

## II. WAARNEMINGEN VAN GRONDWATERSTANDEN VOOR DE LANDBOUW

S. B. HOOGHOUDT

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen

### 1. METHODIEK VAN HET WAARNEMEN; INVLOED VAN DE BODEMGESTELDHEID

#### a. Methodiek

De methodiek van de grondwaterstands waarnemingen — behoudens uitzonderingen dus de bepaling van het phreatisch vlak — is eenvoudig. De eenvoudigste methode, die nog steeds toepassing vindt, is het boren van een verticaal boorgat van 8–12 cm doorsnede in de grond, waarin dan de ligging van de grondwaterspiegel wordt nagegaan. Deze methode voldoet, indien het boorgat niet inkalft en de waarnemingen slechts gedurende een korte tijd verricht worden. Een verbetering van deze methode wordt verkregen door in dit boorgat een aantal drainbuizen met kraag op elkaar te plaatsen, waarbij dan de ruimte tussen de wand van het boorgat en de drainbuizen wordt opgevuld met grof zand. De voordelen van deze methode boven de eerstgenoemde zijn: geen inkalving, minder gemakkelijk verstopping van de buizen, het hebben van de bovenkant van de bovenste drainbuis als vast punt voor de waterpassing, van waaruit men de diepteligging van de waterspiegel kan aangeven en de langere houdbaarheid van het systeem. Deze grondwaterstands buizen zijn echter alleen in een voldoende doorlatende grond toe te passen.

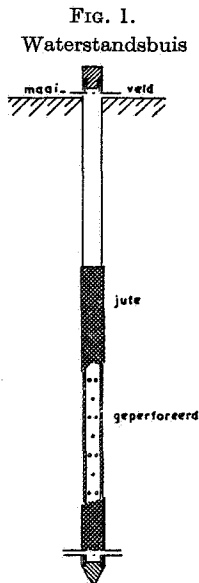


FIG. 1.  
Tube for measuring  
the water level

Voor grondwaterstandsmetingen van langere duur (en ook voor slechter doorlatende gronden) worden de gewoonlijk gebruikte grondwaterstands buizen toegepast. Deze buizen (zie fig. 1) met een inwendige doorsnede van 3 à 4 cm bestaan uit een meestal ijzeren buis (oude vlampijpen), waarvan het onderste gedeelte van gaatjes is voorzien. Dit laatste gedeelte is omwikkeld met jute om het binnendringen van gronddeeltjes te voorkomen. Aan de onderzijde wordt deze jute dan naar binnen geslagen en vastgezet met een houten prop; van boven kunnen deze buizen met een houten stop worden afgesloten.

Oorspronkelijk werden deze buizen aldus geplaatst, dat met een lepelboor van omstreeks de buitendoorsnede van deze grondwaterstands buizen een verticaal boorgat in de grond werd geboord, waarna de buizen hierin tot de gewenste diepte gedrukt dan wel geslagen werden. De op deze wijze geplaatste buizen raakten in kleigronden echter vaak verstopt, d.w.z. dat de waterspiegel niet meer reageerde op regen en verdamping. De oorzaak ligt in het feit, dat deze buizen zijn dichtgesmeerd, doordat tijdens en soms ook enige tijd na het plaatsen de kleigrond vlak om de buis zijn structuur verloren heeft, d.w.z. zeer slecht doorlatend is geworden. Om dit te voorkomen worden de buizen nu meestal geplaatst in een van te voren geboord boorgat van een doorsnede van ca 12½ cm, waarna de ruimte tussen buis en wand van het boorgat wordt opgevuld met zand.

Ten slotte worden in een goed doorlatende zandgrond soms ook wel wijdere buizen van een doorsnede van b.v. 30 cm gebruikt. In sommige gevallen worden deze waterstanden continue met behulp van daarvoor geschikte registreerapparaten opgenomen. Van z.g. tensimeters of spanningsmeters wordt in de landbouw voor de bepaling van het phreatisch vlak geen of practisch geen gebruik gemaakt. Wel geschiedt dit voor het meten van de onderdruk (pF) in het water boven het phreatisch vlak, dat hier onbesproken kan blijven, temeer aangezien Ir HUIZINGA deze spanningsmeters uitvoerig zal behandelen.

Een contrôle op de juistheid van de waarnemingen in de grondwaterstandsbuizen kan desgewenst op eenvoudige wijze verkregen worden door de buizen geheel met water op te vullen dan wel juist het water hier uit te pompen en na te gaan hoe lang het duurt, voordat de grondwaterspiegel zich weer heeft ingesteld.

#### *b. Invloed van de bodemgesteldheid*

Komen vanaf het maaiveld goed doorlatende lagen tot een diepte van b.v. 15 en meer m — maaiveld voor, terwijl de sloten, wijken enz. op niet te grote onderlinge afstand liggen, zoals dit in verschillende delen van de veenkoloniën het geval is, dan kan men zowel door berekening als door waarneming gemakkelijk aantonen, dat de waterspiegel in sloten en wijken (het peil in beide hetzelfde verondersteld) slechts weinig van de grondwaterspiegel hier midden tussen in afwijkt. In dit geval zou men dus de sloten en de wijk als grondwaterstandsmeters kunnen beschouwen. De oorzaak ligt in de geringe weerstand, die bij de stroming van het water door de grond onderhouden wordt, waardoor slechts een gering verval nodig is om de overtollige neerslag door de grond naar de wijk en de sloten te doen vloeien. Het spreekt wel vanzelf, dat in dergelijke gronden ook een gegraven kuil als zodanig dienst kan doen. In goed doorlatende gronden is men dus blijkbaar weinig gebonden aan de doorsnede van de grondwaterstandsbuizen.

In minder goed doorlatende gronden of (en) bij een bodemgesteldheid, waarbij de dikte van de watervoerende laag geringer is, zal de grondwaterspiegel meer of minder belangrijk verschillen van de waterspiegel in de sloten.

Ook kuilen of grondwaterstandsbuizen met een grote diameter zullen in verband met de doorlatendheid van de grond reeds spoedig te grote afmetingen hebben, d.w.z., dat de toestroming van water uit de grond om deze kuil of buis te langzaam plaats vindt, waardoor een hangkromme van het phreatisch vlak in de grond naar de waterspiegel in deze kuil of grondwaterstandsbuis zal ontstaan, of m.a.w. deze kuil of deze grondwaterstandsbuis traag reageert. Blijkbaar bestaat er dus een verband tussen de toelaatbare doorsnede van de grondwaterstandsbuis (= eenheid van volume, dat bij 1 cm stijging of daling van de waterspiegel moet worden gevuld resp. geledigd) en de doorlatendheid van de grond. Deze doorsnede moet des te kleiner zijn naarmate de doorlatendheid van de grond afneemt. Hieruit volgt tevens, dat in zeer slecht doorlatende gronden deze doorsnede zeer klein zou moeten zijn. Aangezien dit practisch onmogelijk is, gebruikt men nu z.g. tensimeters of spanningsmeters, die juist de eigenschap hebben, dat zij de spanning in het water aangeven bij minimale toe- of afvloeiingen van water. Hierop wordt om een reeds eerder genoemde reden niet ingegaan.

