

Aanwijzingen bij het construeren van een rechte
 pF-curve of een rechte granulaire curve

BIBLIOTHEEK DE HAAF

H. Fonck

Droevendaalsesteeg 3a
 6708 PB Wageningen

Wanneer men een rechte pF-curve wenst te construeren dan kan dit geschieden door toepassing van de formule

$$b(a - pF) = \log \frac{v^p}{(P-v)^{1-p}}$$

Voor de granulaire curve luidt deze formule:

$$B(A - \log d) = \log \frac{F^p}{(100-F)^{1-p}}$$

Grondslag van het constructie nomogram:

Men kiest op een horizontale lijn 2 nulpunten α en β . Zet $\log V$ van α uit naar rechts en $\log (P-V)$ van β uit naar links. Langs de verticale schaal wordt de pF verdeling uitgezet. De lijnen voor $\log V$ en $\log (P-V)$ hebben een vorm als in figuur 1 is aangegeven.

Een verbindingslijn van A naar B heeft nu de eigenschap de formule

$$b(a - p^F) = \log \frac{v^p}{(P-v)^{1-p}} \text{ weer te geven.}$$

Trekt men op willekeurige hoogte een horizontale lijn dan heeft deze 5 snijpunten. Noemt men de hellingshoek van de lijn AB b en de pF-waarde van de horizontale lijn pF, dan kan men schrijven:

$$b = \frac{ac}{A-pF} = \frac{ce}{pF-B} \text{ of wel } ac = b(A-pF) \text{ en } ce = b(pF-B)$$

$$ad = \log V = ac + cd \text{ of } cd = \log V - b(A-pF)$$

$$be = \log (P-V) = bc + ce \text{ of } bc = \log (P-V) - b(pF-B)$$

$$\text{wanneer } \frac{bc}{p} = \frac{cd}{1-p} \text{ dan geldt: } p \cdot cd = (1-p)bc$$

1787048



$$\begin{aligned} \text{of } p \log V - pb(A-pF) &= (1-p) \log(P-V) - b(1-p)(pF-B) \\ p \log V - (1-p) \log(P-V) &= pb(A-pF) - b(pF-B) + bp(pF-B) \\ p \log V - (1-p) \log(P-V) &= pb(A-B-pF+pF) - b(pF-B) \\ p \log V - (1-p) \log(P-V) &= b(p(A-B) - pF+B) \\ p \log V - (1-p) \log(P-V) &= b(pA+(1-p)B - pF) \end{aligned}$$

Wanneer men $pA + (1-p)B = a$ stelt, dan ziet men dat de lijn AB de gewenste functie weergeeft.

Hierboven is de verantwoording van de constructie voor de pF -curve gegeven. Die voor de granulaire curve is vrijwel gelijk. Het enige verschil is, dat de lijnen in een andere richting verlopen, omdat de richting van uittreten anders is gekozen. De vorm van de lijnen is evenwel volkomen identiek.

A. De rechte granulaire curve

De constructie van de rechte granulaire curve wordt hier eerst besproken omdat deze wat eenvoudiger is. De constructie kan naar verkiezing geschieden op millimeterpapier of op transparantpapier, waaronder een onderlegger met een vaste schaalverdeling. Verder vereist de constructie een schaallatje, of, indien dit niet aanwezig is, een strookje eenzijdig logaritmisch papier met minstens drie log-eenheden.

Men kiest de schaal langs de Y-as zodanig, dat de gehele granulaire schaal van 1 tot 1700 micron er, logaritmisch uitgezet, plaats op kan vinden. Het is wenselijk, dat beneden 1 micron en boven 1700 micron nog minstens 5 cm schaalruimte overblijft. Men is vrij in het kiezen van de logaritmische eenheid. Een logaritmische eenheid van 5 cm verdient aanbeveling.

De X-as wordt verdeeld in drie logaritmische eenheden. Ook hier kan men de logaritmische eenheid naar eigen inzicht vaststellen, doch het verdient aanbeveling voor de grootte van de logaritmische eenheid een gemakkelijk veelvoud van de Y-schaal te kiezen en daartoe het juiste schaallatje of logaritmische papier bij de hand te hebben. Het beste voldoet een logaritmische eenheid van 10 cm.

Bij het nulpunt van de X-as wordt een verticale lijn b_1 getrokken en bij het eindpunt van de schaal langs de X-as ($=\log 1000$) een tweede verticale lijn b_2 (zie fig.2).

Vervolgens worden de fracties, zoals die op de basislijst voorkwamen, gesommeerd. Wanneer geen afrondingen zijn toegepast, moet de som van alle

fracties 100 zijn. Is dit niet het geval, dan dienen de cijfers op een totaal van 100 te worden omgerekend. De aldus ontstane getallen vormen de F's uit bovenstaande formule.

Hierna worden de logarithmen van de gesommeerde fracties ($\log F$) vanaf de b_1 -lijn naar rechts uitgezet. De plaats op de Y-as wordt bepaald door de logarithme van de bovengrens van de fractie, waarvoor de sommatie geldt. (zie fig.2).

Voorbeeld:

Fractie	I	II	III	IV	V	VI	VII	enz.
	2	2-4	4-8	8-16	16-25	25-37	37-50	micron
	2	3	3	5	4	6	8	%
Uitzetten langs X-as	log 2	log 5	log 8	log 13	log 17	log 23	log 31	
Uitzetten langs Y-as	log 2	log 4	log 8	log 16	log 25	log 37	log 50	

Vervolgens worden alle gesommeerde fracties van 100 afgetrokken ($100-F$). Van de aldus verkregen getallen werden de logarithmen op geheel overeenkomstige wijze uitgezet. maar nu van de b_2 -lijn naar links. (zie fig.2).

Er ontstaan op die wijze twee gebogen lijnen, die elkaar bij begin- en eindpunt snijden of naderen en in het midden uiteenlopen.

Wanneer beide lijnen elkaar nabij begin- en eindpunt snijden en er wordt een lijn door beide snijpunten getrokken dan vormt deze lijn een aanwijzing omtrent de helling B, (één van de drie constanten, die in de formule voorkomen) van de te construeren rechte. Wanneer er geen snijpunten zijn, kan men deze creëren door de twee gebogen lijnen in horizontale richting naar elkaar toe te schuiven, tot er snijpunten ontstaan. De aldus ontstane B-lijnen moeten bij variërende afstand van horizontale verschuiving evenwijdig lopen. Doen ze dit niet, dan is dat of wel het gevolg van foutieve analyses of wel van een onjuist begin en/of eindpunt van de reeks fractiegewichten. De eerstgenoemde oorzaak verraad zich meestal door plotselinge

uitstulpingen in de F-lijn en de 100-F lijn. Lijnstukken, waarin dergelijke uitstulpingen voorkomen, dienen voor de B-bepaling te worden vermeden. (zie in fig.3 de helling van de lijn B_3).

Wanneer B met voldoende zekerheid is vastgesteld, schuift men de twee gebogen lijnen zóver in horizontale richting uiteen, dat van de 100-F lijn het punt, dat het verst van de b_2 lijn is verwijderd (dit is dus de fijnste fractie) op de b_1 lijn komt te liggen en dat van de F lijn het punt, dat het verst verwijderd is van de b_1 lijn (dat is dus de grofste fractie) op de b_2 lijn terecht komt. (zie fig.3)

Dit uiteenschuiven van de lijnen is een theoretische eis, waaraan men, althans bij de constructie van de granulaire curve makkelijk kan ontkomen, door gebruik te maken van het feit, dat de som van F, zowel als de som van 100-F steeds 100 is. Men kan dan beter F niet vanuit de b_1 lijn naar rechts uitzetten doch vanaf een lijn, welke één logaritmische eenheid meer naar rechts is gelegen. In dat geval komt het laatste punt van de gesommeerde fractie's, namelijk 100, precies op de b_2 lijn. Van de 100-F lijn verloopt de constructie in omgekeerde richting op overeenkomstige wijze. Wanneer de laatste fractie 0.1% bedraagt, wat vaak voorkomt, dan komt dit laatste punt precies op de verticaal door de 3e logaritmische eenheid, omdat $\log 0.1 = -1$. Wanneer de laatste fractie 0% bedraagt, nadert het laatste stuk van de lijn asymptotisch tot de horizontaal door die fractie omdat $\log 0 = -\infty$.

