

**MICROCHAETUS MODESTUS (MICROCHAETIDAE) EN
EISENIA ROSEA (LUMBRICIDAE) EN HULLE
BESTAANSVEREISTES MET BETREKKING
TOT TEMPERATUUR EN
GRONDVOG**

deur A.J. Reinecke , M.Sc.

DEPARTEMENT DIERKUNDE

P.U. VIR C.H.O.

**.PROEFSKRIF AANGEBIED VIR DIE GRAAD
DOCTOR SCIENTIAE AAN
DIE POTCHEFSTROOMSE
UNIVERSITEIT VIR
C.H.O.**

PROMOTOR:

PROF. P.A.J. RYKE D.Sc.(U.S.) D.Sc.(P.U.)

OKTOBER

1972

„MAAR VRA TOG VIR DIE DIERE,
DAT HULLE JOU LEER; EN DIE
VOËLS VAN DIE HEMEL, DAT
HULLE JOU TE KENNE GEE
WIE WEET NIE DEUR AL HIERDIE
DINGE DAT DIE HAND VAN DIE
HERE DIT GEMAAK HET NIE?"

- JOB 12:7, 9

Opgedra aan Corrie
en my ouers

I N H O U D S O P G A W E

MICROCHAETUS MODESTUS MICH. EN EISENIA ROSEA SAV. EN HULLE BESTAANSVEREISTES MET BETREKKING TOT TEMPERATUUR EN GRONDVOG.

1. INLEIDING
2. DIE PROEFDIERE
 - 2.1 Microchaetus modestus
 - 2.1.1 *Morfologie, taksonomie en verspreiding.*
 - 2.1.2 *Ekologie en lewensloop*
 - 2.2 Eisenia rosea
 - 2.2.1 *Morfologie, taksonomie en verspreiding.*
 - 2.2.2 *Ekologie en lewensloop.*
3. GRONDTEMPERATUUR EN GRONDVOG
 - 3.1 Temperatuurvoorkeure
 - 3.2 Vogvoorkeure
 - 3.3 Apparaat, metodes en tegnieke
 - 3.4 Temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea
by hoë grondvogtoestande
 - 3.4.1 *Invloed van akklimatisasie op die
voorkeurmiddelpunt.*

Vervolg

- 3.5 Temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea
by lae grondvogtoestande
- 3.6 Temperatuurvoorkeure van Microchaetus
modestus by hoë grondvogtoestande
- 3.6.1 *Die invloed van akklimatisasie op die*
voorkeurmiddelpunt
- 3.7 Temperatuurvoorkeure van Microchaetus
modestus by lae grondvogtoestande
- 3.8 Bespreking
- 4. LETALE TEMPERATURE
- 4.1 Apparaat, metodes en tegnieke
- 4.2 Die boonste mediane letale temperatuur
(LT₅₀) van Microchaetus modestus
- 4.2.1 *Sterftepatrone van toetsgroepe na*
blootstelling aan verskillende letale
temperature en die bepaling van medi-
ane letale blootstellingstye (LD₅₀)
- 4.2.2 *Die verband tussen temperatuur (as*
dosis) en tyd (tot 100% mortaliteit)
- 4.2.3 *Die verband tussen temperatuur (dosis)*
en mortaliteit en die bepaling van die
boonste mediane letale temperatuur (LT₅₀)
- 4.3 Die boonste mediane letale temperatuur
(LT₅₀) van Eisenia rosea
- 4.3.1 *Sterftepatrone van toetsgroepe na bloot-*
stelling aan verskillende letale tempera-
ture en die bepaling van mediane letale
blootstellingstye (LD₅₀)
- 4.3.2 *Die verband tussen temperatuur (as dosis)*
en tyd (tot 100% mortaliteit)

Vervolg

- 4.3.3 *Die verband tussen temperatuur
(dosis) en mortaliteit en die
bepaling van die boonste mediane
letale temperatuur (LT_{50})*
- 4.4 Bespreking
- 5 DIE MOONTLIKE TOEPASSING VAN DIE
 TEMPERATUURVOORKEURMIDDELPUNT EN
 LT_{50} - WAARDES
- 6. OPSOMMING
- 7. BEDANKINGS
- 8. LITERATUURVERWYSINGS
- 9. BYLAAG

P R O L O O G

Die versigtige evaluering van beskikbare gegewens in verband met die landboukundige benuttingsmoontlikhede van terrestriële Oligochaeta dui daarop dat hierdie diere beslis as potensieel nuttige diere vir die landbou beskou kan word. Die huidige stand van kennis oor erdwurms leen hom beslis nie tot aanbevelings in verband met veranderinge in heersende landboupraktyke nie. Die ontwikkeling van die landboukundige potensiaal berus by meer toegepaste ondersoeke voordat daar enigsins sprake kan wees van 'n grootskaalse benutting van erdwurms in landbougronde.

Die meerderheid bevindinge is tot dusver op klein-skaalse eksperimentering onder gunstige toestande gebaseer en verskaf nie 'n genoegsame basis vir die waardebeoordeling van erdwurms onder veldtoestande nie. Meer langtermynveldondersoeke na die invloed van erdwurms op die produktiwiteit van gronde is nodig. Ondersoeke van hierdie aard is tans in verskeie wêrelddele aan die gang.

Die erdwurmekoloog in Suid-Afrika vind, in teenstelling met die toestand in meeste Europese lande,

Vervolg

dat erdwurms in hulle verspreiding in 'n groter mate tot sekere gebiede beperk is. Weliswaar kom hierdie diskontinue verspreiding ook in Europese lande voor omdat sekere gebiede ten opsigte van verskeie faktore nie aan die eise vir die onderhouding van erdwurmbevolkings voldoen nie. In Suid-Afrika egter, wil dit voorkom of die grondvog as ekologiese faktor 'n besondere beperkende rol speel. Terrestriële Oligochaeta is hier baie streng beperk tot omgewings wat vir groot gedeeltes van die jaar relatief klam is. Dat hierdie faktor 'n beslissende rol in die Suid-Afrikaanse situasie speel, word veral duidelik uit die algemene voorkoms van erdwurms na goeie somerreëns in gebiede wat vir die grootste gedeelte van die jaar skynbaar sonder erdwurms is. Voorts dui die tot dusver oppervlakkig bestudeerde verspreidingspatrone van hierdie diere daarop dat daar ook groot en uitgestrekte gebiede is wat vir korter of langer tydperke aan droogte-toestande onderworpe is en gevolglik nooit enige erdwurms huisves nie. Landbougronde in Suid-Afrika huisves dikwels min of geen erdwurms nie. Hier moet natuurlik ook rekening gehou word met 'n verskeidenheid ander faktore soos byvoorbeeld die chemies-fisiese samestelling van die grond, besik=

Vervolg

baarheid van organiese voedingstowwe, bewerkings= praktyke ensovoorts. Dit is onwenslik om in hier= die vroeë stadium van ons kennis in verband met grondtoestande in verskillende gebiede waar erdwurms voorkom en ook van dié wat erdwurms ontbeer, enige veralgemening te maak ten opsigte van die bestaans= moontlikhede van die diere in sodanige gebiede.

Die eventuele waardebeepaling van die rol wat erdwurms in die landbou kan speel, met besondere aandag aan plaaslike toestande, moet noodwendig voorafgegaan word deur deeglike kwalitatiewe en kwantitatiewe ondersoeke. Ten einde landbougebiede wat oënskynlik gunstig voor= kom vir die onderhouding van erdwurms met hierdie diere te bevolk, vereis 'n deeglike kennis van die besondere heersende toestande. Van gepaardgaande belang is eg= ter 'n deeglike kennis van die bestaansvoorwaardes van die beskikbare erdwurmsoorte.

Die rol van erdwurms as moontlike grondverbeteraars word vandag algemeen aanvaar, nie net deur grondtier= kundiges nie maar ook deur grondbewerkers. Die prak= tiese toetsbaarheid in landboukundige sin was nog nooit heeltemal suksesvol nie. Die volgende fase in die uitbouing van ons kennis oor hierdie onder= werp is nie net van akademiese belang nie maar sny

Vervolg

veral deur tot die terrein van die praktiese toepassing.

Dit is reeds bekend dat alle erdwurmspesies nie dieselfde invloed uitoefen op gronde waarin hulle aktief is nie. Daarbenewens verskil omgewings=toestande van plek tot plek sodat erdwurmsoorte wat in sekere gebiede 'n gunstige realiseerbare effek mag uitoefen ten opsigte van byvoorbeeld belugting van grond, herwinning van spoorelemente, verbetering van dreineringsensovoorts nie noodwendig op dieselfde wyse 'n bydrae sal lewer indien hulle na ander gebiede oorgedra word nie. Die seleksie van die voordeligste spesie of spesies vir 'n bepaalde gebied met sy eiesoortige ekologiese toestande is dus van groot belang. Die geweldige spesieverskeidenheid en die daarmee gepaardgaande verskille ten opsigte van hulle bestaansvoorwaardes en aktiwiteite vereis 'n kennis van die ekologie van die individuele spesie alvorens daar selfs gedink kan word in terme van 'n wye algemene toepassing van erdwurmtoedieing met die oog op grondverbetering.

Die soeke na 'n geskikte spesie of spesies hou groter moontlikhede in as pogings om die omgewing

Vervolg

te probeer modifiseer vir erdwurmspesies waarvan die bestaansvoorwaardes en nuttigheidswaarde reeds bekend is. Laasgenoemde metode het, om praktiese redes, baie beperkings.

Met verwysing na die vogfaktor en die besondere rol wat dit speel in die voortbestaan van grondgemeenskappe en met in ag neming van die vogliewende bestaan wat erdwurms voer, hou besproeiinggronde waar vogtoediening algemene praktyk is, moontlikhede in as uitbreidingsgebiede vir erdwurmbevolkings.

In die algemeen kan gesê word dat daar reeds heelwat bekend is oor die bestaansvoorwaardes van erdwurms. Dat die meerderheid spesies vogliewend is, is 'n bekende feit. Die wyse waarop temperatuurstoestande erdwurmbevolkings beïnvloed, blyk in breë trekke uit die werk van verskillende outeurs in verskeie wêrelddele. Voorts is dit ook bekend vir verskeie erdwurmspesies dat hulle verspreiding grootliks verband hou met ander faktore soos pH, fisiese struktuur van die grond, beskikbaarheid van organiese materiaal ensovoorts. Die bestudering van die bestaansvoorwaardes behels dus 'n ontleding van die komplekse samestelling van 'n verskeidenheid faktore wat in mindere of meerdere

Vervolg

mate van wisselwerking met mekaar verkeer en nie sondermeer geïsoleer kan word nie.

Indringende ondersoeke na die bestaansvereistes van verskillende erdwurmspesies en daaropvolgende vergelyking daarvan met die onderhoudingsmoontlikhede in besproeiingsgronde in Suid-Afrika kan help om die vraag te beantwoord of die nuttigheid van erdwurms prakties toetsbaar is op landboukundige gebied. Eers wanneer voldoende uitsluitel gegee kan word oor die moontlikhede van uitbreiding van bestaande erdwurmbevolkings na besproeiingsgronde kan daar sprake wees van langtermyn terplaatsse ondersoeke na die sukses al dan nie van erdwurms in Suid-Afrikaanse landbougronde.

MICROCHAETUS MODESTUS (MICROCHAETIDAE)

EN EISENIA ROSEA (LUMBRICIDAE) EN

HULLE BESTAANSVEREISTES MET BETREKKING

TOT TEMPERATUUR EN GRONDOVOG

1. INLEIDING

In die lig van die potensiele nuttigheidswaarde van verskeie grondbewonende diere, en met in ag neming van die relatief gebrekkige kennis ten opsigte van die terrestriële Oligochaeta van Suid-Afrika, het 'n ondersoek na hierdie diergroep, hulle morfologie en ekologie, haas nodig geword. Weens die beperkte kennis in verband met die Suid-Afrikaanse spesies bied hierdie diergroep 'n uitgebreide studieveld wat, vanweë die eenheid van 'n dier se bestaan en aktiwiteit in die natuur, op hierdie vroeë stadium van ons kennis slegs met versigtigheid kompartementeel bestudeer behoort te word. Omdat soveel basiese kennis nog nie ingewin is waaruit indringende aspeksanalise kan voortvloei en waarop sinvolle sintese kan geskied nie, moet 'n studie van die Suid-Afrikaanse Oligochaeta, indien dit nie wil uitloop op 'n breëre algemene en aan=

vanklik oppervlakkige insameling van feite nie, noodwendig omvattend en indringend wees. Waar die huidige ondersoek primêr gemoeid was met inwinning van kennis in verband met die bestaansvereistes van twee spesies is dit, terwille van logiese wetenskapuitbouing, nodig ge-ag om sovermoontlik 'n totaliteitsvisie te handhaaf. Die benadering wat gevolglik gevolg is, was om albei spesies eers morfologies te ondersoek. Hierdeur kon latere onduidelikhede oor die spesies wat vir die eksperimentele ondersoeke gebruik is, voorkom word. Hierdie benadering is noodsaaklik ge-ag in die lig van die onsekerhede oor die taksonomiese posisie van die Microchaetidae (waarvan Microchaetus modestus Michaelsen 1899, 'n endemiese spesie, as verteenwoordiger in die huidige ondersoek gebruik is) en die feit dat selfs die taksonomie van die Lumbricidae (waarvan Eisenia rosea Savigny 1826, 'n eksotiese spesie, as verteenwoordiger in die huidige ondersoek gebruik is) ook in hersiening geneem behoort te word (Gates 1969).

Voorts is dit nodig ge-ag om albei spesies a priori ekologies te ondersoek ten einde kennis

in te win in verband met hulle algemene ekologie en selfs geografiese verspreiding. Dit was veral noodsaaklik met die oog op die versameling, aanhouding en teel van wurms in die laboratorium vir eksperimentele ondersoeke.

Gedurende 1967 is 'n kwantitatiewe veldondersoek gedoen ten einde die ekologie van Eisenia rosea te ondersoek (Reinecke & Ljungström 1969). 'n Soortgelyke veldstudie is gedurende 1968/69 met betrekking tot Microchaetus modestus gedoen (Reinecke & Ryke, 1972). Na afloop van hierdie ondersoeke kon daar reeds op betekenisvolle ekologiese verskille tussen die twee spesies gewys word.

Die interpretasie van die resultate van die ondersoek na die bestaansvereistes het ook, soos later geblyk het, grootliks gebaat by die kennis in verband met beide die morfologie en ekologie van die spesies.

Die eksperimentele ondersoeke na die bestaansvereistes van die twee spesies het egter ook onvermydelik meegebring dat heelwat aandag geskenk moes word aan die ontwikkeling van tegnieke en

metodes vir die doeleindes van die ondersoek.

2. DIE PROEFDIERE

2.1 Microchaetus modestus Michaelsen 1899

2.1.1 Morfologie, taksonomie en verspreiding

Die oorspronklike versamelgebied van die spesie word aangegee as die noordgrens tussen die Transvaal en die Vrystaat (Michaelsen, 1899). Die presiese lokaliteit is nie bekend nie. Die huidige outeur het dieselfde spesie reeds versamel te Warrenton, Parys en Skandinawiëdrift, wyduiteengeleë punte op die walle van die Vaalrivier. Kort voor die voltooiing van die ondersoek is die spesie ook by die Modderdam in die Potchefstroomse dikstrik gevind. Die genus Microchaetus is endemies in Suid-Afrika. Microchaetus modestus verteenwoordig in sy verspreiding, so ver bekend, die noordelike grens van die verspreidingsomvang van die genus. Die meeste spesies van die genus is tot dusver in Noordoos-Kaapland en Natal gevind.

Met die oog op die latere ekologiese en ekspe-

rimentele ondersoek is die spesie gedurende 1967/68 morfologies ondersoek. Die taksonomiese posisie van die meeste Suid-Afrikaanse Microchaetidae en die onderlinge verwantskappe van die spesies en genera is nog onseker (Ljungström & Reinecke, 1969).

Weens die groot morfologiese variasie, veral ten opsigte van daardie kenmerke wat deur die eerste beskrywer van Microchaetus modestus as van besondere taksonomiese belang beskou is, en vanweë die feit dat die identifikasie met behulp van die oorspronklike beskrywing deur gebruikmaking van die sleutelkenmerke baie maklik tot foutiewe identifikasie kan lei, word die resultaat van die morfologiese ondersoek hier weergegeë.

Nota: Nommers tussen hakies dui die getal eksemplare aan wat ondersoek is.

Versamelgebied: Skandinawiëdrift op walle van die Vaalrivier 27/3/1967. A.J. Reinecke. Ook op 21/11/1967. A.J. Reinecke en P.O. Ljungström.

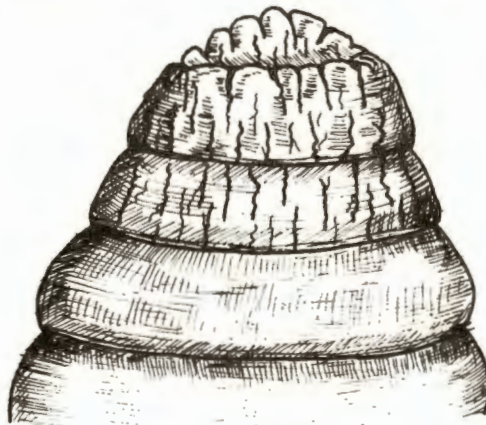
Uitwendig: Lengte 110 tot 160 mm. Maksimum deursnee voor klitellum 4 - 6 mm. Segment 1 en 2

TABEL I

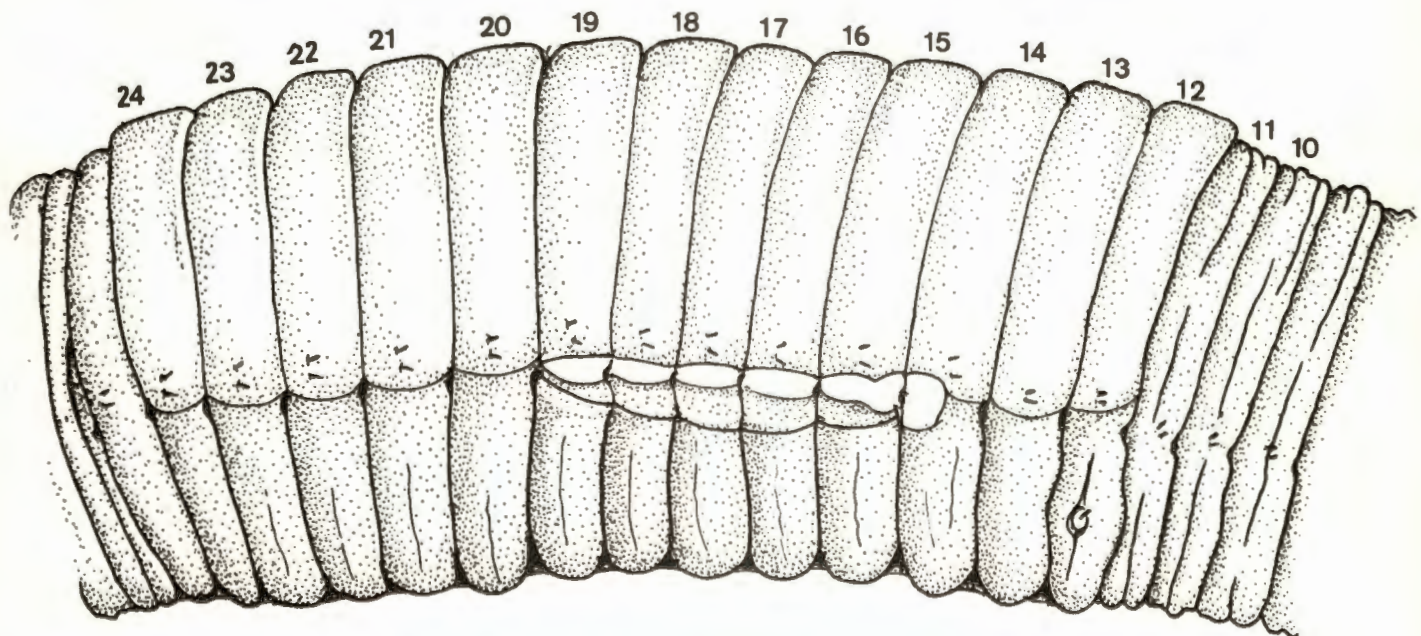
Interasetale afstande in eenhede soos ge=meet by 16x vergroting vir tien eksemplare op segment 10 (Microchaetus modestus)

Eksemplaar	aa	ab	bc	cd	dd	Posisie van kopulato=riese papil
1	30	9	35	3,5	-	lateraal
2	31	10	38	3,5	-	ventraal
3	40	9	37	4	-	geen
4	40	9	38	3,5	87	ventraal
5	40	10	37	5	80	lateraal
6	40	11	40	4	-	lateraal
7	40	13	37	7	-	lateraal
8	44	10	47	5	-	ventraal
9	45	9	40	4	88	lateraal
10	50	11	50	5,5	99	ventraal
$\bar{x}$	40,0	10,1	39,9	4,5	88,5	
Varsiansie	35,78	1,65	23,21	1,28	61,67	
Standaard=afwyking	5,98	1,29	4,82	1,13	7,85	

FIGUUR 1 **MONDWYK**



FIGUUR 2



LATERAALAANSIG

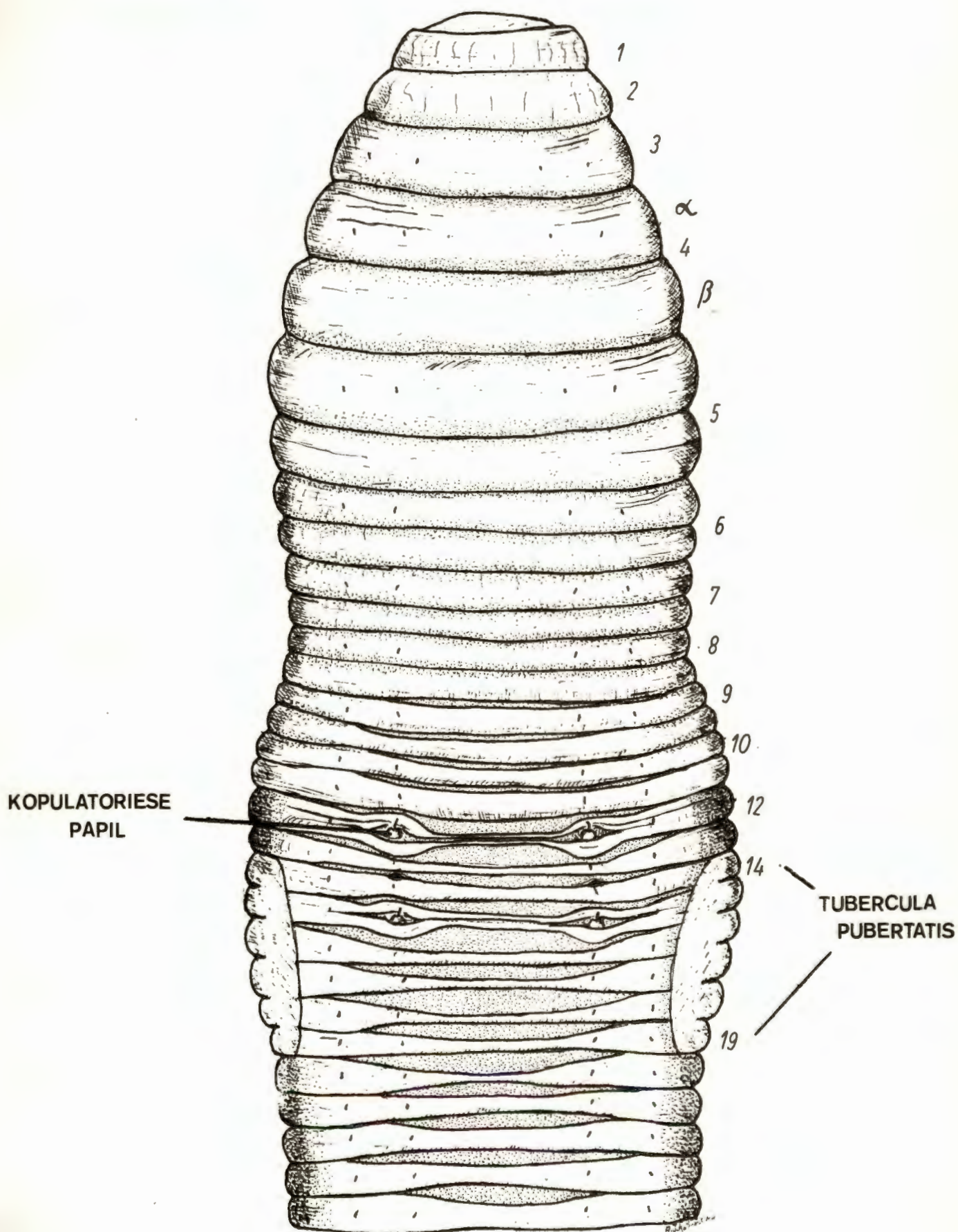
KLITELLUMWYK

met baie lengteverlopende groewe (figuur 1).
 Grys van kleur. Segmentgetal, 201 - 316 met 'n
 gemiddeld van 273 vir 33 eksemplare. Segmente
 4 - 9 in ringe verdeel met α baie langer as β op
 9.. Prostomium prolobies (16). Eerste setas
 op segment 2 (5). Setas klein en soms moeilik
 lokaliseerbaar maar groter op die agterste deel
 van die liggaam. Setaverhouding op segment 10
 (Tabel I): aa : ab : bc : cd : dd =
 40 : 10 : 40 : 4,5 : 88,5.

Nefroporieë is segmentaal op die voorste grens
 van die segmente geleë. Onopvallend op die
 preklitellêre segmente maar opvallend in die
 klitellumstreek. Eerste nefroporie op seg=
 ment 4 (7). 0,5 CD op segment 4 en 0,3 CD op
 10, effens onder C op 14 en in B op die agter=
 liggaam. Dorsale porieë ontbreek. Die kli=
 tellum is saalvormig (figuur 2) en reik tot aan
 C op 12 - 24 (30). Intersegmentale groewe is
 duidelik afgebaken. Die tubercula pubertatis
 (puberteitsriwwe) tussen B en C as onduidelike
 bande of onreëlmatige eiovormige riwwe op seg=
 ment 14 - 19 (28) wat deur intersegmentale groewe
 onderbreek word (figuur 2 en 3). Die spermsak=

FIGUUR 3

VENTRAALAANSIG



TABEL IIa

Die getalle en inter- en intrasegmentale
variasie van die kopulatoriese papille
van eksemplare van Microchaetus modestus
wat op 27/3/1967 versamel is

Eksem- plaar	Totale getal kop. pap.	Intersegmentale rangskikking		Intrasegmentale posisie	
		Links	Regs	Ventraal by	Lateraal tussen
1	geen	-	-	-	-
2	5	12,15	12,15,22	-	bc
3	4	12,15	12,15	a	-
4	6	11,12,15	11,12,15	-	bc
5	4	12,15	12,15	a	-
6	6	12,15,20	12,15,20	-	bc
7	4	12,15	12,15	-	bc
8	5	12,15	12,21,22	a	-
9	2	15	12	-	bc
10	3	15	12,15	a	-
11	5	12,15	12,15,21	-	bc
12	4	12,15	-	a	-
13	6	12,15,18	15,18	a	-
$\bar{x} = 4,5$; Variansie = 1,55; S.A. = 1,24.					

openinge is oppervlakkig in 11/12 net bokant B en nie met papille ge-assosieer nie.

Die vroulike openinge is op die voorste grens van segment 14 op A geleë. Die manlike geslagsopeninge is in 15/16 net onder die nefroporieë en word van laasgenoemde geskei deur 'n dun „membraan“. Die spermsak-, manlike en vroulike openinge is besonder klein en word alleen waargeneem na strekking van die epidermis.

Kopulatoriese papille (Tabelle IIa en b) in AB of omtrent 0,5 BC op 12 en 15 of 12, 15 en 22. Soms ook op segmente 18, 20, 21 en/of 23. Die setas is gemodifiseer tot genitale setas wat op klein papille ingebed is (figuur 3) en omring word deur 'n invagineerde ring. Indien die papille lateraal voorkom is setas a en b nie in hulle normale ventrale posisie nie maar op die laterale papille. Voorts is die papille nie in 'n reguit lyn op dieselfde wurm nie wat die indruk skep dat dit vanaf AB verskuif het.

Inwendig: Pigment gryskleurig, in kringspiere. Eerste septum by 4/5 baie en dié by 7/8 en 8/9 matig verdik (4). Koumaag vaatjievormig, twee=

TABEL II b

Die inter- en intrasegmentale variansie van die kopulatoriese papille van eksemplare van Microchaetus modestus wat op 21/11/67 versamel is

Eksemplaar	Totale getal kop. pap.	Intersegmentale rangskikking		Intrasegmentale posisie	
		Links	Regs	Ventraal by	Lateraal tussen
1	2	15	15	-	bc
2	3	12,15	15	-	bc
3	3	15	12,15	-	bc
4	3	12,15	15	-	bc
5	6	12,15,22	12,15,22	-	bc
6	5	12,15,22	12,15	-	bc
7	3	12	12,15	a	-
8	3	0	12,15,22	a	-
9	3	12	12,15	a	-
10	4	12	12,15,22	-	bc
11	5	12,15	12,15,22	-	bc
12	4	12,15	12,15	-	bc
13	4	12,15	12,15	a	-
14	6	12,15,22	12,15,22	a	-
15	3	12	12,18	a	-
16	8	12,15,22 23	12,15,22 23	a	-
17	4	12,15	12,15	a	bc
18	3	12	12,15	a	-
$\bar{x} = 4,0$; Variansie = 2,24; S.A. = 1,495.					

delig, met die voorste lob of deel langer (figuur 4 en 5). In segment 7 (9) geleë. Die koumaag word uitgevoer met 'n baie dik, nie-iridisente kutikula.

Die esofagus is inwendig gelamelleerd tot by omtrent segment 12 waar 'n oorgangstreek begin en strek tot by 13. Hierdie streek kom voor as 'n intestinum maar is nie in dieselfde mate verwyd as die intestinum self nie. Geen esofageale klep is waargeneem nie.

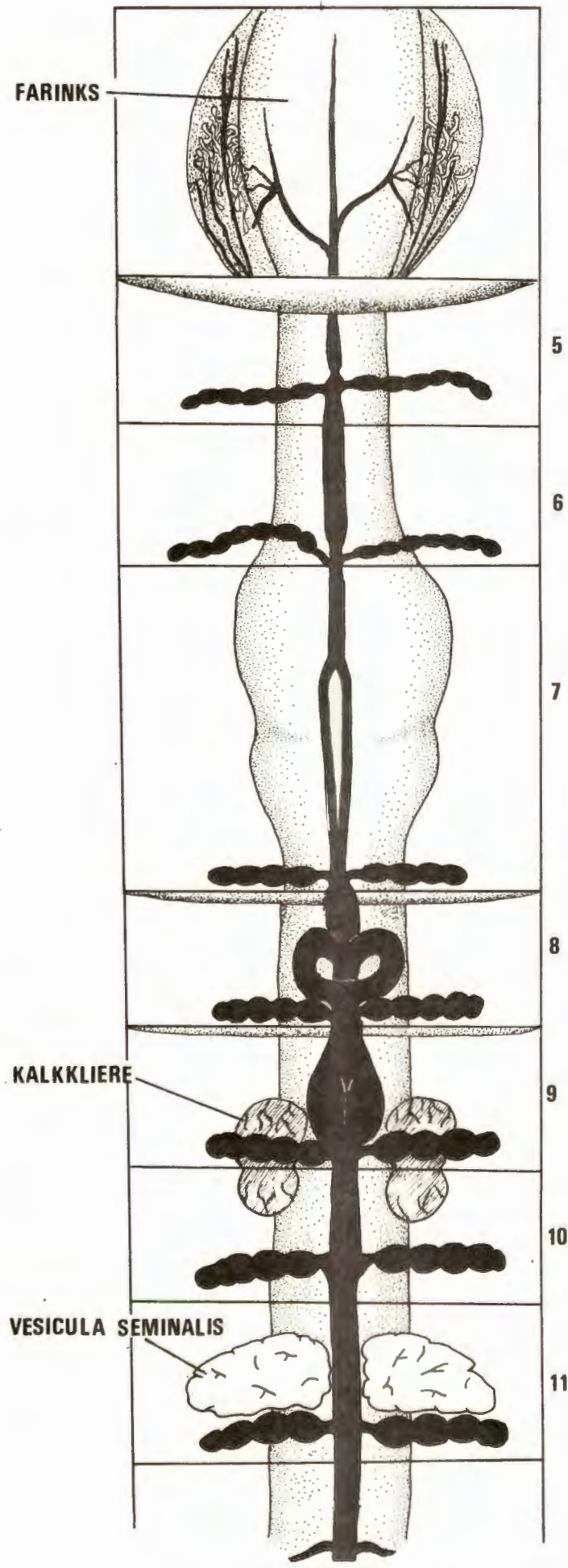
Die kalkkliere of esofageale kliere bult lateraal uit vanaf die esofagus en is daarmee verbind deur 'n dik langerige buis. Die kliere is tweelobbig met die agterste lob kleiner as die voorste (figuur 4). Die twee kliere is in segment 9 geleë maar stoot septum 9/10 in segment 10 uit. Die verbindingsbuis open dorso-lateraal in die esofagus (in 9).

Die intestinum begin in 14 (5). Die tiflosool begin in segment 24 (5), is U-vormig en diep en beslaan omtrent twee derdes van die spysverteringskanaal.

Die dorsale bloedvat is dubbel in segment 7, 8

FIGUUR 4

BLOEDVATE (DORSAAL)



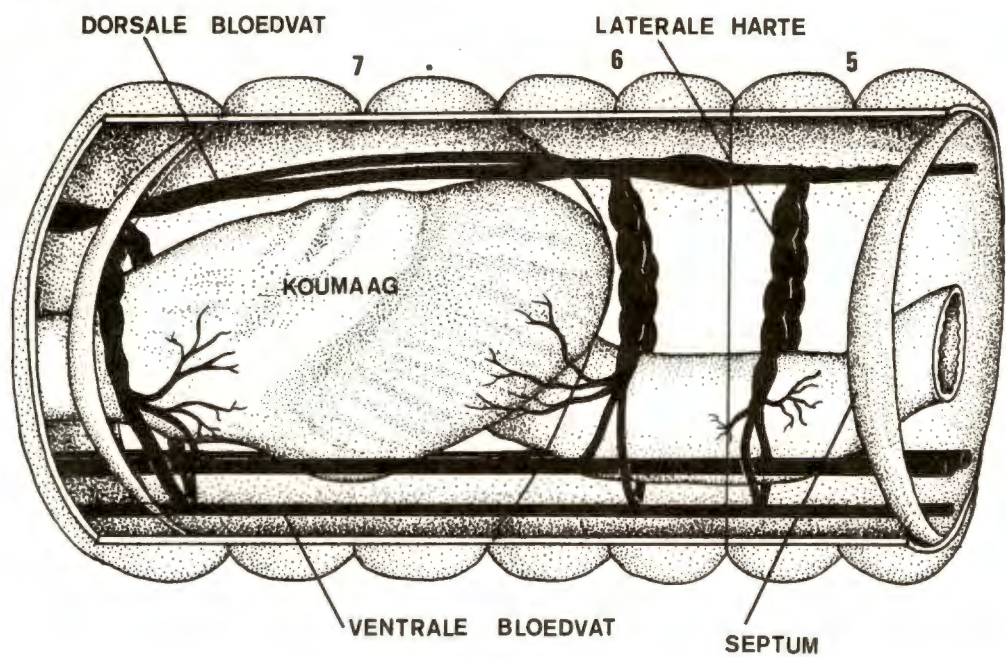
en 9 (figuur 4) of 6, 7, 8 en 9 maar enkel waar dit deur die septums gaan. Die dorsale vat dring die dak van die farinks in die voorste gedeelte van segment 3 of agterste gedeelte van 2 binne en verloop verder na vorentoe, steeds dieper in die dak van die farinks in.

Ses paar harte in segmente 6 - 11. Die ekstra-esofageale bloedvate ontspring in segment 9 by 9/10 en gee 'n aftakking in die voorste deel van segment 9 na die kalkkliere. Die ekstra-esofageale vate verloop mesiaal in 9 en 8 en ongeveer ventraal tot mesiaal in segmente 7 tot 5. In segment 4 by 4/5 sluit die vate aan by 'n U-vormige kommissure. Die boonste deel van die kommissure vurk in 4 by 3/4 en verloop parallel in segment 3 tot 2 en dring die dak van die farinks binne in die voorste deel van segment 3 of agterste deel van segment 2. Laer= liggende takke sluit by die ventrale boedvat aan by 3/4 in die agterste deel van segment 3. Supra-intestinale en subneurale bloedvate ontbreek.

Die „brein" bestaan uit twee serebrale ganglions wat halfmaanvormig verbind is en in segment 2 geleë is. Een paar prostomiale aanwesig.

Nefridiums is trossievormig, holonefries, ekso=

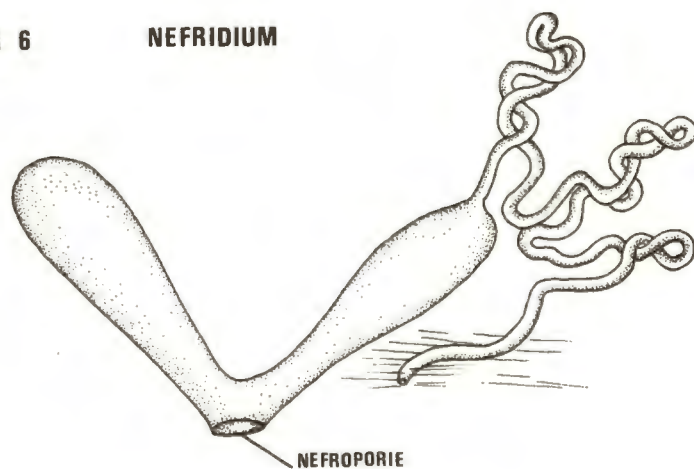
FIGUUR 5



FIGUUR 6

NEFRIDIUM

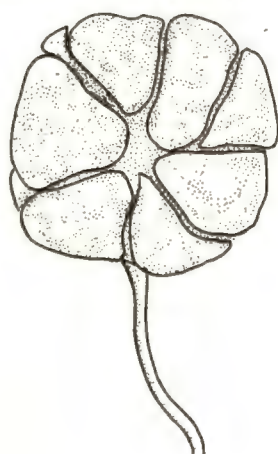
2mm



FIGUUR 7

MANLIKE TREGTER

1.5mm

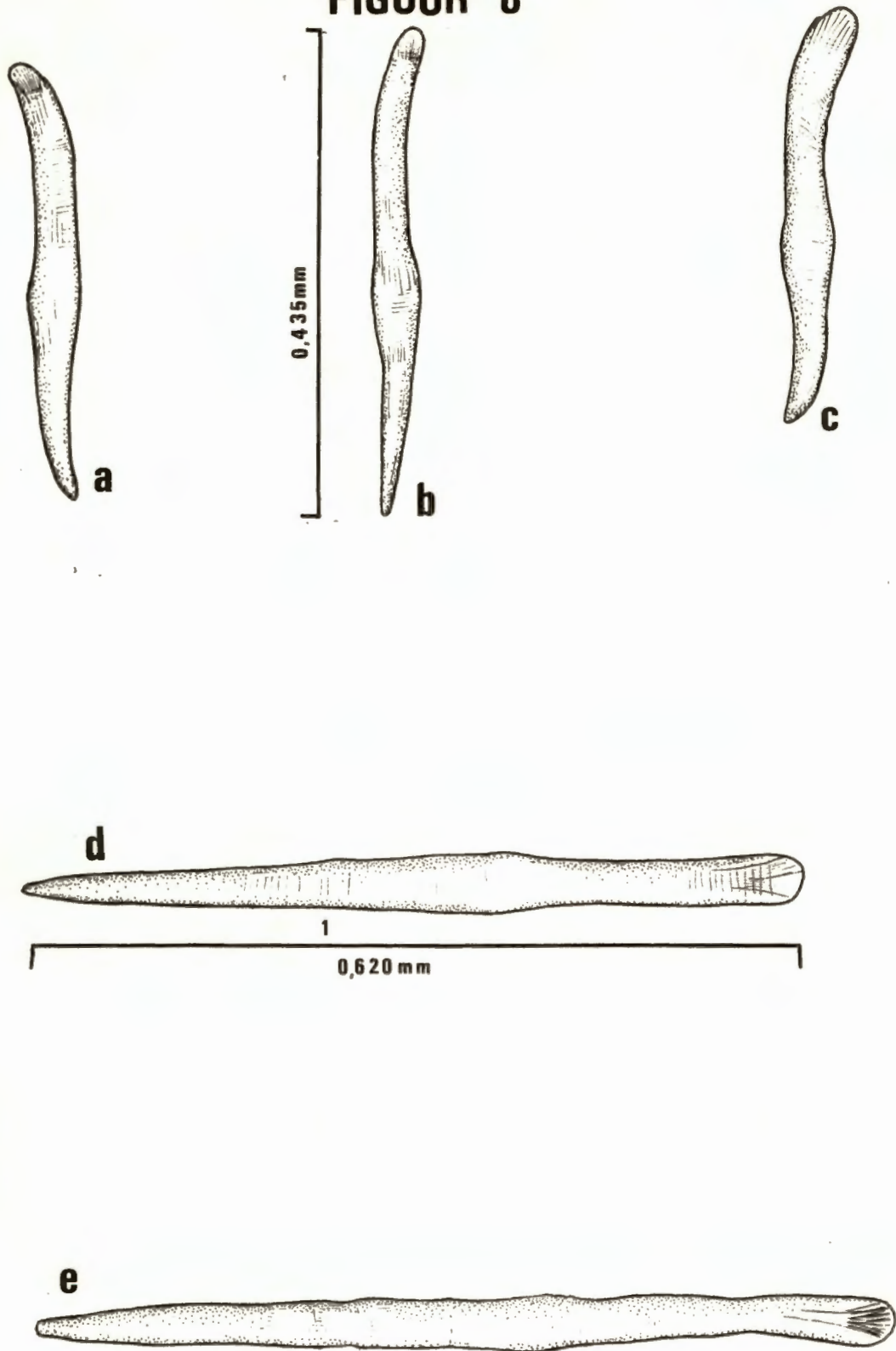


nefries en vesikulêr. Figuur 6 toon 'n nefridium soos deur die disseksiemikroskoop waargeneem. Die eerste paar nefridiums in 4, faringeaal. Dié in 4 het 'n gekompliseerde samestelling van gedraaide buisies. Tot tien van hierdie buisies is in een eksemplaar getel. Dié in segment 5 is duidelik verdeel in 'n boonste en onderste deel. Die onderste deel is met die boonste in verbinding deur 'n enkele buis. Die onderste deel bestaan uit drie gedraaide buise en die boonste uit twee. Die nefridiums het vyf buisies in segment 4, drie in 7, vier in 8, drie in 9, twee in segmente 10 - 11, een in 12, drie in 13, vier in 14, twee in 15, vier in 16, drie in 17, twee in 18 en drie in 19.

Die testes in tregters word omsluit deur sakke in 10 en 11. Testes in onreëlmatige, peervormige lobbe wat dorso-lateraal (1) op die septa geleë is. Testissak in segmente 10 en 11 maar het ontbreek in een eksemplaar. Manlike tregters blomvormig (figuur 7).

Ovariums in segment 13 (6). Waaievormig met twee lae tregtervormige buise. Sewe buise is in een ovarium aangetref. Ovisak ontbreek. Vesiculae seminales in 11 en 12 vanaf 11/12,

FIGUUR 8



GENITALE EN GEWONE SETAS

groot en lobagtig.

