

NN31545.0007

VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
Nota no. 7 dd. januari 1959.
V. 201.2014

BIBLIOTHEEK DE HAAF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Grondgedachten ten aanzien van het onderzoek naar de geschiktheid van gronden voor tuinbouwkundig gebruik

Het onderzoek naar de geschiktheid van gronden voor tuinbouwkundig gebruik zal rekening moeten houden met drie belangrijke eigenschappen. De vochttoestand, de luchttoestand en de temperatuur verhoudingen in het profiel zullen van maatgevend belang zijn. Ook de relatieve vochtigheid, de samenstelling van de lucht en de temperatuur boven de grond zijn van belang. De effecten daarvan, voorzover ze niet worden vervormd door de bodemeigenschappen, liggen echter niet in het vlak van de cultuurtechniek en vormen het terrein van onderzoek van andere instanties dan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Deze bovengrondse effecten zullen hier alleen aan de orde worden gesteld, voorzover zij een invloed uitoefenen, die door de bodemeigenschappen wordt bepaald. Er is immers wel een aanknopingspunt n.l. waar het gaat om de beïnvloeding vanuit de bovengrondse ruimte op de toestanden in het profiel. De beïnvloeding van het vochtgehalte vindt plaats door regen en verdamping, die van de temperatuur van de grond door warmtegeleiding enz. In de volgende uiteenzetting zal daarover nader worden gesproken.

De invloed van de omstandigheden boven het grondoppervlak op de samenstelling van de lucht in de grond is een probleem van diffusie, waarover in Nederland vrij veel is onderzocht. Tot dusverre heeft men het luchtgehalte van het profiel veelal als maatstaf voor de diffusie genomen en sluit daarmee aan aan onderzoeken met betrekking tot de structuur en de capillaire eigenschappen van gronden.

De temperatuur bovengronds beïnvloedt de verdamping en heeft daarmee een belangrijke invloed. Verder heeft de luchttemperatuur invloed op de voortplanting van de temperatuur golf naar de ondergrond. Hierdoor kan eveneens de verdamping en de vochtverdeling over het profiel worden beïnvloed. De eigenschappen van grond en vocht kunnen tot gevolg hebben, dat de uit de verwarmde lucht naar diepere lagen vloeiende energie, of de uit de grond naar de koude bovenlucht afstromende energie, het profiel over dikkere of minder dikke lagen een hogere of lagere temperatuur doet verkrijgen.



1787036

De verschillen in geschiktheid van gronden voor tuinbouw worden nu beheerst door de vraag of onder invloed van gelijke condities in de bovengrondse lucht het goed of slecht zijn van het profiel het meest, en dan in sterke mate, wordt beheerst door de vochtbeweging, de doorluchting of de temperatuurverschillen. Het gaat niet om de betekenis van vocht, lucht of temperatuur als zodanig, maar om de verschillen als gevolg van eigenschappen van de diverse profielen in vocht, lucht en warmtehuishouding. Het gaat hierbij om de verschillen in niveau, om de verschillen in demping en de verschillen in naijling. De taak van het onderzoek is om met behulp van de karakteriserende getallen voor de onderscheiden profielen deze verschillen te leren voorspellen.

Het vraagstuk is, waar het gaat om de combinatie van deze factoren, een niet-stationair probleem. Van deze soort vraagstukken is slechts een deel fysisch formuleerbaar in hanteerbare oplossingen. Het doel van het onderzoek zal dan ook ten dele moeten zijn, na te gaan welke beschrijving van de geschiktheid van het profiel reeds slaagt op grond van eenvoudiger formules en eenvoudiger gehouden inzichten dan deze niet-stationaire. In de volgende beschouwing wordt voor de kenschetsing van vocht- en luchttoestanden een nomogram gegeven, dat de stationaire capillaire stroming als grondslag heeft.

De ontwikkeling van de theorie over de capillaire stroming

Het onderzoek naar de verdeling van het vocht over de capillaire zone heeft reeds vele jaren de aandacht van de onderzoekers getrokken. Het eerst vond dit in de statische vochtverdeling door middel van de pF -bepaling een belangrijk object van onderzoek. Het vaststellen van het vochtgehalte bij een bepaalde vochtspanning en bij afwezigheid van elke stroming - bij de evenwichtstoestand dus - ontwikkelde zich tot de routinemethoden, die als pF -bepaling algemene bekendheid hebben verkregen.

Een verdere ontwikkeling was het vaststellen van de samenhang, die in de verdeling van de vochtgehalten over het profiel gevonden wordt, wanneer geen statische evenwichtstoestand aanwezig is, maar het dynamisch evenwicht van een constante vochtstroom. Men kan zich deze vochtstroom voorstellen als het van het maaiveld in de capillaire zone indringen van een op alle hoogten in het profiel gelijke stroom water. Deze stroomt dus door de capillaire zone zonder dat ergens vocht uit deze zone wordt opgenomen of daaraan wordt afgestaan.

