

# HYDROLOGIE IN DE LANDBOUW<sup>1</sup>

DR. C. VAN DEN BERG

## SUMMARY

### HYDROLOGY IN AGRICULTURE

A survey is given of the development of hydrological research in agriculture. Research started in the thirties with drainage investigations and was followed by studies of the relations between ground-waterlevel and crop production. Modern research tries to find relations between production and transpiration of plants, moisture tension, capillary water and ground water. The possibilities of supplemental water supply on a large scale are discussed.

## INLEIDING

De landbouw in Nederland zal in de eerstkomende decennia niet aan expansie kunnen denken. Waterbouwkundigen en bouwkundigen denken in termen van uitbreiding: nieuwe havens, vaarwegen, kunstwerken en zelfs nieuwe steden zullen de karakteristiek van de tweede helft van de twintigste eeuw vormen. De daarvoor benodigde ruimte zal in hoofdzaak ten koste van landbouwgrond gaan en dit verlies zal nauwelijks gecompenseerd worden door landaanwinning elders.

De inkrimpende ruimte voor de landbouw en de daarmee gepaard gaande relatief afnemende betekenis maakt de landbouwkundige problemen afwijkend van die van bouw- en waterbouwkunde. Veel meer dan op uitbreiding komt in de landbouw de nadruk te liggen op verbetering van het bestaande en de rol van het water is daarbij van groeiende betekenis. Daarbij gaat het niet alleen meer om een hinderlijk teveel, maar ook om mogelijk tekorten.

Van vele zijden is het onderwerp waterhuishouding gedurende de laatste tien jaar in landbouwkringen benaderd en het einde van deze bemoeiingen is nog niet in zicht.

Na een eeuwenlange worsteling tegen een voortdurende overvloed van water in laag Nederland hebben ervaring en technische ontwikkeling tenslotte geleid tot een toestand, waarin de beheersing van het water tot uiting komt in een vrijwel constant peil in sloten en watergangen. De hoogte van dat polderpeil ten opzichte van het maaiveld berust veelal op de geaccumuleerde ervaring van boeren, de handhaving ervan op ervaring en berekening van civiel-technici.

Ook in de zandgebieden ging de strijd om verlossing van een teveel en het voorkómen van overstroming van laag gelegen, veelal goede gronden in de beekdalen. En ook hier baseerde men zich bij de berekening van de afvoer via beken op praktische ervaring.

Zo stond tot aan de jongste wereldoorlog de hydrologie in de landbouw in het gehele land in het teken van het ontwateringsplan. Het kan dan ook nauwelijks toeval genoemd worden, dat het wetenschappelijk onderzoek op dit gebied, aanvankelijk in de jaren dertig, zich eveneens op het facet van de ontwatering richtte.

<sup>1</sup>) Bewerking van een lezing, op 24 oktober 1957 gehouden voor de afdeling Bouw- en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. De tekst wordt eveneens gepubliceerd in *De Ingenieur* (1958).

## DRAINAGE EN GRONDWATERSTAND

Dat eerste onderzoek hield zich bezig met drainage en kon daarbij direct aansluiting vinden bij reeds bekend onderzoek naar de grondwaterstroming dat al lange tijd door geohydrologen werd beoefend.

De drainage beoogt te bevorderen dat grondwater sneller in sloten en watergangen terecht komt en helpt de weerstanden die de grond aan deze stroming biedt te beperken. Bij dit proces zijn die hydrologische profieieigenschappen van belang, welke gemeten kunnen worden als doorlatendheid en dimensies van de doorstroomde laag.

Gebaseerd op de stromingswet van DARCY werden nu formules ontwikkeld, waarin deze bodemconstanten een plaats vonden en waarmee het mogelijk werd op snelle wijze de diepte en afstand van drainagereeksen te berekenen (HOOGHOUDT, 1936, 1940). Dit eerste onderzoek heeft ruim vruchten afgeworpen: in topjaren worden op deze wijze wel 20.000 ha per jaar onderzocht, alvorens de drainage tot uitvoering komt.