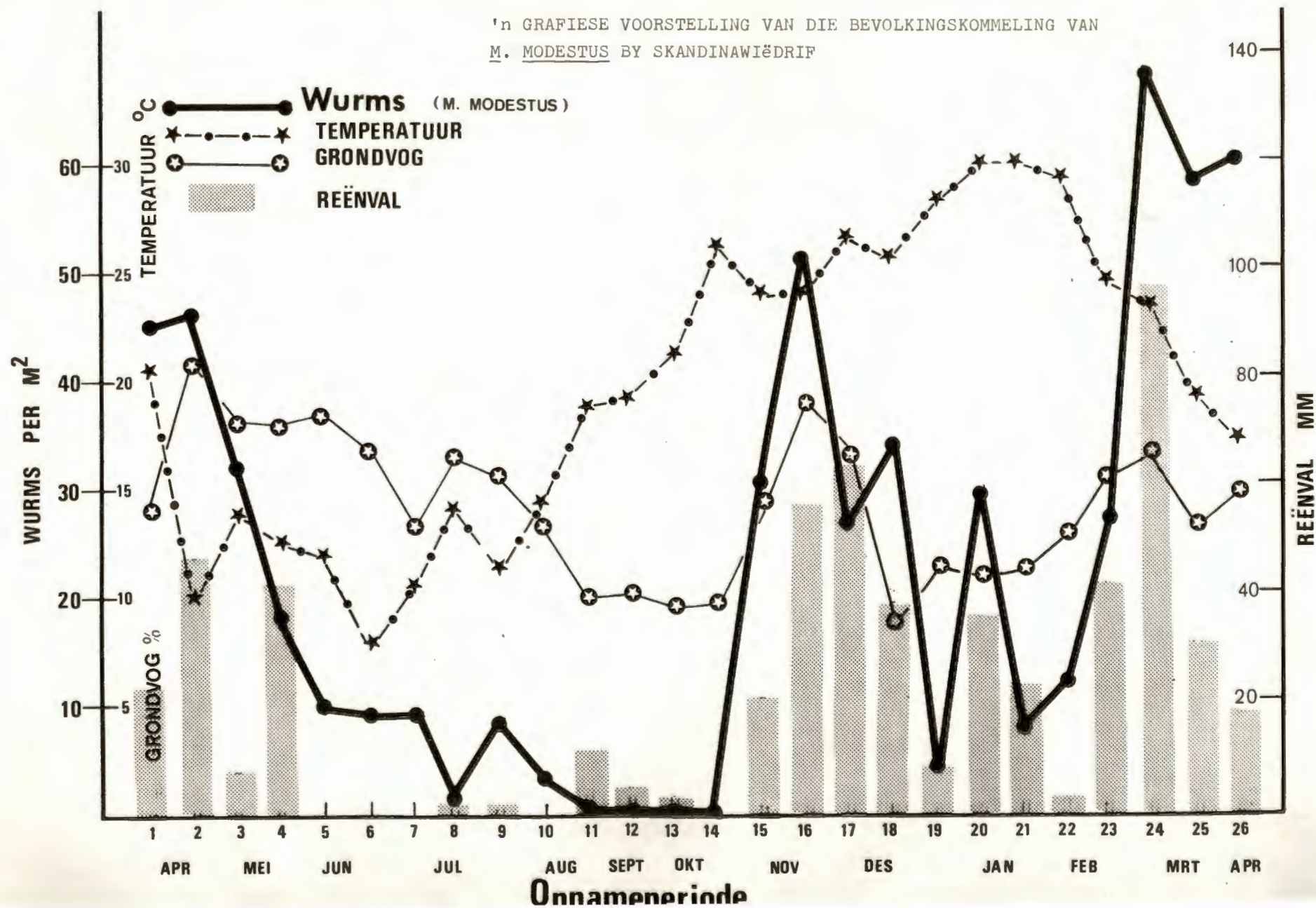
Genitale setas besit baie klein nodules (figuur 8d en e) en is byna reguit. Distale ent stomp en geringe ornamentasie kom voor. Gewone setas is kort en geboë (figure 8a, b en c). Een paar spermsakke in elk van segmente 11 en 12. Reguit, J-vormig of soms U-vormige met 'n kort buis en nek. Altyd adivertikulêr. G.M.-kliere is rond met 'n sentrale oop lumen. Een klier per papil.

2.1.2 Ekologie en lewensloop

Uit 'n ondersoek wat uitgevoer is (Reinecke & Ryke, 1972) om inligting in te win in verband met die ekologie van Microchaetus modestus het onder andere uit tweeweklikse kwantitatiewe opnames op persele by Skandinawiëdrif langs die Vaalrivier geblyk dat die bevolkingsdigtheid van die spesie maksimum= pieke bereik gedurende die laat lente en herfs. Die lentepiek was van 'n laer orde as die herfs= piek en baie afhanklik van die hoeveelheid en aan= vang van die eerste somerreënneerslae (figuur 9). Die invloed wat beide temperatuur en grondvog, as twee van die vernaamste ekologiese faktore, op

FIGUUR 9

'n GRAFIESE VOORSTELLING VAN DIE BEVOLKINGSKOMMELING VAN
M. MODESTUS BY SKANDINAWIËDRIF



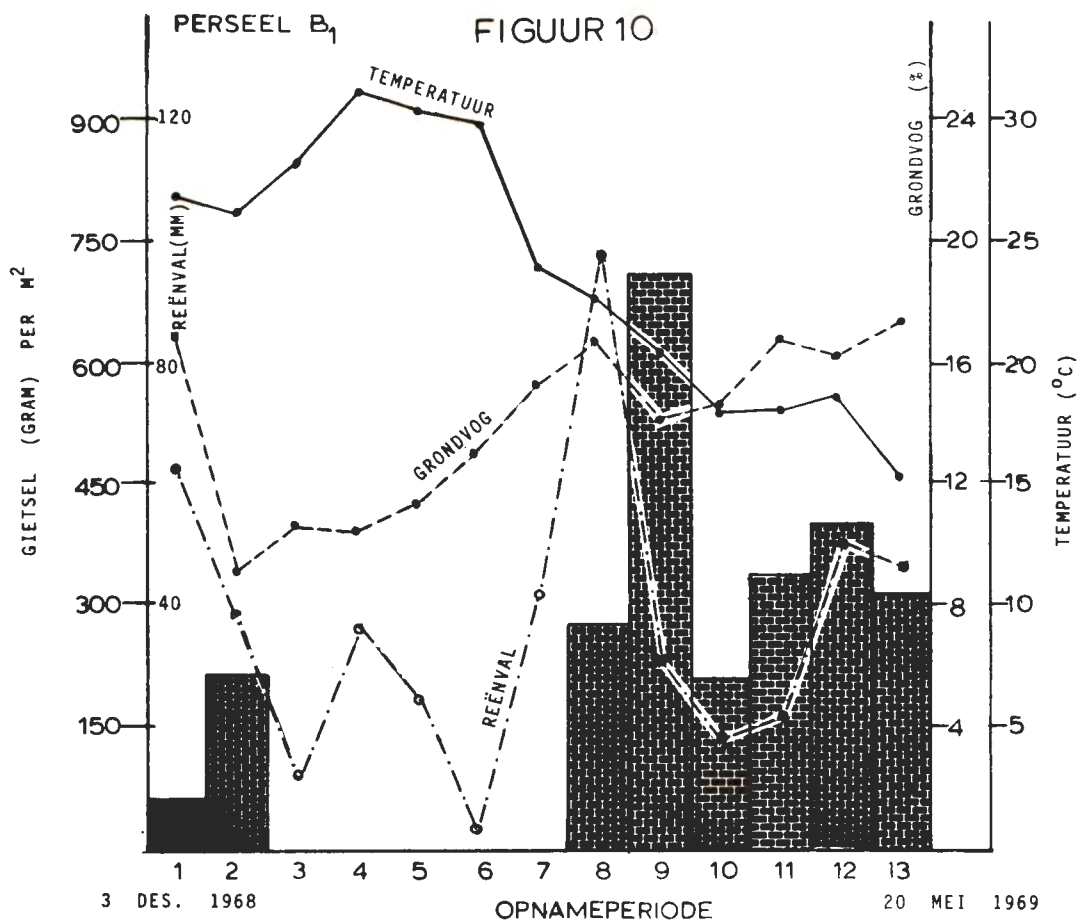
die getallegdigtheid van die wurms het, het duidelik uit die ondersoek na vore getree soos geïllustreer deur die resultate vir die droë winterperiode en middelsomer toe uiterstes ten opsigte van beide faktore bereik is.

Die biomassa van die wurms per vierkante meter bereik sy hoogste piek gedurende herfs wanneer die meeste volwasse wurms ook aangetref is. Uit die ondersoek het voorts geblyk dat juveniele wurms vir die grootste gedeelte van die ondersoekperiode op die persele voorgekom het waaruit afgelei is dat voortplanting dwarsdeur die jaar kan plaasvind, afhangende daarvan of grondtoestande die uitbroeiing van kokonne begunstig.

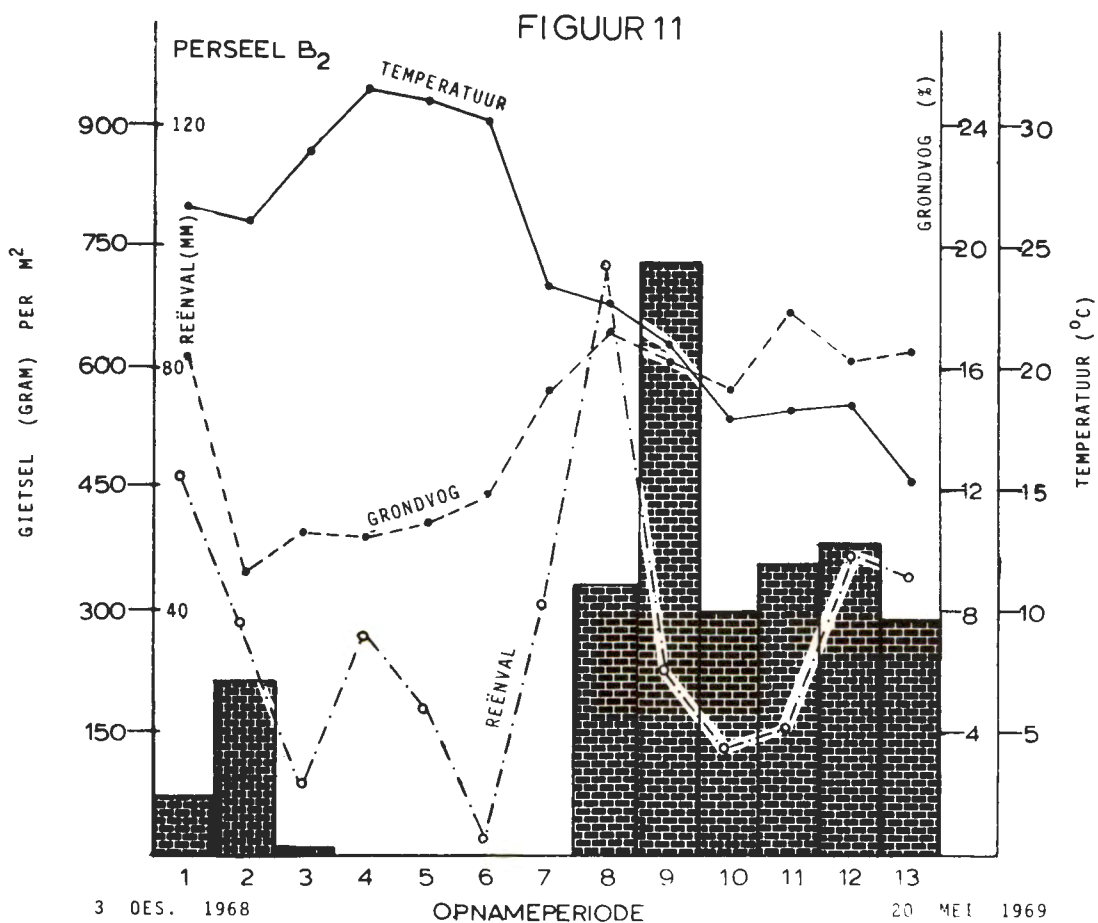
Vars kokonne het tussen 18 en 30 dae geneem om by 'n temperatuur van 22°C onder gunstige vogtoestande in die laboratorium uit te broei.

Microchaetus modestus kan in 'n rustoestand of diapouse oorgaan wanneer grondtoestande ongunstig word. Temperatuur en grondvoggehalte het die belangrikste induserende faktore geblyk te wees.

'n Ondersoek na die gietselproduksie van Microchaetus modestus (Reinecke & Ryke, 1970a) het 'n



HISTOGRAM VAN DIE GIETSELPRODUKSIE EN GEMETE FISIESE FAKTORE OP PERSEEL B₁



HISTOGRAM VAN DIE GIETSELPRODUKSIE EN GEMETE FISIESE FAKTORE OP PERSEEL B₂

produksie van $2,85 \text{ kg/m}^2$ per ses maande aan die lig gebring. Die erdwurmaktiwiteit soos gemeet aan gietselproduksie het 'n duidelike korrellasie vertoon met beide grondtemperatuur en grondvoggehalte (figure 10 en 11) en was hoofsaaklik beperk tot die periode vanaf laat November tot Mei.

Microchaetus modestus kom normaalweg in sande- en leemgronde voor. Ontleding van grond uit twee versamelgebiede (Parys en Skandinawiëdrif) toon die volgende persentasiesamestelling:

klei : 10,3 - 15,0; slik : 8,7 - 12,8;
sand : 41,5 - 80,1.

Die pH van die grond (KCl-metode) wissel tussen 6,8 en 7,2.

'n Eksperimenteel-ekologiese ondersoek na die vogvoorkeure en desikkasie van Microchaetus modestus (Reinecke & Ryke, 1970b) het getoon dat die wurm 'n grondvogtoestand rondom 21% in die habitatgrond verkies. Volwasse wurms neem ongeveer 500 minute om die vitale perk van desikkasie te bereik wanneer 53,0% van die liggaamsmassa by 22°C as gevolg van vogverlies verlore gaan.

Voorts het dit geblyk dat juveniele wurms teen 'n laer koers vog verloor as volwasse wurms.

2.2 Eisenia rosea Sav.

2.2.1 Morfologie, taksonomie en verspreiding

Die Lumbricidae word in Suid-Afrika verteenwoordig deur 'n verskeidenheid spesies waarvan Allolobophora trapezoides en Eisenia rosea van die algemeenste is. Laasgenoemde spesie word veral in Transvaal wydverspreid in tuine aangetref. Hierdie algemene verspreiding van Eisenia rosea het die vermoede laat ontstaan dat die spesie moontlik beter aangepas mag wees by die heersende ekologiese toestande as die endemiese spesies (Microchaetidae) wat nie so 'n algemene verspreiding besit nie. Die keuse van 'n eksotiese spesie vir die huidige ondersoek het gevolglik op Eisenia rosea geval op grond van genoemde vermoede.

Die outeur het Eisenia rosea tot dusver in die volgende lokaliteite versamel:

Transvaal: Potchefstroom, op walle van die

Mooirivier. 13/2/67 en verskeie ander datums.

Roodesplot in ou wingerd 2/2/67.

Bloekomplantasie 18/4/66.

Bailliepark langs Paryspad 3/7/67.

Roodepoort, In tuin 3/9/68.

Kaapprovinsie: Oos-Londendistrik langs Butterworth-pad by Quenerarivier 25/10/67.
King Williamstown-distrik 26/10/67
(op pad na Kidd's Beach); 27/10/67
(by Debe Nek op pad na Alice).

'n Taksonomiese ondersoek na die spesie dui daarop dat dit morfologies geen opvallende afwyking vertoon van die bestaande beskrywings vir Europese verteenwoordigers nie. Beskrywings van die spesie kom voor in Gerard (1964), Gates (1956), Omodeo (1964) en andere. In die jongste tyd het daar egter onsekerheid ontstaan oor die presiese taksonomiese posisie van die spesie.

Savigny (1826) se Enterion roseum is deur sommige Europese en Amerikaanse deskundiges in Eisenia verenig. Ander Europeërs plaas die spesie in die genus Allolobophora. Gates (1969) meen egter dat Enterion roseum wat klaarblyklik oor=

eenstem met die spesie wat hier onder bestudering is, by nie een van die twee genoemde genera tuis= hoort nie en dat sy ware taksonomiese posisie eers na verdere lumbrisiedhersienings opgeklaar sal word.

Vanweë hierdie onsekerheid is dit as noodsaaklik ge-ag om ook in die geval van hierdie spesie 'n beperkte morfologiese ondersoek te onderneem ten einde latere onduidelikheid oor die taksonomiese posisie van die spesie wat vir die huidige ekspe= rimentele ondersoek gebruik is uit die weg te ruim.

Uitwendig:

Lengte: 40 - 98 mm. Gemiddeld: 52 mm. Deursnee voor klitellum 3 - 4 mm. Prostomium epilobies. Segmentgetal 97 - 124 met 'n gemiddeld van 124 (22). Tubercula pubertatis (figuur 12) as laterale bande op 29 - 0,5:31 (4) of 29 - 31 (6). Die klitellum kom voor op segmente 24 - 32 (15) of 0,5:25 - 32 (24), is saaltjievormig en strek af tot by setalyn B.

Die eerste dorsale porie by 4/5 (27) of 5/6 (28), 6/7 (16).

Die setas is volgens die tipiese lumbrisiëde rangskikking en eng gepaard met aa effens groter as bc.

Die paar manlike geslagsopeninge kom voor op ver= hewe klieragtige papille aan die ventrale kant van segment 15. Vroulike geslagsopeninge op 14.

Inwendig

Vier paar vesiculae seminales in 9 - 12 (4). Twee paar spermateka naamlik in 10 en 11 naby die mid-dorsale lyn met openinge in 9/10 en 10/11 (4) of afwesig (2). In die geval van die eksemplare wat geen spermateka gehad het nie, het die vesiculae seminales slegs in 11 en 12 voorgekom.

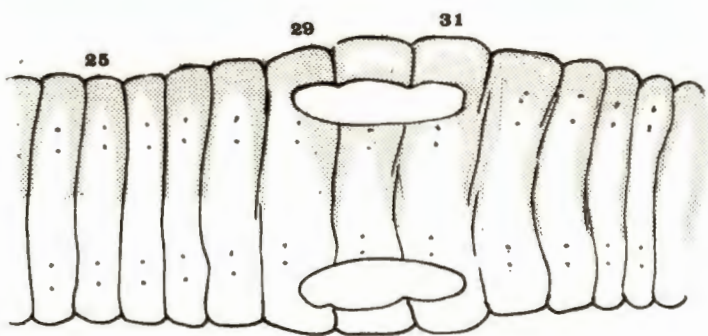
Laterale harte aanwesig in segmente 7 - 11. Septum 7/8 en 8/9 is dikker as die ander (5) en soms ook septum 9/10 (2). Die tiflosool begin by 109 (2), 112 (1), 115 (1) of 104 (1).

Twee paar testes aanwesig in 10 en 11 sonder testissakke (2).

Een paar ovariums in segment 13 (1). Kalkkliere kom voor in segment 10.

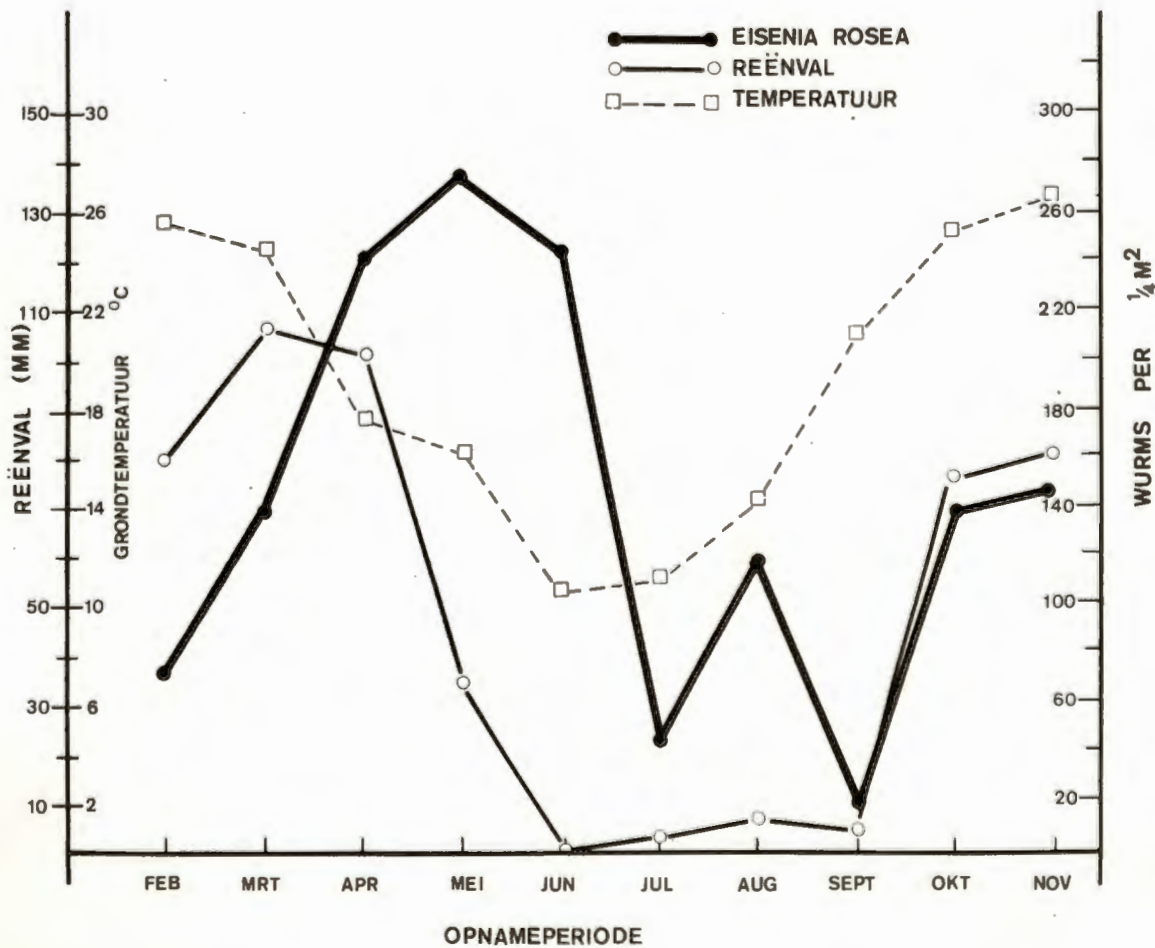
FIGUUR 12

KLITELLUMSTREEK (VENTRAAL) VAN E. ROSEA OM DIE
TUBERCULA PUBERTATIS AAN TE TOON



FIGUUR 13

'n GRAFIESE VOORSTELLING VAN DIE BEVOLKINGSKOMMELING VAN EISENIA ROSEA OP
DIE WALLE VAN DIE MOOIRIVIER IN POTCHEFSTROOM TESAME MET REËNVAL EN TEM=
PERATUUR SOOS GEBLIK HET UIT EKOLOGIESE STUDIES GEDURENDE 1967 (REINECKE
& LJUNGSTRÖM, 1969).



Aanduidings van partenogenese is in verskeie ondersoekte eksemplare gevind.

2.2.2 Ekologie en lewensloop

Uit 'n ondersoek wat uitgevoer is om inligting in te win oor die ekologie van Eisenia rosea (Reinecke & Ljungström, 1969) wat op die walle van die Mooirivier in Potchefstroom voorkom, het dit geblyk dat die bevolkingsdigtheid van die spesie 'n prominente maksimumpiek gedurende die herfs en vroeë winter vertoon (figuur 13). 'n Laer lentepiek is gedurende Oktober-November waargeneem. Oor die algemeen het die seisoenale getallefluktuasie verband gehou met die reënval in die gebied terwyl die indruk verkry is dat ongunstig hoë temperature gedurende die somer=reëenseisoen as beperkende faktor kon opgetree het. Wurms is gedurende Maart, Julie, Oktober en November in diapouse gevind. Gedurende Julie was 74,5% van die versamelde wurms in diapouse. Die grondtemperatuur was rondom 10°C terwyl die grondvogpersentasie 17,5% was tydens die opnamedatum. Gedurende November toe grondtemperature van 27°C en hoër voorge=

kom het, was 63,6% van die versamelde wurms in diapouse. Die aanwesigheid van 'n estiveringsperiode is reeds vir Eisenia rosea aangetoon.

Volgens Gavrilov (1960) kom 'n „verpligte” partogenese by Eisenia rosea voor. Die hoë getal juveniele wurms wat gedurende die hele jaar in die ondersoekpersele aangetref is, dui daarop dat voortplanting dwarsdeur die jaar kan plaasvind. Die besonder hoë persentasie juveniele wurms wat gedurende die droë mid-winter versamel is, mag 'n aanduiding wees van hoë sterfte onder wasse wurms gedurende die winter.

Eisenia rosea kom normaalweg voor in grond met 'n hoë kleifraksie. Die grond is effens alkalies met 'n hoë kalsiuminhoud (pH (KCl) 7,4; pH (H₂O) 8,3; Ca 4700 d.p.m).

Ondersoeke in Europa het getoon dat die wurms hulle hoogste getallegtheid gedurende lente en herfs bereik. Dieselfde verskynsel is tydens hierdie ondersoek (Reinecke & Ljunström, 1969) waargeneem in 'n lokaliteit wat in die suidelike halfgrond geleë is met 'n somerreënval. Omdat Eisenia rosea 'n geïntroduseerde spesie in Suid-

Afrika is, moes die spesie lank genoeg hier gewees het om sy seisoenale ritme te verander.

'n Fisiologiese aanpassing by die droeër, warmer toestande kon plaasgevind het.

3. GRONDTEMPERATUUR EN GRONDOVOG

Die belangrikheid van temperatuur as ekologiese faktor in die grondomgewing is reeds inleidend genoem. Die temperatuur van die grond word in die eerste plek direk bepaal deur die hoeveelheid stralingsenergie wat van die son ontvang word. Verskeie faktore soos bv. helling, plantbedekking, atmosferiese toestande en vog speel 'n belangrike rol in die beïnvloeding van die grondtemperatuur. Droë atmosferiese toestande soos wat in groot dele van Suid-Afrika voorkom, tesame met die yl plantbedekking van die grondoppervlak, bring mee dat groot uiterstes ten opsigte van grondtemperatuur bereik kan word.

Beskikbare gegewens vir verskeie gebiede in Suid-Afrika toon dat grondtemperatuur soms baie hoog kan styg. Grondbewonende diere se

voortbestaan kom gevolglik in gedrang indien hierdie temperatuurtoestande die letale perke van die aanwesige diere sou bereik.

Wanneer ondersoek onderneem word na die moontlike uitbreiding van bestaande erdwurmbevolkings na nuwe gebiede moet daar dus deeglik rekening gehou word met temperatuurvereistes. Satchell (1967) meen dat die reaksie van erdwurms op temperatuurveranderinge die hooforsaak is van vertikale seisoensmigrasie in die grond. Die outeur meen dat, ten spyte daarvan dat erdwurms in die natuur in staat is om letale temperature te vermy, hierdie faktor van fundamentele belang is in die erdwurmekologie vanweë die invloed daarvan op die motoriese aktiwiteit en metabolisme koers. Satchell (1967) meen dat 'n temperatuur van 28°C , wat volgens Wolf (1938) as die boonste letale temperatuur van Lumbricus terrestris beskou kan word, selde deur erdwurms in die natuur ondervind sal word. Hierdie benadering kan as eensydig gerig op Europese toestande beskou word aangesien erdwurms in Suid-Afrika dikwels by hoër temperature aangetref is. El-Duweini & Ghabbour (1965) het ook

bevind dat Egiptiese erdwurms van dieselfde spesies as wat in Europa gevind word by veel hoër temperature as die genoemde leef.

Volgens Reinecke & Ljungström (1969) is die Europese erdwurms in Suid-Afrika waarskynlik fisiologies aangepas by die warmer en droër klimaatstoestande. Die outeurs het verteenwoordigers van die familie Lumbricidae wydverspreid in Suid-Afrika aangetref en het vermoed dat dié eksotiese vorme, waar onder Eisenia rosea, selfs beter aangepas kan wees by klimaatstoestande as die endemiese vorme.

Grondvog moet egter ook as een van die belangrikste ekologiese faktore vir die grondfauna beskou word (Edney, 1957; Zicsi, 1958; Kevan, 1962). Daarbenewens is dit 'n faktor wat in die verlede onderhewig was aan onoordeelkundige interpretasie van vogmetings (Shantz, 1927). Dit is baie waarskynlik dat die kwantitatiewe samestelling van die grondfauna in 'n baie groot mate met die verskille in voggehalte verband hou (Ryke, 1963). Die belangrikheid van grondvog en die noue samehang daarvan met die aktiwiteit en kwantitatiewe samestelling van die gronddiere is bevestig deur

die resultate van verskeie veldondersoeke (Stöckli, 1928; Franz, 1950; Gunhold, 1954; Baltzer, 1956, e.a.). Reeds in 1915 het Bouyoucos aangetoon dat die waterhouvermoë van gronde verminder as die temperatuur styg terwyl Richards & Weaver (1944) aangetoon het dat gronde by lae temperature 'n beter waterhouvermoë het (Daubemire, 1957).

Temperatuur en voggehalte tree as ekologiese faktore dus nie los van mekaar in die grond op nie en moet in hulle samehang bestudeer word. Die bestudering van grondvog as ekologiese faktor word selfs meer kompleks as die rol van grondstruktuur in aanmerking geneem word. So is byvoorbeeld gevind dat die gemiddelde van eksperimentele grondvogresultate verkry deur gebruikmaking van gronde met verskillende waterhoukapasiteite die werklike waardes versluier aangesien die vogpersentasies van die verskillende gronde nie van vergelykbare ekologiese betekenis is nie. Dertig persent versadiging in grond A mag omtrent die veldkapasiteit wees wat optimale toestande vir gronddiere daarstel terwyl dit in grond B die „verwelkingskoëffisiënt" is. Vir sinvolle

interpretasie van 'n vogbepaling in enige grond is 'n definisie van die fisiese samestelling en grondstruktuur dus van deurslaggewende betekenis aangesien dit gaan om die beskikbaarheid van grondvog vir die dier.

Erdwurms vereis nie alleen 'n waterversadigde grondatmosfeer nie maar het „kontakvog" nodig om desikkasie te voorkom (Kevan, 1962). Aan die ander kant is die meeste erdwurms sensitief vir 'n oormaat vrywater in die grond.

Veldstudies om tendense ten opsigte van ekologiese faktore binne die breë grondgemeenskap te ontrafel, gee nie altyd 'n verklaring van die waargenome reaksies nie. Dit moet hoofsaaklik daaraan toegeskryf word dat metings van sodanige faktore nie van oomblik tot oomblik kan geskied nie en alle veranderings gevolglik nie waargeneem word nie. Deur middel van eksperimenteel-ekologiese ondersoek kan heelwat meer inligting ingewin word oor die reaksies van individuele spesies op veranderings in omgewingsfaktore. Guild (1955) wys op die belangrikheid daarvan om die gedrag van individuele spesies te bestudeer juis omdat interspesifieke verskille bestaan.

Die vogtoestand in die grond is gedurig onderhewig aan 'n groot mate van plaaslike wisseling sodat die behoeftes van die aanwesige diere ook aanmerklik verskil. Hierdie ekologiese faktor kom veral op die voorgrond in die Suid-Afrikaanse situasie waar groot gebiede onderworpe is aan drastiese wisseling in klimaatstoestande wat korter of langer periodes van droogte meebring. Die term „droogte" word dikwels op 'n losse basis gebruik. Dit word soms gebruik om te verwys na die periode tussen reëns. Droogte het as sodanig te make met grondvog en tree in wanneer die beskikbare grondvog daal tot by daardie punt waarby 'n plant byvoorbeeld nie in staat is om water vinnig genoeg te absorbeer ten einde te kompenseer vir vogverlies as gevolg van transpirasie nie (Shantz, 1927).

Dit hang dus ten nouste saam met die waterhoukapasiteit van die grond. By die bestudering van die bestaansvoorwaardes van gronddiere, en veral dan met betrekking tot grondvog, is dit van besondere belang om ook te let op die bestaan van meganismes wat die diere in staat mag stel om uiterstes ten opsigte van hierdie faktor te oor-

kom. Meeste erdwurms het metodes om droogte=toestande die hoof te bied (Zicsi, 1958). Eensyds kan die diere dieper in die grond beweeg om gunstiger vogtoestande op te soek of andersyds gaan hulle oor in 'n fisiologiese rustoestand, bekend as diapouse. Allolobophora caliginosa gaan in grond wat aan stadige uitdroging onderhewig is, oor in diapouse (Michon, 1949). 'n Omvattende ondersoek deur Olson (1928) het getoon dat die meeste erdwurms in gronde voorkom met 'n voginhoud van tussen 12% en 35%.

Droogtetoestande wat langer voortduur as wat deur die volwasse erdwurm oorleef kan word, kan die hoof gebied word deur die kokonstadium of diapousestadium. Maar ook hierdie beskermingsstadia se oorlewingsmoontlikhede is onderhewig aan tydsbeperkings. Voorts is dit nodig om kennis te dra van die interspesifieke verskille ten opsigte hiervan omdat dit van belang is by die soeke na geskikte spesies met die oog op die bevolking van grondgebiede.

3.1 Temperatuurvoorkeure

Erdwurms is in staat om aktief in die grond te

migreer en gevolglik van een posisie na 'n ander te beweeg. Hierdie posisionele verplasing is dikwels die resultaat van die voedingsaktiwiteite van die diere. Dit is ook reeds aangetoon dat gronddiere se vertikale migrasie soms die resultaat is van temperatuursverskille in die grond wat die diere genoodsaak om na gunstiger temperatuurtoestande te beweeg (Zicsi, 1958; Edwards & Lofty, 1970; Satchell, 1967).

Afgesien van 'n omvang van verdraagsaamheid vir 'n bepaalde faktor kan daar ook by diere 'n voorkeuromvang onderskei word ten opsigte van so 'n faktor. In die algemeen kan aanvaar word dat die verdraagsaamheidsomvang wat deur die boonste en onderste letale perk ten opsigte van die faktor begrens word, wyer sal wees as die voorkeuromvang wat beskryf kan word as daardie gebied binne die verdraagsaamheidsomvang waarby die dier „verkies" om te leef. Andersyds kan dit beskou word as daardie, vir die dier, optimumtoestand waarby die bestaansmoontlikhede maksimaal is en die gepaardgaande lewensaktiwiteite op die suksesvolste wyse kan geskied.

Dit is aksiomaties dat die voortdurende wisselwerking tussen faktore, en die gevolglike kompleksiteit van die inwerkende faktore in 'n natuurlike habitat, daartoe sal lei dat 'n dier nie noodwendig 'n optimumtoestand ten opsigte van 'n bepaalde faktor aktief sal selekteer nie maar 'n gangbare gemiddelde toestand sal aanvaar. Diere word in die natuur onder andere beheer deur die kwantiteit en veranderlikheid van stowwe waarvoor daar 'n minimumvereiste bestaan asook fisiese faktore wat oorlewingswaarsdes bereik. Alle omgewingsfaktore is nie gelyktydig operasioneel nie en verder wissel sommige voortdurend tussen operasioneel en nie-operasioneel. Die beperking wat deur een inwerkende faktor gestel word, kan egter die seleksie van die optimumtoestand ten opsigte van 'n ander faktor aan bande lê deurdat die perke van verdraagsaamheid vir die ander faktor mag verander en die voorkeurgebied vanaf die middelpunt gedeflekteer word.

Volgens Edwards & Lofty (1970) dui die beskikbare gegewens daarop dat die meeste grondbewonende Invertebrata voorkeurtemperatuur besit (Wallwork, 1960; Edwards, 1961; Christiansen, 1964; Madge,

1965), maar dat hulle by ander temperature leef en voortplant, afhangende van vogtoestande. Kennis van die lewensloop van diere is van besondere belang wanneer die rol van digtheidbeherende en digtheidreëlende faktore eksperimenteel ondersoek word, hoofsaaklik vanweë die verskynsel dat verskillende lewensstadia aansienlik met betrekking tot hulle bestaansvoorwaardes kan verskil.

Kennis in verband met temperatuurvoorkeure van enkele erdwurms is reeds ingewin. El-Duweini & Ghabbour (1965) het tydens hulle ondersoek geïnvind dat Allolobophora caliginosa verspreid voorkom in 'n temperatuurgradiënt tussen 2°C en 37°C met voorkeure vir 8°C, 19°C en 28°C. Pheretima californica het verspreid voorgekom tussen 26°C en 35°C met 'n effense voorkeur vir 27°C terwyl Alma sp. 'n prominente voorkeur vir temperature rondom 25°C vertoon het. Hierdie outeurs het 'n gradiënt van 0 - 40°C vir alle opstellings gebruik. Geen voorafgaande akklimatisasie van die wurms is onderneem nie en die invloed van die vogfaktor is nie samehangend bestudeer nie.

Grant (1955b) het bevind dat die meerderheid individue van Pheretima hupeiensis tussen 15°C en

23⁰C voorkom. Eisenia foetida het meestal tussen 15,7 en 23,2⁰C voorgekom terwyl Allolobophora caliginosa 'n wyer voorkeuromvang tussen 10,0⁰C en 23,2⁰C vertoon het. Volgens die outeur het al drie spesies temperature bokant 23⁰C en benede 10⁰C vermy. In al hierdie gevalle het akklimatisering vooraf by 22⁰C plaasgevind.

Madge (1969) het gevind dat Hyperiodrilus africanus Beddard en Eudrilus eugeniae (Kinberg) meestal tussen 23,0 en 31,5⁰C voorkom met 'n piek by 28,5⁰C. Temperature van 34⁰C is deurgaans vermy.

Wolf (1938) het die rigtende invloed van temperatuur op Eisenia foetida bestudeer en het gevind dat 'n temperatuur van 27,5⁰C 'n „termotropiese“ reaksie tot gevolg het en die wurms na koeler dele laat beweeg.

In geeneen van bogenoemde gevalle is die resultate van die ondersoeke aan statistiese analise onderwerp nie. Hierdie outeurs vind 'n heterogene verspreiding van wurms oor 'n wye temperatuurreeks met meestal klein voorkeure vir sekere temperatuursones. Voorts is daar geen geval uit die literatuur bekend waar die invloed van ver-

skillende vogtoestande op die temperatuurvoorkeure indringend ondersoek is nie.

3.2 Vogvoorkeure

Veldstudies in verband met erdwurmbevolkings toon in die algemeen dat die meerderheid erdwurms 'n grondvoggehalte van 12% - 35% verkies (Olson, 1928 en andere). Wanneer vogtoestande te laag daal gaan die wurms oor in diapouse. In die natuur is hierdie verskynsel normaalweg onderhewig aan die wisselwerkende invloed van vog- en temperatuur.

Grant (1955a) het eksperimenteel bevind dat 80,0% van die bestudeerde Allolobophora chlorotica-individue 'n grondvoginhoud van 29,9% verkies. Hierdie ondersoeker vind geen wurms in sones met 'n grondvoggehalte benede 18% nie. Ondersoekeur Reinecke & Ryke (1970b) toon dat die endemiese Suid-Afrikaanse spesie Microchaetus modestus 'n grondvoggehalte rondom 21% verkies in leemgronde met 'n gedefinieerde fisiese samestelling. In beide bogenoemde gevalle is van die oonddroogmetode van vogbepaling gebruik gemaak maar in die eersgenoemde geval is die fisiese geaardheid van die grond

onbekend. Die ondersoek is, soos reeds vermeld, haas onvergelykbaar aangesien die „besikbaarheid“ van die grondvog ten nouste saamhang met die fisiese geaardheid van die grond. Die afleiding dat Allolobophora chlorotica 'n hoër grondvoggehalte as Microchaetus modestus verkies, is dus moeilik uit bogenoemde gegewens te maak aangesien die waterhouvermoë en watervashouvermoë van gronde aansienlik verskil sodat numeriese ooreenstemmende grondvogwaardes in verskillende grondtipes nie sondermeer as gelykwaardig met betrekking tot byvoorbeeld vogbesikbaarheid vir die dierelewe in die grond beskou kan word nie. Dit volg dus dat temperatuurvoorkeure, soos gekoppel aan grondvogwaardes weens die bestaande wisselwerking tussen vog en temperatuur, ook indirek deur die grondgeaardheid beïnvloed sal word. So byvoorbeeld sal erdwurms in gronde wat water sterk bind noodwendig grondvogtoestande opsoek waar 'n optimale waterbesikbaarheid heers. Normaalweg beteken dit dus, volgens die metode van vogbepaling, omgewings met 'n hoër numeriese grondvogwaarde. In 'n tweede grondtipe waar die water minder sterk gebind word, kan verwag word dat die wurms by numeriese

laer grondvogwaardes sal voorkom as in die eerste geval. Hierdie vogvoorkeure in verskillende grondtipes sal egter aansienlik beïnvloed word deur die heersende temperatuurtoestande vanweë die feit dat temperatuur die waterhouvermoë van gronde beïnvloed.

Madge (1969) het bevind dat Hyperiodrilus afric=
canus en Eudrilus eugeniae meestal in grond met 'n gemiddelde voginhoud van 12,5 - 17,2% voorkom. Grond met 'n gedefinieerde fisiese samestelling is tydens sy ondersoek gebruik en die ondersoek is by 'n temperatuur van 25,0°C uitgevoer. Grond met 'n voginhoud van 1 - 4% en 22,5% is deur die wurms vermy.

3.3 Apparaat, metodes en tegnieke

Verskeie apparaatontwerpe vir die bestudering van temperatuurvoorkeure by verskillende diergroepe is reeds in die literatuur beskryf soos byvoorbeeld die van Gunn (1934), Graham (1958), Wallwork (1960) en Reichle (1967). Deal (1941) gee 'n oorsig oor sodanige apparate en eksperimentele tegnieke.

Grant (1955b) en El-Duweini & Ghabbour (1965) het appa=rate ontwerp vir die bestudering van tempe=ratuurvoorkeure by die Oligochaeta. Eersgenoem=de outeur het van glasplate gebruik gemaak wat in 'n verkoelde kamer ($1 - 3^{\circ}\text{C}$) geplaas is en aan een punt verhit is met verwarmers waardeur 'n temperatuurgradiënt van $0,8^{\circ}\text{C}$ tot 75°C verkry is. 'n Soortgelyke apparaat is tydens die aanvang van die huidige ondersoek volgens Grant (1955b) se spesifikasies ontwerp en onder soortgelyke toestande getoets. Dit het geblyk dat die glas, waarskynlik weens oorverhitting aan die warm punt, maklik bars. Voorts was die verkreeë gra=diënt baie skerp en moeilik simuleerbaar in op=eenvolgende opstellings. Die uitvoering van die eksperimente in 'n verkoelde vertrek van $1 - 3^{\circ}\text{C}$ het ook praktiese probleme geskep.

El-Duweini & Ghabbour (1965) het 'n gradiënt=bak ontwerp vir Oligochaeta wat neergekom het op 'n modifikasie van die temperatuurvoorkeur=apparate van Williams & Kirkpatrick (1923) en Kreiner (1958) vir ander diergroepe. Die appa=raat het bestaan uit 'n houttrog wat met sink uitgevoer is en twee sinkbakke wat op die punte

in die houttrog geplaas is. Water in die een bak is verhit terwyl ys in die ander bak geplaas is om die nodige gradiënt in die trog te verkry.

Die apparaat en opstelling het, met die oog op die huidige ondersoek, sekere opvallende tekortkominge vertoon. In die eerste plek kon die gradiënt moeilik geleidelik opgebou word tot die vereiste vlak soos wat tydens die huidige ondersoek be-oog is. Die gebruik van ys aan die verkoelingspunt het die opstellingsperiode beperk of het andersins 'n relatief groot hoeveelheid ys vereis wat voortdurend toegevoeg sou moes word indien 'n lang opstellingstyd be-oog is. Die nie-afsluiting van die trog het die vogfaktor prominent na vore gebring aangesien 'n oop trog waterverlies moontlik maak wat, veral met 'n lang opstellingstyd, 'n wisselende voggradiënt in die trog kon meebring. Andersyds kon die aanwesigheid van 'n hoë voginhoud met heelwat vrywater 'n onnatuurlike situasie vir die wurms daarstel wat die temperatuurvoorkeur kon beïnvloed.

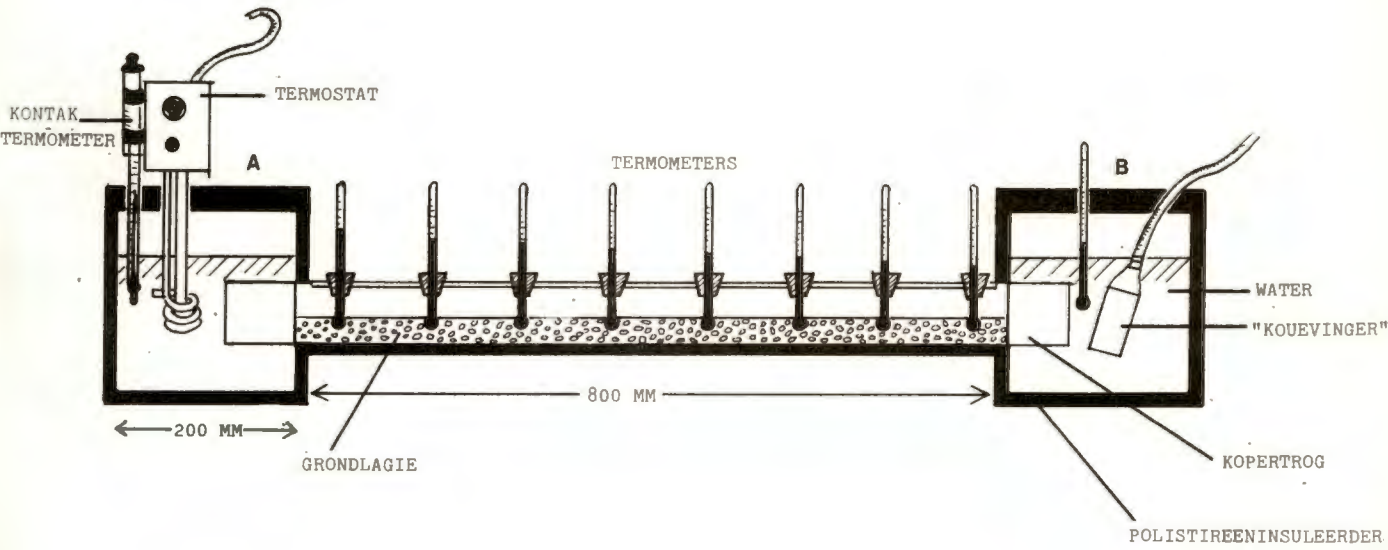
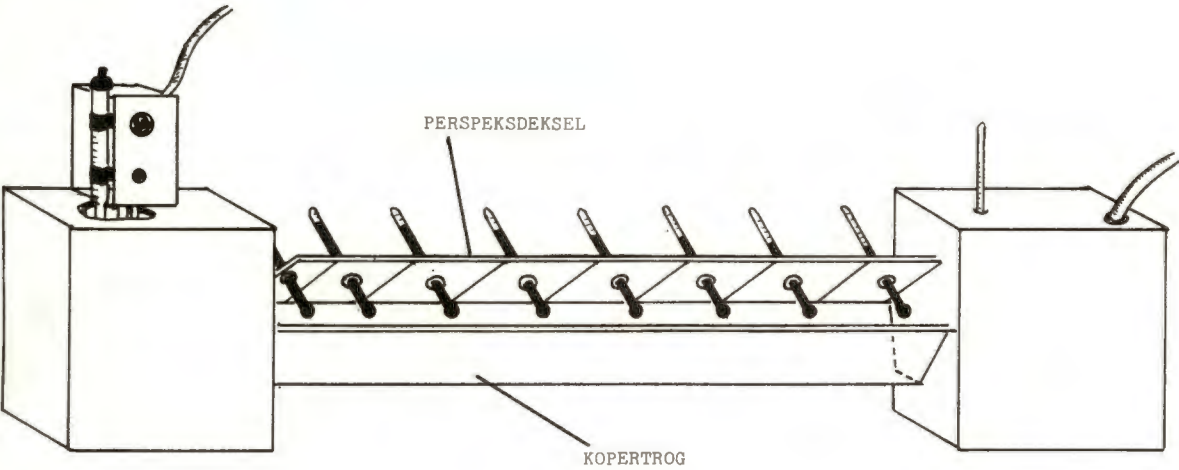
Ten einde ondersoek in te stel na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus en Eise-

nia rosea, is 'n temperatuurgradiëntbak (fig. 14) ontwerp. Die gradiëntbak het bestaan uit twee afsonderlike waterbaddens A en B van 20 x 20 cm wat met behulp van polistereenskuim ge-isoleer is en met mekaar verbind is deur 'n koper-trog C (5,5 cm diep, bo-wydte 8,5 cm en boomwydte 4,5 cm). Die punte van die koper-trog het deurgesteek tot in die waterbaddens terwyl bad A waterdig aan die koper-trog vasgeheg is. Bad B was verskuifbaar oor die lengte van die koper-trog en tydens eksperimente, ná instelling van die vereiste gradiënt, waterdig geseël met behulp van kommersiële seëlstof vir lekplekke. Die koper-trog is ook geïsoleer om onnodige hitteverlies te bekamp en aan die bo-kant van 'n dik perspeksdeksel voorsien. Openinge is op afstande van 10 cm van mekaar in die deksel aangebring, waardeur rubberproppe met termometers gedruk is (kyk figuur 14).