Onder capillaire zone wordt hier een breder begrip gevat dan in de gebruikelijke bodemkunde. Het is n.l. de zone, waarbinnen onder potentiaal verval stroming mogelijk is. Theoretisch is deze zone oneindig dik. Deze stroom kan vanaf de maximale waarde, gelijk aan de doorlatendheid bij volledige verzadiging, dalen tot steeds kleinere waarde. Een kleiner drukverval gaat samen met een kleinere stroomsnelheid, zodat de spanning op elke hoogte in het profiel steeds meer de spanningsverdeling bij de stationaire toestand zal benaderen. Wanneer de vochtstroom afneemt, zal daarom tegelijk het vochtgehalte dalen om bij een stroomsnelheid nul gelijk te worden aan het vochtgehalte, dat volgens de pF -curve op deze hoogte boven het grondwater zal optreden. Hoewel een stroomsnelheid in absolute zin niet kleiner kan worden dan nul kan in dit geval de reeks nog verder worden uitgebreid tot de stroming, die als capillaire opstijging van het grondwaterniveau naar het maaiveld of naar de wortelzone gericht is. Deze vochtstroom vereist een drukverval naar hoger gelegen lagen. De negatieve vochtspanning moet ook hier weer op elk niveau groter zijn dan de spanning, die bij de statische evenwichtstoestand bestaat en het vochtgehalte zal dus kleiner zijn dan het vochtgehalte volgens de pF -curve. Dit zijn vragen, waarin de spanning, de stroming en het vochtgehalte in een onderling verband worden gebracht.

Een nog verdere ontwikkeling van de theorie omtrent de vochtverdeling in het profiel houdt zich bezig met het geval, waarbij uit de doorstroomde laag vocht wordt opgenomen of daarin achterblijft. Dit zijn de niet-stationaire capillaire stromingen. Hierover is het onderzoek nog niet tot een niveau opgevoerd, waarbij de mogelijkheid ontstaat in eenvoudige rekenregels of nomogrammen de resultaten van de verworven kennis voor de gebruikers toegankelijk te maken. Ten aanzien van de stationaire stromingen is dit echter wel het geval

Het probleem van stationaire of niet-stationaire stroming

Het werken met oplossingen voor stationaire stromingen houdt vrijwel steeds een vereenvoudiging van de werkelijkheid in. De onregelmatigheid van de wateraanvoer of -onttrekking, hetzij onder invloed van de mens of de natuur, is oorzaak van voortdurende wisseling in de vochttoestanden in de grond, die dus principieel niet-stationair zijn. Bij grondwaterstromingen is dit een veel besproken punt, want ook daar wisselen de afvoeren voortdurend. Toch zijn de meest gebruikte stromingsformules, b.v. die ten behoeve van de drainage, vrijwel alle van het stationaire type. Bij de grondwaterbeweging voldoen deze

eenvoudige formules dus wel en worden de ingewikkelder niet-stationaire formules - die in dit geval wel beschikbaar zijn - vooral gebruikt waar een dieper inzicht in de wisselingen van stroming of druk van meer belang zijn dan het inzicht in de grootte van de stroming of de druk zelf.

Bij de grondwaterstroming is het dus mogelijk met stationaire stromingen te werken. Een groot deel van de klimaatsvariaties wordt in de vochtstroom van de capillaire zone vereffend en gedempt, doordat van een overmaat regen een deel in de capillaire zone wordt vastgehouden voor het opbouwen van het drukverval, dat nodig is om de vochthoeveelheid naar het grondwater te doen stromen. Voor vochtonttrekking door verdamping geldt ook, dat hier een buffering optreedt. Ook daar vindt een deel van de vochtonttrekking in de hogere lagen plaats, waardoor het drukverval naar boven ontstaat, dat de capillaire opstijging vanuit het grondwater veroorzaakt. De afname van de grondwaterstroming beneden de grondwaterspiegel door verdamping aan het maaiveld komt hierdoor als een gedempt effect tot stand.

In de capillaire zone heeft men echter veel meer dan bij de grondwaterstroming met de grote variaties in de vochtbeweging onder invloed van het klimaat te maken. Het werken met stationaire oplossingen zal dan ook minder goed toepasbaar zijn dan bij de grondwaterstromingen. De toepassing van deze stationaire oplossingen voor de capillaire stroming is echter niet, als bij het grondwater, een punt van vrije keuze, omdat formules voor de niet-stationaire capillaire stroming nog niet aanwezig zijn.

Men zal deze stationaire formules dus met voorzichtigheid moeten hanteren. Dit wil zeggen, dat de resultaten van deze berekeningen beter zullen zijn naarmate men ze voor dieper beneden het maaiveld gelegen lagen uitvoert. Ook zullen de resultaten meer vertrouwen verdienen naarmate men meer naar een gemiddelde over langere termijn streeft. Verder werden deze formules opgesteld voor onttrekking van vocht volgens een geometrisch plat vlak. De plant onttrekt het vocht echter met zijn wortelstelsel uit een wortelzone, wat een stromingsgeval levert, dat van het in de formule vastgelegde stromingsgeval wat afwijkt. Dientengevolge zullen de uitkomsten van het te bespreken nomogram in de wortelzone eveneens afwijkingen kunnen geven, die zullen afnemen naarmate men voor een vlak, dat ten opzichte van de wortelzone dieper ligt, de berekening uitvoert.

Tenslotte mag er op worden gewezen, dat naarmate de variaties in regenval en verdamping groter zijn tegenover de gemiddelde stroomsnelheid in de capillaire zone, het niet-stationaire element zal overwegen en de stationaire oplossing dus

onnauwkeuriger zal worden. Bij capillaire opstijging bij grote waterdiepte doet zich dit geval voor.

