

6140 174 90

U.O.V.S. BIBLIOTEK

HIERDIE EKSEMPLAAR MAG ONDER
GEEN OMSTANDIGHED E UIT DIE
BIBLIOTEK VERWYDER WORD NIE

University Free State



34300000968341

Universiteit Vrystaat

**Aspekte van die bio-ekologie
van *Aedes aegypti*
(Diptera: Culicidae)**

Deodanda Brown

Universiteit van die
Oranje-Vrystaat
BLOEMFONTEIN

29 APR 2002

UOVS SASOL BIBLIOTEEK

Aspekte Van Die Bio-Ekologie Van *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)

deur
Deodanda Brown



Voorgelê ter vervulling van die vereistes vir die graad

MAGISTER SCIENTIAE

in die
Departement Dierkunde en Entomologie
Afdeling Entomologie
Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe
Universiteit van die Vrystaat
Bloemfontein

Studieleier: Prof. T.C. de K. van der Linde

Julie 2001

 opgedra aan my Ouers.

Dankbetuiging

Dank aan my Skepper vir krag, gesondheid en wysheid om hierdie projek te kon voltooi.

Die skrywer wens hiermee opregte dank en waardering uit te spreek teenoor die volgende persone en instansies:

Prof. Van der Linde vir voortdurende leiding, advies en gewaardeerde belangstelling tydens die verloop van die studie.

Johan van Niekerk vir onbaatsugtige hulp en leiding met die statistiese verwerking van die data.

Mnr. Maitland Seaman vir gewaardeerde belangstelling en advies met die uitleg van die tesis.

Alle lede van die Departement Dierkunde en Entomologie vir hulp en belangstelling.

Die Mediese Navorsingsraad vir finansiële steun tydens die projek.

Die Universiteit van die Vrystaat vir die beskikbaarstelling van fasiliteite.

My ouers en familie vir hulle voortdurende belangstelling en ondersteuning tydens die studie.

Kobus Kolver vir sy bystand, hulp en verdraagsaamheid tydens die duur van die studie.

"When the moon shall have faded out from the sky, and the sun shall shine at noonday a dull cherry-red and the seas shall be frozen over, and the icecap shall have crept downward to the equator from either pole, and no keels shall cut the waters, nor wheels turn in mills, when all cities shall have long been dead and crumbled into dust, and all life shall be on the very last verge of extinction on this globe; then, on a bit of lichen, growing on the bald rocks beside the eternal snows of Panama, shall be seated a tiny insect, preening its antennae in the glow of the worn-out sun, representing the sole survival of animal life on this earth - a melancholy bug."

- W.J. Holland in *Insect Magic* (1978).

Inhoudsopgawe

Bladsy

| | | |
|-------------------|---|-----|
| UITTREKSEL | | i |
| ABSTRACT | | iii |
| HOOFSTUK 1 | Algemene Inleiding | 1 |
| | Literatuurverwysings | 7 |
| HOOFSTUK 2 | Die voorkoms en verspreiding van muskietspesies in die Bloemfontein-stedelike omgewing. | 10 |
| 2.1 | Inleiding | 11 |
| 2.2 | Materiaal en Metodes | 11 |
| 2.2.1 | Studiegebied | 11 |
| 2.2.1.1 | Dam van Trane | 12 |
| 2.2.1.2 | Vallei van Sewe Damme | 12 |
| 2.2.1.3 | Poniekklubdam | 15 |
| 2.2.1.4 | Weerkundige data | 16 |
| 2.2.1.5 | Versameling van volwasse muskiete | 17 |
| 2.2.1.6 | Versameling van onvolwasse stadia | 18 |
| 2.3 | Resultate en Bespreking | 20 |
| 2.3.1 | Muskiete as volwassenes versamel | 20 |
| 2.3.1.1 | Vergelyking tussen die aantal mannetjies en wyfies versamel. | 20 |
| 2.3.1.2 | Spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid | 21 |
| 2.3.1.2.1 | <i>Culex</i> spesies | 25 |
| 2.3.1.2.2 | <i>Aedes</i> spesies | 29 |
| 2.3.1.2.3 | <i>Culiseta</i> spesies | 35 |
| 2.3.1.2.4 | <i>Anopheles</i> spesies | 36 |
| 2.3.2 | Onvolwasse muskiete versamel | 37 |
| 2.3.2.1 | Fluktuasies in getalle versamel | 37 |
| 2.3.2.2 | Spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid | 39 |
| 2.3.2.2.1 | <i>Culex</i> spesies | 40 |
| 2.3.2.2.2 | <i>Anopheles</i> spesies | 43 |
| 2.3 | Gevolgtrekking | 44 |
| 2.4 | Literatuurverwysings | 45 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| HOOFSTUK 3 | Die kolonisering van <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) in die laboratorium. | 51 |
| 3.1 | Inleiding | 52 |
| 3.2 | Materiaal en Metodes | 52 |
| 3.3 | Algemene waarneming en bespreking | 56 |
| 3.4 | Samevatting | 62 |
| 3.5 | Literatuurverwysings | 64 |
| | | |
| HOOFSTUK 4 | Die invloed van rietsuiker versus vrugtesuiker op die bloedvoeding, eierlegging en oorlewing van die wyfies. | 68 |
| 4.1 | Inleiding | 69 |
| 4.2 | Materiaal en Metodes | 70 |
| 4.3 | Resultate en Bespreking | 72 |
| 4.3.1 | Voeding en voedingsukses op vrugte | 72 |
| 4.3.2 | Bloedmaal inname en oorlewing | 74 |
| 4.3.3 | Suksesvolle eierlegging | 75 |
| 4.3.4 | Aantal eiers en uitbroeisukses | 78 |
| 4.4 | Gevolgtrekking | 80 |
| 4.5 | Literatuurverwysings | 81 |
| | | |
| HOOFSTUK 5 | Die invloed van koolhidraat op die bloedvoeding, eierlegging en oorlewing van die wyfies. | 84 |
| 5.1 | Inleiding | 85 |
| 5.2 | Materiaal en Metodes | 85 |
| 5.3 | Resultate en Bespreking | 88 |
| 5.3.1 | Die persentasie bloedgevoede wyfies | 88 |
| 5.3.2 | Die aantal eiers gelê | 90 |
| 5.3.3 | Die aantal eiers per wyfie | 93 |
| 5.3.4 | Oorlewing van die wyfies | 95 |
| 5.4 | Gevolgtrekking | 98 |
| 5.5 | Literatuurverwysings | 99 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| HOOFSTUK 6 | Die invloed van verskillende NaCl-konsentrasies op die ontwikkeling en oorlewing van die onvolwasse stadia. | 104 |
| 6.1 | Inleiding | 105 |
| 6.2 | Materiaal en Metodes | 106 |
| 6.3 | Resultate en Bespreking | 108 |
| 6.3.1 | Onvolwasse stadia | 108 |
| 6.3.1.1 | Ontwikkeling en oorlewing | 108 |
| 6.3.1.2 | Kopkapsulebreedtes | 116 |
| 6.3.1.3 | Anale papille | 118 |
| 6.3.2 | Volwasse stadia | 121 |
| 6.3.2.1 | Vierklengte | 121 |
| 6.3.2.2 | Droëmassa | 123 |
| 6.4 | Gevolgtrekking | 128 |
| 6.5 | Literatuurverwysings | 130 |
| | | |
| HOOFSTUK 7 | Die invloed van verskillende konstante temperature op die ontwikkeling en oorlewing van die onvolwasse stadia. | 135 |
| 7.1 | Inleiding | 136 |
| 7.2 | Materiaal en Metodes | 137 |
| 7.3 | Resultate en Bespreking | 138 |
| 7.3.1 | Onvolwasse stadia | 138 |
| 7.3.1.1 | Ontwikkelingstyd | 138 |
| 7.3.1.2 | Persentasie oorlewing | 145 |
| 7.3.1.3 | Ontwikkelingstempo | 148 |
| 7.3.1.4 | Kopkapsulebreedtes | 150 |
| 7.3.2 | Volwasse stadia | 155 |
| 7.3.2.1 | Vierklengte | 155 |
| 7.3.2.2 | Droëmassa | 157 |
| 7.4 | Gevolgtrekking | 161 |
| 7.5 | Literatuurverwysings | 163 |
| | | |
| HOOFSTUK 8 | Algemene Slotbeskouing | 168 |
| | | |
| HOOFSTUK 9 | Algemene Opsomming | 173 |

Opsomming

Aedes aegypti (Linnaeus) is in 1996 vir die eerste keer in die Bloemfontein-omgewing gerapporteer. Aangesien dit buite die normale verspreidingsgebied van hierdie spesie was, was die hoofdoel van die studie om die bio-ekologie van *Ae. aegypti* na te vors om vas te stel of dit moontlik suksesvol in die Vrystaat kan vestig.

Tweeweeklikse versamelings van beide volwasse en onvolwasse muskiete is vanaf 1996 tot 1998 uitgevoer. Dit is by drie lokaliteite in die Bloemfontein-stedelike gebied, nl. by die Dam van Trane, die Vallei van Sewe Damme en die Ponieklubdam, in die omgewing waar hierdie spesie die eerste keer gevind is, uitgevoer. Die doel van hierdie versamelings was om net 'n algemene indruk van die spesieverskeidenheid, relatiewe volopheid en seisoenale fluktuasies van muskiete in hierdie gebied te kry. Tien muskietspesies is gedurende die studie versamel. *Aedes juppi* McIntosh was die dominante spesie en het 36,6% van die totale vangste uitgemaak gevolg deur *Culex theileri* Theobald (32,4%), met *Aedes aegypti* wat slegs 0,5% van die totale vangste uitgemaak het. Die seisoenale verspreiding en volopheid van al die spesies wat versamel is, is met weerkundige data o.a. temperatuur, reënval en relatiewe humiditeit gekorreleer. Die gevolgtrekking was dat geen enkele faktor uitgesonder kon word nie, maar dat 'n kombinasie van hierdie faktore 'n rol speel in die voorkoms en verspreiding van die muskietspesies.

'n *Ae. aegypti*-kolonie is in die laboratorium gevestig. Resultate vanuit verskeie eksperimente het bygedra tot die suksesvolle kolonisering van hierdie spesie. Volwassenes is in elektronies beheerde teelkamers aangehou by 'n temperatuur van $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 'n relatiewe humiditeit van $70\% \pm 2\%$ en 'n dag-nagsiklus van 12 ure lig en 12 ure donkerte, wat 'n oggend- en aandskemering van een uur elk ingesluit het. Vir koolhidraatvoeding het volwassenes op 'n 7% suikeroplossing gevoed en duiwe is as bloedmaalbron gebruik. Eierlegging het plaasgevind op stroke wit handdoekpapier wat in swart plastiekhouders, gevul met 300ml 0,02M NaCl-oplossing en 'n klein bietjie

larwevoedsel, geplaas is en vir drie dae in die muskiethokke gelaat is. Eiers moes eers vir ten minste vier dae by 'n temperatuur van 25°C en 'n relatiewe humiditeit van >68% gedroog word, voordat dit weer in water geplaas is en uitbroeiing suksesvol kon plaasvind. Larwes is in vlak panne, gevul met 0,02M NaCl-oplossing, in die teelkamers by 25°C aangehou. Hulle voedsel het bestaan uit 'n mengsel van brouersgis en babagraankos.

Koolhidrate speel 'n belangrike rol in die bloedvoeding-, eierlegging en oorlewing van die wyfies. Wyfies wat rietsuiker as koolhidraatbron ontvang het, het in vergelyking met wyfies wat slegs op vrugte gevoed het, betekenisvol beter bloed gevoed en eiers geproduseer. Oorlewing by vrugtegevoede wyfies was ook swakker. Indien hulle gereeld toegang het tot 'n bloedmaal, is *Ae. aegypti* wyfies in staat om slegs op proteïene, afkomstig vanuit die bloed, te oorleef.

Ae. aegypti larwes is in staat om NaCl vanuit uiters verdunde oplossings (0,01M - 0,02M) op te neem en kan suksesvol in gedistilleerde water oorleef en ontwikkel. NaCl-oplossings bokant 0,08M het 'n nadelige invloed op larwale groei en by NaCl-oplossings hoër as 0,12M word oorlewing negatief beïnvloed.

Suksesvolle ontwikkeling en oorlewing van die onvolwasse stadia het by temperature tussen 15°C en 35°C voorgekom. Die optimum ontwikkelingstemperatuur was 30°C. 'n Konstante temperatuur van 35°C het egter 'n negatiewe invloed op die fisiese grootte van die volwassenes gehad.

Die resultate wat vanuit die laboratoriumeksperimente verkry is, is gebruik om die voorkoms van *Ae. aegypti* in die Vrystaat te probeer verklaar en vas te stel of hierdie spesie permanent in die Vrystaat gevestig kan raak.

Abstract

Aedes aegypti (Linnaeus) was reported for the first time in 1996 in the Bloemfontein-region. Due to the fact that this was not the normal distribution area of this species, the main objective of the study was to do research on the bio-ecology of *Ae. aegypti* in order to determine whether it can get established in the Free State.

Trapping of both adult and immature mosquitoes were done at two weekly intervals from 1996 - 1998. This was done at three localities in the Bloemfontein urban area viz the "Dam van Trane", Valley of Seven Dams and the Pony Club Dam, in the region where this species was recorded for the first time. The aim of these trappings was to get a general idea of the species diversity, relative abundance and seasonal fluctuations of the mosquitoes in this area. Ten mosquito species were collected during the study. *Aedes juppi* McIntosh was the most abundant species, accounting for 36,6% of the total catch followed by *Culex theileri* Theobald (32,4%) and *Aedes aegypti* which constituted only 0,5% of the total catch. The seasonal fluctuation and abundance of all the species that were caught, were analyzed and correlated with meteorological parameters such as temperature, rainfall and relative humidity. From these it was concluded that no parameter can be singled out, but that a combination of all the above parameters play a role in the occurrence and distribution of the mosquito species.

An *Ae. aegypti* laboratory colony was established. Results originating from various experiments contributed to the successful colonization of this species. Adults were kept in electronically controlled rearing rooms at a temperature of $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $70\% \pm 2\%$, with a day-night cycle of 12 hours light and 12 hours darkness including a dawn and a dusk period of one hour respectively. For carbohydrate feeding, adults were fed on 7% sugar water and pigeons were used for bloodmeals. Oviposition occurred on white strips of paper towel which were placed in black plastic containers filled with 300ml of 0,02M NaCl-solution and a small amount of larval food. These containers were placed inside the mosquito cages and left for three days.

Eggs had to be dried for at least four days at 25°C and a relative humidity of >68% before they were submerged in the water for hatching to occur successfully. Larvae were held in shallow pans filled with 0,02M NaCl-solution and kept in the rearing rooms at 25°C. They were fed a mixture of brewer's yeast and an infant cereal.