Temperatuurgradiënte van verskillende ordes kon in die trog verkry word deur verwarming van die water in bad A met behulp van 'n Retostat toestand en verkoeling van die water in bad B met behulp van 'n Rheinische „kouevinger“.

FIGUUR 14

GRADIËNTBAK WAT ONTWERP IS OM DIE TEMPERATUURVOORKEURE
TE ONDERSOEK



Ten einde vogverlies uit die kopertrog te voorkom, is die deksel met petroleumjellie bestryk en die gleuwe op die uiteindes van die deksel met behulp van modelleerlei dig gemaak.

Toetsing van die apparaat gedurende tydperke van 24-uur het getoon dat die gestabiliseerde gradiënt oor die lengte van die trog, ten spyte van dag- en nagwisseling in omgewingstemperatuur, konstant gehandhaaf kon word met geringe fluktuasies van $0,3^{\circ}\text{C}$ tot $0,6^{\circ}\text{C}$ tussen die naggemiddelde en daggemiddelde aan die eindpunt van die trog.

Toetsing van die apparaat was hoofsaaklik daarop gemik om vas te stel in watter mate 'n gestabiliseerde temperatuurgradiënt oor langer tydperke gehandhaaf kon word ten spyte van skommelings in die omgewingstemperatuur. Temperatuurskommelings kon met behulp van termograwe in bad A en B aan die eindpunte van die gradiënt nagegaan word en dit het geblyk dat die geringe wisseling wat in die waterbaddens waargeneem is 'n negeerbare invloed op die temperatuurgradiënt sou hê. Die rede vir die konstante gradiënt is in 'n groot mate aan die deeglike

insulering van die trog en baddens te danke.

'n Grondlagie van 5 - 6 cm diep is in die bodem van die kopertrog geplaas en deeglik natgemaak. Kondensasie van vog het tydens toetsing van die apparaat teen die perspeksdeksel plaasgevind, hoofsaaklik aan die warm kant van die trog. Hieruit is afgelei dat die moontlikheid bestaan het vir die ontstaan van 'n voggradiënt oor die lengte van die trog. Ná afloop van grondvogbepalings van grondmonsters uit elke afgemerkte sone van die trog het dit ook geblyk dat 'n geringe gradiënt voorgekom het. Uitgaande daarvan dat die grond in die trog papnat gemaak is en dat die grond deur adhesiekragte 'n sekere hoeveelheid water bind wat verder aan kohesiekragte onderworpe is, is aangeneem dat 'n groot hoeveelheid van die verdamping en daaropvolgende kondensering betrekking het op die vrywater wat teenwoordig is. Daarbenewens is hier sprake van 'n „geslote" sisteem aangesien geen of weinig vog uit die trog kon ontsnap tydens die verloop van 'n eksperiment. Dit is ook aangeneem dat die gekondenseerde vog aan die binnewand van die deksel van tyd tot tyd druppels

vorm wat weer terugdrup op die grondlaag. 'n Sirkulasiestelsel het dus in die warm punt van die gradiëntbak opgetree wat die hoeveelheid vrywater in die grond op enige tydstip laer sou hou as dié aan die koue punt. Dit kon vir die doel van die eksperiment probleme skep aangesien dit bekend is dat erdwurms 'n oormaat vry- of gravingasiewater vermy. Die verskynsel sou dus, afgesien van die moontlikheid van 'n grondvoggradiënt oor die lengte van die trog, 'n stimulasierespons by die erdwurms aan die koue punt van die bak kon ontlok weens die respiratoriese probleme wat die diere in vrywater mag ondervind. As gevolg van die optrede van hierdie verskynsel sou dus verwag word dat die erdwurms 'n hoër as normale voorkeurtemperatuur sou vertoon weens die meer geskikte vogsituasie by temperature hoër as die mediator van die verdragingsomvang vir temperatuur.

Weliswaar moet in gedagte gehou word dat die keuse deur die erdwurm van 'n temperatuurtoestand in die natuur nie onafhanklik van die vogfaktor geskied nie weens die noue samehang tussen die twee faktore. Ekologiese ondersoeke

toon dat die meeste erdwurms 'n baie wyer omvang van verdraagsaamheid ten opsigte van temperatuur het as ten opsigte van vog. Daar moet rekening mee gehou word dat die erdwurms dus in 'n temperatuurgradiëntbak van die tipe wat hier gebruik is ooreenkomstig 'n voggradiënt in plaas van 'n temperatuurgradiënt kan oriënteer.

Ten einde die bogenoemde verskynsel gedeeltelik te oorkom is 'n wattelaag bo-oor die grondlaag geplaas in daardie sones van die gradiëntbak wat tydens 'n eksperimentele opstelling temperatuur van $28,0^{\circ}\text{C}$ en hoër gehad het. Hierdeur is verdamping aansienlik ingeperk en het grondvogbepalings 'n baie klein en onegalige wisseling ten opsigte van waterinhoud (kyk tabelle III en IV) vanaf A tot B aangetoon. Voorts is voorsorg getref dat daar tydens benatting van die grondlagie nie 'n watertafel ontstaan wat meer as een derde tot een helfte van die grondlaag beslaan nie. Vir grondvogbepalings is gevolglik slegs van die boonste grondlagie gebruik gemaak.

Die gradiënttrog is met behulp van 'n waterpas horisontaal opgestel om te verseker dat water

nie na een of ander punt vloei tydens die eksperiment nie. Ná benatting van die grond is vyftien wurms verspreid oor die lengte van die trog geplaas by kamertemperatuur. Die deksel is toegemaak en geseël en die opstelling is aanvanklik vir 30 tot 60 minute gelaat om die wurms geleentheid te bied om self in te grawe. Hierina is die gradiënt geleidelik oor die lengte van die trog aangelê deur verhitting van die water in bad A en verkoeling in bad B. Met behulp van die termostaat kon die temperatuur baie geleidelik verhoog word tot die vereiste maksimum. Hierdie prosedure was veral van belang omdat 'n gradiënt met 'n skerp helling gebruik is. Verkoeling in bad B is ook geleidelik gedoen. Bereiking van die vereiste hoë-orde-gradiënt het ongeveer 24 uur geneem. Hierdeur het die wurms geleentheid gehad om weg te beweeg wanneer temperature uiterstes (t.o.v. verdraagsaamheid) bereik en is sterfte as gevolg van die aanwesigheid van 'n termiese skok sover moontlik voorkom.

'n Ander aspek van die erdwurm se bestaan in die grond wat in eksperimente van hierdie aard 'n rol

kan speel, is die invloed van strukturele en teksturele ge-aardheid van die grond. Dit is veral van besondere belang waar dit verwag word dat die wurms self posisioneel moet verander. Verder mag faktore soos kompaktheid van die grond en openinge 'n invloed uitoefen. In die huidige reeks eksperimente is deurgaans van grond gebruik gemaak wat versamel is uit die habitat van die spesie onder bestudering. Die grond is deeglik gemeng voor gebruik omdat homogeniteit ten opsigte van fisiese ge-aardheid in die natuur ook aansienlik kan wissel in 'n beperkte volume grond. Hierdeur is verseker dat die invloed van hierdie faktor sover moontlik eweredig was.

Grant (1955b) het reeds aangetoon dat akklimatisering van erdwurms by bepaalde temperature hoër as die normale, lei tot verhoging in die letale temperature. Hieruit kan ook afgelei word dat die voorkeurtemperatuur as gevolg van akklimatisering ^{as} beïnvloed kan word. Alle wurms wat in die huidige ondersoek gebruik is, is versamel by grondtemperatuur wat gewissel het van 22°C tot 26°C vir Microchaetus modestus en van 19°C tot 23,8°C vir Eisenia rosea. Die eksemplare is

* As sinoniem vir akklimasie gebruik aangesien geen wetenskaplike gronde bestaan waarop 'n onderskeid getref kan word nie.

vir een week in voorraad gehou in 'n broeikas wat 'n konstante temperatuur van $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ gehandhaaf het. Groot voorrade is egter nie geteel nie maar eerder van tyd tot tyd versamel uit hulle natuurlike habitat om daardeur langtermyn-effekte wat mag voorkom tydens aanhouding in 'n broeikas sover moontlik uit te skakel. Nadat die eerste reekse opstellings afgehandel is, is die broeikas se temperatuur verhoog tot 25°C met die oog op die tweede reeks opstellings waarin wurms gebruik is wat by 25°C geakklimatiseer is. Waar erdwurms tydens eksperimente dood is, dikwels vanweë hoë temperature aan die warm punt van die gradiëntbak, is alle grond in die trog vervang ten einde die moontlike beïnvloeding van die resultate deur die aanwesigheid van ontbindingstowwe wat toksies mag wees, te voorkom. Die versameling en tel van die wurms in elke sone van die gradiëntbak is uitgevoer deur metaal tussenskotte op die grense tussen sones te plaas sodra die deksel oopgemaak is. Dit het geblyk dat die migrasie-reaksie van die wurms op versteuring van die grond aansienlik was en dat dit die korrekte tellings andersins nadelig

sou beïnvloed aangesien die wurms vinnig van een temperatuursone na 'n ander kon beweeg met die aanvang van die analise wanneer die grond versteur word. Deur hierdie metode te volg, het dit dikwels gebeur, veral met die groter spesie, dat wurms deur die metaaltussenskotte beskadig of selfs middeldeer gesny is. Uitgaande van die standpunt dat erdwurms aan die voorpunte van hulle liggame meer sensitief is as aan die agterpunte (Laverack, 1963) is slegs die voorkante van erdwurms in gevalle waar deursnyding plaasgevind het, getel. Wurms wat op hierdie wyse beskadig is, is nie weer in die voorraadbakke teruggeplaas nie.

Tydens elke eksperiment is van „vars” wurms gebruik gemaak. Weens die lang duur daarvan en groot getal opstellings is 'n rotasiestelsel gevolg in die geval van die laaste aantal eksperimente toe materiaal moeilik bekombaar was. Dit het beteken dat dieselfde wurms meer as een keer gebruik is vir eksperimente, hoewel nie opeenvolgend nie. In die gevalle toe „vars” materiaal nie meer beskikbaar was nie, is groot sorg aan die dag gelê om te verseker dat slegs wurms

gebruik word wat gesond voorkom. Hoewel die kriterium hiervoor moeilik definieerbaar is aangesien daar bloot op algemene voorkoms van die wurms ge-oordeel word, het ondervinding 'n belangrike rol gespeel in die seleksie van gesonde wurms.

Twee reekse van vyftien opeenvolgende eksperimente is met elke spesie uitgevoer. Vyftien volwasse wurms is in elke opstelling gebruik met die uitsondering van een eksperiment in die geval van Eisenia rosea waarin sewentien wurms gebruik is (eerste reeks) en een eksperiment (tweede reeks) waarin agtien wurms gebruik is. In geen twee gevalle was die temperatuurgradiënt presies dieselfde nie hoewel die verskille meestal baie gering was. Weens die feit dat geen definitiewe voggradiënt oor die lengte van die gradiëntbak voorgekom het nie (figure 15,16), is die eksperimentele gegewens aan een faktoranalise onderwerp. Die differensiële effek wat die verandering van een faktor op 'n ander mag hê, in hierdie geval vog en temperatuur, is nie op hierdie stadium ondersoek nie weens die klein verskille in die voginhoude in

die verskillende opstellings.

Die noue samehang tussen grondvog en grondtemperatuur, soos reeds vermeld, vereis egter besondere aandag omdat die wisselwerking tussen hierdie twee faktore voortdurend in die natuur optree. Nadat die eerste ondersoeke na die temperatuurvoorkeure afgehandel was, is die voorkeurondersoeke herhaal, maar is die grondvoginhoud van die gradiënttrog vooraf rofweg bepaal. Waar grondvogtoestande in die eerste reekse eksperimente tussen ongeveer 25% en 31% in die geval van albei spesies was, is besluit om die temperatuurvoorkeure te ondersoek by 'n grondvoginhoud van $\pm 16\%$ in 'n poging om die invloed van twee heeltemal verskillende vogtoestande op die temperatuurvoorkeure te illustreer.

Water en grond is onderskeidelik afgeweeg en daarna deeglik in verhouding gemeng om die gronde met die gevraagde voginhoud by benadering te gee.

Hierna is die grond in die gradiëntbak geplaas en is die eksperimente herhaal vir albei spesies soos reeds beskryf, maar met dié verskil dat slegs van een akklimatiseringskategorie gebruik gemaak is naamlik 20°C . Daar is weer eens van habitatgrond

van die onderskeie spesies gebruik gemaak.

3.4 Die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea by hoë grondvoginhoud

Die resultate van die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea by 'n grondvoginhoud van 28 - 31% word in tabelle III en IV weergegee. Tabel V gee 'n samevattende uiteensetting van die statisties verwerkte gegevens. Volledige bewerkings word saam met tabelle VB en VIB in die Bylaag weergegee. Die fisiese samestelling van die grondtipes wat gebruik is, word in tabel IVB van die Bylaag weergegee.

Uit tabel III blyk dit dat die wurms wat by 20,0°C ge-akklimatiseer is 'n duidelike voorkeur, soos deur die piek in figuur 15 geïllustreer, vir die temperatuurorde 25,0 - 26,9°C vertoon het wat die modus van die frekwensieverspreiding daarstel en ook die mediaan insluit.

Met 'n sekerheidsinterval van 95% lê die voorkeurtemperatuur tussen 24,1 en 25,6°C (kyk tabel VB van Bylaag)

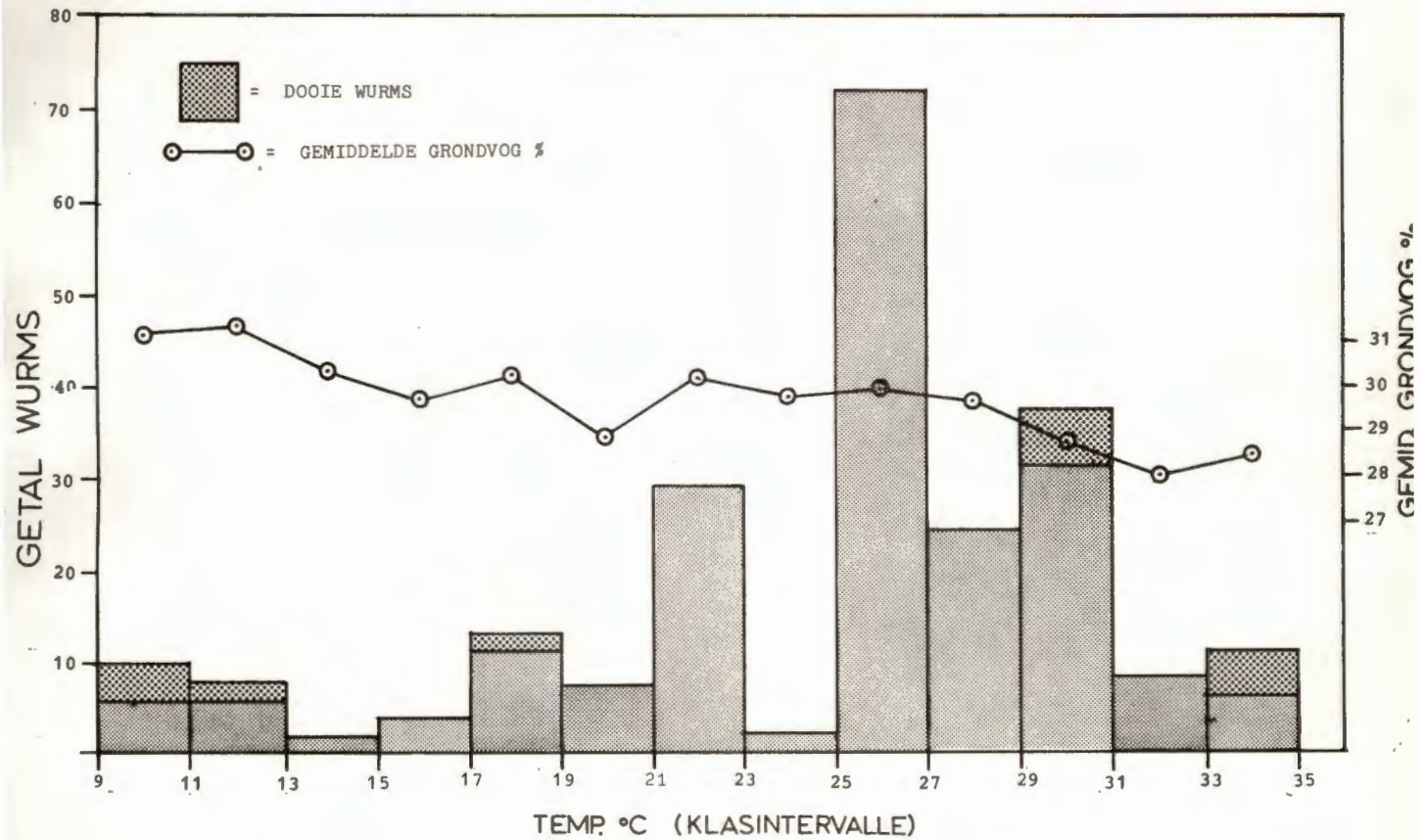
TABEL III

Die saamgevoegde gegewens van vyftien eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Eisenia rosea by 'n hoë grondvoginhoud te bepaal nadat die wurms by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui)

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$	Gemiddelde grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9,0 - 10,9	31,2	6+(4)
11,0 - 12,9	31,4	6+(2)
13,0 - 14,9	30,3	2
15,0 - 16,9	29,7	4
17,0 - 18,9	30,3	11+(2)
19,0 - 20,9	28,9	7
21,0 - 22,9	30,2	29
23,0 - 24,9	29,7	2
25,0 - 26,9	29,9	72
27,0 - 28,9	29,8	24
29,0 - 30,9	28,7	31+(6)
31,0 - 32,9	28,0	8
33,0 - 34,9	28,4	6+(5)
Vir vog: $\bar{x} = 29,73$; $V = 1,03$; S.A. = 1,02 S.F. van $\bar{x} = 0,28$		

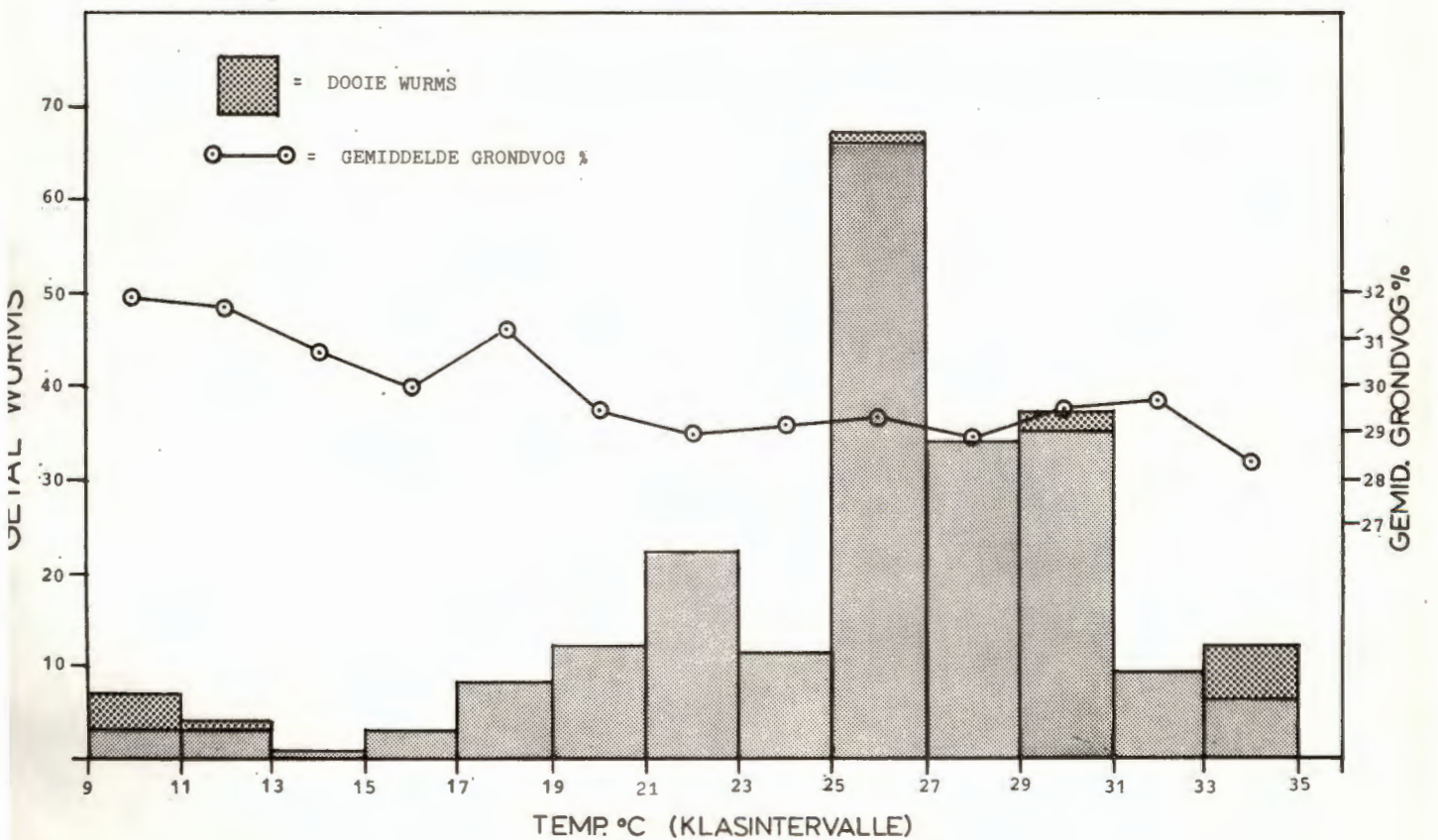
uur 15

HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN E. ROSEA IN DIE TEMPE-
RATUURGRADIËNT AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NA VOORAF-
GAANDE AKKLIMATISERING BY $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. GRONDVOGINHOUD : 28 - 31%



uur 16

HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN E. ROSEA IN DIE TEMPE-
RATUURGRADIËNT AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NA VOORAF-
GAANDE AKKLIMATISERING BY $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.



Uit die totaal van 227 wurms wat vir die ondersoek gebruik is, het negentien gedurende die verloop van die eksperimente gesterf. Hierdie sterfte was hoofsaaklik beperk tot die eindpunte van die temperatuurgradiënt (tabel III, figuur 15) sodat die uiterste temperature as hooforsaak beskou kan word. Die analise van die gegewens was gebaseer op lewende wurms wat in die verskillende temperatuursones versamel is.

Die Heterogeniteit het voorgekom ten opsigte van die frekwensieverspreiding oor die gradiënt. Hierdie heterogeniteit word geïllustreer deur die variansiekoëffisiënt van 21,3% (tabel V)

Die temperatuurvoorkeur soos hier bepaal, hierina genoem die „voorkeurmiddelpunt“ verteenwoordig die mees waarskynlike punt in die gradiënt waar die wurms aangetref sal word of verspreid rondom hierdie punt. Dit kan egter nie sondermeer beskou word as die middelpunt van die voorkeuromvang nie omdat die wurms oor byna die hele temperatuurgradiënt aangetref is en die middelpunt van die verspreiding in die gradiënt nie noodwendig saamval met die hoogste frekwensiepunt in die wurms se verspreiding nie.

TABEL IV

Die saamgevoegde gegewens van vyftien eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Eisenia rosea te bepaal nadat die wurms by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui)

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$	Gemiddelde grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9,0 - 10,9	31,9	4+(3)
11,0 - 12,9	31,7	3+(1)
13,0 - 14,9	30,7	1
15,0 - 16,9	30,0	3
17,0 - 18,9	31,2	8
19,0 - 20,9	29,4	12
21,0 - 22,9	28,9	22
23,0 - 24,9	29,1	11
25,0 - 26,9	29,3	66+(1)
27,0 - 28,9	28,9	34
29,0 - 30,9	29,5	35+(2)
31,0 - 32,9	29,7	9
33,0 - 34,9	28,3	6+(6)
Vir vog: $\bar{x} = 29,89$; $V = 1,30$; S.A. = 1,14; S.F. van $\bar{x} = 0,32$		

Die voorkeurmiddelpunt soos hier bepaal, kan nie losstaande van die vogsituasie beskou word nie weens die reeds aangetoonde noue verband tussen temperatuur en vog. 'n Gemiddelde voginhoud van tussen 28,0 en 31,4% is vir die reeks van vyftien opstellings gemeet (tabel III).

Tabel IV en figuur 16 gee die saamgestelde resultate weer van vyftien opstellings om die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea te ondersoek na voorafgaande akklimatisering by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Soos uit figuur 16 blyk, is 'n prominente piek in die temperatuurorde 25,0 tot $26,9^{\circ}\text{C}$ verkry wat beide die modus en die mediaan van die frekwensieverspreiding insluit. In hierdie reeks eksperimente het dertien wurms, hoofsaaklik aan die eindpunte van die temperatuurgradiënt, tydens die ondersoek gevrek (tabel IV, figuur 16).

Met 'n sekerheidsinterval van 95% lê die voorkeurtemperatuur of voorkeurmiddelpunt tussen $24,8^{\circ}$ en $26,0^{\circ}\text{C}$ (kyk tabel VIB van Bylaag). In die geval van die groep wat by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is, het 'n gemiddelde vogtoestand van 28,3 tot 31,9% in die gradiëntbak geheers. 'n Variansiekoëffisiënt van 18,5%

TABEL V

Samevattende tabel van die verwerkte gegevens ten opsigte van temperatuurvoorkeure vir die twee aklimatiseringsgroepe van Eisenia rosea by hoë grondvoginhoud. (Volledige bewerkings word met tabelle V B en VI B in die Bylaag weergegee)

Spesie	<u>Eisenia rosea</u> (N = 208)	<u>Eisenia rosea</u> (N = 215)
Akklimatisasie	20 ± 0,5°C	25 ± 0,5°C
$\frac{\sum fx}{N}$	-1,086	- 0,39
$\frac{(\sum fx)^2}{N}$	245,55	32,81
$\bar{x}$	24,86	25,39
S.S.	5846,45	4767,19
s^2	28,24	22,27
$s\bar{x}^2$	0,135	0,10
$S\bar{x}$	0,367	0,32
μ	24,86 ± 0,73	25,39 ± 0,83
V.K.	21,3%	18,5%

is in hierdie geval bereken (tabel V).

3.4.1 Die invloed van akklimatisasie op die voorkeurmiddelpunt

Indien die resultate wat verkry is met die twee akklimatiseringsgroepe van Eisenia rosea (20°C en 25°C) vergelyk word, blyk dit dat die voorkeurmiddelpunt van die hoër ge-akklimatiseerde wurms hoër was as die van die laer ge-akklimatiseerde groep. Die geringe verskil in die vogsituasies van die twee reekse maak 'n direkte vergelyking moontlik. Die verskil in die $\bar{x}$ -waardes van die twee akklimatiseringsgroepe was: $25,39 - 24,86 = 0,53^{\circ}\text{C}$. Gemiddeld het die 25°C -akklimatiseringsgroep dus 'n voorkeurtemperatuur vertoon wat $0,53^{\circ}$ hoër was as dié van die groep erdwurms wat by $20,0^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is.

Toetsing van die twee variansiebepalings:

$$\text{nl. } 28,24 - 22,27 = 5,97$$

$$\text{en } F = \frac{28,24}{22,27} = 1,2 \quad \left(\begin{array}{l} \text{(met } DF^1 = 207 \\ \text{en } DF^2 = 214) \end{array} \right)$$

Vir $p = 0,05$ dui die kritiese waardes van die

variensieverhouding F dat waardes van F gelyk of groter as 1,00 minder dikwels as $p = 0,05$ sal voorkom. Andersyds, enige verhouding kleiner as omtrent 1,00 is verenigbaar met die nulhipotese van gelyke variensies.

Indien die S.S. van beide groepe bymekaar gevoeg word:

$$S^2 \text{ (tesame)} = \frac{SS + SS^1}{(N - 1) + (N^1 - 1)} = \frac{10613}{421} = 25,2$$

Omdat die twee groepe in grootte verskil, bepaal ons die variensie van die verskil tussen die gemiddeldes:

$$\begin{aligned} S^2 (\bar{x} - \bar{x}^1) &= S^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N^1} \right) \\ &= 25,2 \left(\frac{1}{215} + \frac{1}{208} \right) \\ &= 0,23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S(\bar{x} - \bar{x}^1) &= \sqrt{0,23} = 0,45 \\ t &= \frac{(\bar{x} - \bar{x}^1)}{S(\bar{x} - \bar{x}^1)} = \frac{1,2}{0,45} = 2,6 \end{aligned}$$

Vir $DF = 200$ moet t groter wees as 1,97 om die gevraagde beduidendheid ($p = 0,05$) te gee.

Waar t bereken is as 2,6 kan dus tot die gevolgtrekking gekom word dat die verskil tussen die

voorkeurgemiddeldes van die twee verskillend geakklimatiseerde erdwurm-groepe beduidend was.

'n Toename van 5°C in die akklimatiseringstemperatuur het dus in die betrokke geval 'n verhoging van $0,5^{\circ}\text{C}$ in die voorkeurgemiddelde te weeg gebring. Hierdie bevinding beklemtoon die noodsaaklikheid daarvan dat die voorafgaande geskiedenis ten opsigte van die faktor bekend moet wees alvorens temperatuurvoorkeure sinvol bepaal kan word. Voorts dui dit op die noodsaaklikheid daarvan om die eksperimentele eksemplare vooraf te akklimatiseer en dat kennis van hierdie vlak van akklimatisasie 'n sleutelrol sal speel in die vergelyking van die bevindings van verskillende navorsers. Kortom, resultate wat tot dusver verkry is sonder enige kennis van die voorafgaande akklimatisering ten opsigte van die faktor, het dus beperkte vergelykingswaarde in ondersoeke van hierdie aard.

3.5 Die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea by lae grondvogtoestande

Die resultate van die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea by 'n lae grond-

TABEL VI

Die saamgevoegde gegewens van ses eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Eisenia rosea by 'n lae grondvoginhoud te bepaal nadat die wurms by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui).

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$	Gemiddelde grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9 - 10,9	17,3	0
11,0 - 12,9	17,0	16
13,0 - 14,9	16,6	4+(1)
15,0 - 16,9	Geen lesing	0
17,0 - 18,9	15,9	28
19,0 - 20,9	15,7	16
21,0 - 22,9	14,8	42
23,0 - 24,9	14,7	19
25,0 - 26,9	14,8	2+(1)
27,0 - 28,9	13,0	1+(1)
29,0 - 30,9	13,4	0
31,0 - 32,9	Geen lesing	0
Vir vog: $\bar{x} = 15,32$; $V = 2,09$; S.A. = 1,45 S.F. van $\bar{x} = 0,46$		

voginhoud van 13 - 17% word in tabel VI weergegee en in figuur 17 geïllustreer. Volledige bewerkings word met tabel VII B in die Bylaag weergegee. 'n Voorkeurmiddelpunt tussen 17,6 en 21,8°C ($P = 0,05$) is bereken.

Tabel VII gee 'n samevatting van die statisties verwerkte gegewens.

Indien die resultate wat verkry is met die 20,0 $\pm$ 0,5°C - akklimatiseringsgroep van Eisenia rosea by 'n hoë grondvoginhoud van 28,0 - 31,4% vergelyk word met dié wat verkry is by 'n lae grondvoginhoud van 13 - 17% blyk dit dat die temperatuurvoorkeurmiddelpunte vir die twee grootliks verskillende grondvogsituasies, aansienlik verskil het.

Die verskil in die $\bar{x}$ -waardes van die twee groepe was 24,86 - 19,74 = 5,12°C. Gemiddeld het die groep wurms in die laer grondvogtoestande dus 'n temperatuurvoorkeur vertoon wat 5,12°C laer was as die van die groep wurms wat by die hoër grondvogtoestande ondersoek is.

Toetsing van die twee variansiebepalings naamlik

TABEL VII

Statisties verwerkte gegewens vir Eisenia rosea na toetsing van temperatuurvoorkeure by 'n lae voginhoud. (Kyk ook Tabel VII B van die Bylaag)

Spesie	<u>Eisenia rosea</u>
Akklimatisasie	20,0 ± 0,5°C
$\frac{\sum fx}{N}$	- 2,21
$\frac{(\sum fx)^2}{N}$	19,74
S.S.	1899,8
s^2	14,96
$s\bar{x}^2$	1,17
$s\bar{x}$	1,00
μ	19,74 ± 2,12
V.K.	19,6%

$$28,24 - 14,96 = 13,28 \text{ en}$$

$$F = \frac{28,24}{14,96} = 1,92 \quad (\text{met } DF_1^1 = 207 \text{ en } DF_2^2 = 127)$$

Vir $p = 0,05$ dui die kritiese waardes van die variansieverhouding F dat waardes van F gelyk aan of groter as 1,00 minder dikwels as $p = 0,05$ sal voorkom. Andersyds, enige verhouding kleiner as omtrent 1,00 is verenigbaar met die nulhipotese van gelyke variansies.

Indien die S.S. van beide groepe bymekaar gevoeg word:

$$s^2 \text{ (tesame)} =$$

$$\begin{aligned} \frac{SS + SS^1}{(N - 1) + (N^1 - 1)} &= \frac{5846,45 + 1899,80}{207 + 127} \\ &= \frac{7746,3}{334} = 23,1 \end{aligned}$$

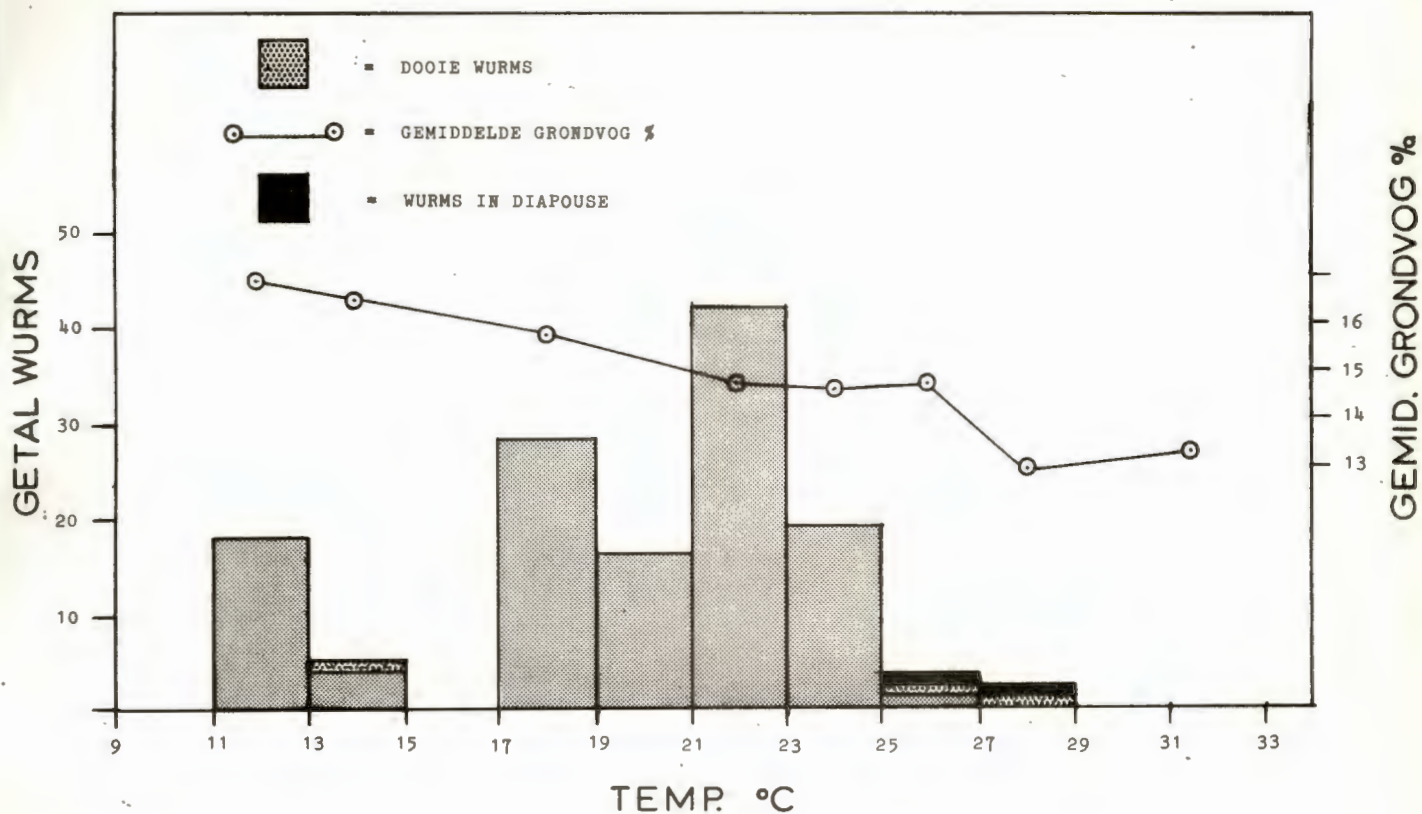
Omdat die twee groepe in grootte verskil, bepaal ons die variansie van die verskil tussen die gemiddeldes:

$$\begin{aligned} s^2 (\bar{x} - \bar{x}^1) &= s^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N^1} \right) \\ &= 23,1 \left(\frac{1}{208} + \frac{1}{128} \right) \\ &= 23,1 (0,013) = 0,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s (\bar{x} - \bar{x}^1) &= \sqrt{0,24} = 0,489 \\ t &= \frac{(\bar{x} - \bar{x}^1)}{s(\bar{x} - \bar{x}^1)} = \frac{1,92}{0,489} = 3,9 \end{aligned}$$

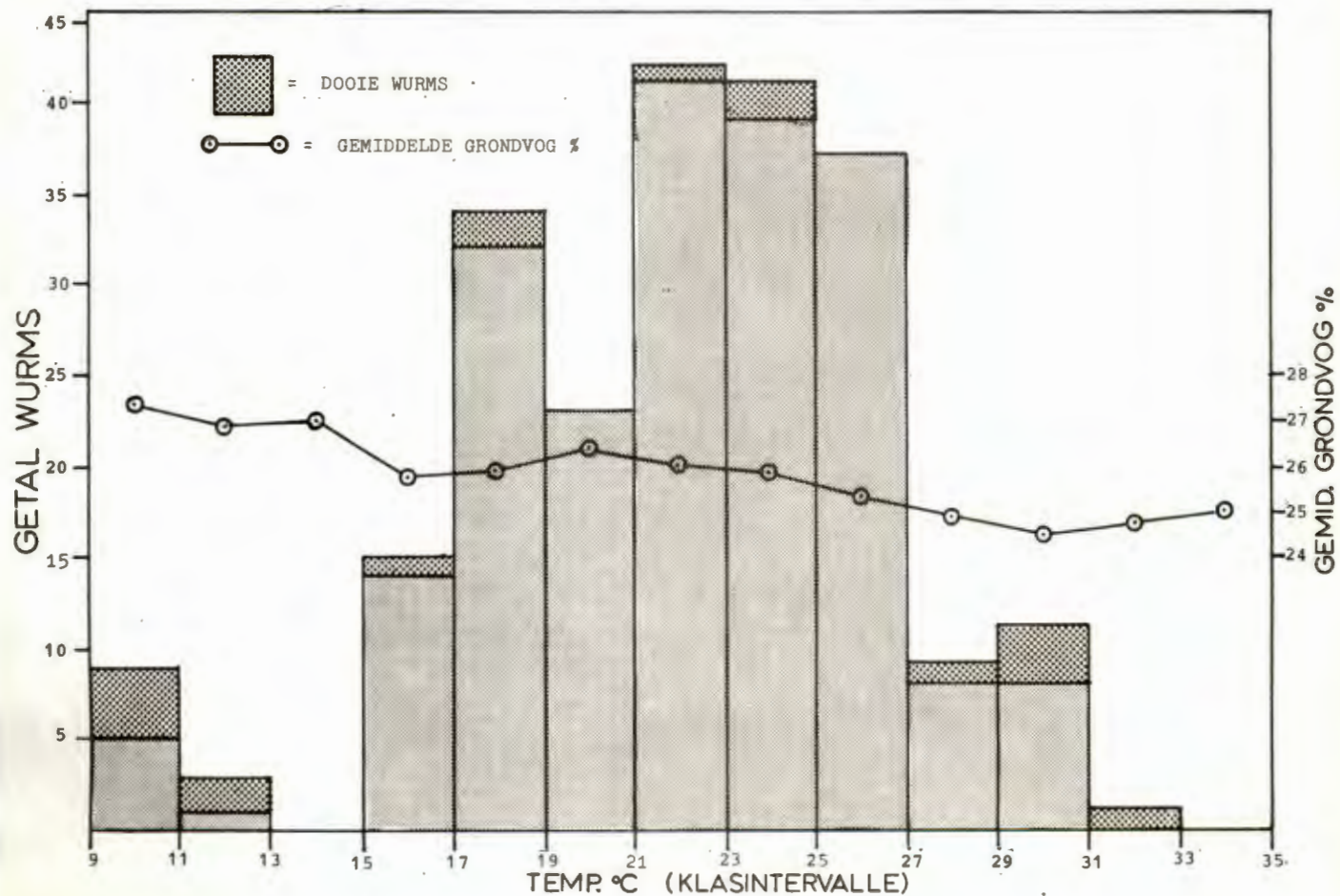
FIGUUR 17

FIGUUR 17. HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN E. ROSEA IN DIE TEMPERATUURGRADIËNT AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NA VOORAFGAANDE AKKLIMATISERING BY $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. GRONDOGINHOUD : 13 - 17%



Figuur 18

HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN M. MODESTUS AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NA VOORAFGAANDE AKKLIMATISERING BY $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.



Vir $DF = 200$ by $p = 0,05$ moet t groter wees as 1,97 om die gevraagde beduidendheid te gee. Waar t bereken is as 3,9 kan dus tot die gevolgtrekking gekom word dat die verskil tussen die voorkeurgemiddeldes van die twee erdwurm-groepe beduidend is.

Dit volg dus hieruit dat die eksemplare van Eisenia rosea waarvan die temperatuurvoorkeure onder hoër grondvogtoestande ondersoek is, voorkeur verleen het aan 'n temperatuurtoestand wat gemiddeld $5,1^{\circ}\text{C}$ hoër was as die wat deur die ondersoeksgroep verkies is wat by laer grondvogtoestande ondersoek is. Die verskil in die grondvogtoestande waarby die twee groepe ondersoek is was ongeveer 14%. In die geval van die ondersoek in grond met 'n laer voginhoud het 'n skerp voggradiënt oor die lengte van die gradiëntbak ontwikkel (figuur 17).

Die resultaat van hierdie ondersoek beklemtoon die noue verband wat bestaan tussen die invloed van grondvog en temperatuur. Die wurms het by laer grondvogtoestande 'n laer temperatuurorde verkies terwyl hulle by hoër grondvogtoestande 'n hoër temperatuurtoestand opgesoek

het.

Die migrasie van die wurms in die temperatuurgradiënt is dus beïnvloed deur die grondvogtoestand. Uit die resultate blyk dit voorts dat die wurms, hoewel 'n hoër grondvogtoestand by nog laer temperature in die gradiëntbak voorgekom het, nie die laer temperatuurtoestande van 16°C en benede opgesoek het nie. Dit word egter deur verskeie ondersoekers aanvaar dat dié diere vanweë hulle besondere afhanklikheid van grondvog, eerder ooreenkomstig 'n voggradiënt sal reageer as ooreenkomstig 'n temperatuurgradiënt. Hierdie beskouing moet waarskynlik beter gekwalifiseer word aangesien dit nie beteken dat die temperatuurgradiënt heeltemal buite rekening gelaat kan word by die aanwesigheid van 'n voggradiënt nie. Die huidige ondersoek dui eerder op 'n kompromiskeuse deur die wurms van 'n vog- en temperatuurtoestand wat beide nog relatief gunstig is. Die aanduiding is egter, deur die vergelyking van die twee ondersoeke by verskillende vogtoestande, dat die wurms wel 'n laer temperatuurtoestand, binne die perke van die verdraagsaamheidsomvang,

sal „aanvaar" indien die grondvogtoestande selfs nog laer sou daal.