Het gebruik van de formules voor de stationaire stroming dient dus met enige critiek te geschieden, wil men niet tot minder met de werkelijkheid overeenkomende toestanden concluderen. De formules hebben echter een groot voordeel, dat tussen vochtverplaatsing, vochtspanning, grondwaterdiepte en vochtgehalte een samenhang kan worden gelegd, die het geheel van deze relaties onttrekt aan speculatie en kwalitatieve redeneringen.

De formules voor de capillaire stroming

Het werd mogelijk de capillaire stroming door een formule weer te geven, toen Wind *) ontdekte, dat de doorlatendheid van de onverzadigde grond kon worden weergegeven met formule 1). Aan deze formule gaf Gardner **) met een formule als onder 2) een verfijning, die vooral bij indringing van water en bij zware kleigronden van belang kan zijn.

$$K = \frac{d}{S^n} \quad 1) \quad K = \frac{a}{S^n + b} \quad 2)$$

k = cap. doorlaatfactor
S = spanning in vocht
 $d = \frac{a}{b}$ = verzadigde doorlatendheid
n = exponent met wisselende waarde

De S in beide formules geeft de capillaire zuigspanning in cm weer. De d in formule 1), ongeveer gelijk aan a/b in formule 2), komt overeen met de doorlatendheid in verzadigde toestand. De a en b in formule 2 zijn los van elkaar staande constanten zonder eigen fysische betekenis. De exponent n is een maat voor de dichtheid van de structuur van de grond in de zin van fijnheid van de poriën of doorlatendheid bij een bepaalde vochttoestand. Voorlopige gegevens hierover lijken aan te duiden, dat de volgende waarden mogen worden aangehouden:

	<u>n</u>
zeer dichte klei, voorbeeld komklei verzadigde doorlatendheid < 25 cm	1.50
normale klei- en zandgronden verzadigde doorlatendheid 25 cm-250 cm	2.00
matig grove zanden, U-cijfer 50-80 verzadigde doorlatendheid 250 cm-2500 cm	2.50
grove zanden, voorbeeld hoog terraswand U-cijfer < 50, verzadigde doorlatendheid > 2500 cm	3.00

*) G.P. Wind 1955 Neth. Journal Agric. Science 3 : 60-69
**) W.R. Gardner 1958 Soil Science 85 : 228-232

De formule van Wind heeft het grote voordeel, dat hiervan een goed hanteerbaar nomogram gemaakt kan worden, maar het nadeel, dat deze formule bij steeds kleinere waarden van S onbegrensd grote waarden voor k geeft. Bij verzadigde toestand met $S = 0$ mag men voor de doorlatendheid geen grotere waarden vinden dan de verzadigde doorlatendheid. De formule van Wind zou hier een oneindig grote doorlatendheid geven. Gardner compenseerde dit door de constante b toe te voegen, waardoor bij $S = 0$ de doorlatendheid voor verzadigde toestand als a/b wordt gevonden. In het nomogram is de oplossing volgens Wind opgenomen wegens het eenvoudiger karakter van een dergelijk nomogram, terwijl de oplossing volgens Gardner te vinden is door een correctie op de S - of in het nomogram op de pF - toe te passen.

De samenhang tussen de vochtspanning S, het vochttransport v en de hoogte boven het grondwater z wordt berekend uit de integraal formule

$$z = \int_0^f \frac{dS}{1 \pm \frac{v}{a} S^m}$$

Men zie hiervoor de dissertatie van Dr. J. Wesseling.

Het plus-teken geeft een oplossing voor de capillaire opstijging, het minteken voor de capillaire inzijging. De hoogte boven het grondwater wordt positief gemeten vanaf het grondwater naar boven. Wanneer de stroming in deze richting plaatsvindt, wordt de v positief gerekend, stroomt het water er tegen in, dus naar beneden, dan wordt de v negatief gerekend. Het plus-min teken verantwoordt dus de richting van de stroming.

Voor verschil in waarde van n en bij verschil in teken geeft de integratie zeer verschillende formules. Wanneer n gelijk is aan 1, 2 of 4 zijn de complicaties nog niet zo groot, maar wanneer er wat ingewikkelde breuken in de exponent optreden, worden de formules nogal moeilijk hanteerbaar. De berekeningen voor het nomogram hebben zich daarom beperkt tot de machten 1.5, 2, 2.5 en 3.