Carbohydrates play an important role in the bloodfeeding, ovipositioning and survival of the females. Females that were fed on cane sugar as carbohydrate source, performed significantly better in taking a bloodmeal and producing eggs than females that fed only on fruit. The fruit-fed females also had a significantly lower survival. If *Ae. aegypti* females have regular access to bloodmeals, they are capable of surviving on protein from the blood.

Ae. aegypti larvae are able to take up NaCl from diluted solutions (0,01M - 0,02M) and are able to survive and develop in distilled water. NaCl-solutions above 0,08M had a negative impact on larval development and at concentrations above 0,12M NaCl survival is negatively influenced.

Successful development and survival of the immature stages occurred at temperatures between 15°C and 35°C. The optimum development temperature was 30°C. A constant temperature of 35°C however, had a negative influence on the physical size of the adults.

The results obtained from the laboratory studies were used in an attempt to explain the occurrence of *Ae. aegypti* in the Free State and to try and determine whether this species will be able to establish itself permanently in the Free State.

Hoofstuk 1

Algemene Inleiding



Inleiding

Die vroegste verwysings na muskiete in die literatuur was deur Aristoteles (384-322 v.C.) wat na “*empis*” verwys het (Christophers, 1960; Gillett, 1971). Daar word algemeen aanvaar dat hierdie woord na muskiete verwys het. Die woord “muskiet” is van Spaanse afkoms en beteken ‘n “klein vlieg - *muscato, muskitto of musqueto*” om ‘n paar van die vroeëre spelvorme aan te dui (Gillett, 1971). Ongeveer 350 jaar na Aristoteles verwys die skrywer C. Plinius Secundus (23-79 n.C.) na “*culices*” in sy werke oor natuurstudie. Hy beskryf hierdie “muggie” as een van die wondere van die natuur, omdat daar op so ‘n klein skaal voorsiening gemaak is, vir al vyf die sinne. Hy het ook na die volmaakte dun skerp “suigbuis,” waarmee bloed opgeneem word, verwys. Daar word ook vir die eerste keer na die akwatiese leefwyse van die muskietlarwes in die werke van hierdie outeur verwys (Christophers, 1960; Gillett, 1971). Vanaf 200-1200 n.C. staan bekend as die donker eeue vir biologie aangesien natuurkundiges sedert Plinius Secundus, eers teen die sewentiende eeu weer begin het om oor muskiete te skryf (Christophers, 1960). Die vroegste wat weer van muskiete melding gemaak word, het in *De Animalibus Insectis* deur Aldrovando (1602) in die hoofstuk, “De Culicibus”, verskyn. ‘n Skets van ‘n muskiet in vlug, aangedui as *Culex communis*, het hierin verskyn (Christophers, 1960).

Verwysings na muskiete was tot dusver hoofsaaklik samevattinge van en aanhalings uit werke van ander skrywers (Christophers, 1960). Hooke (1665) was die eerste om met behulp van ‘n lens ‘n *Culex* larwe te beskryf en te skets. Hierdie outeur het ook die papie beskryf en is vermoedelik die eerste persoon wat die volgorde van larwe, papie en volwassene nagegaan het. Daar is eers vermoed dat die ontstaan van muskiete die gevolg van spontane generasie was, maar hierdie idee is gou verwerp (Christophers, 1960; Gillett, 1971). Hooke (1665) verwys ook na spontane generasie, maar vermoed eerder dat die wyfies hulle eiers vanuit die lug op die water laat val het. Volgens Christophers (1960) was Godeheu de Riville (1760) die eerste persoon om kopulasie

by muskiete te beskryf. Volgens hierdie beskrywing was dit ongetwyfeld *Aedes aegypti* gewees (Christophers, 1960).

'n Meer effektiewe benadering tot die studie van muskiete word deur die groot natuurkundige Swammerdam so vroeg as 1669 gevolg. Hy het die larwes, papies en volwassenes en die lewensgeskiedenis van die muskiet so volledig beskryf, dat sy beskrywings byna met beskrywings van die 20ste eeu vergelyk kon word. Gedurende die tydperk van 1750-1850 word hoofsaaklik na die lewensiklus van muskiete verwys. Die larwes van verskeie genera is ook gedurende hierdie tyd beskryf (Christophers, 1960).

Die moderne periode van navorsing op muskiete is ingelei met die ontdekking van die verskeie vektorrolle wat hulle speel in die verspreiding van verskeie siektetoestande. Henry Hawks het reeds in 1572 waargeneem dat siekte en dood kan intree nadat mense deur muskiete "gesteek" is, maar dit was eers in 1848 dat Josiah Nott en in 1854 dat Beuperthuy vermoed het dat Geelkoors deur muskiete veroorsaak word (Gillett, 1971). In 1878 het Manson die eerste konkrete bewys gelewer dat muskiete siektes aan die mens oordra toe hy aangekondig het dat *Culex fatigans* filariase oordra (Gillett, 1971). Gedurende 1881 het Finlay bewys dat *Ae. aegypti* die verspreider van Geelkoors is. In 1897 het Ross *Anopheles* muskiete ondersoek en malariaparasiete in hulle gevind (Gillett, 1971).

Daar is vandag ongeveer 3000 muskietspesies aan die mensdom bekend (Schmidt & Roberts, 1981; Service, 1996) en tesame hiermee kom meer as 200 arbovirusse voor waarvan meer as 100 deur muskiete aan die mens en sy diere oorgedra word (Gillett, 1971). Ekologiese studies oor muskiete maak 'n essensiële deel van epidemiologiese ondersoeke op arbovirusse (arthropod-gedraagde virusse) uit (Reeves, 1965). Arbovirusse word in die natuur hoofsaaklik onderhou deur biologiese oordraging tussen geskikte vertebrata gashere en haematofage arthropode of deur transovariale en moontlik veneriese oordraging in arthropode (DeFoliart *et al.*, 1987). Culicidae (muskiete) is die belangrikste vektore vir die oordraging van arbovirusse gevolg deur

Ixodidae (bosluise), *Phlebotomes* spp. (sandvlieë) en *Culicoides* spp. (muggies). *Cimicidae* spp. (weeluisse) is ook verantwoordelik vir die oordraging van sommige arbovirusse (Simpson, 1984).

Om die aantal muskiete wat 'n belangrike rol speel in die volgehoue oordraging van 'n arbovirus te kan bepaal, is een van die moeilikste areas van ekologiese navorsing (Reeves, 1965). Daar moet aanvaar word dat daar 'n sekere drempelwaarde van die vektorpopulasie moet bestaan wat nodig is vir die voortdurende oordraging van 'n patogeen tussen gashere (Reeves, 1965). Wanneer die muskietpopulasie se getalle benede hierdie drempelwaarde daal, bring dit mee dat die frekwensie van kontak tussen die gashere *via* die vektor onvoldoende raak om die patogeen te kan onderhou. 'n Toename in die populasiegetalle van die vektor tot bokant hierdie drempelwaarde, veroorsaak egter 'n meer effektiewe oordraging van die patogeen (Reeves, 1965).

Die oordraging van arbovirusse en siekteveroorsakende organismes deur muskiete is besig om geweldig toe te neem. Buitengewone hoë reënval tydens sommige jare op die binnelandse plato van Suid-Afrika het tot 'n drastiese toename in die Culicidae getalle gelei. Daarmee saam het 'n aansienlike toename in veesiektes, wat moontlik vanweë die toename in Culicidae getalle kon wees, voorgekom. Gedurende die somer van 1950-1951 het Slenkdalkoors die eerste keer in Suid-Afrika verskyn in die Noordelike Kaapprovinsie, westelike Oranje-Vrystaat en suidelike Transvaal (Barnard & Botha, 1977). Na goeie somerreëns gedurende 1974-1975 het hierdie siekte weer uitgebreek (Barnard & Botha, 1977; McIntosh *et al.*, 1980). Duisende stuks vee het gevrek, terwyl verskeie mense geaffekteer is en selfs sterftes voorgekom het (Van Velden *et al.*, 1977). Gedurende hierdie periode het twee ander virusse wat deur muskiete oorgedra word, nl. Wes-Nyl en Sindbis in die Karoo en Noordelike Kaapprovinsie voorgekom. Hierdie uitbraak was, sover bekend, die grootste epidemie van virussiektes wat deur muskiete in Suid-Afrika versprei is (McIntosh *et al.*, 1976). Verskeie muskietspesies is geïdentifiseer as moontlike vektore, maar dit word aanvaar dat *Culex theileri* die hoofvektor van Slenkdalkoors is (McIntosh, 1972; McIntosh *et al.*, 1980) en tot 'n minder mate van Wes-Nyl en Sindbis (McIntosh *et al.*, 1976).

Ander spesies wat algemeen in die westelike Vrystaat voorkom en as vektore van o.a. Wes-Nyl en Sindbis dien, is *Culex univittatus* en *Aedes juppi* (Hewitt *et al.*, 1982; Van der Linde *et al.*, 1982). Verskeie ander muskietspesies in Suid-Afrika speel ook 'n rol in oordraging van virussiektes aan die mens nl. *Aedes furcifer*, wat 'n belangrike vektor van die Chikungunya virus is, *Aedes fulgens* en *Aedes vittatus*. Laasgenoemde twee muskietspesies is beide instaat om die Chikungunya virus aan die mens oor te dra (Jupp & McIntosh, 1990). Tydens 'n uitbraak van die Wesselsbronvirus in die westelike Vrystaat in 1996 is drie muskietspesies nl. *Aedes juppi*, *Aedes caballus* en *Aedes mcintoshi* as die draers van die Wesselsbronvirus, Middelburgvirus asook vyf ongeïdentifiseerde virusse geïdentifiseer (Jupp & Kemp, 1998). Dit wil egter voorkom of buitengewone hoë reënval aanleiding kan gee tot die migrasie van sekere spesies vanuit ander streke. Een so 'n spesie wat voorheen slegs tydens die somers van 1971-1976 in die Bethulie en Luckhoff-distrikte aangetref is, is *Aedes aegypti* (Jupp *et al.*, 1980). Alhoewel hierdie spesie hoofsaaklik in Kwazulu-Natal voorkom (Jupp, 1996), is dit vir die eerste keer in 1996 in Bloemfontein (29°07'S 26°15'E) deur die outeur ontdek. Gedurende dieselfde jaar is *Ae. aegypti* ook te Zastron (30°18'S 27°05'E) in die Suid-Vrystaat ontdek (Van der Linde, pers. kom.*). Later gedurende 1998 is dieselfde spesie ook te Christiana (27°55'S 25°10'E) in die Noord-Wes provinsie deur die outeur versamel. Gedurende 1998 en weer in 2000 is *Ae. aegypti* ook in die Oos-Vrystaatse dorp Ficksburg (28°53'S 27°54'E) deur inwoners versamel (Van der Linde, pers. kom.*). Hierdie spesie is die hoofvektor van Geelkoors in Suidelike-Afrika en alhoewel Geelkoors nie in Suid-Afrika aangetref word nie, is *Ae. aegypti* 'n potensiële vektor vir Dengue in Suid-Afrika (Kemp & Jupp, 1991). Hierdie spesie maak van 'n wye reeks habitats vir eierlegging gebruik o.a. tydelike waterpoele en talle mensgemaakte houers soos blikke, dromme en motorbande (Service, 1996). Dit is ook bekend dat *Ae. aegypti* in noue assosiasie met die mens voorkom en soms uitsluitlik op mensbloed voed (Christophers, 1960). Dit verhoog gevolglik hul potensiaal vir die oordraging van verskeie arbovirusse na die mens (Christophers, 1960).

* Van der Linde, T.C. de K., Senior Lektor, Dept. Dierkunde & Entomologie, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein, 9300.

Verskeie faktore o.a fotoperiode, temperatuur en humiditeit het gesamentlik 'n aansienlike invloed op vektoraktiwiteit (Haddow *et al.*, 1947; Haddow & Corbet, 1961). Daarby word variasies in die voeding en vliegbewegings van muskiete deur verskeie omgewingsfaktore beïnvloed. Hierdie veranderlikes beïnvloed ook die aktiwiteite van die vertebratgashere in dieselfde omgewing en gevolglik die moontlikheid van virusoordraging (Reeves, 1965).

Gesien in die lig dat *Ae. aegypti* skielik sy opwagting in sekere dele van die Vrystaat gemaak het, waar dit nooit voorheen gerapporteer is nie, het die kolonisering van hierdie spesie noodsaaklik geword in 'n poging om sekere aspekte van die biologie en ekologie van hierdie muskietspesie te bestudeer. In die huidige studie is besondere aandag gegee aan laboratoriumstudies waartydens die verskillende ontwikkelingsstadia van *Ae. aegypti* blootgestel is aan omgewingstoestande soortgelyk aan dié wat in die veld aangetref is. Van hierdie eksperimente het o.a. i) die invloed van koolhidrate op die bloedvoeding, eierlegging en oorlewing van die volwassenes behels asook ii) die invloed van verskillende NaCl-konsentrasies op die ontwikkeling van die onvolwassenes en iii) die invloed van verskillende konstante temperature op onvolwasse ontwikkeling. Hierdeur kan moontlik vasgestel word of hierdie spesie oor die vermoë beskik om in die Vrystaat gevestig te kan raak.

'n Opname is ook van die spesieverskeidenheid, seisoenale voorkoms en relatiewe volopheid van muskiete in die algemeen in die Bloemfontein-stedelike gebied gemaak.

Literatuurverwysings*

- BARNARD, B.J.H. & BOTHA, M.J. 1977. An inactivated Rift Valley fever vaccine. *J. Sth. Afr. Vet. Assoc.* 48(1): 45-48.
- CHRISTOPHERS, R. 1960. *Aedes aegypti, the Yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press, London.
- DeFOLIART, G.R., GRIMSTAD, P.R. & WATTS, D.M. 1987. Advances in mosquito-borne arbovirus/vector research. *Ann. Rev. Ent.* 32: 479-505.
- GILLETT, J.D. 1971. *The world naturalist: Mosquitoes*. Richard Clay (The Chaucer Press, Ltd., London.
- HADDOW, A.J. & CORBET, P.S. 1961. Entomological studies from a high tower in Mpanga Forest, Uganda, II. Observations on certain environmental factors at different levels. *Trans. Royal Ent. Soc. London.* 113: 257-269.
- HADDOW, A.J., GILLETT, J.D. & HIGHTON, R.B. 1947. The mosquitoes of Bwamba County, Uganda. V. The vertical distribution and biting cycle of mosquitoes in rain-forest, with further observations on micro-climate. *Bull. Ent. Res.* 37(3): 301-330.
- HEWITT, P.H., VAN DER LINDE, T.C.DE K., VAN PLETZEN, R., KOK, D.J., FOURIE, S., MOSTERT, D.J. & NEL, A. 1982. Temporal fluctuations in the numbers of female mosquitoes trapped at a site in the western Orange Free State. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 45(1): 69-92.

