

C7554

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

HAREN-GRONINGEN

RAPPORT 1

1970

HUMUSVORMING IN KLEI-ZANDMENGSELS ONDER INVLOED VAN  
TOEGEVOEGD ORGANISCH MATERIAAL

with a summary

Humus formation in clay-sand mixtures as affected by added  
organic materials

door

Jac. Kortleven

---

INHOUD

Inleiding . . . . .

Beschrijving van het onderzoek. . . . .

Vroegere conclusies . . . . .

Nadere toetsing van de conclusies. . . . .

Verbeterde uitkomsten . . . . .

Samenvatting. . . . .

Summary . . . . .

Literatuur. . . . .

---



## INLEIDING

In Kortleven (1963) zijn de volgende gedachten ontwikkeld:

A. Bij gelijke voorziening met organische stof van gronden van verschillende zwaarte bestaat een lineair verband tussen de gehalten aan afslibbare delen en humus. Als verklaring werd gegeven, dat de zand- en de slibfractie van grond elk hun eigen en sterk van elkaar verschillend humusgehalte hebben (in slib hoger dan in zand). In de, bij gelijkblijvende jaarlijkse voorziening, uiteindelijk te bereiken evenwichttoestand is dit verschil gelijk aan het verschil in gehalte aan inerte humus bij beide fracties.

Wat bij elke zwaarte meer aanwezig is dan het gehalte aan inerte humus is afhankelijk van de voorziening met organische stof en verloopt bij alle zwaarten gelijk volgens de in Kortleven (1963) ontwikkelde humusformule

B. De humusformule luidt in haar algemeenheid.

$$\log \frac{K_1 x - K_2 y_0}{K_1 x - K_2 y} = 0,4343 K_2 t \quad \text{I}$$

Hierin:  $K_1$  = humificatiecoëfficiënt, aangevende dat gedeelte van de aangevoerde organische stof dat in een jaar overgaat tot humus (orde van grootte 0,4)

$K_2$  = afbraakcoëfficiënt, dat is dat gedeelte van de humus in de grond, dat per jaar wordt afgebroken (orde van grootte 0,02)

$x$  = (gemiddelde) jaarlijkse aanvoer van organische stof

$y$  = humusgehalte bij tijd  $t$

$y_0$  = humusgehalte, waarvan uitgegaan bij het beginnen met een voorziening ter grootte van  $x$

$t$  = tijd in jaren.

$x$ ,  $y_0$  en  $y$  worden uitgedrukt in dezelfde maat, hetzij in gewichtseenheden, hetzij in procenten.

Uit formule I valt af te leiden dat

$$y_m = \frac{K_1}{K_2} x$$

waarin  $y_m$  = uiteindelijk gewicht.

Deze formule kwantificeert dus het humusgehalte ( $y_m$ ) dat uiteindelijk bereikt wordt bij onbepaald lang voortzetten van dezelfde jaarlijkse voorziening met organische stof (dus bij oneindig grote  $t$ ).

In de formule is  $x$  een maat voor de toegevoegde organische stof, ongeacht de herkomst. Dit wil zeggen, dat de organische stof uit verschillende organische meststoffen (en wortelresten) geacht wordt op dezelfde wijze bij te dragen tot het humusgehalte, terwijl deze bijdragen additief zijn. Tussen de in Kortleven (1963) onderzochte organische middelen werd inderdaad in dit opzicht geen verschil gevonden.



Formule I kan geschreven worden in de vorm

$$y = \frac{K_1}{K_2} (1 - e^{-K_2 t}) x + y_0 e^{-K_2 t} \quad (\text{II})$$

(N.B. e = grondtal der natuurlijke logaritmen), of, daar  $K_1$  en  $K_2$  constanten zijn, bij één bepaalde t in de vorm

$$y = bx + c$$

Er is dus steeds, bij elke t, een lineair verband tussen de toevoeging en het humusgehalte. Deze lineariteit is een speciale vorm van additiviteit, daar zij betekent dat elke volgende toegevoegde eenheid een effect heeft gelijk aan dat van de voorgaande, dus dat alle toevoegingen zich, additief ten opzichte van elkaar gedragen.

#### BESCHRIJVING VAN HET ONDERZOEK

De hierboven gegeven gedachtengang steunde op een aantal in Kortleven (1963) beschreven onderzoeken. Eén daarvan is daar de op pp. 67-74 behandelde proef VP 184. Deze werd ingezet in 1951. Verschil in zwaarte werd bereikt door enerzijds licht zand, anderzijds zware klei te nemen, en daar tussenin twee mengsels, zodanig dat naar het volume van de grond (totaal steeds 12,5 l) verkregen werd de serie