We kunnen dan ook nu de vraag stellen hoe het staat met de doorlatendheid van onze gronden en of voor de bepaling van het phreatisch vlak dus meestal dan wel bij uitzondering gebruik moet worden gemaakt van tensimeters, die naast voordelen

uiteraard ook hun nadelen hebben. Het blijkt nu, dat voor het besproken doel in zandgronden nooit en in de z.g. zware gronden slechts zelden tensimeters nodig zijn, aangezien de doorlatendheid van kleigronden over het algemeen voldoende groot is.

Over deze doorlatendheid van deze z.g. zware gronden (meer dan 10% slib) zou ik gaarne enkele opmerkingen willen maken, aangezien hierover groot verschil van mening bestaat. Enerzijds meent men, dat de doorlatendheid van zware gronden (vooral kleigronden) *altijd* zeer klein is, zoals de orde grootte  $10^{-6}$ – $10^{-10}$  cm/sec of  $10^{-3}$ – $10^{-7}$  m/24 uur, dit reeds aangeeft. Naar onze mening is echter een doorlaatfactor van 0,01 m/24 uur of kleiner reeds betrekkelijk zeldzaam. Zeker is, dat, als kleigronden zo slecht doorlatend waren als de eerste groep onderzoekers meent, deze niet meer draineerbaar zouden zijn. Zelfs als we de drains tegen elkaar zouden leggen, zou de ontwatering in vele gevallen geheel onvoldoende moeten blijven. De praktijk leert echter, dat het zelden voorkomt, dat een grond niet meer draineerbaar is, terwijl soms zeer grote drainafstanden voldoende zijn of zelfs in het geheel geen drainage nodig is. Naar mijn mening zal het vermoedelijk zo zijn, dat tot een zekere diepte de zware gronden een behoorlijke doorlatendheid kunnen bezitten, welke doorlatendheid naar de diepte steeds meer afneemt om ten gevolge van het verloren gaan van de structuur van deze gronden ten slotte over te gaan in de reeds genoemde doorlaatcijfers.

Het lijkt mij waarschijnlijk, dat deze overgangslaag enkele tot vele meters dik kan zijn.

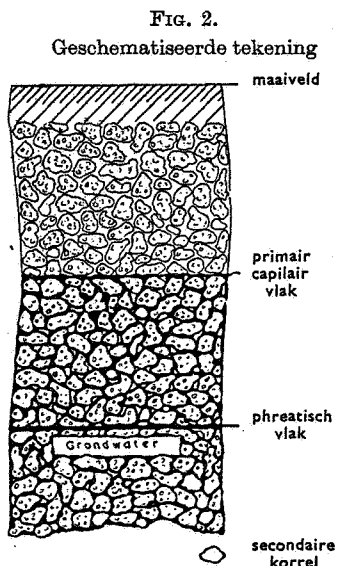


FIG. 2.

Schematized drawing

In ten minste het bovenste gedeelte van deze overgangslaag kan een kleigrond alle mogelijke doorlaatcoëfficiënten hebben, nl. zowel zeer kleine als zeer grote (100 m/24 uur), zij het dan ook, dat een dergelijke zeer grote doorlaatfactor slechts zeer plaatselijk voorkomt. Een dergelijke, zeer goed doorlatende kleigrond blijkt te bestaan uit vrij stevige, kleine kleikluitjes, waarmee het duidelijk zal zijn, waardoor deze hoge doorlatendheid veroorzaakt wordt. Een dergelijke grond gedraagt zich, wat zijn doorlatendheid betreft, immers als zeer grof zand. Ook in minder extreme vorm bevat de klei vele secundaire korrels als kruimels, kluitjes, enz. d.w.z. dat de grond een structuur heeft met openingen, kanaaltjes, enz. daartussen van dezelfde grootte-orde, waardoor de doorlatendheid van een kleigrond bepaald wordt. Aangezien deze structuur naar de diepte ten gevolge van de steeds toenemende druk van de bovenliggende laag afneemt, of dus steeds meer een z.g. éénkorrelstructuur benaderd wordt, zal de doorlatendheid naar de diepte dan ook moeten afnemen. Boven de grondwaterspiegel spelen ook andere oorzaken een rol (vermoedelijk hier wel de belangrijkste rol) zoals het aanwezig zijn van scheuren, scheurtjes, worm- en wortelgangen, welke onder het phreatisch vlak niet of nauwelijks aanwezig zullen zijn.

Ook voor de waterhuishouding van de grond *boven* het phreatisch vlak heeft deze structuur een dergelijke betekenis. In kleigronden moet men dan ook feitelijk

spreken van een primaire en secundaire capillaire laag; van een primair en secundair capillair oppervlak, enz., al naarmate men de openingen van dezelfde grootte-orde als van de afzonderlijke kleideeltjes, dan wel van die tussen de secundaire korrels beschouwt (zie fig. 2). Een kleigrond gedraagt zich dus tevens als een zandgrond en wel des te meer, naarmate de secundaire korrels van dezelfde afmetingen als die van zandgronden overwegen.

Gezien nu het feit, dat kleigronden altijd nog een zekere structuur bezitten, is de doorlatendheid, behoudens uitzonderingen, dan ook steeds voldoende om voor de bepaling van het phreatisch vlak van grondwaterstandsbuizen gebruik te mogen maken. In geval van twijfel kunnen tensimeters echter met voordeel benut worden om de toelaatbaarheid van het gebruik van grondwaterstandsbuizen na te gaan.

## 2. HET BELANG VAN HET KENNEN VAN DE LIGGING VAN HET PHREATISCH VLAK

Diegenen, die de Tweede Technische Bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. hebben bijgewoond, zullen zich herinneren, dat deze bijeenkomst gewijd was aan het verband tussen de grondwaterstand en het gewas. Dit is dan ook een van de redenen, waarom de grondwaterstand voor de landbouw van belang is. Een tweede reden wordt hierdoor gevormd, dat in het algemeen ge-

FIG. 3. Verband tussen het vochtgehalte in de grond en de afstand tot de grondwater-spiegel