Uiteraard is deze vereenvoudigde constructie alleen mogelijk bij granulaire curven, omdat bij pF het volumepercentage nooit 100 wordt, tenzij men het poriënvolume op 100 stelt en de vochtgehalten in volumepercenten omrekent in procenten van het poriënvolume.

Tussen de twee uiteengeschoven lijnen moet nu de definitieve rechte curve worden getrokken.

Deze rechte moet evenwel aan twee eisen voldoen:

- 1e. De helling moet gelijk zijn aan die van de reeds gevonden B lijnen.
- 2e. Wanneer men de horizontale afstand tussen de F lijn en de 100-F lijn voor elke fractie gelijk 1 stelt, zal de rechte deze afstand verdelen in twee stukken, welke zich verhouden als $p : 1-p$. De rechte dient nu zodanig getrokken, dat deze verhouding voor alle fractie's zoveel mogelijk constant blijft. Trekt men de rechte te steil, dan zal $\frac{p}{1-p}$ bij de grofste fractie's van een andere grootteorde zijn, dan bij de fijnste fractie's. Trekt men de rechte te vlak, dan is het omgekeerde het geval. (zie fig.4)

Op de constructie van de rechte zijn een tweetal contrôles mogelijk:

- 1e. Men kan voor elke fractiegrens $p+(1-p)$ uitzetten tegen p . (Dit is dus de totale horizontale afstand tussen de F en de $100-F$ lijn tegen de horizontale afstand tussen de rechte en de F lijn). De punten moeten dan om een rechte lijn liggen. Er kunnen afwijkingen voorkomen doch de puntenzwerm mag geen gebogen vorm vertonen. (zie fig.5)
- 2e. Het snijpunt van de rechte met de b_1 lijn noemen we A , terwijl dat van de rechte met de b_2 lijn B wordt genoemd.

De tangens van de hoek, die de onderste tak van de F lijn maakt met de horizontaal, is gelijk aan $\frac{1-p}{B}$, terwijl de tangens van de hoek, die de bovenste tak van de $100-F$ lijn maakt met de horizontaal, gelijk is aan $\frac{p}{B}$. Dat deze hellingen zich bij lage en hoge waarde van F voordoen, blijkt hieruit, dat in de formule voor $\log d$ bij F klein $100-F$ vrijwel 100 wordt, terwijl men bij F groot F door 100 mag vervangen. De formule wordt dan:

$$B(A-\log d) = \log \frac{F^p}{100^{1-p}} \quad \text{of} \quad A - \log d = \frac{p}{B} \log F - \frac{1-p}{B} \log 100 \quad \text{of}$$

$$\log d = \left\{ A + \frac{2(1-p)}{B} \right\} - \frac{p}{B} \log F \quad \text{of} \quad Y = m - \frac{p}{B} x$$

$$B(A-\log d) = \log \frac{100^p}{(100-F)^{1-p}} \quad \text{of} \quad A - \log d = \frac{p}{B} \log 100 - \frac{1-p}{B} \log (100-F) \quad \text{of}$$

$$\log d = \left\{ A - \frac{p}{B} \log 100 \right\} + \frac{1-p}{B} \log (100-F) \quad \text{of} \quad Y = m + \frac{1-p}{B} x$$

Men kan dus $\frac{1-p}{B}$ en $\frac{p}{B}$ bepalen en vervolgens de hoeken, waarvan deze quotiënten de tangentes zijn, uitzetten vanuit A en B . Het niet-horizontale been, van deze hoeken α en β , moet dan juist in het verlengde liggen van respectievelijk de bovenste tak van de $100-F$ lijn en de onderste tak van de F lijn. (zie fig.4)

Men dient hierbij wel in het oog te houden, hoe de verhouding is tussen de logaritmische eenheden van de schalen langs de X -as en de Y -as.

Wanneer bijvoorbeeld de logaritmische eenheid langs de X -as 10 cm is en die langs de Y -as 5 cm dan wordt $\text{tg } \alpha = \frac{p}{2b}$ en $\text{tg } \beta = \frac{1-p}{2b}$. Alleen, wanneer langs beide assen de logaritmische eenheden even groot zijn is: $\text{tg } \alpha = \frac{p}{b}$ en $\text{tg } \beta = \frac{1-p}{b}$.

Tenslotte dienen de drie constanten A B en p te worden berekend.

1e. p-berekening

p. Wordt berekend uit de figuur (zie fig. 5) waarin p is uitgezet tegen $p+(1-p)$. Voor p vindt men dan namelijk de tangens van de hoek, die de lijn door de puntenzwerm maakt met de as, waarlangs $p+(1-p)$, dus de horizontale afstand tussen de F lijn en de 100-F lijn, is uitgezet.

Men kan ook voor elke fractiegrens het quotiënt $\frac{p}{1-p}$ berekenen. Hierna wordt van de ontstane getallenreeks het gemiddelde bepaald. Wanneer dit gemiddelde x bedraagt, dan is $p = \frac{x}{1+x}$.

2e. B-berekening

B is gelijk aan $\frac{N}{B-A}$. N is de totale schaalbreedte langs de X-as tussen de b_1 en de b_2 lijn. Dit zal dus meestal 2 of 3 zijn.

B en A zijn hierbij uitgedrukt in logaritmen van de schaal langs de Y-as (zie fig. 6).

3e. A-berekening (zie fig. 11)

In figuur 11 zijn de lijnen b_1 en b_2 getrokken op de plaats, van waaruit in werkelijkheid $\log F$ en $\log (100-F)$ werden uitgezet.

Wanneer we een lijn trekken evenwijdig aan de X-as op een hoogte A', dan ontstaan 7 snijpunten namelijk a tot en met g.

We kunnen nu schrijven:

$$\begin{aligned} dc &= \log F+1 & da &= N-ae & & = N-(\log(100-F)+1) \\ ac &= dc - da = \log F+1 - [N-(\log(100-F)+1)] \end{aligned}$$

We kunnen stellen:

$$ac : p+(1-p) = bc : p \quad (1)$$

$$\text{Doch } \frac{bc}{p} = \frac{be - ce}{P} \quad (2) \quad ce = N - (\log F+1)$$

Verder kunnen we schrijven:

$$\frac{B-A}{N} = \frac{A'}{bd} = \frac{A'}{N-be} \quad \text{of} \quad N-be = \frac{A'N}{B-A} \quad \text{of} \quad be = N - \frac{A'N}{B-A}$$

① wordt nu:

$$\frac{\log F + \log(100-F) - 1}{1} = \frac{N - \frac{A'N}{B-A} - (N - \log F - 1)}{P} \quad \text{of}$$

$$p \log F + p \log(100-F) - p = N - \frac{A'N}{B-A} - N + \log F + 1 \quad \text{of}$$

$$p \log F - \log F + p \log(100-F) = N - \frac{A'N}{B-A} - N + 1 + p \quad \text{of}$$

$$p \log(100-F) - (1-p)\log F = 1 + p - \frac{A'N}{B-A}$$

Nu vinden we $A' = \log d$, waar $p \log(100-F) - (1-p)\log F = 0$. Wanneer we het linkerlid van de vergelijking 0 stellen, is ook $1+p - \frac{A'N}{B-A} = 0$.

Nu is $\frac{N}{B-A} = b$.

We kunnen dus schrijven:

$$1+p - \frac{A'N}{B-A} = \frac{N}{B-A} \left[\frac{B-A}{N}(1+p) - A' \right] = 0 \quad \text{of} \quad A' = \frac{B-A}{N}(1+p)$$

We kunnen A' vinden door de afstand tussen b_1^1 en b_2 (zie fig. 11) te verdelen in stukken, welke zich verhouden als $p : 1-p$, waarbij p wordt uitgezet van b_2 naar links. In het gevonden punt wordt een loodlijn opgericht. Waar deze b snijdt, wordt A' gevonden. A' wordt afgelezen op de log d schaal.

De a berekening voor de p^F curve verloopt iets anders, omdat hierbij de horizontale verschuiving van de log v en de log $(P-v)$ lijn in de berekening moet worden betrokken.