* Sover moontlik is tydskrifafkortings volgens die "World list of Scientific Periodicals", 1964, Butterworths, London.

-
- JUPP, P.G. 1996. *Mosquitoes of Southern Africa: Culicinae and Toxorhynchitinae*.
Ekogilde Publishers, Hartebeespoort.
- JUPP, P.G. & KEMP, A. 1998. Studies on an outbreak of Wesselsbron virus in the
Free State Province, South Africa. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14(1):
40-45.
- JUPP, P.G. & McINTOSH, B.M. 1990. *Aedes furcifer* and other mosquitoes as
vectors of Chikungunya virus at Mica, northeastern Transvaal, South
Africa. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6(3): 415-420.
- JUPP, P.G., McINTOSH, B.M. & NEVILL, E.M. 1980. A survey of the mosquito and
Culicoides faunas at two localities in the Karoo region of South Africa
with some observations on bionomics. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 47(1):
1-6.
- KEMP, A. & JUPP, P.G. 1991. Potential for Dengue in South Africa: Mosquito
ecology with particular reference to *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq.
Control Assoc.* 7(4): 574-583.
- McINTOSH, B.M. 1972. Rift Valley fever. 1. Vector studies in the field. *J. Sth. Afr.
Vet. Assoc.* 43(4):391-395.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G., DOS SANTOS, I. & BARNARD, B.J.H. 1980.
Vector studies on Rift Valley fever virus in South Africa. *Sth. Afr. Med.
J.* 58: 127-132.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G., DOS SANTOS, I. & MEENEHAM, G.M. 1976.
Epidemics of West Nile and Sindbis viruses in South Africa with *Culex*
(*Culex*) *univittatus* Theobald as vector. *Sth. Afr. J. Sci.* 72: 295-300.

-
- REEVES, W.C. 1965. Ecology of mosquitoes in relation to arboviruses. *Ann. Rev. Ent.* 10: 25-46.
- SCHMIDT, G.D. & ROBERTS, L.S. 1981. *Foundations of parasitology*. C.V. Mosby Company, Saint Missouri.
- SERVICE, M.W. 1996. *Medical entomology for students*. Cambridge University Press, London.
- SIMPSON, D.I.H. 1984. Arbovirus diseases. *Med. International*. 2(4): S399-S404.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K., HEWITT, P.H., VAN PLETZEN, R., KOK, D.J., FOURIE, S., MOSTERT, D.J. & NEL, A. 1982. Species richness and relative abundance of female mosquitoes at a site in the western Orange Free State. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 45(1): 57-67.
- VAN VELDEN, D.J.J., MEYER, J.D., OLIVIER, J., GEAR, J.H. & McINTOSH, B.M. 1977. Rift Valley fever affecting humans in South Africa: A clinicopathological study. *Sth. Afr. Med. J.* 51: 867-871.

Hoofstuk 2

**Die voorkoms en verspreiding
van muskietspesies in die
Bloemfontein-stedelike omgewing.**

2.1 Inleiding

Die taksonomie en vektorpotensiaal van die Culicidae van Suid-Afrika is al vir dekades lank deur verskeie outeurs o.a. Gear *et al.* (1955); Steyn & Schulz (1955); Kokernot *et al.* (1957); Brooke Worth *et al.* (1961); McIntosh (1972); Jupp *et al.* (1980); Van der Linde *et al.* (1982), Albertyn (1988) en Van Staden (1992) bestudeer. Van der Linde *et al.* (1982) het die relatiewe volopheid en seisoenale voorkoms van muskietspesies by 'n studiegebied in die westelike Vrystaat ondersoek het. Daar is egter nog min bekend aangaande die relatiewe hoeveelhede en seisoenale voorkoms van muskietspesies, veral dié wat gedurende die droë periodes in 'n stedelike gebied van die westelike Vrystaat voorkom.

Buitengewone hoë reënval gedurende sommige jare het tot 'n groot toename in die aantal muskietspesies gelei (Barnard & Botha, 1977). Veessiektes soos Slenkdalkoors en Wesselsbronsiekte het ook 'n verhoging in toename getoon (Barnard & Botha, 1977; Jupp *et al.*, 1980; McIntosh *et al.*, 1980). Volgens Barnard & Botha (1977) kan hierdie toename in veessiektes moontlik, maar nie noodwendig nie, toegeskryf word aan die groter muskietpopulasiedigtheid.

Alhoewel Van Staden (1992) die seisoenale voorkoms en verspreiding van muskietspesies in die Bloemfontein-omgewing ondersoek het, bestaan daar steeds spesies waarvan die relatiewe hoeveelhede en seisoenale voorkoms nog onbekend is. Daarbenewens het die ontdekking van *Aedes aegypti* (Linnaeus) in Bloemfontein in 1996 genoodsaak dat 'n ondersoek na die verskeidenheid muskietspesies en die relatiewe populasiedigthede weer onderneem moes word. Hierdie ondersoek het vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 geduur.

2.2 Materiaal en Metodes

2.2.1 Studiegebied

Veldwerk is in drie gebiede in die stedelike en semi-stedelike gedeeltes van

Bloemfontein gedoen. Daar is gepoog om die areas waar muskietlarwes versamel is, so na as moontlik aan die gebiede te hou waar die volwassenes versamel is. Die damme waaruit die larwe versamelings plaasgevind het, is elk in vyf versamelpunte verdeel op grond van die spesiesamestelling en oppervlakbedekking van die plantegroei in die damme. Die veldtipe van al drie versamelgebiede is volgens Acocks (1988) as 'n droë *Cymbopogon-Themeda* veld geklassifiseer

2.2.1.1 Dam van Trane

Die eerste studiegebied het die area naby die "Dam van Trane" (29°05'28''S 26°10'25''E), wat aan die westelike kant van Bloemfontein geleë is, behels. (Fig. 2.1). Hierdie dam, wat deel uitmaak van 'n nasionale gedenkwaardigheid, is tydens die Anglo-boereoorlog gegrawe om hoofsaaklik reënwater vir die vroue en kinders in die konsentrasiekamp op te vang. Die plantegroei op die terrein is hoofsaaklik *Themeda triandra* Forsk. (Rooigras) grasveld met 'n klein plantasie *Eucalyptus sideroxylon* A. Cunn. ex Benth. ("Red iron wood" bloekombome) wat langs die gronddam geleë was. Beide die larwes en volwasse muskiete is op hierdie terrein versamel.

Die plantegroei rondom die dam het hoofsaaklik uit welige stande van *Persicaria lapathifolia* (L.) S.f. Gray (Slangwortel) en *Pennisetum clandestinum* Chiov. (Kikuyugras) bestaan. Bykans die hele damoppervlakte is deur *P. lapathifolia* bedek (Fig. 2.1). Gras-, struik- en boomspesies is met verwysing na Macoboy (1969), Venter & Joubert (1984), Gibbs Russell *et al.* (1991), Bromilow (1996) en Van Oudtshoorn (1999) geïdentifiseer. Larwes is by vier versamelpunte langs die oewers van die dam versamel. Die vyfde versamelpunt was in die middel van die dam, waar geen plantegroei voorgekom het nie.

2.2.1.2 Vallei van Sewe Damme

Die tweede studiegebied was die Vallei van Sewe Damme (29°04'21''S 26°12'56''E), wat aan die noordelike kant van Bloemfontein, binne 'n bewaringsgebied geleë is (Fig.

2.2). Hierdie area het hoofsaaklik uit gemengde grasveld bestaan met *T. triandra*, *Cymbopogon plurinodis* (Stapf) Stapf ex Burtt Davy (Bitter Terpentyngras), *Eragrostis* spp. (Oulandsgras), *Aristida congesta* Roem. & Schult. (Steekgras), *Acacia karroo* Hayne (Soetdoring) en *Rhus lancea* L.f. (Kareeboom), as die vernaamste gras- en boomspesies. Reënwater is in die sewe gronddamme opgevang. Musketlarwes is vanuit die eerste dam versamel. Die plantegroei in die dam was hoofsaaklik *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Kweekgras), *Crassula natans* Thunb. (watervetplant) en *Typha capensis* (Rohib) N.E.Br. (Papkuil). In die middel van die dam was geen plantegroei nie. Die oewer was met *P. clandestinum* (Kikuyugras) bedek.



Fig. 2.1: Die "Dam van Trane". 'n Gronddam met welige plantegroei.



Fig. 2.2: Die grondam waaruit muskietlarwes versamel is in die Vallei van Sewe Damme.



Fig. 2.3: *Azolla filiculoides* bedek die hele dam waaruit muskietlarwes in die Vallei van Sewe Damme versamel is.

2.2.1.3 Ponieklubdam

Die damme in die Vallei van Sewe Damme het begin opdroog en was later heeltemal met *Azolla filiculoides* Lan. (Rooiwatervaring) bedek (Fig. 2.3). Die ontbinding van dooie plantmateriaal in die damme by die Vallei van Sewe Damme, het meegebring dat die watergehalte baie verswak het en geen muskietlarwes is verder in hierdie damme gevind nie. Vanaf Augustus 1997 is muskietlarwes gevolglik vanuit die Ponieklubdam (29°04'17''S 26°14'40''E), wat aan die oorsprong van die Vallei van Sewe Damme geleë is, versamel. Hierdie versamelpunt het dus die punt in die Vallei van Sewe Damme vervang.

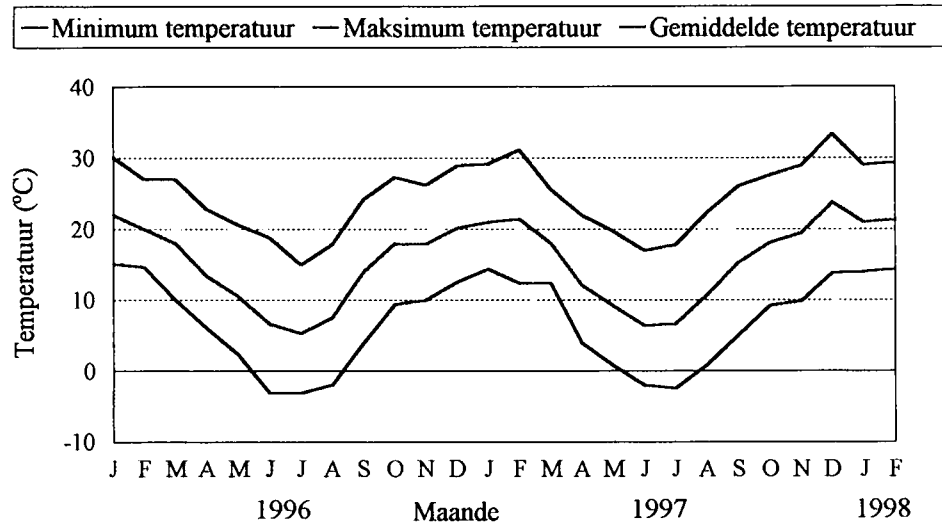
Die Ponieklubdam is 'n gronddam wat slegs met water tydens die reënseisoen gevul was. Gedurende die droë seisoene het dit vinnig opgedroog. Die area rondom die dam was hoofsaaklik 'n gemengde grasveld met *T. triandra*, *Cymbopogon* sp., *Eragrostis* sp, *Aristida* sp, *A. karroo* en *R. lancea* spp. as die vernaamste gras- en boomspecies. Die plantegroei in die dam was meerendeels *C. dactylon* en *P. lapathifolia*. Die oewer rondom die dam was hoofsaaklik met *T. triandra* en *C. dactylon* bedek (Fig. 2.4).



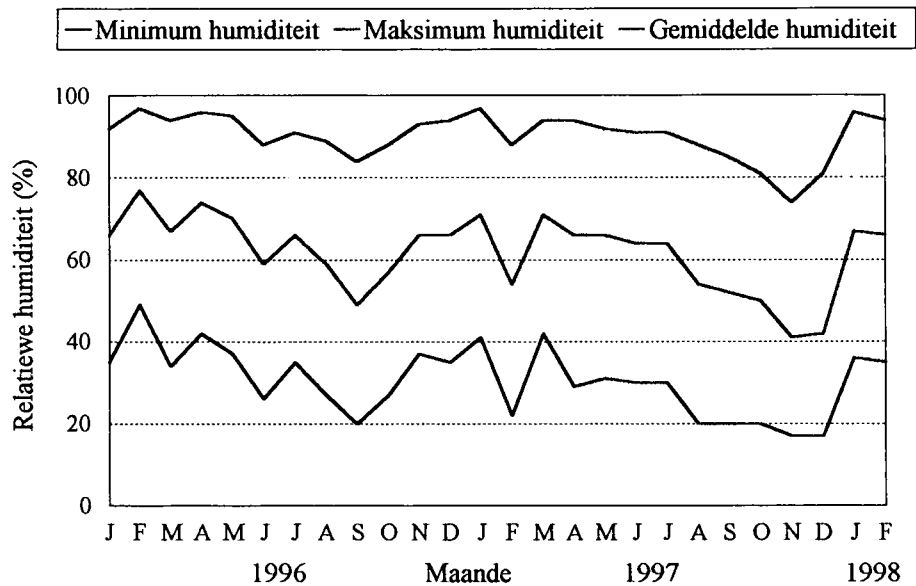
Fig. 2.4: Die Ponieklubdam. 'n Gronddam, met tydelike water, omring met grasveld.

2.2.1.4 Weerkundige data

Die weerkundige data vir die Bloemfontein-omgewing is vanaf die weerburo in Pretoria verkry. Die gemiddelde temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), en relatiewe humiditeit (%) word in Figure 2.5 - 2.6 weergegee.



Figuur 2.5: Die gemiddelde minimum, maksimum en gemiddelde temperature vir Bloemfontein vir elke maand vanaf Januarie 1996 tot Februarie 1998.



Figuur 2.6: Die gemiddelde minimum, maksimum en gemiddelde relatiewe humiditeit (%) vir Bloemfontein vir elke maand vanaf Januarie 1996 tot Februarie 1998.

2.2.1.5 Versameling van volwasse muskiete

Ligvalle (Fig. 2.7) vir die versameling van volwasse muskiete is tweeweekliks langs die “Dam van Trane” asook in die Nasionale Botaniese Tuin, wat binne die grense van die Vallei van Sewe Damme geleë is, uitgeplaas.



Fig. 2.7: 'n New Jersey ligval toegegerus met CO_2 as lokmiddel, wat vir die versameling van volwasse muskiete gebruik is.