Eén van de criteria bij de aanleg van de drainage is dat de grondwaterstand in regenrijke perioden op een zekere afstand beneden maaiveld moet blijven. Deze diepte van het grondwater wordt gesteld op 30 à 50 cm onder maaiveld. Onder die omstandigheden wordt aangenomen (en onderzoek, o.a. van SIEBEN (1951), heeft dat achteraf bevestigd), dat geen nadelige invloed op de gewassengroei zal optreden.

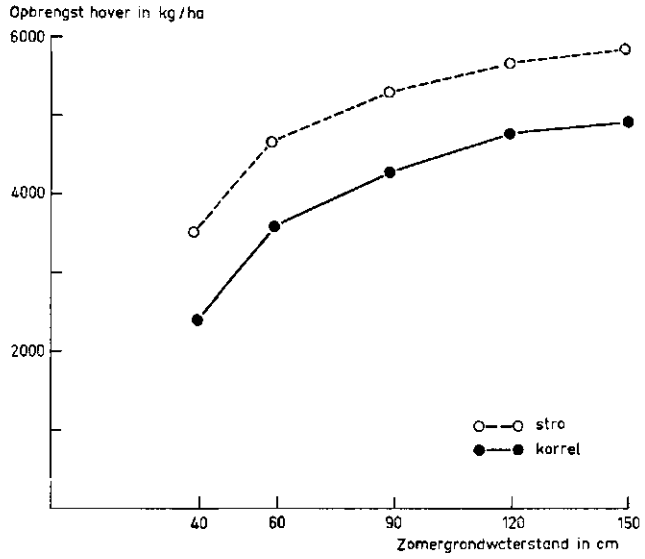
Dit onderzoek naar de beheersing van de grondwaterstand in de winter werd gevolgd door onderzoeken, die meer direct gericht waren op de invloed van de grondwaterstand op de gewassen gedurende de groeiperiode van die gewassen. De relatie tussen grondwaterstand in de zomer en opbrengst van de gewassen bleek interessante gegevens op te leveren. Fig. 1 geeft het resultaat van een dergelijk onderzoek door VAN HOORN (1958). Fig. 2 bevat gegevens van MASCLEE en KORTOOMS (1954) beschreven door VAN DER VOORT (1955). Uit de vergelijking van deze figuren blijkt al direct, dat deze relatie sterk beïnvloed wordt door de aard van de grond en komt naar voren, dat op sommige gronden een vrij scherp optimum de gevoeligheid van afwijkingen van een bepaalde grondwaterstand aangeeft.

Uit deze typen van onderzoek werden aldus de toelaatbare grenzen voor de grondwaterstand afgeleid. De beheersing van de grondwaterstand is in de winter dus een zaak van drainage, in de zomer blijkt vaak het polderpeil een beslissende invloed te hebben (figuur 3).

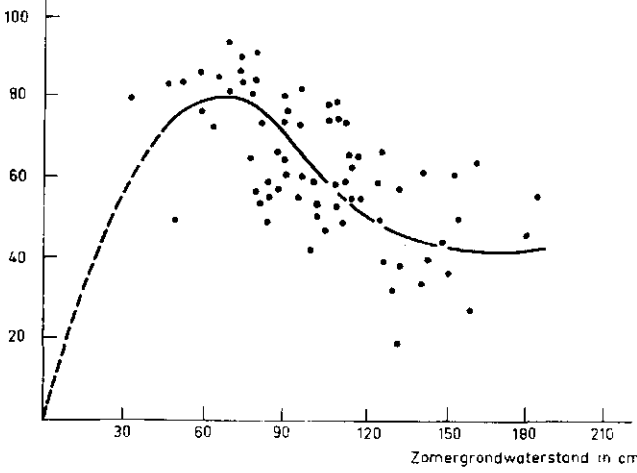
De gevoeligheid die in de landbouw vaak bestaat als het gaat om veranderingen van de grondwaterstand (b.v. als gevolg van diepe wateronttrekking) moeten uit de genoemde nadelige effecten op de opbrengst verklaard worden.

Gaf het onderzoek naar de invloed van de grondwaterstand op de opbrengst al een aanwijzing van het mogelijk effect van een watertekort, nieuwe aspecten van de waterhuishouding, die na de oorlog in het gezichtsveld kwamen, gaven aan onderzoek en uitvoering de impuls om zich veel meer met de vraag naar watertekorten te gaan bezighouden. De droge jaren 1947 en 1949 gaven daartoe een belangrijke stoot; het bleek in Nederland mogelijk te zijn, dat deze watertekorten vooral op zandgronden ernstige opbrengstdepressies tengevolge hadden. Het effect van de verbeterde waterafvoer scheen ook nadelig te kunnen werken.