Indien die wurms in die ondersoek by lae grondvoginhoud, andersyds slegs ooreenkomstig die voggradiënt sou gemigreer het, sou verwag kon word dat die wurms laer temperatuurtoestande moes opgesoek het aangesien skynbaar gunstiger vogtoestande daar geheers het.

Twee wurms is tydens die ondersoek in diapouse gevind by temperature van 26°C en 28°C en by 'n grondvoginhoud van 13 - 14%. Dit is opmerklik dat geen wurms in diapouse gevind is tydens die ondersoek by die hoër grondvogtoestande nie. In hierdie geval is enkele wurms wel dood aangetref by temperature van 29°C en hoër. Hierdie bevinding mag daarop dui dat grondvog 'n belangriker rol speel as temperatuur by die indusering van diapouse.

Dit moet ten slotte benadruk word dat die vergelyking tussen die twee grondvogkategorieë in die onderhawige geval in dieselfde grondtype geskied het sodat die verskil in die vogwaardes van die twee reekse, ook met in ag

TABEL VIII

Die saamgevoegde gegewens van vyftien eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Microchaetus modestus by hoë grondvoginhoude te bepaal nadat die wurms by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimateer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui)

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$ (intervalle)	Gemiddelde Grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9,0 - 10,9	27,4	5+(4)
11,0 - 12,9	26,9	1+(2)
13,0 - 14,9	Geen lesing	0
15,0 - 16,9	25,8	14+(1)
17,0 - 18,9	25,9	32+(2)
19,0 - 20,9	26,4	23
21,0 - 22,9	26,0	41+(1)
23,0 - 24,9	25,8	39+(2)
25,0 - 26,9	25,3	37
27,0 - 28,9	24,9	8+(1)
29,0 - 30,9	24,4	8+(3)
31,0 - 32,9	24,7	0+(1)
33,0 - 34,9	25,0	0
Vir vog: $\bar{x} = 25,71$; $v = 0,81$; S.A. = 0,90 S.F. van $\bar{x} = 0,26$		

neming van suiwer bodemkundige invloede, as ekologies verskillend vir die wurms beskou kon word.

3.6 Die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus by hoë grondvogtoestande

Die resultate van die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus by hoë grondvogtoestande word in tabelle VIII en IX weergegee. Tabel X gee 'n samevattende uiteensetting van die statisties verwerkte gegevens. Volledige bewerkings word in tabelle VIII B en IX B in die Bylaag weergegee.

Uit tabel VIII blyk dit dat die wurms wat by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ geakklimatiseer is 'n voorkeur, soos deur die pieke in figuur 18 geïllustreer, vir 'n temperatuurorde vanaf $21,0^{\circ}\text{C}$ tot $26,9^{\circ}\text{C}$ vertoon. Nie minder nie as 117 van die 208 wurms wat tydens die ondersoek gebruik is, het binne hierdie temperatuuromvang voorgekom. Die modus sowel as die mediaan van die frekwensieverspreiding val egter binne die temperatuurorde $21,0^{\circ}\text{C} - 22,9^{\circ}\text{C}$.

Met 'n sekerheidsinterval van 95% lê die voor-

TABEL IX

Die saamgevoegde gegewens van vyftien eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Microchaetus modestus by hoë grondvog inhoude te bepaal nadat die wurms by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui)

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$	Gemiddelde grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9,0 - 10,9	25,9	6+(3)
11,0 - 12,9	27,3	0
13,0 - 14,9	26,7	4
15,0 - 16,9	26,9	19+(1)
17,0 - 18,9	26,3	9
19,0 - 20,9	25,7	29
21,0 - 22,9	24,9	23
23,0 - 24,9	25,0	38+(2)
25,0 - 26,9	25,0	38+(1)
27,0 - 28,9	25,3	27
29,0 - 30,9	24,8	17
31,0 - 32,9	24,3	4+(4)
33,0 - 34,9	24,5	0
Vir vog: $\bar{x} = 25,58$; $V = 0,93$; S.A. = 0,97; S.F.. van $\bar{x} = 0,27$		

keurmiddelpunt tussen $21,4^{\circ}\text{C}$ en $22,6^{\circ}\text{C}$ (Kyk tabel VIII B van Bylaag).

Uit die totaal van 225 wurms wat vir die ondersoek gebruik is, het sewentien gedurende die verskillende opstellings gevrek (tabel VIII).

Die vrekte het meer verspreid in die gradiëntbak voorgekom as wat die geval was met Eisenia rosea. 'n Verklaring vir hierdie verskynsel moet waarskynlik gesoek word in die vermoedelik groter temperatuursensitiwiteit van Microchaetus modestus. Waarneming en teling van die spesie oor enkele jare het die vermoede dat 'n nouer verdraagsaamheidsomvang ten opsigte van temperatuur aanwesig is, laat posvat. Die meer kompakte frekwensieverspreiding tussen 17°C en 27°C (figuur 18) (met 88% van die wurms binne hierdie temperatuurreeks) in vergelyking met Eisenia rosea wat in die algemeen oor 'n wyer omvang van die gradiënt verspreid voorgekom het, mag 'n aanduiding wees van 'n nouer voorkeuromvang by Microchaetus modestus. 'n Variansiekoëffisiënt van 18,6%, wat 3% laer is as die van Eisenia rosea, is bereken.

'n Gemiddelde vogsituasie van 24,4% - 27,4%

het in die gradiënttrog voorgekom.

Tabel IX gee die saamgestelde resultate weer van vyftien opstellings om die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus te ondersoek na voorafgaande akklimatisering by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Soos uit figuur 19 blyk, is 'n besondere voorkeur vir die temperatuurorde $23,0^{\circ}\text{C}$ tot $26,9^{\circ}\text{C}$ waargeneem wat die modus insluit. Die mediaan van die frekwensieverspreiding lê tussen $23,0^{\circ}\text{C}$ en $24,9^{\circ}\text{C}$. Elf wurms uit die totaal van 225 het gedurende die verloop van die ondersoek gevrek (tabel IX) hoofsaaklik aan die eindpunte van die gradiëntbak hoewel drie dooie wurms tussen $23,0^{\circ}\text{C}$ en $26,9^{\circ}\text{C}$ voorgekom het. 'n Duidelike hoër heterogeniteit ten opsigte van die frekwensieverspreiding as in die eerste reeks opstellings het voorgekom met die variansiekoëffisiënt bereken as 21,1%. Met 'n sekerheidsinterval van 95% lê die voorkeurmiddelpunt tussen $22,6^{\circ}\text{C}$ en $23,9^{\circ}\text{C}$ (kyk tabel IX B van Bylaag). 'n Gemiddelde vogtoestand van 24,3% en 27,3% het tydens die reeks opstellings in die gradiëntbak voorgekom..

TABEL X

'n Samevattende tabel van die verwerkte gegevens ten opsigte van temperatuurvoorkeur vir die twee akklimatiseringsgroepe van Microchaetus modestus by hoë grondvoginhoud. (Volledige bewerkings word met tabelle IV B en V B in die Bylaag weergegee).

Spesie	<u>M. modestus</u> (N = 208)	<u>M. modestus</u> (N = 214)
Akklimatisasie	20 ± 0,5°C	25 ± 0,5°C
$\frac{\sum fx}{N}$	0,05	- 0,66
$\frac{(\sum fx)^2}{N}$	0,5	94,22
$\bar{x}$	22,0	23,29
S.S.	3475,5	5029,78
s^2	16,8	23,6
$s\bar{x}^2$	0,08	0,11
$S\bar{x}$	0,30	0,34
μ	22,0 ± 0,7	23,29 ± 0,9
V.K.	18,6%	21,1%

3.6.1 Die invloed van akklimatisasie op die voorkeurmiddelpunt

Net soos in die geval van Eisenia rosea het die statisties bepaalde voorkeurmiddelpunt na 'n hoër orde verskuif by die hoër ge-akklimatiseerde groep. Die verskil in die gemiddeldes van die twee akklimatiseringsgroepe was $23,29 - 22,0 = 1,29^{\circ}\text{C}$. Gemiddeld het die hoër ge-akklimatiseerde groep (25°C) 'n voorkeurtemperatuur van $1,29^{\circ}\text{C}$ hoër as die groep vertoon wat by $20,0^{\circ}\text{C}$ ge-akklimatiseer is.

Toetsing van die twee variansiebepalings:

$$23,6 - 16,8 = 6,8$$

$$\text{sodat } F = \frac{23,6}{16,8} = 1,40$$

$$\text{Met } DF^1 = 207 \text{ en } DF = 213$$

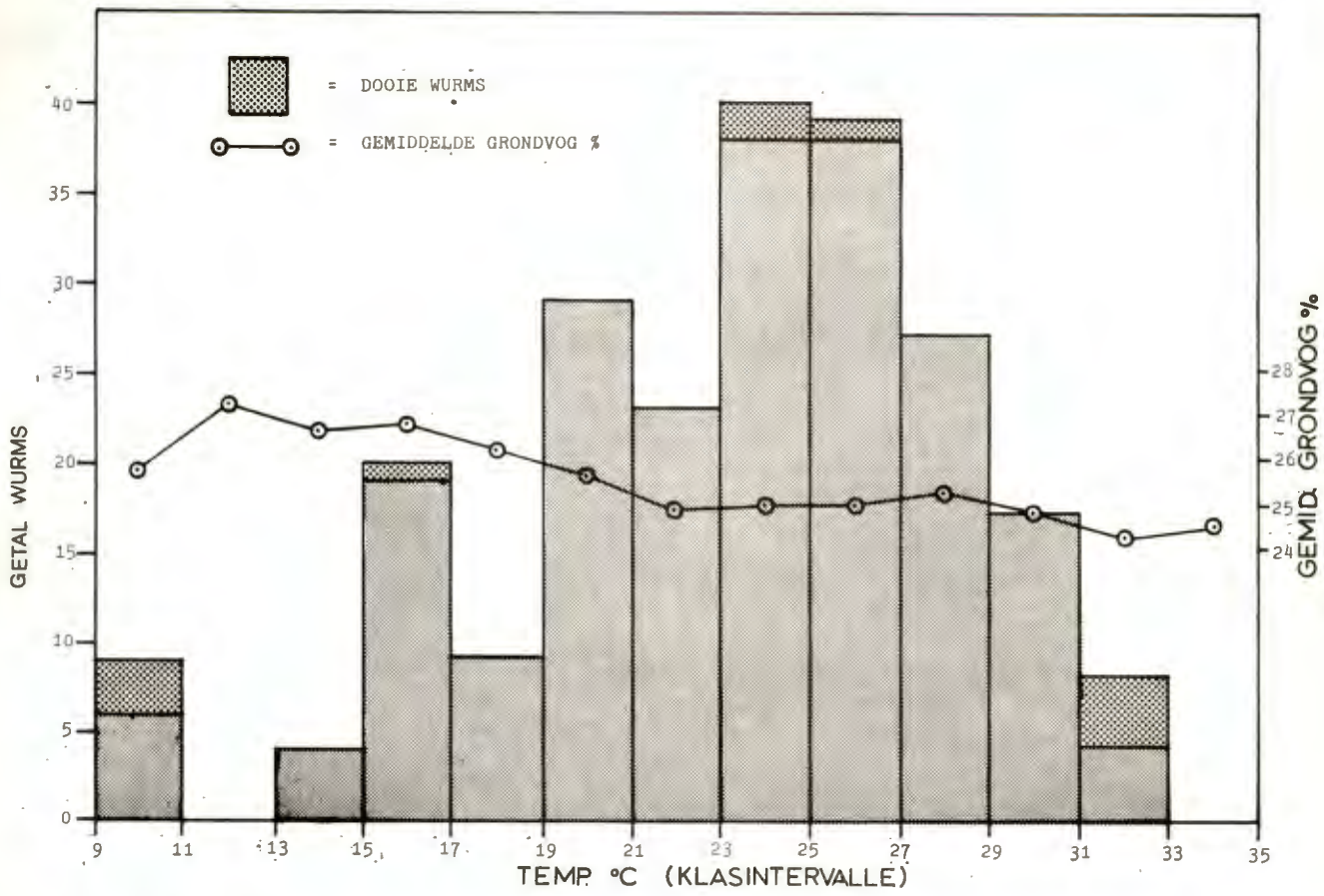
Vir $p = 0,05$ uit die tabel vir die kritiese waardes van die variansieverhouding F blyk dit dat waardes van F gelyk aan of groter as 1,00 minder dikwels as $p = 0,5$ sal voorkom.

Indien die SS van beide groepe saamgevoeg word:

$$S^2 \text{ (tesame)} = \frac{SS + SS^1}{(N - 1) + (N^1 - 1)}$$

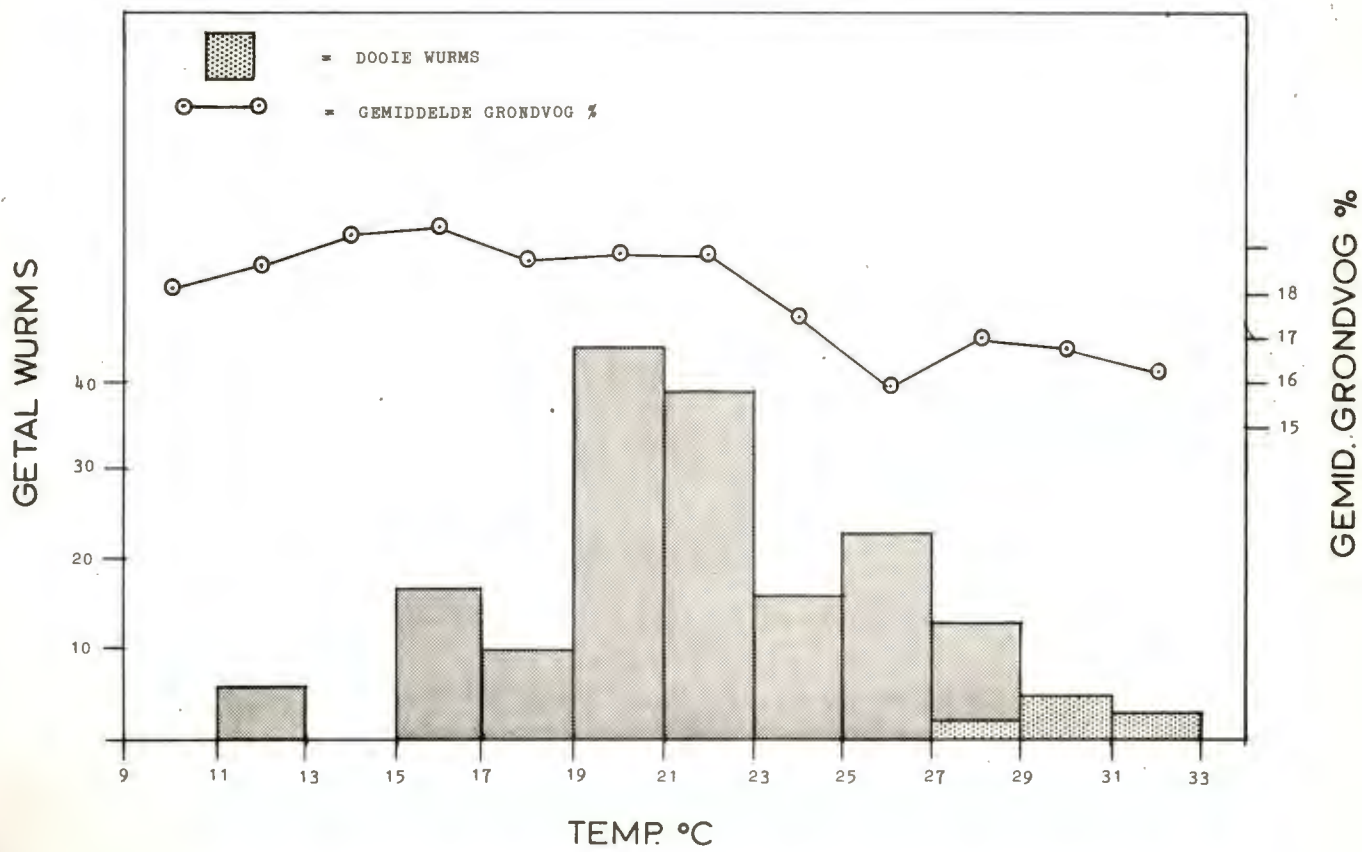
Figuur 19

HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN M. MODESTUS IN DIE TEM=PERATUURGRADIËNT AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NÁ VOOR=AFGAANDE AKKLIMATISERING BY $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$



FIGUUR 20

FIGUUR 20. HISTOGRAM OM DIE GLOBALE VERSPREIDING VAN M. MODESTUS IN DIE TEMPERATUURGRADIËNT AAN TE TOON NA VERLOOP VAN 48 UUR EN NA VOORAFGAANDE AKKLIMATISERING BY $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. GRONDVOGINHOUD : 16,2 - 19,4%



$$\begin{aligned}
 &= \frac{5029 + 3475}{207 + 213} \\
 &= 20,2
 \end{aligned}$$

Omdat die twee groepe ook in grootte verskil, bepaal ons die variansie van die verskil tussen die gemiddeldes:

$$\begin{aligned}
 s^2 (\bar{x} - \bar{x}^1) &= s^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N^1} \right) \\
 &= 20,8 \left(\frac{1}{213} + \frac{1}{207} \right) \\
 &= 0,19 \\
 s (\bar{x} - \bar{x}^1) &= \sqrt{0,19} \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{(\bar{x} - \bar{x}^1)}{s(\bar{x} - \bar{x}^1)} = \\
 &= \frac{1,40}{0,43} \\
 &= 3,2
 \end{aligned}$$

Vir $DF = 200$ moet t groter wees as 1,97 om die gevraagde beduidendheid van $p = 0,05$ te gee. Waar t bereken is as 3,2 kan dus tot die gevolgtrekking gekom word dat die verskil tussen die middelpunte van die temperatuurvoorkeure van die twee verskillende ge-aklimatiseerde groepe beduidend was.

'n Toename van 5°C in die akklimatiseringstempe=

ratuur het dus 'n verhoging van $1,3^{\circ}\text{C}$ in die voorkeurgemiddelde tot gevolg gehad onder die huidige eksperimentele toestande.

Soos in die geval van Eisenia rosea kon die invloed van akklimatisasie op die temperatuurvoorkeur duidelik aangetoon word. By Microchaetus modestus het die verhoogde akklimatisasie egter 'n groter verskuiwing ten opsigte van die voorkeurmiddelpunt meegebring.

3.7 Die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus by lae grondvogtoestande

Die resultate van die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus by 'n lae grondvoginhoud van 16,2 - 19,4% word in tabel XI weergegee en in figuur 20 grafies voorgestel. Volledige bewerkings word met tabel X B van die Bylaag weergegee. Tabel XII gee 'n samevatting van die statisties verwerkte gewens. Dit is bereken dat die temperatuurvoorkeurmiddelpunt tussen $20,8$ en $21,9^{\circ}\text{C}$ geleë is met 'n sekerheidsinterval van 95%.

Indien die resultate wat verkry is net die 20,0

TABEL XI

Die saamgevoegde gegewens van nege eksperimentele opstellings om die voorkeurtemperatuur van Microchaetus modes tus by lae grondvoginhoud te bepaal na dat die wurms by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ge-akklimateer is. (Wurms wat tydens die ondersoek dood is, word tussen hakies aangedui).

Temperatuur $^{\circ}\text{C}$	Gemiddelde grondvog % (Ultramatmetode)	Getal wurms
9,0 - 10,9	18,1	0
11,0 - 12,9	18,6	6
13,0 - 14,9	19,3	0
15,0 - 16,9	19,4	17
17,0 - 18,9	18,7	10
19,0 - 20,9	18,9	44
21,0 - 22,9	18,8	39
23,0 - 24,9	17,5	16
25,0 - 26,9	15,9	23
27,0 - 28,9	17,0	13+(2)
29,0 - 30,9	16,7	0+(5)
31,0 - 32,9	16,2	0+(3)
Vir vog: $\bar{x} = 17,92$; $V = 1,49$; S.A. = 1,22 S.F. van $\bar{x} = 0,35$		

TABEL XII

Statisties verwerkte gegewens vir
Microchaetus modestus na toetsing van
 temperatuurvoorkeure by 'n lae grondvog=
 inhoud. Kyk ook Tabel X B van die Bylaag)

Spesie	<u>Microchaetus modestus</u>
Akklimatisasie	20,0 ± 0,5°C
$\frac{\sum fx}{N}$	1,47
$\frac{(\sum fx)^2}{N}$	365,7
S.S.	2402,3
s^2	14,4
$s\bar{x}^2$	0,08
$s\bar{x}$	0,28
μ	21,42 ± 0,55
V.K.	17,7%
N	168

$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ - akklimatiseringsgroep van Microchaetus modestus by 'n hoë grondvoginhoud van 24,4 - 27,4% vergelyk word met dié wat verkry is by 'n lae grondvoginhoud van 16,2 - 19,4% blyk dit dat 'n geringe verskil voorgekom het in die temperatuur= voorkeurmiddelpunte by die verskillende grondvog= situasies.

Die verskil in die $\bar{x}$ -waardes van die twee groepe was $22,0 - 21,4 = 0,6^{\circ}\text{C}$. Gemiddeld het die groep in die laer grondvogtoestande dus 'n temperatuurvoorkeur vertoon wat $0,6^{\circ}\text{C}$ laer was as die van die groep wurms wat by die hoër grondvog= toestande getoets is.

Toetsing van die twee variansiebepalings naamlik:

$$16,8 - 14,4 = (\text{met } DF^1 = 207 \\ \text{en } DF^2 = 167) \\ F = \frac{16,8}{14,4} = 1,16$$

Vir $p = 0,05$ dui die kritiese waardes van die variansieverhouding F dat waardes van F gelyk aan of groter as 1,00 minder dikwels sal voorkom as $p = 0,05$.

Indien die S.S. van beide groepe bymekaar ge=

gevoeg word:

$$\begin{aligned}
 S^2 \text{ (tesame)} &= \frac{S.S. + S.S.^1}{(N - 1) + (N^1 - 1)} \\
 &= \frac{3475,5}{167} + \frac{2402,3}{207} \\
 &= 15,7
 \end{aligned}$$

Omdat die twee groepe in grootte verskil, word die variansie van die verskil tussen die gemiddeldes bepaal:

$$\begin{aligned}
 S^2 (x - x^1) &= S^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N^1} \right) \\
 &= 15,7 \left(\frac{1}{168} + \frac{1}{208} \right) \\
 &= 0,17 \\
 S. (\bar{x} - \bar{x}^1) &= \sqrt{0,17} = 0,41 \\
 t &= \frac{\bar{x} - \bar{x}^1}{S(x - x^1)} = \frac{1,16}{0,41} \\
 &= 2,8
 \end{aligned}$$

Vir DF = 200 by $p = 0,05$ moet t groter wees as 1,97 om die gevraagde beduidendheid te gee. Waar t bereken is as 2,8 kan dus tot die gevolgtrekking gekom word dat die verskil tussen die twee groepe wel beduidend was. Microchaetus modestus-eksemplare het dus onder die huidige eksperimentele toestande by 'n laer grondvoghoud 'n geringe, dog statisties

beduidende, verskil van die voorkeurtemperatuur by die hoë grondvoginhoud vertoon. Hieruit kan afgelei word dat die grondvogtoestand ook in die geval van Microchaetus modestus 'n invloed uit=ge oefen het op die temperatuurvoorkeure. Gemiddeld het gunstiger vogtoestande by laer temperature as die voorkeurtemperatuur geheers in die geval van die ondersoek by die laer grondvogtoestande. Ten spyte daarvan wil dit voorkom asof die wurms nie uitsluitlik ooreen=komstig die voggradiënt gemigreer het nie. Die aanwesigheid van 'n kompromiskeuse soos wat in die geval van Eisenia rosea vermoed'is, bied die mees logiese verklaring vir die feit dat die wurms nie na nog gunstiger vogtoestande beweeg het nie.

Tien wurms uit 'n totaal van 178 wat in die ondersoek by 'n lae grondvogtoestand gebruik is, is tydens die ondersoek dood. Die sterfte (figuur 20, tabel XI) was beperk tot die warmste punt in die gradiënttrog. Geen wurms het tydens die ondersoek in diapouse oorgegaan nie.

3.8 Bespreking

Die vermoede van Reinecke & Ljungström (1969) dat die Europese erdwurms in Suid-Afrika, weens hulle wyer verspreiding in die Republiek, beter aangepas mag wees by die Suid-Afrikaanse klimaats=toestande word enigszins ondersteun deur die onder=soek na die temperatuurvoorkeure van die twee spesies. Die Europese spesie, Eisenia rosea, het 'n temperatuurvoorkeurmiddelpunt vertoon wat in die geval van albei akklimatiseringsgroepe by 'n hoë grondvoginhoud hoër was as die van die endemiese Microchaetus modestus. Die ondersoek by die laer grondvoginhoud van ongeveer 16% het weer getoon dat Eisenia rosea 'n effens laer voorkeurtemperatuur het as Microchaetus modestus. Die twee spesies is egter in verskillende grond=tipes ondersoek en die grondvoginhoud het effens verskil sodat die bogenoemde vermoede nie hier=deur vir die twee bestudeerde spesies finaal be=vestig kan word nie. Voorts sal kennis van die verdraagsaamheidsomvang van die twee spesies heelwat meer lig werp op die geldigheid van bogenoemde outeurs se vermoede. En selfs al sou sodanige kennis aantoon dat die een spesie 'n

wyer omvang van verdraagsaamheid ten opsigte van temperatuur het as die ander spesie moet daar steeds rekening mee gehou word dat die wurms nog aansienlik mag verskil in hulle vermoë om ongunstige en wisselende uiterstes in die natuur te ontkom deur byvoorbeeld beskeringsmeganismes soos diapouse of hulle vermoë tot dieptemigrasie.

Die voorkeurmiddelpunt sal nie noodwendig saamval met die verdraagsaamheidsmiddelpunt nie en verskaf geen inligting oor die grootte en omvang van die verdraagsaamheidsgebied nie. Sou die voorkeurgebied in die temperatuurskaal egter ook as daardie gebied beskou kon word waarby die wurms sal floreer ten opsigte van algemene lewensaktiwiteite en voortplanting, sal Eisenia rosea dus, indien die faktor onder beskouing konstant sou optree, beter aard by hoër temperature as Microchaetus modestus.

Die vergelykende studie van die verskillende akklimatisasiegroepe illustreer die fisiologies nie-statiese aard van die voorkeurgebied in die temperatuurskaal en bevestig die invloed van akklimatisasie op die temperatuurvoorkeure.

Die keuse van 'n temperatuurtoestand geskied nie onafhanklik van die vogfaktor nie. In die geval van beide spesies het 'n verandering in die vogsituasie ook 'n verandering in die temperatuurvoorkeur teweeggebring wat duidelik illustreer dat die diere as gevolg van die kompleksiteit van die inwerkende faktore verplig was om 'n gangbare gemiddelde toestand ten opsigte van 'n bepaalde faktor te aanvaar in plaas van 'n optimumtoestand. In die natuur is die reaksie van 'n dier op die totaliteit van sy omgewingsfaktore. 'n Verandering in een operasionele faktor sal, afhangende van die aard van wisselwerking met ander faktore, die dier se reaksie ten opsigte van die ander faktore beïnvloed. In die geval van grondbewonende klamlugdiere soos erdwurms sal die noue wisselwerking tussen vog en temperatuur, en veral omdat die faktore aan sowel daaglikse as seisoenale wisseling onderhewig is, 'n prominente rol speel in die bestaan van die diere. Met hierdie feit moet ondersoekers na die algenere ekologie van gronddiere deeglik rekening hou en moet die evalueringsfaktore ook

daarop gemik wees om vas te stel in welke verband hulle tot mekaar staan en of hulle op 'n bepaalde tydstip operasioneel is al dan nie.

Gronddierkundiges het tot dusver, op enkele uitsonderings na, nog nie daarin geslaag om die invloed van suiwer pedologiese aspekte op die ekologiese faktore in die bodem raak te vat in eksperimentele ondersoeke nie.

In die huidige ondersoek met behulp van 'n temperatuurgradiënt het sekere verskynsels opgetree wat die grondomgewing aansienlik beïnvloed het en dus 'n direkte invloed sou kon hê op die aanwesige diere. Dit sluit onder andere die verskynsel in soos reeds in 1915 deur Bouyoucos en later in meer besondere deur Smith (1940; 1943) aangetoon, van waterbeweging van hoë na lae temperature in verseëlde grondkolomme. Beide hierdie outeurs het bevind dat daar vir elke grondtipe 'n optimum aanvanklike waterinhoud bestaan waarby maksimum watervoordraging in 'n temperatuurgradiënt sal geskied terwyl baie min watervoordraging plaasvind by baie nat en baie droë grondtoestande.

Die skerpste of „helling“ van die voggradiënt

wat sal ontstaan, hang af van die aanvanklike waterinhoud, kompaktheid, temperatuurgradiënt en gemiddelde temperatuur (Gurr et al., 1952).

Die reaksie van die erdwurms in die gradiënttrog het ooreenkomstig 'n temperatuurgradiënt plaasgevind wat, vanuit pedologiese oorweginge gesien, in die geval van papnat grondtoestande baie minder 'n voggradiënt beïnvloed sou kon word. Die verkreeë resultate van die vogbepalings bevestig dit vir die opstellings met 'n hoë grondvoginhoud. In die geval van sommige opstellings met droër grond, het 'n duidelike skerp voggradiënt tydens die huidige ondersoek ontstaan wat 'n aansienlike invloed kon uitoefen op die temperatuurvoorkeure. Die resultate vir beide spesies toon dan ook aan dat die temperatuurvoorkeure in die grond met die laer grondvoginhoud (en duidelike voggradiënt) beduidend verskil het van die temperatuurvoorkeure in grond met 'n hoë grondvoginhoud.

Hieruit kan afgelei word dat die aanlê van 'n temperatuurgradiënt oor die grond met 'n ongeveer homogene en relatief lae voginhoud (vir die huidige ondersoek ongeveer 16%) waterbewe-

ging tot gevolg gehad het wat die voggradiënt daargestel het, soos deur vogbepalings aangetoon.

Hierdie waterbeweging in die grond as gevolg van die aanwesigheid van 'n temperatuurgradiënt mag 'n aansienlike rol speel om nuwe invloede op die posisionele keuse van die erdwurms te weeg te bring. Smith (1943), wat die meganisme van vogbeweging in temperatuurgradiënte ondersoek het, meen dat 'n vloeï in vloeistoffase van die warm na die koue punt plaasvind as gevolg van dampkondensering in kapillêre porieë. Winterkorn (1947) het die teorie van „filmvloeï" van water as vloeistof deur die poreuse grondstelsel voorgestel wat die resultaat is van veranderde wateraffiniteit as gevolg van verandering in temperatuur. Hy het voorts 'n elektriese potensiaalverskil in die grond gevind wat die gevolg was van die temperatuurgradiënt en het gemeen dat die termiese waterbeweging dalk 'n spesiale geval van elektro-osmose kon wees. Die feit is egter dat, indien water in die vloeibare vorm deur die grond sou beweeg as gevolg van die temperatuurgradiënt, verwag kan word dat oplosbare soute meegevoer sal word

sodat homogeniteit ten opsigte van hierdie aspek oor die lengte van die gradiëntbak verlore gaan. 'n Nuwe faktor sal dus as gevolg hiervan na vore tree wat die osmotiese eienskappe oor die lengte van die gradiëntbak beïnvloed en gevolglik 'n direkte invloed kan uitoefen op vogliewende diere soos erdwurms.

Die ontstaan van 'n osmotiese potensiaalgradiënt sal die erdwurms se keuse van 'n gebied in die gradiëntbak kan beïnvloed. Dat bogenoemde verskynsel die resultate van die huidige ondersoek sou kon beïnvloed, spreek vanself. Die interpretasie van die resultate van die ondersoek na die temperatuurvoorkeure sal dus ook ten nouste gekoppel wees, veral by die laer grondvoghoude, aan die meganisme van wateroordraging in die gradiëntbak. Dit is gevolglik nodig om die meganisme van termiese wateroordraging te beskou ten einde uitsluitel te probeer gee of bogenoemde verskynsel en ander moontlike gepaardgaande fisies-chemiese potensiale 'n moontlike rol sou kon gespeel het by die keuse deur die erdwurms van 'n gebied in die gradiëntbak.

Verskeie grondfisici het reeds aandag gegee

aan die meganisme van wateroordraging in 'n temperatuurgradiënt. Heelwat teenstrydige bevindinge is egter gemaak. Daar is reeds verwys na die menings van Bouyoucos (1915), Smith (1943) en Winterkorn (1947). Die resultate van die ondersoek deur Gurr et al. (1952) toon dat termiese wateroordraging in beide die vloeistof en vogfase plaasvind, maar in teenoorgestelde rigtings. Hulle het vasgestel dat in alle gronde, behalwe die droogste en die natste, wateroordraging na die koue punt van die kolom plaasvind terwyl sout na die warm punt beweeg het. Die resultaat word beskou as die gevolg van die netto oordrag van water vanaf die warm punt na die koue punt. Water wat in die warm grond verdamp het, het as waterdamp na die koue grond beweeg waar dit gekondenseer het en as 'n vloeistof teruggekeer het wanneer 'n gunstige gradiënt ten opsigte van die dampdrukpotensiaal tot stand gekom het. Gurr et al. (1952) toon op teoretiese gronde aan dat wanneer die grond nat genoeg is om vloeibeweging van water toe te laat 'n ewewig nie bereik word nie sodat voortdurende sirkulasie van grondwater plaasvind. Vandaar die afwesigheid van 'n

skerp voggradiënt by hoë grondvoginhoude. Hier=
 die outeurs wys daarop dat vir gronde met 'n „nor=
 male" soutkonsentrasie die invloed van waterbe=
 weging in die vloeibare vorm op die soutversprei=
 ding klein sal wees. Indien dit wel die geval
 is, kon dit dus vir die doel van die huidige
 ondersoek, veral in die lig van die feit dat op=
 stellings slegs 24 - 48 uur geduur het, buite re=
 kening gelaat word by die evaluering van die
 resultate, hoewel dit waarskynlik 'n afsonder=
 like ondersoek regverdig.

Dit is nodig ge-ag om na hierdie onderliggende
 grondfisiese faktore te verwys aangesien dit
 'n bekende feit is dat erdwurms ook sensitief
 is vir byvoorbeeld chemiese stowwe in die
 grond.

In die natuur is die aarde se oppervlak aan 'n
 seisoenale, jaarlikse en etmalige, verwarming
 en afkoeling onderworpe wat die grondvog beïn=
 vloed. Die daaglikse wisseling is nie van
 dieselfde omvang as die jaarlikse wisseling
 nie. Die temperatuurgolf wat die grond binne=
 dring, bring egter 'n temperatuurgradiënt mee.
 In Potchefstroom, soos in die meeste dele van

die Republiek, neem die temperatuur met toene=
mende diepte af (gedurende die dag gemeet).

Tabel XIII illustreer die situasie in die boonste
grondlaag. 'n Ommekeer in die gradiënt vind
egter gedurende die nag plaas soos blyk uit die
lesings om 8h00. Dit is opmerklik dat daar geen
verskil voorkom tussen die rigting van die winter
en somergradiënte in die boonte 30 cm nie soos
wat byvoorbeeld in Europese lande gewoonlik die
geval is waar gronde gedurende die winter vries.

Gradiënte soos wat hier aangetoon is, behoort
teoreties dus 'n afbeweging van water na dieper
dele mee te bring gedurende die dag terwyl die
omgekeerde snags behoort plaas te vind, hoewel
gravitasiekragte ook 'n invloed sal uitoefen.
Oordraging van grondvog geskied tydens droër
toestande in dampvorm. 'n Voggradiënt wat so=
doende ontstaan sal dus, veral as grondvogin=
houde kritiese waardes bereik met betrekking tot
die bestaansvoorwaardes van erdwurms, 'n aan=
sienlike invloed uitoefen op die vertikale migra=
sie van die aanwesige wurms. Dit kan dus ver=
wag word dat erdwurms, as beide die vog- en
temperatuurfaktor in ag geneem word, gedurende
die somerdae dieper in die grond sal voorkom as

TABEL XIII

Maandelikse gemiddelde grondtemperatuurlesings op verskillende dieptes gedurende Januarie en Julie van 1969 en 1970 geneem om 14h00 en 8h00 te Potchefstroom ten einde die aanwesigheid en rigting van die temperatuurgradiënt in die boonste grondlaag aan te toon

Tyd van dag	Diepte (cm)	GEMIDDELDE TEMPERATUUR °C			
		1969		1970	
		Januarie	Julie	Januarie	Julie
14h00	5	39,6	20,4	38,1	19,9
	10	37,1	17,7	32,7	14,6
	20	30,4	12,8	29,1	11,9
	30	28,0	12,8	28,1	11,7
8h00	5	24,0	7,0	23,3	5,5
	10	23,7	9,0	24,8	8,3
	20	28,7	11,6	26,9	10,5
	30	28,7	13,0	28,0	11,9

as gedurende die somernagte, afhangende van die orde van die temperatuur- en voggradiënt.

Die temperatuursituasie gedurende die middel-winter verskil van dié in die somer deurdat die gradiënt van 'n heelwat laer orde is. Die gradiëntrigting het egter onveranderd gebly soos in tabel XIII aangetoon word. Indien die wurms ooreenkomstig 'n temperatuurgradiënt sou oriënteer soos wat die eksperimente aangetoon het, kan 'n omgekeerde migrasierigting in ver-

gelyking met dié van die somertye verwag word. Die temperatuurtoestand in die heel boonste grond= laag was gedurende die midwinterdae die naaste aan die temperatuurvoorkeurmiddelpunt van die spesies terwyl die temperatuurgradiënt snags om= gekeer het sodat 'n afwaartse migrasie die erd= wurms na 'n temperatuurtoestand sou lei wat die naaste aan die voorkeurmiddelpunt van die wurms is.

4. LETALE TEMPERATURE

Diere is in staat om binne sekere perke voort= durend aanpassings te maak en te kompenseer vir veranderinge in hulle omgewing. Die dier kan binne 'n sekere variasie-omvang ten opsigte van temperatuur, vog, suurstofbeskikbaarheid en an= der faktore leef. Hierin lê sy omvang van ver= draagsaamheid. Ons onderskei hiervan egter ook weerstandsvermoë waaronder ons verstaan dat 'n dier in staat is om vir 'n tyd lank te bly voortleef by die boonste en onderste letale perk van die verdraagsaamheidsomvang.

'n Dier beskik ook oor die vermoë om te akkli= matiseer. Daarom sal die voorafgaande ge=

skiedenis van 'n faktor die weerstand en verdraagsaamheid vir die faktor beïnvloed. Die omvang van verdraagsaamheid kan gevolglik nooit as 'n statiese fisiologiese sone beskou word nie (Hoar, 1966).

Wanneer die bestaansvoorwaardes van diere dus ondersoek word, sal voorkeurstudies alleen nie voldoende wees om 'n duidelike beeld te verskaf van die eise wat 'n dier aan sy omgewing stel nie aangesien die voorkeur ten opsigte van 'n faktor daardie optimum verteenwoordig wat selde in die natuur gehandhaaf mag word. Trouens, in die natuur kom daar eerder skommelinge ten opsigte van die faktor voor wat soms ongunstige uiterstes vir die betrokke dier daarstel.

Die meeste erdwurmspesies is vogliewende diere in dié sin dat hulle meestal in klam grond aangetref word. Droë gronde besit normaalweg 'n lae soortlike warmte met die gevolg dat hulle vinniger verwarm byvoorbeeld na blootstelling aan sonlig. Deur verhoging van die voginhoud word die termiese kapasiteit verhoog sodat verwarming stadiger sal geskied. As gevolg van

die hoë soortlike warmte van water sal die veranderingsskoers in omgewingstemperatuur dus laag wees in die geval van nat omgewings. Normaalweg is terrestriële ektoterme (poikiloterme) diere onderworpe aan vinnige en drastiese temperatuurveranderinge. Erdwurms moet in hierdie geval waarskynlik as semi-akwatiese organismes beskou word wat in 'n mindere mate aan hierdie drastiese temperatuurveranderinge onderworpe is, behalwe wanneer die grondvoginhoud uitermate laag is. Die noue verband wat daar tussen grondtemperatuur en grondvog bestaan as ekologiese faktore in die grondomgewing volg uit bogenoemde.

Geen aandag is tydens die huidige ondersoek geskenk aan die onderste perk van verdraagsaamheid nie aangesien grondtemperatuur in meeste dele van Suid-Afrika slegs by uitsondering so laag daal dat dit letaliteit tot gevolg het. Voorts kan die wurms gedurende wintermaande dieper in die grond inbeweeg waar temperature gunstiger mag wees.

Poikiloterme (ektoterne) diere se liggaamstemperatuur word normaalweg passief bepaal deur die temperatuur van die omgewing. Dit is egter

nie waar dat hulle metabolies volledig vasgevang word deur hulle liggaamstemperature nie, aangesien temperatuur nie die enigste faktor is wat chemiese tempo bepaal nie (Hoar, 1966). Verskillende ensieme het verskillende grade van sensitiwiteit vir temperatuur en verskillende biochemiese stelsels het verskillende temperatuurkonstantes. Dit volg dus dat verskillende poikiloterme diere verskillende temperatuursensitiwiteite besit en dus sal verskil ten opsigte van die temperature waarby hulle fisiologiese prosesse doeltreffend funksioneer. Voorkeur- sowel as letale temperature kan dus verskil.

Soos in die geval van voorkeurstudies is 'n vergelykende ondersoek onderneem na die boonste letale temperature van Microchaetus modestus van die familie Microchaetidae en Eisenia rosea van die familie Lumbricidae deur gebruikmaking van die konsep van biologiese evaluering. In die breëre sin verwys biologiese evaluering na die bepaling van die verhouding tussen 'n fisiologiese aktiewe agens, hetsy fisies, chemies of biologies en die uitwerking wat dit het op die lewende organisme.

As E enige gekose uitwerking is waarvan die grootte afhang van die intensiteit van verskeie faktore soos byvoorbeeld die hoeveelheid chemikalieë (a), blootstellingstye (t), temperatuur (T) ander omgewings=toestande (x) en die fisiologiese toestand van die proefdiere soos ouderdom, geslag ens. (p), kan daar in die algemeen gestel word:

$$E = f(a, t, T, x, p) \dots\dots\dots (1)$$

en die totale verandering in E in enige situasie is gelyk aan die som van die verandering in die verskillende faktore, elk vermenigvuldig met die koers waarby E afhanklik is van die faktor wanneer al die ander konstant gehou word:

$$dE = \left(\frac{\partial E}{\partial a}\right) \frac{da}{dtTxp} + \left(\frac{\partial E}{\partial t}\right) \frac{dt}{aTxp} + \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right) \frac{dT}{atxp} \\ + \left(\frac{\partial E}{\partial x}\right) \frac{dx}{aTtp} \text{ ens } \dots\dots\dots (2)$$

Dit volg dus uit bogenoemde, soos deur Hoskins & Craig (1962) genoem, dat 'n biologiese uitwerking voorgestel kan word deur die som van die partiële uitwerkings van soveel oorsake as wat optree.

Waar die uitwerking van 'n enkele faktor soos byvoorbeeld temperatuur ondersoek word, is dit gevolglik noodsaaklik om alle ander faktore so

konstant as moontlik te hou sodat die terme $\frac{\partial E}{\partial t}$, $\frac{\partial E}{\partial a}$ ensovoorts nader tot nul en vergelyking (2) gereduseer word tot:

$$dE = \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_{\text{taxp}} dT = \tan \alpha \cdot dT$$

waar $\frac{\partial E}{\partial T} = \tan \alpha$ dit is die helling van die kromme wanneer dE en dT nader tot nul terwyl alle ander faktore konstant bly.

Die toepassing van die konsep van biologiese evaluering is wyd (Sun, 1957; Nagasawa, 1959). Bruikbare gegewens uit gepubliseerde verslae is egter min. So ver bekend, is die metode van biologiese evaluering nog nie breedvoerig op die terrestriële Oligochaeta toegepas met die oog op die evaluering van reaksies op fisiese faktore nie. Die werk van Wolf (1938) kan egter as 'n stap in die rigting beskou word.

4.1 Apparaat, metodes en tegnieke

Die boonste letale temperature van erdwurms is deur Wolf (1938), Grant (1955) en El-Duweini & Ghabbour (1965) ondersoek. Dit is gevolglik van belang om te let op die metodes van onder-

soek wat deur hulle gevolg is.

Wolf (1938) het van die onderdompelingmetode gebruik gemaak en bevind dat Lumbricus terrestris se boonste letale temperatuur 28°C is met 'n blootstellingstyd van 400 minute. Grant (1955) stel die boonste letale temperatuur, van Allolobophora caliginosa vas op $26,3^{\circ}\text{C}$ en dié van Pheretima hupeiensis op $24,9^{\circ}\text{C}$. Die outeur het die boonste letale temperatuur gedefinieer as daardie temperatuur waarby 50% mortaliteit in 48 uur plaasvind. In sy eksperimente maak Grant gebruik van versadigde lug om die atmosfeer van die grond te simuleer aangesien onderdompeling volgens hom osmotiese veranderinge meebring wat die resultate kan beïnvloed. El-Duweini & Ghabbour (1965) het 'n vergelykende ondersoek gedoen na die „nat” en „droë” letale temperature van Allolobophora caliginosa, Pheretima californica en Alma sp. Vir eersgenoemde spesie stel hulle vas dat hy 'n temperatuur van 39°C kan weerstaan. 'n LT_{50} -waarde van $39,55^{\circ}\text{C}$ („nat” metode) en $40,75^{\circ}\text{C}$ („droë” metode) is vir die spesie bepaal.

