

A  
2  
K  
39

-1-

2516

Handboek no. 5925

PROEFSTATION VOOR DE GROENTEN- EN FRUITTEELT ONDER GLAS, NAALDWIJK

DE PF - BEPALING

door :

J.A.A. Keijzer.

No. 611/1973.

Naaldwijk, september 1973.

2217189

## I n h o u d

	pag.
1. Inleiding	3
2. Het doel van de pF-bepaling	3
3. Zandbak methode	4
3.1 Bemonstering	4
3.2 Methode	4
3.3 Nauwkeurigheid van de methode	5
4. Andere bepalingsmethodieken	7
Literatuur	11

## 1. INLEIDING

Met behulp van de pF-bepaling wordt de zuigspanning van gronden gemeten. Onder zuigspanning van gronden wordt verstaan de kracht waarmee de grond het gebonden water vasthoudt. Tot het gebonden water behoort het zwel-, adhesie- en capillair water. Het zwelwater bevindt zich in de vaste bodemdeeltjes (humus en kleimineralen) en het adhesiewater bevindt zich als een dun laagje om deze bodemdeeltjes. Het capillair water wordt vastgehouden door de nauwe poriën tussen de bodemdeeltjes. Dit vindt op dezelfde wijze plaats als water dat in een nauwe glazen buis opstijgt, als we deze buis in een bak met water plaatsen. Deze stijging in de buis gaat door tot er evenwicht is tussen de zwaartekracht en de zuigkracht. De zuigspanning wordt vergeleken met de lengte van een waterkolom, uitgedrukt in cm's water. Onder de pF verstaat men de logaritme van de zuiging.

## 2. HET DOEL VAN DE pF-BEPALING

Met behulp van de pF-bepaling kan de voor de plant beschikbare hoeveelheid water in grond worden vastgesteld. De beschikbare hoeveelheid water bevindt zich tussen pF 4,2 en pF 2,0 (pF 4,2 = verwelkingspunt en pF 2,0 = veldcapaciteit) en is afhankelijk van de grondsoort ( Zie Figuur 1).

Het verwelkingspunt treedt op als de plant niet voldoende water meer uit de grond kan opnemen en verwelkt. Als de plant zich niet meer in een donkere en vochtige omgeving herstelt, is het verwelkingspunt bereikt.

Veldcapaciteit treedt op als na een zeer natte periode het overtollige water voldoende gelegenheid heeft gehad om uit te zakken.

Met de pF-bepaling kan de grond : water : luchtverhouding worden berekend. Voor deze berekening moet behalve de vochtgehalten bij de diverse pF-waarden, ook het soortelijk gewicht bekend zijn. De grond : water : lucht verhouding is van grote invloed op de ontwikkeling van de plant.

### 3. ZANDBAKMETHODE

#### 3.1 Bemonstering

Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van monsters ongeroerde grond. De monsters worden genomen in roestvrij stalen ringen van  $100 \text{ cm}^3$  en hebben een hoogte van 5 cm. De monsters worden doorgaans verticaal genomen met behulp van een boor waar de monsterring is ingesloten. Nadat de grond tot de gewenste diepte is weggegraven, wordt de boor rechtstandig in de grond gedrukt en na een draaiende beweging weer omhoog gebracht. Daarna wordt de monsterring uit de boor genomen, vervolgens wordt de grond die aan beide zijden van de ring uitsteekt, verwijderd en met een mes vlak afgesneden. Hierna worden de ringen aan één zijde voorzien van een nylondoekje, dat met behulp van een elastiekje wordt bevestigd. Zo spoedig mogelijk na de bemonstering worden de monsters in behandeling genomen.

#### 3.2 Methode

De zandbak-methode wordt uitvoerig door Van der Harst en Stakman 1) beschreven. Kort samengevat is de methode als volgt :

- Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een evenwichtstoestand tussen de zuigkracht van de waterkolom en de zuigkracht van de grond welke na een bepaalde tijd is opgetreden. Er wordt gebruik gemaakt van een bak die met zand, met een  $\mu$  cijfer van ongeveer 350 is gevuld. Het  $\mu$  cijfer is een maat voor het totale oppervlak van de korrels van een bepaalde gewichtshoeveelheid zand. De bak staat via een drainage-systeem in verbinding met een niveau-regelaar waarmee de verschillende pF-waarden kunnen worden ingesteld. Het geheel is gevuld met water.-

Na weging van de ringmonsters worden ze op de bak geplaatst, die bedekt is met een laagje water van 0,5 cm om luchtinsluiting te voorkomen. Daarna wordt het waterniveau omhoog gebracht tot ongeveer 1 cm onder de bovenkant van de ringen. Dit wordt gedurende 3 x 24 uur gehandhaafd.