Op dezelfde wijze als bij de granulaire curve kunnen we hier schrijven: (zie fig. 12)

$$QV = \log v + N - \log Vo.4$$

$$QZ = N - \log(P-v) - N + \log(P-V6)$$

$$ZV = QV - QZ = \log v + \log(P-V) - \log Vo.4 - \log(P-V6) + N$$

We kunnen stellen:

$$ZV : p + (1-p) = SZ : p \quad \text{①}$$

$$\text{Doch } \frac{SZ}{p} = \frac{QS - QZ}{p} \quad \text{②}$$

Verder kunnen we schrijven:

$$\frac{A-B}{N} = \frac{a}{SU} = \frac{a}{N-QS} \quad \text{of} \quad N - QS = \frac{aN}{A-B} \quad \text{of} \quad QS = N - \frac{aN}{A-B}$$

① wordt nu:

$$\frac{\log v + \log(P-v) - \log Vo.4 - \log(P-V6) + N}{1} =$$

$$\frac{N - \frac{aN}{A-B} - N + \log(P-v) + N - \log(P-V6)}{P} \quad \text{of}$$

$$p \log v + p \log(P-v) - p \log Vo.4 - p \log(P-V6) + pN =$$

$$\log(P-v) - \log(P-V6) + N - \frac{aN}{A-B} \quad \text{of}$$

$$p \log v - (1-p) \log(P-v) = p \log Vo.4 - (1-p) \log(P-V6) + (1-p)N - \frac{aN}{A-B}$$

Ook hier wordt a gevonden, waar $p \log v - (1-p) \log(P-v) = 0$ is.

$$p \log Vo.4 + (1-p)(N - \log(P-V6)) - \frac{aN}{A-B} = 0. \quad \text{Nu is } \frac{N}{A-B} = b$$

We kunnen dus schrijven:

$$\frac{N}{A-B} \left[\frac{A-B}{N} \left\{ p \log Vo.4 + (1-p)(N - \log(P-V6)) \right\} - a \right] = 0 \quad \text{of}$$

$$a = \frac{(A-B)}{N} \left[p \log Vo.4 + (1-p)(N - \log(P-V6)) \right]$$

We vinden a door een tweede b_1 en b_2 lijn te trekken langs de uiterste van de nog niet uiteengeschoven $\log v$ en $\log(P-v)$ lijn, waarbij p wordt uitgezet vanuit de rechtse (b_2^1) lijn naar links. In het gevonden punt, wordt een loodlijn opgericht. Waar deze b snijdt, wordt a afgelezen op de p^F schaal.

Tot slot nog een opmerking over de constructie van granulaire curven van gemengde gronden, waarbij tweetoppigheid kan optreden. De sommatiecurven van dergelijke gronden zijn eigenlijk opgebouwd uit een tweetal onafhankelijke diagrammen (zie fig.7). Het onderbrengen van een dergelijke sommatiecurve vereist wel enig inzicht. Wanneer men evenwel voldoende ervaring in de behandeling van enkelvoudige curven heeft opgedaan, zal men er ongetwijfeld ook in slagen de constructie van een granulaire rechte curve uit tweetoppig materiaal tot een goed einde te brengen. In figuur 8 zijn ter illustratie van de moeilijkheden de gegevens uit figuur 7 logaritmisch uitgezet.

B. De rechte pF-curve

De constructie van de rechte pF-curve geschiedt geheel op dezelfde wijze als die van de granulaire curve.

De benoeming van enkele grootheden, is om verwarring te voorkomen, anders gesteld:

granulaire		pF-curve
F	=	V
log d	=	pF
A	=	a
B	=	b

Bij de constructie dient men op de volgende verschilpunten van ondergeschikt belang te letten.

- 1e. Bij de pF-curve kan men beter een X-as met 2 logaritmische eenheden toepassen.
- 2e. In het algemeen zal de logaritmische eenheid van de pF schaal langs de Y-as kleiner zijn dan van de granulaire schaal omdat de granulaire schaal slechts gaat tot $\log 1700 = 2,23$ en de pF schaal tot $\log 1.000.000 = 6$.
Een logaritmische eenheid langs de verticale as van 2 cm verdient aanbeveling. Hierbij dient men rekening te houden bij de berekening van $\text{tg } \alpha$ en $\text{tg } \beta$. Wanneer de logaritmische eenheid langs de X-as 10 cm blijft en die langs de Y-as 2 cm dan worden $\text{tg } \alpha$ en $\text{tg } \beta$ namelijk berekend uit p of $(1-p) : 5b$.
- 3e. De lijnstukken, waarin de rechte pF-curve de horizontale afstand tussen V-lijn en P-V lijn verdeelt, worden juist andersom aangegeven als bij

de granulaire curve p is het stuk tussen P-V lijn en rechte pF-curve dus links van de rechte, terwijl $1-p$ het gedeelte rechts van de rechte wordt genoemd. (zie fig.9)

Een gevolg hiervan is, dat a in dit geval gevonden wordt door pN vanuit $N = 0$ naar rechts uit te meten.

Tevens volgt hieruit, dat de hoeken α en p juist omgekeerd worden geconstrueerd als bij de granulaire curve. Bij de pF-curve wordt α dus uitgezet vanuit A en β vanuit B.

4e. Bij de pF-curve is b gelijk aan $\frac{N}{A-B}$.

5e. Het belangrijkste verschil in constructie tussen de beide curven is gelegen in het feit, dat bij de granulaire curve de som van alle fractie's steeds 100 is, terwijl bij de pF-curve het poriënvolume (PV) wat eigenlijk ook $V = 100$ is, niet vaststaat, doch eerst gevonden moet worden. Men kan dit het best doen in de figuur, waarin $p+(1-p)$ uitgezet is tegen p . Het gaat hierbij vooral om de stippen, afkomstig van de kleine P-V waarden dus bij lage pF.

Wijken deze onderste punten naar links af, dat wil zeggen wordt $\frac{p}{p+(1-p)}$

groter, dan is het PV te groot gekozen. Wijken de punten naar rechts af, dan is het PV te klein gekozen. Met enig proberen zal het juiste PV gevonden moeten worden. Aangezien de V-lijn steeds ongewijzigd blijft, zijn de afwijkingen geheel toe te schrijven aan de P-V lijn. Dit is ook wel verklaarbaar. Immers juist voor de P-V waarden bij lage pF is de grootte van het poriënvolume bepalend. Wanneer $V_{0.4}$ 39 vol% bedraagt en er is als PV 39,2 vol% gekozen, dan is P-V 0.2 vol%. Dit is bij een logaritmische eenheid van 10 cm een punt 7 cm rechts van de b_2 lijn gelegen. Was als PV 40% gekozen, dan zou P-V $V_{0.4}$ 1 vol% geweest en had dit punt precies op de b_2 lijn gelegen. Bij een PV van 41% was het 3 cm links van de b_2 lijn terecht gekomen. Men kan hieruit zien, dat een kleine wijziging in het poriënvolume grote veranderingen in het beloop van de natte tak van de P-V lijn tot gevolg heeft. Een aanzienlijke afwijking van de ligging van de lage punten in figuur 10 is hier uiteraard het gevolg van.

In het algemeen geldt, dat voor slibvrije tot slibarme gronden PV gelijk is aan $V_{0.4} + 1$ à $1\frac{1}{2}$ vol%, terwijl voor zavel- en kleigronden het PV gelijk is aan $V_{0.4} + 0.1$ à 0.5 vol%.