In die geval van Pheretima californica was die

letale temperatuur $37,05^{\circ}\text{C}$ („nat" metode) en $37,75^{\circ}\text{C}$ („droë" metode).

In die geval van die Alma sp. was die boonste letale temperatuur $38,55^{\circ}\text{C}$ („nat" metode) en $37,75^{\circ}\text{C}$ („droë" metode). Hulle het in twee gevalle gevind dat die boonste letale temperatuur, volgens die onderdompelingsmetode bepaal, laer is as in die geval van die „droë" metode. Hierdie outeurs het, volgens hulle, die aanbevelings van Fry (1957) gevolg waarvolgens die diere direk in die konstante temperatuur ingebring is vir 30 minute waarna hulle verwyder is vir ondersoek.

Hoar (1966) en Fry (1957) meen dat toetsing van die letale temperatuur beter is wanneer plotse-linge blootstelling aan die letale omgewing toegepas word aangesien die kanse van aanpassing (akklimatisering) gedurende die ondersoek hierdeur uitgeskakel kan word. Die resultate van sodanige ondersoeke is ook meer geredelik analiseerbaar met behulp van gestandaardiseerde statistiese metodes. In die eko-fisiologie is so 'n benadering egter van minder waarde aangesien dit sterk betwyfel kan word dat blootstelling in die natuur normaalweg plotseling geskied. Veel

eerder kan aanvaar word dat temperature geleidelik sal styg en dat aanpassing normaalweg sal plaasvind. Die in ag neming van hierdie feit is veral van belang in die geval van erdwurms wat oor beskermingsmeganismes soos diapouse beskik wat hulle in staat stel om groter ongunstigheid ten opsigte van 'n faktor die hoof te bied as wat normaalweg die geval is. Die is gevolglik van groot belang om, wanneer direkte blootstelling toegepas word, 'n deeglike kennis te hê van die voorafgaande geskiedenis van die betrokke faktor. Deur gebruik te maak van akklimatisering voordat blootstelling geskied, word hierdie probleem grootliks oorkom en word die moontlikheid ook daargestel om die invloed van akklimatisering op letale temperature te ondersoek.

Die gemete perke van 'n verdraagsaamheidsomvang sal dus grootliks afhang van die metode waarvolgens die letale perke bepaal is. Vir die doel van die huidige ondersoek is besluit om van die metode van direkte blootstelling aan konstante temperatuur gebruik te maak. Fry (1957) beskou die metode van geleidelike temperatuurverhoging as tydvermorsend en meen dat

die interpretasie van die resultate baie gekompliseerd is en in elk geval alleen sinvol geïnterpreteer kan word met behulp van data wat verkry is deur gebruikmaking van die metode van direkte blootstelling aan konstante temperature. Die grondigheid van bogenoemde kritiek staan nie te betwyfel nie aangesien sekere arbitrêre beslissings vooraf geneem moet word in verband met die veranderingskoers van die faktor.

Indien die temperatuurskaal beskou word as verdeelbaar (ten opsigte van die letaliteitsondersoek) in twee sones naamlik 'n verdraagsaamheidsone waarin die dier kan leef en 'n weerstandsonone bo en onder eersgenoemde sone en indien die perke van eersgenoemde sone (die boonste en onderste letale temperature) beskou word as daardie vlakke waarby 50% mortaliteit verkry word, kan die metode van dosis-mortaliteit (Bliss, 1935; Doudoroff, 1945) gevolg word om letale temperature te bepaal.

Die belangrikheid van tyd in ondersoeke van hierdie aard word deur Hoskins & Craig (1962) beklemtoon. Die keuse van 'n blootstellings tyd skep probleme wat grootliks meebring dat

die resultate van verskillende ondersoekers haas onvergelykbaar is weens die wye reeks blootstellingstye wat in die verlede gebruik is. Alle toksiese effekte word deur tyd beïnvloed. Kennis van die verband tussen tyd tot en met die verlangde uitwerking en dosis is dus nodig vir korrekte interpretasie van die resultate van dosis-mortaliteitsondersoeke. Ten einde hierdie verband te ondersoek kan die metode van tyd-mortaliteit (Bliss, 1937; Fry, 1957) gevolg word. Die belangrikste nadeel van hierdie „tydonafhanklike“ metode is dat dit baie tydrowend is en dat dit neerkom op 'n byna voortdurende observasie van elke proefdier. Voorts vereis dit die beskikbaarheid van groot voorrade dieremateriaal. Hierdie metode leen hom egter besonder goed tot die bepaling van statistiese grense terwyl heterogeniteit in die monster ook duideliker uitgewys word; dit wil sê die variasie in die reaksie van individuele eksemplare op elke dosis.

In die huidige ondersoek is van laasgenoemde metode gebruik gemaak alvorens oorgegaan is om die verband tussen dosis-mortaliteit aan te toon.

Dit kan ten sterkste betwyfel word of die metode van El-Duweini & Ghabbour (1965) waardeur 'n blootstellingstydperk van slegs 30 minute in alle gevalle gebruik is, 'n juiste weergawe van die letale temperature sal verskaf. Hoewel die outeurs hulle metode baseer op Fry (1957) blyk dit dat laasgenoemde outeur juis wys op die beperkte waarde van so 'n enkele arbitrêr gekose blootstellingstyd. Fry (1957) meen: " the practice of making all comparisons by determining the LD₅₀ at some arbitrary interval may lead to confusion." Hy dui ook die gronde daarvoor aan.

In die huidige ondersoek is die eerste reeks submonsters bestaande uit 30 - 50 wurms elk vir variërende tye aan relatief hoë temperature blootgestel waarin stepte vinnig plaasgevind het. Dië monstergroepe het bestaan uit wurms wat by Skandinawiëdrift versamel is in die geval van Microchaetus modestus en op die walle van die Mooirivier in die geval van Eisenia rosea.

Die hieropvolgende monsters is aan minder ekstreme temperature vir verskillende tydsduurtes blootgestel waarby sterfte nie so vinnig ingetree

het nie. Dieselfde prosedure is met verdere groepe monsters by laer temperature herhaal. Die lyn wat die verband tussen temperatuurvlak en sterfetyd (tot 100% mortaliteit) illustreer, is vervolgens ge-ekstrapoleer vir nog laer temperature. Die toetse is herhaal tot alle proefdiere dood was of totdat 'n redelike tyd verloop het nadat die mediaan ten opsigte van sterftetyd soos deur ekstrapolasie voorspel, verbygesteek is. Hierdeur is grafies 'n reeks punte verkry in die weerstandsones wat 'n lyn beskryf wat die verband aantoon tussen sterftetyd en die intensiteit van die letale temperatuur. Die eindpunt van die lyn by die begin van die verdraagsaamheidsone is vasgestel deur toepassing van die konsep van dosis-mortaliteit (Bliss, 1935) waarna reeds verwys is. Hierdie konsep is toegepas op die reeks fraksionele mortaliteite wat in die meer gematigde temperatuurvlakke voorgekom het waar die hele monster nie gedurende die verloop van die blootstelling dood is nie. Die toepassing van hierdie konsep word tydens die bespreking van die resultate verduidelik.

Vir die uiteindelijke bepaling van die letale temperatuur is vir doeleindes van vergelyking

enersyds van grafiese metodes gebruik gemaak, waarna die bepaling matematies getoets is volgens die probietmetode van Finney (1962). Die kwantitatiewe verband tussen dosis en uitwerking kan vervolgens bespreek word. Oorsaak en gevolg vertoon normaalweg nie 'n liniêre verband in dosis-mortaliteitsondersoeke nie. Variasies ten opsigte van sensitiviteit binne 'n bevolking is in ooreenstemming met die sogenaamde normale verspreiding (en wat teoreties 'n klokvormige dosis-mortaliteitskromme vertoon en 'n sigmoïed vorm wanneer % mortaliteit (ordinaat) teenoor log dosis (aksis) uitgeplaas word.) Dit kan beskou word as 'n illustrasie van die Weber-Fechnerwet wat stel dat die verandering in grootte of intensiteit van 'n biologiese respons eweredig is, nie aan die verandering van die prikkel nie, maar aan die logaritme daarvan. Die sigmoïedkromme kan moeilik as sodanig gebruik word vir interpolasie om mortaliteite by intermediêre dosisse wat nie werklik getoets is nie af te lei of vir ekstrapolasie verby die dosisvlak wat gebruik is. Metodes om so 'n kromme sinvol te interpreteer is deur Gaddum (1933) ontwikkel en word onder andere deur Hoskins

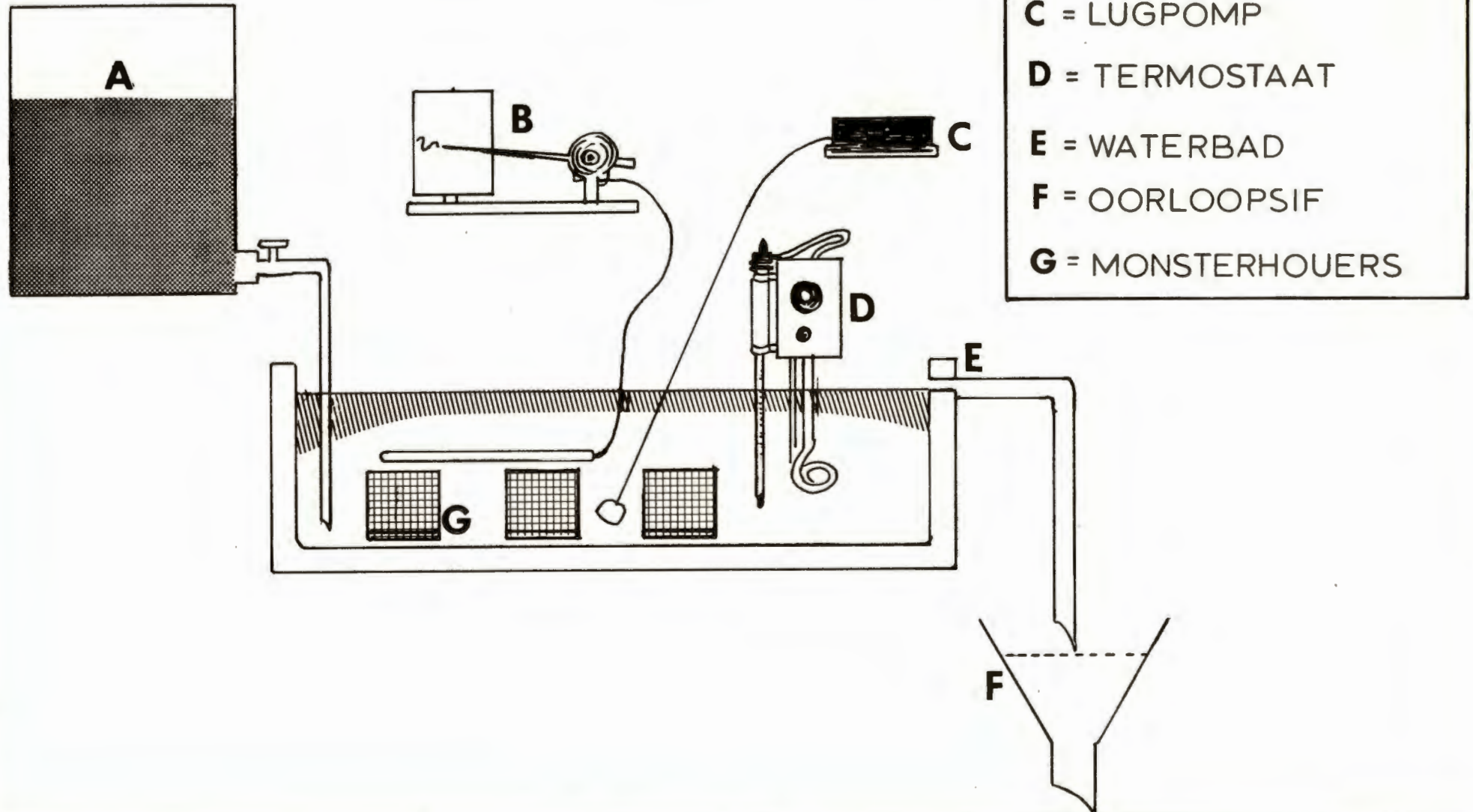
& Craig (1962) en Finney (1962) weergegee. Dit kom neer op 'n waarskynlikheidstransformasie waardeur 'n reguit lyn verkry word.

Omdat alle berekenings van die betekenisvolheid van resultate op dié log-dosis-waarskynlikheidslyn gebaseer is, volg dit vanself dat hierdie lyn baie akkuraat getrek moet word. 'n Grafiese daarstelling van die lyn met behulp van die oog verskaf bevredigende akkuraatheid omdat die mortaliteite naby 50% as gevolg van die waarskynlikheidstransformasie dig bymekaar lê sodat foute 'n geringe uitwerking op die posisie van die punte sal hê. (By hoë en lae mortaliteite word die skaal grootliks verleng of uitgebrei sodat klein foute die posisies van hierdie punte egter aansienlik sal beïnvloed).

Uit aanvanklike proefopstellings het die eksperimentele opstelling in figuur 21 voortgevloei. 'n Temperatuurbeheerde waterbad is as toetsbak gebruik en met gedistilleerde water gevul. Met behulp van 'n deurvloeistelsel is 'n baie geleidelike vervanging van die water in die waterbad bewerkstellig vanuit reservoir A (figuur 21). Die temperatuur van die water is termostaties

FIGUUR 21

SKEMATIESE VOORSTELLING VAN DIE OPSTELLING WAT GEBRUIK IS
TYDENS DIE LETALITEITSTUDIES



beheer ten einde temperatuurfluktuasies in die waterbad sover moontlik uit te skakel. 'n Termograaf is vir die duur van die ondersoek opgestel met die oog op die kontrolering van temperatuurveranderinge in die waterbad. Vier akwariumpompies (B) is gebruik om voortdurend lug in die waterbad te borrel. Die wurms van elke subgroep bestaande uit $\pm 30 - 50$ wurms elk is in groepe van 3 - 6 onderverdeel. Elkeen van hierdie groepies is in 'n aparte gaashouer op die bodem van die waterbad gepaas, 10,5 cm onder die wateroppervlak.

Die subgroepe is vir verskillende tydsduurtes aan die verskillende temperature blootgestel beginnende by die hoër temperature. So is byvoorbeeld drie hoofgroepe van Microchaetus modestus aan 'n temperatuur van $34,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ blootgestel waarvan groep 1 (met drie subgroepe) vir 15 minute, groep 2 (met twee subgroepe) vir 25 minute en groep 3 (met drie subgroepe) vir 30 minute. Dit het geskied deur die wurms in die gaashouers op die bodem van die waterbad te plaas en die tydsintervalle te kontroleer met behulp van 'n intervaltydhouer.

Die blootstellingstye is arbitrêr gekies maar steeds verleng totdat 100% mortaliteit verkry is. So sou 'n vierde hoofgroep in bogenoemde geval gebruik gewees het indien 100% mortaliteit nie na 30 minute verkry is nie. Die verskillende subgroepe het aansienlik in grootte verskil en is nie in alle gevalle gelyktydig by 'n bepaalde temperatuur getoets nie, hoofsaaklik weens praktiese probleme in verband met materiaalbeskikbaarheid. Dit het ener syds dié voordeel ingehou dat die subgroepe dus uit verskillende monsters getrek is wat ewekansigheid bevorder het. So het dit byvoorbeeld gebeur dat sekere subgroepe van 'n bepaalde hoofgroep in 1970 versamel en getoets is terwyl die ander subgroepe eers gedurende 1972 by dieselfde temperatuur getoets is.

In die geval van die hoër temperature was die blootstellingstye kort sodat die toetsing binne die bestek van een dag afgehandel kon word. By temperature van 'n laer orde het 100% mortaliteit by byvoorbeeld Microchaetus modestus eers na ongeveer 58 ure voorgekom. Dit was in hierdie gevalle meestal nodig om die aanvangstye van eksperimente sodanig te kies dat waarnemings nie gedurende onpraktiese middernagtlike ure

moes plaasvind nie. Ten einde die presiese tydstip waarop 100% mortaliteit bereik is so akkuraat as moontlik vas te stel, is blootstellingstye, wanneer dit uit voorafgaande ondersoeke geblyk het dat die 100% mortaliteitsvlak genader word, gekies wat kort op mekaar volg.

Dit was aanvanklik moeilik om uitsluitel te gee of 'n wurm dood was of nie. Dit was veral so in die geval van Microchaetus modestus wat normaalweg min liggaamsbewegings uitvoer.

Aanvanklik is van meganiese prikkeling gebruik gemaak om te probeer vasstel of die wurms dood is. Hierdie metode is egter vroegtydig laat vaar weens die gevaar dat die wurms beskadig kon word.

Aan die einde van 'n blootstellingsperiode is die wurms wat tekens van beskadiging getoon het in 'n aparte fles geplaas. Die wurms is verdeel in klein groepies van 2 - 3 en in flesses met gedistilleerde water (Eisenia rosea) of klam wattle (Microchaetus modestus) geplaas en vir 24 uur by 20°C in 'n broeikas aangehou. Wurms wat na verloop van die 24 uur by die

gunstige temperatuur (soos die kontrole opstel=
lings aangetoon het) geen bewegings uitgevoer het
nie en die kenmerkende misvorming van die lig=
gaam vertoon het, is as dood aanvaar.

Die berging van die blootgestelde wurms vir 24
uur het egter meegebring dat wurms wat kort na
blootstelling gevrek het, na 24 uur reeds begin
ontbind het. Die gepaardgaande moontlike vry=
stelling van toksiese stowwe kon die ander wurms
in die flesse nadelig beïnvloed het. Daarbene=
wens het onaangename reuke vrygekom.

Wurms wat na 'n kort tydsverloop ná blootstelling
sonder twyfel reeds dood was, is gevolglik ver=
wyder en nie vir 24 uur in die broeikas gelaat
nie. Deur slegs $\pm 2 - 3$ wurms per fles in die
broeikas terug te plaas, is die gevaar van groot=
skaalse beïnvloeding van die resultate deur
toksiese effekte aansienlik verminder.

In die geval van die eksperimente self het die
deurvloeistelsel die moontlikheid van toksiese
effekte grootliks uitgeskakel aangesien die
water wat uitgeloop het nie weer hergebruik is
nie.

Alle wurms wat in die letaliteitsondersoeke gebruik is, is vooraf vir een week by 20°C in 'n broeikas ge-akklimatiseer. Die wurms is in klam grond uit hulle onderskeie versamelgebiede aangehou vir die duur van akklimatisering.

Twee reekse eksperimente is in die geval van Microchaetus modestus uitgevoer. Die eerste reeks het bestaan uit blootstellings van die wurms deur onderdompeling in gedistilleerde water soos hierbo beskryf. Die tweede reeks, wat slegs by die laer temperature uitgevoer is, het klam grond as omringende medium gehad. Die tweede reeks blootstellings is nodig geag nadat dit tydens die evaluering van die resultate van die eerste reeks geblyk het dat die metode van onderdompeling sekere beperkings inhou.

Nadat die laer-orde temperature rondom die oorgang tussen die verdraagsaamheids- en weerstandgebiede bereik is, is verskeie replikate, afhangende van materiaalbeskikbaarheid, uitgevoer.

Kontrole-onderdompelings is vir albei spesies by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ opgestel ten einde vas te stel hoe lank die wurms by hierdie relatief gunstige

temperatuurtoestand in gedistilleerde water kan leef. Geen kontrole is met betrekking tot die ondersoek in klam grond opgestel nie aangesien die wurms reeds oor lang tydperke in dieselfde grond in die laboratorium aangehou is.

Ten einde te verseker dat die wurms nie weens 'n kombinasie van letale faktore soos bv. suurstofgebrek en letale temperatuur sterf nie, is van lugborreling gebruik gemaak aangesien suurstofbesikbaarheid in water deur temperatuur beïnvloed word.

Die seleksie van wurms van dieselfde ouderdomsgroepe vir die ondersoek het, afgesien daarvan dat die kriterium moeilik definieerbaar is, die beskikbaarheid van materiaal aansienlik beperk. Volwasse wurms waarvan die klitellum en tubercula pubertatis volledig ontwikkel is, is in die ondersoek gebruik. Sorg is gedra om geen volwasse eksemplare in die post-klitellêre fase te gebruik nie. Dit het beteken dat verskeie eksemplare aan skerp lig van 'n ontleedmikroskoop blootgestel is tydens seleksie, wat 'n nadelige invloed kon uitgeoefen het aangesien dit 'n bekende feit is dat erdwurms besonder ligsensiti-

tief is.

4.2 Die boonste mediane letale temperatuur (LT_{50}) van Microchaetus modestus

4.2.1 Sterftepatrone van toetsgroepe na blootstelling aan verskillende letale temperature en die bepaling van LD_{50} -waardes (mediane letale blootstellingstye)

Die resultaat van die blootstelling van groepe van Microchaetus modestus aan 'n temperatuur van $34,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ word in tabel XIV aangebied te same met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Die oorspronklike eksperimentele gegewens word in tabel XI B van die Bylaag aangebied. Figuur 22 toon die voorlopige regressielyn wat op die eksperimentele waardes gebaseer is en met behulp van die oog geplaas is. Die verband tussen dosis (in die geval tyd) en mortaliteit is bepaal (Finney, 1962) vir die berekening van LD_{50} .

Regressiekoëffisiënt $b = \frac{\sum xy}{\sum xy} = 3,59 \pm 0,21$

waar die variansie van b gegee word deur $\frac{1}{\sum xx}$

TABEL XIV

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan 34,8°C na voorafgaande akklimatisasie by 20,0 ± 0,5°C.

Groep nr.	λ Bloot stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a+b	10	50	10	20,0	18,4	1,000	4,10	4,1	21,20	4,09	21,200	86,708
2a+b+c	20	78	42	54,5	53,6	1,301	5,10	5,1	47,66	5,09	62,006	242,589
3a+b	25	79	55	69,7	69,1	1,398	5,50	5,4	45,98	5,49	64,280	252,430
4a+b	30	93	66	71,2	70,6	1,477	5,54	5,6	50,50	5,54	74,589	279,770
5a	35	57	44	77,1	76,6	1,544	5,73	5,8	27,93	5,71	43,124	159,480
6a+b	60	59	58	97,5	97,5	-	-	-	-	-	-	-

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0052$$

$$\Sigma nwx^2$$

$$368,4847$$

$$\Sigma nwx y$$

$$1414,6768$$

$$\Sigma nwy^2$$

$$5435,8110$$

$$\bar{x} = 1,3721$$

$$\Sigma xx$$

$$= \frac{363,8977}{4,5870}$$

$$\Sigma xy$$

$$= \frac{1398,2081}{16,4687}$$

$$\Sigma yy$$

$$= \frac{5372,3818}{63,4392}$$

$$\bar{y} = 5,2722$$

$$b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 3,59$$

$$Y = 5,27 + 3,59 (x - 1,37)$$

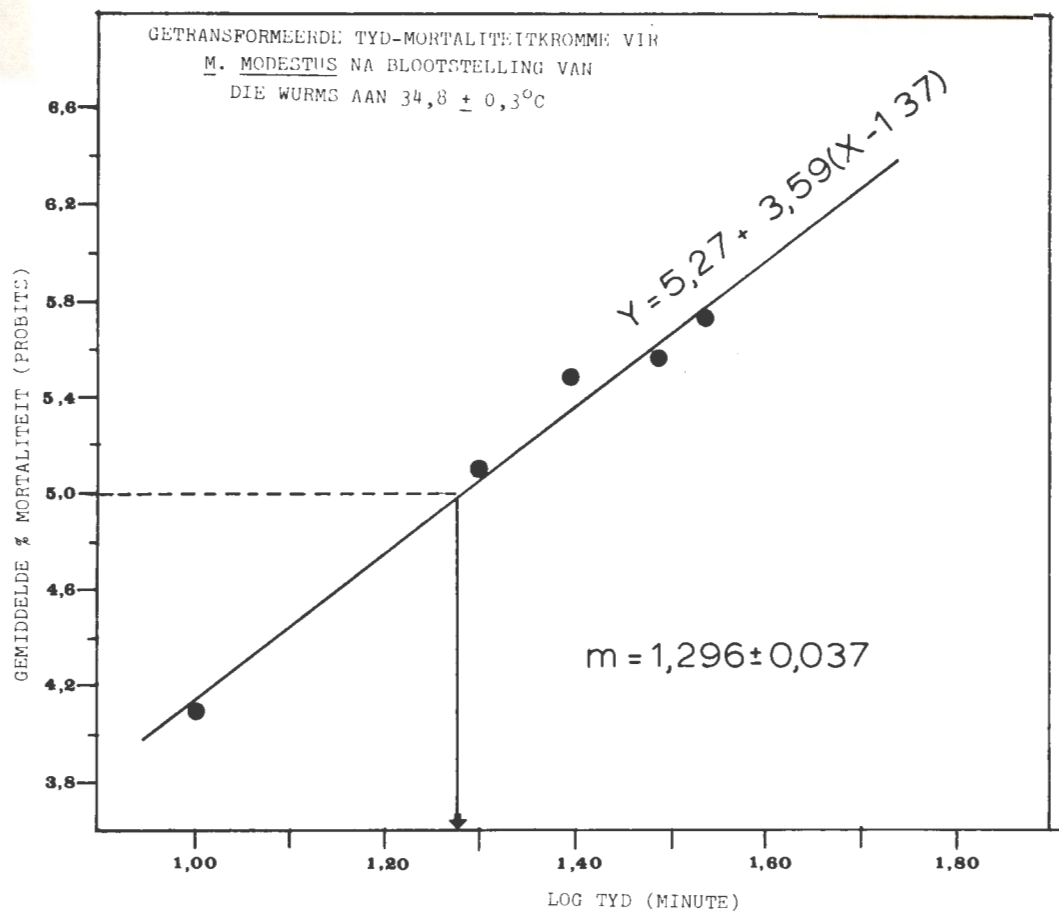
$$\Sigma nw = 193,27$$

$$\Sigma nwx = 265,199$$

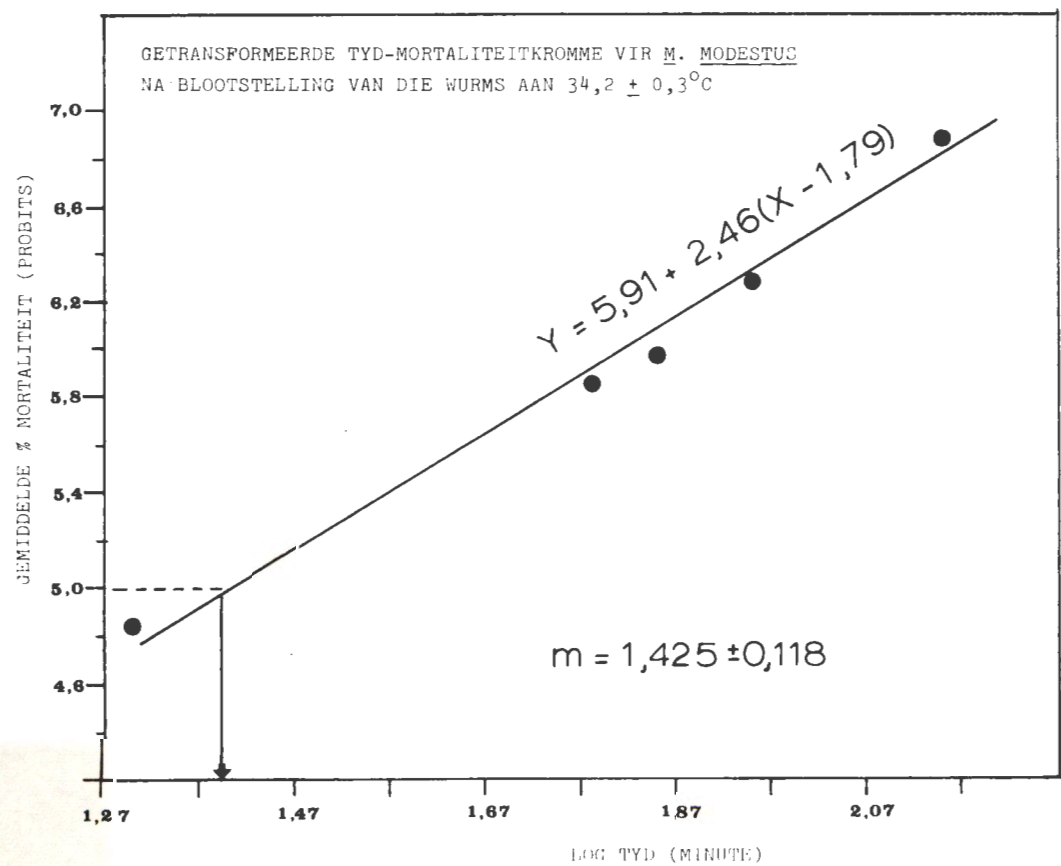
$$\chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 4,20$$

$$\Sigma nwy = 1018,977$$

FIGUUR 22



FIGUUR 23



Die vergelyking van die probietregressielyn is:

$$y = 5,27 + 3,59 (x - 1,37) \text{ en}$$

$$\chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} \dots\dots\dots (1)$$

$$= 4,20$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom nie.

Log LD₅₀ by $y = 5$:

$$m = \bar{x} + \frac{5 - y}{b} \dots\dots\dots (2)$$

$$= 1,2964$$

Die variansie van m word gegee deur

$$V_m = \frac{1}{b^2} \left(\frac{1}{\Sigma nw} + \frac{(m - \bar{x})^2}{\Sigma nw (\bar{x} - \bar{x})^2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$= 0,00039$$

$$S.A._m = \sqrt{V_m} = 0,019$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur

$$m \pm t \times S.A._m \dots\dots\dots (4)$$

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 1,96$

$$\text{Fidusiaalgrense} = 1,2964 \pm (1,96)(0,019)$$

$$= 1,2964 \pm 0,037$$

Antilog van m is die berekende LD₅₀ nl. 19,8 minute

TABEL XV

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstellingstyd (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan 34,2°C na voorafgaande akklimatisasie by 20,0 ± 0,5°C,

Groep nr.	λ Bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nw x	nw y
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a+b	20	50	22	44,0	42,9	1,30	4,82	4,8	29,90	4,82	38,870	144,118
2a+b+c	60	108	88	80,7	80,3	1,78	5,85	5,9	49,67	5,85	88,413	290,570
3a+b+c	70	124	104	83,6	83,2	1,85	5,96	6,1	48,98	5,95	90,613	291,431
4a+b	90	92	83	90,2	90,0	1,95	6,28	6,3	30,18	6,28	58,851	189,530
5a+b+c	140	125	122	97,1	97,0	2,15	6,89	6,8	22,00	6,88	47,300	151,630
6a	145	20	20	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0055 \quad \Sigma nw x^2 = 591,1995 \quad \Sigma nw xy = 1938,7251 \quad \Sigma nw y^2 = 6361,9605$$

$$\bar{x} = 1,7929 \quad \Sigma xx = \frac{581,0128}{10,1867} \quad \Sigma xy = \frac{1913,6213}{25,1038} \quad \Sigma yy = \frac{6302,6979}{59,2626}$$

$$\bar{y} = 5,9053$$

$$\Sigma nw = 180,73 \quad b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 2,46 \quad Y = 5,91 + 2,46 (x - 1,79)$$

$$\Sigma nw x = 324,047$$

$$\Sigma nw y = 1067,279 \quad \chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 2,40$$

Dit volg dus dat die mediane letale blootstellings=
tyd vir Microchaetus modestus by $34,8^{\circ}\text{C}$ as 19,8
minute bereken is en dat hierdie waarde met 'n
sekerheidsinterval van 95% tussen 18,2 en 21,5
minute geleë is vir die huidige eksperimentele
ondersoek.

Die resultaat van die blootstelling van toets=
groepe van Microchaetus modestus aan 'n tempera=
tuur van $34,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ word in tabel XV weergegee
te same met die bewerkings vir die plasing van
die probietregressievergelyking. Die oorspronk=
like waardes word in tabel XIII B van die Bylaag
weergegee. Figuur 23 toon die voorlopige regres=
sielyn soos gekonstrueer vir die eksperimentele
sterftes na verskillende blootstellingstye.
Die mediane letale dosis (blootstellingstyd) kan
grafies afgelei word. Ten einde die LD_{50} statis=
ties te bevestig en die juistheid van die regres=
sielyn te ondersoek:

$$\text{Regressiekoëffisiënt } b = \frac{\sum xy}{\sum xx} = 2,46$$

en die vergelyking van die probietregressielyn is:

$$Y = 5,91 + 2,46 (x - 1,79)$$

$$\chi^2_{(3)} = 2,40 \pm 0,09 \text{ (Uit vgl. 1)}$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom

TABEL XVI

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan 32,4°C na voorafgaande akklimatisasie by 20,0 ± 0,5°C

Groep nr.	λ Bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet Y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet Y	nw x	nw y
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a	60	50	5	10,0	8,2	1,78	3,61	3,9	17,60	3,65	31,328	64,240
2a+b	90	100	36	36,0	34,7	1,95	4,61	4,6	56,70	4,61	110,565	261,387
3a+b+c	120	90	56	61,3	60,5	2,08	5,27	5,1	54,99	5,26	114,379	289,247
4a+b+c	180	91	77	84,7	84,4	2,26	6,01	5,9	41,86	5,99	94,604	250,741
5a	335	50	50	100,0	-	2,53	-	-	-	-	-	-
5b	310	55	53	96,0	95,9	2,49	6,74	6,9	8,31	6,72	20,692	55,843
6a	330	20	20	100,0	-	2,52	-	-	-	-	-	-

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0055 \quad \Sigma nw x^2 = 774,6020 \quad \Sigma nw xy = 1931,4136 \quad \Sigma nwy^2 = 4838,1128$$

$$\bar{x} = 2,0705 \quad \Sigma xx = \frac{769,3234}{5,2786} \quad \Sigma xy = \frac{1907,8586}{23,5550} \quad \Sigma yy = \frac{4731,3320}{106,7808}$$

$$\bar{y} = 5,1346$$

$$\Sigma nw = 179,46$$

$$b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 4,46$$

$$Y = 5,1346 + 4,46 (x - 2,071)$$

$$\Sigma nw x = 371,568$$

$$\Sigma nwy = 921,458$$

$$\chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 1,67$$

nie (tabel VI van Finney, 1962)

Log LD₅₀ by Y = 5:

$$m = \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 1,425$$

Variansie van M: (Uit vgl. 3)

$$V_m = 0,00308 \text{ en}$$

$$S.A._m = \sqrt{V_m} = 0,056$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur vgl. 4.

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 1,96$ sodat

$$\text{fidusiaalgrense} = 1,425 \pm (1,96)(0,06)$$

$$= 1,425 \pm 0,118$$

Antilog van m is die berekende LD₅₀ nl. 26,6 minute

Dit volg dus dat die mediane letale blootstellings=

tyd (LD₅₀) vir Microchaetus modestus by 34,2°C as

26,6 minute bereken is en dat hierdie waarde met

'n sekerheidsinterval van 95% tussen 20,3 en 34,9

minute geleë is.

Die resultaat van die blootstelling van verskil=

lende groepe van Microchaetus modestus aan 'n

temperatuur van 32,4 ± 0,3°C word in tabel XVI

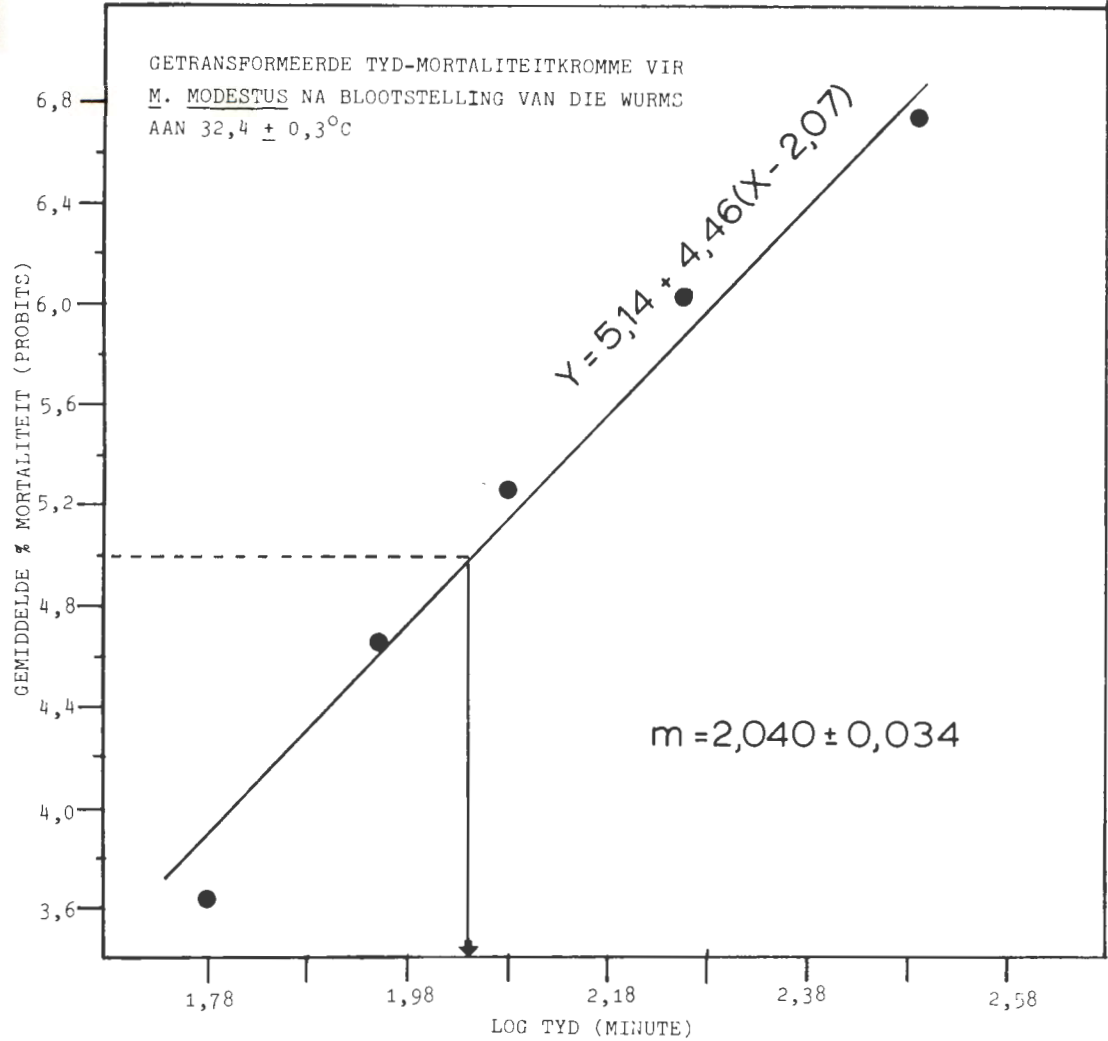
weergegee te same met die bewerkings vir die

plasing van die probietregressievergelyking.

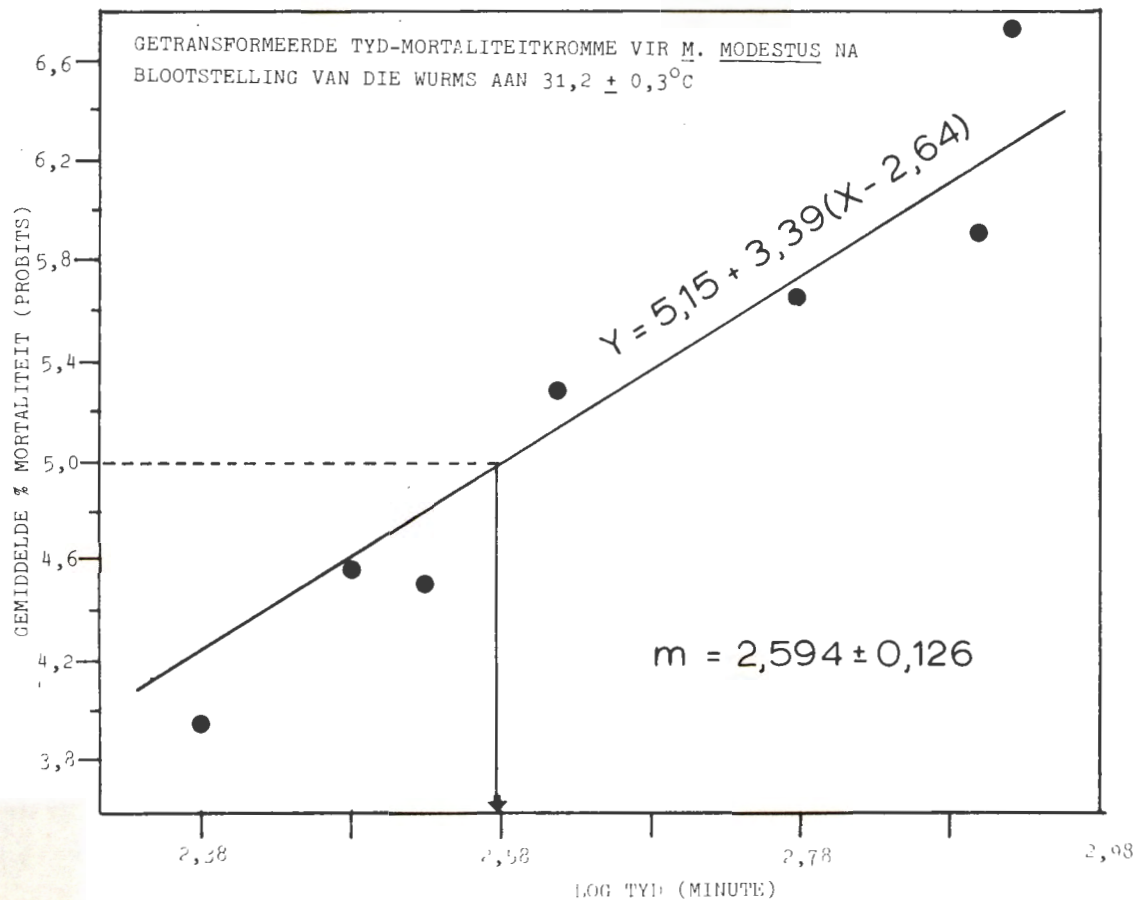
Die oorspronklike waardes word in tabel XIV B van

die Bylaag aangebied. Figuur 24 toon die voor=

FIGUUR 24



FIGUUR 25



lopige regressielyn soos gekonstrueer vir die eksperimentele sterftes na verskillende blootstellingstye.

Ten einde LD_{50} te bereken:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum xx} = 4,46 \pm 0,18$$

en die vergelyking van die probietregressielyn:

$$Y = 5,14 + 4,46 (x - 2,07)$$

$$\chi^2_{(3)} = 1,67 \text{ (Uit vgl. 1)}$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom nie.

Log LD_{50} by $Y = 5$:

Uit vgl. 2: $m = 2,040$

Variansie van m (uit vgl. 3)

$$V_m = 0,00032$$

$$S.A._m = 0,018$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur vgl 4:

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 1,96$

$$\begin{aligned} \text{sodat fidusiaalgrense} &= 2,040 \pm (1,96) (0,018) \\ &= 2,040 \pm 0,035 \end{aligned}$$

Die antilog van m is die berekende LD_{50} nl.
109,6 minute.

Dit volg dus dat die mediane letale blootstellingstyd vir Microchaetus modestus by $32,4^{\circ}\text{C}$ onder die huidige eksperimentele toestande as 109,6 minute bereken is en dat hierdie waarde met 'n sekerheidsinterval van 95% tussen 101,2 en 118,9 minute geleë is.

Die resultaat van die blootstelling van groepe van Microchaetus modestus vir verskillende tye aan 'n temperatuur van $31,2^{\circ}\text{C}$ word in tabel XVII weergegee te same met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Die oorspronklike waardes word in tabel XV B van die Bylaag aangebied. Figuur 25 toon die voorlopige regressielyn soos gekonstrueer vir die eksperimentele sterftes. Die letale dosis (blootstellingsduur) (LD_{50}) is as volg bereken:

Regressiekoëffisiënt $b = \frac{\sum xy}{\sum xx} = 3,39$ en die vergelyking van die probietregressielyn:

$$Y = 5,15 + 3,39 (x - 2,64)$$

$$\chi^2_{(3)} = 39,9 \text{ (uit vgl. 1)}$$

Hoogs betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom sodat 'n heterogeniteitsfaktor van 7,99 gebruik word (Finney, 1962).

