith niet beschouwen als een rivier die, onder ook overigens gelijke omstandigheden, hetzelfde neerslagpatroon steeds tot hetzelfde afvoerpatroon zal transformeren. Aan deze eis moet namelijk worden voldaan wanneer men aan het verleden ontleende frequenties van hoge en lage afvoeren ook als kansen voor de toekomst wil beschouwen. Maar de reden waarom men in Duitsland stuwmeren aanlegt is juist dat men in de zijrivieren aldaar veranderingen in de afvoerfrequenties wenst aan te brengen. Ook andere rivierwerken, zoals de kanalisatie van zijrivieren, brengen in principe veranderingen in het afvoermecanisme van het stroomgebied te weeg. De vraag naar de mate waarin deze veranderingen het frequentiebeeld beïnvloeden kan slechts na een analyse van het afvoerproces worden beantwoord waarbij men zal trachten om de invloed van de verschillende componenten afzonderlijk vast te stellen om vervolgens het effect van plaatselijke veranderingen te benaderen.

De noodzaak van een analyse van het afvoerproces in het gehele stroomgebied kan ook nog op een andere wijze worden aangetoond. Uit een oogpunt van waterbeheer is het ideale bufferreservoir zo groot dat men er de rivierafvoer te allen tijde in op kan vangen zodat men deze totale rivierafvoer in de loop van het jaar naar behoefte kan laten afvloeien. Dit ideaal wordt door de nieuwe Assoeandam benaderd. Wij in Nederland echter beschikken in verhouding daarmee met ons IJsselmeer en Deltagebied, over kleine reservoirs maar wij kunnen ook beschikken over een stelsel van sluizen en stuwen waarmee de inhoud van deze reservoirs naar behoefte kan worden geregeld en voorts het water daarheen wordt gedirigeerd waar wij er de minste last en het grootste profijt van hebben. De bergingselementen in dit regelingsmechanisme hebben een zekere reactietijd, d.w.z. men kan niet van vandaag op morgen het IJsselmeer op een laag peil brengen omdat er bij Lobith een hoge afvoer wordt geconstateerd en het is niet mogelijk om het IJsselmeer eerst vol te laten lopen wanneer de afvoer bij Lobith te laag dreigt te worden. Men moet dus vooruit zien en men houdt daartoe in het oog hoe de veranderingen zich boven Lobith tot in de bovenloop aftekenen en maakt op grond daarvan voorspellingen. Het zal U duidelijk

zijn dat bij een eenvoudige voorspellingstechniek de nauwkeurigheid van de voorspellingen slechts groot is bij een korte voorspellingsperiode terwijl het juist de langere voorspellingsperioden zijn die de beheerders van de betrekkelijk logge reservoirs het meest interesseren. Er bestaat daarom een zekere relatie tussen de reactietijd van een regelingsstelsel en de periode waarover men betrouwbare voorspellingen moet kunnen doen over de toevoer naar het stelsel. Het gaat er dus om deze voorspellingsperiode zo lang mogelijk te maken. Uiteraard verkrijgt men de langste voorspellingsperiode wanneer men over het gehele stroomgebied de transformatie zou kennen van neerslag, ook in de vorm van sneeuw en ijs, tot afvoer. Ook dit ideaal is slechts te benaderen door het stroomgebied te analyseren en vast te stellen hoe de deelgebieden bijdragen in het afvoerverloop te Lobith.

Wanneer men een dergelijke studie gaat opzetten betekent dit dat men om te beginnen een groot aantal veldgegevens van goede kwaliteit zal moeten verzamelen uiteraard in samenwerking met de buitenlandse collega's. Daarbij zijn wij degenen die het grootste belang bij deze gegevens hebben, hetgeen dan ook wel tot uitdrukking zal moeten komen in ons aandeel in de werkzaamheden.