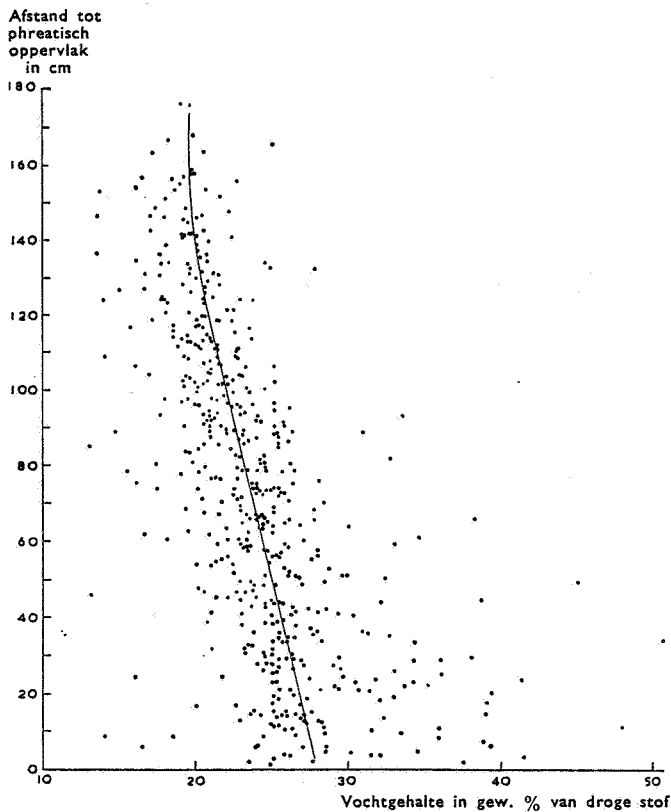


FIG. 3. Relation between moisture content of the soil and the distance to the groundwater level

sproken de wortels van de gewassen niet tot onder het phreatisch vlak doordringen, waardoor de ligging van de grondwaterspiegel onder het maaiveld tevens de maximale dikte van de laag grond aangeeft, die voor de planten ter beschikking is. Een nog belangrijker reden is echter het feit, dat de ligging van het phreatisch vlak tevens de waterhuishouding van de grond daarboven bepaalt. Voor zandgronden is dit bekend genoeg, zodat hiervoor het geven van een voorbeeld niet nodig is. Voor een kleigrond is dit wellicht anders, waarom dan ook in fig. 3 het verband is aangegeven tussen het vochtgehalte in de grond en de afstand tot de grondwaterspiegel. Deze gegevens zijn mij verstrekt door Dr PEERLKAMP en hebben betrekking op onderzoeken in het Marnegebied in Noordwest-Groningen, waarbij gegevens van talrijke monsterplekken werden gebruikt. Ten slotte vormt de grondwaterspiegel een prachtige indicator. Het effect b.v. van de invloed van de drainafstand is met het bepalen van de grondwaterstand zeer goed te controleren; hetzelfde geldt b.v. de invloed van de greppelafstand bij infiltratie, enz., waarop ik aan het slot van mijn inleiding terugkom.

### 3. DE INVLOED VAN DE WEERSGESTELDHEID OP DE GRONDWATERSTAND

#### *a. De invloed van de regen*

Indien regen op het land valt, zal slechts een gedeelte, nl. de z.g. overtollige neerslag, naar diepere lagen afzakken en de grondwaterspiegel verhogen. Wordt nu geen grondwater naar elders afgevoerd, dan zal deze overtollige neerslag bij de stijging van de grondwaterspiegel alleen dat gedeelte van het poriënvolume met water moeten opvullen, waarin geen water aanwezig was. Afgezien van ingesloten luchtbelletjes, zal dit gedeelte voor zandgronden met weinig slib en humus rond  $\frac{1}{4}$  van het totale volume van de grond bedragen; 1 cm overtollige neerslag verhoogt de grondwaterstand dus 4 cm, indien althans de capillaire laag niet tot het maaiveld reikt. Met een toenemend slib- en humusgehalte zal dit gedeelte van het totale grondvolume afnemen, doordat slib en humus water vasthouden. Ook de fijnheid van het zand en het poriënvolume oefent daarop een zekere invloed uit.

Voor de z.g. zware gronden kan worden aangenomen, dat behoudens uitzonderingen de primaire capillaire laag overal tot het maaiveld reikt. Hier wordt dus de mate, waarin de grondwaterstand door de eenheid van neerslag wordt verhoogd, bepaald door de structuur van de grond. In een sterk gescheurde grond (veel niet-capillaire ruimten) is deze stijging b.v. gering. Aangezien de doorlatendheid van zware gronden tevens door deze structuur bepaald wordt, kunnen dus uit de mate en snelheid, waarmee de grondwaterstand door de overtollige neerslag wordt verhoogd, resp. door de verdamping wordt verlaagd, conclusies worden getrokken over de doorlatendheid van de grond, zij het dan ook, dat rekening gehouden moet worden met de afstand en diepteligging van de in deze gronden aanwezige ontwaterings-systemen. Fig. 4 geeft een beeld van de wijzigingen in de grondwaterstand op het proefveld B 45 in de Wieringermeerpolder en wel voor het jaar 1931. Hier werden midden tussen drains op 10, 15 en 20 m afstand en midden op vakken zonder ontwateringssystemen de grondwaterstanden dagelijks bepaald. Zelfs bij een drainafstand van 10 m zijn de variaties in de grondwaterstand groot. Reeds hieruit kan dan ook met zekerheid de conclusie worden getrokken, dat deze gronden toentertijd slecht doorlatend waren. Voor greppels werden op dit proefveld overeenkomstige resultaten verkregen; zie fig. 5, waarin de waargenomen grondwaterstanden midden tussen

FIG. 4. Grondwaterstand-tijdsdiagram van het ontwateringsproefveld B 45 Kolhorn (1931)

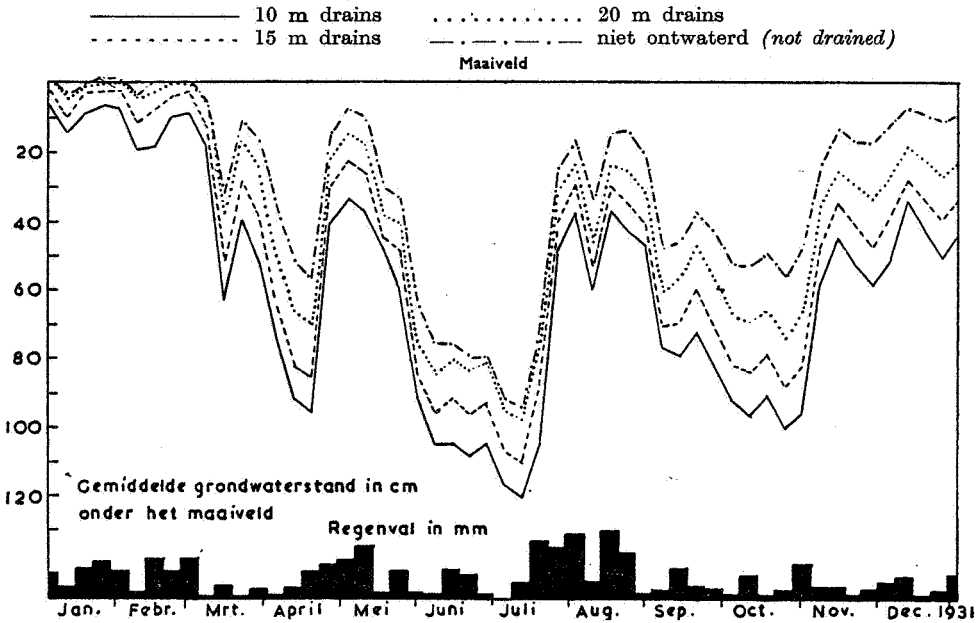


FIG. 4. Groundwater level-time diagram of the drainage experiment field B 45 Kolhorn (1931)