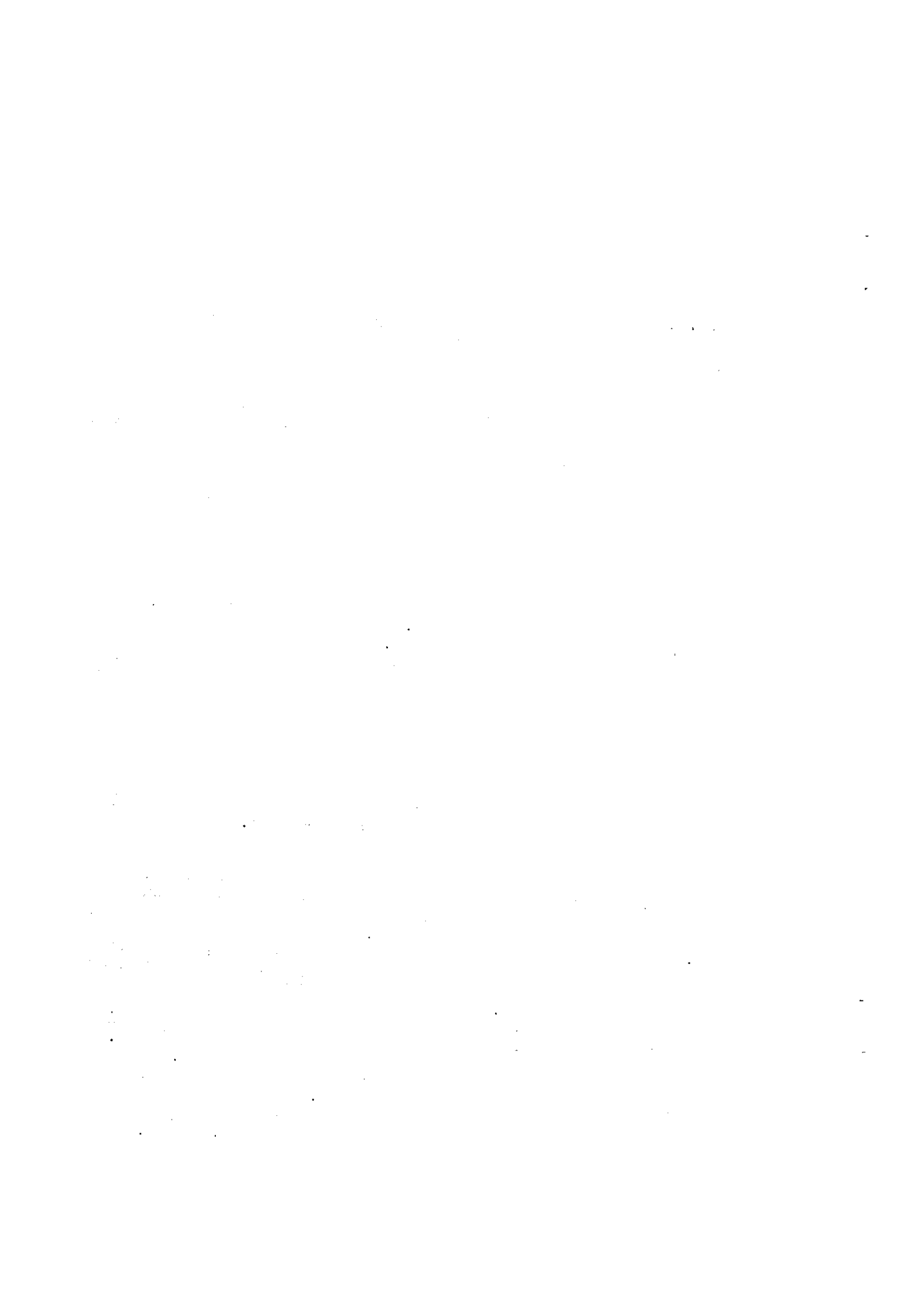
- 0 klei - 3 zand,
- 1 klei - 2 zand,
- 2 klei - 1 zand,
- 3 klei - 0 zand,

De trappen van deze serie werden naar de hoeveelheid klei erin voorkomend, aangeduid als 0-1-2-3.

Als organische bemesting werd - en wordt nog - gebruik gemaakt van:

1. gedroogde en gemalen wortels van diverse gewassen, daardoor nabootsende wat in de natuur steeds gebeurt (ook als geen verdere organische bemesting plaats vindt) maar nu nauwkeurig gedoseerd.
2. het half-synthetische produkt Calhahumus  $X_2$ , dat volgens de makers ervan niet zou worden afgebroken, maar volledig in de grond zou achterblijven, daarom ook wel genoemd "stabiele humus". (Als de proef nu nog zou moeten worden ingezet, zou zeker niet van dit produkt gebruik gemaakt worden. Het is zelfs niet meer te verkrijgen. Destijds werd er nogal propaganda voor gemaakt. Het zou eventueel kunnen worden vervangen door een verwant produkt als zwartveen of tuinturf).

Er is geen enkele andere voorziening met organische stof, daar de grond onbegroeid wordt gehouden. Belas,



wortels en  $X_2$ , komen eveneens voor in de trappen 0-1-2-3 (eenheid 1600 kg/ha bij beide).

Elk der drie variabelen wordt gevarieerd over de variaties der beide andere heen, zodat er  $4^3 = 64$  objecten zijn (in viervoud). De opzet van deze proef is, wat de wiskundige achtergrond betreft, beschreven in Venekamp et al. (1952). Voor verdere detailgegevens zij verwezen naar Kortleven (1963).

Door de geringe grootte van de gebruikte vakjes (25 x 25 cm) kan slechts weinig grondonderzoek worden verricht. Het gebeurde voor het eerst september 1951, het jaar waarin de proef werd opgezet, direct na de menging, voorts in juli 1961 en juni 1966.

De proef leent zich dus minder goed voor toetsing in de tijd van de humusformule I en voor de bepaling van de grootte van de in die formule voorkomende parameters.

Na de eerste bemonstering werden de organische middelen voor het eerst toegepast in najaar 1951.

#### VROEGERE CONCLUSIES

De resultaten van 1961 werden geanalyseerd in Kortleven (1963). Bij de daarin toegepaste bewerking werd gehandeld alsof de invloed van de drie variabelen lineair en additief zou zijn, om daarna na te gaan in hoeverre dit met de werkelijkheid strookte. Het bleek bij benadering juist te zijn.