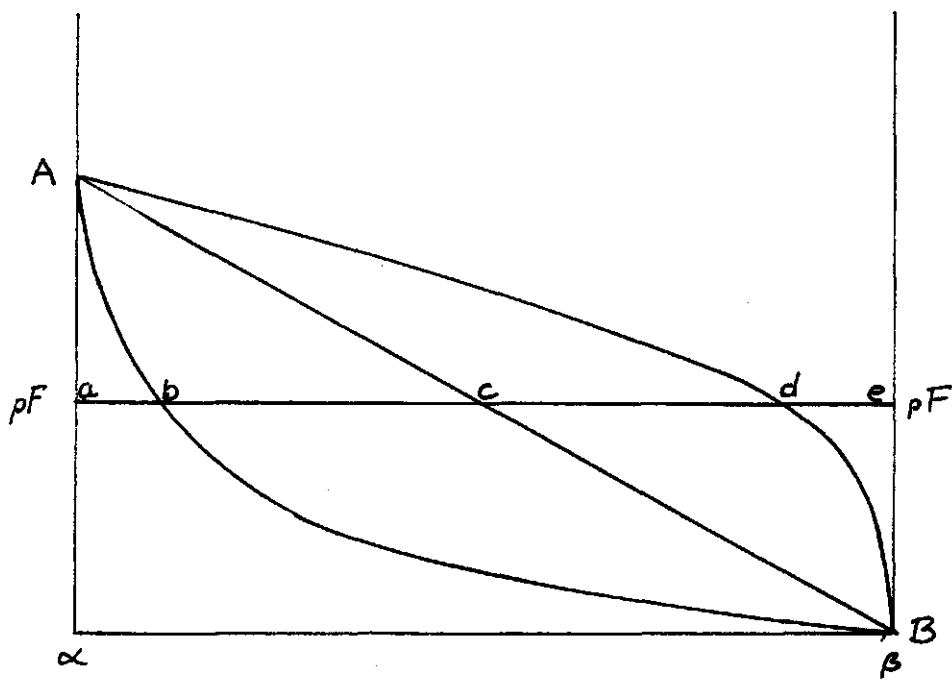


FIG 1

FIG 2

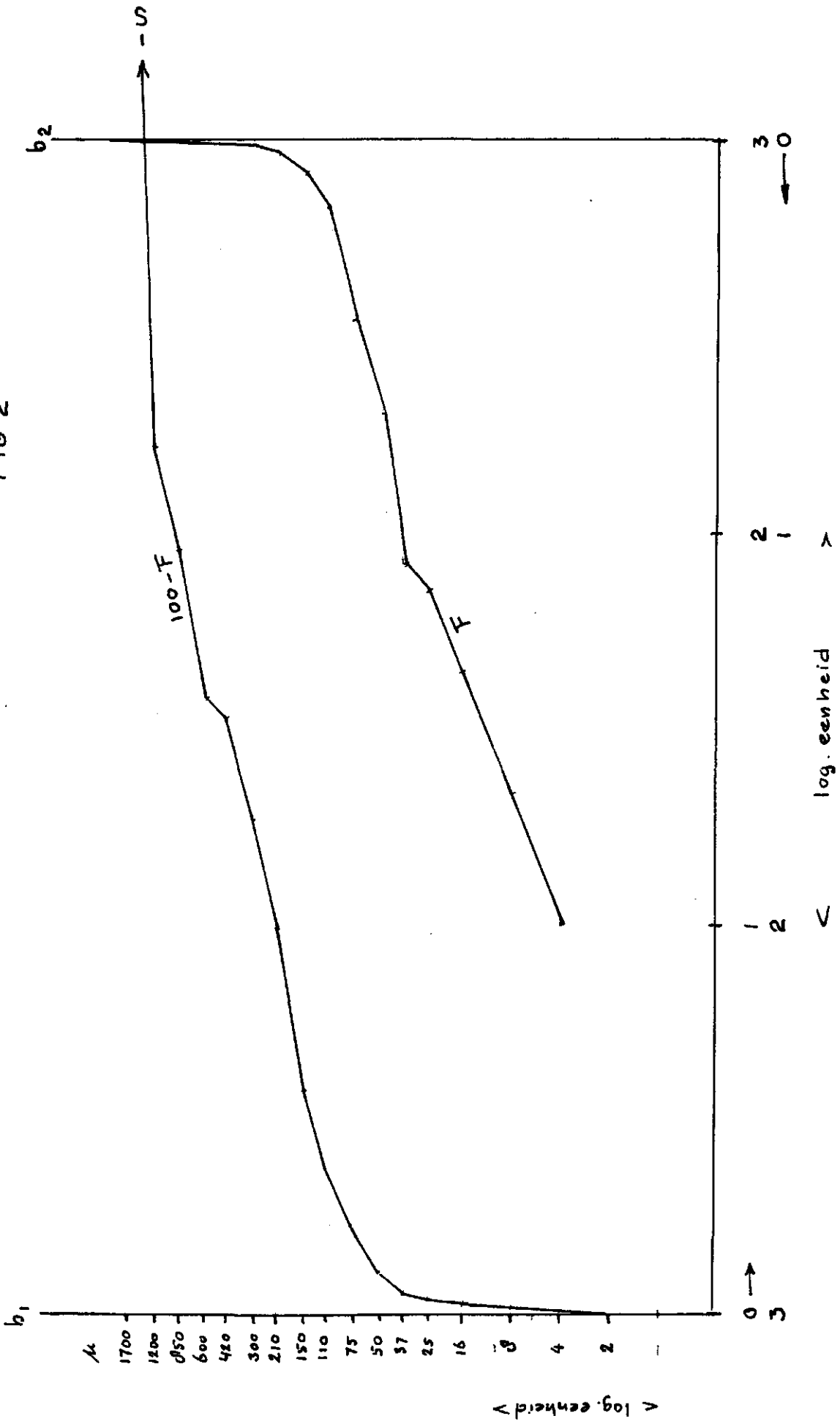
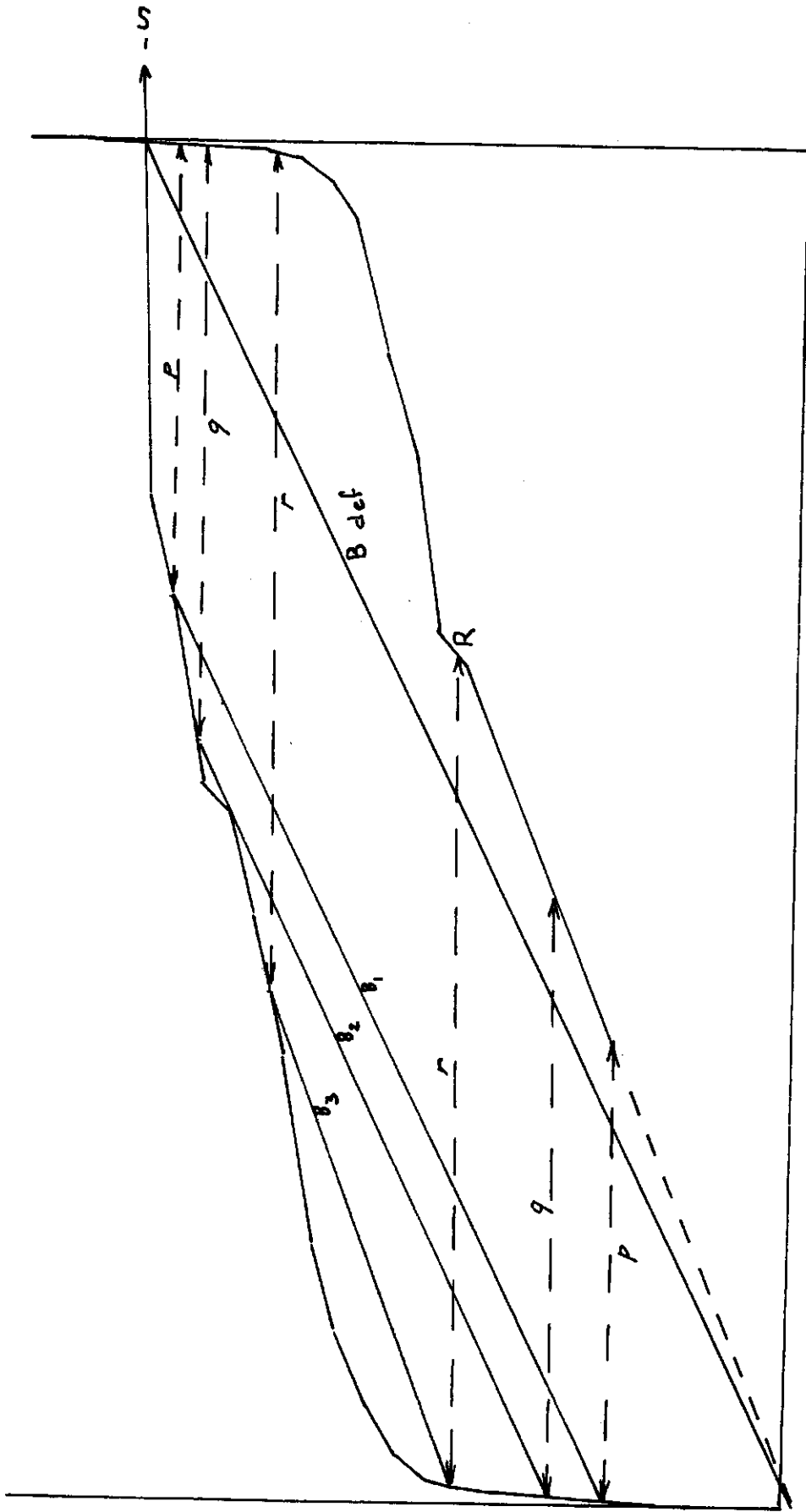