FIG. 5. Als fig. 4 bij aanwezigheid van greppels van 60 cm diepte

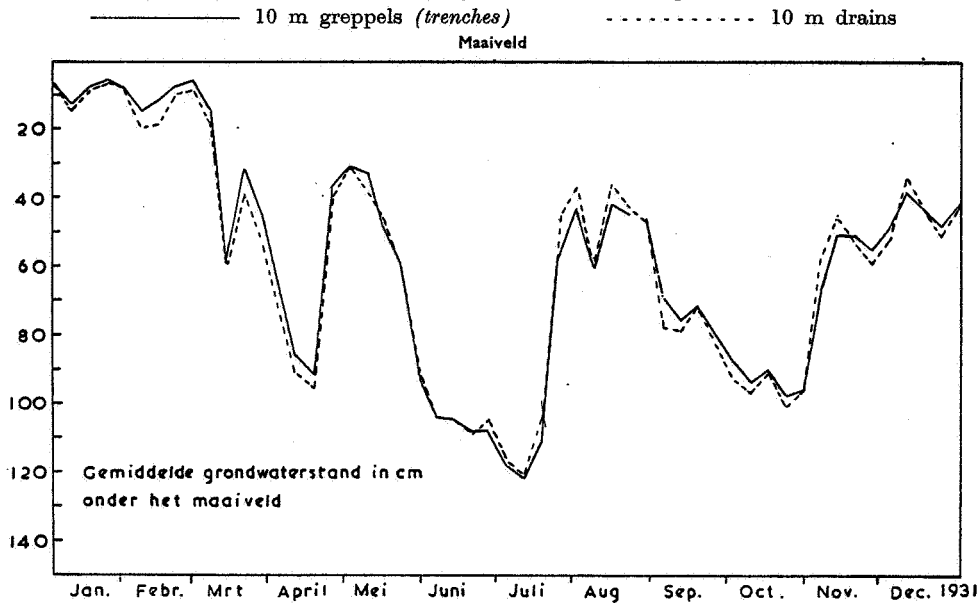


FIG. 5. As fig. 4 with trenches of 60 cm deep

greppels en drains op 10 m onderlinge afstand in het jaar 1931 werden uitgezet. Ondanks het feit, dat de greppels 60 cm diep zijn en de drains op rond 100 cm diepte lagen, zijn deze grondwaterstanden gelijk. Hier dus *geen* invloed van de diepteligging van de ontwateringssystemen, hetgeen voornamelijk veroorzaakt wordt door de zeer slechte doorlatendheid van de grond onder het ondiepst gelegen ontwateringssysteem (hier dus 60 cm — maaiveld). In fig. 6 zijn grondwaterstandsmetingen aangegeven, op een perceel in N.Friesland waargenomen. Ook hieruit blijkt de relatief geringe doorlatendheid van de grond. Het betreffende perceel was niet gedraineerd.

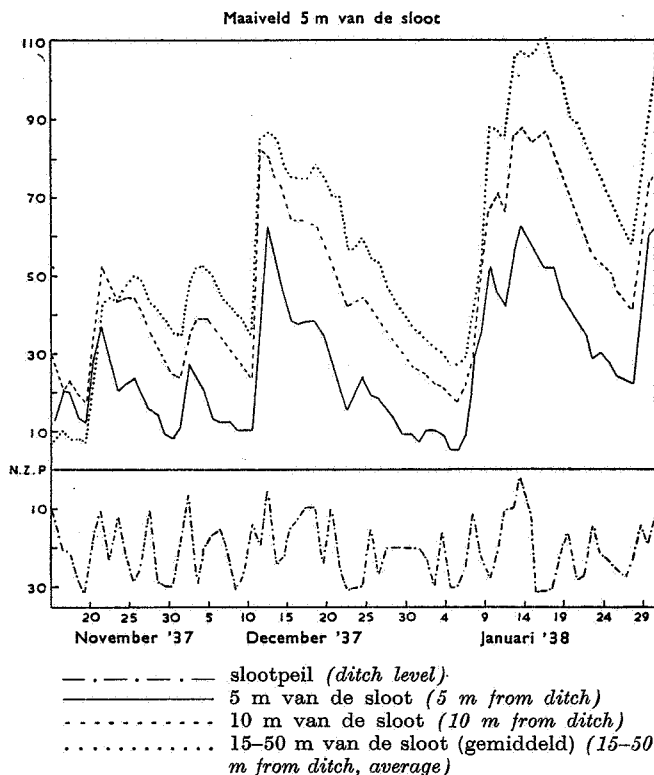


FIG. 6. Grondwaterstanden bij H. KINGMA, St. Jacobaparochie (November 1937—Januari 1938)

FIG. 6. Groundwater levels at H. KINGMA'S, St. Jacobaparochie (November 1937—January 1938)

Bij het voorgaande moet echter worden opgemerkt, dat bij slecht doorlatende gronden de wisselingen van de grondwaterstand als gevolg van regen en verdamping volstrekt niet groot behoeven te zijn mits de afstand van de ontwaterings- resp. infiltratiesystemen daaraan slechts is aangepast. Op het grondwaterstandsproefveld te Nieuw-Beerta zijn de schommelingen in de grondwaterstanden immers zeer gering, doordat de drainafstanden slechts 1 à 2 m zijn en voor aanvulling van water via de drains in droge periode wordt gezorgd. De doorlatendheid van de grond is slechts rond 0,05 m/24 uur.

In fig. 7 is een voorbeeld van de veranderingen van de grondwaterstand gegeven voor een zeker tot enige meters diepte behoorlijk doorlatende klei tot (naar de diepte) zavelgrond. De hier weergegeven grondwaterstanden werden bepaald midden tussen

FIG. 7. Grondwaterstand-tijdsdiagram van een ontwateringsproefveld in de Rietwijkerorderpolder (Nov. 1935–Febr. 1936)

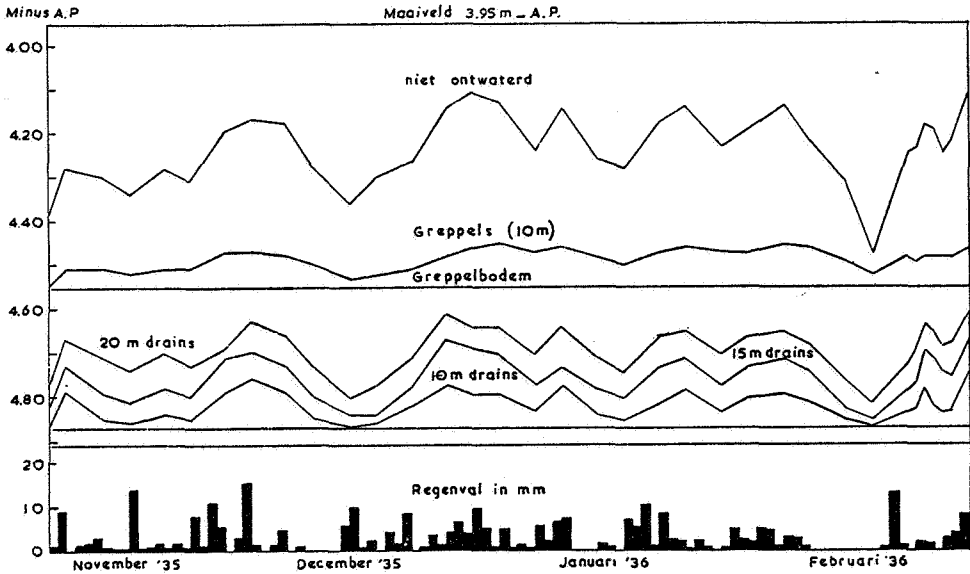


FIG. 7. Groundwater level-time diagram of a drainage experiment field in the Rietwijkerorderpolder (Nov. 1935–Febr. 1936)