Hoewel nie alle muskietspesies ewe goed na ligvalle met CO_2 as lokmiddel, aangelok word nie (Service, 1993), het Prof. T.C. Van der Linde* (pers. kom.) en Jupp *et al.* (1980) gevind dat ligvalle toegegerus met CO_2 'n groter verskeidenheid muskietspesies

* Prof. T.C. de K. van der Linde, Senior lektor, Dept. Dierkunde & Entomologie, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein, 9300.

vang as enige ander beskikbare muskietlokval. Volgens Reeves (1953) word verskeie muskietspesies wel deur CO₂ aangelok en is daar gevolglik besluit om van New Jersey ligvalle, voorsien van 'n drie kerskrag gloeilamp gekoppel aan 'n 12V motorbattery, gebruik te maak. Die ligvalle is 1,5m bokant die grond gehang en die CO₂-gas is vrygelaat teen 'n tempo van 200ml/min wat volgens Reeves (1990), ongeveer die gemiddelde hoeveelheid CO₂ (250ml/min) is wat deur 'n mens uitgeasem word. 'n Swart plastieksak is oor die gaashok van die ligval getrek om die muskiete wat versamel is, teen moontlike benatting deur reën of dou te beskerm. Die ligvalle is vir die duur van een nag om 17h00 opgestel en weer die volgende oggend om 09h00 verwyder. Volgens Singh *et al.* (1993) word die effektiwiteit van 'n ligval grootliks deur die habitat en verspreidingspatroon van 'n muskietspesie bepaal.

Die volwasse muskiete is na die laboratorium gebring vir identifikasie. Die wyfies en mannetjies is geskei en getel. Alle verwysings na muskietspesies en getalle is slegs met betrekking tot die wyfies, tensy anders vermeld. Die wyfie Culicinae is geïdentifiseer met behulp van ongepubliseerde identifikasiesleutels wat deur Dr. B.M. McIntosh, voorheen van die NIV, opgestel is, asook met verwysing na Jupp (1996). Vir Anophelinae wyfies is sleutels gebruik wat deur Gillies & Coetzee (1987) opgestel is.

'n Ewekansige monster van 250 wyfies is uit elke vangs geneem en geïdentifiseer. Vanuit hierdie gegewens is die benaderde hoeveelhede van die verskillende spesies van elke vangs bereken. Die oorblywende wyfies is deurgesoek om te verseker dat skaars spesies wat moontlik nie deel van die monster uitgemaak het nie, wel geïdentifiseer word. In ligvalle wat minder as 250 wyfies gevang het, is al die muskietwyfies geïdentifiseer. Die resultate afkomstig vanuit die ligvalle vanaf altwee versamelgebiede is vir hierdie studie saamgevoeg.

2.2.1.6 Versameling van onvolwasse stadia

Larwes is op 'n tweeweeklikse basis versamel deur van twee versamelmetodes gebruik te maak. Vir die eerste metode is 'n skeplepel, met 'n lang steel en 'n inhoudsmaat van

350ml gebruik (Fig. 2.8). Tien skeppe is by elk van die vyf versamelpunte van elke dam geneem. Dit is opgevolg met tien skeppe met behulp van 'n akwariumnets (10cm x 13cm) (Fig. 2.8) by elk van die versamelpunte nadat daar eers gewag is dat die water en waterlewende insekte gestabiliseer het. Larwes wat by die verskillende versamelpunte en volgens die verskillende metodes versamel is, is in aparte plastiekbakke na die laboratorium vervoer.

Die larwes is in teelpanne, gevul met 'n 0,02M NaCl-oplossing, by 'n temperatuur van $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ aangehou en tot die volwasse stadium deurgeteel. Die papies is individueel in botteltjies, "Apex Vials No. 8", gevul met 10ml van 'n 0,02M NaCl-oplossing oorgeplaas en toegelaat om volwassenheid te bereik. Die botteltjies is elk met 'n watteprop geseël om te verhoed dat die volwassenes ontsnap.

Die volwasse wyfies is geïdentifiseer soos gemeld in 2.2.1.4. Al die muskietwyfies wat as larwes versamel is, is getel en geïdentifiseer.

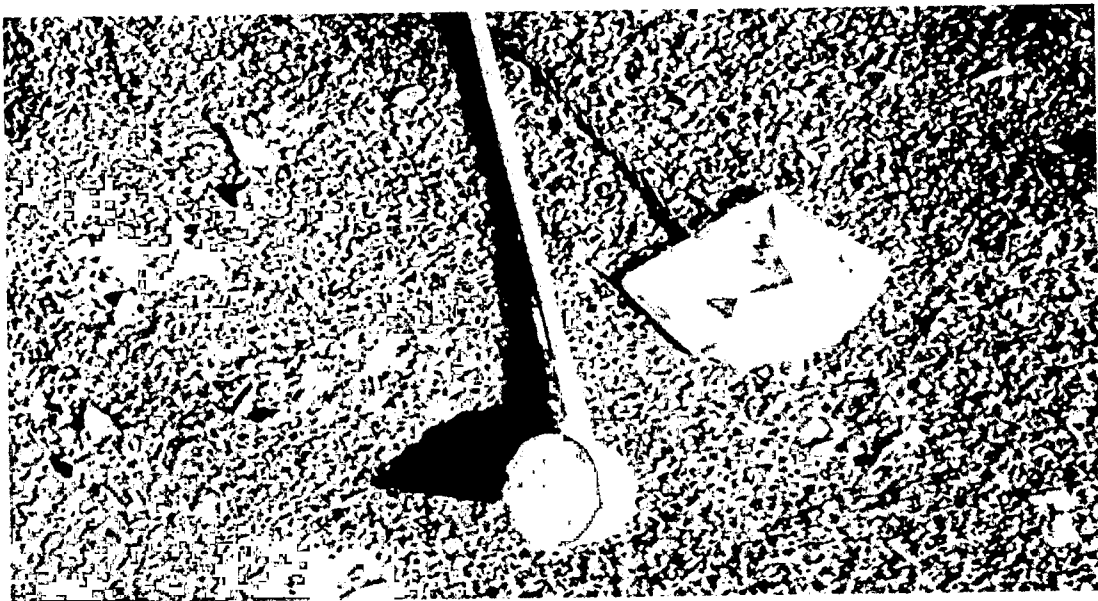


Fig. 2.8: Die skeplepel en akwariumnets waarmee muskietlarwes versamel is.

2.3 Resultate en Bespreking

2.3.1 Muskiete as volwassenes versamel

2.3.1.1 Vergelyking tussen die aantal mannetjies en wyfies versamel

Slegs 'n klein aantal mannetjies in vergelyking met die aantal wyfies, is tydens die studietydperk in die ligvalle versamel (Fig. 2.9), hoewel dit bekend is dat albei geslagte na die ligval gelok word (Barr *et al.*, 1960). Die meeste mannetjies is tydens die warm somermaande in die ligvalle aangetref, terwyl bykans geen mannetjies tydens die herfs en wintermaande versamel is nie (Fig. 2.8). Hierdie verskynsel is moontlik vanweë die feit dat paring tussen muskiete hoofsaaklik tydens die lente en somerseisoen plaasvind. Aangesien die wyfies van verskeie muskietspesies waarskynlik net een keer paar, oorleef hoofsaaklik net die wyfies tydens die wintermaande sodat eierlegging weer tydens die lente, na die reëns, kan geskied waartydens nuwe mannetjies weer uitbroei.

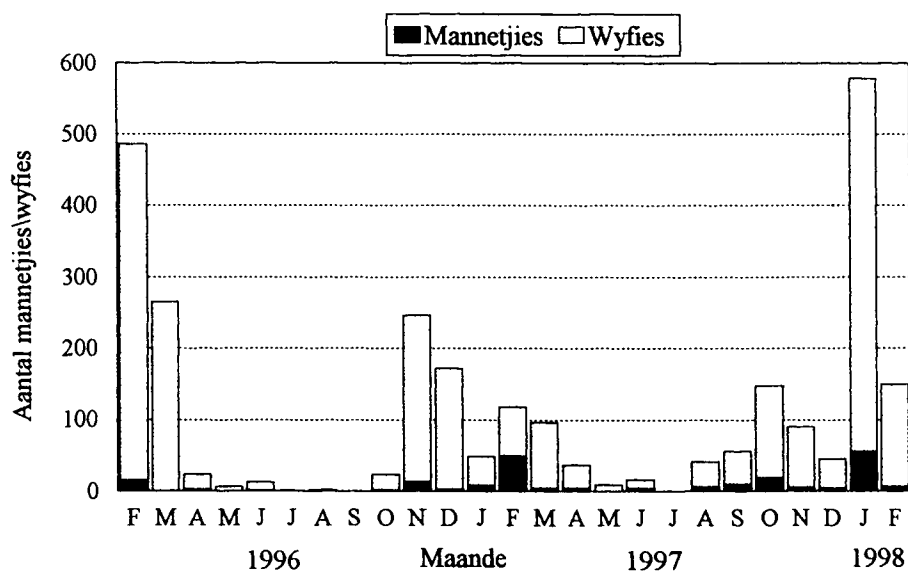


Fig. 2.9: 'n Vergelyking tussen die aantal mannetjies en wyfies wat in die ligvalle vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in Bloemfontein versamel is.

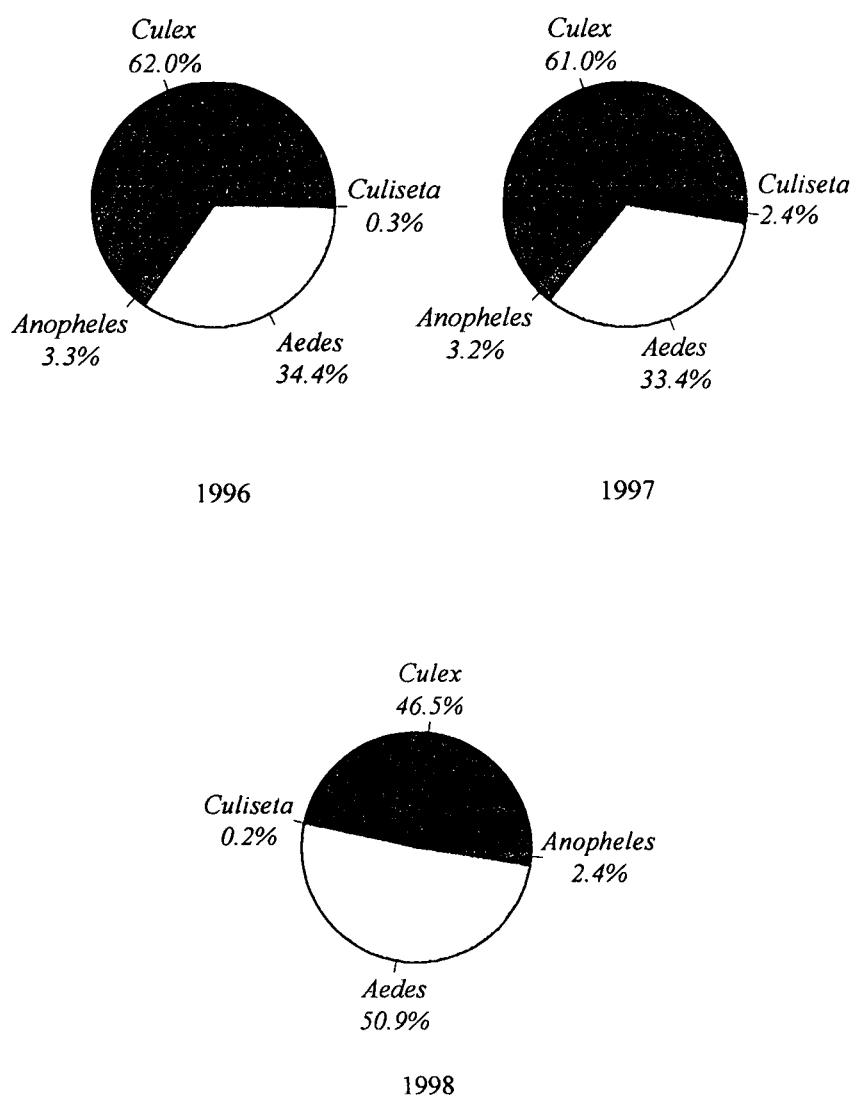
Die wyfies van verskeie spesie o.a. *Culex theileri* Theobald (Van der Linde, 1984), *Culex tarsalis* Coquillett, *Culex pipiens* Linnaeus en *Anopheles freeborni* Aitken oorleef die winter deur middel van diapouse (Schaefer & Miura, 1972; Clements, 1992). Hierdie wyfies neem tydens die herfs hoofsaaklik plantsuikers op wat dan in die vorm van glikogeen en lipiede gestoor word (Clements, 1992). Die voorkoms van mannetjies in die ligvalle is moontlik vanweë die feit dat die mannetjies, opsoek na 'n paringsmaat, deur die frekwensie van die vlerkvibrasies van die wyfies, opsoek na 'n bloedmaal, aangelok word (Gillett, 1971). Volgens Hartberg (1971) vind paring by *Ae. aegypti* meestal naby 'n gasheer plaas.

Verskeie outeurs o.a. Grimstad & De Foliart (1975), Magnarelli (1983), Vargo & Foster (1984), Meyer *et al.* (1991), Bowen (1992) en Yee *et al.* (1992) het waargeneem dat nektarvoeding by talle muskietspesies gedurende die nag, vroegoggend en tydens skemer plaasvind. Dit sou interessant wees om vas te stel wat die voorkoms van mannetjies in die ligvalle sal wees indien die ligvalle van nektar voorsien word. Hierdie aspek is egter nie tydens die huidige studie ondersoek nie.

2.3.1.2 **Spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid**

Gedurende die studietydperk is 'n totaal van 2453 muskietwyfies in die ligvalle gevang. Muskiete was meer volop gedurende 1996 (1198 muskiete) gevolg deur Januarie en Februarie van 1998 (665 muskiete). Aangesien die studie aan die einde van Februarie 1998 beëindig is, is muskiete slegs tydens die eerste twee maande van hierdie jaar versamel. Aansienlik minder muskiete is in 1997 (590 muskiete) versamel (Fig. 2.9). Dit kan moontlik toegeskryf word aan die lae reënval (395,8mm) van 1997. Gedurende 1996 het 719,4mm reën geval, teenoor 370,8mm gedurende die eerste twee maande van 1998. Vandaar die relatief groot getal (665) muskiete wat gedurende hierdie twee maande versamel is. Baie broeihabitats was dus beskikbaar en dit het waarskynlik die toename in die muskiete tot gevolg gehad. Volgens De Kruijff (1975) bestaan daar 'n verwantskap tussen die reënval en die digtheid van muskietpopulasies.