**FIG. 1. VERBAND TUSSEN ZOMERGRONDWATERSTAND EN GEMIDDELDE HAVEROPBRENGST OP ZWARE KLEIGROND (ontleend aan VAN HOORN, 1957)**

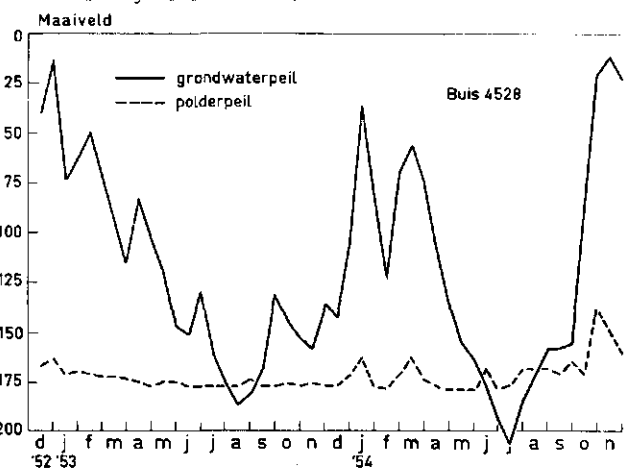


Taxatie - haver 1953



**FIG. 2. VERBAND TUSSEN ZOMERGRONDWATERSTAND EN HAVER-OPBRENGST OP ZANDGROND (ontleend aan MAS-CLÉE en KORTOOMS, 1954)**

**FIG. 3. VARIATIES GRONDWATERSTAND EN POLDERPEIL, LICHTE KLEIGROND GRONINGEN (ontleend aan waarnemingen van de Commissie Onderzoek Waterhuishouding Nederland)**



Naast voortgaande belangstelling voor problemen van waterafvoer en grondwaterstroming ontstond interesse voor andere facetten van de waterhuishouding en daarbij werd dieper ingegaan op vragen naar de vochttoestand van de grond en de werking van het verdampingsmechanisme bij de plant.

#### VERDAMPING EN BODEMVOCHT

Verdamping door het gewas, uitdroging en bevochtiging van de grond en capillaire beweging van het water, hun kwantificering en onderlinge samenhang zijn onderwerpen van fysisch-landbouwkundig onderzoek van de laatste tijd.

Enkele resultaten van dit onderzoek dat overigens nog ver van zijn afsluiting is, zullen naar voren gebracht worden. Daarbij zal eerst de verdamping door het gewas nader bekeken worden.

Voor deze verdamping van water door de plant is door PENMAN (1948) een nauwe relatie gevonden met de verdamping van een vrij wateroppervlak, mits

- een egaal laag gewas de grond geheel bedekt,
- in de wortelzone ruim water aanwezig is,
- geen storende groeifactoren voorkomen (figuur 4).

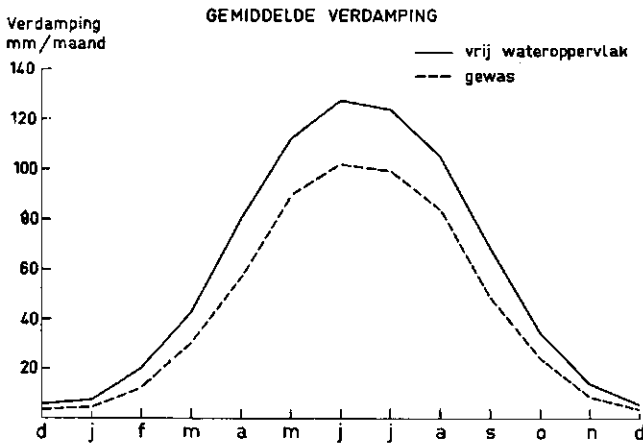


FIG. 4. VERDAMPING VRIJ WATEROPPERVLAK EN POTENTIËLE VERDAMPING GEWAS IN DE LOOP VAN HET JAAR

In de zomer blijkt de gewasverdamping ongeveer 75 à 80% van de verdamping van een vrij wateroppervlak te zijn (MAKKINK, 1956). Het gewas vervult hierbij een veel meer lijdelijke rol dan vroeger werd verondersteld en de verdamping wordt beheerst door de intensiteit van de straling, door de relatieve vochtigheid van de lucht en door de windsterkte.