Na verzadiging wordt het waterniveau gehandhaafd op de gewenste pF. Na tenminste 2 x 24 uur worden de monsters tot 0,1 gram nauwkeurig gewogen. De gehele bewerking wordt herhaald totdat

de gewichtsvermindering  $\leq 0,2$  gram is. Het drooggewicht wordt bepaald door de monsters gedurende 24 uur bij  $105^{\circ}\text{C}$  te drogen en deze tot  $0,1$  gram nauwkeurig te wegen.

Met deze methode kunnen een groot aantal monsters tegelijkertijd worden behandeld. Deze methode is gemakkelijk uitvoerbaar en vereist geen kostbare of ingewikkelde apparatuur. Het bepalingstraject loopt doorgaans van pF  $0,4$  tot pF  $2,0$  bij gebruik van water. Met deze methode kunnen we de hoeveelheid beschikbaar water voor de plant niet bepalen, wat wel een nadeel is te noemen. Bij gebruik van een vloeistof met een groter soortelijk gewicht is het mogelijk het bepalingstraject te vergroten.

### 3.3 Nauwkeurigheid van de methode

De pF-bepaling is meestal in vijfvoud uitgevoerd. Teneinde nader geïnformeerd te zijn over de nauwkeurigheid van de bepaling zijn er berekeningen uitgevoerd van 150 objecten, welke in zesvoud werden onderzocht en die afkomstig waren van oude- en jonge zeeklei. Deze waren weer onderverdeeld in grond van nieuwe kassen en grond van oude kassen en van open grond. Van deze objecten is de spreiding berekend met behulp van de formule :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{n - 1}}$$

waarin  $s$  is de spreiding,  $x$  is het vochtgehalte,  $M$  is het gemiddelde vochtgehalte en  $n$  is het aantal waarnemingen. Uit de spreiding is de variatie-coëfficiënt berekend met behulp van de formule :

$$\text{v.c.} = \frac{100 s}{M}$$

zodat een indruk is verkregen over de totale fout (monster- en bepalingfout). In bijlage 1 zijn de gemiddelde spreidingen, de gemiddelde variatie-coëfficiënten per pF en bemonsteringsplaats vermeld. De gemiddelde variatie-coëfficiënten zijn apart in tabel 1 vermeld.

TABEL 1 De gemiddelde variatie-coëfficiënten

Grondsoort	Bemonsterings- plaats	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 1,8	pF 2,0
Jonge zeeklei	Nieuwe kas	3,9	4,5	4,6	4,8	5,0
Jonge zeeklei	Oude kas	3,4	3,3	4,0	4,5	4,6
Jonge zeeklei	Open grond	3,2	2,9	3,3	3,9	3,9
Oude zeeklei	Nieuwe kas	5,9	6,0	6,3	6,5	6,7
Oude zeeklei	Oude kas	5,5	5,6	5,7	5,9	6,0
Oude zeeklei	Open grond	3,6	4,0	4,5	4,6	4,9

Uit de tabel blijkt dat de variatie-coëfficiënten gunstig laag zijn. Uit deze variatie-coëfficiënten blijkt een invloed van grondsoort en bemonsteringsplaats. De oorzaak is waarschijnlijk de homogeniteit van de grond. De variatie-coëfficiënt blijkt bovendien niveau-afhankelijk te zijn; bij stijgende pF-waarden stijgt eveneens de variatie-coëfficiënt wat zijn oorzaak vindt in de lagere vochtgehalten bij hogere pF-waarden en nagenoeg gelijkblijvende spreidingen (zie bijlage 1).

Met behulp van de formule :

$$t = \frac{d \cdot \sqrt{n}}{v.c.} \quad (12)$$

waarin t is de excentriciteit behorende bij de gewenste betrouwbaarheid; d is de grootte van de toegestane afwijking in procenten en n is het aantal herhalingen, kan een uitspraak worden gedaan over het aantal monsters die benodigd zijn voor één bepaling.

In tabel 2 zijn betrouwbaarheidsgrenzen en de bijbehorende t-waarden vermeld.

TABEL 2. Betrouwbaarheidsgrenzen met de bijbehorende t-waarden

Betrouwbaarheid in %	t-waarden
99	2,58
95	1,96
90	1,64

Als voorbeeld zullen we uit tabel 1 de gemiddelde variatie-coëfficiënt van oude zeeklei - oude kas - bij pF 0,4 nemen. We wensen een

betrouwbaarheid van 95%, dit betekent dat we 5% kans hebben op een foutieve uitspraak en een toegestane afwijking van 3%.