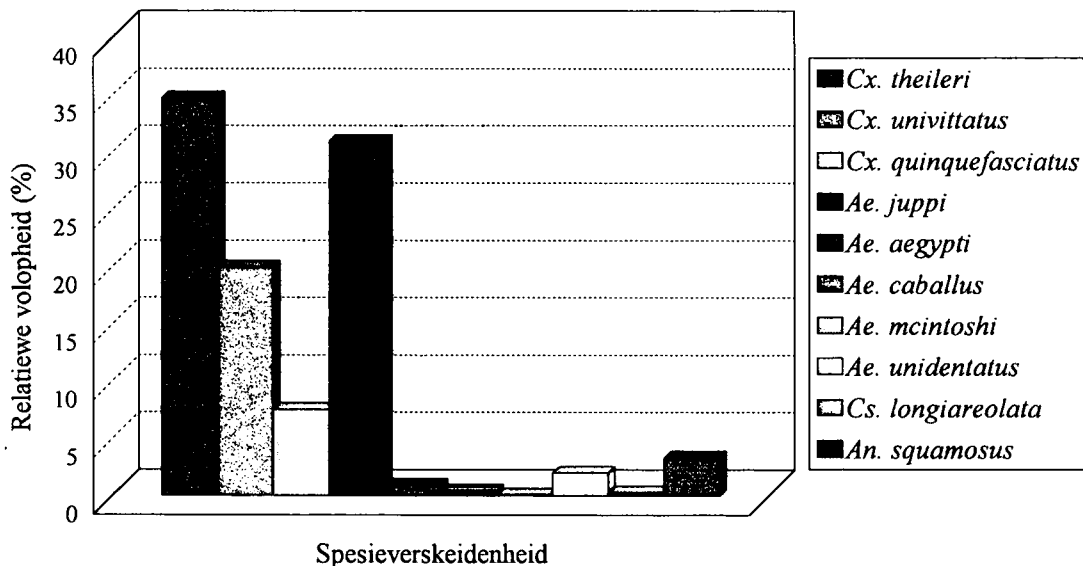
Gedurende die opname periode is deurgaans slegs vier genera van muskiete versamel. nl. *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* en *Culiseta*. Gedurende 1996 en 1997 was *Culex* die dominante genus, gevolg deur *Aedes* (Fig. 2.10). *Anopheles* en *Culiseta* het deurgaans in klein getalle voorgekom.



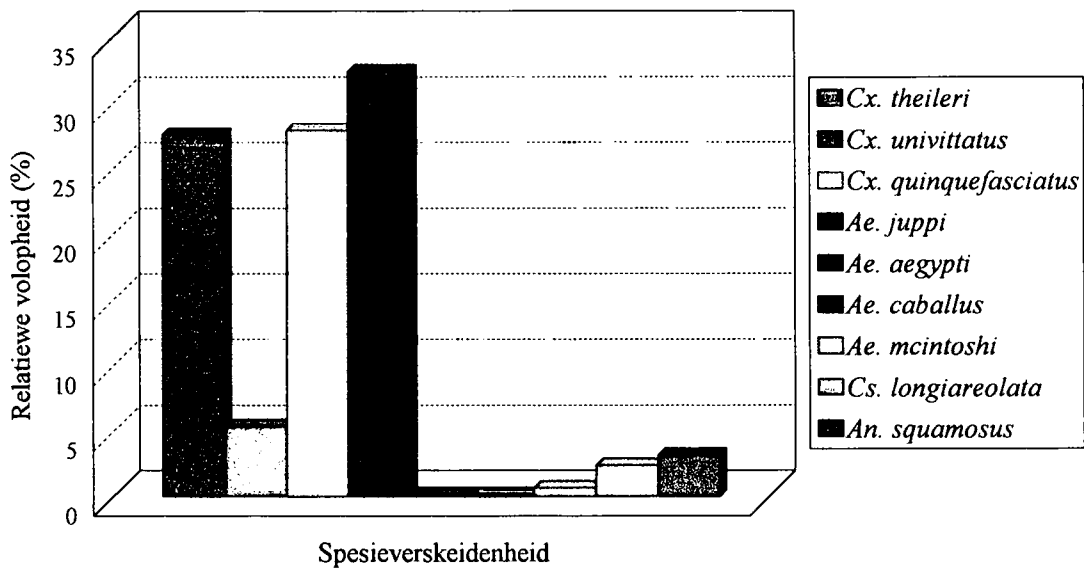
Figuur 2.10: Die samestelling van die genera wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in Bloemfontein versamel is.

Gedurende Januarie en Februarie 1998 was *Aedes* dominant, gevolg deur *Culex*. Hierdie verskynsel mag egter 'n verkeerde beeld skep, aangesien die vangste gedurende die reënmaande gemaak is. Vermoedelik sou dieselfde patroon as in 1996 en 1997 na vore gekom het, as muskietvangste regdeur 1998 gedoen is.

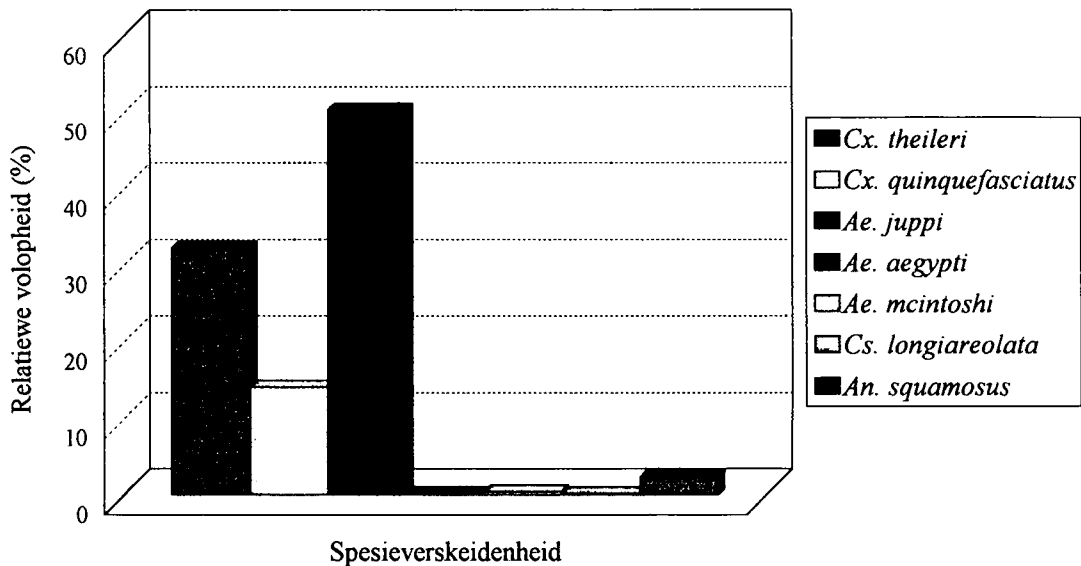
Tien muskiet spesies is in 1996 geïdentifiseer (Fig. 2.11) in vergelyking met nege spesies in 1997 (Fig. 2.12) en sewe spesies tydens Januarie en Februarie van 1998 (Fig. 2.13). Alhoewel *Culex* die grootste persentasie van die muskietgenera wat tydens die studietydperk versamel is, uitgemaak het (Fig. 2.10), was *Aedes juppi* McIntosh die volopste spesie wat tydens die studietydperk versamel is, gevolg deur *Cx. theileri* en *Culex quinquefasciatus* Say (Figure 2.11 - 2.13). Tydens 1996 het *Cx. theileri* egter die grootste deel (34,7%) van die muskietvangste uitgemaak (Fig. 2.11). Volgens Van der Linde *et al.* (1982) en Van Staden (1992) was *Cx. theileri* ook die volopste spesie gedurende 1976 tot 1978 en 1989 tot 1990.



Figuur 2.11: Die spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid van volwasse muskiete wat gedurende 1996 in Bloemfontein versamel is (*Ae.* - *Aedes*, *An.* - *Anopheles*, *Cs.* - *Culiseta* & *Cx.* - *Culex*).



Figuur 2.12: Die spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid van volwasse muskiete wat gedurende 1997 in Bloemfontein versamel is (*Ae.* - *Aedes*, *An.* - *Anopheles*, *Cs.* - *Culiseta* & *Cx.* - *Culex*).



Figuur 2.13: Die spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid van volwasse muskiete wat gedurende Januarie en Februarie 1998 in Bloemfontein versamel is (*Ae.* - *Aedes*, *An.* - *Anopheles*, *Cs.* - *Culiseta* & *Cx.* - *Culex*).

Tydens 1996 is *Ae. aegypti* vir die eerste keer in ligvalle in Bloemfontein aangetref. 'n Totaal van 13 wyfies is tydens die studietydperk versamel waarvan 11 in 1996 versamel is (Figure 2.11 - 2.13). Spesies wat die minste gedurende die studietydperk voorgekom het, was o.a. *Aedes mcintoshi* Huang (0,1% in 1996 en 0,7% in 1997), *Aedes caballus* (Theobald) (0,4% in 1996) en *Aedes unidentatus* McIntosh (2,0% in 1996) (Figure 2.11 - 2.13).

2.3.1.2.1 *Culex* spesies

Drie *Culex* spp. is versamel nl. *Cx. theileri*, *Cx. quinquefasciatus* en *Cx. univittatus* (Figure. 2.11 - 2.13). Die dominansie van *Culex* spp. tydens 1996 en 1997 kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat die *Culex* spp. permanente stilstaande of baie stadig vloeiende water vir eierlegging verkies (Khattat, 1955). Bevindinge deur Khattat (1955) het ook aangedui dat die *Culex* spp. van 'n groot verskeidenheid van water habitats vir broeiplekke gebruik maak, wat hulle minder afhanklik van reënval maak.

Vanuit die data is dit duidelik dat reënval 'n belangrike rol in die volopheid en verspreiding van die hierdie spesies gespeel het deurdat voldoende reënval noodsaaklik was vir die vul van die damme. Daarmee saam het die omgewingstemperatuur ook 'n belangrike rol in die voorkoms van die muskiete gespeel. 'n Toename in die getalle het tydens die reënseisoene voorgekom (Figure 2.14 - 2.16). Volgens Wegbreit & Reisen (2000) is daar 'n kwantitatiewe verwantskap gevind tussen reënval en die voorkoms van *Cx. tarsalis*.

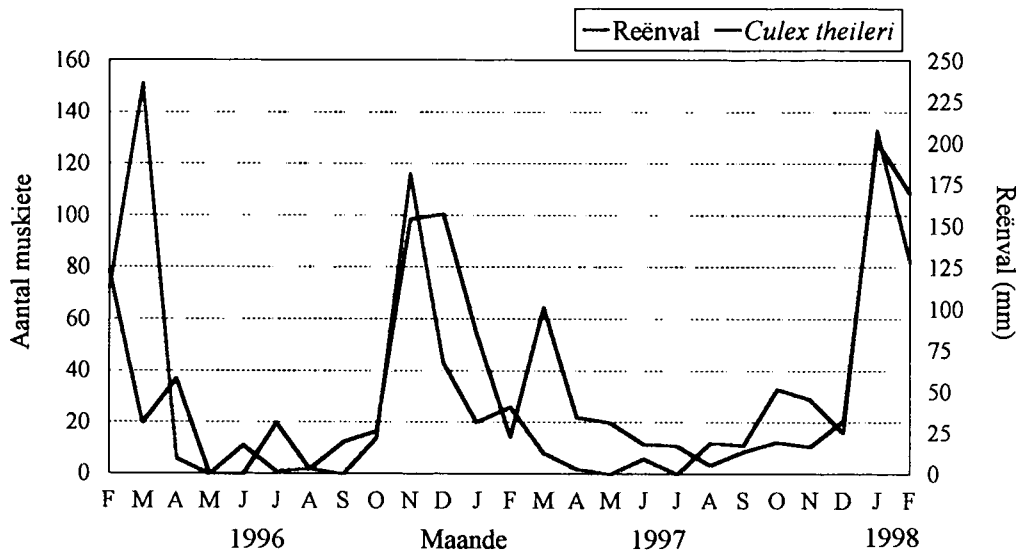
'n Afname in temperatuur in die Bloemfontein-omgewing het tot 'n aansienlike vermindering in die getalle van die *Culex* spp. gelei in so 'n mate dat bykans geen *Culex* wyfies in die ligvalle tydens die koudste maande gevind is nie (Vergelyk Fig. 2.5 met Figure 2.14 - 2.16). Hierdie resultate stem ooreen met die bevindinge van Grimstad & DeFoliart (1975) waar meeste spesies nie versamel is tydens nagte wat die temperatuur tot benede 10°C gedaal het nie. Daar is tydens die huidige studie gevind

dat humiditeit ook 'n invloed op die vangste van die *Culex* spp. gehad het. Die meeste individue is versamel gedurende die tye wat die relatiewe humiditeit tussen 40% en 95% gewissel het (vergelyk Fig. 2.6 met Figure 2.14 - 2.16). Die grootste aantal *Culex* wyfies is tydens die vroeë tot die laat somermaande versamel, waarskynlik vanweë die hoër reënval en hoër gemiddelde temperature.

Cx. theileri was die dominante spesie wat tydens 1996 versamel is en het 34,7% van die totale spesieverskeidenheid tydens 1996 uitgemaak (Fig. 2.11). Tydens 1997 was *Cx. theileri* die tweede dominantste spesie deurdat dit 27,6% van die totale vangste uitgemaak het (Fig. 2.12). Hierdie resultate het ooreengestem met bevindinge van Jupp *et al.* (1980) by 'n versamelgebied in Bethulie in die suidelike Vrystaat asook met die van Van der Linde *et al.* (1982) vir 'n landelike gebied in die westelike Vrystaat. Van Staden (1992) het *Cx. theileri* ook as die dominante spesie vir die Bloemfontein-omgewing aangedui. Daarteenoor het Jupp & McIntosh (1967) gevind dat *Cx. pipiens* die dominante spesie was, gevolg deur *Cx. theileri* en *Cx. univittatus* tydens hul ondersoek vanaf 1962 tot 1965 in die Olifantsvlei-omgewing.