Wie officiële hydrologische gegevens wel eens aan de bron heeft gecontroleerd weet dat de schijn van nauwkeurigheid die van nette gedrukte cijferstaten uitgaat in sommige gevallen buitengewoon bedrieglijk kan zijn. Het zal dan ook nodig zijn dat men zich van de nauwkeurigheid van bestaande gegevens overtuigt wanneer men deze voor een analyse wil gebruiken.

Het plan volgens hetwelk de gegevens zullen worden verzameld, hangt samen met de methoden welke bij de analyse zullen worden toegepast en ook op dit punt zijn in de laatste decennia grote vorderingen gemaakt; men denke aan het werk van de Tennessee Valley Authority, de Donau Commissie met haar technisch centrum te Budapest en het Centraal Instituut voor Afvoervoorspellingen te Moskou, om slechts enkele te noemen. Aan deze instellingen zijn hydrologen van wereldnaam verbonden die hun levenstaak in het hydrologisch onderzoek hebben gevonden en die deel hebben aan de snelle ontwikkelingen van de laatste tijd. Het feit dat deze mensen hun specialiteit kunnen blijven uitoefenen en deze in de verdere ontwikkeling van hun ambtelijke carrière niet na langere of kortere tijd hoeven te verlaten, heeft het hun mogelijk gemaakt om de nieuwste methoden en technieken toe te passen en in de ontwikkeling daarvan bij te dragen. De schat van waarnemingen, die draadloos of via telefoon, telegraaf of telex hun kantoren binnenkomt, stelt juist hen in het bijzonder in staat om de zo onmisbare uitwisseling tussen theorie en praktijk te onderhouden en het behoeft nauwelijks te worden gezegd dat zij dit doen op grond van hun gedegen theoretische kennis.

Een van de redenen waarom ik hier een geïntensiveerd onderzoek van de Rijn bepleit is dat ik daarmee steun hoop te geven aan het

streven van enige vakgenoten die een onderzoek van het stroomgebied van de Rijn in internationale samenwerking hebben voorgesteld als speciaal project in het Hydrologisch Decennium van de UNESCO. De gelukkige omstandigheid dat de voorzitter van de Internationale Associatie voor Wetenschappelijke Hydrologie een Nederlander is die zeer vertrouwd is met de problematiek die aan de Rijnafvoeren is verbonden, geeft ons de garantie dat het genoemde voorstel de aandacht zal verkrijgen die het verdient en dat het op de juiste wijze zal worden beoordeeld.

Wanneer, zoals ik hoop, dit plan inderdaad de steun van UNESCO zal verkrijgen, zal Nederland gereed moeten staan om een rol bij de uitvoering op zich te nemen die men van een initiatiefnemer mag verwachten en die bovendien in overeenstemming is met de grote belangen die Nederland bij dit onderzoek heeft.

Geachte toehoorders, in de loop van deze voordracht heb ik getracht om U weer te geven hoe zich ons inzicht in de kringloop van het water in de loop van de geschiedenis heeft ontwikkeld. Vervolgens heb ik U de praktische betekenis van deze inzichten willen schetsen aan de hand van de onderzoeken naar de herkomst van het Nijlwater om U daarna een parallel te tonen met de Rijn, een andere grote rivier, waarmee ons eigen bestaan zo nauw verweven is. Laatstelijk heb ik deze parallel doen uitlopen in een pleidooi voor een onderzoek van het gehele stroomgebied waarmee de gemeenschappelijke belangen van de oeverlanden zullen zijn gediend en dat ons in staat zal moeten stellen om het kostbare regelsysteem dat wij voor de verdeling van het Rijnwater hebben gecreëerd zo nuttig mogelijk te gebruiken.

Ik heb in de loop van dit betoog herhaaldelijk de gelegenheid gevonden om te wijzen op de noodzaak van een analytische aanpak. Als afsluiting van mijn betoog wil ik nog een enkel woord over deze analytische aanpak zeggen. Zoals het woord aangeeft tracht men het afvoerproces te leren kennen door het in de samenstellende deelprocessen te ontleden. Deze deelprocessen worden afzonderlijk bestudeerd en men ontwerpt mathematische modellen die de kwantitatieve relatie tussen neerslag en afvoer binnen elk van deze deelprocessen zo goed mogelijk weergeven.