de drains op 10, 15 en 20 m, tussen greppels op 10 m en midden op een niet van greppels of drains voorzien gedeelte van 135–300 m, op een ontwateringsproefveld in de Rietwijkerorderpolder ten behoeve van de aanleg van het z.g. Bosplan Amsterdam. Zelfs bij een drainafstand van 20 m reageren de grondwaterstanden slechts zeer matig op de neerslag. Hierbij maak ik er tevens op attent, dat de grondwaterstand in dit geval evenveel daalt als het verschil in diepteligging van de greppels en drains bedraagt. Dit laatste is alleen mogelijk, indien de doorlatendheid van de grond onder de ontwateringssystemen tot grote diepte dezelfde blijft en de doorlatendheid en dikte der watervoerende lagen onder de ontwateringssystemen de afvoer daarvan met de daarbij behorende grondwaterstanden praktisch gesproken beheerst.

Niet alleen bij slecht doorlatende kleigronden maar ook bij zuivere zandgronden kunnen grote en snelle veranderingen in de grondwaterstanden optreden, nl. indien de capillaire laag reikt tot het maaiveld. Aangezien deze snelle veranderingen echter het eerst zijn waargenomen bij verdamping (het z.g. *Wieringermeereffect*) en het omgekeerde, nl. een snelle stijging bij regen, hieruit automatisch volgt (z.g. *omgekeerd Wieringermeereffect*), zal ik deze verschijnselen bij de invloed van de verdamping op de grondwaterstand bespreken.

Ook indien de capillaire laag in practisch zuivere zandgronden niet reikt tot het maaiveld, kunnen in verhouding tot de gevallen neerslag belangrijke stijgingen van de grondwaterstand worden waargenomen. Dergelijke waarnemingen, met verhoudingen van 1 : 40 en meer, werden het eerst verricht in de tuin van de tuinbouwschool te Lisse met behulp van zelfregistrerende grondwaterstands- en regenmeters. Dit effect heet dan ook sedert het *Lisse-effect*. De betreffende grond is een



geestgrond, de grondwaterstandsbuizen hadden een doorsnede van 30 cm. Als voorbeeld van dit verschijnsel kan fig. 8 dienen, die ik ontleend heb aan een artikel van THAL LARSEN in de *Transactions of the Sixth Commission of the International Society of Soil Science Groningen A*, 1932.

FIG. 8. Voorbeeld van het Lisse-effect

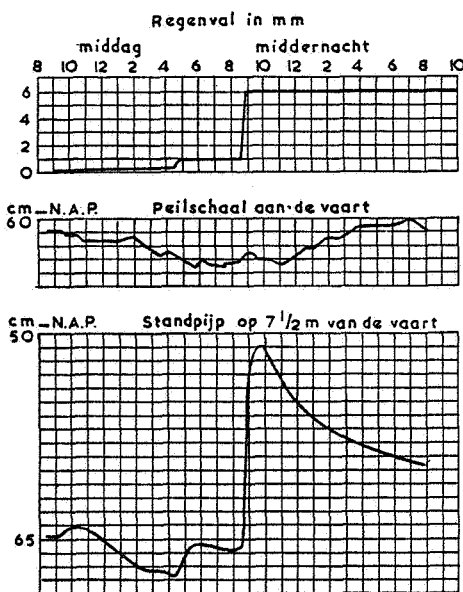


FIG. 8. Example of the Lisse effect

FIG. 9. Verklaring van het Lisse-effect

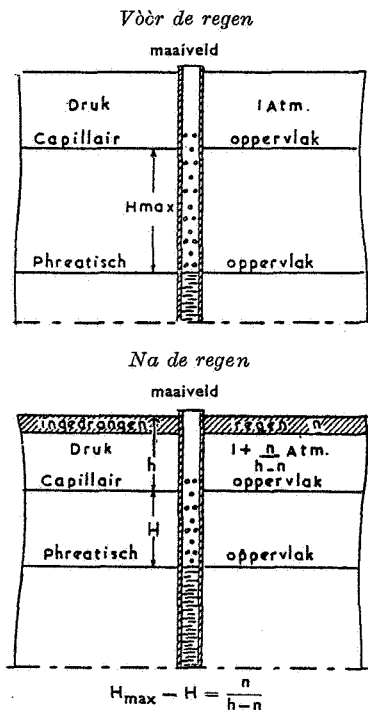


FIG. 9. Explanation of the Lisse effect

De verklaring van het verschijnsel moet gezocht worden in een verhoging van de druk van de lucht in de grond boven het capillair oppervlak ten gevolge van het capillair indringen van het regenwater in de grond. Behalve THAL LARSEN hebben ook ENGELHARDT en enkele anderen hierover onderzoekingen verricht; hierbij werd o.a. de verhoogde luchtdruk proefondervindelijk aangetoond.

In fig. 9 is schematisch het geval aangegeven, dat het phreatisch evenals het capillair oppervlak op een bepaalde hoogte in het profiel voorkomen. Valt nu regen, dan dringt deze capillair in de grond. Ontwijkt geen lucht en is  $n$  de indringingsdiepte en  $h$  de ligging van het capillair oppervlak onder het maaiveld, dan is de drukverhoging van de lucht boven het capillair oppervlak dus

$$\frac{h}{h-n} - 1 = \frac{n}{h-n} \text{ atmosfeer} = \frac{n}{h-n} \times \text{rond } 1000 \text{ cm water}$$

Er is nu uiteraard geen evenwicht, hetgeen pas weer het geval is, als de grondwaterpiegel zoveel is gestegen, dat het verschil in de maximale capillariteitsdruk ver-

minderd met de nu aanwezige capillaire druk vlak onder de meniscen (kromte straal is verkleind) gelijk is aan de overdruk in de lucht boven het capillair oppervlak. Er geschiedt dus niets anders, dan dat een deel van het capillaire water overgaat in grondwater. Een waterverplaatsing vindt niet plaats, behalve het water, dat in de grondwaterstandsbuis moet vloeien om de waterspiegel te verhogen.

Behalve in zandgronden zal het verschijnsel zich ook nog misschien in zeer lichte zavelgronden kunnen voordoen.

In zwaardere gronden is reeds in verband met het voorkomen van niet-capillaire ruimten (ontwijken van de lucht en opvulling daarvan bij stijging phreatisch vlak) dit verschijnsel niet te verwachten. Ook veranderingen van het phreatisch vlak bij veranderingen in de barometerstand zullen waarschijnlijk op soortgelijke wijze verklaard moeten worden.