FIG 3



B bepaling af als gevolg van de uitstulping bij R .
B₃ wijkt af

FIG 4

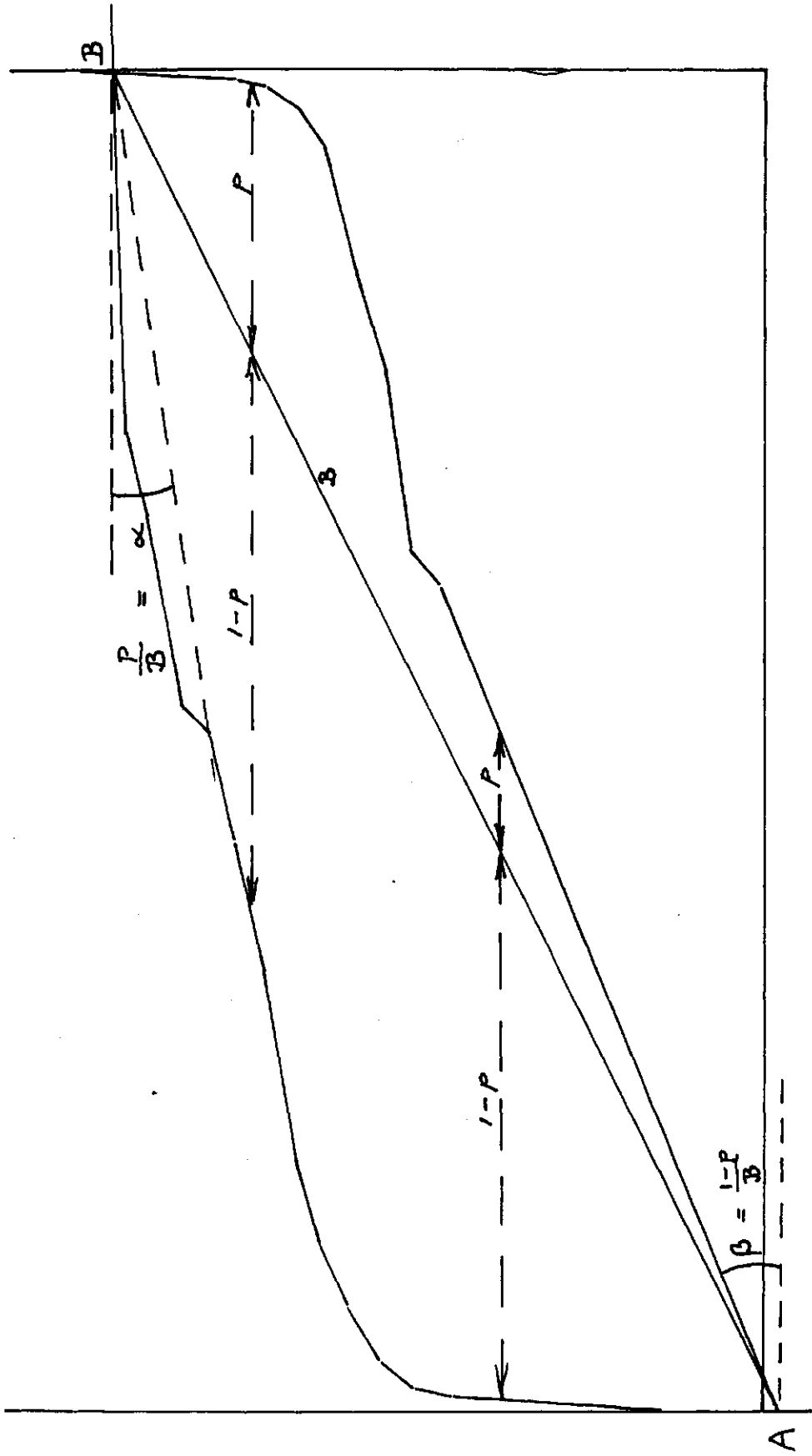


FIG 5

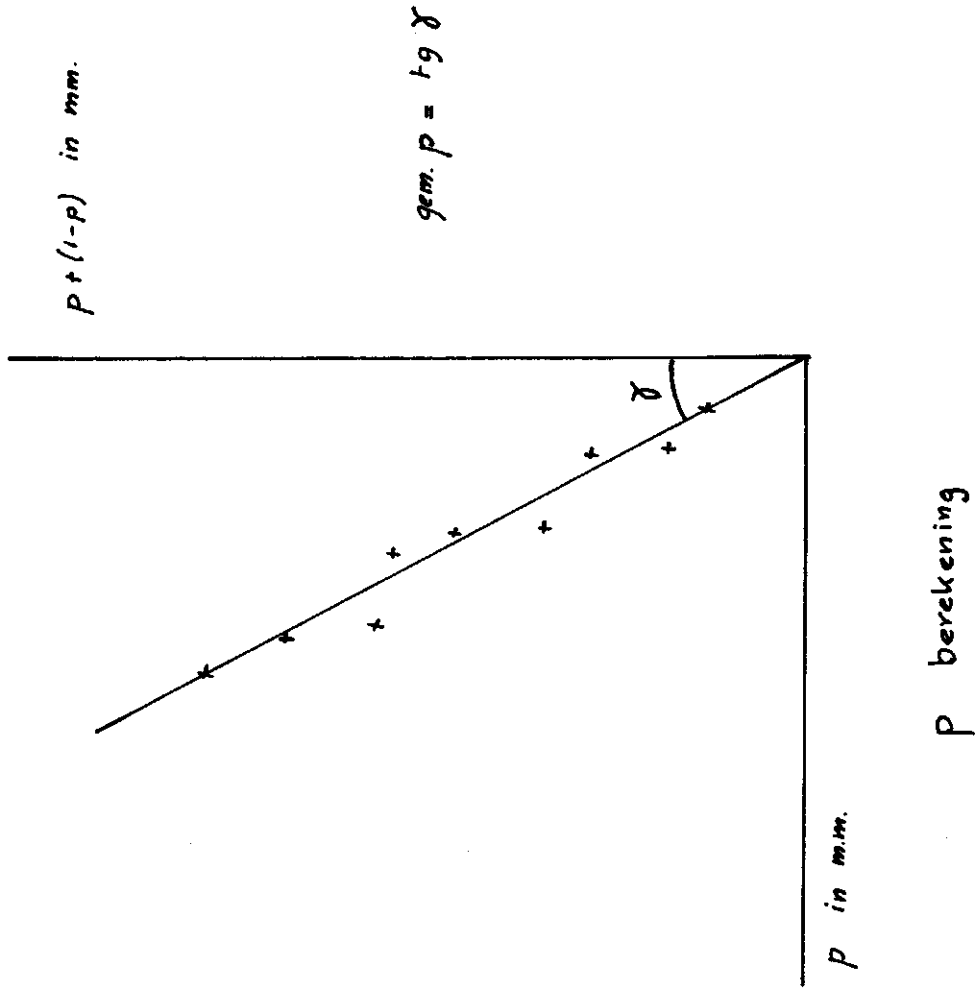
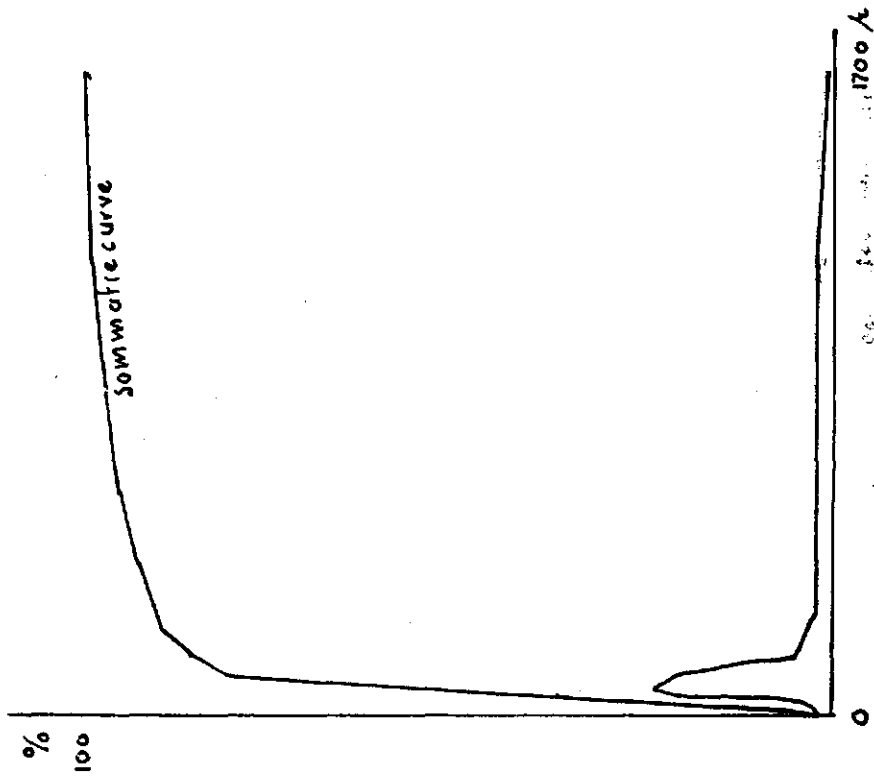
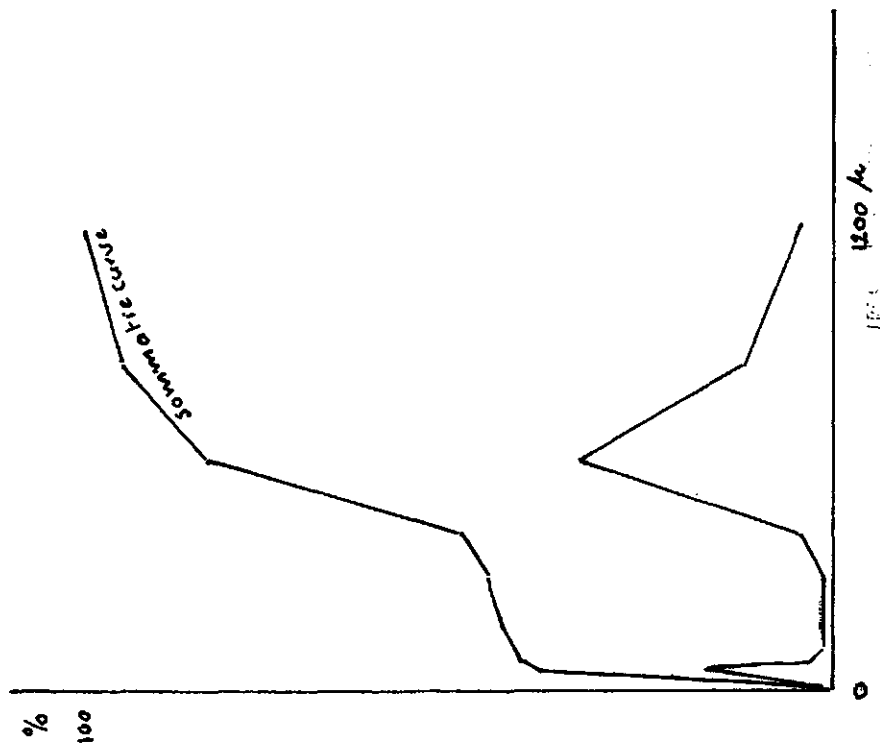