Een toetsing van de aannamen van lineariteit en additiviteit, uitgevoerd door ir. J.T.N. Venekamp, gaf als uitkomst:

1. dat er geen reden was om systematische interacties aan te nemen;
2. dat de lineariteit bij benadering opging.

#### NADERE TOETSING VAN DE CONCLUSIES

Destijds werden de bovenvermelde uitkomsten als voldoende bewijs beschouwd, om in praktisch werk met beide aannamen te mogen werken. Voor een fundamentele proef echter is de uitspraak onbevredigend en is een sterker bewijs wenselijk.

Er werd dus gezocht naar een mogelijkheid om de uitkomsten te verbeteren. En daar de moeilijkheden voornamelijk scholen in de zwaarten, werd de kleiserie kritisch bekeken.

#### *Correcties op de mengverhouding zand/klei*

In Kortleven (1963) werd reeds opgemerkt, dat de analyseresultaten van de gronden in de uitgangstoestand, afwijkingen te zien gaven van de mengverhoudingen (en welke steeds behandeld werden alsof zij identiek waren met de zwaartereeks). Want, daar slechts eenvoudige





menging had plaats gehad, zouden alle gehalten volgens lineaire functies moeten verlopen. Dit deden zij echter niet: zie tabel 1.

TABEL 1 Analyseresultaten van de klei-zandmengsels\*

Kleitrap	Humus	Afslibbaar	Grof zand	CaCO <sub>3</sub>
0	0,4	2	43	-
1	0,7	18	37	0,48
2	1,1	32	22	0,87
3	1,8	59	2	1,80

\* Fijn zand is weggelaten daar dit geen onafhankelijke bepaling is, maar verkregen werd door aftrekking van 100.

De reeksen zijn duidelijk niet-lineair, maar schijnen eerder een kwadratische functie op te leveren. Het humusgehalte, vereffend met  $y = bx + c$  en met  $y = ax^2 + bx + c$  geeft het in tabel 2 getoonde beeld.

TABEL 2 Humusgehalten van de klei-zandmengsels uit tabel 1, lineair of kwadratisch vereffend.

Kleitrap	Gevonden	Vereffend		Afwijkingen	
		Lin.	Kwadr.	Lin.	Kwadr.
0	0,4	0,31	0,41	0,09	0,01
1	0,7	0,77	0,67	0,07	0,03
2	1,1	1,23	1,13	0,13	0,03
3	1,8	1,79	1,79	0,01	0,01
				0,30	0,08

De kwadratische vereffening geeft dus een veel betere aanpassing.

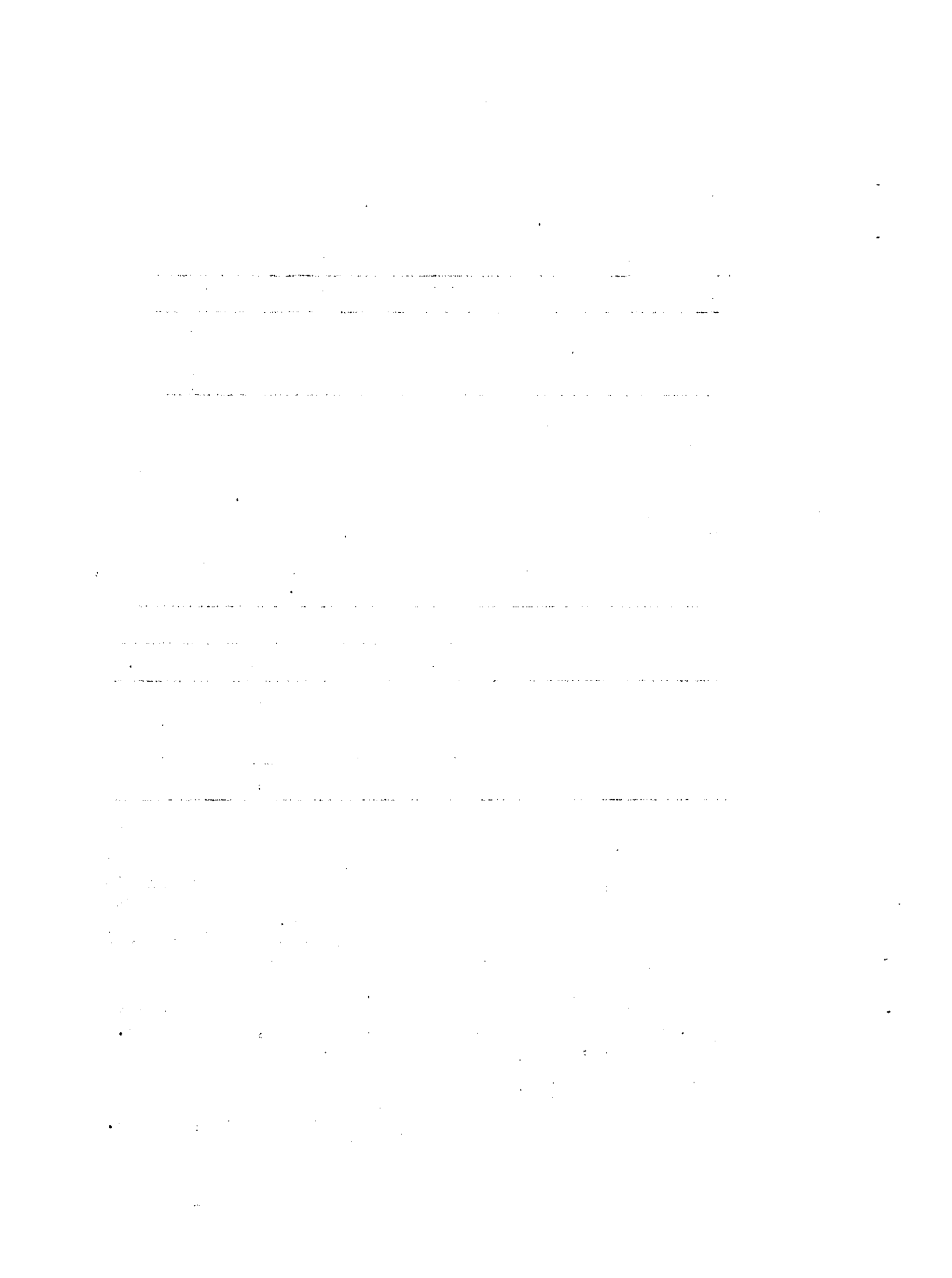
En daar als gevolg van menging, de samenhangen lineair moeten zijn, kunnen wij uit de met de kwadratische functie vereffende waarden berekenen hoe de trappen gekozen moeten worden om de samenhangen *lineair te maken*. (Er wordt in het midden gelaten waaraan het oorspronkelijk niet-lineair zijn te danken zou kunnen zijn; de grootste rol zullen hierin ongetwijfeld spelen verschillen in vochtgehalte en in volumegewicht tussen zand en klei.)