Men zal er over het algemeen naar streven om het fysisch gebeuren zo nauwkeurig mogelijk met deze mathematische modellen te beschrijven. De resultaten van de berekeningen dragen dan bij tot een beter begrip van het proces en men heeft de mogelijkheid om de invloed van veranderingen in de processen na te gaan; ik denk hierbij bijvoorbeeld aan de aanleg van een stuwmeer. Dikwijls zijn de betrokken fysische processen echter zo gecompliceerd dat zij zich niet met voldoende benadering door een mathematisch model laten beschrijven. In die gevallen kan men zijn toevlucht nemen tot de methoden van de systeem-analyse, waarbij men het transformatieproces van neerslag tot afvoer als een 'black box' beschouwt. Men ziet dan af van pogingen

om de inhoud van deze 'black box' te leren kennen maar men ontwerpt een 'white box' die kwantitatief dezelfde resultaten oplevert bij de omzetting van neerslagintensiteiten in afvoerintensiteiten. In principe hoeft de samenstelling van deze 'white box' niets met het eigenlijke afvoerproces te maken te hebben en men zal uit deze samenstelling dan ook geen conclusies over de aard van het afvoerproces kunnen trekken. Het feit dat een dergelijk rekenmodel een opgetreden relatie tussen neerslag en afvoer goed weergeeft wil nog geenszins zeggen dat de onderdelen van dit model een fysische betekenis hebben ten aanzien van de weergegeven relatie. De systeem-analyse is daarom een hulpmiddel of misschien mag ik wel spreken van een belangrijk en onmisbaar lapmiddel, dat ons helpt de gaten te dichten in onze mathematische beschrijving van het afvoerproces.

Soms gaat een fysisch gefundeerd mathematisch model over in een 'white box' namelijk wanneer dit model wordt gebruikt om de kwantitatieve neerslag-afvoer relatie weer te geven van een proces dat afwijkt van het fysisch proces waarvoor het model is opgesteld. Men zal deze overgang tijdig moeten herkennen en zich dan moeten afvragen of men niet beter consequent de methoden van de systeem-analyse kan toepassen. Waarschijnlijk zal men dan de kwantitatieve relatie tussen neerslag en afvoer beter benaderen en men is op zijn hoede voor onverantwoorde fysische interpretaties.

Een samengesteld afvoermodel als dat van een grote rivier kan dus zowel componenten uit de systeem-analyse als beschrijvende componenten bevatten. Tot de eerstgenoemde groep behoort bijvoorbeeld de 'unit hydrograph' met al zijn moderne verfijningen en tot de beschrijvende componenten kan men de 'flood routing' methoden rekenen.

Op de vraag in welke richting de analyse van het afvoerproces zich verder zal ontwikkelen zou men kunnen antwoorden dat enerzijds onze kennis van de deelprocessen toeneemt en daarmee ons vermogen om betrouwbare mathematische bouwstenen te leveren, terwijl anderzijds de digitale en analoge rekenmachines steeds grotere mogelijkheden bieden om deze bouwstenen te combineren tot een beschrijvend afvoermodel waarmee inderdaad nog kan worden gerekend.

Dames en heren, ik besef dat ik een aantal Uwer niet met het laatste deel van mijn voordracht heb kunnen bereiken maar ik hoop dat U mij dit zult willen vergeven omdat men nu eenmaal bij een gelegenheid als deze ook enige vaktaal verwacht. Laat ik U verzekeren dat ik mij ook daarbij onverminderd heb beziggehouden met de vraag: 'Waar komt dat water vandaan'? Het is een vraag die aan de hydroloog wordt gesteld en die in hoofdzaak ligt op het gebied van de hydraulica.

Zeer geachte toehoorders,

Bij het aanvaarden van mijn ambt betuig ik mijn eerbiedige dank aan Hare Majesteit de Koningin voor mijn benoeming tot hoogleraar aan de Landbouwhogeschool.