Tydens die huidige studie is *Cx. theileri* by al drie studielokaliteite aangetref en wil dit voorkom of hierdie spesie van 'n wye verskeidenheid van waterhabitats vir eierlegging gebruik maak. Albertyn (1988) het gevind dat die wyfies van hierdie spesie van verskeie waterpoele, hetsy tydelik of permanent, vir eierlegging gebruik gemaak het. Die teenwoordigheid of afwesigheid van plantegroei in die damme het ook nie 'n invloed op die eierleggingskeuse van die wyfies gehad nie (Albertyn, 1988). Tydens die huidige studie het *Cx. theileri* 'n piek gedurende Maart 1996 en weer gedurende November 1996 bereik, teenoor Februarie en Oktober 1997 en Januarie 1998 (Fig. 2.14). Dit stem ooreen met Van Staden (1992) se resultate vir 1989 alhoewel Jupp & McIntosh (1967) gevind het dat *Cx. theileri* die volopste gedurende Februarie was. *Cx. theileri* was ook die enigste spesie wat byna regdeur die jaar voorgekom het (Fig. 2.14). Volgens Hewitt *et al.* (1982) kan dit toegeskryf word aan die breë temperatuurtoleransie van hierdie spesie wat tot hul wye verspreiding bygedra het. Vanaf April tot Augustus 1996 is slegs klein getalle van hierdie spesie versamel, terwyl

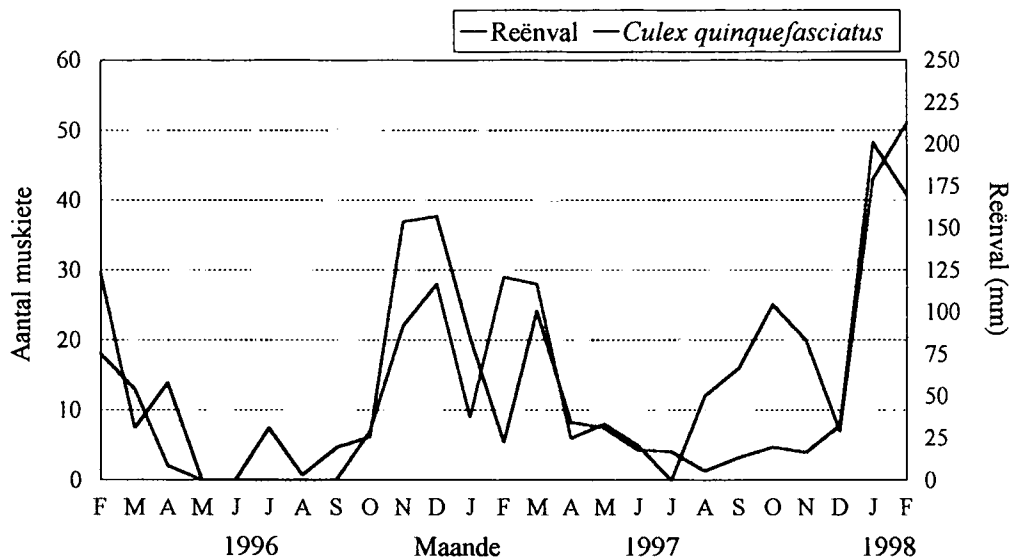
geen *Cx. theileri* wyfies tydens Mei en September 1996 versamel is nie (Fig. 2.14).



Figuur 2.14: Die totale aantal *Culex theileri* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Lae wintertemperature het ook meegebring dat byna geen *Cx. theileri* tydens die wintermaande van 1997 versamel is nie (Fig. 2.14).

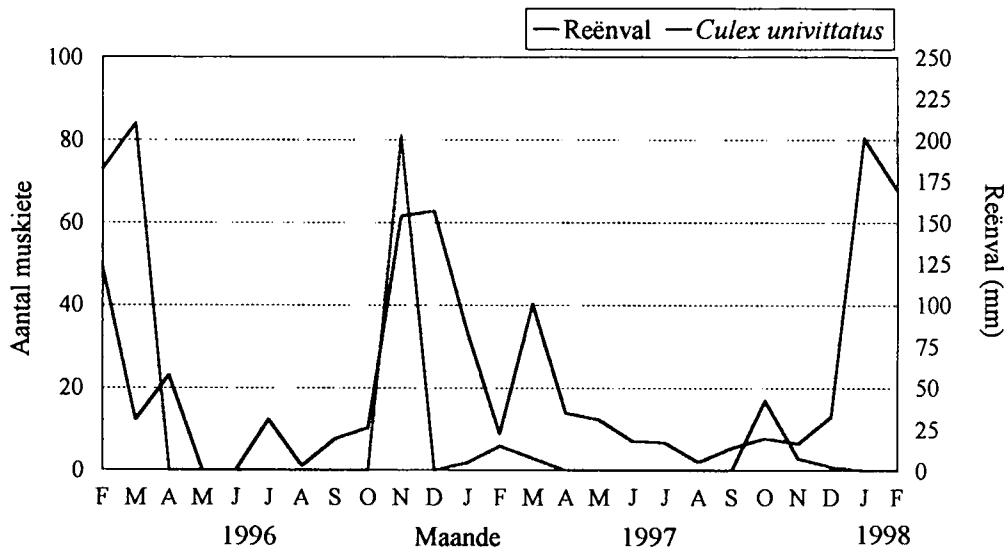
Alhoewel *Cx. quinquefasciatus* tydens die grootste deel van die studietydperk voorgekom het, is hulle in baie kleiner getalle as *Cx. theileri* versamel (vergelyk Figure 2.11 - 2.13). Jupp *et al.* (1980) het in die Karoo-omgewing *Cx. quinquefasciatus* ook net in klein getalle versamel. Hierdie spesie het tydens die huidige studie 'n piek gedurende Februarie 1996 en weer Desember 1996 bereik waarna dit weer tydens Februarie en Oktober 1997 asook Februarie 1998 die volopste was (Fig. 2.15). Tydens die koue wintermaande (Mei tot Augustus) van 1996 was hierdie spesie heeltemal afwesig in die ligvalle terwyl hulle in 1997 net tydens Julie nie versamel is nie (Fig. 2.15). 'n Effens hoër gemiddelde temperatuur het tydens die winter van 1997 voorgekom in vergelyking met 1996 (Fig. 2.5). Tesame hiermee kon die droë winterseisoen van 1996 teenoor die heelwat natter wintermaande van 1997 hierdie verspreiding tot gevolg gehad het. 'n Laer CO₂ vloeitempo (200ml/min) is saam met



Figuur 2.15: Die totale aantal *Culex quinquefasciatus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

die ligvalle gebruik teenoor die 250ml/min wat deur Van Staden (1992) gebruik is. Hierdie verskynsel kon moontlik bygedra het tot die groter getal *Cx. quinquefasciatus* wyfies wat tydens die huidige studie versamel is, aangesien *Cx. quinquefasciatus* volgens Service (1993) deur groot volumes CO₂ verdryf word.

Cx. univittatus het hoofsaaklik tydens die laat somer van 1996 (Februarie & Maart) en tydens November van dieselfde jaar voorgekom in aansienlik groter getalle as wat met *Cx. quinquefasciatus* die geval was tydens 1996 (Figure 2.15 & 2.16). Tydens 1997 is *Cx. univittatus* in baie klein getalle tydens die vroeë lente versamel waarna dit nie weer in die ligvalle aangetref is nie (Fig. 2.16). Hieruit kan afgelei word dat die voorkoms van hierdie spesie baie nou gekoppel is aan omgewingsfaktore soos reënval en temperatuur aangesien pieke bestaande uit groot getalle van hierdie spesie slegs vir 'n kort tydperk van die jaar voorgekom het tydens maande waarvan die reënval en gemiddelde temperatuur redelik hoog was (Fig. 2.16). 'n Lae maar periodieke reënval sedert die wintermaande van 1997 het tot slegs enkele muskiete van hierdie spesie gelei. Die voorkoms van *Cx. univittatus* toon 'n ooreenkoms met die bevindinge van Jupp & McIntosh (1967), asook met die voorkoms van *Cx. univittatus* tydens die



Figuur 2.16: Die totale aantal *Culex univittatus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

wintermaande van 1976 tot 1978 in die westelike Vrystaat (Van der Linde *et al.*, 1982). Van Staden (1992) het *Cx. univittatus* in aansienlike groter getalle gedurende 1989 tot 1990 in Bloemfontein gevind. Mostert (1981) het gevind dat hierdie spesie 'n opbloeitydens Januarie tot April van 1976 tot 1978 getoon het, waarna die getalle skerp gedaal het en konstant gebly het vir die periode Mei tot November van 1976 tot 1978. Ongeveer middel Desember (1976 - 1978) het daar weer 'n geringe getalstoename voor die volgende opbloeitydens voorgekom (Mostert, 1981). Eksperimentele werk deur Mostert (1981) het aan die lig gebring dat die wyfies van *Cx. univittatus* 'n sterk voorkeur het vir water wat oor larwale oorblyfsels, o.a. kopkapsules, vervellings ens., beskik vir eierlegging. Chemiese stowwe in die water waarin die eierpakkies gelê word, het ook moontlik 'n invloed op die eierleggingsproses (Mostert, 1981). Volgens Jupp (1967) en Hewitt *et al.* (1982) beskik *Cx. univittatus* oor redelike spesifieke klimaatsvereistes en larwale habitatsvoorkeure. Dit mag dus die kleiner getalle van hierdie spesie wat tydens die huidige studietydperk versamel is, verklaar.

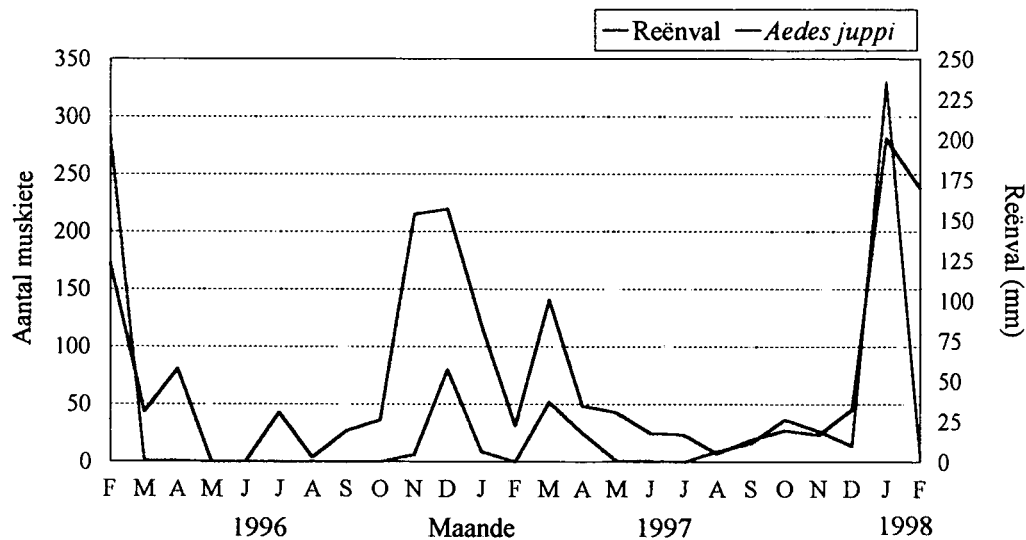
2.3.1.2.2 *Aedes spesies*

Sekere *Aedes* spp., bekend as vloedwatermuskiete, kom hoofsaaklik in gebiede voor

wat aan seisoenale of tydelike vloede onderworpe is (Horsfall, 1963). Hierdie genus oorleef die wintermaande in die eierstadium om tydens die warmer lente, na afloop van voldoende reëns, tot groot getalle volwasse muskiete te ontwikkel. Die eiers van vloedwatermuskiete kan ongunstige toestande o.a. droogtes, lae temperature en onvoldoende onderdompeling oorleef (Horsfall, 1956).

Van al die *Aedes* spesies wat versamel is, was *Ae. juppi* regdeur die studietydperk die volopste (Figure 2.11 - 2.13). Hierdie spesie tesame met *Ae. caballus* was ook die volopste *Aedes* spesie wat tydens 1976 tot 1978 deur Van der Linde *et al.* (1982) in die westelike Vrystaat versamel is. *Ae. juppi* is ook tydens 1989 tot 1990 as die volopste *Aedes* spesie in Bloemfontein gevind (Van Staden, 1992).

Groot getalle *Ae. juppi* wyfies is tydens Februarie 1996 versamel waarna hulle getalle skerp afgeneem het met 'n afname in die reënval tydens Maart 1996 (Fig. 2.17).

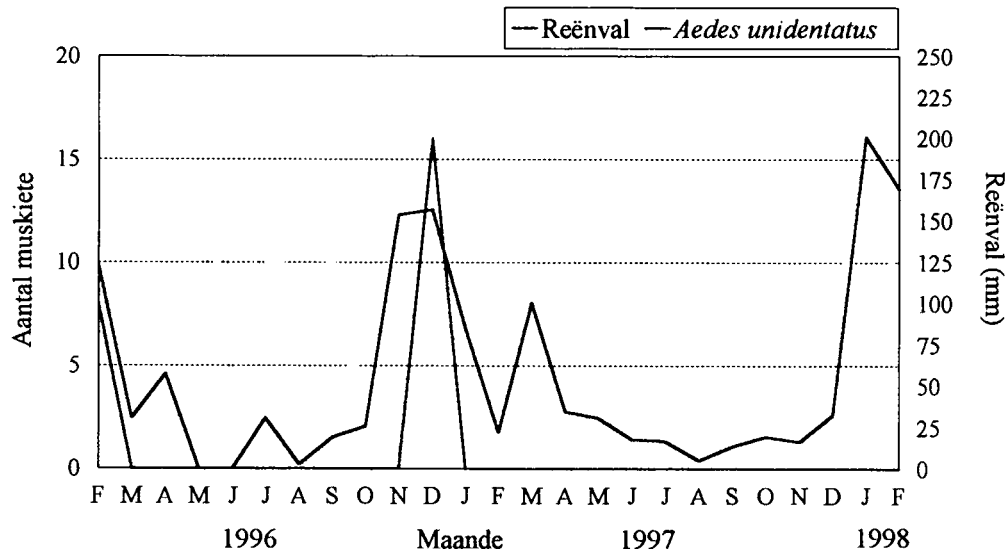


Figuur 2.17: Die totale aantal *Aedes juppi* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Geen *Ae. juppi* is vanaf Maart tot Oktober 1996 in die ligvalle gevind nie en was moontlik vanweë onvoldoende reënval, vir die onderdompeling van die eiers, tydens

hierdie tydperk (Fig. 2.17). Goeie reënneerslae vanaf November 1996 tot Januarie 1997 het tot 'n toename in die getalle van hierdie spesie gelei waarna dit tydens Februarie 1997 vanweë onvoldoende reënval heeltemal afwesig was in die ligvalle (Fig. 2.17). Aangesien slegs sagte reën tydens laasgenoemde maand voorgekom het en geen reënpoele gevorm het nie, maar die water net weggesypel het, was dit dus nie moontlik vir die eiers van hierdie muskiete om te kon uitbroei nie. Soos wat verwag is, het die swaar reëns tydens Januarie en Februarie 1998 weer tot groot getalle van hierdie spesie aanleiding gegee en is dit duidelik dat die voorkoms van *Ae. juppi* grootliks deur reënval, veral donderbuie, beïnvloed word.