FIG 7A



Eentoppig

FIG 7 B



Tweetoppig

Fig 8

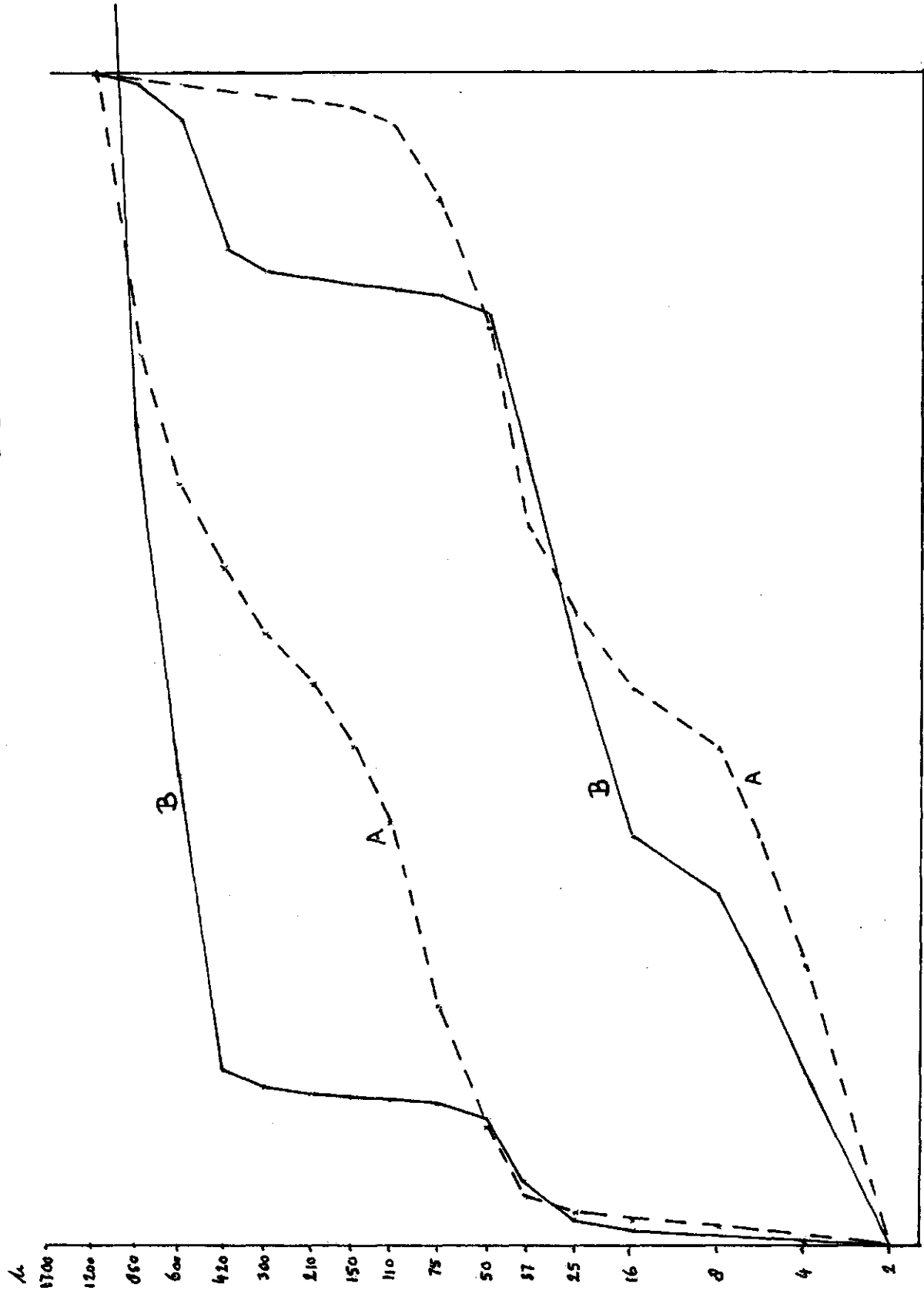


FIG 9

Voorbeeld van de