Mijne Heren, Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool,

De verheffing van het lectoraat in de hydraulica en grondmechanica tot een leerstoel met dezelfde leeropdracht was voor mij een verheugend blijk van het belang dat door U aan het onderwijs en het onderzoek in deze vakken wordt gehecht. Dat U mij voor de vervulling van deze leerstoel hebt voorgedragen is een blijk van vertrouwen waarvoor ik u zeer dankbaar ben.

De stroming van water langs natuurlijke en kunstmatige wegen behoort tot het studiegebied van de hydraulica en in de cultuurtechniek, waaronder begrepen ook de irrigatie en de waterzuivering, zijn deze wegen buitengewoon gevarieerd. Deze variatie komt ook tot uitdrukking in de aard van de onderzoekingen en ook in de inrichting van het hydraulica laboratorium, waartoe U ons in de afgelopen jaren in staat hebt gesteld. Dat U daarbij ook een plaats aan de techniek van het electrisch analogon hebt willen toekennen is een bewijs van Uw brede opvattingen over hydraulisch onderzoek. Ook hiervoor wil ik U gaarne mijn dank betuigen. Van mijn kant wil ik toch ook gaarne begrip tonen voor de grenzen van Uw mogelijkheden, door U, hoewel de doelmatigheid daarvan door Archimedes en Vitruvius is aangetoond, toch geen voorstel te doen om in het laboratorium kuipbaden aan te brengen ter verhoging van de creativiteit van de wetenschappelijke werkers.

Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren, Docenten en Wetenschappelijke Medewerkers,

Bij mijn intrede als lector heb ik een sfeer van vriendschap en hulpbetoon in uw werkgemeenschap aangetroffen. Ik zal mij daar ook als hoogleraar graag in blijven verheugen en er naar vermogen toe bijdragen.

Hooggeachte Eijsvoogel,

U hebt mij in vrijheid doen gedijsen en mij de volle gelegenheid gegeven om eigen ideeën te realiseren en U hebt mij daarbij steeds met goede raad en praktische steun geholpen. De zelfstandigheid die U mij hebt gegund geeft mij nu het gevoel dat ik ben voorbereid op de eervolle taak die mij ten deel is gevallen. Ik ben U voor dit alles zeer dankbaar.

Hooggeachte Hellinga,

Toen ik mij negen jaar geleden als aankomend hydroloog bij de poort van de Landbouwhogeschool meldde was U reeds degene die overal in Nederland de studie van de kringloop van het water stimuleerde en daarin zelf met Uw afdeling een leidend aandeel had. Sindsdien hebben wij beide de stormachtige ontwikkeling in de hydrologie kunnen gadeslaan. Onlangs schreef Ven te Chow in zijn voorwoord

bij het 'Handbook of Applied Hydrology': 'Because handbook size is limited, careful selection of topics is necessary'. Desondanks telt het boek 1418 bladzijden, ruim 2800 verwijzingen naar de literatuur en het is geschreven door 45 auteurs.

De hier geïllustreerde overstelpende hoeveelheid studiemateriaal dwingt tot afsplitsing van gebieden van onderzoek en tevens tot samenwerking. Hierbij heeft de Nederlandse hydrologie Uw stimulerende leiding nog meer nodig dan voorheen. Ook de Landbouwhogeschool ziet zich gesteld voor een verzwaarde taak wanneer zij de ontwikkelingen wil bijhouden en een bijdrage wil leveren in het 'Hydrologisch Decennium'. Ook ik zal graag meewerken aan de noodzakelijke verbreding en verdieping van het onderwijs in de hydrologie. Vanuit de waterbeweging, zal mijn bijdrage in de eerste plaats de kennis van het afvoerpoces betreffen.

Wat de kwaliteit van onze samenwerking betreft kan ik alleen maar wensen dat die niet zal veranderen.