### b. De verdamping

Ten gevolge van de verdamping, hetzij rechtstreeks, hetzij mede door de plantengroei, daalt het phreatisch vlak. Indien het verdampte water via capillaire opstijging wordt aangevuld, zal ook de daling van het phreatisch vlak in een zekere verhouding staan tot deze verdamping, indien de laatste als een laag water wordt aangegeven. In zandgronden met weinig slib of humus zal deze verhouding, indien de capillaire laag *niet* tot het maaiveld reikt, weer ongeveer 1 : 4 zijn, indien althans al het verdampte water via capillaire opstijging wordt aangevuld. Alleen indien de capillaire laag tot het maaiveld reikt en de meniscen liggende in of nabij het maaiveld nog niet hun maximale kromming hebben, kan deze verhouding veel groter zijn. Bij deze verdamping geschiedt immers niets anders dan dat iets water van deze meniscen verdampt tot zij hun maximale kromming hebben gekregen, waardoor het phreatisch vlak is gedaald tot een diepte onder het maaiveld gelijk aan de maximale capillarieteitsdruk, uitgedrukt in een kolom water. De maximale daling verkrijgt men als in het begin het phreatisch vlak juist reikt tot het maaiveld, en de meniscen zich nog niet hebben gevormd, waardoor bij verdamping een snelle daling van het phreatisch vlak tot een diepte onder het maaiveld gelijk aan de max. capillaire druk in cm water optreedt.

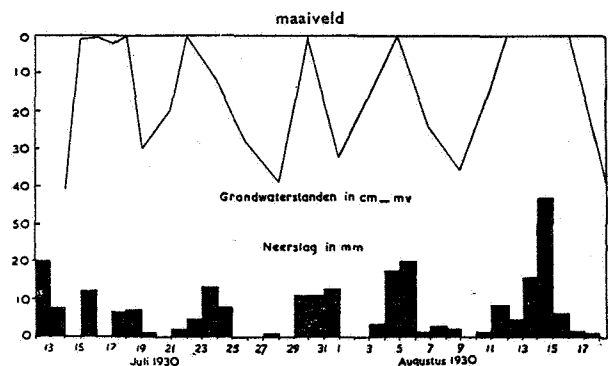


FIG. 10. Het Wieringermeer-effect. Opgenomen in: Kooltuinen, buis 2, rij XIV, Wieringermeerpolder (1930)

FIG. 10. The Wieringermeer effect. Registered in: Cabbage fields, tube 2, row XIV, Wieringermeer (1930)

In de Wieringermeerpolder werden in zandgronden deze sterke dalingen (soms 40 cm in 24 uur) het eerst waargenomen, waardoor men dan ook spreekt van het Wieringermeereffect (zie fig. 10). Waterverplaatsing vindt daarbij

practisch niet plaats; alleen het water uit de grondwaterstandsbuis moet via capillaire opstijging verdampen. Valt er daarna weer iets regen, dan stijgt de grondwaterstand uiteraard weer even sterk. Dit wordt het omgekeerde Wieringermeer-effect genoemd.

Met een eenvoudige proef werd nog eens bewezen, dat inderdaad door deze daling van het phreatisch vlak de waterhuishouding van de zandgrond praktisch niet verandert.

Hiertoe werden (zie fig. 11) van onderen gesloten bussen gebruikt met een doorsnede van ca 15 cm en van een lengte van 50 en 110 cm.

FIG. 11. Installatie voor proeven betreffende het Wieringermeer-effect

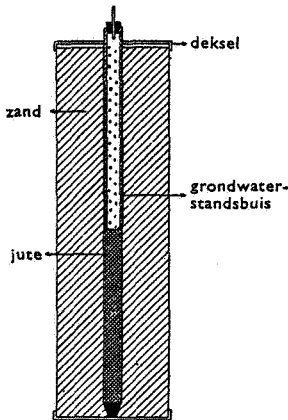


FIG. 11. *Equipment for experiments regarding the Wieringermeer effect*

In het midden bevinden zich geperforeerde koperen grondwaterstandsbuizen, omwonden met linnen, om het binnendringen van zandkorrels te voorkomen. De doorsneden van de grondwaterstandsbuizen waren 1 en 3 cm. Deze cylinders konden door deksels worden afgesloten, zodat geen verdamping optrad. De kortste cylinder werd gevuld met een praktisch zuiver zand uit de Wieringermeerpolder met een U-cijfer van 56 en een capillaire hanghoogte van rond 50 cm. De lange cylinder werd met koolzure kalkvrij, humusarm zand uit Eindhoven met 9% slib gevuld met een U-cijfer van rond 190 en met een capillaire hanghoogte van rond 250 cm, waarna deze gronden verzadigd werden met water. Door de cylinders leeg en gevuld te wegen evenals de gebruikte hoeveelheden water en zand te bepalen, waren het poriëngehalte, het lucht- en watergehalte bekend. De cylinders werden nu zover met water gevuld tot de waterspiegel in de grondwaterstandsbuizen gelijk was aan het zandoppervlak, waarna de cylinders werden gewogen, de deksels werden verwijderd en de grond dus aan verdamping werd blootgesteld. Iedere dag werden de grondwaterstand en het gewicht van de cylinders bepaald, waaruit dus het gewicht van het verdampte water was af te leiden.

Uit de verkregen resultaten blijkt, dat in het grovere zand in één dag de grondwaterstand ruim 40 cm daalt. Het verdampte water bleek praktisch overeen te komen met de inhoud van het geleedigde gedeelte van de grondwaterstandsbuizen. Een vermindering van het vochtgehalte in de bovenste laag kon niet worden aangetoond. Met het fijnere Eindhovense zand werden overeenkomstige resultaten verkregen. Overeenkomstig de verwachting daalde de grondwaterstand des te sneller, naarmate de doorsnede van de grondwaterstandsbuis kleiner was.

In andere gronden dan zandgronden zal de snelheid van de daling van de grondwaterstand afhangen van de niet-capillaire ruimten, die immers geleedigd moeten worden, voordat het phreatisch vlak kan dalen. Is het percentage hiervan groot (= grote doorlatendheid) dan is deze snelheid van daling gering en omgekeerd. Hierbij dient men rekening te houden met de structuur van de zware gronden (secondaire korrels) of dus met de secondaire capillaire laag, waardoor, ondanks een snelle daling van de grondwaterstand in tijden van verdamping, de doorlatendheid, ofschoon weliswaar klein, echter nog mee kan vallen. Hierbij dient men uiteraard weer acht te slaan op de afstand van de ontwaterings- of infiltratiesystemen. Indien dus op een perceel zonder drains of infiltratiesystemen de grondwaterstand in droge

perioden snel daalt, wijst dit op een geringe doorlatendheid. Is de afstand van de ontwateringssystemen en bevoeiingssystemen klein genoeg, zoals op het grondwaterstandsproefveld te Nieuw-Beerta, dan blijft, ondanks de geringe doorlatendheid, de grondwaterstand practisch constant.