De formules, die door integratie gevonden worden, zijn als volgt:

$$m=1.5 \quad y = \left(\frac{v}{a}\right)^{1/3} S^{1/2}$$

$$\left(\frac{v}{a}\right)^{2/3} z = \frac{1}{3} \left\{ \ln \frac{(y^3+1)^3}{(y+1)^3} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{2y-1}{\sqrt{3}} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{1}{\sqrt{3}} \right\}$$

$$\frac{1}{3} \left\{ \ln \frac{(y-1)^3}{(y^3-1)^3} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{2y+1}{\sqrt{3}} - 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{1}{\sqrt{3}} \right\}$$

$$n=2 \quad y = \left(\frac{v}{d}\right)^{1/2} s$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{v}{d}\right)^{1/2} z &= \operatorname{bgtg} y \\ &= \frac{1}{2} \ln \frac{(y-1)^2}{(y^2-1)} \end{aligned}$$

$$n=2.5 \quad y = \left(\frac{v}{d}\right)^{1/5} s^{1/2}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{v}{d}\right)^{2/5} z &= \frac{2}{5} \left\{ \frac{1}{4} \ln \frac{(y^5+1)}{(y+1)^5} + \frac{\sqrt{5}}{4} \ln \frac{y^2 + \frac{\sqrt{5}-1}{2} y + 1}{y^2 - \frac{\sqrt{5}-1}{2} y + 1} - \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{2y + \frac{\sqrt{5}-1}{2}}{\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}} + \right. \\ &\quad \left. \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{2y - \frac{\sqrt{5}+1}{2}}{\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}} + \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{\frac{\sqrt{5}-1}{2}}{\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}} + \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{\frac{\sqrt{5}+1}{2}}{\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}} \right\} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{v}{d}\right)^{2/5} z = \frac{2}{5} \left\{ \frac{1}{4} \ln \frac{(y-1)^5}{(y^5-1)} + \frac{\sqrt{5}}{4} \ln \frac{y^2 + \frac{\sqrt{5}+1}{2} y + 1}{y^2 - \frac{\sqrt{5}-1}{2} y + 1} - \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{2y - \frac{\sqrt{5}-1}{2}}{\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}} + \right.$$

$$\left. \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{2y + \frac{\sqrt{5}+1}{2}}{\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}} + \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{\frac{\sqrt{5}-1}{2}}{\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}} + \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} \operatorname{bgtg} \frac{\frac{\sqrt{5}+1}{2}}{\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}} \right\}$$

$$n=3 \quad y = \left(\frac{v}{d}\right)^{1/3} s$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{v}{d}\right)^{1/3} z &= \frac{1}{6} \left\{ \ln \frac{(y+1)^3}{(y^3+1)} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{2y-1}{\sqrt{3}} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{1}{\sqrt{3}} \right\} \\ &= \frac{1}{6} \left\{ \ln \frac{(y-1)^3}{(y^3-1)} - 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{2y+1}{\sqrt{3}} + 2\sqrt{3} \operatorname{bgtg} \frac{1}{\sqrt{3}} \right\} \end{aligned}$$

De integratie kan alleen worden uitgevoerd voor exponenten, die bestaan uit een breuk met in teller en noemer een geheel getal. Worden deze getallen echter groot - men zie de formule voor $n = 5/2$ - dan worden de formules zeer omvangrijk. Het is echter mogelijk voor hogere waarden van de teller of de noemer van de breuk eveneens formules te ontwerpen.

Het nomogram biedt de mogelijkheid om tussen de verschillende berekende formules door interpolatie waarden voor niet-berekende exponenten te bepalen.

Het nomogram

Het nomogram bestaat uit de bladen A en B, die - op de juiste wijze op elkaar gelegd - de samenhang tussen de hoogte boven de grondwaterspiegel z , de p^F gelijk $\log S$, de vochtstroom v , de verzadigde doorlatendheid d en de exponent n aangeven.

Op de bladen A en B bevinden zich twee schaaltrapezia - voor de exponent en de doorlaatfactor op blad A, voor de exponent en de vochtstroom op blad B. De lijn voor de exponent 2 is in beide trapezia verlengd tot twee diagonalen, welke een tweede belangrijk element van beide bladen vormt. Als derde element vindt men op blad A twee stel kromme lijnen, die van een diagonaal uitgaan en voor de capillaire opstijging naar rechts tot een horizontaal en voor de capillaire inzijging naar links tot een vertikaal afbuigen. In elke bundel zijn vier lijnen getekend, namelijk voor de exponenten 1.5, 2, 2.5 en 3. De lijnen met de laagste exponent gaan het meest geleidelijk over van de diagonaal naar de horizontale of vertikale asymptoot, de lijnen met de hoogste exponent gaan met de scherpste bocht van de ene op de andere asymptoot over.

Op blad B vindt men als belangrijk element een coördinatenstelsel voor de hoogte boven het grondwater en de p^F . Verder zijn hier twee afbeeldingen van de Gardner-correctie aangegeven in de linker en de rechter benedenhoek. Deze lijnen geven aan hoeveel eenheden van een p^F volgens de formule van Wind moeten worden afgetrokken om de oplossing volgens Gardner te verkrijgen per eenheid van de constante b in de betreffende formule. De waarde van b zal schattenderwijze 0.5 à 1 eenheid zijn.

Een blad C met p^F -waarden, U-cijfers en vochtgehalten wordt nog bijgevoegd om aan te geven hoe men van de p^F -schaal van blad B op de vochtghalteschaal kan overgaan. Hiertoe legt men de p^F -schaal bovenaan blad B, na wegvouwen van de witte bovenrand, langs de horizontale lijn voor het U-cijfer, dat voor het profiel maatgevend is. Men kan dan in plaats van p^F -waarden vochtgehalten aflezen. Het zal nodig zijn de bladen C voor verschillende humus, slib en U-cijfer combinaties voor beide hysteresislussen enz. te vervaardigen om het nomogram algemeen bruikbaar te maken.