We berekenen :

$$1,96 = \frac{3 \cdot \sqrt{n}}{5,5} \longrightarrow \sqrt{n} = \frac{5,5 \cdot 1,96}{3} \longrightarrow \sqrt{n} = 3,59 \longrightarrow n = 13$$

Om de vereiste nauwkeurigheid te verkrijgen moeten we de bepaling in 13 voud uitvoeren. Bovenstaande benadering gaat alleen op voor niet te kleine waarden van n.

Bij kleine waarden van n dient niet de standaard-normale benadering te worden gebruikt, doch de t-verdeling van Student.

#### 4. ANDERE BEPALINGSMETHODIEKEN

Fischer en Donat (10) hebben een methodiek ontwikkeld, waarbij de ringmonsters na verzadiging op een filter worden geplaatst. Dit filter zit in een trechter, terwijl deze in verbinding staat met een buret. De verlangde zuigspanning wordt verkregen door de trechter omhoog te schuiven totdat het middelpunt van de ringmonsters het verlangde aantal cm's boven het waterniveau van de buret staat. Men laat steeds het water uit de buret lopen, totdat het evenwichtspunt is bereikt. Daarna wordt het vochtgehalte bepaald door de monsters bij 105°C te drogen.

Wolkewitz (11) heeft een methodiek ontwikkeld waarbij de gewenste zuigspanning wordt verkregen door middel van een zuiginstallatie. Na verzadiging en na weging van de monsters worden ze op een glazen filter geplaatst. Het water uit het monster wordt in een buret opgevangen, hierna wordt gemeten hoeveel water wordt onttrokken. De zuigkracht van de zuiginstallatie kan men zó instellen zodat deze overeenkomt meteen bepaalde pF, waarbij de zuiginstallatie aan bepaalde grenzen is gebonden. Daarna wordt het vochtgehalte bepaald. Uit de gegevens die op deze wijze zijn verkregen, kunnen de vochtgehalten worden berekend, welke bij de diverse pF-waarden behoren. Een voordeel van deze methode is, dat de monsters niet behoeven te worden verplaatst tijdens de gehele procedure. Een voorwaarde is echter dat de zuiginstallatie over een konstante zuigkracht beschikt.

Diverse auteurs (2 - 3 - 5 en 8) hebben een methode beschreven waarbij een membraampers wordt gebruikt. De ringmonsters worden na verzadiging in een drukkamer geplaatst waarna de installatie in werking wordt gezet. Als er geen vocht meer ontwijkt, worden de monsters gewogen. Men kan diverse drukken instellen, welke overeenkomen met een bepaalde pF-waarde. Daarna wordt het drooggewicht bepaald door weging na droging bij 105°C.

De bepaling met behulp van een centrifuge is beschreven door verschillende auteurs (4 - 6 en 9). Het monster wordt hierbij - na eerst te zijn verzadigd - in de centrifuge geplaatst. De middelpunt-vliedende kracht, die de monsters in de centrifuge ondervinden, komt overeen met een bepaalde zuigspanning, welke met de volgende formule wordt berekend :

$$pF = 10 \log ( 4 \pi^2 RN^2 )$$

waarin R is de straal tussen het monster en de as van de centrifuge en N is het aantal toeren per seconde. Daarna wordt het monster gewogen. Dan wordt het drooggewicht bepaald door de monsters bij 105°C te drogen en daarna te wegen. Het bepalingstraject loopt van pF 2,0 tot pF 5,0.

Stakman (7) heeft een bepalingsmethodiek beschreven, waarbij het vochtgehalte van monsters wordt bepaald welke in evenwicht zijn met de aangelegde dampspanning. In een laboratoriumruimte waar geringe schommelingen in temperatuur en luchtvochtigheid optreden is het mogelijk in een dunne laaguitgespreide monsters in evenwicht te laten komen met de atmosferische luchtvochtigheid. De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid worden continu geregistreerd door middel van een thermohygrograaf, terwijl eenmaal per dag een nauwkeurige relatieve vochtigheidsbepaling wordt verricht met een psychrometer. Door weging wordt nagegaan of de monsters het vochtevenwicht hebben bereikt.

pF-bepalingen kunnen ook worden verricht met behulp van dampspanningsmetingen (7). Als een grondmonster in een kleine ruimte wordt gezet, is er na zekere tijd evenwicht ontstaan tussen het vochtgehalte van de grond en de relatieve vochtigheid van de lucht in deze ruimte.