### c. De vorst en de dooi

Het was sinds lang in de landbouw bekend, dat bij vorst de grondwaterstand daalt om bij dooi weer op te lopen. Met deze daling van de grondwaterstand loopt tevens de afvoer van de drains terug overeenkomstig de daling van het phreatisch vlak. Indien in de vorst periode geen sneeuw valt noch regen in de dooi periode, bereikt de grondwaterstand na de dooi weer ongeveer dezelfde hoogte als voor de vorstperiode, indien ten minste weinig niet-capillaire ruimten voorkomen. Een waterverplaatsing vindt dan ook bij deze daling en stijging van de grondwaterstand, afgezien van de niet-capillaire ruimten niet plaats, hetgeen alleen mogelijk lijkt, indien grondwater tijdens de vorst overgaat in capillair water. Alleen het water in de niet-capillaire ruimten, voorzover het hierin niet reeds bevroren is, komt tot afvloeiing resp. moeten bij dooi deze ruimten weer met water gevuld worden, waardoor uiteraard de grondwaterspiegel na de dooi lager moet zijn dan vlak voor het intreden van de vorst. Ik volsta verder met een voorbeeld van deze daling bij vorst en stijging bij dooi te geven in het geval geen sneeuw noch regen vlak voor of tijdens de vorst, echter wel enige regen bij het intreden van de dooi, is gevallen (zie fig. 12),

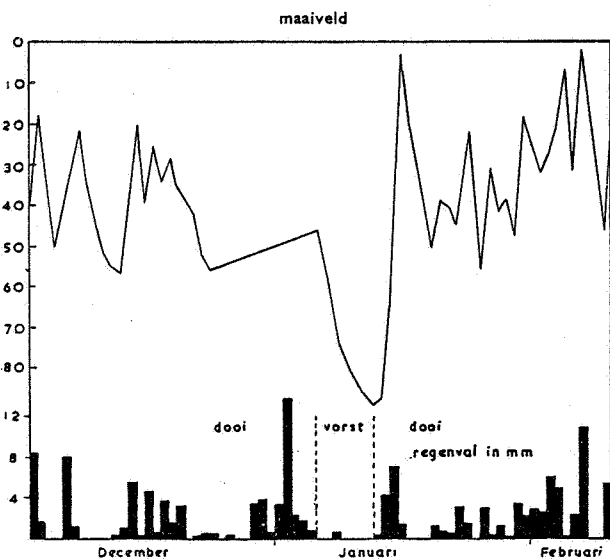


FIG. 12. Grondwaterstand-tijdsdiagram S 45 (Dec. 1942-Febr. 1943). Het verloop van de grondwaterspiegel bij vorst en dooi.

FIG. 12. Groundwater level-time diagram S 45 (Dec. 1942-Febr. 1943). Groundwater levels during frost and thaw.

aangezien de bespreking van dit verschijnsel verder aan Ir HUIZINGA wordt overgelaten. Uit fig. 12 blijkt de veel sterkere daling van de grondwaterspiegel in de vorstperiode, dan in de voorafgaande of daarop volgende periode, terwijl de neerslag alleen de sterke stijging van het phreatisch vlak in de dooi periode niet verklaren kan.

## 4. SCHIJNSPIEGELS

Onder een schijnspiegel verstaat men feitelijk een phreatisch vlak van beperkte omvang, liggende op een hoger peil dan het ter plaatse aanwezige phreatische vlak. Tot dit verschijnsel behoort dus ook de plasvorming na een regenbui, doordat de doorlatendheid van de grond te klein is om het gevallen water snel genoeg door te laten. Blijven deze plassen slechts een korte tijd staan, dan kunnen ze verder buiten beschouwing blijven. Handhaven deze plassen zich gedurende een lange tijd, dan wordt dit anders. Uiteraard zijn deze plassen lang niet altijd schijnspiegels. Een mooi voorbeeld van het geval, dat deze waterplassen wel schijnspiegels zijn, vormt een nog slechts korte tijd ingedijkte, goed ontwaterde kwelder (Na-gronden) en wel die gedeelten waarop veel is gelopen. In de Linthorst Homanpolder (N.Groningen) b.v. lag door de aanwezige drainage de grondwaterspiegel laag. Het karakter van schijnspiegels was hier zeer duidelijk te demonstrenen door in de voorkomende plassen een steek grond weg te nemen, waarin het water snel wegzonk. Het slecht doorlatend laagje ligt hier namelijk zeer dicht onder het maaiveld. Iets dergelijks kan men waarnemen op lössgronden op veel betreden plekken. Ook hier verwijdert men dit water door een kuil te graven en hiernaar het water af te voeren, waarin het dan wegzinkt. Het phreatisch vlak ligt hier zoals bekend zeer diep.

Verder zouden in theorie althans in veel meer gevallen schijnspiegels kunnen voorkomen, nl. in die gevallen, waar op zekere diepte in het profiel slecht doorlatende lagen voorkomen, als kniklagen, oerlagen, spalterveenlagen, enz. Met zekerheid zijn schijnspiegels, die dus in de grond zelf aanwezig zouden kunnen zijn, in deze gevallen bij mijn weten niet aangetoond, aangezien de boven deze lagen gelegen phreatische vlakken tevens de doorlopende phreatische vlakken zijn, d.w.z. dat in deze omstandigheden onder deze lagen alle poriën gevuld waren met water. Alleen bij Rolde in Drente werd bij een niet erg dikke keileemlaag op zand 's winters een schijnspiegel boven de keileem waargenomen, welke 's zomers verdwijnt.

## 5. KORTE BESCHRIJVING VAN DE ONDERWERPEN, DIE MET BEHULP VAN DE METINGEN VAN GRONDWATERSTANDEN WORDEN BESTUDEERD

Alvorens over te gaan tot de bespreking van de problemen, die men met behulp van grondwaterstandsmetingen bestudeert, wil ik opmerken, dat het in de landbouw uiteraard niet gaat om het verkrijgen van grondwaterstanden, maar om het verkrijgen van een zo hoog mogelijke opbrengst en kwaliteit van het gewas en zo laag mogelijke productiekosten. Dat men desondanks grondwaterstandsmetingen verricht als middel om bepaalde problemen te bestuderen dan wel om het rechtstreekse verband met de oogstopbrengst of bepaalde eigenschappen van de grond na te gaan, ligt zowel aan het feit, dat de grondwaterstand rechtstreeks met het betreffende probleem samenhangt, dan wel men terecht verwacht, dat het productievermogen van de grond daarmee samenhangt. Deze problemen zijn wel voornamelijk de volgende:

1. Het bestuderen van *ontwateringsproblemen*, zoals b.v. de invloed van de drainage greppelafstand en diepte, de onderlinge vergelijking van greppels of drains, enz.
2. Het bestuderen van *infiltratieproblemen* (waarmede bedoeld wordt het aanvoeren van water in greppels en drains), zoals b.v. de invloed van de onderlinge greppel- en drainafstand; het peil in de greppels resp. boven de drains, enz.