constructie van een rechte ρF curve

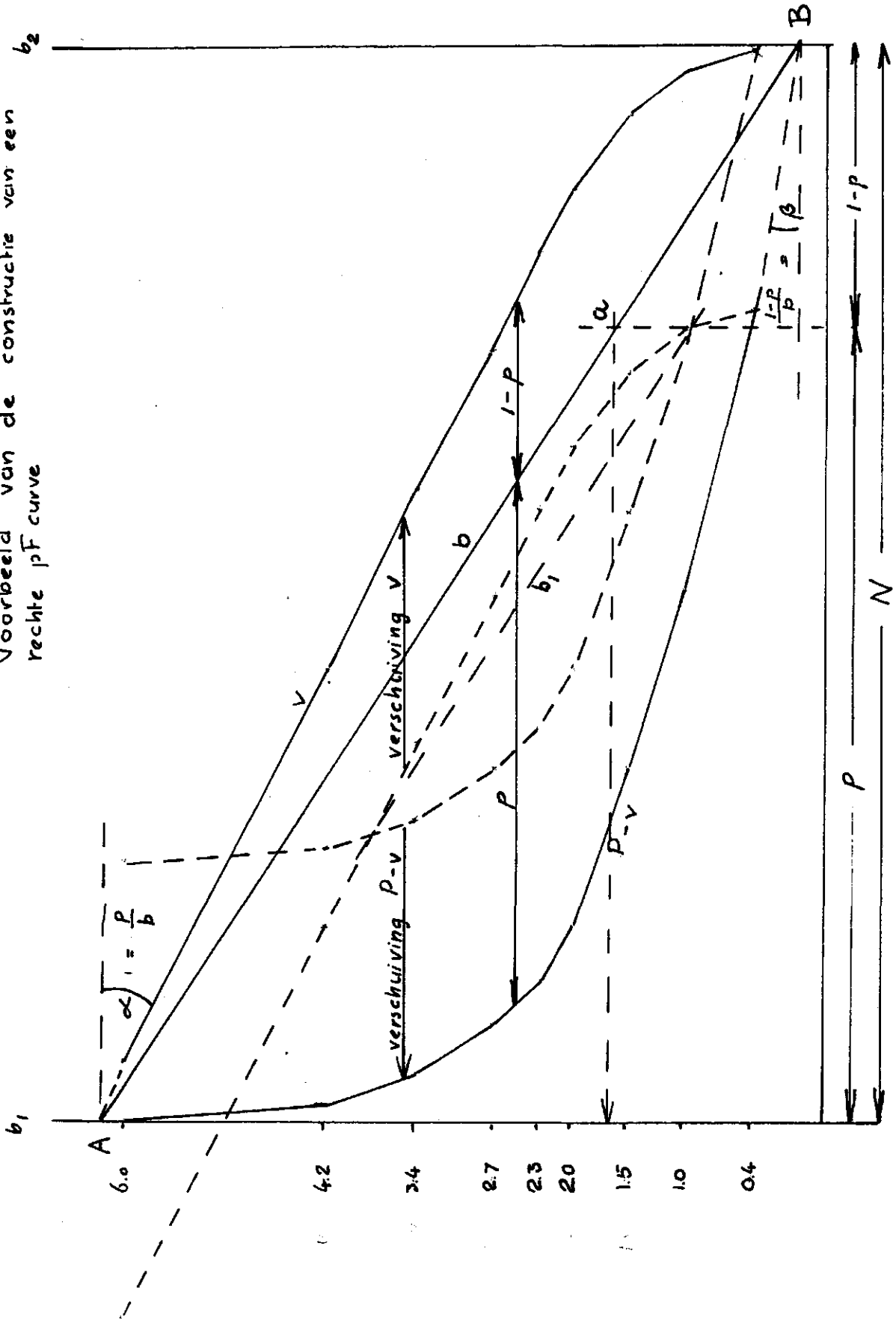
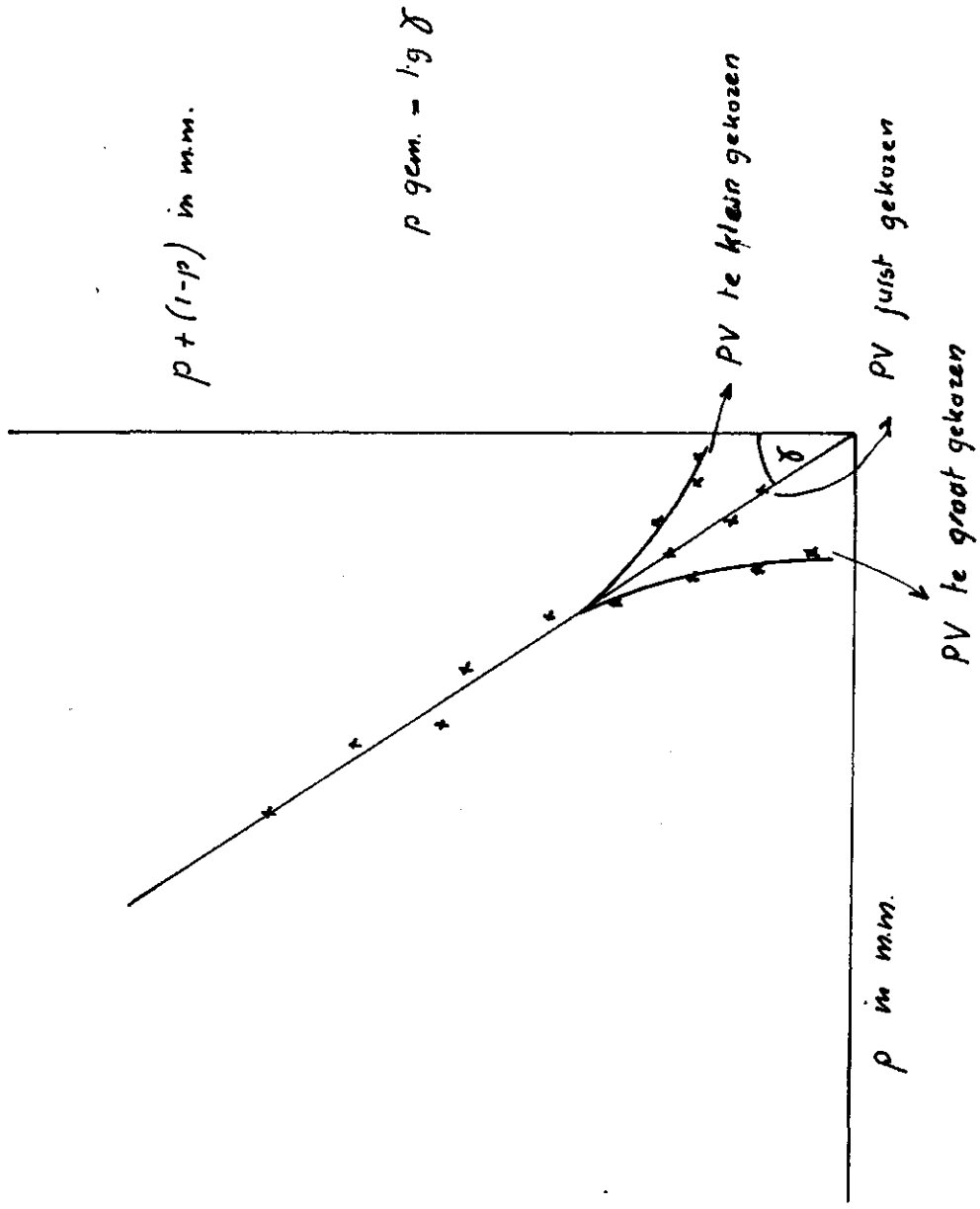