Alleen in het feit, dat de huidmondjes, waaruit de waterdamp in de lucht treedt, slechts een deel van de bladoppervlakte van een gewas bedekken, komt een zekere weerstand van het gewas tot uiting, zodat de verdamping van planten 25% beneden die van een wateroppervlak blijft. In winter en voorjaar is de gewasverdamping ten opzichte van vrij water relatief lager als gevolg van trager openen der huidmondjes onder invloed van de geringe lichtsterkte.

Het is nu mogelijk deze optimale verdamping (die gewoonlijk met de naam potentiële of mogelijke verdamping wordt aangeduid) uit meteorologische factoren te berekenen en het daardoor mogelijk geworden berekenen van het waterverbruik onder optimale omstandigheden is een belangrijke stap vooruit.

De *potentiële verdamping* zal slechts bereikt worden, indien de intrede van water door de wortels niet geremd wordt. De vaak wel optredende remming is meestal een gevolg van minder goed beschikbaar zijn van water in de grond en deze beschikbaarheid van bodemvocht wordt tegenwoordig uitgedrukt door het begrip *vochtspanning*. De redenering hierbij is, dat de bindende krachten van de grond toenemen met de afname van de hoeveelheid water. De mate van binding wordt uitgedrukt in spanning of druk, nodig om nog water aan de grond te onttrekken. De eenheden om deze vochtspanning weer te geven zijn atmosferen, cm waterdruk of pF, de logarithme van de cm waterdruk (1 atm. = 1000 cm waterdruk = pF 3).

Aangezien de zuigspanning van wortelcellen van onze landbouwgewassen, tengevolge van de osmotische druk van het celvocht, ongeveer tot 15 atmosfeer kan oplopen, zal de plant geen water meer aan de grond kunnen onttrekken, zodra daar een vochtspanning van 15 atmosfeer (pF = 4,2) voorkomt. Het punt, waarbij dit het geval is, heet *verwelkingspunt* en bepaalt de beschikbaarheid van water aan de ene kant. Aan de „natte” kant zal de beschikbaarheid van water voor de plant samenhangen met de binding van water aan de grond na flinke bevochtiging. Het blijkt, dat de vochtspanning in dat geval ongeveer 0,1 atmosfeer (pF = 2) bedraagt. Water, dat onder geringere spanning verkeert, zal in het algemeen naar diepere lagen afzakken. De spanningen 0,1 atm. en 15 atm. (pF 2 resp. 4,2) markeren dus het traject in het spanningsverloop, dat bijzonder belangrijk is voor de plantegroei, omdat het in dat traject voorkomende water in principe voor opname in aanmerking komt. Het bijzondere voordeel van deze wijze van uitdrukken is, dat deze spanningen voor alle gronden dezelfde betekenis hebben. Slechts de hoeveelheden water verschillen, al naar de aard van de grond (figuur 5).

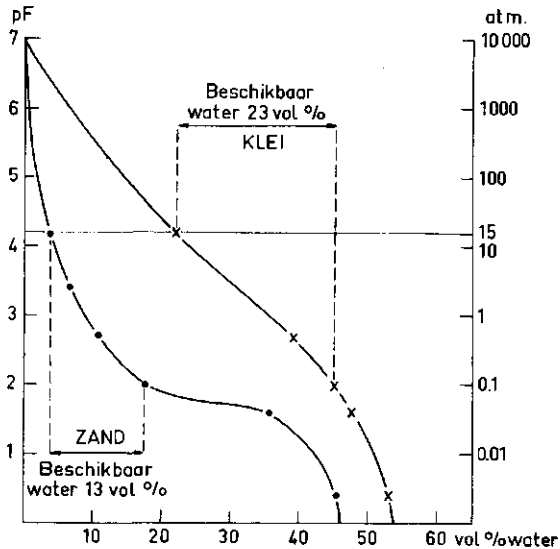


FIG. 5. VOCHTKARAKTERISTIEK VAN ZAND- EN KLEIGROND

Het is verder gebleken, dat het voor de uiteindelijke produktie van het gewas niet onverschillig is bij welke spanning water opgenomen moet worden en gering energieverbruik bij deze opname blijkt gunstig te zijn voor de opbrengst. Fig. 6 ontleend aan BIERHUIZEN (1958) geeft hiervan een voorbeeld.