Het gebruik van het nomogram is nu als volgt:

Men stelt vast welke waarde van d en n men meent te moeten nemen. Voor duinzand zou men kunnen stellen $d = 5$ m en $n = 2.4$. Men wenst nu te weten welke situatie op zal treden bij een vochtstroom van 2 mm per etmaal. Men neemt nu op blad A het punt in gedachte met $d = 500$ en $n = 2.4$, op blad B het punt $v = 2$ en $n = 2.4$. Deze beide punten worden op elkaar gelegd, terwijl er op wordt toegezien, dat de beide diagonalen samenvallen. De beide bladen liggen nu zo op elkaar, dat met de curven van blad A de samenhang tussen de hoogte boven het grondwater en de pF uit de schalen van blad B kan worden afgelezen.

1e voorbeeld

Het hiervoor gestelde geval levert het volgende overzicht van de samenhang tussen grondwaterdiepte, pF , vochtstroom, vochtgehalte en bodemeigenschappen:

hoogte boven grondwater in cm	10	20	30	35	50
pF opstijging in eenheden pF	1.0	1.36	1.85	4.0	-
pF inzijging	1.0	1.26	1.35	1.37	1.4
luchtgehalte opstijging in %	10.3	14.3	26.0	33.5	-
luchtgehalte inzijging	10.3	12.8	14.0	14.5	14.9
vochtgehalte opstijging in %	24.7	20.7	9.0	1.5	-
vochtgehalte inzijging	24.7	22.2	21.0	20.5	20.1
laag in cm	0-10	10-20	20-30	30-40	
vochtverschil in vol. %	0	1.5	12.0	19.0	
vochtvoorraad totaal in vol. %					32.5

De vochtcijfers, die met deze pF -waarden overeenkomen, ontleen wij aan de vochtmonsters van duinzandprofielen, door Visser^{*)} tot pF -curven samengevat. De getalwaarden in de tabel kan men door middel van het nomogram aflezen.

De waarden voor het luchtgehalte wijzen uit hoezeer de duinzanden aan de eisen voor een goede groeiplaats voldoen. Het luchtgehalte moet 13 tot 15 volumeprocenten bedragen voor geheel onbelemmerde groei. De luchtgehalten wijzen uit, dat bij een inzijging van 2 mm reeds vanaf 20 cm boven het grondwater aan deze eis voldaan wordt.

De vochtgehalten worden tot 20 cm boven het grondwater nog niet sterk door regen of verdamping beïnvloed. Eerst tussen 30 en 35 cm treedt een sterke vochtonttrekking op bij voortgaande verdamping. Bij de in dit voorbeeld veronderstelde bodemconstanten ligt bij een afstand van 30 cm tussen het grondwater en de hoofdwortelzone het critieke punt. In regenperioden is het vochtgehalte in de

*) W.C. Visser 1950 Agrohdrologische studies betreffende Geestgrond. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 56,9

grond op verschillende diepten beneden maaiveld weinig variabel. Van een regen bui van gemiddeld 2 mm over enige achtereenvolgende dagen resulteert een vochtgehalte bij inzijging van 20 tot 25%. De voorraad, die in een dergelijke 40 tot 50 cm diep ontwaterde grond kan worden verzameld, met 2 mm per etmaal aan regen zowel als aan verdamping als grenzen, bedraagt omstreeks 30 mm.

De thans veelal gevolgde rekenwijze, waarbij over een meter diepte het verschil tussen de vochtgehalten bij veldcapaciteit en verwelkingspunt wordt genomen, dus tussen 5% en 1.5% vocht, zou 10 x 3.5 mm of 35 mm hebben geleverd, dus vrijwel hetzelfde bedrag. Het zal duidelijk zijn, dat de goede overeenkomst toch niet veel vertrouwen kan inboezemen.

Het nomogram kan omgerekend worden op de veronderstellingen van Gardner door een schatting omtrent de waarde van b te maken. Wij willen die op 1 stellen. Men leest nu in het correctiediagram in de linker onderhoek van blad B bij pF 1.0 de waarde van G af, die de kromme lijn voor de exponent 2.4 zou geven. Men kan schatten, dat dit ongeveer 0.020 eenheden pF zal bedragen. In het correctiediagram in de rechter onderhoek is de curve voor pF 1.0 getekend. Hoewel deze minder nauwkeurig is dan de curven in de linker onderhoek, omdat de lijnen slechts op de vier punten van de doorgerekende exponenten berusten, kan men ook daar de correctie van 0.02 pF eenheden aflezen. Bij de exponent 2.4 en pF -waarden van 1, 1.3 en 1.8 worden nu dus pF -waarden gevonden, die volgens het correctiediagram respectievelijk met 0.020, 0.005 en 0.000 zouden moeten worden verminderd. Voor het hier berekende geval is de Gardner-correctie dus zonder praktisch belang.