TABEL XVII

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan 31,2°C na voorafgaande akklimatisasie by 20,0°C

Groep nr.	λ Bloot stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. & mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nw x	nw y
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a	240	49	8	16,3	14,6	2,38	3,95	4,3	24,01	4,00	57,144	96,040
2a+b	300	100	35	35,0	33,7	2,48	4,58	4,6	56,70	4,57	140,616	259,119
3a+b+c	333	104	36	32,1	30,7	2,52	4,50	4,8	62,19	4,51	156,719	280,477
4a+b	418	108	55	61,1	60,3	2,62	5,26	5,1	65,99	5,25	172,894	346,448
5a+b	600	73	55	75,2	74,7	2,78	5,66	5,7	37,81	5,75	105,112	217,408
6a+b	790	100	82	82,0	81,6	2,90	5,90	6,2	36,20	5,84	104,980	211,408
7a+b	850	96	92	95,9	95,8	2,92	6,73	6,3	31,49	6,60	91,951	207,834
8a	860	20	20	100,0								

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0003 \quad \Sigma nw x^2 = \frac{2197,7949}{2188,1450} \quad \Sigma nw xy = \frac{4310,0411}{4270,5144} \quad \Sigma nw y^2 = \frac{8508,5602}{8334,5107}$$

$$\bar{x} = 2,6380 \quad \Sigma xx = \frac{11,6499}{39,5267} \quad \Sigma xy = \frac{39,5267}{174,0495} \quad \Sigma yy = \frac{174,0495}{174,0495}$$

$$\bar{y} = 5,1488$$

$$\Sigma nw = 314,39 \quad b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 3,39 \quad Y = 5,15 + 3,39 (x - 2,64)$$

$$\Sigma nw x = 829,416$$

$$\Sigma nw y = 1618,734 \quad \chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 39,94$$

Log LD₅₀ by Y = 5:

$$m = 2,594 \text{ (uit vgl. 2)}$$

Vm uit vgl. 3:

$$Vm = 0,0003 \times 7,99$$

$$= 0,0024$$

$$S.A._m = 0,049$$

Die fidusiaalgrense van m (uit vgl. 4):

vir 5% waarskynlikheid is $t = 2,57$ (weens hetero-
geniteit).

$$\text{Fidusiaalgrense} = 2,594 \pm (2,57) (0,049)$$

$$= 2,594 \pm 0,126$$

Die antilog van m = 392,6

Dit volg dus dat die LD₅₀ van Microchaetus modestus onder die huidige eksperimentele toestande (31,2°C) 392,6 minute was en dat hierdie waarde met 'n sekerheidsinterval van 95% tussen 293,8 en 524,8 minute geleë is.

Die resultate van die blootstelling van die verskillende groepe van Microchaetus modestus aan 'n temperatuur van $29,1^{\circ}\text{C}$ word in tabel XVIII weergegee te same met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Die oorspronklike waardes word in tabel XVI B van die Bylaag weergegee. Figuur 26 (stippellyn) toon die voorlopige regressielyn (met die oog geplaas) soos gebaseer op eksperimentele mortaliteit na die verskillende blootstellingstye.

'n Regressiekoëffisiënt b van 2,86 is bereken. Toetsing van χ^2 toon egter dat 'n hoogs betekenisvolle heterogeniteit voorgekom het (t.o.v. afwyking van die regressielyn). Figuur 26 gee 'n aanduiding

TABEL XVIII

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan 29,1°C na voorafgaande akklimatisering by 20 ± 0,5°C.

Groep nr.	λ Bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms . Gemid. % mort.-				Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a+b	700	80	14	17,7	16,1	2,85	4,00	3,9	33,43	4,01	80,256	112,922
2a+b	910	73	21	27,5	26,1	2,96	4,36	4,2	66,43	4,37	98,953	146,089
3a+b+c	1045	128	41	32,3	30,9	3,02	4,50	4,4	56,75	4,51	200,619	299,599
4a+b+c	1300	97	54	36,0	34,7	3,11	4,61	4,7	83,44	4,62	176,493	262,185
5a+b	2010	140	65	46,2	44,7	3,30	4,87	5,3	39,64	4,83	275,352	403,015
6a+b	2500	73	48	66,3	65,6	3,39	5,40	5,6	67,12	5,38	134,380	213,263
7a+b+c	2855	137	118	85,1	84,8	3,45	6,03	5,8	68,36	6,01	231,564	403,391
8a	3500	48	48	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-
9a	3400	10	9	90,0	89,8	3,53	6,27	6,1	3,95	6,26	13,944	24,727

$$\bar{x} = 3,197$$

$$\bar{y} = 4,922 \quad \Sigma nwx^2 = \frac{3888,7210}{3873,8457} \quad \Sigma nwx y = \frac{6006,3442}{5963,7643} \quad \Sigma nwy^2 = \frac{9181,1826}{9173,9805}$$

$$\Sigma nw = 378,92 \quad \Sigma xx = \frac{14,8753}{42,5799} \quad \Sigma xy = \frac{42,5799}{7,2021} \quad \Sigma yy = \frac{7,2021}{7,2021}$$

$$\Sigma nwx = 1211,561$$

$$\Sigma nwy = 1865,191$$

van die sistematiese afwyking vanaf die lyn. Hier=
die verbreking van die statistiese patroon dui
daarop dat 'n nie-liniêre regressieverhouding uit
die ondersoek by $29,1^{\circ}\text{C}$ voorgekom het.

Reguit lyne is deurgaans vir hoër temperature
verkry na die nodige transformasie deur uitpla=
sing van die logaritme van die sterftetyd teen=
oor gemiddelde mortaliteit (in probietwaardes).

Uit figure 23 - 25 blyk dit dat 'n duidelike
homogeniteit verkry is ten opsigte van die uit=
werking van die letale temperature vanaf $31,2^{\circ}\text{C}$
en hoër sodat die afleiding dat die sterftes aan
dieselfde letale faktor toegeskryf kan word, ge=
grond blyk te wees.

Uit figuur 26 blyk dit duidelik, soos ook deur
die bewerkings in tabel XVIII bevestig is, dat
dieselfde homogeniteit nie by $29,1^{\circ}\text{C}$ voorgekom
het nie. 'n Kompleksiteit in die statistiese
patroon het by hierdie laer temperatuur tevoor=
skyn getree. Sterfte het nie egalig voorgekom
nie sodat 'n reglynige verband nie na die no=
dige transformasie aangetoon kon word nie.

Waar 'n uiterste ten opsigte van 'n enkele

faktor - in die huidige ondersoek temperatuur - aanwesig is, kan verwag word dat hierdié faktor vir sterfte verantwoordelik sal wees voordat enige ander faktor sodanig sal optree. 'n Eenvoudige statistiese patroon soos wat in die geval van die temperatuur van $31,2^{\circ}\text{C}$ en hoër verkry is, was die gevolg. Waar die faktor egter minder ekstreem was, soos in die geval van 'n toets-temperatuur van $29,1^{\circ}\text{C}$ is dit moontlik dat die meer sensitiewe individue in die toetsgroep vroeër sal doodgaan terwyl die oorblywendes in die verdraagsaamheidsgebied kon sorteer. In die onderhawige geval by $29,1^{\circ}\text{C}$ kon sogenaamde „gemengde letaliteit” opgetree het. Die feit dat die homogene patroon verbreek is, dui daarop dat 'n tweede faktor ingetree het, soos blyk uit die dubbele aard van die waarskynlikheidsverspreiding. Indien 'n tweede faktor nou oorgeneem het, kan verwag word dat by nog minder ekstreme temperatuurvlakke 'n homogene patroon weer deur die hele monster vertoon sal word in reaksie op die tweede letale faktor.

As die tydskedule van meer as 48 uur in aanmerking geneem word, kan die toetstredende of oorsake van 'n

TABEL XIX

Die resultate van kontrole-opstellings
deur onderdompeling van Microchaetus
modestus by 'n temperatuur van $20,0 \pm$
 $0,5^{\circ}\text{C}$ in gedistilleerde water

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd	Mortaliteit % getal
1a	40	3100	7,5 3
1b	26	2700	3,8 1
2a	10	4200	30,0 3
2b	40	4800	12,5 5
2c	19	4645	21,0 4
3a	37	5260	37,8 14
3b	50	5340	50,0 25
4a	41	6930	75,6 31
4b	23	7500	91,3 21
5a	16	7700	93,7 15
5b	13	7920	100,0 13
5c	14	7900	78,5 11

tweede letale faktor begryp word. Kontrole= groepe van Microchaetus modestus wat voor en tydens die aanvang van die ondersoek by tempera= ture van $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ in gedistilleerde water ge= hou is, het na 48 uur fraksionele mortaliteit begin vertoon (tabel XIX) wat deur 'n verskeiden= heid faktore veroorsaak kan word waar onder suur= stof tekorte, osmotiese komplikasies ensovoorts. Die kontroletemperatuur kan as gunstig beskou word en die feit dat letaliteit eers na 48 uur (2880 minute) begin intree het, dui daarop dat osmotiese veranderinge (Grant, 1955) weinig invloed uitge= oefen het binne die toetsperiodes by hoër tempera= ture wat in elke geval heelwat korter was as 48 uur. Dieselfde geld nie noodwendig in die geval van die minder ekstreme temperature van $29,1^{\circ}\text{C}$ (waar die ge-ekstrapoleerde toetstyd ± 2300 minute was) nie aangesien die toetsperiode baie naby kom aan die aanvangstyd van sterfte in die kontrole= groepe. Hoewel die werklike oorsaak van sterfte in die kontrolegroepe nie bekend is nie en dit nie uitsluitlik aan natuurlike mortaliteit toege= skryf kan word nie is dit dus moontlik dat die= selfde faktor of kompleksiteit van faktore wat in hierdie geval vir sterfte verantwoordelik was,

ook tydens die ondersoek by die minder ekstreme temperature kon ingetree het. Word die sterftepatroon van die kontrolegroepe in geheel in aanmerking geneem, blyk dit dat 50% mortaliteit eers baie later naamlik na ± 90 uur verkry is (tabel XIX). Die rol van ander faktore, hetsy osmotiese, soos wat Grant (1955) probeer uitskakel het deur in versadigde lug te werk, tree dus sonder twyfel in by die minder ekstreme temperatuurtoetse waar die blootstellingstydperk lank is en dit die kontroleblootstellingperiode vir 50% mortaliteit nader.

Die invloed hiervan op die resultate van die toetsings by die minder ekstreme temperature van $29,1^{\circ}\text{C}$ is moeilik bepaalbaar. Enersyds kan geredeneer word dat dit as gering beskou kan word vanweë die omstandigheid dat gewerk is op 'n basis van 100% mortaliteit wat bereik moes word binne 'n tydsbestek deur ekstrapolasie voorspel en dat hierdie punte deur toetsing in noue ooreenstemming daarmee verkry is. Andersyds moet egter in gedagte gedagte gehou word dat die presiese oorgangspunt in die verdraagsaamheidsgebied ten opsigte van temperatuur deur die toetrede van hierdie tweede faktor versluier kan word, naamlik dat 100% mor=

FIGUUR 26

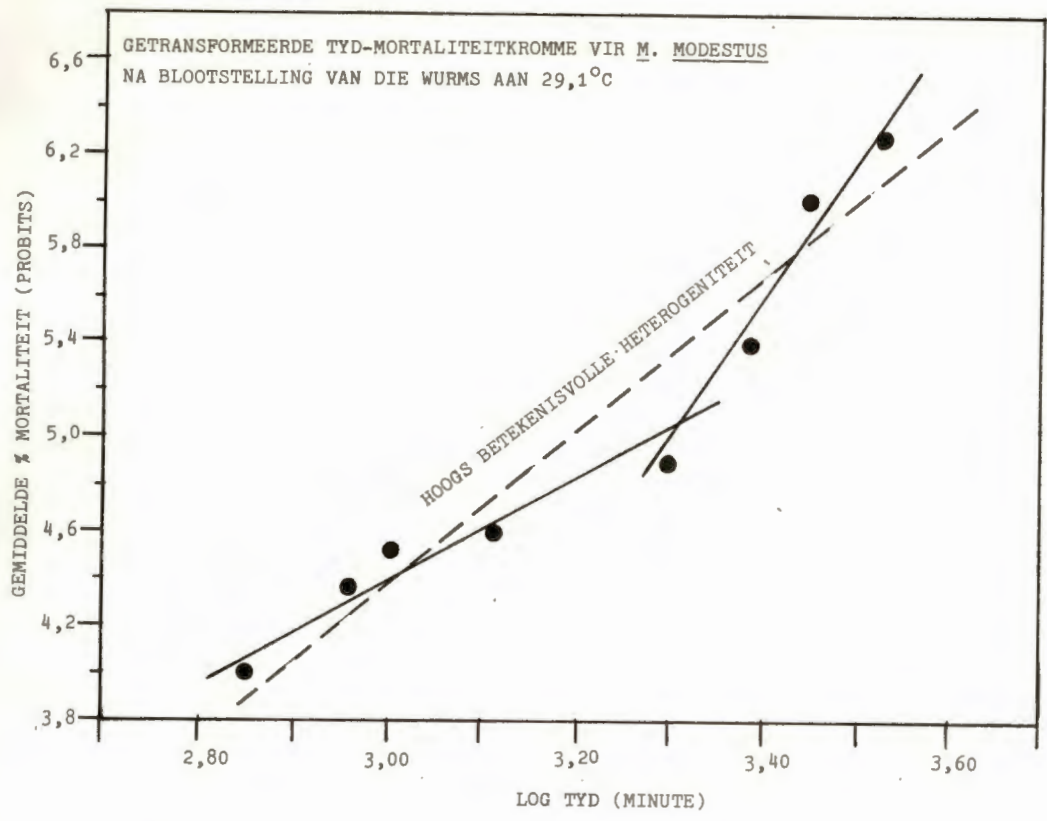
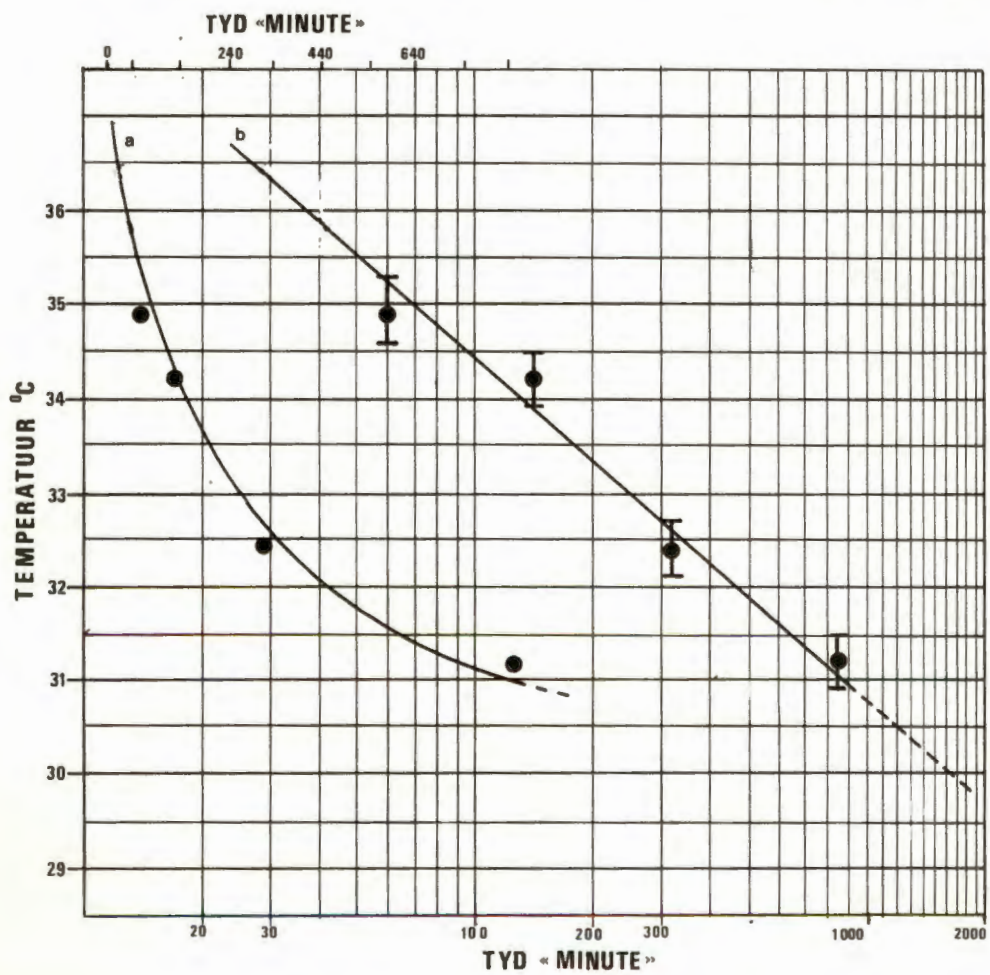


FIG. 27 REGRESSIELYN VAN STERFTETYD (TOT 100% MORTALITEIT) TEENoor TEMPERATUUR (DOSIS) VIR M. MODESTUS NA VOORAFGAANDE AKKLIMATISERING BY $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$



TABEL XX

Die sterftepatroon (samevattend) van Microchaetus modestus by verskillende letale temperature in die reeks 34,8 tot 29,1°C nadat die wurms vooraf by 20,0 ± 0,5°C ge-aklimatiseer is

Temperatuur ± 0,3°C	34,8	34,2	32,4	31,2	29,1					
Totale getal wurms	416	519	456	650	786					
	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)
	20,0	10	44,0	20	10,0	60	16,3	240	17,7	700
	54,5	20	80,7	60	36,0	90	35,0	300	27,5	910
	69,7	25	83,6	70	61,3	120	32,1	333	32,3	1045
	71,2	30	90,2	90	84,7	180	61,1	418	36,0	1300
	77,1	35	97,1	140	96,0	310	75,2	600	46,2	2010
	97,5	60	100,0	145	100,0	330	82,0	790	66,3	2500
					100,0	335	95,9	850	85,1	2855
							100,0	860	90,0	3400
									100,0	3500

% mortaliteit en tyd verteenwoordig die waardes vir die verskillende reekse (tabelle XIV - XVIII)

taliteit verkry is in redelike ooreenstemming met die voorspelde tydstop maar in elk geval nie as uitsluitlike gevolg van die temperatuurfaktor nie.

4.2.2 Die verband tussen temperatuur (as dosis) en tyd (tot 100% mortaliteit)

Weens die relatief kort tydsduur tot en met 100% mortaliteit by die hoër temperature, kon die bereiking van hierdie tydsvlak met redelike akkuraatheid vir die hoër temperature bepaal word. Kromme a in figuur 27 wat gebaseer is op die gewens in tabel XX, toon die verband aan tussen tyd (tot 100% mortaliteit) en die blootstellings-temperatuur (dosis) vir Microchaetus modestus na voorafgaande akklimatisasie van die wurms by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Kromme b in figuur 27 toon dieselfde regressielyn aan na die nodige transformasie met behulp van die logaritmiese skaal. Alle punte soos op die kromme aangetoon en vir die konstruksie van die kromme gebruik, is in hierdie geval beskou as vallende binne die boonste weerstandsones. Dit is geldig vanweë die feit dat 100% mortaliteit in elke geval verkry is binne die

mediaan van die tydsduur deur ekstrapolasie aangetoon. D.w.s. die verskillende toetstemperature waaraan die wurmgroepe blootgestel is (vanaf $31,2^{\circ}\text{C}$ tot $34,8^{\circ}\text{C}$), was letaal en het as sodanig opgetree binne die tydsbestek wat deur ekstrapolasie vanaf die hoër temperature voorspel is.

Die verband tussen dosis (temperatuur) en tyd soos wat dit hier grafies aangetoon is, het egter net gegeld vir daardie punte wat buite die verdraagsaamheidsgebied sorteer. Die terminering van die lyn by die aanvang van die verdraagsaamheidsgebied waar 100% mortaliteit nie meer verkry is nie naamlik by die laer temperature, is afgelei uit die verband tussen die % mortaliteit en die dosis (temperatuur).

Uit die ondersoek is dit duidelik dat die toetstemperature benede 29°C wat nie 100% mortaliteit binne die ge-ekstrapoleerde tyd gegee het nie, dus binne die verdraagsaamheidsgebied behoort te val (tabelle XXI a, b en c).

Die verband tussen temperatuurvlak (dosis) en die logaritme van die sterftetyd word dus deur 'n reguit lyn beskryf tot by die aanvang van die ver-

TABEL XXI

Die blootstelling deur onderdompeling van groepe van Microchaetus modestus aan verskillende lae-orde temperature vir die tye deur ekstrapolasie voorspel waarby 100% mortaliteit verkry behoort te word indien die toetstemperature binne die weerstand=gebied val.

(a) Toetstemperatuur: $28,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep nr.	Getal wurms	Mortaliteit		tyd (min.)
		%	getal	
1	25	100,0	25	3300
2	25	92,0	23	3320
3	25	88,0	22	3300
4	28	96,4	27	3310
5	32	96,8	31	3300
Gemiddeld:		94,6		3306

(b) Toetstemperatuur: $27,5 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep nr.	Getal wurms	Mortaliteit		tyd (min.)
		%	getal	
1	25	80,0	20	4500
2	25	88,0	22	4500
3	25	92,0	23	4500
4	25	84,0	21	4500
5	26	84,6	22	4500
Gemiddeld:		85,7		4500

(c) Toetstemperatuur: $27,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep nr.	Getal wurms	Mortaliteit		tyd (min.)
		%	getal	
1	25	24,0	6	5000
2	25	28,0	7	5000
3	25	16,0	4	5030
4	25	12,0	3	5000
5	25	20,0	5	5000
Gemiddeld:		20,0		5006

draagsaamheidsgebied.

4.2.3 Die verband tussen temperatuur (dosis) en mortaliteit en die bepaling van die boonste mediane letale temperatuur (LT_{50}).

Die terminering van die lyn wat die verband tussen dosis en sterftetyd (vir 100% mortaliteit) voorstel, is voorlopig bepaal deur die % mortaliteit (na verloop van die ge-ekstrapoleerde, voorspelde tydsduur vir 100% mortaliteit) teenoor toetstemperatuur (dosis) uit te plaas om die dosis-mortaliteitskromme te gee (figuur 28). Dit wil sê daardie laer temperature waarby 100% mortaliteit nie meer verkry is nie (tabelle XXI a, b en c), ten spyte daarvan dat die monstergroepe blootgestel is vir tye deur ekstrapolasie van kromme b in figuur 21 voorspel, is teenoor die verkreeë % mortaliteit uitgeplaas. Die dosis-mortaliteitskromme (figuur 28) vir die „nat metode" is verkry.

Na aanleiding van wat reeds genoem is in verband met die rol van 'n tweede faktor of faktore wat in die huidige ondersoek sou kon opgetree het, is die dosis-mortaliteitskromme (figuur 28) dus, uit die

aard van die ondersoekmetode van onderdompeling, onderhewig aan die invloed van 'n tweede faktor(e). Hierdie faktor(e) kon dieselfde gewees het as die wat sterfte in die kontrolomonsters veroorsaak het.

Weens die gebrek aan kennis van die intensiteit (of aard) van die tweede faktor(e) op enige tyd=
stip kan daar slegs peilgetrek word op die feit dat die kontrolomonsters ook na 'n sekere tyd by 'n gunstige temperatuur fraksionele mortaliteit begin vertoon het (tabel XIX). Die aanname kan gemaak word dat die invloed van die tweede faktor se toetrede (tydens die ondersoek by die lae temperatuur=
vlakke) geringer was by die hoër temperature in die laevlakreeks as by die laer temperature in die reeks. Hierdie aanname blyk heeltemal gegrond te wees aangesien die blootstellingstye in die geval van die laer temperature van $\pm 27,0^{\circ}\text{C}$ nader aan die mediaan lê vir 50% mortaliteit in die kontrolegroepe. Die verkreeë persentasie mortaliteit by byvoorbeeld $27,0^{\circ}\text{C}$ (tabel XXI c) kon dus deels die resultaat wees van deelname van die tweede faktor(e). Uit figuur 28 kan die LT_{50} -waarde vir die nat metode uit die voorlopige lyn afgelei word as $27,3^{\circ}\text{C}$ (dosis-metameter = 1,435). Hierdie waarde moet

TABEL XXII

Die blootstelling („droë" metode) van groepe van Microchaetus modestus aan verskillende lae-orde temperature vir die tye deur ekstrapolasie voorspel waarby 100% mortaliteit verkry behoort te word indien die toetstemperatuur binne die weerstandsgebied val ($\bar{x}$ = gemiddelde % mortaliteit; V = variansie en S.A. = standaardafwyking)

Groep	sub= groep	Getel wurms per		Mort. na 24 uur by 20°C				Bloot= stellings= tyd (min.)	Toets= temp. °C ± 0,3
		sub= groep	groep	%	$\bar{x}$	V.	S.A.	ge= tel	
A	1	25		96,0				24	
	2	25		92,0				23	
	3	25	125	92,0	95,2	11,2	3,35	22	30,0
	4	25		100,0				25	
	5	25		96,0				24	
B	1	16		75,0				12	
	2	23		91,3				21	
	3	25	112	80,0	78,4	60,4	7,77	20	29,4
	4	25		72,0				18	
	5	23		73,9				17	
C	1	25		76,0				19	
	2	25		84,0				21	
	3	25	125	88,0	80,0	32,0	5,66	22	29,2
	4	25		76,0				19	
	5	25		76,0				19	
D	1	24		58,3				14	
	2	25		72,0				18	
	3	23	120	60,8	65,0	29,1	5,39	14	28,6
	4	24		66,6				16	
	5	24		66,6				16	
E	1	25		44,0				11	
	2	25		48,0				12	
	3	25	122	40,0	45,2	15,2	3,89	10	28,3
	4	25		44,0				11	
	5	22		50,0				11	
F	1	22		31,8				7	
	2	20		45,0				9	
	3	21	85	23,8	34,2	78,3	8,85	5	28,0
	4	22		36,3				8	
G	1	25		12,0				3	
	2	25		16,0				4	
	3	25	126	12,0	12,6	10,2	3,19	3	27,7
	4	25		8,0				2	
	5	26		15,3				4	
H	1	16		12,5				2	
	2	18		11,1				2	
	3	19	63	10,5	11,0	1,1	1,08	2	27,3
	4	10		10,0				1	

dus beskou word as laer as die waarde wat verkry sal word in afwesigheid van deelname van 'n tweede faktor(e).

Die aanwesigheid van 'n tweede letale faktor, soos hier behandel, kan moontlik die verklaring bied vir bevindings van El-Duweini & Ghabbour (1965) dat die letale temperatuur, volgens die nat metode of onderdompelingsmetode bepaal, laer is as dié volgens die „droë" metode bepaal. Dit sal geld indien die tweede faktor verband hou met die nat metode en afwesig is by die droë metode. Die boonste letale temperatuur van Microchaetus modestus lê dus bokant $27,3^{\circ}\text{C}$ maar ook onder $29,1^{\circ}\text{C}$.

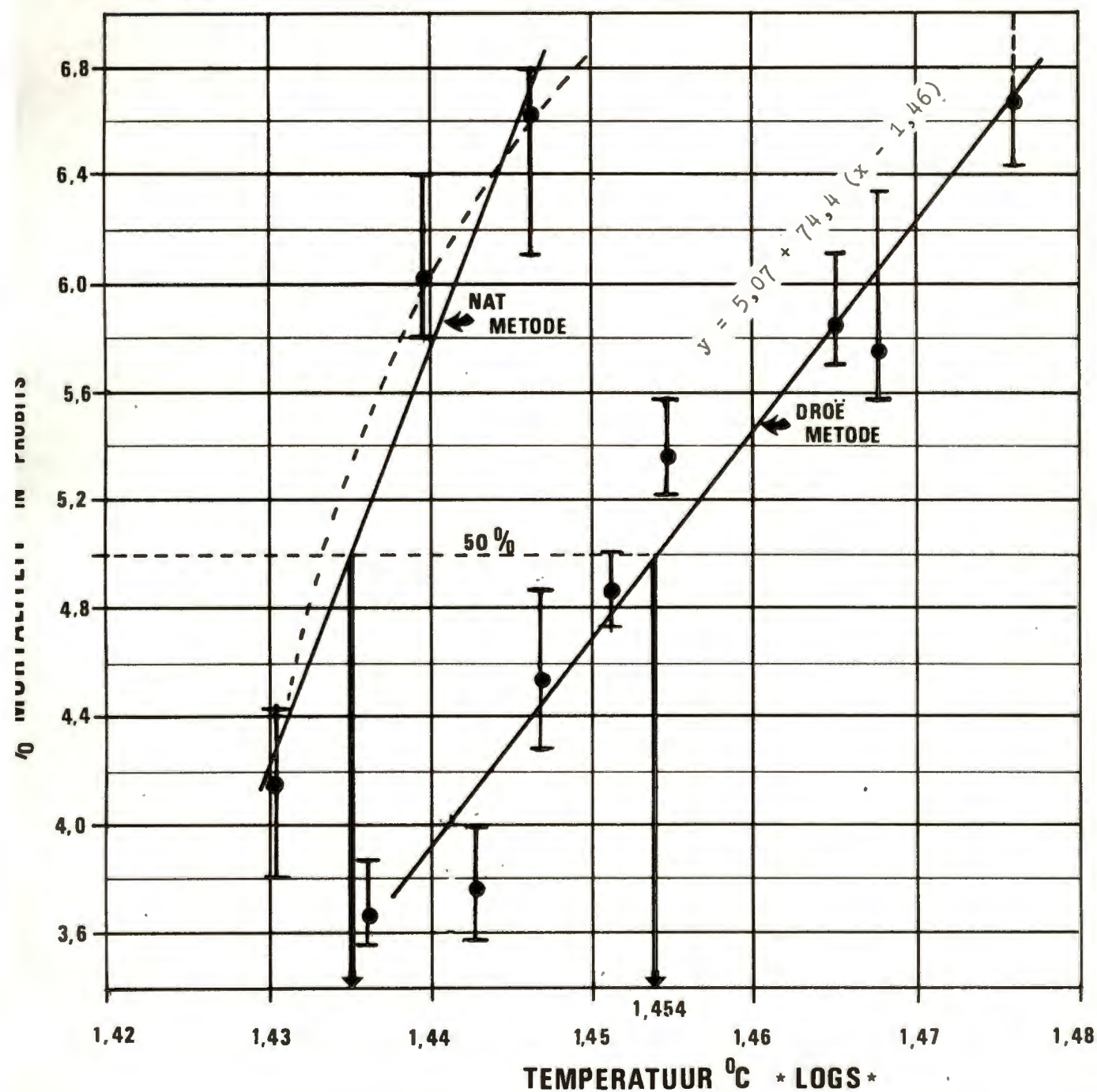
Die resultate van die ondersoek na die boonste letale temperatuur van Microchaetus modestus deur gebruikmaking van die droë metode om die verband tussen temperatuur en mortaliteit te probeer aantoon, word in tabel XXII weergegee. In hierdie geval is die wurms in klam grond aan die temperatuurtoetse onderwerp soos beskryf is.

Blootstellings by die hoër temperature in die weerstandsonne is nie weer herhaal nie. Die reeds bepaalde patroon was, soos uit die homogene sterfte=

patrone by elke temperatuur blyk, nie onderhewig aan die invloed van toetredende faktore nie. Die ondersoek met behulp van die droë metode was nie by die aanvanklike beplanning ingesluit nie en het noodsaaklik geblyk na afloop van die ondersoek met behulp van die nat metode. Die ondersoek was primêr daarop gemik om die terminering van die weerstandsones meer akkuraat te bepaal deur die uitskakeling van die tweedefaktorbelemmering waarvan die aanwesigheid aangetoon is. Osmotiese of suurstofprobleme mag hieronder sonder. Die ondersoek met behulp van die droë metode het enkele opvallende gebreke gehad. Wurms moes noodwendig meer gehanteer word tydens die tellings. Die invloed hiervan op die resultate was moeilik bepaalbaar. Voorts het daar tydens die verloop van ondersoeke 'n geleidelike afname in grondvoginhoud plaasgevind wat ook, indien dit aansienlik was, 'n invloed op die resultate kon gehad het.

Figuur 28 wat in sy finale vorm op die verwerkte gegewens in tabel XXIV gebaseer is, toon ook die dosismortaliteitskromme soos verkry uit die ondersoek met behulp van die droë metode (tabelle XXII

FIG. 28



GEMIDDELDE PERSENTASIE MORTALITEIT (NADAT DIE MEDIAAN VAN DIE GE-EKSTRA-POLEERDE 100% STERFTETYPD BEREIK IS) TEENoor DOSIS (TEMPERATUUR) SOOS VERKRY M.B.V. TWEE VERSKILLENDIE METODES MET M. MODESTUS. (DIE MAKSIMUM EN MINIMUM MORTALITEITE WAT VIR DIE TOETS GROEPE BY ELKE DOSIS BEPAAL IS, WORD AANGETOON.)

a tot h). Die blootstellingstye was geneem as die deur ekstrapolasie voorspelde tye. Oorlewings na hierdie blootstellingstye is aanvaar as punte binne die verdraagsaamheidsgebied.

Die grafiek (figuur 28) toon duidelik dat daar 'n verskuiwing plaasgevind het ten opsigte van die vorige posisie wat met behulp van die onderdompelingsmetode verkry is. Die $L.T._{50}$ -waarde soos grafies afgelei, het ook aansienlik opgeskuif tot $28,4^{\circ}\text{C}$ (dosis-metameter = 1,454). Hieruit kan die verskil in die twee ondersoekmetodes duidelik afgelei word. Die prominente rol van die sogenaamde tweede faktor by ongeveer $29,0^{\circ}\text{C}$ tydens die onderdompelingsondersoek, het ook duidelik hieruit geblyk.

Ten einde die boonste mediane letale temperatuur van Microchaetus modestus, soos wat dit grafies afleibaar is vanaf die lyn wat die verband tussen dosis en mortaliteit beskryf, statisties te bevestig, is die voorgestelde bewerkings van Finney (1962) gevolg vir die plasing van die probietregressievergelyking. Tabel XXIII vat die bewerkings saam.

TABEL XXIII

Plasing van die probietregressievergelyking vir die gegewens verkry deur toetsing van Microchaetus modestus met behulp van die droë metode

Groep nr	λ Temp. °C	Getal wurms		Gemid. % mort.		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet Y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet Y	nw x	nw y
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
A1 - 5	30,0	125	118	95,2	94,2	1,477	6,57	6,7	25,42	6,64	37,56	168,86
B1 - 5	29,4	112	88	78,5	78,1	1,468	5,77	6,1	43,76	5,71	64,25	249,93
C1 - 5	29,2	125	110	80,0	79,6	1,465	5,83	5,8	61,23	5,81	89,72	355,80
D1 - 5	28,6	120	78	65,0	64,3	1,456	5,37	5,1	62,30	5,50	90,71	342,65
E1 - 5	28,3	122	55	45,2	44,1	1,452	4,85	4,8	37,00	4,85	53,72	179,45
F1 - 4	28,0	85	29	34,1	32,8	1,447	4,55	4,5	46,32	4,56	57,03	211,22
G1 - 5	27,7	126	16	12,6	10,8	1,443	3,76	4,2	57,76	3,85	83,35	222,38
H1 - 4	27,3	63	7	11,1	9,3	1,436	3,68	3,6	15,18	3,66	21,81	55,60
	20,0	100	2	2,0								

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\Sigma nw} &= 0,0029 & \Sigma nw &= 349,01 & \Sigma nw x^2 &= 739,8965 & \Sigma nw y^2 &= 9393,2584 & \Sigma nw xy &= 2603,3814 \\
 \bar{x} &= 1,456 & \Sigma nw x &= 508,15 & \Sigma xx &= \frac{739,8539}{0,0426} & \Sigma yy &= \frac{9138,4290}{254,8294} & \Sigma xy &= \frac{2600,2120}{3,1694} \\
 \bar{y} &= 5,072 & \Sigma nw y &= 1785,89 & & & & & & \\
 b &= \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 74,39 & Y &= 5,07 + 74,4 (x - 1,456) & \chi^2_{(6)} &= \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 19,03
 \end{aligned}$$

Die regressiekoëffisiënt of toenamekoers van die probietwaarde per eenheidstoename in $\bar{x}$ is:

$$b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 74,39 \pm 4,82$$

en die vergelyking van die probietregressielyn met helling b deur die punt $(\bar{x}, \bar{y})$ is:

$$Y = 5,072 + 74,4 (x - 1,456)$$

$$\chi^2_{(6)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 19,029$$

Weens die betekenisvolle heterogeniteit wat hieruit afleibaar is, word alle variansies met die heterogeniteitsfaktor 3,17 vermenigvuldig.

Log LT₅₀ by $Y = 5$:

$$m = \frac{(5 + 103,35)}{74,39} = 1,456$$

Variansie van m :

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{1}{b^2} \left(\frac{1}{\Sigma nw} + \frac{(m - \bar{x})^2}{\Sigma nw (x - \bar{x})^2} \right) \\ &= 5,0 \times 10^{-6} \times 3,17 \end{aligned}$$

$$S.A._m = \sqrt{V_m} = 0,004$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur:

$$m \pm t \times S.A._m$$

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 3,18$ (weens betekenisvolle heterogeniteit; lae vryheidgrade)

sodat fidusiaalgrense = $1,456 \pm (3,18) (0,004)$

= $1,456 \pm 0,013$

Antilog van m = $28,6^{\circ}\text{C}$

Dit volg dus dat die $L.T_{50}$ vir Microchaetus modestus onder die huidige eksperimentele toestande bereken is as $28,6^{\circ}\text{C}$ en dat die waarde met 'n sekerheidsinterval van 95% tussen $27,7^{\circ}\text{C}$ en $29,4^{\circ}\text{C}$ geleë is.

4.3 Die boonste mediane letale temperatuur (LT_{50}) van Eisenia rosea

4.3.1 Sterftepatrone van toetsgroepe na blootstelling aan verskillende letale temperature en die bepaling van mediane letale blootstellingstye (LD_{50})

Die resultaat van die blootstellingstoetse van groepe van Eisenia rosea by $34,3 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ na voorafgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ word in tabel XXIV weergegee tesame met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Die oorspronklike waardes word in tabel XVII B van die Bylaag aangebied. Figuur 29

TABEL XXIV

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan 34,3°C na voorafgaande akklimatisering by 20 ± 0,5°C.

Groep nr.	λ bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. & mort.		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte ptobiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a	7	49	23	46,9	45,8	0,845	4,89	5,2	29,69	4,90	25,088	145,481
2a+b	10	98	65	76,7	76,2	1,000	5,71	5,4	57,04	5,68	57,040	323,987
3a+b	30	56	48	85,7	85,4	1,477	6,05	6,0	23,96	6,04	35,389	144,718
4a+b	60	48	44	91,4	91,2	1,778	6,35	6,4	14,16	6,34	25,177	89,774
5a	80	43	43	100,0	-							

$$\begin{aligned} \frac{1}{\Sigma nw} &= 0,008 & \Sigma nwx^2 &= 175,2736 & \Sigma nwx y &= 820,2901 & \Sigma nwy^2 &= 3996,3669 \\ \bar{x} &= 1,1429 & \Sigma xx &= 163,0883 & \Sigma xy &= 804,5724 & \Sigma yy &= 3969,2405 \\ \bar{y} &= 5,6384 & & & & & & \\ b &= \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 1,387 & Y &= 5,638 + 1,387 (x - 1,143) \\ \Sigma nw &= 124,85 & \chi^2_{(2)} &= \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 5,59 \\ \Sigma nwx &= 142,694 \\ \Sigma nwy &= 703,960 \end{aligned}$$

toon die voorlopige regressielyn soos gekonstrueer vir die eksperimentele waardes.

Toetsing van die lyn en bepaling van LD_{50} (mediane letale blootstellingstyd):

$$\text{Regressiekoëffisiënt } b = \frac{\sum xy}{\sum xx} = 1,387 \pm 0,089$$

Vergelyking van die probietregressielyn:

$$\begin{aligned} Y &= 5,638 + 1,387 (x - 1,143) \\ \chi^2 &= \sum yy - \frac{\sum xy^2}{\sum xx} \dots\dots\dots (1) \\ \chi^2_{(2)} &= 5,59 \end{aligned}$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom nie sodat:

Log LD_{50} by $Y = 5$

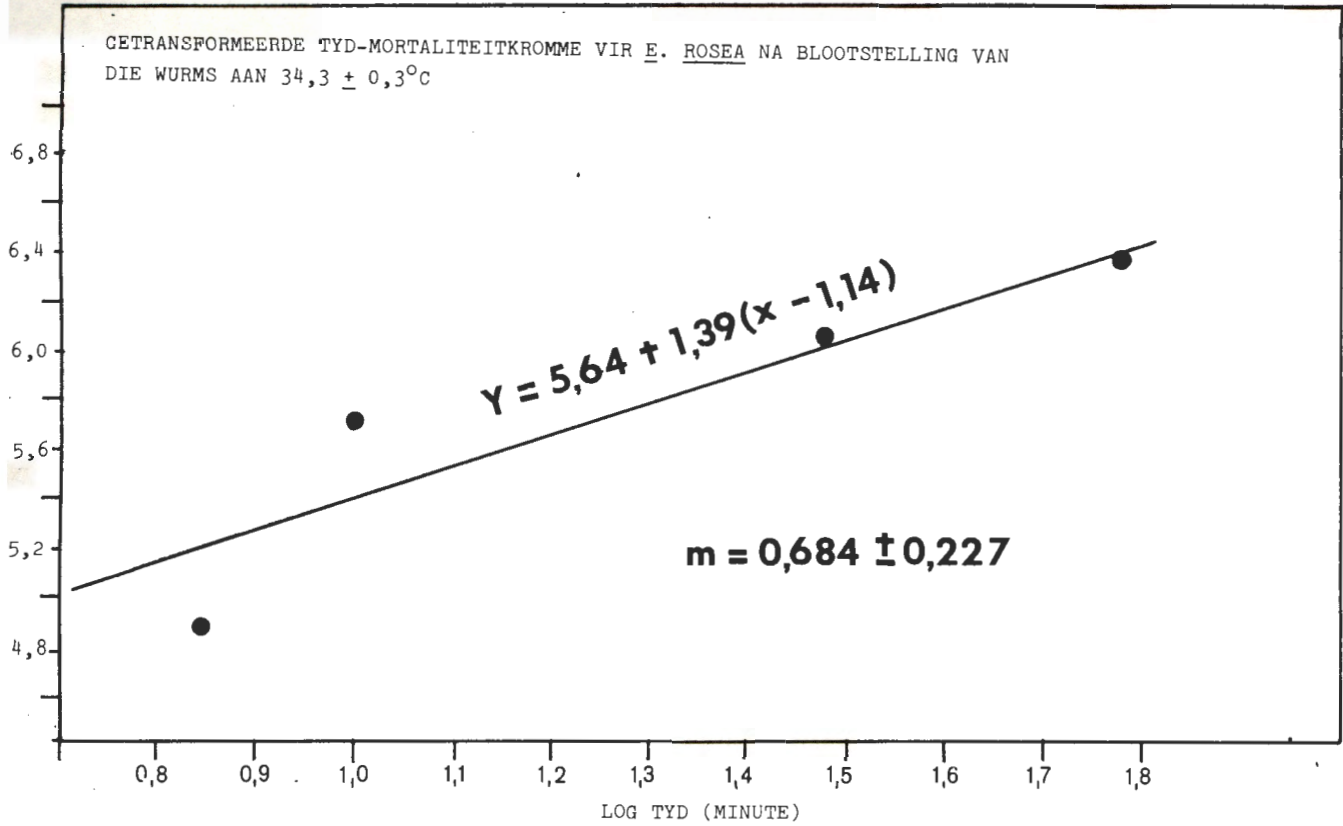
$$\begin{aligned} m &= \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} \dots\dots\dots (2) \\ &= 0,684 \end{aligned}$$

Varsiansie van m:

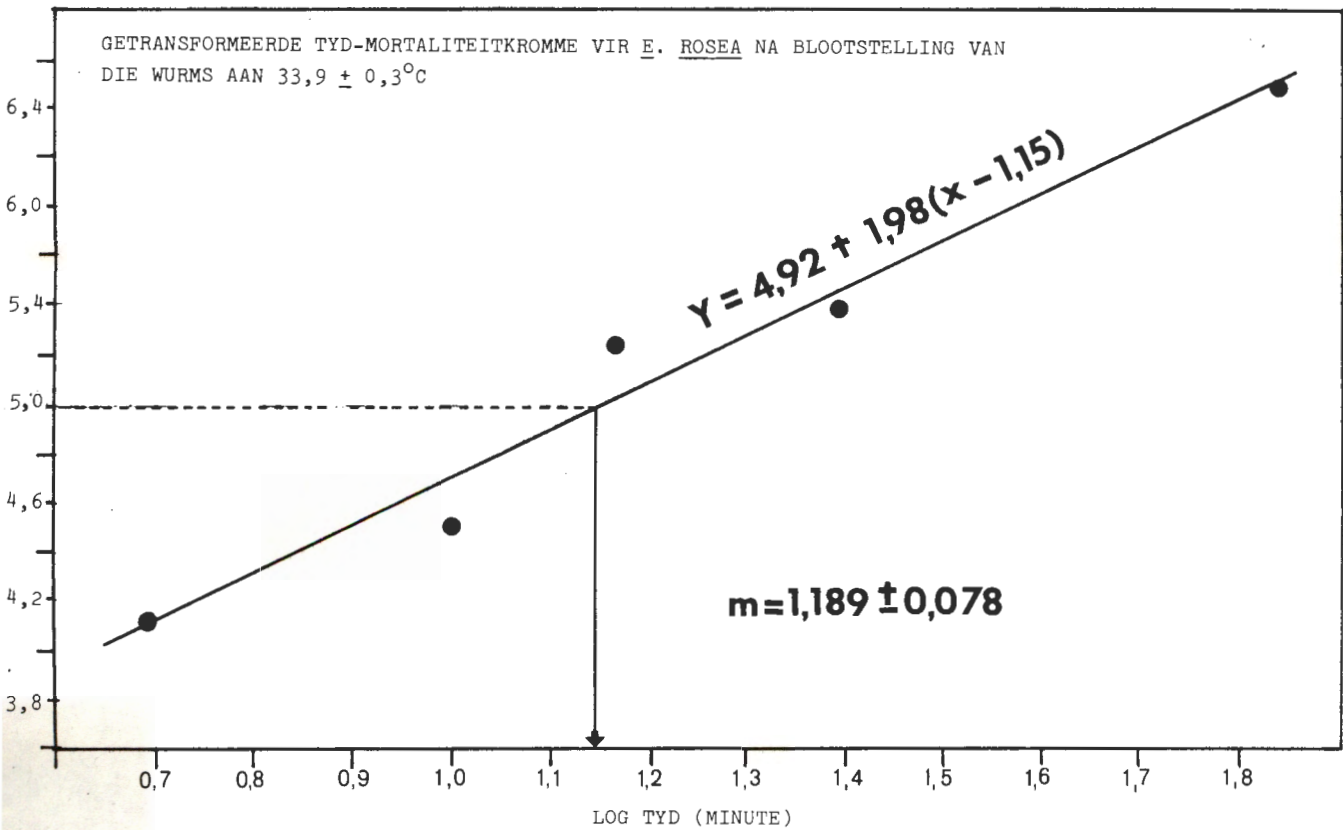
$$\begin{aligned} V_m &= \frac{1}{b^2} \left(\frac{1}{\sum nw} + \frac{(m - \bar{x})^2}{\sum nw (\bar{x} - \bar{x})^2} \right) \dots\dots\dots (3) \\ &= 0,0135 \\ S.A._m &= \sqrt{V_m} \\ &= 0,116 \end{aligned}$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur:

FIGUUR 29



FIGUUR 30



$$m \pm t \times S.A._m \dots\dots\dots(4)$$

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 1,96$

$$\begin{aligned} \text{sodat fidusiaalgrense} &= 0,684 \pm (1,96) (0,116) \\ &= 0,684 \pm 0,227 \end{aligned}$$

Antilog van $m = 4,8$ minute

Dit volg dus dat die mediane letale blootstellingstyd (LD_{50}) vir Eisenia rosea onder die huidige eksperimentele toestande 4,8 minute was by $34,3^{\circ}\text{C}$ en dat dit 'n sekerheidsinterval van 95% tussen 2,9 en 8,2 minute geleë is.