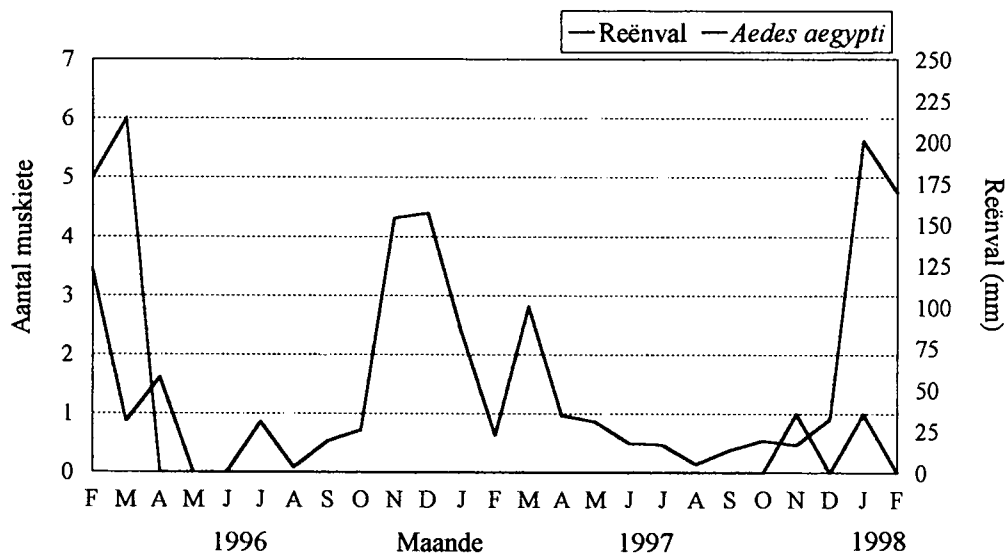
Ae. unidentatus is in baie kleiner getalle versamel as *Ae. juppi* (vergelyk Figure 2.17 & 2.18). Hierdie spesie het slegs vir 'n kort tydperk tydens Februarie 1996 voorgekom waarna hulle tydens die herfs en winterseisoen heeltemal afwesig was. Vanweë die hoë reënval tydens November en Desember 1996 is hierdie muskiete weer in klein getalle tydens Desember gevind (Fig. 2.18).



Figuur 2.18: Die totale aantal *Aedes unidentatus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Ae. unidentatus is ten spyte van redelike goeie reënval gedurende Januarie en Maart 1997 glad nie gedurende 1997 en Januarie en Februarie 1998 versamel nie (Fig. 2.18). Dit wil dus voorkom asof hierdie spesie oor die algemeen skaars is in die natuur. Min individue is gedurende die huidige studie met ligvalle gevang. Slegs vier wyfies van hierdie spesie is deur Jupp *et al.* (1980) tydens die somermaande in die Bethulie en Luckhoff-distrikte in die Karoo versamel. *Ae. unidentatus* is ook in klein getalle deur Van der Linde *et al.* (1982) in die westelike Vrystaat tydens die somerseisoen van 1977 versamel, waarna dit nie weer in die ligvalle aangetref is nie. Hierdie spesie is glad nie deur Van Staden (1992) tydens 1989 tot 1990 aangetref nie. Vermoedelik het *Ae. unidentatus* spesifieke habitatsvoorkeure t.o.v eierlegging en word hierdie spesie moontlik ook grootliks deur omgewingsfaktore soos reënval en temperatuur beïnvloed.

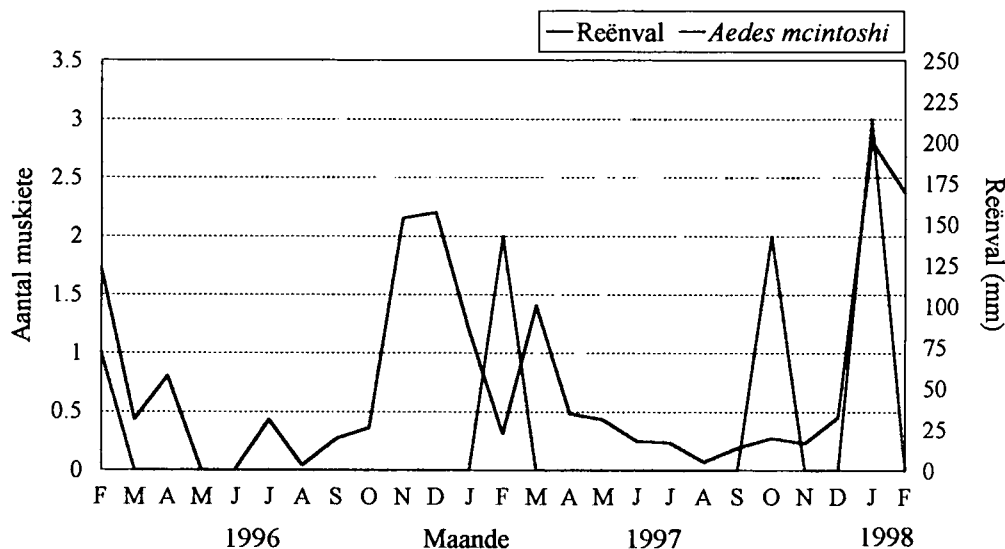
Ae. aegypti is tydens die somer van 1996 vir die eerste keer in Bloemfontein versamel nadat slegs een wyfie deur Jupp *et al.* (1980) tydens die somermaande van 1968 tot 1971 in die Bethulie en Luckhoff-distrikte in die suidelike Vrystaat versamel is. Hierdie spesie is slegs in klein getalle tydens Februarie en Maart 1996 versamel (onderskeidelik vyf en ses individue) (Fig. 2.19).



Figuur 2.19: Die totale aantal *Aedes aegypti* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Daarna is net twee wyfies tydens November 1997 en Januarie 1998 in die ligvalle gevind (Fig. 2.19). *Ae. aegypti* kom nie algemeen in die Vrystaat voor nie, maar is hoofsaaklik tot KwaZulu-Natal beperk (Jupp, 1996). Gedurende die huidige studie is *Ae. aegypti* in Zastron in die suidelike Vrystaat ontdek en ook in 1998 in Christiana in die Noord-Wes provinsie versamel. Gedurende 1998 en weer in 2000 is *Ae. aegypti* ook in die Oos-Vrystaatse dorp Ficksburg deur inwoners versamel. Die rede vir hierdie sporadiese voorkoms kan moontlik aan omgewingsfaktore soos 'n verhoging in die reënval en die voorkoms van gematigde temperature toegeskryf word. Hierdie omgewingsfaktore kan aanleiding gee tot die tydelike voorkoms van hierdie spesie in dele van die Vrystaat, maar dit is onseker of *Ae. aegypti* permanent in die Vrystaat gevestig is.

Slegs agt *Ae. mcintoshi* wyfies is tydens die studietydperk versamel (Fig. 2.20). Hierdie spesie is net tydens die warmer somermaande aangetref. Wyfies van hierdie spesie is slegs na goeie reënneerslae gevind, waartydens hulle ook net vir kort tydperke voorgekom het (Fig. 2.20).

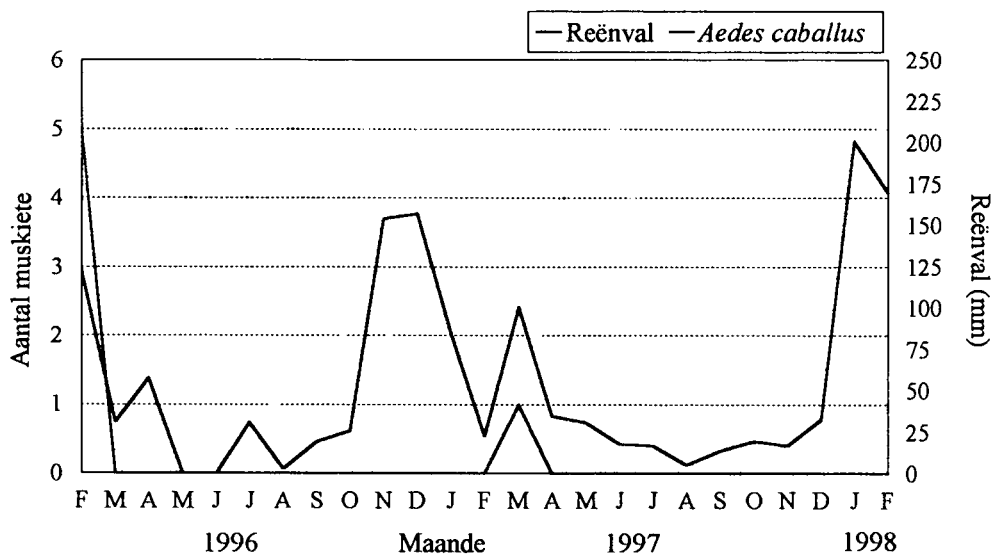


Figuur 2.20: Die totale aantal *Aedes mcintoshi* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Volgens Jupp *et al.* (1980) was *Ae. mcintoshi* (> 4000 individue) en *Ae. caballus* (>

2000 individue) van die dominante *Aedes* spesie wat tydens 1968 tot 1971 in Bethulie en Luckhoff versamel is. Eersgenoemde spesie is ook in groot getalle deur Van der Linde *et al.* (1982) tydens die somermaande van 1976 tot 1978 in die westelike Vrystaat versamel. *Ae. mcintoshi* was egter afwesig in die ligvalle wat deur Van Staden (1992) tydens 1989 tot 1990 gemonitor is. Volgens Jupp *et al.* (1980) word die meeste wyfies van hierdie spesie hoofsaaklik net na swaar reënneerslae gevind.

Net soos in die geval van *Ae. mcintoshi*, is min, slegs ses *Ae. caballus* wyfies tydens Februarie 1996 en Maart 1997 in die ligvalle aangetref (Fig. 2.21). Hierdie verskynsel was nie te wagte nie aangesien Jupp *et al.* (1980) ongeveer dieselfde getalle *Ae. juppi*, *Ae. mcintoshi* en *Ae. caballus* versamel het. Daarby het Van der Linde *et al.* (1982) groot getalle van *Ae. caballus* tydens die studietydperk van 1976 tot 1978 versamel. Van der Linde *et al.* (1982) het *Ae. caballus* soms in groter getalle as *Ae. juppi* versamel. Alhoewel *Ae. juppi* die volopste spesie in totaal was, het die weeklikse vangste van *Ae. caballus* dikwels die van *Ae. juppi* oorskry (Van der Linde *et al.*, 1982).

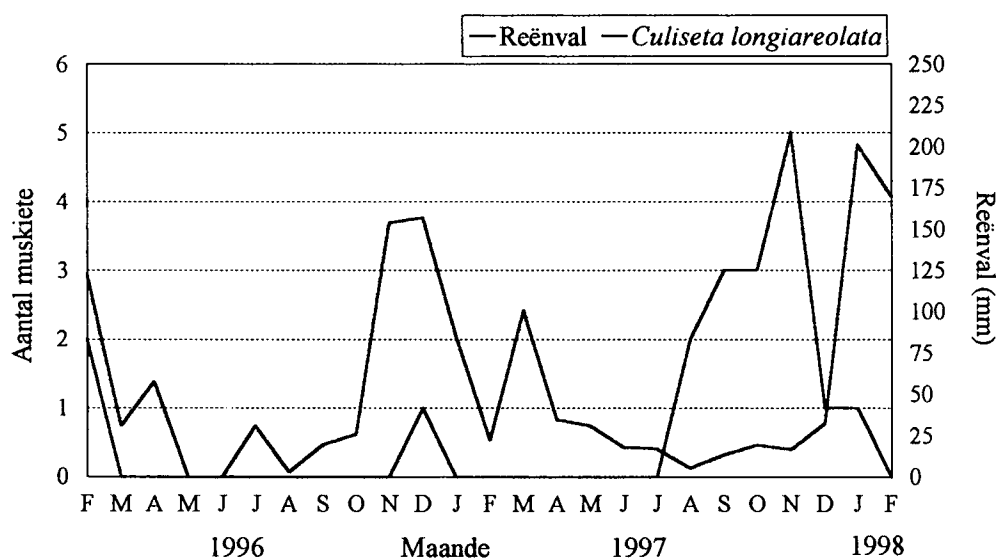


Figuur 2.21: Die totale aantal *Aedes caballus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Daar kon verwag word dat die swaar reënneerslae tydens Januarie en Februarie 1998 tot 'n toename in die getalle van hierdie spesie in die Bloemfontein-omgewing sou lei, maar geen van hierdie muskiete is tydens die tydperk versamel nie (Fig. 2.21). Die moontlikheid bestaan egter dat die wyfies van hierdie spesie tydens die laat somermaande van 1997 van ander eierleggingshabitats gebruik gemaak het en eers later in die somer van 1998 in die studiegebied voorgekom het. Beëindiging van die studie aan die einde van Februarie 1998 het vermoedelik meegebring dat hierdie spesie nie versamel is nie.

2.3.1.2.3 *Culiseta spesies*

Cs. longiareolata was die enigste *Culiseta* spesie wat tydens die studietydperk versamel is. *Cs. longiareolata* is in klein getalle tydens die huidige studietydperk versamel en het onderskeidelik slegs 0,3% (1996), 2,4% (1997) en 0,2% (1998) van die totale muskietvangste uitgemaak (Figure 2.11 - 2.13). Hierdie spesie is, hoewel in klein getalle, hoofsaaklik gedurende die lente van 1997 versamel alhoewel hulle ook tydens Februarie en Desember 1996 aangetref is (Fig. 2.22).

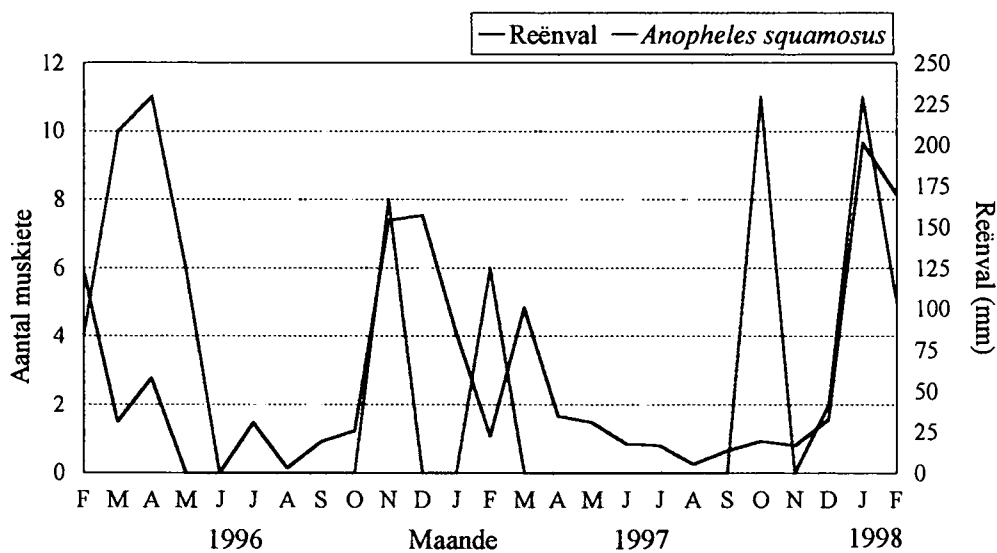


Figuur 2.22: Die totale aantal *Culiseta longiareolata* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

Vir eierlegging verkies hierdie spesie waterpoele en mensgemaakte strukture soos suipkrippe waarvan die water helder en sonder plantegroei is (Jupp, 1978; Van Pletzen & Van der Linde, 1981). *Cs. longiareolata* is in klein getalle reg deur die jaar deur Van der Linde *et al.* (1982) versamel, terwyl Van Staden (1992) hierdie spesie hoofsaaklik tydens die koeler maande (Februarie tot Junie, 1989 en Februarie tot Mei, 1990) versamel het. Die afwesigheid van mensgemaakte waterhoudende strukture in die nabye omgewing van die ligvalle, verklaar moontlik die klein getalle waarin hierdie spesie tydens die huidige studietydperk versamel is. *Cs. longiareolata* word waarskynlik nie geredelik deur New Jersey ligvalle aangelok en versamel nie (Van Staden, 1992) en kan dit ook moontlik die lae getalle van hierdie spesie in die ligvalle verklaar. Daarby is dit ook moontlik dat hierdie spesie bloot nie in groot getalle voorkom nie (Van Pletzen & Van der Linde, 1981).