Medewerkers van het Hydraulica Laboratorium,

Mijn leermeester, professor Thijssse, demonstreerde eens het model van een kantelbak. Toen alles volgens de bedoelingen was verlopen laadde hij het bakje nog eens vol, want, zei hij 'het gaat zo leuk'. Toen, en later steeds duidelijker, heb ik beseft dat in het modelonderzoek deze speelse voldoening een onmisbaar element is dat vindingrijkheid en toegewijde studie hoort te vergezellen. Ik wens U en mijzelf toe dat wij steeds weer zullen ervaren hoe leuk het gaat.

Beste Vader,

Ik ben erg blij dat je hier bent. Je hebt nu eenmaal het een en ander op je zoon overgedragen dat er mede toe heeft geleid dat ik hier nu sta. Als kind heb ik meegemaakt hoe het water jou als waterstaatsingenieur in beslag nam en hoe je er soms ook mee vocht. De rivier heeft daardoor voor mij iets gekregen van een levend wezen met een eigen karakter en een merkwaardige aantrekkingskracht. Later ben ik je vakgenoot geworden zodat we konden overleggen en elkaars mening vragen. Daarbij heb ik geleerd van je scherp doorzicht dat in een betoog de zin of onzin wist te onderscheiden ook wanneer deze onder formules verborgen lag. Ik ken je onverflauwde belangstelling en ik hoop regelmatig met je te blijven overleggen.

Dames en Heren Studenten,

In de geschiedenis der mensheid is het oversteken van water steeds het beeld van de levensreis geweest. Ik wens U toe dat U evenals Odysseus liefelijke eilanden zult bezoeken maar Uw doel niet uit het oog zult verliezen, dat U met moed, scherpzinnigheid, zelfbeheersing en volharding de gevaren zult doorstaan, de klippen zult omzeilen en de

verleidingen het hoofd zal weten te bieden om tenslotte Uw doel te bereiken. Sommigen van U zullen op hun reis ook de Scylla van de hydraulica en de Charybdis van de grondmechanica ontmoeten. Odysseus wist beide hindernissen te nemen maar alleen nadat hij zich terdege over beide had laten voorlichten.

Ik heb gezegd.

ERRATUM

Enkele regels tekst op blz. 18, 13e regel e.v. van boven, dient men als volgt te lezen:

Vanuit de hydraulica, de leer van de waterbeweging, zal mijn bijdrage in de eerste plaats de kennis van het afvoerproces betreffen.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- KAISER O. 'Die mythische Bedeutung des Meeres in Ägypten, Ugarit und Israel', Topelmann, Berlin, 1959.
- GEMSER B. 'Tekst en Uitleg, Spreuken II, Prediker en Hooglied van Salomo', Wolters, Groningen, 1931.
- REYMOND P. 'l'Eau, sa vie, et sa signification dans l'Ancient Testament', E. J. Brill, Leiden, 1958.
- LEVY L. 'Das Buch Qoheleth', Leipzig, 1912.
- BAKER M. N. and R. E. HORTON 'Historical development of ideas regarding the origin of springs and groundwater' Trans. Am Geophys. Union Vol. 17, 1936.
- RIEU E. V. 'The Iliad, Homer', Penguin Books 1950 'The Odyssey, Homer', Penguin Books 1946.
- MEINZER O. E. 'Hydrology', Dover Public. Inc., New York, 1949.
- BISWAS A. K. 'The Hydrologic Cycle', Civil Engineering, April 1965.
- 'Origin and rise of the River Nile', Univ. of Strathclyde, 1966.
- HURST H. E. 'The Nile', Constable, London, 1952.
- ROCHLITZER J. 'Fragen der Wasserwirtschaft in der Vereinigten Arabischen Republik', Wasserwirtschaft-Wassertechnik, Vol. 16, No. 3, 1966.
- ANONYMUS 'The development of the science of hydrology', Circular No. 63-03, Texas Water Commission, 1963.
- COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK T.N.O. Verslag aan de Technische Bijeenkomst 15, 1961