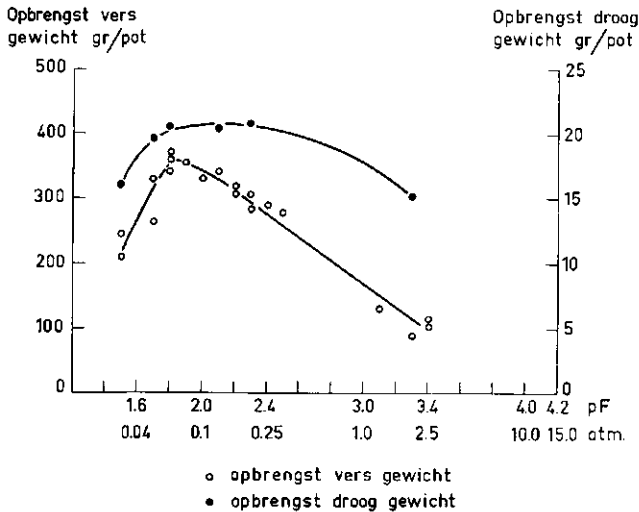


FIG. 6. INVLOED VOCHTSPANNING OP OPBRENGST VAN SLA OP KLEIGROND (ontleend aan BIERHUIZEN, 1958)

In de opgaande tak van deze optimumcurve komen de nadelen van luchtgebrek en lagere temperatuur van de grond bij hoog vochtgehalte tot uitdrukking. In de neergaande tak uit zich direct het nadeel van hoge vochtspanningen.

Het is dan ook zo, dat voor verschillende doeleinden niet gerekend wordt met de volledige hoeveelheid beschikbaar water tussen de grenzen 0,1–15 atm. (pF 2–4,2), maar met de helft daarvan, als men de vochttoestand van de grond voor een optimale produktie wil aangeven. De vocht karakteristieken van verschillende lagen van een grond kunnen via laboratoriumbepalingen vastgesteld worden en maken het mogelijk de hoeveelheid vocht te berekenen, die een bepaald profiel bij het begin van de groei-periode in principe ter beschikking van het gewas kan stellen.

Het vochtgehalte van een grond en daarmee de vochtspanning is tijdens het groei-seizoen aan voortdurende verandering onderhevig tengevolge van in de grond dringend regenwater en door onttrekking door het gewas.

In de capillaire wateraanvoer vanuit grondwater hebben we een derde factor, die de vocht- en spanningswisselingen beïnvloedt; hernieuwde aandacht voor capillariteitsverschijnselen heeft een aantal vruchtbare gezichtspunten opgeleverd; zie WESSE-LING (1957) en WIND (1955).

Het belangrijkste resultaat daarbij is het vinden van een samenhang tussen de snelheid van capillaire wateraanvoer met de hoogte van de beschouwde zone boven het grondwater en de vochtspanning in die zone. Uit deze samenhang kon in een aantal gevallen de capillaire levering van water berekend worden. De hoeveelheid capillaire water, die aan de wortelzone geleverd kan worden, neemt sterk toe naarmate de grondwaterstanden zich dichter bij de wortelzone bevinden en daarmee is één van de

redenen duidelijk geworden, waarom aan de juiste diepte van de grondwaterstand tijdens de groeiperiode van de gewassen zo'n grote betekenis wordt gehecht.

Met behulp van deze nieuw ontwikkelde methoden is het nu beter dan tevoren mogelijk een eventueel watertekort kwantitatief aan te geven. Omdat reeds eerder een verschil in waterhuishouding tussen klei en zand ter sprake kwam, zullen beide grondtypen vergeleken worden (tabel 1).

TABEL 1. WATERBALANS (IN mm) OP KLEI EN ZAND GEDURENDE DE PERIODE MEI T/M AUGUSTUS

	Normaal jaar		1947	
	klei	zand	klei	zand <sup>1)</sup>
Nodig voor optimale verdamping	380	380	480	480
Regenval . . . . .	250	250	170	170
Vochtinhoud gemiddeld profiel .	130	130	310	310
Tekort . . . . .	-	70	150	250

<sup>1)</sup> zie figuur 7.