Noemen we daartoe de aandelen klei en zand in trap 1 resp.  $k_1$  en  $z_1$  dan is  $0,41 z_1 + 1,79 k_1 = 0,67 (k_1 + z_1)$ . Hieruit volgt, dat  $k_1 : z_1 = 0,565 : 3$ .

Op dezelfde wijze wordt voor trap 2 gevonden  $k_2 : z_2 = 1,409 : 3$ .

De te gebruiken trappen om een lineair verband te krijgen verhouden zich zodoende als  $0 : 0,565 : 1,409 : 3$ .

Daar de menging dezelfde invloed heeft op de gehalten



aan alle andere componenten wordt de berekening ook hiervoor uitgevoerd en worden de uitkomsten gemiddeld (tabel 3).

TABEL 3 Herleiding van de kleitrappen, teneinde een lineair verband te verkrijgen voor de gehalten aan humus etc. in de klei-zandmengsels

Oude trappen	0	1	2	3
Humus	0	0,565	1,409	3
Afslibbaar	0	0,795	1,762	3
Grof zand	0	0,594	1,594	3
CaCO <sub>3</sub>	0	<u>0,689</u>	<u>1,689</u>	<u>3</u>
Nieuwe trappen	0	0,661	1,614	3

Deze nieuwe trappen kunnen iets beter met elkaar in overeenstemming gebracht worden. Noemen wij het gewicht van de droge stof in een deel klei bij de menging p en dat van zand q dan hebben wij bij trap 1:

$$\frac{p}{1/3(p + 2q)} = 0,661 \text{ of } q = 1,770 p.$$

en bij trap 2:

$$\frac{2p}{1/3(2p + q)} = 1,614 \text{ of } q = 1,716 p.$$

Gemiddeld is  $q = 1,743 p$ . Hiermee krijgen wij als gecorrigeerde waarden voor de trappen 1 en 2 resp.:

$$\frac{3p}{p + 3,486 p} = 0,67 \text{ en } \frac{6p}{2p + 1,743 p} = 1,60.$$

De serie is dus geworden 0-0,67-1,60-3. Hiermee worden alle verbanden lineair. Lineaire vereffening met de verbeterde trappen geeft voor de analyses van 1951 de cijfers in tabel 4.

TABEL 4 Lineaire vereffening van de gehalten aan humus etc. met de gecorrigeerde kleitrappen.

Trap	Humus	Afslibbaar	Grof zand	CaCO <sub>3</sub>
0	0,39	3,33	44,46	0,02
0,67	0,70	15,69	35,11	0,41
1,60	1,13	33,01	22,03	0,95
3	1,78	58,98	2,40	1,76

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

De nieuwe trappen beschrijven het uitgangsmateriaal dus zeer goed en met een lineair verband zoals dit na menging behoort te zijn.

Deze trappen worden bij het vervolg van de proef aangehouden, daar in de samenstelling van de grond geen verandering komt. Het jaar 1961 wordt er opnieuw mee bewerkt, terwijl het jaar 1966 thans voor het eerst beschreven zal worden.

#### *Correcties op de humusgehalten*

Er is nog een punt, dat in een fundamentele proef inzake humusvorming aandacht verdient, een punt dat nu nog niet van veel belang is, maar aan belangrijkheid wint naarmate het humusgehalte hoger is, dus hier naarmate de proef langer wordt voortgezet.

Stijgt nl. in een grond met 3% humus (en 97% minerale delen) het humusgehalte tot 6%, dan is wel dit gehalte verdubbeld maar niet de voorraad. Want, naast 6% humus komt voor 94% minerale delen. Deze zijn ogenschijnlijk gedaald, maar in werkelijkheid natuurlijk gelijk gebleven.

Per 100 kg van de oorspronkelijke grond met 97% minerale delen en 3 kg humus is in de nieuwe toestand aanwezig  $97/94 \times 6 = 6,2$  kg humus. De voorraad stijgt dus sterker dan het gehalte. (N.B. Gehalten als quotiënten zijn altijd gevaarlijk om mee te werken, zeker wanneer, zoals hier, de teller tevens een bestanddeel van de noemer vormt).