Die resultaat van die blootstelling van groepe van Eisenia rosea aan 'n temperatuur van $33,9^{\circ}\text{C}$ na voorafgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ word in tabel XXV weergegee te same met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Figuur 30 toon die voorlopige regressielyn wat gekonstrueer is met behulp van die eksperimentele waardes. Die oorspronklike gegewens word in tabel XVIII B van die Bylaag aangebied.

Uit die berekenings blyk dat:

$$b = 1,982 \pm 0,052$$

en die vergelyking van die probietregressielyn

TABEL XXV

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan 33,9°C na voorafgaande akklimatisering by 20,0 ± 0,5°C.

Groep nr.	λ bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. & mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a	5	65	13	20,0	18,4	0,699	4,099	4,1	27,56	4,09	19,264	112,720
2a+b+c	10	109	38	32,2	30,8	1,000	4,499	4,7	63,77	4,51	63,770	287,603
3a+b	15	42	25	60,0	59,2	1,176	5,233	5,0	25,70	5,23	30,223	134,411
4a+b	25	39	26	65,7	65,0	1,398	5,385	5,5	21,99	5,38	30,742	118,306
5a+b	70	68	62	90,3	90,1	1,845	6,287	6,3	22,30	6,28	41,144	140,044
6a+b	180	57	57	100,0								

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0061 \quad \Sigma nwx^2x = 231,6658 \quad \Sigma nwx y = 948,2350 \quad \Sigma nwy^2 = 3977,0465$$

$$\bar{x} = 1,1476 \quad \Sigma xx = \frac{212,4840}{19,1818} \quad \Sigma xy = \frac{910,2030}{38,0320} \quad \Sigma yy = \frac{3898,9724}{78,0741}$$

$$\bar{y} = 4,9162$$

$$\Sigma nw = 161,32$$

$$b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 1,982 \quad Y = 4,916 + 1,982 (x - 1,148)$$

$$\Sigma nwx = 185,143$$

$$\Sigma nwy = 793,084$$

$$\chi^2_{(3)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 2,668$$

is $Y = 4,92 + 1,98 (x - 1,15)$ en

$$\chi^2_{(3)} = 2,67 \text{ (Uit vgl. 1)}$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom
nie.

Log LD₅₀ by Y = 5:

$$m = 1,1899 \quad (\text{Uit vgl. 2})$$

$$\text{Variansie van } m = 0,0016 \quad (\text{Uit vgl. 3})$$

$$\begin{aligned} \text{S.A.}_m &= \sqrt{V_m} \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 1,96$

sodat uit vgl. 4 fidusiaalgrense van m

$$= 1,189 + (1,96) (0,04)$$

$$= 1,189 \pm 0,078$$

$$\text{Antilog van } m = 15,5$$

Dit volg dus dat die mediane letale blootstel=
lingstyd vir Eisenia rosea by $33,9^{\circ}\text{C}$ tydens die
huidige eksperimentele ondersoek as 15,5 minute
bereken is en dat die waarde met 'n sekerheidsin=
terval van 95% tussen 12,9 en 18,5 geleë is.

Die resultaat van die blootstelling van groepe
van Eisenia rosea aan 'n temperatuur van $32,9^{\circ}\text{C}$

TABEL XXVI

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan 32,9°C na voorafgaande akklimatisering by 20,0 ± 0,5°C.

Groep nr.	λ bloot= stellings= tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
1a+b	10	65	5	8,9	7,1	1,000	3,532	3,7	18,01	3,54	18,010	63,755
2a	20	35	10	28,5	27,1	1,301	4,390	4,5	19,08	4,39	24,823	83,761
3a+b	25	79	33	40,9	39,7	1,398	4,739	4,8	47,24	4,74	66,042	223,918
4a+b+c	35	107	66	62,3	61,5	1,544	5,292	5,2	64,84	5,30	100,113	343,652
5a+b	50	96	59	60,9	60,1	1,699	5,256	5,6	52,13	5,22	88,569	272,119
6a+b	63	84	72	87,0	86,7	1,799	6,112	5,9	38,63	6,10	69,495	235,643
7a+b+c	133	102	94	91,4	91,2	2,124	6,353	6,7	20,71	6,22	43,988	128,816
8a+b	215	78	76	98,3	98,2	2,332	7,058	-	-	-	-	-

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0038 \quad \Sigma nwx^2 = 666,1367 \quad \Sigma nwx y = 2176,2214 \quad \Sigma nwy^2 = 7135,2494$$

$$\bar{x} = 1,5770 \quad \Sigma xx = \frac{648,2269}{17,9098} \quad \Sigma xy = \frac{2131,6297}{44,5917} \quad \Sigma yy = \frac{7009,6100}{125,6394}$$

$$\bar{y} = 5,1859$$

$$\Sigma nw = 260,64 \quad b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 2,489 \quad Y = 5,186 + 2,489(x - 1,577)$$

$$\Sigma nwx = 411,040$$

$$\Sigma nwy = 1351,664 \quad \chi^2_{(6)} = \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 14,615$$

na voorafgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ word in tabel XXVI weergegee tesame met die bewerkings vir die plasing van die probietregressievergelyking. Figuur 31 toon die voorlopige regressielyn wat gekonstrueer is met behulp van die eksperimentele waardes. Die oorspronklike gegewens word in tabel XIX B van die Bylaag aangebied.

Uit die berekenings blyk dit dat:

$$b = 2,489 \pm 0,126$$

na aanpassing van die variansie met behulp van 'n heterogeniteitsfaktor van 2,43 weens betekenisvolle heterogeniteit wat verkry is soos blyk

$$\begin{aligned} \text{uit } \chi^2_{(6)} &= 14,62 \text{ (uit vgl. 1) en} \\ Y &= 5,19 + 2,49 (x - 1,58) \end{aligned}$$

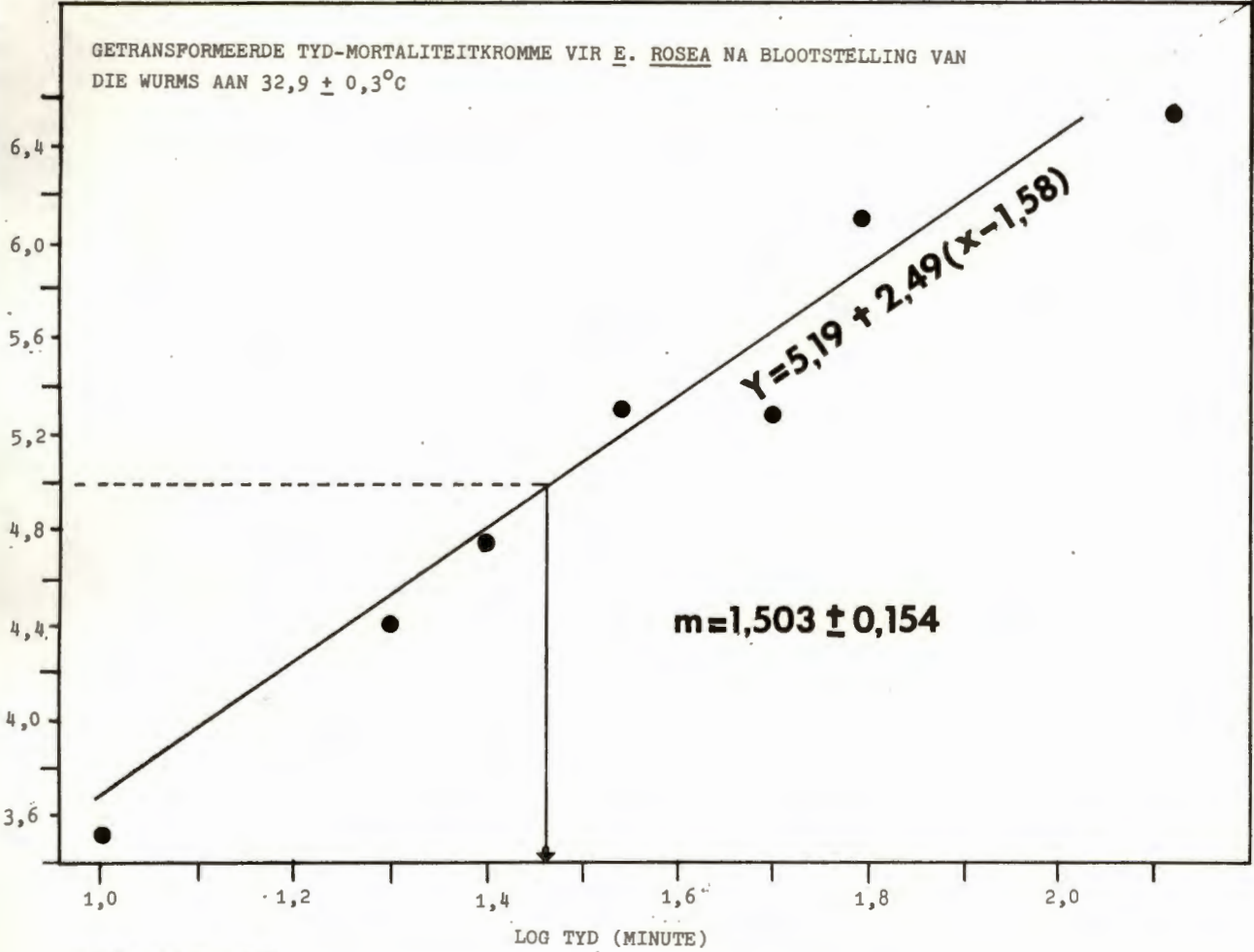
Log LD₅₀ by Y = 5:

Uit vgl. 2 volg: $m = 1,503$ en uit vgl. 3 volg:

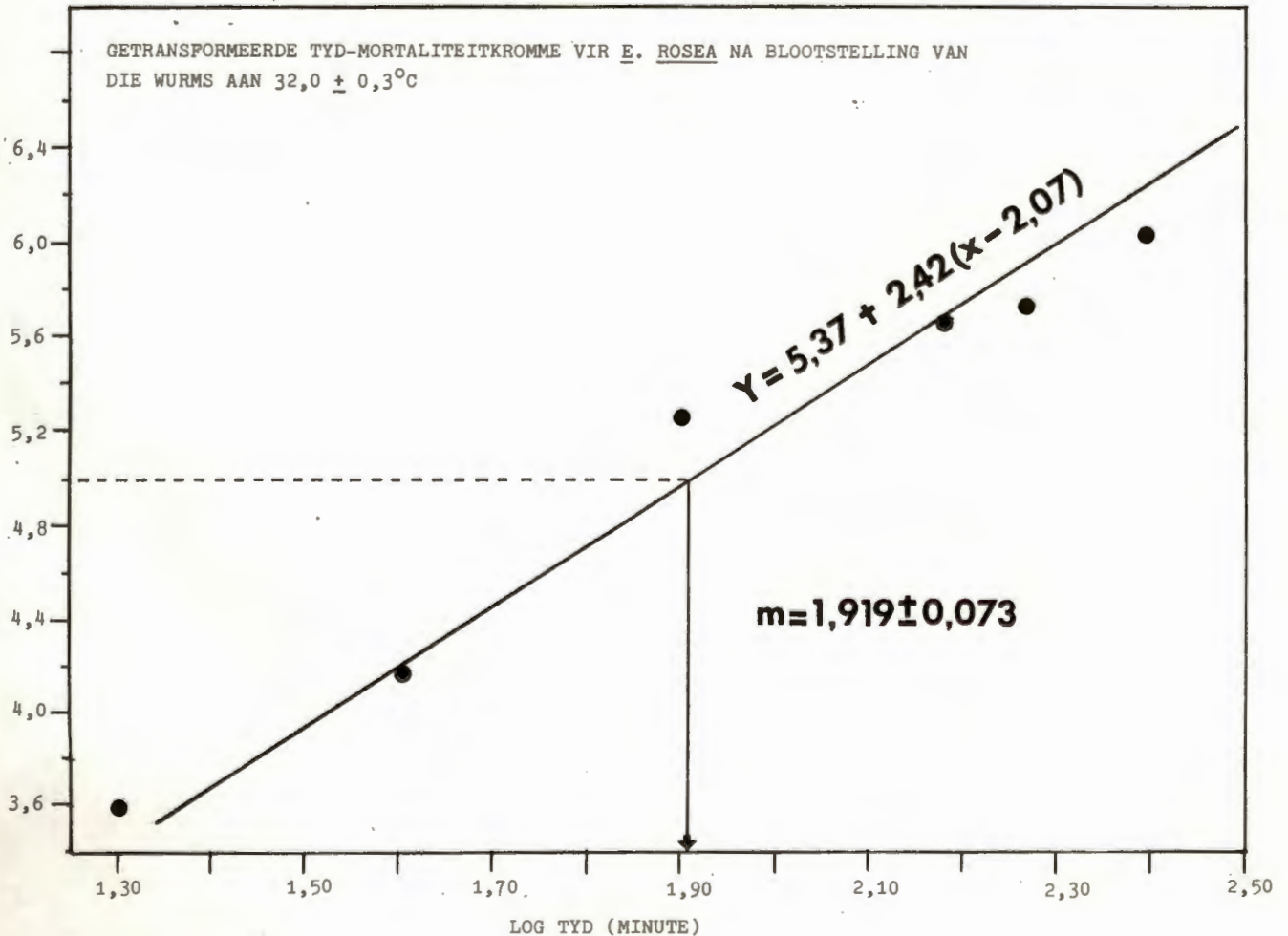
$$\begin{aligned} V_m &= 0,00066 \\ \text{S.A.}_m &= \sqrt{V_m} \times 2,43 \\ &= 0,063 \end{aligned}$$

Vir 5% waarskynlikheid is $t = 2,45$ (weens betekenisvolle heterogeniteit en lae vryheidsgrade)

FIGUUR 31



FIGUUR 32



Uit vgl. 4: fidusiaalgrense

$$= 1,503 \pm (2,45) (0,063)$$

$$= 1,503 \pm 0,154$$

Antilog van $m = 31,8$ minute

Dit volg dus dat die mediane letale blootstel=
lingstyd (LD_{50}) vir Eisenia rosea onder die hui=
dige eksperimentele toestande (by 'n temperatuur
van $32,9^{\circ}\text{C}$) $31,8$ minute was en dat hierdie waarde
met 'n sekerheidsinterval van 95% tussen $22,3$
minute en $45,4$ minute geleë is.

Die resultate verkry deur blootstelling van Eisenia
rosea aan 'n temperatuur van $32,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ na voor=
afgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ word in
tabel XXVII weergegee tesame met die bewerkings
vir die plasing van die probietregressievergelyking.
Figuur 32 toon die voorlopige regressielyn wat
gebaseer is op die eksperimentele waardes. Die
oorspronklike gegewens word in tabel XX B van die
Bylaag weergegee.

Uit die berekenings blyk dat:

$$b = 2,419 \pm 0,065 \text{ met}$$

$$\chi^2_{(5)} = 2,99 \text{ (uit vgl. 1) waaruit blyk dat}$$

TABEL XXVII

Plasing van die probietregressievergelyking. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan 32,0°C na voorafgaande akklimatisering by 20,0 ± 0,5°C

Groep nr.	λ bloot= stelligs tyd (min.)	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet (p)	Verwagte probiet y	nw	Werkende probiet y _i	nw _x	nw _y
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort (p)							
1a	20	37	3	8,1	6,3	1,301	3,60	3,5	7,60	3,45	9,888	26,220
2a	40	43	9	20,1	18,5	1,602	4,16	4,2	19,69	4,12	31,543	81,123
3a	80	35	21	60,0	59,2	1,903	5,25	5,0	21,42	5,23	40,762	112,027
4a+b	150	83	60	74,5	73,9	2,176	5,66	5,7	42,99	5,64	93,546	242,464
5a+b	187	46	31	75,9	75,4	2,272	5,70	5,9	21,16	5,66	48,076	119,766
6a	250	43	37	86,1	85,8	2,398	6,07	6,2	15,57	6,07	37,337	94,510
7a+b	425	53	51	96,7	96,6	2,628	6,83	6,8	9,33	6,87	24,519	64,097
8a	500	20	20	100,0								

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\Sigma nw} &= 0,0072 & \Sigma nw &= 137,76 & \Sigma nw^2 &= 607,7211 & \Sigma nwxy &= 1572,0467 & \Sigma nwy^2 &= 4069,9816 \\
 \bar{x} &= 2,0736 & \Sigma nw_x &= 285,671 & \Sigma xx &= \frac{592,3919}{15,3292} & \Sigma xy &= \frac{1534,9569}{37,0890} & \Sigma yy &= \frac{3977,2531}{92,7285} \\
 \bar{y} &= 5,3731 & \Sigma nwy &= 740,207 & y &= 5,373 + 2,419(x - 2,074) & \chi^2_{(5)} &= \Sigma yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} & &= 2,99 \\
 b &= \frac{\Sigma xy}{\Sigma xx} = 2,419
 \end{aligned}$$

daar geen betekenisvolle heterogeniteit voorgekom
het nie. Die vergelyking van die probietregres=
sielyn is: $Y = 5,37 + 2,42 (x - 2,07)$

Log LD₅₀ by Y = 5:

$$m = 1,9194 \text{ (uit vgl. 2) en}$$

$$V_m = 0,0014 \text{ (Uit 3)}$$

$$\begin{aligned} \text{S.A.}_m &= \sqrt{V_m} \\ &= 0,0374 \end{aligned}$$

Vir 5% waarskynlikheid is

$$t = 1,96$$

sodat fidusiaalgrense

$$= 1,9194 \pm (1,96) (0,0374) \text{ (Uit vgl.4)}$$

$$= 1,9194 \pm 0,0733$$

Antilog van $m = 83,0$ minute.

Dit volg dus dat die mediane letale blootstellingstyd
vir Eisenia rosea 83,0 minute was by 32,0°C onder
die huidige eksperimentele toestande en dat die LD₅₀
met n sekerheidsinterval van 95% tussen 70,2 en
98,3 minute geleë is.

Reguit lyne is deurgaans verkry na die nodige trans=
formasie deur uitplasing van die logaritme van die
sterftetyd teenoor gemiddelde mortaliteit (in pro=

bietwaardes) en figure 29 - 32 toon dat 'n duidelike homogeniteit verkry is ten opsigte van die uitwerking van die letale temperature van $32,0^{\circ}\text{C}$ tot $34,3^{\circ}\text{C}$. Ook in hierdie geval blyk dit genoegsame gronde te wees waarop aanvaar kon word dat dieselfde faktor in al die gevalle vir die sterftes verantwoordelik was.

Kontrole-onderdompelings het getoon dat Eisenia rosea vir weke lank by 20°C gehou kon word. 'n „Natuurlike mortaliteit" van 2% soos wat tydens die huidige ondersoek aanvaar is vir doeleindes van analise van gegewens is gebaseer op sterftes wat wel sporadies voorgekom het maar waarskynlik eerder aan beskadiging tydens hantering toegeskryf kon word.

4.2.2 Die verband tussen temperatuur (as dosis) en tyd (tot 100% mortaliteit).

Die verband tussen temperatuur en tyd tot 100% mortaliteit vir Eisenia rosea word in figuur 33 aangetoon. Kromme a in figuur 33 is gebaseer op die gegewens in tabel XXVIII. Kromme b in die figuur toon dieselfde regressielyn aan

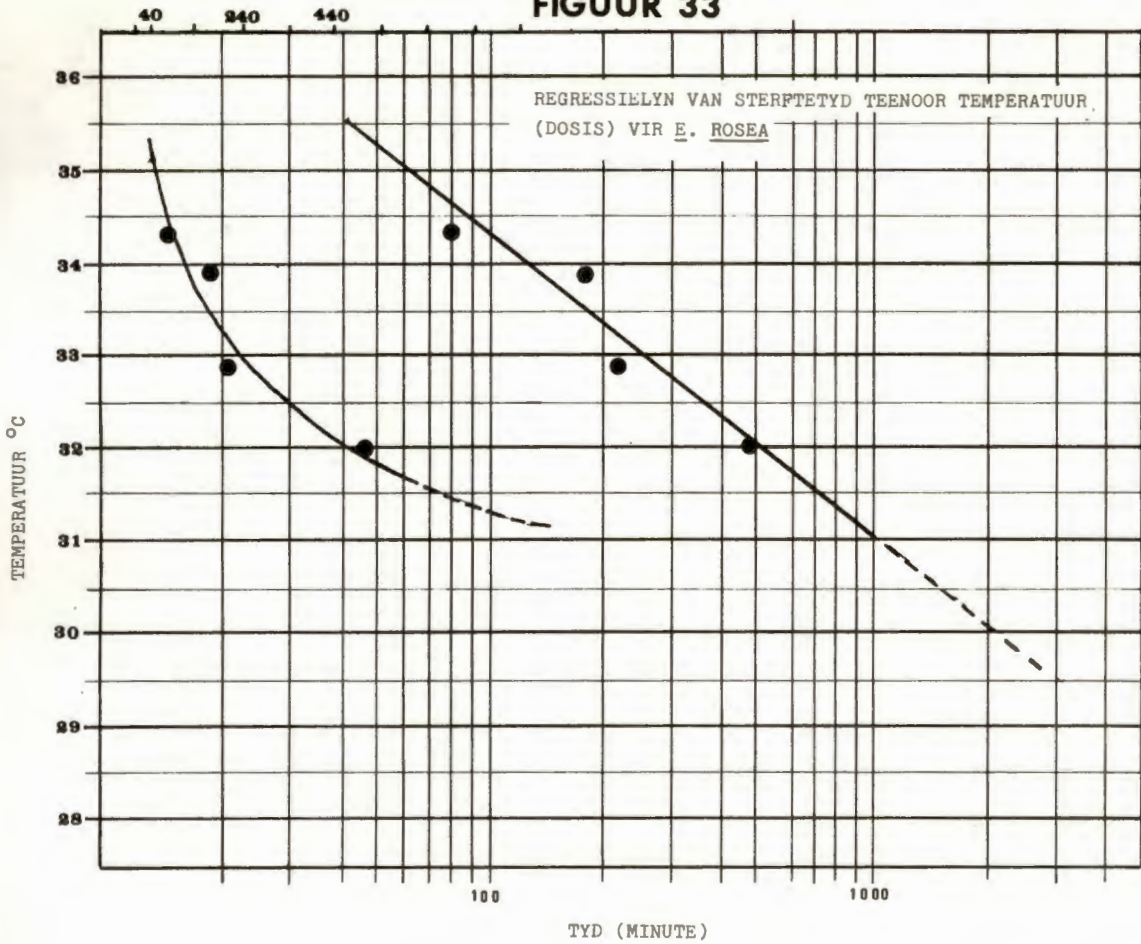
TABEL XXVIII

Die sterftepatroon (samevattend) van Eisenia rosea by verskillende letale temperature in die reeks $34,3^{\circ}\text{C} - 32,0^{\circ}\text{C}$ na voorafgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

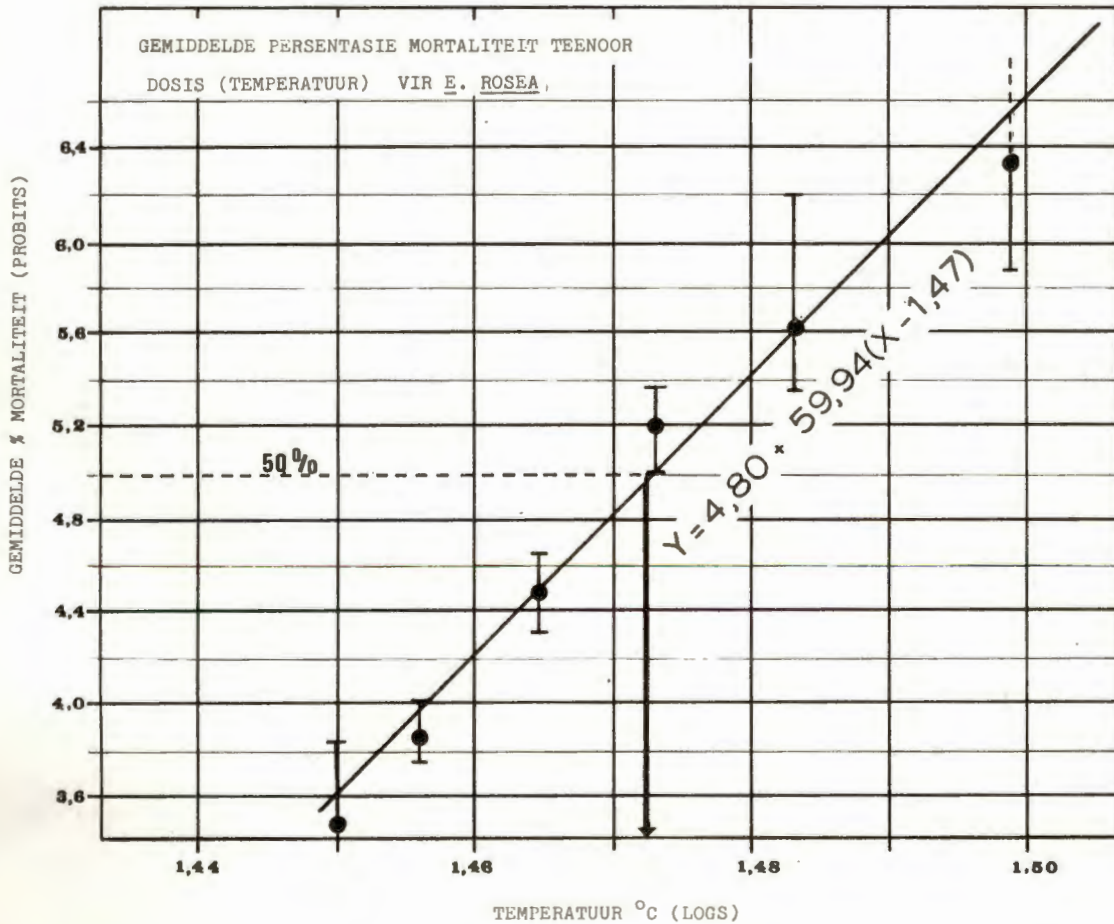
Temperatuur ± 0,3°C	34,3	33,9	32,9	32,0				
Totale getal wurms	294	380	646	360				
	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)	% mort.	tyd (min.)
	46,9	7	20,0	5	8,9	10	8,1	20
	76,7	10	32,2	10	28,5	20	20,1	40
	85,7	30	60,0	15	62,3	35	60,0	80
	91,4	60	65,7	25	60,9	50	74,5	150
	100,0	80	90,3	70	87,0	63	75,9	187
			100,0	180	91,4	133	86,1	250
					98,3	215	96,7	425
							100,0	500

% mortaliteit en tyd (min.) verteenwoordig die waardes vir die verskillende reekse (tabelle XXV - XXVIII)

FIGUUR 33



FIGUUR 34



na die nodige transformasie met behulp van 'n logaritmiëse skaal. Alle punte soos op die kromme aangetoon en vir die konstruksie van die kromme gebruik, is beskou as vallende buite die verdraagsaamheids gebied en binne die boonste weerstandsgebied. Dit is geldig vanweë die feit dat 100% mortaliteit in elke geval verkry is binne die mediaan van die tydsduur deur eksstrapolasie aangetoon. Die posisie van die lyn deur die punte is met die oog bepaal en nie matematies geverifieër nie vanweë die feit dat hoë akkuraatheid ten opsigte van die blootstellingstye nie vereis is met die oog op verdere blootstellings by laer temperature nie.

'n Duidelike logaritmiëse verband is dus ook in die geval van Eisenia rosea tussen temperatuur en tyd tot 100% mortaliteit afgelei.

4.3.3 Die verband tussen temperatuur (dosis) en mortaliteit en die bepaling van LT_{50} (mediane letale temperatuur)

Die resultate van die blootstelling van Eisenia rosea aan lae-orde temperature word in tabel XXIX saamgevat.

TABEL XXIX

Die blootstelling (deur onderdompeling) van groepe van Eisenia rosea aan verskillende lae-orde temperature vir die tye deur ekstrapolasie voorspel waarby 100% mortaliteit verkry behoort te word indien die toetstemperatuur binne die weerstandsbied val ($\bar{x}$ = gemiddelde % mortaliteit; V = variansie en S.A. = standaardafwyking)

Groep	sub= groep	Getal wurms per		Mort. na 24 uur by 20°C					Bloot= stellings= tyd (min.)	Toets= temp. °C ± 0,3
		sub= groep	groep	%	$\bar{x}$	V.	S.A.	getal		
A	1	18		100,0				18	750	31,5
	2	25		84,0				21	800	
	3	25	114	80,0	90,9	72,9	8,54	20	760	
	4	19		94,7				18	760	
	5	27		96,2				26	900	
B	1	25		84,0				21	1380	30,4
	2	28		85,7				24	1400	
	3	25	113	64,0	75,6	119,2	10,92	16	1400	
	4	35		68,5				24	1430	
C	1	25		64,0				16	2400	29,7
	2	24		58,3				14	2420	
	3	26	101	53,8	58,4	17,7	4,21	14	2418	
	4	26		57,6				15	2405	
D	1	25		36,0				9	4600	29,0
	2	25		28,0				7	4490	
	3	25	106	32,0	31,1	26,8	5,18	8	4510	
	4	17		23,9				4	4530	
	5	14		35,7				5	4500	
E	1	28		14,3				4	6000	28,6
	2	40		15,0				6	5960	
	3	25	139	12,0	13,6	16,7	4,17	3	6115	
	4	21		14,3				3	6030	
	5	25		16,0				4	6011	
	6	19		10,5				2	6045	
F	1	25		12,0				3	7700	28,2
	2	25		4,0				1	7900	
	3	25	100	8,0	7,3	20,9	4,57	2	8000	
	4	25		8,0				2	7620	

Die terminering van die lyn wat die verband tussen dosis en sterftetyd (vir 100% mortaliteit) voorstel, (figuur 33) is voorlopig grafies afgelei deur die % mortaliteit (na die verloop van die ge-ekstrapoleerde tydsduur vir 100% mortaliteit) teenoor die toetstemperatuur (dosis) uit te plaas om die dosis-mortaliteitskromme te gee (figuur 34). 'n LT_{50} -waarde van $29,6^{\circ}C$ is grafies uit figuur 34 afgelei. Ten einde die probietregressievergelyking te plaas, is die reeds vermelde bewerkings (Finney, 1962) gevolg. Tabel XXX vat die bewerkings saam.

$$\text{Die regressiekoëffisiënt } b = \frac{\sum xy}{\sum xx}$$

$$= 59,94 \pm 17,4$$

en die vergelyking van die probietregressielyn:

$$Y = 4,80 + 59,94 (x - 1,47)$$

$$\chi^2_{(4)} = \sum YY - \frac{\sum xy^2}{\sum xx}$$

$$= 6,87$$

Geen betekenisvolle heterogeniteit het voorgekom nie.

$$\underline{\text{Log } LD_{50} \text{ by } Y = 5:}$$

$$m = 1,4732$$

Variansie van m:

TABEL XXX

Plasing van die probietregressievergelyking vir die gegewens verkry deur toetsing van Eisenia rosea met behulp van die metode van onderdompeling

Groep nr.	λ Temp. °C	Getal wurms		Gemid. % mort.-		Log. λ (x)	Emp. probiet	Verwagte probiet y	nw (w= wegings= koëff.)	werkende probiet y	nwx	nwy
		(n)	dood (r)	(p ¹)	gekor. nat. mort. (p)							
A1 - 5	31,5	114	103	90,9	90,7	1,498	6,32	6,6	26,56	6,28	39,787	166,797
B1 - 4	30,4	113	85	73,0	72,5	1,483	5,60	5,6	61,36	5,59	90,997	343,002
C1 - 4	29,7	101	59	58,4	57,6	1,473	5,19	5,0	61,81	5,18	91,046	320,176
D1 - 5	29,0	106	32	31,1	29,7	1,462	4,47	4,5	57,70	4,45	84,357	256,765
E1 - 6	28,6	158	22	13,6	11,9	1,456	3,82	4,0	61,46	3,84	89,486	236,006
F1 - 4	28,2	100	8	8,0	6,2	1,450	3,46	3,6	24,10	3,46	34,945	83,386

$$\frac{1}{\Sigma nw} = 0,0034$$

$$\Sigma nwx^2 = \frac{632,9520}{632,8948}$$

$$\Sigma nwx y = \frac{2070,0785}{2066,6497}$$

$$\Sigma nwy^2 = \frac{6960,7609}{6748,3585}$$

$$\bar{x} = 1,4697$$

$$\Sigma xx = 0,0572$$

$$\Sigma xy = 3,4288$$

$$\Sigma yy = 212,4024$$

$$\bar{y} = 4,7992$$

$$b = 59,944$$

$$Y = 4,80 + 59,94 (x - 1,47)$$

$$\Sigma nw = 292,99$$

$$\Sigma nwx = 430,618$$

$$\chi^2_{(4)} = yy - \frac{\Sigma xy^2}{\Sigma xx} = 6,87$$

$$\Sigma nwy = 1406,132$$

$$V_m = \frac{1}{b^2} \left(\frac{1}{nw} + \frac{(m - \bar{x})^2}{nw (x - \bar{x})^2} \right)$$

$$= 0,000009$$

$$S.A._m = V_m$$

$$= 0,003$$

Die fidusiaalgrense van m word gegee deur:

$$m \pm t \times S.A._m$$

Vir 5% waarskynlikheid is

$$t = 1,96$$

sodat fidusiaalgrense

$$= 1,4732 \pm (1,96) (0,003)$$

$$= 1,4732 \pm 0,0059$$

Antilog van m = 29,7

Dit volg dus dat die boonste mediane letale temperatuur vir Eisenia rosea onder die huidige eksperimentele toestande as 29,7°C bereken is en dat hierdie waarde met 'n sekerheidsinterval van 95% tussen 29,3°C en 30,1°C geleë is.

4.4 Bespreking

Die eksperimentele ondersoek na die boonste perke van verdraagsaamheid van Microchaetus modestus en Eisenia rosea dui daarop dat die erdwurms aansienlik verskil ten opsigte van verdraagsaamheid by hoër

temperature. 'n Vergelyking van die huidige bevindinge met die van ander outeurs vereis 'n versigtige evaluering van die metodes wat in elke geval gebruik is. Die metode van Grant (1955b) waarvolgens 'n blootstellingstyd van 48 uur gebruik is, verskaf waarskynlik 'n duideliker beeld van die letale effekte van die verskillende temperatuurtoestande as die van Wolf (1938) en El-Duweini & Ghabbour (1965) waar onderskeidelik van 'n blootstellingstyd van 400 minute en 30 minute gebruik gemaak is. Selfs Grant (1955b) se blootstellingstyd is egter arbitrêr gekies terwyl die finale blootstellingstyd by die toetstemperature in die huidige ondersoek gebaseer is op die inherente weerstandsvermoë van die toetsgroep teen die letale dosis. In die geval van die ondersoek van El-Duweini & Ghabbour (1965) is geen gegewens bekend in verband met die voorafgaande akklimatiseringstemperatuur nie wat, soos reeds vermeld, 'n groot rol speel in die beïnvloeding van die letale temperatuur. So het Grant (1955b) byvoorbeeld bevind dat Pheretima hupeiensis 'n gemiddelde toename in hitteweerstand van $0,3^{\circ}\text{C}$ toon vir elke $1,0^{\circ}\text{C}$ wat die kondisioneringstemperatuur styg, binne perke van die limietwaarde vir termiese verdraagsaamheid. Dieselfde

verskynsel is in die huidige ondersoek aangetoon.

Hoar & Dorchester (1949) en Hoar & Cottle (1951) het, hoewel nie vir Oligochaeta nie, aangetoon dat die letale temperatuur beïnvloed kan word deur die aard van die dieet. Dit is gevolglik nodig dat monsters wat vir doeleindes van vergelyking gebruik word aan dieselfde standarde onderwerp moet word tydens die voorafgaande akklimatisasieperiode. 'n Belangrike verskil tussen die onderdompelingsmetode van ondersoek en die „droë” metode is geleë in die feit dat die diere in laasgenoemde geval steeds geleentheid gehad het om voedsel in te neem. Hierdie verskil behoort veral betekenisvol te wees by 'n vergelyking van die laevlakse temperatuurtoetse van die twee metodes aangesien die blootstellings tyd in hierdie gevalle baie lank was, wat die aan- of afwesigheid van voedsel voelbaar kan maak.

Die stabilisering van die letale temperatuur in 'n toetsgroep kan meebring dat 'n groot uniformiteit verkry word in die reaksie van die spesie as geheel.

Fry (1957) wys daarop dat vergelykings tussen geografiese groepe vereis dat onderskeid getref moet word tussen suiwer temperatuurletaliteit en „ge-

mengde" letaliteit aangesien die reaksie op laasgenoemde nie maklik deur korttermynaklimatisering gewysig mag word nie. Die outeur meen dat die rede daarvoor te vinde is in die waarskynlikheid dat die fisiologiese reguleringsstrukture gemodifiseer is deur omgewingsdruk tydens die vroeëre ontwikkeling van die organisme. By poikiloterme (ektototerme) diere, waar geen temperatuurregulering geskied nie, sal sterfte as gevolg van die bereiking van die letale temperatuur in die sel alleenlik deur interne sellulêre faktore beïnvloed word. Op grond hiervan kan gespekuleer word dat 'n gestabiliseerde weergawe van die genotiep verkry sal word indien die organisme lank genoeg aan 'n gestandaardiseerde omgewing onderwerp word sodat stabilisering op sellulêre vlak kan geskied. Die moontlikheid om letale temperatuur as taksonomiese hulpmiddels te begruik, berus hierop.

Hoewel hierdie aangeleentheid afsonderlik indringende ondersoek regverdig, kan volstaan word deur daarop te wys dat termiese dood en die omstandighede daarvan nog glad nie begryp word nie. Daar bestaan voldoende getuigenis dat die leeftyd van 'n dier verleng word by 'n temperatuurvlak wat

andersins hoë letaliteit tot gevolg het indien 'n verandering aan een of ander eienskap van die omgewing aangebring word.

Vanuit 'n ekologiese gesigpunt besien, het letale temperature as sodanig slegs beperkte waarde by die interpretasie van aspekte van die bevolkingsdinamiek byvoorbeeld as gevolg van seisoensveranderinge in temperatuur. Kennis van die oorlewingstyd by verskillende temperatuurvlakke, soos wat uit die ondersoek na letale temperature voortspruit (LD_{50} -waardes) is veel meer ter sake. Temperature van slegs hoër as die boonste mediane letale temperatuur van Microchaetus modestus (soos tydens die huidige ondersoek bepaal) is dikwels in die versamelgebied van die spesie gemeet (Reinecke & Ryke, 1972). Die LT_{50} -waarde van Microchaetus modestus van $28,6^{\circ}\text{C}$ wat 50% mortaliteit na ongeveer 2880 minute veroorsaak het (droë metode), word as gevolg van dag- en nagfluktuasies in temperatuur selde vir sulke lang ononderbroke tydperke in die natuur gehandhaaf. Dit geld in die besonder vir die boonste grondlae. Die bekende versamelgebiede van Microchaetus modestus ondervind ongeveer nege ure sonskyn per dag ge-

durende die somer. Temperature van $30,0^{\circ}\text{C}$ en hoër is reeds gemeet tydens erdwurmversamelings in lokaliteite waar Microchaetus modestus voorkom (Reinecke & Ryke, 1972). Hierdie letale temperatuur sal volgens die huidige bevindings 1800 tot 2000 minute neem om letale gevolge te hê wat binne 24 uur daarna 100% mortaliteit tot gevolg sal hê. Dit kan egter betwyfel word of hierdie maksimum grondtemperatuur van $20,0^{\circ}\text{C}$ gedurende die volle duur van die sonskynperiode gehandhaaf is. Uitgaande van 'n normale statistiese verspreiding in die verdraagsaamheidseienskappe van die bevolking, sal 'n klein persentasie van die erdwurmbevolking dus op die korttermyn hierdeur ge-affekteer word.

Eisenia rosea is ook al, soos uit die ekologiese ondersoeke blyk, by temperature gevind wat baie naby was aan die LT_{50} -waarde soos wat dit tydens die huidige ondersoek bepaal is (vergelyk tabel III B van die Bylaag). Temperature van 27 tot 28°C soos wat gedurende die somermaande in die lokaliteit van die spesie gemeet is, sal dus slegs 'n prominente rol speel met betrekking tot letaliteit indien die tydsduur daarvan sekere perke oorskry.

In die natuur sal die noue verband tussen grondvog en temperatuur ook 'n aansienlike rol speel om die oorlewingsmoontlikhede van die wurms by bepaalde hoë temperature te bepaal. Omdat hierdie faktore in samehang optree, moet letale temperature ook in 'n ekologiese sin gedefinieer word met in agneming van grondvog. Weens dag- en nagskommelings rondom 'n maksimum van byvoorbeeld $30,0^{\circ}\text{C}$ wat as letaal beskou mag word, sal die tyd tot 50% mortaliteit verskeie dae in beslag neem en in elk geval langer wees as die huidige eksperimentele oorlewings tyd. Hierdie tydsduur sal verder beïnvloed word deur voggehalte. Laasgenoemde beïnvloed, soos reeds inleidend vermeld, die veranderingskoers in omgewingstemperatuur. By 'n lae grondvoggehalte kan 'n korter ekologiese oorlewings tyd ten opsigte van temperatuur verwag word en omgekeerd. Wanneer die grondvog egter baie laag daal is dit uiteraard moeilik om te bepaal of die oorsaak van sterfte met temperatuur verband hou en of dit suiwer betrekking het op ander vogverbandhoudende invloede soos byvoorbeeld respirasieprobleme.

Die boonste mediane letale temperature van Eisenia

rosea en Microchaetus modestus het, soos tydens die huidige ondersoek bepaal, met $1,1^{\circ}\text{C}$ van mekaar verskil waaruit dit geblyk het dat Eisenia rosea moontlik hoër temperature as Microchaetus modestus sal kan weerstaan. Hierdie waarneming stem dus ooreen met die bevinding tydens die voorkeurondersoeke dat Eisenia rosea ook 'n hoër voorkeurtemperatuur as Microchaetus modestus het. Dit moet egter benadruk word dat die finale ondersoeke vir die daarstelling van die dosismortaliteitskrommes met behulp van verskillende metodes vir die verskillende spesies gedoen is. Hoewel konkrete gronde ter betwyfeling van die geldigheid van 'n direkte vergelyking tussen die twee metodes ontbreek, moet sodanige vergelyking met versigtigheid onderneem word vanweë die feit dat verskeie faktore waar onder voedselbeskikbaarheid, osmotiese druk, suurstof ensovoorts verskillende invloede tydens die twee ondersoeke kon uitge-oefen het.