2e voorbeeld

Voor een geval van een zeer dichte grond kan men een zelfde berekening opzetten. Wij kiezen hier een doorlaatfactor d gelijk 30 cm, de exponent op 1.7 en de vochtstroom weer op 2 mm per etmaal. Legt men voor deze constanten de punten uit de coördinaattrapezia op blad A en B op elkaar en laat men de diagonalen samenvallen, dan leest men voor de combinatie van hoogte boven het grondwatervlak en de pF voor inzijging en opstijging de volgende waarden af:

hoogte boven grondwater in cm	10	20	30	40	50
pF opstijging in eenheden pF	0.92	1.58	2.15	3.20	-
pF inzijging	1.08	1.12	1.19	1.21	1.24
luchtgehalte opstijging in %	1.93	3.86	6.54	12.82	-
luchtgehalte inzijging	1.42	2.05	2.28	2.38	2.45

hoogte boven grondwater in cm	pF opstijging in eenheden pF	pF inzijging	Luchtgehalte opstijging in %	Luchtgehalte inzijging
10	0.92	1.08	1.93	1.42
20	1.58	1.12	3.86	2.05
30	2.15	1.19	6.54	2.28
40	3.20	1.21	12.82	2.38
50	-	1.24	-	2.45

Voor een geval van een zeer dichte grond kan men een zeldzame berekening opzetten. Wij kiezen hier een doorlaatfactor d gelijk 50 cm, de exponent op 1.7 en de vochtstroom meer op 2 mm per etmaal. Legt men voor deze constanten de punten uit de coördinaattrapezia op blad A en B op elkaar en laat men de diagonalen samen vallen, dan leest men voor de combinatie van hoogte boven het grondwater vlak en de pF voor inzijging en opstijging de volgende waarden af:

2e voorbeeld

De dus zonder praktisch belang. moeten worden verminderd. Voor het hier berekende geval is de Gardner-correctie volgens het correctiediagram respectievelijk met 0.020, 0.005 en 0.000 zouden 2.4 en pF-waarden van 1, 1.5 en 1.8 worden nu dus pF-waarden gevonden, die kan men ook daar de correctie van 0.02 pF eenheden aflezen. Bij de exponent de lijnen slechts op de vier punten van de doorgetrokken exponenten berusten, Hoewel deze minder nauwkeurig is dan de curven in de linker onderhoek, omdat het correctiediagram in de rechter onderhoek is de curve voor pF 1.0 getekend. geven. Men kan schatten, dat dit ongeveer 0.020 eenheden pF zal bedragen. In B bij pF 1.0 de waarde van G af, die de kromme lijn voor de exponent 2.4 zou len. Men leest nu in het correctiediagram in de linker onderhoek van blad door een schatting omtrent de waarde van b te maken. Wij willen die op 1 stellen. Het nomogram kan omgekeerd worden op de veronderstellingen van Gardner toch niet veel vertrouwen kan inboezemen.

dat vrijwel hetzelfde bedrag. Het zal duidelijk zijn, dat de goede overeenkomst genomen, dus tussen 5% en 1.5% vocht, zou 10 x 3.5 mm of 35 mm hebben geleverd, verschil tussen de vochtgehalten bij veldcapaciteit en verwelkingspunt wordt

De thans veelal gevolgde rekenwijze, waarbij over een meter diepte het aan regen zowel als aan verdamping als grenzen, bedraagt omstreeks 30 mm. 40 tot 50 cm diep ontwaterde grond kan worden verzameld, met 2 mm per etmaal vochtgehalte bij inzijging van 20 tot 25%. De voorraad, die in een dergelijke put van gemiddeld 2 mm over enige achtereenvolgende dagen resulteert een grond op verschillende diepten beneden maaiveld weinig variabel. Van een regen-

Ook het luchthoudendheidskenmerk - hier in eerste benadering gelijkgesteld aan het luchtgehalte - is ingewikkeld van aard door de samenhang met de vochtstroming. De samenhang tussen het lucht- en het vochtgehalte maakt, dat onder bepaalde omstandigheden een optimale omstandigheid voor beide factoren zeer moeilijk bereikbaar zal zijn.

Ook het luchtgehalte moet tegelijk het vochtgehalte de gewenste hoogte hebben. ontstaen en moet tegelijk het vochtgehalte de gewenste hoogte hebben. diepte echter zo worden ingesteld, dat in de bouwvoor niet te hoge pF-waarden zal moeten stellen. Bij het toepassen van deze gedachtegang moet de grondwater- verloren gaat. Hoe waardevoller de teelt is, hoe hoger men de vochtinlevering van 0 mm lijkt voor alle gewassen te laag te liggen, omdat daarbij het gewas vochtinlevering men de vochttoestand te krap vindt worden. Een vochtinlevering zal dienen te overwegen of niet als maat zal moeten worden aangegeven bij welke complexiteit van het vochtvoorraads- en droogtekkenmerk van een profiel. Men De vergelijking tussen de twee gronden brengt ons op het spoor van de ge-

Conclusies omtrent de diensten, die het nomogram kan verlenen

te zijn.

gram volgt. Ook hier blijkt de Gardner-correctie dus van ondergeschikt belang den 0.92, 1.58, 2.15 en 3.20 zoals uit uitmeten uit het rechter correctienomogram waarden van respectievelijk 0.12, 0.06, 0.02 en 0.01 eenheden, voor de pF-waarden en 0.06 eenheden varieert. Bij de capillaire opstijging krijgt men correctie-geval van inzijging blijkt een aftrek te moeten worden gegeven, die tussen 0.1 Ook hier kan men de invloed van de Gardner-correctie nagaan. De pF in het