Vergelijkbare waarden krijgt men door de humus uit te drukken in % van de onveranderlijke minerale delen, of m.a.w. in % van 100 verminderd met het humusgehalte. In het bovengegeven voorbeeld is, op deze wijze uitgedrukt, de humusvoorraad gestegen van 3,09 tot 6,38 of met 3,29% van het gewicht der minerale delen.

Is er ook nog kalk, waarvan de hoeveelheid evenmin constant is, dan moet ook deze, met de humus, in mindering worden gebracht.

Duiden wij het traditionele humusgehalte aan met  $h$  en het nieuwe met  $H$ , dan is

$$H = \frac{100 h}{100-h-k}$$

Hoewel deze correctie nog niet van veel invloed is, wordt ze reeds thans doorgevoerd, te beginnen met de uitgangstoestand.

Aangestipt zij, dat op deze wijze de humusvoorraad per gewichtseenheid droge grond wordt verkregen. Om de absolute voorraad in kg te kennen moet ook het aantal gewichtseenheden droge grond bekend zijn. Dit is in deze proef niet het geval, daar wel het gewicht van de grond bij de vulling bekend is, maar niet het daarbij behorende vochtgehalte.



Ook  $x$  uit formule I kan daardoor niet berekend worden, daar deze de gift in % van het bouwvoorgewicht aan droge grond is. Dit nog afgezien van het feit, dat de beide bemonsteringen, ook al zijn zij nog zo zuinig uitgevoerd (monsters van 100 g), het gewicht per bakje nog hebben doen verminderen en dus  $x$  doen stijgen. Bij de geringe inhoud van de bakjes (bij vulling ongeveer 14kg vochtige grond) zal dit al gauw een merkbare invloed hebben. Ook dit zijn redenen waarom de humusformule in deze proef niet wel kan worden toegepast, of alleen maar zeer globaal.

Wel kunnen zeer nauwkeurig de humusgehalten van een bemonstering onderling vergeleken worden.

#### VERBETERDE UITKOMSTEN

In de uitgangstoestand was  $H$  resp. 0,39-0,71-1,15-1,85. Dit beantwoordt aan  $H = 0,49 x_1 + 0,39$ , waarin  $x_1$  = het aandeel klei in het mengsel met 1 als eenheid, wanneer de hoogste trap (enkel klei) de waarde 3 krijgt.

Bij de bepalingen van 1961 en 1966 (waarvan slechts de eerste in Kortleven (1963) werd beschreven), toen ook de invloed van de wortels en van  $X_2$  erbij gekomen was, werd het bestaan van lineairiteit en additiviteit getoetst door voor elke variabele een kwadratische functie te stellen met interacties tussen de termen van de eerste graad. De totale functie is dus

$$y = a_1 x_1^2 + b_1 x_1 + a_2 x_2^2 + b_2 x_2 + a_3 x_3^2 + b_3 x_3 + i_{12} x_1 x_2 + i_{13} x_1 x_3 + i_{23} x_2 x_3 + c$$

De eenheid van  $x_2$  en  $x_3$  is 1600 kg/ha (de eerste trap). De bewerking verliep in drie ronden. Na de eerste werden de drie interacties verworpen en na de tweede de termen van de tweede graad. Na beide werd de bewerking herhaald met de overblijvende termen. Verworpen werden termen, waarvan de coëfficiënt niet groter was dan driemaal zijn fout; de overblijvende coëfficiënten waren 10 tot 50 maal hun eigen fout, dus alle zeer sterk.

Het eindresultaat was

$$1961 \quad y = + 0,2807 (\pm 0,0270) x_1 + 0,0836 (\pm 0,0272) x_2 + 0,3167 (\pm 0,0272) x_3 + 0,7522 (\pm 0,0743)$$

$$1966 \quad y = + 0,4397 (\pm 0,0104) x_1 + 0,1236 (\pm 0,0105) x_2 + 0,4986 (\pm 0,0105) x_3 + 0,4834 (\pm 0,0286)$$

*Door deze uitslag zijn de lineairiteit en de additiviteit bevestigd. Dit is van belang voor de theorie omtrent de humusvorming.*





Wat tussen de beide jaren opvalt, is dat de bepalingen van 1966 een ruim 2½ maal zo grote nauwkeurigheid vertonen als die van 1961 (het waren twee verschillende laboratoria).

Dit kan een verklaring zijn voor het feit, dat de klei-serie zich in 1961 anders gedraagt dan in 1951 en 1966 (zie tabel 5).

TABEL 5 Berekening van de humusgehalten bij de verschillende kleitrappen.

Trap	1951 *	1961 **	1966 ***
0	0,39	0,75	0,48
0,67	0,71	0,94	0,78
1,60	1,15	1,20	1,19
3,00	1,85	1,59	1,80

$$\begin{aligned} *H &= 0,49 x_1 + 0,39 \\ **H &= 0,28 x_1 + 0,75 \\ ***H &= 0,44 x_1 + 0,48 \end{aligned}$$

Het is onbestaanbaar, dat zonder aanvoer van organische stof het humusgehalte stijgt zoals bij de trappen 0 en 0,67 in 1961 en bij trap 3 in 1966 het geval is. De zeer nauwkeurige uitkomsten van 1966 komen goed overeen met die van 1951. Dit wil zeggen, dat de humusvoorraad gedurende 15 jaar constant is gebleven. Bij de vaak aangetroffen  $K_2 = 0,02$  zouden de humusgehalten gedaald zijn met 26% van de waarden in 1951 als de humus niet inert was. En dit is niet het geval. Wij kunnen derhalve deze gehalten beschouwen als gehalten aan inerte humus.