Die LD_{50} -waardes van die twee spesies toon dat Eisenia rosea oor die algemeen vinniger as Microchaetus modestus nadelig beïnvloed is deur die letale temperature. Hierdie waardes

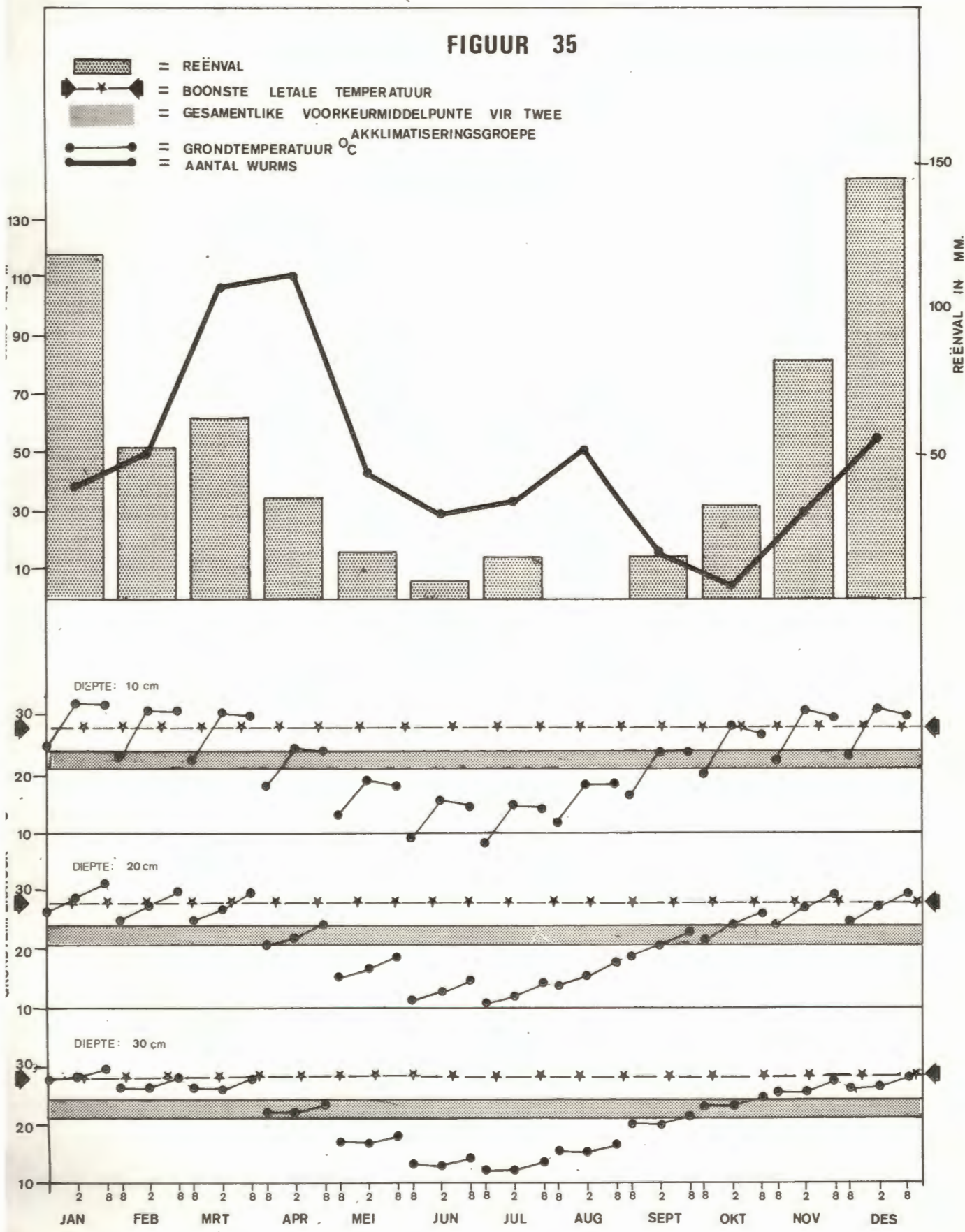
is in albei gevalle verkry deur gebruikmaking van die metode van onderdompeling en kan dus in dié opsig as vergelykbaar beskou word. Dit is opmerklik dat Eisenia rosea by ongeveer dieselfde letale temperature as Microchaetus modestus vinniger 50% mortaliteit bereik het, dit ten spyte daarvan dat 'n effens hoër LT_{50} -waarde tydens die huidige ondersoek vir die spesie bereken is.

5. DIE MOONTLIKE TOEPASSING VAN DIE VOORKEURMIDDELPUNT EN LT_{50} -WAARDES

Kennis van die voorkeurmiddelpunt ten opsigte van temperatuur en die boonste letale temperatuur van 'n spesie stel ons in staat om sekere afleidings te maak in verband met die onderhoudingsmoontlikhede (ten opsigte van temperatuur) van ander gebiede as die huidige verspreidingsgebied van die spesie.

Indien die gegewens in verband met die temperatuurvoorkeur en boonste letale temperatuur geprojekteer word op die temperatuursituasie in 'n bepaalde gebied, kan daar binne perke afgelei word in watter mate so 'n gebied voldoen aan die

PROJEKSIE VAN RESULTATE VAN LETALITEIT- EN VOORKEURSTUDIES
OP DIE TEMPERATUURSITUASIE IN SEKERE POTCHEFSTROOMSE
GRONDE EN 'N VERGELYKING MET DIE SEISOENALE
BEVOLKINGSKOMMELING VAN M. MODESTUS



temperatuurvereistes van die spesie. Figuur 35 verteenwoordig so 'n projeksie waar die gesamentlike voorkeurmiddelpunte vir twee ge-akklimateerde groepe van Microchaetus modestus ($20,0^{\circ}$ en $25,0^{\circ}\text{C}$) sowel as die LT_{50} -waarde (akklimatisering by $20,0^{\circ}\text{C}$) aangetoon word te same met die gemiddelde grondtemperatuurlesings vir die verskillende maande. Die temperatuurlesings verteenwoordig metings op verskillende tye van die dag naamlik om 8h00 uur, 15h00 en 20h00 by die Potchefstroomse Landbounavorsingsinstituut en Proefplaas. Die lesings vir drie verskillende dieptes naamlik 100 mm, 200 mm en 300 mm word in die figuur weergegee. In die besondere geval is dit lesings vir 1970 vergelyking daarvan met dié van 1968 en 1969 het getoon dat die algemene patroon dieselfde is.

Uit die onderste gedeelte van figuur 35 kan duidelik gesien word dat die fluktuasie van die grondtemperatuur oor die jaartydperk gewissel het vanaf hoër as die voorkeurmiddelpunt in die somer tot heelwat laer in die winter. Slegs gedurende April en September/Okttober het die eksperimenteel bepaalde voorkeurmiddelpunt saam met die gemiddelde grondtemperatuur geval.

Hoewel die voorkeurmiddelpunt nie as 'n fisiologies statiese punt beskou kan word nie, kan afgelei word dat die grondtemperatuur vir lang tye van die jaar buite die voorkeuromvang mag val. Dit geld veral vir die middelsomer en middelwinter.

Dit is egter interessant om daarop te let dat die oorvleuelingsvlak van grondtemperatuur en die gesamentlike voorkeurmiddelpunt (byvoorbeeld gedurende April) ook saamgeval het met 'n maksimumpiek in die bevolkingsdigtheid wat vir 'n nabygeleë lokaliteit verkry is. Hierdie piek word in die boonste gedeelte van figuur 35 aangetoon en het ook saamgeval met 'n relatief hoë reënvalsyfer soos deur die histogram aangetoon.

Die ander oorvleuelingsvlak van grondtemperatuur en die gesamentlike voorkeurmiddelpunt (naamlik gedurende September/Okttober) het met 'n lae bevolkingsdigtheid in die nabygeleë lokaliteit saamgeval. Hierdie verskynsel kan moontlik verklaar word deur die feit dat geen reën gedurende Augustus geval het nie en die reënvalsyfer vir September ook baie laag was.

Indien daar op die boonste letale temperatuur in

figuur 35 gelet word, blyk dit dat hierdie temperatuurvlak gedurende die somer op dieptes van 100 mm en 200 mm oorskry is wat dus ongunstige temperatuurtoestande vir die spesie daargestel het. Op 'n diepte van 300 mm is hierdie temperatuurvlak slegs gedurende Januarie oorskry. Dit kan dus afgelei word dat die betrokke gronde op 'n diepte van 300 mm gedurende die somer temperatuurtoestande gehandhaaf het wat grootliks binne die boonste verdraagsaamheidsgrens van die spesie sorteer. Indien aanvaar word, wat ook deur vele waarnemings bevestig is, dat die wurms vertikaal migreer ooreenkomstig 'n temperatuurgradiënt, kan dus, indien ander faktore vir die doel van die argument buite rekening gelaat word, tot die gevolgtrekking gekom word dat die betrokke gronde potensieël in staat is om Microchaetus modestus ten opsigte van die spesie se temperatuurvereistes te onderhou. Of die betrokke gronde werklik in staat is tot die onderhouding van die spesie sal natuurlik verder afhang van die mate waarin die wurms deur die grondstruktuur tot dieptemigrasie in staat gestel word. Voorts sal, wat geensins die doel van hierdie ondersoek

was nie, aandag gegee moet word aan voedselbeskikbaarheid, chemiese samestelling ensovoorts.

Waar grondtemperatuur wel die eksperimenteel bepaalde boonste mediane letale temperatuur oorskry soos byvoorbeeld op 'n diepte van 200 mm gedurende Januarie, Februarie, Maart, November en Desember kan hierdie temperatuurvlakke nie sonder meer as letaal beskou word nie. In die geval van bogenoemde maande is die boonste letale temperatuur slegs vir kort periodes van elke dag oorskry. Eksperimentele gegewens in verband met oorlewingsstyl by verskillende hoë temperature (LD_{50} -waardes van die huidige ondersoek) dui daarop dat slegs 'n klein persentasie van die bevolking ge-afekteer sal word indien die blootstellings tyd baie kort is. Die feit dat die eksperimenteel bepaalde boonste letale temperatuur dus wel vir kort tyd oorskry word op 'n diepte van byvoorbeeld 200 mm sluit dus nie uit dat hierdie diepte wel nog, hoewel in 'n minder mate, in staat is om die voortbestaan (ten opsigte van temperatuur) van die bevolking te handhaaf nie.

'n Verdere toepassing van kennis in verband met die voorkeurmiddelpunt en LT_{50} -waarde van 'n erdwurm

spesie is geleë in die moontlikheid om voorspellings te maak in verband met die dieptevoorkoms van die wurms gedurende verskillende tye van die jaar, uitgaande van 'n termiese maatstaf.

Wanneer temperature in die boonste grondlae ongunstig hoog word, beweeg die wurms normaalweg na dieper grondlae waar gunstiger toestande heers. Kennis van die langtermyn gemiddelde grondtemperatuur vir verskillende tye van die jaar en vir verskillende dieptes stel ons in staat om, indien die voorkeurmiddelpunt en veral die voorkeuromvang en verdraagsaamheidsomvang bekend is, binne sekere perke te voorspel op watter diepte die wurms gedurende verskillende tye van die jaar behoort te wees. Die akkuraatheid van die voorspelling sal, vanweë die feit dat erdwurms ook onder andere volgens 'n voggradiënt migreer, deur die vogsituasie beïnvloed word.

Die potensiële nuttigheidswaarde van grondbewonende diere soos erdwurms is 'n onderwerp wat nog steeds die aandag van navorsers in beslag neem. Of hierdie in die laboratorium bewese voordeligheid van erdwurms ook in die

natuur met sy wisselende klimaatsfaktore kan geld, sal afhang van die moontlikheid om erdwurmbevolkings van die vereiste digtheid in byvoorbeeld landbougronde te kan handhaaf. Die toepassingswaarde van bogenoemde voorspellings is onder andere daarin geleë dat, veral in landbougronde waar bewerkingspraktyke meebring dat die grondbolaag gedurende sekere tye van die jaar geskeur of geploeg word, die dieptevoorkoms van die wurms sal bepaal in watter mate die bevolking deur hierdie bewerkingspraktyke benadeel sal word; hetsy deur blootstelling aan oppervlaktoestande waar desikkasie plaasvind of waar die wurms deur voëls opgepik mag word of andersins deur direkte meganiese beskadiging.

Die beskerming van bestaande of ge-introduseerde bevolkings in landbougronde kan grootliks vermaklik word indien die dieptevoorkoms van die diere op enige tydstip met akkuraatheid voorspel kan word. Heelwat meer veldstudies is egter nodig om die waarde van sodanige voorspellings wetenskaplik te bevestig.

6. OPSOMMING

1. Die huidige ondersoek was daarop gemik om, afgesien van basiese kennis in verband met die morfologie en ekologie wat aanvanklik versamel is, die bestaansvereistes van Microchaetus modestus en Eisenia rosea ten opsigte van grondvog en temperatuur te bestudeer.
2. Veldondersoeke is gedurende 1967 - 1969 onderneem om die algemene ekologie van die twee spesies te ondersoek met die oog op latere eksperimentele werk.
3. 'n Morfologiese ondersoek van albei spesies is aanvanklik uitgevoer, breedvoeriger in die geval van die minder bekende Microchaetus modestus, ten einde latere onsekerheid oor die spesies wat vir die eksperimentele ondersoeke gebruik is uit die weg te ruim.
4. Microchaetus modestus vertoon aansienlike morfologiese variasie ten opsigte van sowel uitwendige as inwendige kenmerke.

5. / Uit 'n laboratoriumondersoek na die temperatuurvoorkeure van die twee spesies in hulle onderskeie habitatgrond blyk dit dat Eisenia rosea 'n temperatuur rondom $24,1 - 25,6^{\circ}\text{C}$ verkies onder hoë grondvogtoestande van 28 - 31% nadat die eksemplare by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ in die laboratorium ge-akklimatiseer is. Microchaetus modestus het 'n duidelike voorkeur vertoon vir 'n temperatuur rondom $21,4^{\circ}\text{C} - 22,6^{\circ}\text{C}$ by $\pm 25 - 27\%$ grondvog na soortgelyke voorafgaande akklimatisasie.
6. In die geval van beide spesies het 'n verandering in die akklimatisasietemperatuur 'n verandering in die voorkeurtemperatuur tot gevolg gehad. Na voorafgaande akklimatisasie by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ het Eisenia rosea 'n voorkeurtemperatuur rondom $24,8^{\circ}\text{C} - 26,0^{\circ}\text{C}$ wat 'n beduidende verhoging van $0,5^{\circ}\text{C}$ in die voorkeurmiddelpunt beteken. In die geval van Microchaetus modestus het 'n verhoging van 5°C in die akklimatisasietemperatuur vanaf 20°C tot 25°C 'n verhoging van $1,3^{\circ}\text{C}$ in die voorkeurmiddelpunt te weeg gebring.

7. By laer grondvogtoestande het beide spesies 'n laer temperatuur-orde verkies. Eksemplare van Eisenia rosea wat by 20°C ge-akklimatiseer is, het by 'n grondvoginhoud van 13 - 17% 'n voorkeurtemperatuur rondom 17,6°C tot 21,8°C vertoon. Eksemplare van Microchaetus modestus wat by 20°C ge-akklimatiseer is, het by 'n grondvoginhoud van 16,2 - 19,4% 'n voorkeurtemperatuur rondom 21,4°C vertoon. Hieruit kon afgelei word dat die keuse van 'n temperatuurtoestand nie onafhanklik van die vogfaktor geskied het nie maar in 'n groot mate daardeur beïnvloed is sodat 'n gangbare gemiddelde toestand in plaas van 'n optimumtoestand aanvaar word.
8. Die boonste mediane letale temperature van Microchaetus modestus en Eisenia rosea is ondersoek deur gebruikmaking van die konsep van biologiese evaluering („biological assay")
9. Die verband tussen tyd en mortaliteit is vir verskillende letale temperature statisties ontleed en as LD₅₀-waardes weergegee. Die

verband tussen temperatuur (dosis) en mortaliteit is bepaal terwyl die LT_{50} -waardes grafies afgelei is met behulp van die dosismortaliteitskromme en daarna matematies geverifieer is.

10. Sowel die metode van onderdompeling as die „droë" metode is gebruik in die ondersoek na die letale temperature. In die geval van Microchaetus modestus, waar langdurige onderdompeling letaliteit meebring, kan die onderdompelingsmetode nie as doeltreffend beskou word nie, hoewel hierdie ondoeltreffendheid slegs betrekking het op die laer-orde temperature.
11. Die boonste mediane letale temperatuur van Microchaetus modestus is op $28,6^{\circ}\text{C}$ vasgestel terwyl dit $29,7^{\circ}\text{C}$ was vir Eisenia rosea.
12. Die moontlike toepassingswaarde van voorkeurtemperature en LT_{50} -waardes soos geprojekteer op die temperatuursituasie in die bolaag van sekere Potchefstroomse gronde is kortliks bespreek. Die invloed van temperatuurgradiënte

op die vertikale migrasie van terrestriële
Oligochaeta is behandel in die lig van die
eksperimentele bevindinge.

7. BEDANKINGS

Die outeur wens hiermee sy dank te betuig teenoor die volgende persone en instansie wat bygedra het tot die daarstelling van hierdie proefskrif:

Prof. dr. P.A.J. Ryke (promotor)

Prof. dr. J.A. van Eeden (departe=mentshoof).

W.N.N.R. (finansiële ondersteuning).

Familie, kollegas en vriende.

8. LITERATUURVERWYSINGS

- BALZER, R. 1956 Earthworm fauna and soil type. 2. Pfl. Ernähr. Düng. 71 : 246-252.
- BLISS, C.I. 1935 The calculation of the dosage-mortality curve. Ann. Appl. Biol., 22 : 134-167.
- 1937 The calculation of the time-mortality curve. Ann. Appl. Biol. 24 : 815-852.
- BOUYOUCOS, G.J. 1915 Effect of temperature on some of the most important physical processes in soils. Mich. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull., 22, p 1-63.
- CHRISTIANSEN, K. 1964 Bionomics of Collembola. Ann. Rev. Ent., 9 : 147-178.
- DAUBENMIRE, R. 1957 Influence of temperature upon soil moisture constants and its possible ecological significance. Ecol., 38 : 320-324.
- DEAL, J. 1941 The temperature preferendum of insects. J. Animal Ecol. 10 : 323-356.
- DOUDOROFF, P. 1945 The resistance and acclimatization of marine fishes to temperature changes II. Experiments with Fundulus and Atherinops. Biol. Bull., 88 : 194.

- EDNEY, E.B. 1957 The water relations of terrestrial arthropods. *Cambr. Monogr. Exp. Biol.*, 5 : 1-109.
- EDWARDS, C.A. 1961 The ecology of Symphyliata. Pt. III. Factors controlling soil distributions. *Ent. Exp. and Appl.* 4 : 239-256.
- EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. 1970 The influence of temperature on numbers of invertebrates in soil, especially those affecting primary production. Paper, *Internat. Soil. Biol. Congr.*
- EL-DUWEINI, A.K. & GHABBOUR, S.I. 1965 Temperature relations of three Egyptian Oligochaete species. *Oikos*, 16 : 9-15.
- FINNEY, D.J. 1962 *Probit Analysis*. 2de druk. Cambridge Univ. Press.
- FRANZ, H. 1950 *Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege*. Berlin, Akad. Verl. 316 p.
- FRY, F.E.J. 1957 The lethal temperature as a tool in taxonomy. *Ann. Biol.* 33 (5-6) 205-219.
- GADDUM, J.H. 1933 Reports on biological standards. III. Methods of biological assay depending on a quantal response. *Med. Res.*

- Council Spec. Rept. Ser.,
183 : 1-46
- GATES, G.E. 1953 On the earthworms of the
Arnold Arboretum, Boston.
Bull. Mus. Comp. Zool.
107 : 10.
- _____ 1969 Contributions to a revision
of the earthworm family lumbrici-
cidae V. Eisenia zebra Mich.
1902 Proc. Biol. Soc. Washington,
82 : 453-460.
- GAVRILOV, K. 1960 La sexualidad y la reproducción
de los Oligoquetos. Acta Trab.
I Congr. Súdamer. Zool. 2 : 145-
155.
- GERARD, B.M. 1964 Synopses of the British Fauna,
No. 6. Lumbricidae (Annelida)
Linnean Society, London.
- GRAHAM, W.M. 1958 Temperature preference deter-
minations using Tribolium. An.
Behav. 6 : 231-237.
- GRANT, W.C. 1955a Studies on moisture relation-
ships in earthworms. Ecol., 36 :
400-407.
- _____ 1955b Temperature relationships in the
megascolecoid earthworm Pheretima
hupeiensis. Ecol. 36 : 412-417.

- GUILD, W.J. McL. 1955 Earthworms and soil structure. Soil Zoology (Proc. N Nottingham Sch. Agric. Sci.), 83-98.
- GUNN, D.L. 1934 Temperature and humidity relations of the cochroach. II Temperature preference Z. vergl. Physiol. 20 : 617-625.
- GUNHOLD, P. 1954 Vergleichende Bodenzoologische Untersuchungen an Wald-, Wiesen- und Ackerboden im pannonischen Klimagebiet. Zeitschr. F. Planzernährung, Düngung u. Bodenk., 66 (III) : 19-29.
- GURR, C.G. et al 1952 Moisture movement under temperature gradients. Soil Sc. Nov., 74.
- HOAR, W.S. 1966 General and comparative Physiology. Prentice-Hall. V.S.A.
- HOAR, W.S. & COTTLE, M.K. 1952 Dietary fat and temperature tolerance of goldfish. Can. J Zool., 30 : 41.
- HOAR, W.S. & DORCHESTER, J.E.L. 1949 The effect of dietary fat on the heat tolerance of goldfish (Carassius auratus) Can. J. Res. D., 27-85.
- HOSKINS, W.M. & CRAIG, R. 1962 Uses of bioassay in entomology. Ann. Rev. Ent., 7 : 437-464.

- NAGASAWA, S. 1959 Biological assay of insecticidal residues. Ann. Rev. Entomol. 4 : 319-342.
- OLSON, H.W. 1928 The earthworms of Ohio. Ohio Biol. Surv. Bull., 17 : 47-90.
- OMODEO, P. 1964 Contributo alla revisione dei Lumbricidae. Arch. Zool. Ital. 41 : 129-211.
- REICHLE, D.E. 1967 The temperature and humidity relations of some bog pselaphid beetles. Ecol. 48 (2) : 208-215.
- REINECKE, A.J. & LJUNGSTRÖM, P.-O. 1969 An ecological study of earthworms from the banks of the Mooi River in Potchefstroom, South Africa. Pedobiol., 9 : 106-111.
- REINECKE, A.J. & RYKE, P.A.J. 1970a On the casting activity of a South African endemic earthworm, Microchaetus modestus Wet. Bydraes. P.U. vir C.H.O. Reeks B, nr. 16.
- REINECKE, A.J. & RYKE, P.A.J. 1970b On the water relations of Microchaetus modestus (Microchaetidae, Oligochaeta). Wet. Bydraes. P.U. vir C.H.O., Potchefstroom, Reeks B., nr. 15.
- _____ 1972 'n Onderzoek na die ekologie van Microchaetus modestus (Oligo=

- chaeta), 'n endemiese Suid-Afrikaanse spesie. Wet. Bydraes. P.U. vir C.H.O. Potchefstroom. Reeks B, nr. 41.
- RICHARDS, L.A. & WEAVER, L.R. 1944 Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension. J. Agric. Res., 60 : 215-235.
- RYKE, P.A.J. 1963 Gronddierkunde. Sy bestek en ontplooiing. Tydskrif vir Natuurwetenskappe, Junie.
- SATCHELL, J.E. 1967 Lumbricidae. In Soil Biology. A. Burges & F. raw (red.) pp 259-322. Academic Press, London.
- SAVIGNY, J. 1826 Analyse d'un Mémoire sur les Lombrics par Cucier. Mem. Acad. Sci. Inst. France, 5 : 176-184.
- SHANTZ, H.L. 1927 Drought resistance and soil moisture. Ecol., 8 : 145- 157.
- SMITH, W.O. 1943 Thermal transfer of moisture in soils. Trans. Amer. Geophys. Union, 24 : 511 - 524.
- STÖCKLI, A. 1928 Studies on the influence

of earthworms on the soil conditions, Z. Pfl. Ernähr. Düng 45 : 41-53.

- SUN, Y.P. 1957 Bioassay of pesticide residues. Adv. Pest Control Res., 1 : 449-496.
- WALLWORK, J.A. 1960 Observations on the behaviour of some oribatid mites in the experimentally controlled temperature gradients Proc. Zool. Soc. Lond., 135 (4) : 619-629.
- WILLIAMS, C.B. & KIRKPATRICK, T.W. 1923 A multiple temperature incubator. Min. Agr. Eg. Tech. Bull. 38 : 22.
- WINTERKORN, H.F. 1953 Potentials in moisture migration. Proc. Build. Res. Conf., Ottawa, 1953.
- WOLF, A.V. 1938 Notes on the effect of heat in Lumbricus terrestris L. Ecol., 19 : 346 - 348.
- ZICSI, A. 1958 Freilandsuntersuchungen zur Kenntnis der Empfindlichkeit einiger Lumbriciden-Arten gegen Trockenperioden. Acta. Zool. Hung., 3 : 369-383.

TABEL I B

Gegewens verkry tydens veldstudies gedurende 1968/69 waarop figuur 9 in die teks gebaseer is (Uit Reinecke & Ryke, 1972). Reënvalsyfers word nie weergegee nie.

Datum van opname	Nommer van opname	<u>M. modestus</u> Getal wurms per m ²	Grond= vog (%)	Grond= temp. (°C)
4/4/68	1	45	14,0	20,6
23/4/68	2	46	20,9	10,0
7/5/68	3	32	18,0	13,9
21/5/68	4	18	17,9	12,6
4/6/68	5	10	18,4	12,1
18/6/68	6	9	16,8	8,0
2/7/68	7	9	13,3	10,5
16/7/68	8	1	16,5	14,0
30/7/68	9	8	15,7	11,4
13/8/68	10	3	13,2	14,4
27/3/68	11	-	10,0	18,8
10/9/68	12	-	10,3	19,1
8/10/68	13	-	9,5	21,3
23/10/68	14	-	9,7	26,0
5/11/68	15	30	14,4	24,0
19/11/68	16	51	19,0	24,0
3/12/68	17	27	16,5	26,6
17/12/68	18	34	8,7	25,5
31/12/68	19	4	11,4	28,3
14/1/69	20	29	10,7	30,0
28/1/69	21	8	11,2	30,0
11/2/69	22	12	12,7	29,1
25/2/69	23	27	15,6	24,5
11/3/69	24	68	16,5	23,3
25/3/69	25	58	13,1	19,0
8/4/69	26	60	14,6	17,3

TABEL II B

Die resultate waarop figure 10 en 11 in die teks gebaseer is. Die gietselproduksie in gram per m² op twee persele langs die Vaalrivier tesame met die grondvogtigheid en temperatuur (°C) vir die tydperk 3 Desember 1968 tot 20 Mei 1969 (Uit: Reinecke & Ryke, 1970a)

Datum van opname	Perseel B ₁ Vog (%) temp. (°C).	massa (g.)	Perseel B ₂ Vog (%) temp. (°C)	massa (g.)
3/12/68	$\frac{16,9}{26,8}$	45,6	$\frac{16,3}{26,5}$	58,3
17/12/68	$\frac{9,1}{26,1}$	183,4	$\frac{9,1}{26,0}$	211,4
31/12/68	$\frac{10,8}{28,1}$	0	$\frac{10,5}{28,8}$	3,6
14/1/69	$\frac{10,5}{31,0}$	0	$\frac{10,3}{31,4}$	0
28/1/69	$\frac{11,5}{30,4}$	0	$\frac{10,9}{30,8}$	0
11/2/69	$\frac{13,1}{29,9}$	0	$\frac{11,8}{30,0}$	0
25/2/69	$\frac{15,3}{23,8}$	0	$\frac{15,2}{23,3}$	0
11/3/69	$\frac{16,8}{22,7}$	276,9	$\frac{17,2}{22,7}$	332,9
25/3/69	$\frac{14,1}{20,4}$	710,1	$\frac{16,1}{21,0}$	725,7
8/4/69	$\frac{14,7}{17,8}$	204,4	$\frac{15,4}{17,8}$	298,3
22/4/69	$\frac{16,8}{18,0}$	336,3	$\frac{18,0}{18,3}$	365,3
6/5/69	$\frac{16,1}{18,5}$	395,4	$\frac{16,4}{18,5}$	378,4
20/5/69	$\frac{17,7}{15,1}$	311,3	$\frac{16,8}{15,4}$	288,3

TABEL III B

Gegewens waarop figuur 13 in die teks
gebaseer is (Reinecke & Ljungström,
ongepubliseerde gegewens)

Datum van opname (1967)	Nommer van op= name	E. rosea getal wurms per 0,25 m ²	Reënval in mm.	Grond= temp. °C
Februarie	1	72	80,0	26,0
Maart	2	140	107,1	24,6
April	3	239	101,7	18,1
Mei	4	275	34,9	16,9
Junie	5	242	0	10,7
Julie	6	47	0,3	11,1
Augustus	7	119	7,5	15,3
September	8	18	3,0	21,4
Oktober	9	139	77,2	26,0
November	10	145	80,2	27,2

TABEL IV B

Die persentasiesamestelling van die twee grondtipes wat in die gradiënttroeg gebruik is tydens die ondersoek na die temperatuurvoorkeure, soos blyk uit fisiese ontleding *

Grond (reeksnommer)	A1	A2
Grondkleur	rooi	vaal
Spesie getoets	<u>E. rosea</u>	<u>M. modestus</u>
Lokaliteit	Tuingrond, Potchefstroom	Walle van Vaalrivier Parys
Slik	13,65	8,77
Klei	14,53	10,32
Groewe sand	16,10	0,44
Medium sand	17,96	9,57
Fyn sand	37,77	70,90

* Analise goedgunstiglik gedoen deur vakkundiges van die Potchefstroomse Landbounavorsingsinstituut en Proefplaas.

TABEL V B

Die statistiese bewerking van gegewens uit die ondersoek na die temperatuur= voorkeure van Eisenia rosea na akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Hoë voginhoud). f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie.

Klasinterval	f^1	x	fx	x^2	fx^2	dood (+)	$(f^1 - +):$ = f
9,0 - 10,9	10	-16	-96	256	1536	4	6
11,0 - 12,9	8	-14	-84	196	1176	2	6
13,0 - 14,9	2	-12	-24	144	288	0	2
15,0 - 16,9	4	-10	-40	100	400	0	4
17,0 - 18,9	13	-8	-88	64	704	2	11
19,0 - 20,9	7	-6	-42	36	252	0	7
21,0 - 22,9	29	-4	-116	16	464	0	29
23,0 - 24,9	2	-2	-4	4	8	0	2
25,0 - 26,9	72	0	0	0	0	0	72
27,0 - 28,9	24	+2	+48	4	96	0	24
29,0 - 30,9	37	+4	+124	16	496	6	31
31,0 - 32,9	8	+6	+48	36	288	0	8
33,0 - 34,9	11	+8	+48	64	384	5	6
T O T A A L:			227	-226	6092	19	208 = N

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{-226}{208} = 1,086 \quad SS = 6092 - 245,55 = 5846,45$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{51076}{208} = 245,55 \quad S^2 = \frac{5846,45}{207} = 28,24$$

$$\bar{x} = -1,086 + 25,95 \quad S\bar{x}^2 = \frac{28,24}{208} = 0,135$$

$$\bar{x} = 24,86 \quad S\bar{x} = \sqrt{0,135} = 0,367$$

Vir 95% sekerheidsinterval: $p = 0,05$ en $t = 1,96$

Dus $\mu = 24,86 \pm (1,96) (0,37)$

$$= 24,36 \pm (0,73)$$

Die voorkeurmiddelpunt lê dus vanaf 24,13 tot $25,59^{\circ}\text{C}$ na akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks 28,0 - 31,4%

Variansiekoëffisiënt: $S^2 = 28,24$
 $S = 5,3$

$$V.K. = \frac{100 \times S}{\bar{x}} = \frac{530,0}{24,86} = 21,3\%$$

TABEL VI B

Die statistiese bewerking van gegewens uit die ondersoek na die temperatuur= voorkeure van Eisenia rosea ná akklimatisering by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. (Hoë voginhoud). f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie.

Klasinterval	f^1	x	fx	x^2	fx^2	dood (+)	$(f^1 - f) = f$
9,0 - 10,9	7	-16	-64	256	1024	3	4
11,0 - 12,9	4	-14	-42	196	588	1	3
13,0 - 14,9	1	-12	-12	144	144	0	1
15,0 - 16,9	3	-10	-30	100	300	0	3
17,0 - 18,9	8	-8	-64	64	512	0	8
19,0 - 20,9	12	-6	-72	36	432	0	12
21,0 - 22,9	22	-4	-88	16	352	0	22
23,0 - 24,9	11	-2	-22	4	44	0	11
25,0 - 26,9	67	0	0	0	0	1	66
27,0 - 28,9	34	+2	+68	4	136	0	34
29,0 - 30,9	37	+4	+140	16	560	2	35
31,0 - 32,9	9	+6	+54	36	324	0	9
33,0 - 34,9	12	+8	+48	64	384	6	6
T O T A A L	228		$T = -84$		4800	13	$N = 215$

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{-84}{215} = -0,39 \quad SS = 4800 - 32,81 = 4767,19$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{7056}{215} = 32,81 \quad S^2 = \frac{4767,19}{214} = 22,27$$

$$\bar{x} = -0,56 + 25,95 \quad S_{\bar{x}}^2 = \frac{22,3}{215} = 0,10$$

$$= 25,39 \quad S_{\bar{x}} = \sqrt{0,19} = 0,32$$

Vir 95% sekerheidsinterval: $P = 0,05$ en $t = 1,96$

$$\text{Dus: } \mu = 25,39 \pm (1,96) (0,32) \\ = 25,39 \pm (0,63)$$

Voorkeurmiddelpunt lê dus tussen $24,76^{\circ}\text{C}$ en $26,02^{\circ}\text{C}$ na akklimatisering by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks 28,3 - 31,9%

$$\text{Variansiekoëffisiënt: } S^2 = 22,3 \\ S = 4,72$$

$$\text{V.K.} = \frac{100 \times 4,72}{25,39}$$

$$= 18,5\%$$

TABEL VII B

Die statistiese verwerking van gegewens uit die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Eisenia rosea by 'n lae grondvogtoestand. Akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie.

Klasinterval	f^1	x	fx	x^2	fx^2	dood (+)	$(f^1 - +) = f$
9,0 - 10,0	0	-12	0	144	0	0	0
11,0 - 12,9	16	-10	-160	100	1600	0	16
13,0 - 14,9	5	-8	-32	64	256	1	4
15,0 - 16,9	0	-6	0	36	0	0	0
17,0 - 18,9	28	-4	-112	16	448	0	28
19,0 - 20,9	16	-2	-32	4	64	0	16
21,0 - 22,9	42	0	0	0	0	0	42
23,0 - 24,9	19	+2	+38	4	76	0	19
25,0 - 26,9	3	+4	+8	16	32	1	2
27,0 - 28,9	2	+6	+6	36	36	1	1
29,0 - 30,9	0	+8	0	64	0	0	0
31,0 - 32,9	0	+10	0	100	0	0	0
T O T A A L	131		T=-284		2512	3	N=128

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{-284}{128} = -2,21$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{79520}{128} = 621,2$$

$$\bar{x} = -2,21 + 21,95$$

$$= 19,74$$

$$SS = 2521 - 621,2 = 1899,8$$

$$S^2 = \frac{1899,8}{127} = 14,96$$

$$S_x^2 = \frac{150}{128} = 1,17$$

$$S_x = \sqrt{1,17} = 1,08$$

Vir 95% sekerheidsinterval: $P = 0,05$ en $t = 1,96$

$$\text{Dus: } \mu = 19,74 \pm (1,96) (1,08) \\ = 19,74 \pm (2,12)$$

Voorkeurmiddelpunt dus tussen $17,62^{\circ}\text{C}$ en $21,86^{\circ}\text{C}$ na akklimatisering by $20,0^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks 13 - 17%

$$\text{V.K.: } S^2 = 14,96 \\ S = 3,87$$

$$\text{V.K.} = \frac{100 \times 3,87}{19,74}$$

$$= 19,6\%$$

TABEL VIII-B

Die statistiese verwerking van gegevens uit die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus ná akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$:
 f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie.

Klasinterval	f^1	x	fx	x^2	fx^2	dood (+)	$(f^1 - +)$ = f
9,0 - 10,9	9	-12	-60	144	720	4	5
11,0 - 12,9	3	-10	-10	100	100	2	1
13,0 - 14,9	0	-8	0	64	0	0	0
15,0 - 16,9	15	-6	-84	36	504	1	14
17,0 - 18,9	34	-4	-128	16	512	2	32
19,0 - 20,9	23	-2	-46	4	92	0	23
21,0 - 22,9	42	0	0	0	0	1	41
23,0 - 24,9	41	+2	+78	4	156	2	39
25,0 - 26,9	37	+4	+148	16	592	0	37
27,0 - 28,9	9	+6	+48	36	288	1	8
29,0 - 30,9	11	+8	+64	64	512	3	8
31,0 - 32,9	1	+10	0	100	0	1	0
33,0 - 34,9	0	+12	0	144	0	0	0
T O T A A L	225		T=10		3476	17	N=208

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{10}{208} = 0,05$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{100}{208} = 0,5$$

$$\bar{x} = 0,05 + 21,95$$

$$= 22,0$$

$$SS = 3476 - 0,5 = 3475,5$$

$$S^2 = \frac{3475,5}{207} = 16,8$$

$$S_x^2 = \frac{16,8}{208} = 0,08$$

$$S_x = \sqrt{0,08} = 0,3$$

Vir 95% sekerheidsinterval: $p = 0,05$; $t = 1,96$
 $\mu = 22,0 \pm (1,96) (0,3)$
 $= 22,0 \pm (0,59)$

Voorkeurmiddelpunt dus tussen $21,41^{\circ}\text{C}$ en $22,59^{\circ}\text{C}$ na akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks $24,4\%$ en $27,4\%$

Variansiekoëffisiënt: $S^2 = 16,8$
 $S = 4,1$

$$V.K. = \frac{100 \times 4,1}{22,0}$$

$$= 18,6\%$$

TABEL IX B

Die statistiese verwerking van gegewens uit die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus na akklimatisering by $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie.

Klasinterval	f^1	x	x^2	fx	fx^2	dood ($f^1 - +$) (+)	$=f$
9,0 - 10,9	9	-14	196	-84	1176	3	6
11,0 - 12,9	0	-12	144	0	0	0	0
13,0 - 14,9	4	-10	100	-40	400	0	4
15,0 - 16,9	20	-8	64	-152	1216	1	19
17,0 - 18,9	9	-6	36	-54	324	0	9
19,0 - 20,9	29	-4	16	-116	464	0	29
21,0 - 22,9	23	-2	4	-46	92	0	23
23,0 - 24,9	40	0	0	0	0	2	38
25,0 - 26,9	39	+2	4	+76	152	1	38
27,0 - 28,9	27	+4	16	+108	432	0	27
29,0 - 30,9	17	+6	36	+102	612	0	17
31,0 - 32,9	8	+8	64	+64	256	4	4
33,0 - 34,9	0	+10	100	0	0	0	0
T O T A A L	255			T=-142	5124	11	N=214

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{-142}{214} = -0,66$$

$$SS = 5124 - 94,22 = 5029,78$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{20164}{214} = 94,22$$

$$S^2 = \frac{5029,8}{213} = 23,6$$

$$\bar{x} = -0,66 + 23,95$$

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{23,6}{214} = 0,11$$

$$= 23,29$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{0,11} = 0,34$$

Vir 95% sekerheidsinterval : $p = 0,05$; $t = 1,96$

$$\mu = 23,29 \pm (1,96) (0,34)$$

$$= 23,29 \pm (0,67)$$

Voorkeurmiddelpunt dus tussen $22,62^{\circ}\text{C}$ en $23,96$ na akklimatisering by $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks $24,3\%$ tot $27,3\%$.

$$\text{Variansiekoëffisiënt: } S^2 = 23,6$$

$$S = \sqrt{23,6} = 4,8$$

$$\text{V.K.} = \frac{100 \times 4,8}{23,3}$$

$$= 21,1\%$$

TABEL X B

Die statistiese verwerking van gegewens uit uit die ondersoek na die temperatuurvoorkeure van Microchaetus modestus by lae grondvoginhoude van 16,2 tot 19,4% nā voorafgaande akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
 f^1 = eksperimentele frekwensie en f = ware frekwensie

Klasinterval	f^1	x	x^2	fx	fx^2	dood (+)	$(f^1 - +) = f$
9,0 - 10,9	0	-10	100	0	0	0	0
11,0 - 12,9	6	-8	64	-48	384	0	6
13,0 - 14,9	0	-6	36	0	0	0	0
15,0 - 16,9	17	-4	16	-68	272	0	17
17,0 - 18,9	10	-2	4	-20	40	0	10
19,0 - 20,9	44	0	0	0	0	0	44
21,0 - 22,9	39	+2	4	78	156	0	39
23,0 - 24,9	16	+4	16	64	256	0	16
25,0 - 26,9	23	+6	36	138	828	0	23
27,0 - 28,9	15	+8	64	104	832	2	13
29,0 - 30,9	5	+10	100	0	0	5	0
31,0 - 32,9	3	+12	144	0	0	3	0
T O T A A L	178			248	2768	10	N=168

$$\frac{\sum fx}{N} = \frac{248}{168} = 1,47$$

$$\frac{(\sum fx)^2}{N} = \frac{61504}{168} = 365,71$$

$$\bar{x} = 1,47 + 19,95$$

$$= 21,42$$

$$SS = 2768 - 365,7 = 2402,3$$

$$S^2 = \frac{2402,3}{167} = 14,38$$

$$S_x^2 = \frac{14,4}{168} = 0,08$$

$$S_x = \sqrt{0,08} = 0,28$$

Vir 95% sekerheidsinterval: $p = 0,05$ en $t = 1,96$

$$\text{Dus: } \mu = 21,42 \pm (1,96) (0,28) \\ = 21,42 \pm 0,55$$

Die voorkeurmiddelpunt lê dus tussen $20,87$ en $21,97^{\circ}\text{C}$ na akklimatisering by $20,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en binne die vogreeks 16,2 - 19,4%.

Variansiekoëffisiënt: $S^2 = 14,4$
 $S = 3,8$

$$\text{V.K.} = \frac{100 \times 3,8}{21,42} \\ = 17,7\%$$

TABEL XI B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XIV in die teks gebaseer is. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan $34,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ vir verskillende tye

Groep	Getal wurms	Bloot=stellings=tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	25	10	16,0	4
1b	25	10	24,0	6
2a	32	20	53,1	17
2b	17	20	58,8	10
2c	29	20	51,7	15
3a	42	25	66,6	28
3b	37	25	72,9	27
4a	50	30	68,0	34
4b	43	30	74,4	32
5a	57	35	77,1	44
6a	39	60	100,0	39
6b	20	60	95,0	19

TABEL XIII B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XV in die teks gebaseer is. Bloot= stelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan $34,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	25	20	36,0	9
1b	25	20	52,0	13
2a	45	60	84,4	38
2b	37	60	81,0	30
2c	26	60	76,9	20
3a	48	70	85,4	41
3b	34	70	82,3	28
3c	42	70	83,3	35
4a	46	90	93,5	43
4b	46	90	86,9	40
5a	24	140	95,8	23
5b	53	135	98,1	52
5c	48	145	97,4	47
6a	20	145	100,0	20

TABEL XIV B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XVI in die teks gebaseer is. Bloot= stelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan $32,4 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	50	60	10,0	5
2a	50	90	38,0	19
2b	50	90	34,0	17
3a	42	120	59,5	25
3b	30	120	63,3	19
3c	18	120	61,1	12
4a	27	180	81,5	22
4b	39	180	84,6	33
4c	25	180	88,0	22
5a	50	335	100,0	50
5b	55	310	96,0	53
6a	20	330	100,0	20

TABEL XV B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XVII in die teks gebaseer is. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan $31,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	49	240	10,2	5
2a	50	300	36,0	18
2b	50	300	34,0	17
3a	48	335	37,5	18
3b	37	330	37,8	14
3c	19	335	21,0	4
4a	50	420	64,0	32
4b	38	425	60,0	23
4c	20	410	60,0	12
5a	38	600	76,3	29
5b	35	600	74,2	26
6a	50	790	86,0	43
6b	50	790	78,0	39
7a	46	860	97,8	45
7b	50	840	94,0	47
8a	20	860	100,0	20

TABEL XVI B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XVIII in die teks gebaseer is. Blootstelling (deur onderdompeling) van Microchaetus modestus aan $29,1 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tys (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	45	700	15,5	7
1b	35	700	20,0	7
2a	40	920	40,0	16
2b	33	900	15,1	5
3a	50	1040	28,0	14
3b	41	1045	36,5	15
3c	37	1050	32,4	12
4a	32	1300	37,5	12
4b	48	1300	35,4	17
4c	17	1300	35,3	6
5a	60	2020	45,0	27
5b	80	2000	47,5	38
6a	33	2500	72,7	24
6b	40	2500	60,0	24
7a	50	2835	84,0	42
7b	54	2870	92,6	50
7c	33	2860	78,7	26
8a	48	3500	100,0	48
9a	10	3400	90,0	9

TABEL XVII B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XXIV in die teks gebaseer is. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan $34,3 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	49	7	46,9	23
2a	32	10	68,7	22
2b	66	10	84,8	56
3a	21	30	85,7	18
3b	35	30	85,7	30
4a	23	60	86,9	20
4b	25	60	96,0	24
5a	43	80	100,0	43

TABEL XVIII B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XXV in die teks gebaseer is. Bloot= stelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan $33,9 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	65	5	20,0	13
2a	22	10	27,2	6
2b	38	10	18,4	7
2c	49	10	51,0	25
3a	16	15	62,5	10
3b	26	15	57,6	15
4a	17	20	58,8	10
4b	22	30	72,7	16
5a	44	70	93,1	41
5b	24	70	87,5	21
6a	12	180	100,0	12
6b	45	180	100,0	45

TABEL XIX B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XXVI in die teks gebaseer is. Bloot=
stelling (deur onderdompeling) van
Eisenia rosea aan $32,9 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	17	10	11,7	2
1b	48	10	6,2	3
2a	35	20	28,5	10
3a	29	25	37,9	11
3b	50	25	44,0	22
4a	20	35	65,0	13
4b	43	35	67,4	29
4c	44	35	54,5	24
5a	52	50	67,3	35
5b	44	50	54,5	24
6a	19	65	89,4	17
6b	65	60	84,6	55
7a	54	135	96,2	52
7b	34	120	85,3	29
7c	14	145	92,8	13
8a	61	215	96,7	59
8b	17	215	100,0	17

TABEL XX B

Eksperimentele gegewens waarop tabel XXVII in die teks gebaseer is. Blootstelling (deur onderdompeling) van Eisenia rosea aan $32,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Groep	Getal wurms	Blootstellings= tyd (min.)	Mortaliteit na 24 uur by 20°C	
			%	getal
1a	37	20	8,1	3
2a	43	40	20,1	9
3a	35	80	60,0	21
4a	31	150	83,8	26
4b	52	150	65,3	34
5a	22	190	72,7	16
5b	24	185	79,1	19
6a	43	250	86,1	37
7a	31	410	93,5	29
7b	22	440	100,0	22
8a	20	500	100,0	20