In figuur 2 is het verband tussen de relatieve vochtigheid en de pF weergegeven.

In het pF-traject van 2,0 - 4,2 varieert de relatieve vochtigheid van 99,99% - 98,85%. Wil men uit de relatieve vochtigheidsmetingen de pF afleiden, dan is een uiterst nauwkeurige relatieve vochtigheidsmeting vereist. Nauwkeurige relatieve vochtigheidsmetingen worden uitgevoerd met behulp van een thermokoppel. Het principe van de metingen berust op een



temperatuursdaling (Peltier-effect) van het koppel, nadat er een stroomstoot door is geleid.

Wordt de temperatuur verlaagd tot aan het dauwpunt van de lucht waarin wordt gemeten, dan zal condensatie van waterdamp optreden. Nadat de stroom is verbroken, zal het water weer verdampen waardoor de temperatuur wordt verlaagd (Joule-effect) en er een zeer gering stroompje ontstaat die evenredig is met de relatieve vochtigheid. Meting van deze kleine stroompjes kan plaatsvinden met behulp van een galvanometer. De metingen kunnen worden verricht in een buis die gevuld is met het te onderzoeken materiaal. Het geheel wordt in een waterbad gehangen, waarin de temperatuur zeer goed beheerst moet worden (circa  $0,001^{\circ}\text{C}$ ), omdat een geringe verandering van de temperatuur invloed heeft op de relatieve vochtigheid.

Grond- soort	Plaats van bemonstering	pF 0,4			pF 1,0			pF 1,5			pF 1,8			pF 2,0		
		s	m	v.c	s	m	v.c	s	m	v.c	s	m	v.c	s	m	v.c
Jonge zeeklei	Warenhuis jong	2,23	57,67	3,9	2,41	53,94	4,5	2,32	50,75	4,6	2,29	47,41	4,8	2,27	45,67	5,0
	Warenhuis oud	1,97	57,02	3,4	1,78	53,50	3,3	1,98	49,70	4,0	2,05	45,10	4,5	2,00	43,29	4,6
	Open grond	1,70	52,32	3,2	1,47	50,24	2,9	1,60	48,81	3,3	1,81	46,29	3,9	1,76	45,00	3,9
Oude zeeklei	Warenhuis jong	3,13	52,97	5,9	3,01	50,07	6,0	2,98	47,40	6,3	2,97	45,42	6,5	2,95	44,06	6,7
	Warenhuis oud	3,00	54,56	5,5	2,88	51,49	5,6	2,77	48,16	5,7	2,73	45,86	5,9	2,69	44,41	6,0
	Open grond	1,70	47,15	3,6	1,77	44,76	4,0	1,95	42,94	4,5	1,92	41,78	4,6	1,99	40,91	4,9