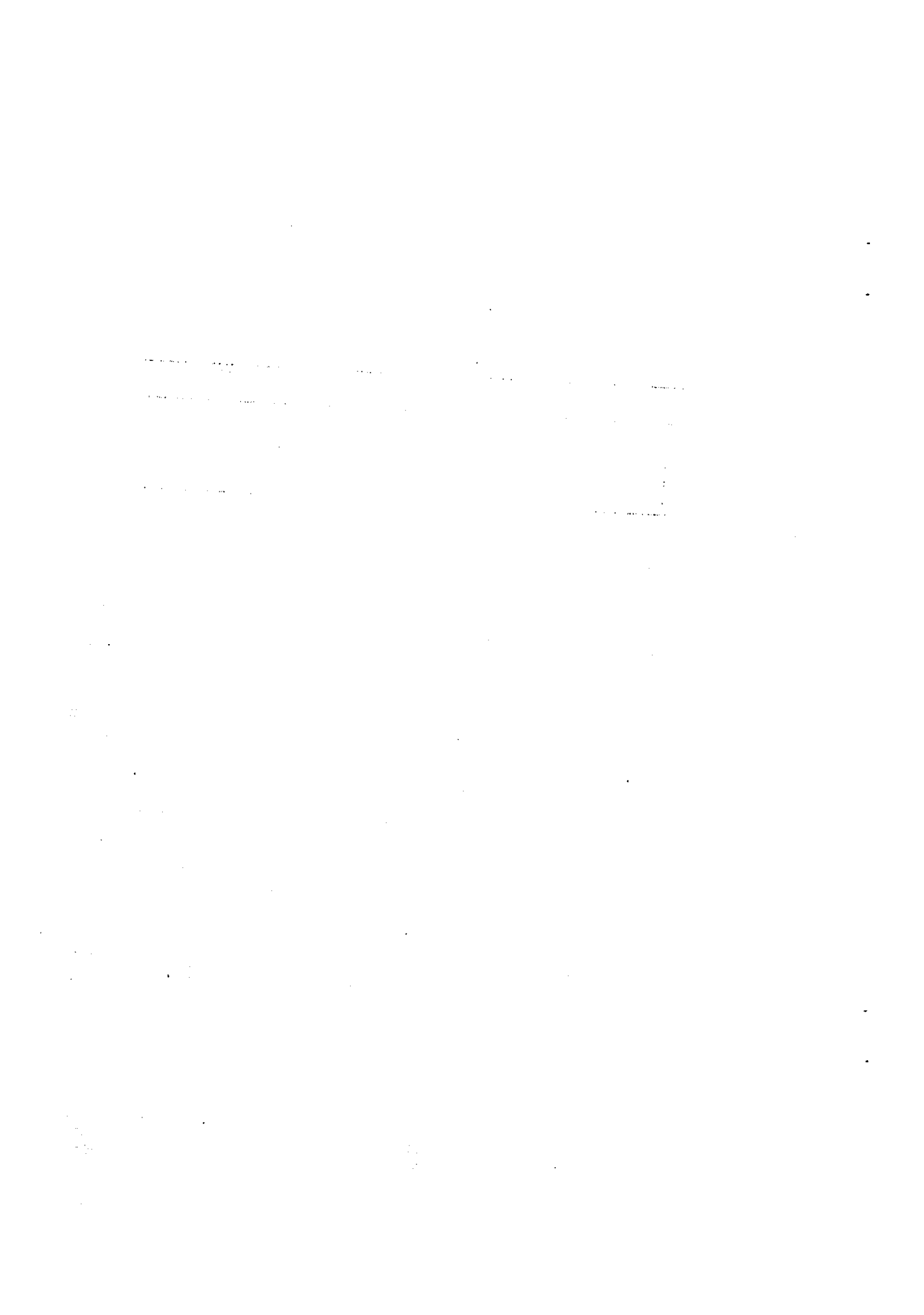
Boven deze gehalten aan inerte humus stijgen de gehalten als gevolg van de voorziening met organische stof volgens de humusformule I. De daarvoor in Kortleven (1963) ontworpen vereffeningsmethode kan op drie waarnemingen, waarvan er één wellicht niet juist is, niet worden toegepast. Reeds eerder werd opgemerkt, dat ook om andere redenen toepassing in de tijd van de humusformule in deze proef op bezwaren stuit.

Echter, wat de formulering van de humusgroei betreft, beschikken wij wel over de zeer nauwkeurige waarnemingen uit 1966, waarop formule II van toepassing is.

Wordt in II de  $y_i$  (inerte humus) opgenomen dan luidt de formule:

$$y - y_i = \frac{K_1}{K_2} (1 - e^{-K_2 t})x + (y_0 - y_i) e^{-K_2 t} \quad \text{III}$$

Daar hier  $y_0 = y_i$  vervalt de laatste term. De b-waarden in 1966 stemmen overeen met de b uit III. Evenwel moeten de eenheidswaarden van x eerst voor beide gevallen met



elkaar in overeenstemming worden gebracht. Deze is in III 1% van het bouwvoorgewicht; in 1966 echter 1600 kg/ha of omstreeks 0,09% van het bouwvoorgewicht (het gewicht bij vulling was gemiddeld 14,35 kg per bakje van 1/16 m<sup>2</sup> of 2,3 x 10<sup>6</sup> kg/ha of naar schatting ongeveer 1,8 x 10<sup>6</sup> kg droog zonder humus en kalk). De b's uit 1966 moeten dus met 11 worden vermenigvuldigd om in overeenstemming te zijn met de b uit III. Dat is voor wortels 11 x 0,1236 = 1,3595 en voor X<sub>2</sub> 11 x 0,4986 = 5,4845.