3. Het bestuderen van *kwel- en infiltratieproblemen*, waarbij nu onder infiltratie wordt verstaan het inzijgen van water in de grond en het stromen van water door de grond van een gebied met een hogere naar een gebied met een lagere grondwaterstand, waarin dus kwel optreedt. Hiertoe behoren uiteraard ook die gevallen, waarbij het ingezegen water via pompputten van de Drinkwatervoorziening of van fabrieken wordt verwijderd. Met deze problemen heeft de landbouw ook immers herhaaldelijk te maken, waarbij soms uitgebreide en kostbare proefnemingen nodig zijn om de middelen te kunnen aangeven om de gevolgen daarvan ongedaan te maken. Door het meten van grondwaterstanden tracht men de mate, waarin deze verschijnselen optreden vast te leggen. Zo mogelijk verricht men deze bepalingen voor en na de totstandkoming van deze kwel of infiltratie om het effect daarvan te kunnen beoordelen. Ook voor het kunnen maken van berekeningen van deze kwel of infiltratie worden deze grondwaterstanden bepaald.
4. Het bestuderen van de invloed van *kanalen of beken met verhoudingsgewijze lage peilen*, waardoor last van droogte in de aangrenzende gebieden kan optreden. Ook hier past men grondwaterstandsmetingen toe, zowel om het effect van deze lage peilen te kunnen beoordelen als voor het maken van berekeningen of (en) om het effect van opstuwung van deze peilen te kunnen voorspellen, enz.
5. Het bestuderen van de *veranderingen* (b.v. van de structuur en daarmee van de doorlatendheid), die een grond in de loop van de tijd door bepaalde invloeden ondergaat (b.v. vorst; zie fig. 13; in de periode 2 t/m 14 Februari 1943 is de verbetering van de doorlatendheid ten gevolge van de vorst door verslemping weer

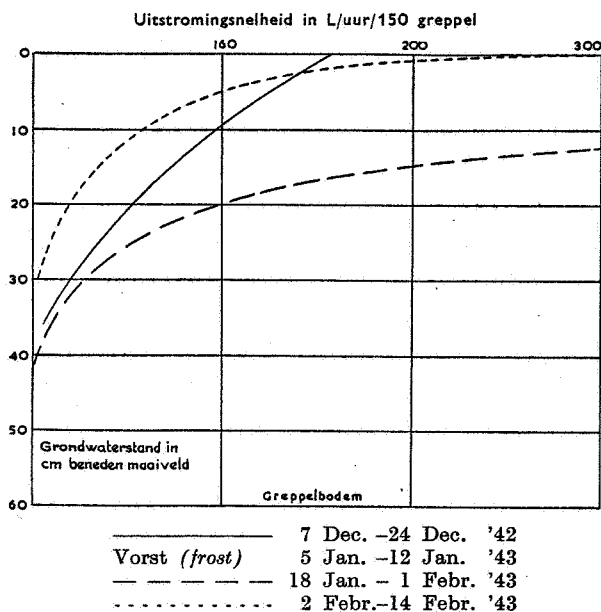


FIG. 13. De invloed van structuurveranderingen van de grond (ten gevolge van vorst) op het verband tussen grondwaterstand en waterafvoer door de greppels

FIG. 13. Influence of changes in the texture of the soil (resulting from frost) on the relation between groundwater level and water outlet through trenches

verloren gegaan). Dit is namelijk mogelijk, indien de grond begreppeld of gedraineerd is. Men bepaalt dan geregeld de grondwaterstand midden tussen deze greppels of deze drains en op hetzelfde tijdstip de afvoeren van deze drains of

greppels. De waarden zet men dan in een diagram tegen elkaar uit. Door de verkregen punten kan men dan een lijn trekken, die het verband tussen deze afvoer en de daarbij behorende grondwaterstanden aangeeft. Dit verband verandert immers, indien in de loop van de tijd de structuur en daarmee de doorlatendheid verandert. Als voorbeeld kan fig. 13a dienen, waarin voor de jaren 1930-1934 telkens voor één jaar deze lijnen voor greppels op 10 m onderlinge afstand van het Ontwateringsproefveld B 45 in de Wieringermeerpolder zijn aangegeven.

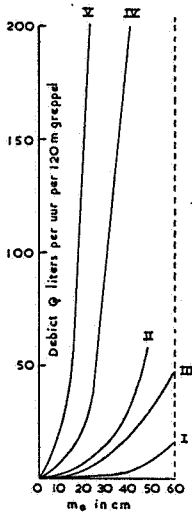


FIG. 13a. Wijzigingen in het verband grondwaterstand/waterafvoer ten gevolge van structuurveranderingen van de grond op het Ontwateringsproefveld B 45 Kolhorn in de jaren 1930/1934

Lijn I = periode 1930/'31	Greppelvak Gr 2
Lijn II = periode 1931/'32	Greppelafstand 10 m
Lijn III = periode 1932/'33	$m_0$ = ligging grondwaterspiegel
Lijn IV = periode 1933/'34	in cm boven de vrijwel droge
Lijn V = periode 1934/'35	greppelbodem

FIG. 13a. Changes in the relation between groundwater level and water outlet as a result of changes in the texture of the soil on the drainage experiment field B 45 Kolhorn in the years 1930/1934

Line I = period 1930/'31	Trench section Gr 2
Line II = period 1931/'32	Distance between trenches 10 m
Line III = period 1932/'33	$m_0$ = level of the groundwater
Line IV = period 1933/'34	table (in cm) above the practically
Line V = period 1934/'35	dry trench bottom

- Verder noem ik dan nog het nagaan van het verband van de grondwaterstand en het gewas. Aangezien dit onderwerp op de tweede technische bijeenkomst uitvoerig is behandeld, behoef ik hierop niet verder in te gaan.
- Ten slotte wordt het verband tussen de grondwaterstand en de waterhuishouding van de boven het phreatisch vlak gelegen bestudeerd, b.v. om een indruk te verkrijgen van de hoeveelheid water, die nodig zou zijn om de grondwaterstand over een bepaalde hoogte te verhogen, of in verband met de last van droogte.

## DISCUSSIE

Ir T. K. HUIZINGA: De conclusies uit vele metingen lijken niet geheel verantwoord. De meters worden opgesteld in een groot gat met zand om de buis. Er is veel water nodig om het gat op te vullen, waardoor de meting van de fluctuaties niet eenvoudig zal zijn.

Verder is de doorlatendheid van kleigronden niet zo groot als door inleider geschilderd. De doorlatendheid van klei ten gevolge van kruimelstructuur gelijk te stellen aan die van zand lijkt voor lagen beneden het phreatisch vlak niet mogelijk. Spreker heeft een dergelijke doorlatendheid nooit waargenomen en wijst in dit verband op de dichtheid van kleidijken. Op dit punt is nog nader onderzoek nodig.

ANTWOORD: Bij de waarnemingen bleek, dat het water in de buizen snel reageerde, waardoor practisch het phreatisch vlak wordt gemeten; theoretisch is er misschien een onbetekenende afwijking.

De binding van de kleideeltjes tot grotere aggregaten wordt beneden het phreatisch vlak zeker niet opgeheven, er bestaat nl. ook binding door humus, ijzer enz. Daardoor kunnen bedoelde grote doorlatendheden ook op grotere diepte voorkomen; men denke b.v. reeds aan de Rottegatspolder (zie blz. 30 van deze uitgave).

Op de vraag van Ir P. DE GRUYTER naar de doelmatigste methode tot het meten van waterstanden geeft inleider aan hoe klokjes en buizen met zwanenhals gebruikt worden.