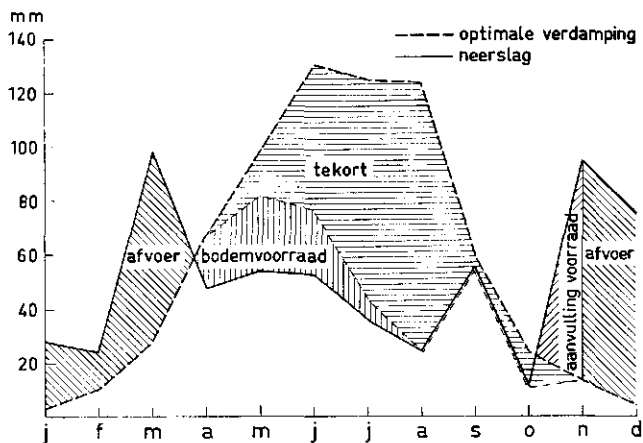


FIG. 7. VERLOOP VAN DE WATERHUIHOUDING VAN EEN ZANDGROND IN 1947

Hieruit volgt, dat op kleigrond in een normaal jaar geen verdere aanvoer nodig is, maar op zand een tekort ontstaat. In een zeer droog jaar als 1947 komen beide profieltypen water tekort. Dit tekort zal aangevuld kunnen worden door capillair water, indien de grondwaterstand zich op een bepaald niveau beneden de wortelzone bevindt.

Dit gewenste niveau waarbij een bepaalde capillaire opstijging optreedt, die het tekort aanvult, kan op twee manieren afgeleid worden:

- a. door de gegevens, die de studie over capillariteit heeft opgeleverd, waarbij enkele fysische constanten van de grond bekend moeten zijn (figuur 8),
- b. door rechtstreekse proefnemingen (figuren 1 en 2).

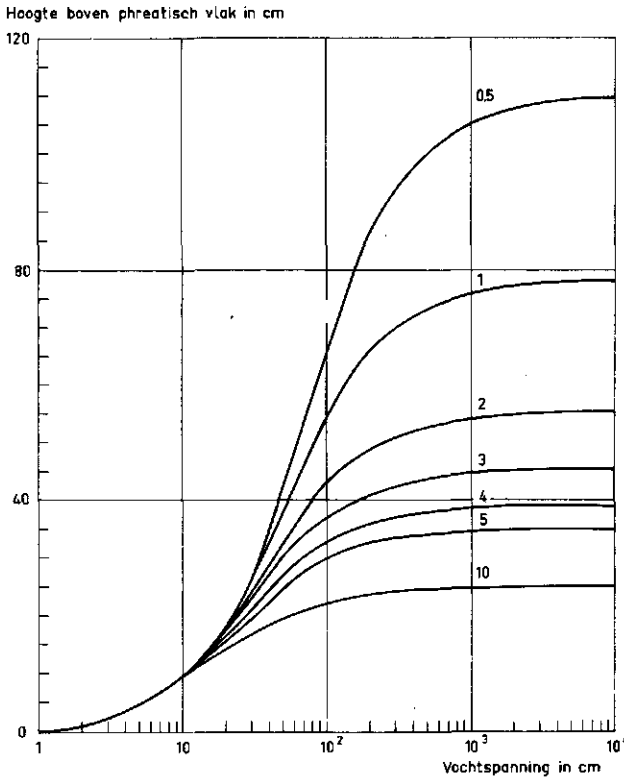


FIG. 8. CAPILLAIRE WATERAANVOER (IN MM) TOT VERSCHILLENDE HOOGTEN BOVEN HET PHREATISCH VLAK ONDER INVLOED VAN DE VOCHTSPANNING (ontleend aan WESSELING, 1957)

De mogelijkheid om met de nieuwere inzichten over verdamping, vochtspanning en capillaire waterbeweging a priori tot de gewenste diepteligging van het grondwater-niveau te besluiten, indien verschillende bodemconstanten en meteorologische gegevens bekend zijn, wijst op de verdieping, die het waterhuishoudkundig onderzoek ondergaan heeft.