De b van III is:

$$\frac{K_1}{K_2} (1 - e^{-K_2 t})$$

Hierin is t = 15, maar zijn K<sub>1</sub> en K<sub>2</sub> onbekend.

Stellen wij K<sub>2</sub>, de afbraakcoëfficiënt, op de normaliter hiervoor gevonden waarde van 0,02 in beide gevallen, dan is :

$$\frac{K_1}{0,02} (1 - e^{-0,30}) = 1,3595 \text{ resp. } 5,4845.$$

Hieruit volgt dat K<sub>1</sub> = resp. 0,105 en 0,42 en K<sub>1</sub>/K<sub>2</sub> = 5,2 resp. 21. Dit is laag bij wortels en normaal bij X<sub>2</sub>.

Het uiteindelijk te bereiken evenwichtsgehalte

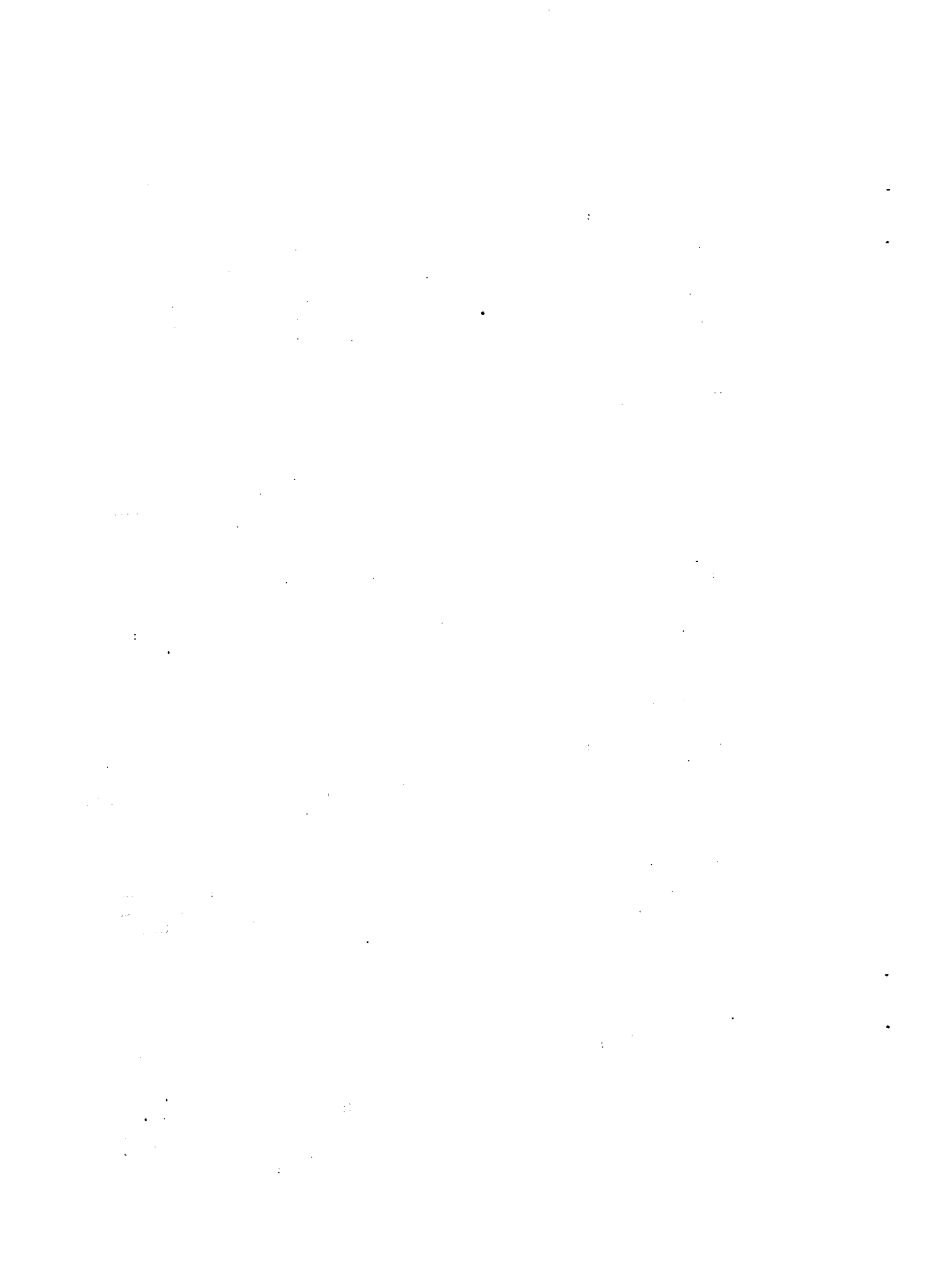
(y<sub>m</sub> =  $\frac{K_1}{K_2} x$ ) wordt dan 0,09 x 5,2 = 0,471 bij wortels en

0,09 x 21 = 1,90 bij X<sub>2</sub> op trap 1 (en op de trappen 2 en 3 resp. 2 en 3maal zo hoog), alles vermeerderd met het gehalte aan inerte humus per kleitrap. Het evenwichtsgehalte zou bereikt worden na ruim honderd jaar.