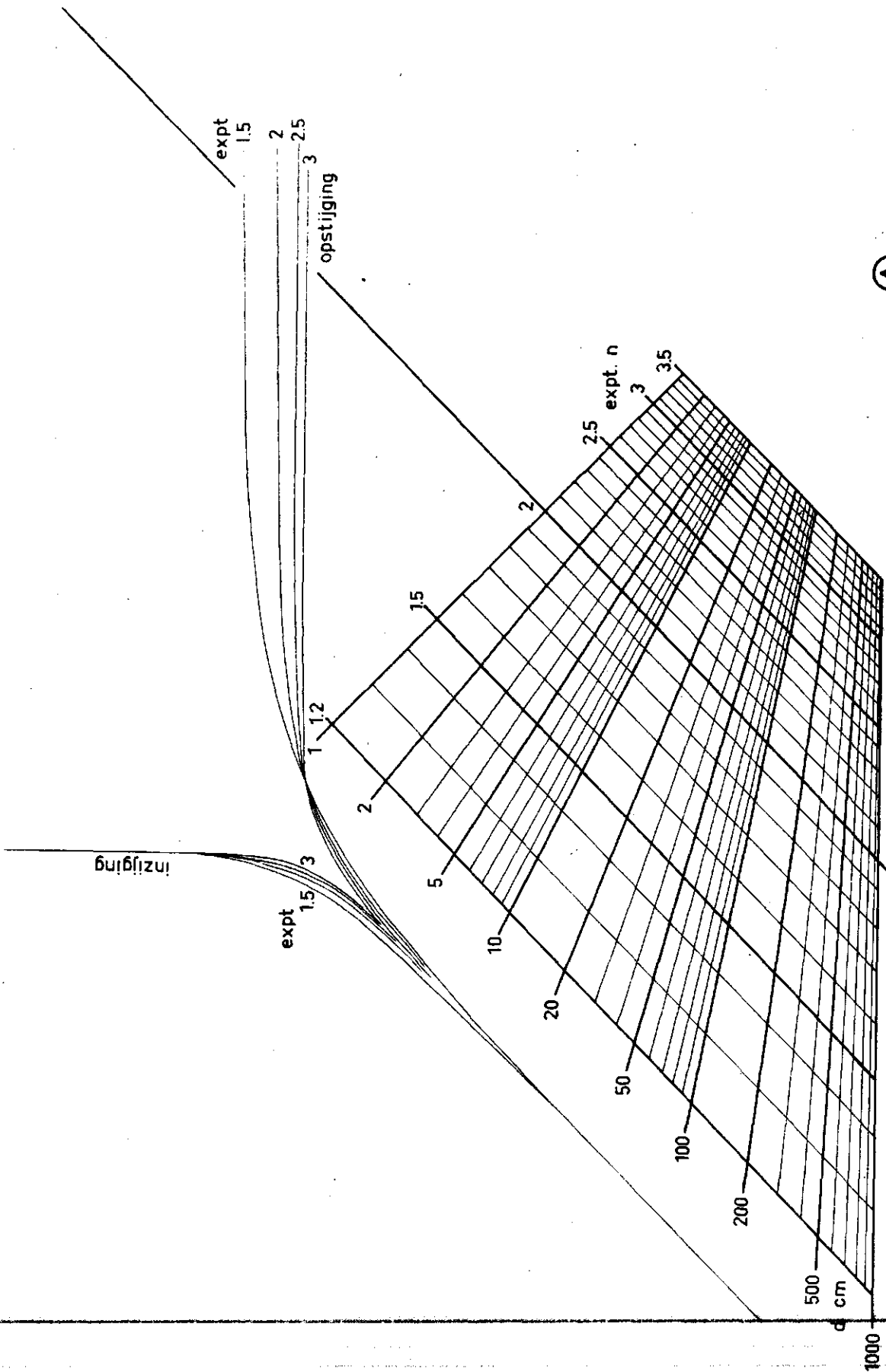
kunnen leveren.

definitie van de Amerikaanse Tram Value (total readily available moisture) inhoud te beraden. De methode via het vochttransport zou een kwantitatieve zeker aanbeveling zich nog eens op de grondslagen van de berekening van de vocht- de onttrekkingszone op een wat aannemelijker waarde stelt. Het verdient daarom uitkomsten wel zeer verschillend en men verhelpt hier niet veel aan, wanneer men 17 mm vocht. Bij dit type gronden worden de langs de twee methoden berekende 2 mm indringende regen en 2 mm verdampend vocht, dan resulteert daaruit slechts uitkomst vinden. Zou men zijn vochtvoorraad echter beperken tot de grenzen van gebruikelijk is - over een laag van 1.0 m berekenen, dan zou men 140 mm als Zou men de vochtvoorraad uit veldcapaciteit en verwelkingspunt - zoals

De invloed van de temperatuur heeft in de beschouwing van de verhouding van vocht tot lucht de betekenis van vergroter van de verdamping en is in dat opzicht voor de dichtere en vochtiger gronden van belang. Denkbaar is verder, dat een temperatuurverval de capillaire stroming kan verzwakken of versterken. Dit lijkt echter een vrij secundaire aangelegenheid. Ten aanzien van de invloed van de temperatuurverschillen op de groei van de gewassen zal een uitspraak het moeilijkst zijn, omdat over deze verschillen slechts een uitspraak kan worden gedaan, wanneer de temperatuurvariaties in de lucht in het voorafgaande tijdvak gegeven zijn. Het valt nog niet te overzien hoe men kennis op dit punt hanteerbaar zal kunnen maken. Het nomogram verantwoordt alleen het temperatuur-effect via de verdamping.