Hier moet direct aan toegevoegd worden, dat de gegeven voorstelling de processen vrij sterk vereenvoudigd heeft, veelal uitgaande van statische evenwichten. In feite gaat het meestal om niet-stationaire processen en alleen in gevallen waarbij, zoals door infiltratie, de grondwaterstand op constant niveau gehouden wordt, kan de waarheid door berekening benaderd worden. Voor de niet-stationaire gevallen zal nog heel wat studie vereist zijn.

#### GRONDWATERREGELING

Uit het eerder gegeven verband tussen grondwaterstand en polderpeil bij kleigrond volgt nu tevens, dat de instelling van een bepaald zomerpolderpeil toch grote invloed oefent op de produktie van de gewassen door de niveau-instelling van het grondwater.

Zonder te willen beweren, dat de tot voor kort gehanteerde ervaring bij het aangeven van dat peil tot onjuiste uitkomsten leidde, zal bij toepassing van onderzoeksresultaten de gekozen peilverdeling in een gebied toch veel meer variatie tonen dan



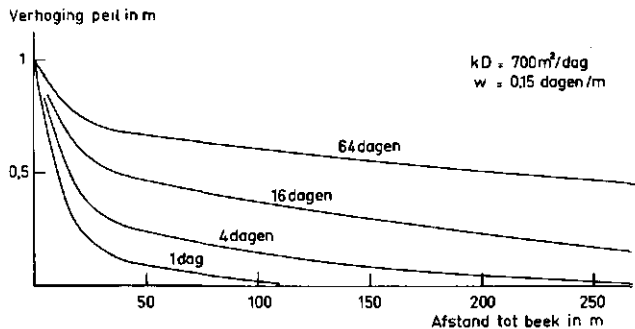
tevoren. Behalve de hoogteligging van het terrein spelen dan de bodemkundige eigenschappen een belangrijke rol.

Kan de polderpeilregeling in het lage deel van Nederland door zijn medebeheersing van de grondwaterstand een belangrijke bijdrage leveren aan de produktiviteit, van veel minder importantie is een waterstandsregeling in de zandgebieden van oost- en zuid-Nederland. In deze gebieden vormen de beken en beekdalen vrij diepe insnijdingen in het landschap en voor de hydrologie van tussen de beken gelegen hogere gronden is dan ook een vrij sterke grondwaterstands daling gedurende het groeiseizoen karakteristiek. De daling is veelal zo sterk, dat de levering van capillair water aan de wortels verwaarloosbaar klein is. Het in de wortelzone beschikbaar water moet dus samen met de neerslag de watervoorziening van het gewas verzorgen, terwijl juist hier een bijdrage van het grondwater welkom zou zijn.

De vraag rijst of toch niet beïnvloeding van het grondwater mogelijk zou zijn en deze vraag heeft geleid tot verder landbouwkundig onderzoek van geo-hydrologische aard. De stroming van grondwater, in hoofdzaak gericht naar de beken, die vaak enkele kilometers uit elkaar liggen, vindt hier plaats in een dik lagenpakket. Evenals ten behoeve van de drainage zijn het ook hier weer de weerstanden, die de grond aan de stroming biedt en de afmetingen van de verschillende lagen, die in het onderzoek zijn opgenomen. Evenwel gaat de belangstelling ditmaal tot diepten van 40 meter of meer.

Een voor de hand liggende manier om het grondwater hoger te houden, ligt bij de zandgronden uiteraard in het beperken van de afstroming door het hoger stellen van het beekpeil. Dit is in principe mogelijk (althans indien het reeds vroeger verbeterde beken betreft) door het aanbrengen van stuwen; zie ERNST en FERRARI (1955). Het genoemde geohydrologisch onderzoek heeft berekeningen ontworpen om van te voren aan te geven, wat het effect van een dergelijke stuwning zal zijn (figuur 9).

FIG. 9. INVLOED VAN STUWING VAN EEN BEEK (DE AA, NOORD-BRABANT) OP DE VERHOOGING VAN DE GRONDWATERSTAND NA 1, 4, 16 EN 64 DAGEN (ontleend aan ERNST en FERRARI, 1955)



Het lange tijdsverloop, dat met een grondwaterstandsverhoging gemoeid is na instelling van het stuwpeil en ook het te geringe effect van de stuwning maken de toepassing beperkt.