Bijlage 1

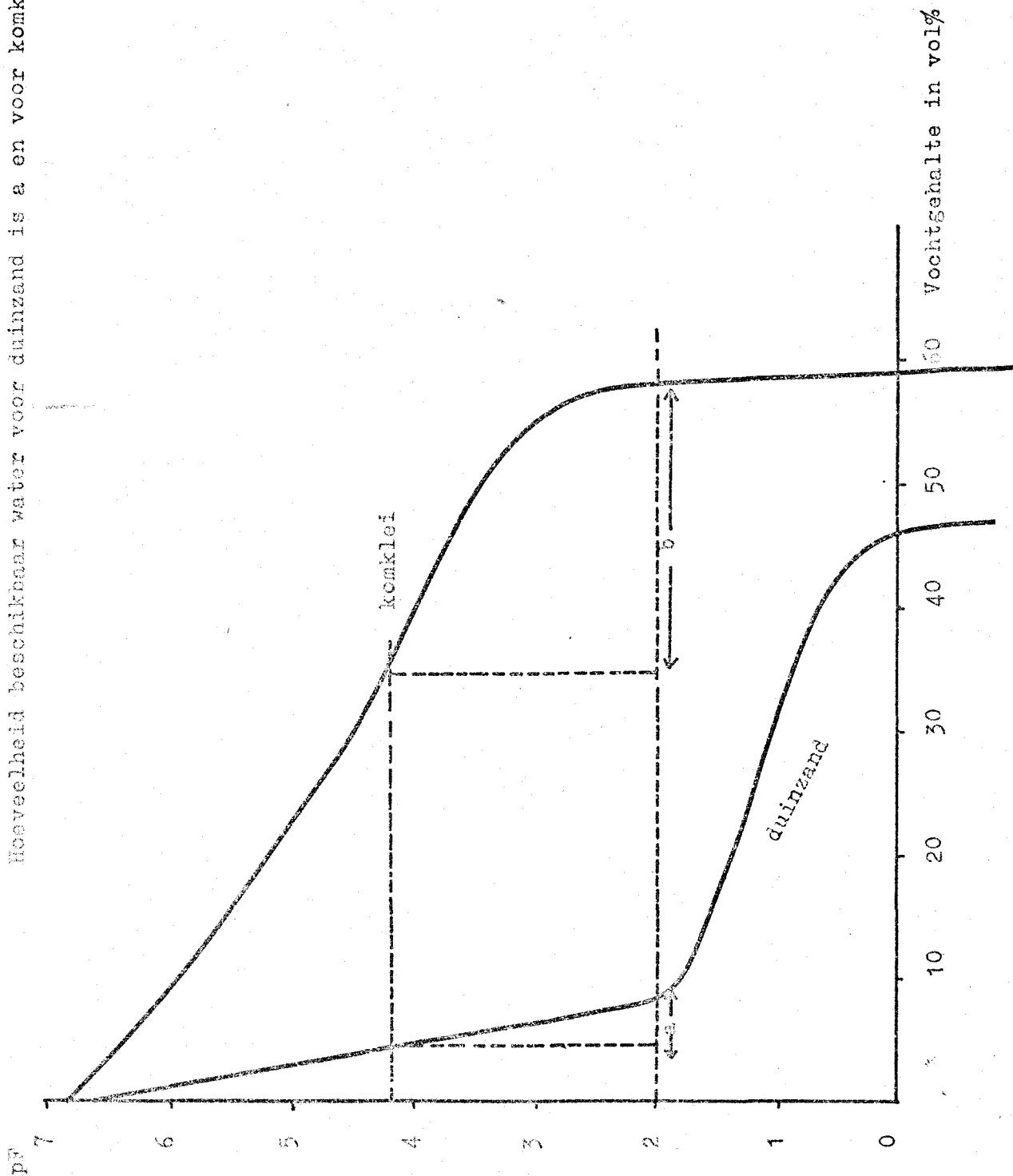
## LITERATUUR

1. HART, G.G. van der &  
STAKMAN, W.P. 1965 The use of the sandbox-apparatus to determine pF curves in the range pF 0.4 to 2.7  
Nota Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Wageningen.
- 2 . HEINING, B 1963 A pressure membrane apparatus.  
Journal of Agricultural English Research 8, 48.
- 3 . JANSE, A.R. 1954 Een eenvoudige membraampers.  
Landbouwkundig Tijdschrift 66, 40-41
- 4 . LINDNER, H. &  
GROML, G. 1961 Zur Bestimmung des pF Weite mit der Zetri-  
fuge.  
Albrecht- Thaer- Archis 5, 250-255
- 5 . RICHARDS, L.A. 1947 Pressure membrane apparatus, construction  
and use.  
Agricultural Engineering 28, 451-454, 460.
- 6 . RUSSELL, M.B. &  
RICHARDS, L.A. 1938 The determination of soil moisture energy  
relations by centrifugation.  
Soil Science Social American Proceedings  
3, 65-69.
7. STAKMAN, W.P. 1968 Bepaling van vochtspanning en vochtgehalte  
van gronden door middel van dampspannings-  
evenwichten.  
Instituut voor Cultuurtechniek en Water-  
huishouding. Mededelingen III, 27-31.
8. STAKMAN, W.P. &  
G.G. van der HARST 1965 Directions for the use of the pressure  
membrane apparatus, range pF 3,0 to pF 4.2  
Nota Instituut voor Cultuurtechniek en  
Waterhuishouding, Wageningen.
- 9 . WEDLER, W 1965 Zur Methodik der pF-Weites Bestimmung mit  
der Zentrifuge.  
Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung  
Bodenkunde.

10. West European.  
Methods for Soil Structure Determination.  
V: 47, 48 (1967)
11. WOLKEWITZ, H. 1959 Die Weiterentwicklung des Verfahrens der  
Verfahrens der pF- Untersuchung zur Feststel-  
lung der Bindungsintensität des Wassers  
im Boden.  
Der Kälturtechniker 47; 37-50.  
Verklarende statistiek  
Aula Boeken 39.
12. WIJVEKATE, M.L.

Figuur 1. Vocht karakteristiek van een duinzand en een komklei.

Hoeveelheid beschikbaar water voor duinzand is a en voor komklei: b.



Figuur 2 Verband tussen pF en relatieve luchtvochtigheid ( $\bar{H}$ ) bij 20°C.