Hoe speculatief de aannamen ook geacht mogen worden te zijn, vast staat, dat uit wortels aanzienlijk minder humus gevormd wordt dan normaal, daar de humificatie-coëfficiënt K<sub>1</sub> gewoonlijk omstreeks 0,4 bedraagt, wat wil zeggen, dat 40% van de toegediende organische stof overgaat tot humus. In dit onderzoek werd hiervoor gevonden ruim 10% voor de wortels en 40% voor X<sub>2</sub>.

## SAMENVATTING

1. In een voorgaande publikaties (1) werd een proef beschreven, waarin bij onbeplante grond de humusopbouw onder invloed van toegevoegd organisch materiaal bij gronden van verschillende zwaarte wordt bestudeerd. De verschillende zwaarten werden verkregen door menging. De verbanden tussen de zwaarte van de grond en toegevoegd organische materiaal enerzijds en de humusopbouw anderzijds bleken niet geheel lineair te zijn, maar konden



wel bij benadering als zodanig worden beschouwd. Daar dit slechts bij benadering opgaan niet bevredigde werd het materiaal opnieuw bekeken. Werd bij de eerste bewerking voor de zwaarte het aandeel (naar het volume) van klei in de mengsels als onafhankelijke variabele genomen, bij de nieuwe bewerking werden als zwaartetrappen gekozen waarden, die met gehalten aan humus; grof zand, afslibbaar en  $\text{CaCO}_3$  in de grond in de uitgangstoestand in een lineair verband stonden. Dit verloop moest lineair zijn omdat het slechts het gevolg was van menging.

Wanneer de aldus verkregen trappen werden aangehouden voor de latere bepalingen, bleek bij toetsing, dat alle verbanden tussen enerzijds humusgehalte en anderzijds zwaarte en giften van organisch materiaal inderdaad zuiver lineair en additief waren. Dit voor de theorie van de humusopbouw zo fundamentele punt werd dus duidelijk bevestigd.

2. De wijze van uitdrukken van verandering in de humusvoorraad werd verbeterd door de humus uit te drukken in % van de minerale bestanddelen, zonder humus en kalk. Hierdoor wordt de humusvoorraad gemeten met een onveranderlijke maat. Dit is van belang als de humusgehalten een traject van betekenis gaan bestrijken.
3. Het bleek wederom, dat aan de bepaling der humusgehalten in een onderzoek als het hier beschrevene, de grootste zorg moet worden besteed; één laboratorium bereikte in dit opzicht een ruim twee en een half maal zo grote nauwkeurigheid als een ander.
4. De afbraak van organisch materiaal was bij gedroogde en gemalen wortels sterker dan bij Calhahumus. Tussen deze beide vormen van organische stof bestaat dus geen gelijkheid ten aanzien van de humusvorming zoals in het algemeen wel het geval is. Het lijkt aannemelijk, dat deze afwijking toe te schrijven is aan de Calhahumus; dit is nl. geen natuurlijk maar een half-synthetisch produkt.
5. Onder de in de proef heersende omstandigheden is de afbraak sterker dan normaal.

#### SUMMARY

##### *Humus formation in clay-sand mixtures as affected by added organic materials*

An earlier publication described a test designed to study the effect of added organic materials on humus formation in uncropped soils of different texture. The different textural classes employed were obtained by clay-sand mixtures. The relationships found between texture and organic matter supply on the one hand and humuscontent on the other, were approximately linear. In the current study the data were reconsidered to improve the approximation.

In the earlier computations, the volume fraction of clay in the mixtures was taken as the independent variable indicating texture; in the new computations, values were



selected as levels which formed a linear relationship with a number of measured contents viz. those of humus, coarse sand, lutum and  $\text{CaCO}_3$  in the soil in its original condition. These relationships should be linear, because it is only the consequence of mixing.

When the levels, thus obtained, were used for subsequent computations, it was apparent that indeed purely linear and additive relationships existed between humus content on the one hand, and texture and amounts of added organic matter material on the other. This point, of such fundamental importance to the theory of humus formation, was therefore clearly confirmed.

2. The method of expressing changes in humus content was improved by expressing humus as a percentage of the mineral components without humus and calcium carbonate. This enabled measurement of changes in the amount of humus by means of a fixed, unchanging criterion. This is important when the humus contents cover an appreciable range.
3. It was again apparent that in a study of this nature the utmost care must be given to the determination of the humus contents; one laboratory's accuracy was more than  $2\frac{1}{2}$  times as great as that of another.
4. Dried and ground roots as the source of organic matter decomposed to a greater extent than Calhahumus\*. These two forms of organic matter are therefore dissimilar with respect to humus formation. It may be assumed that the Calhahumus is responsible for this deviation, because it is a half-synthetic rather than a natural product.
5. Under the conditions of the test, decomposition is greater than normal.

#### LITERATUUR

- Kortleven, Jac.: Kwantatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. landbouwk. Onderzoek. 69.1 (1963).
- Venekamp, J.T.N., G. Hamming and G.J. Vervelde: A  $4^3$  factorial design with Confounding in  $8 \times 8$  quasilinear squares. Landbouwk. Tijdschr. 64 (1952) 325-327.

\* This was a synthetic humusproduct; it is no longer produced.