FIG 10



Het bepalen van het juiste poriënvolume

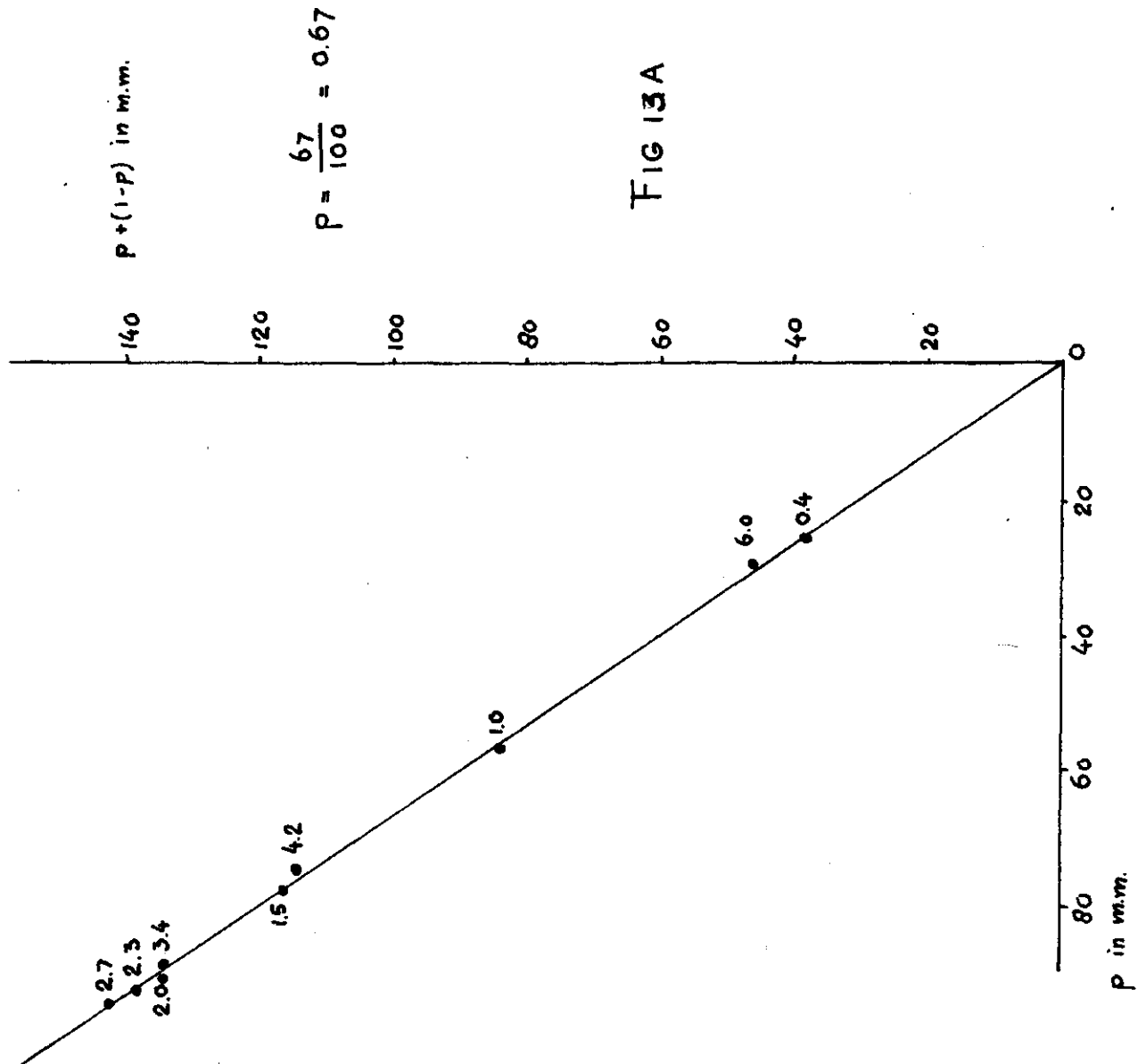
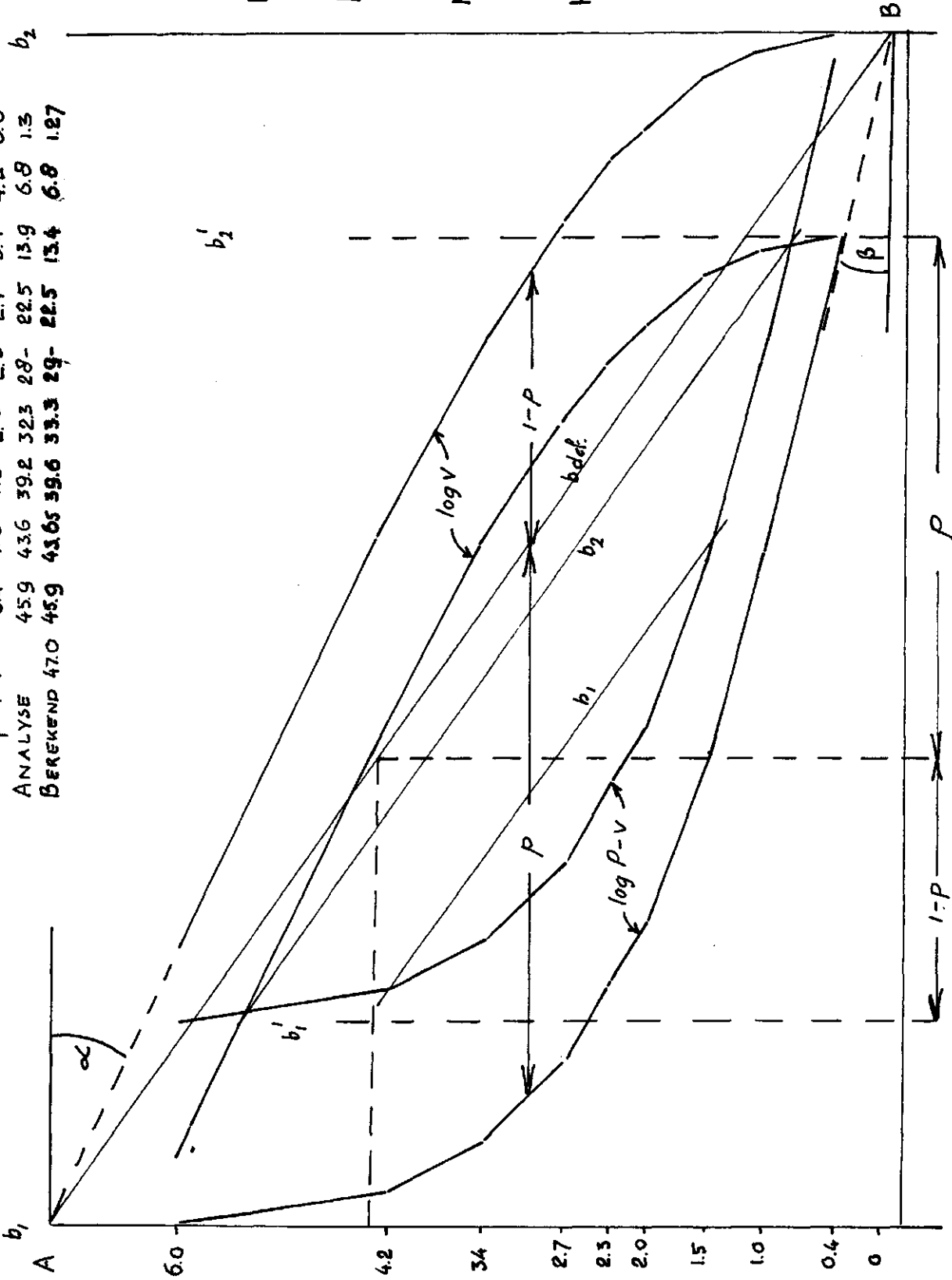


FIG 13A

pF: PV 04 1.0 1.5 2.0 2.3 2.7 3.4 4.2 6.0
 ANALYSE 459 436 39.2 32.3 28- 22.5 13.9 6.8 1.3
 BEREKEND 47.0 45.9 43.65 39.6 33.3 29- 22.5 13.4 6.8 1.27



$A = 7.07$
 $B = -0.07$

$A - B = 7.14$

$b = \frac{2}{7.14} = 0.28$

p zie FIG 13A

$\alpha = 4.35$

$\lg \alpha = \frac{p}{5b} = \frac{0.67}{1.4}$
 $= 0.4786$

$\lg \beta = \frac{1-p}{5b} = \frac{0.33}{1.4}$
 $= 0.2357$

FIG 13

VOORBEELD

0 →

|

← 0