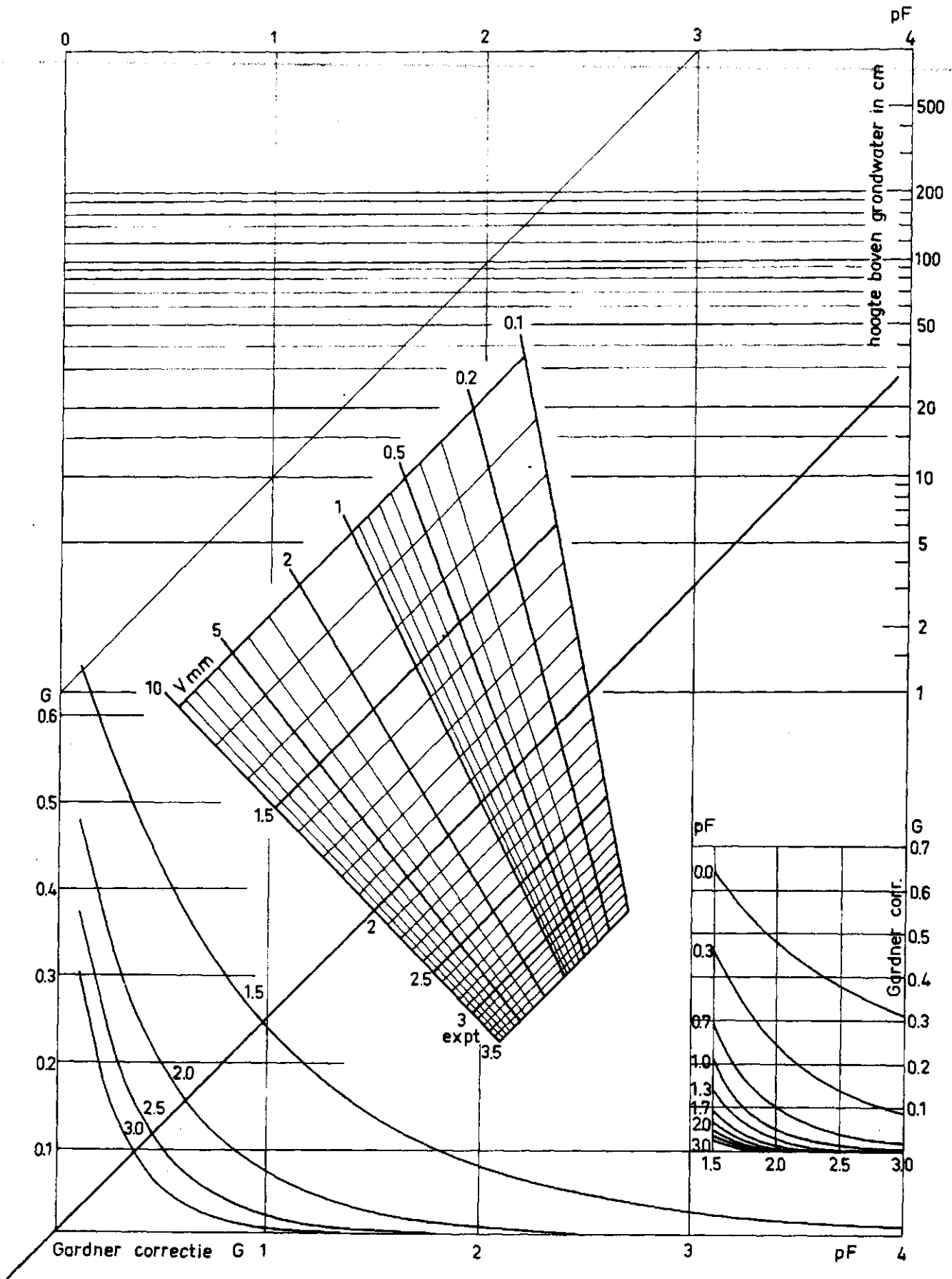
Wanneer men de reactie van het gewas op lucht en vocht kent, stelt het nomogram in staat de beste combinatie van vocht- en luchtgehalte, grondwaterdiepte en verdamping te vinden. Maar men de verdamping kunstmatig beïnvloedt, zal deze gewenste verdampingsintensiteit weer aanwijzingen geven omtrent de noodzakelijke temperatuur. Er zal een prognose mogelijk zijn of de betreffende grond een combinatie van grondwaterdiepte, verwarmingsintensiteit en productieniveau heeft, die maakt, dat de grond als een bruikbare kasgrond, als volledige grondstuinderijgrond, als bouwland of als niet meer dan voor grasland geschikte grond moet worden beoordeeld.

Er zal naast de kennis, die in het nomogram is samengevat, nog verder inzicht omtrent de betekenis van de bodemeigenschappen, grondwaterdiepten en de temperatuur voor het gewas en de verdamping nodig zijn om tot een volledig beeld te komen.



59
401 C

(A)



(B)