#### WATERAANVOER

Een volgende vraag die naar voren komt, is of het verantwoord zal zijn op grote schaal tot wateraanvoer op onze zandgronden over te gaan. Daarbij is ook het pro-

bleem actueel op welke wijze dit zal moeten gebeuren. Zal het gewenst zijn met van elders aangevoerd water de grondwaterstand via een net van kanalen en infiltratiebuizen te verhogen zodat in het vochttekort door capillaire opstijging kan worden voorzien? Of verdient het de voorkeur de aanvulling te bewerkstelligen door kunstmatige beregening, een werkwijze die elders in Europa veld wint?

Aan de technische oplossing van de beide laatste vragen besteedt het onderzoek ruim aandacht in de vorm van beregenings- en infiltratie-onderzoek.

Het gaat bij de vraag naar de wenselijkheid van de aanvoer om grote belangen. Schattenderwijs is de oppervlakte die alleen in Noord-Brabant en Limburg voor watervoorziening in aanmerking komt, bepaald op ongeveer 200.000 ha. De benodigde hoeveelheid water zou in een matig droog jaar in een grootte-orde van 300 miljoen m<sup>3</sup> liggen; de bruto-productieverhoging ligt in een orde van 20 à 25%.

Het benodigde water zal niet aan de grondwatervoorraad onttrokken kunnen worden, omdat geveesd moet worden voor grondwaterstandsdeling op plaatsen, waar de gewassen hun tekorten nu nog met behulp van dat grondwater aanvullen. Maar na de uitvoering van de Deltaplannen zal het daarvoor gevormde zoetwaterbekken onttrekking waarschijnlijk gemakkelijk toelaten.

Voor de uiteindelijke beantwoording van de vraag naar de uitvoering zullen economische overwegingen een belangrijke rol spelen. De toekomstverwachtingen worden in dit opzicht nog gecompliceerder, indien men ziet hoe snel de economische integratie van Europa naderbij komt. Zal deze opname in ruimer verband de tendens hebben de Nederlandse landbouw terug te dringen, meer nog dan de ontwikkeling binnen ons land reeds noodzakelijk maakt?

Het is wel zeker, dat een verdere verbetering van produktiefactoren de concurrentiepositie van de landbouw in het nieuwe verband zal kunnen verstevigen. Voor de zandgronden geeft de optimale voorziening met water daartoe een mogelijkheid.

Tegen deze achtergrond gezien biedt het onderzoek van de waterhuishouding tot in details dan ook een ruim perspectief.

#### LITERATUUR

- BIERHUIZEN, J. F. (1958) – Does transpiration decrease as soil moisture decreases? Neth. J. Agr. Sci. 1958. Te verschijnen.
- ERNST, L. F. en T. J. FERRARI (1955) – Verbetering van de watervoorziening van een zandgebied door middel van verhoging van de grondwaterstand. Landb. Tijdschr. 67, 4: 245–253.
- HOOGHOUDT, S. B. (1936) – Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van de grond. Versl. Landb. Onderz. no. 42B.
- , (1940) – Idem. Versl. Landb. Onderz. no. 46B.
- HOORN, J. W. VAN (1958) – Results of a groundwaterlevel experimental field with arable crops on clay soil. Neth. J. Agr. Sci. 1958. Te verschijnen.
- MAKKINK, G. F. (1956) – De evapotranspiratie van grasland in 1955. Versl. Centr. Inst. Landb. Onderz. 1955.
- PENMAN, H. J. (1948) – Natural evaporation from open water, baresoil and grass. Proc. Royal Soc. 193: 120–145.
- SIEBEN, W. H. (1951) – De ontwatering van de zavelgronden in de Noordoostpolder. Van zee tot land no. 3.
- VOORT, M. VAN DER (1955) – Berekening van het effect van waterbeheersing, toegepast op het zandgebied van West-Brabant. Landbouwk. Tijdschr. 67, 7: 481–491.

- WESSELING, J. (1957) – Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. Diss. Wageningen. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- WIND, G. P. (1955) – A fieldexperiment on capillary rise of moisture in a heavy clay soil. Neth. J. Agr. Sci. 3, 1: 60-69.