2.3.1.2.4 *Anopheles* spesies

An. squamosus was die enigste *Anopheles* spesie wat tydens die studietydperk versamel is. Hierdie spesie is in groter getalle as *Cs. longiareolata* versamel en het 'n piek bereik tydens die koeler maande van Maart tot April 1996 waarna dit weer tydens die warmer somermaande (November & Februarie) versamel is (Fig. 2.23).



Figuur 2.23: Die totale aantal *Anopheles squamosus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die ligvalle in Bloemfontein versamel is.

An. squamosus was heeltemal afwesig vanaf middel winter tot die begin van die somer en dit wil dus voorkom of temperatuur 'n beperkende faktor is vir die voorkoms van hierdie spesie. Volgens Van Staden (1992) wil dit blyk of hierdie spesie temperature tussen 12°C en 20°C verkies. Van der Linde *et al.* (1982) het *An. squamosus* egter gereeld tydens die wintermaande van 1976 tot 1978 versamel.

2.3.2 Onvolwasse muskiete versamel

2.3.2.1 Fluktuasies in getalle versamel

Relatief min onvolwassenes nl. 688 is tydens die huidige studietydperk versamel. Hierdie verskynsel word hoofsaaklik toegeskryf aan die teenwoordigheid van verskeie predatore o.a. paddavisse, platannas, visse en verskeie akwatiese insekte (Belostomatidae, Odonata en Ephemeroptera larwes) in die damme waaruit die larwes versamel is.

Die onvolwasse stadia het in vyf onderskeidende pieke in Februarie tot Maart 1996 en November tot Desember 1996, Februarie tot Maart 1997, Augustus tot September 1997 en Januarie 1998 voorgekom (Fig. 2.24). 'n Verwantskap tussen hierdie pieke en die totale maandelikse reënval van 1996 - 1998 het voorgekom (Fig. 2.24). Namate die reënval tydens die laat somer van 1996 afgeneem het, het dit tot 'n aansienlike afname in die getalle van die onvolwassenes wat versamel is, gelei. Slegs 27 muskietlarwes is tydens Februarie 1996 en 25 larwes tydens Maart 1996 versamel (Fig. 2.24). Daarbenewens het 'n lae reënval tydens die herfsmaande van 1997 meegebring dat geen larwes tydens Junie en Julie 1997 versamel is nie (Fig. 2.24). Hierdie verskynsel kan volgens White (1980), in Van Staden (1992) aan hoofsaaklik vier faktore toegeskryf word nl. die fluktuering in die watervlakke van die damme, intraspesifieke digtheidsfaktore (o.a. beskikbare voedsel, oorpulasie en kompetisie), predasie en baie lae of hoë water-en lugtemperature wat beide die voorkoms van onvolwasse sowel as volwasse muskiete beïnvloed. Die hoë reënval sedert November 1996 tot Januarie 1997 het 'n verhoging meegebring in die totale aantal onvolwassenes wat gedurende die warm somermaande versamel is (Fig. 2.24). Tydens Februarie 1997 is 84 larwes versamel, terwyl 89 larwes in Maart 1997 versamel is (Fig. 2.24).

Wisselende maar gereelde reënbuie tydens die winter van 1997 het tot 'n toename in die aantal onvolwassenes tydens die lente gelei (Fig. 2.24). Geen swaar reëns het tydens

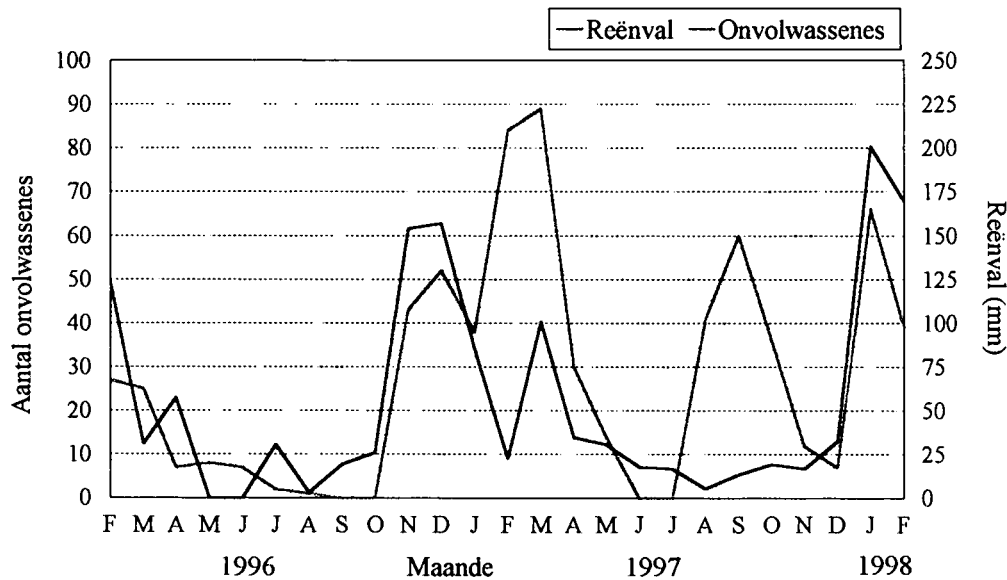
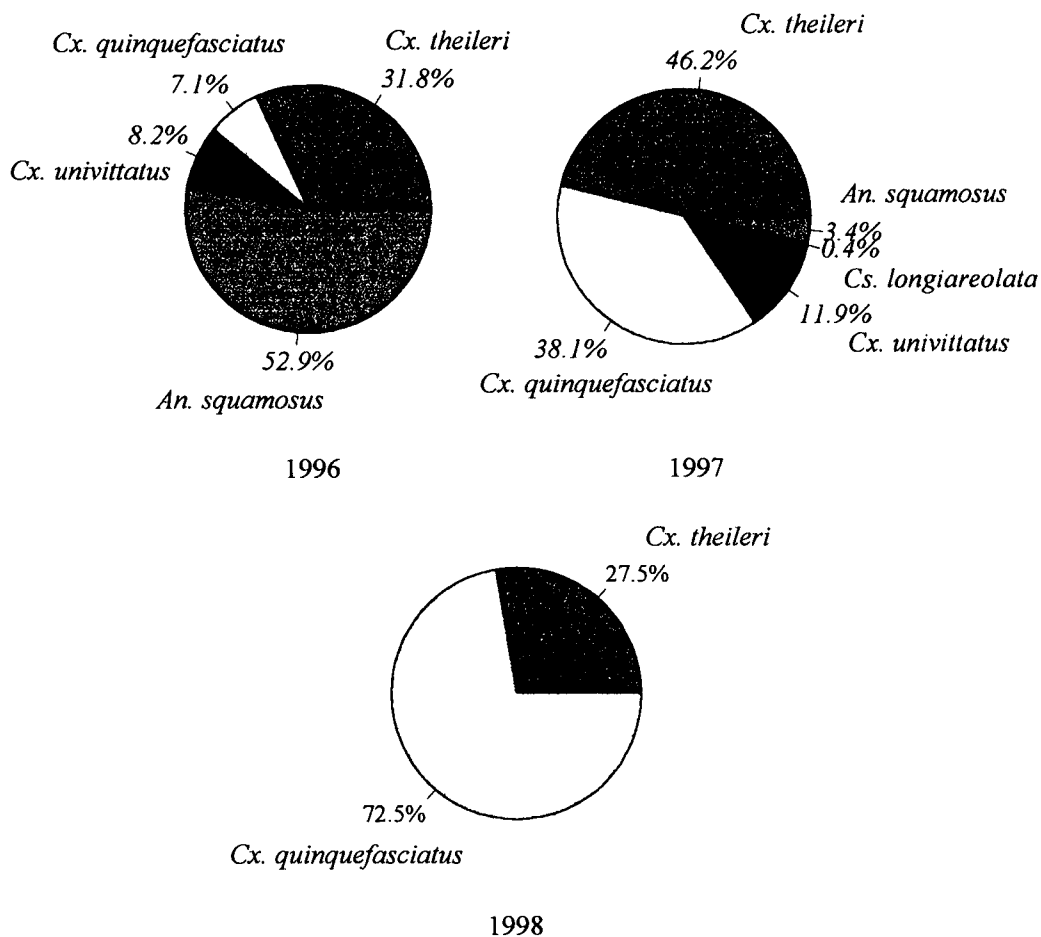


Fig. 2.24: Die totale aantal onvolwassenes wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in die Bloemfontein-omgewing versamel is.

Augustus en September 1996 voorgekom nie, wat meebring het dat die Vallei van Sewe Damme, waarin die meeste larwes voorgekom het, begin opdroog het. Daarby het die water vanweë die ontbindende plantmateriaal begin vertroebel en sleg geruik. Hierdie verskynsel het moontlik bygedra tot die groot afname in die totale aantal larwes wat tydens September en Oktober 1996 versamel is. Die watervlakke van die damme het sedert Oktober 1997 vinnig gedaal en twee van die drie damme was teen Desember 1997 heeltemal opgedroog. Dit verklaar die baie lae voorkoms van muskietlarwes tydens November en Desember 1997 (Fig. 2.24). Slegs 12 onvolwassenes is tydens November 1997 en sewe onvolwassenes tydens Desember 1997 versamel. Swaar reënneerslae tydens Januarie 1998 het meebring dat die damme weer oor voldoende water vir muskieteierlegging beskik het wat tot 'n toename in die onvolwassenes se getalle gelei het (Fig. 2.24). Sowat 66 larwes is tydens Januarie 1998 versamel waarna 39 larwes tydens Februarie 1998 versamel is (Fig. 2.24).

2.3.2.2 Spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid

Tydens die studietydperk het 'n totaal van 586 onvolwassenes die volwassestadium bereik waarvan 361 wyfies en 225 mannetjies was. Slegs die wyfies is geïdentifiseer en verdere verwysing na muskietspesies en getalle het net op die wyfies betrekking. Vyf spesies is in totaal tydens die studietydperk versamel. Tydens 1996 is slegs vier spesies versamel waarvan *An. squamosus* die dominante spesie was, gevolg deur *Cx. theileri*, *Cx. univittatus* en *Cx. quinquefasciatus* (Fig. 2.25).



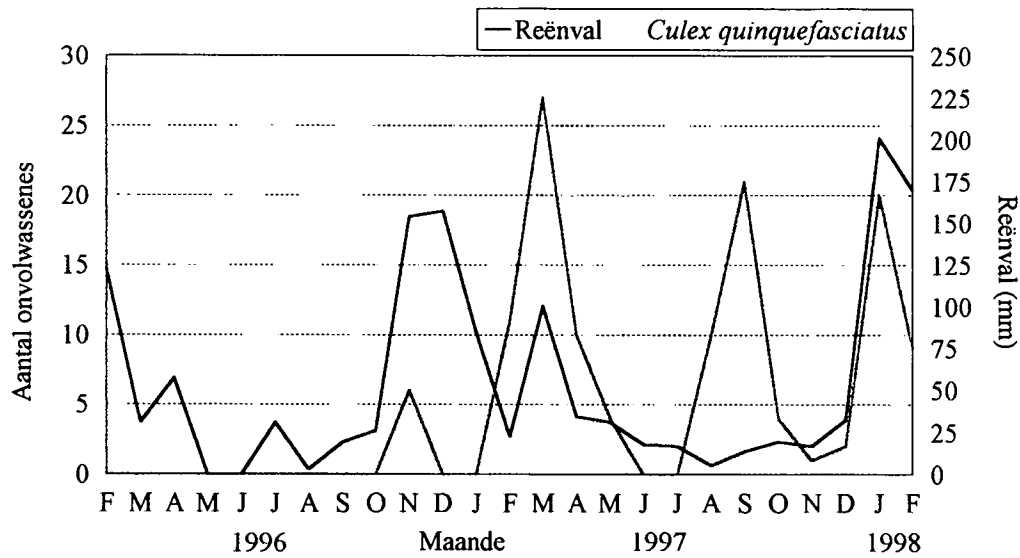
Figuur 2.25: Die spesieverskeidenheid en relatiewe volopheid van onvolwasse muskiete wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 in Bloemfontein versamel is.

Vyf spesies is tydens 1997 versamel (Fig. 2.25). *Cx. theileri* en *Cx. quinquefasciatus* het in groter getalle as die ander spesies wat tydens 1997 versamel is, voorgekom. In teenstelling met 1996 het *Cx. quinquefasciatus* 'n betekenisvol groter persentasie van die muskietpopulasies van beide 1997 en 1998 uitgemaak (Fig. 2.25). *An. squamosus* wat meer as die helfte van die muskietpopulasie in 1996 uitgemaak het, was bykans heeltemal afwesig in 1997 en is glad nie in 1998 versamel nie (Fig. 2.25). Ten spyte van die hoë reënval tydens Januarie en Februarie 1998 is slegs twee *Culex* spesies nl. *Cx. theileri* en *Cx. quinquefasciatus* versamel (Fig. 2.25). Aangesien die monitering van die damme aan die einde van Februarie 1998 gestaak is, is dit moontlik dat ander muskietspesies later in die seisoen kon voorgekom het.

Die broeihabitats van *Aedes* spesies kon nie tydens die studie in die versamelgebied, waar muskietlarwes versamel is, gevind word nie, moontlik vanweë die versamelmetodes wat gebruik is. Van Staden (1992) het egter daarin geslaag om *Ae. juppi* in klein getalle tydens 1990 te versamel aangesien sy ook by ander habitats versamel het.

2.3.2.2.1 *Culex* spesies

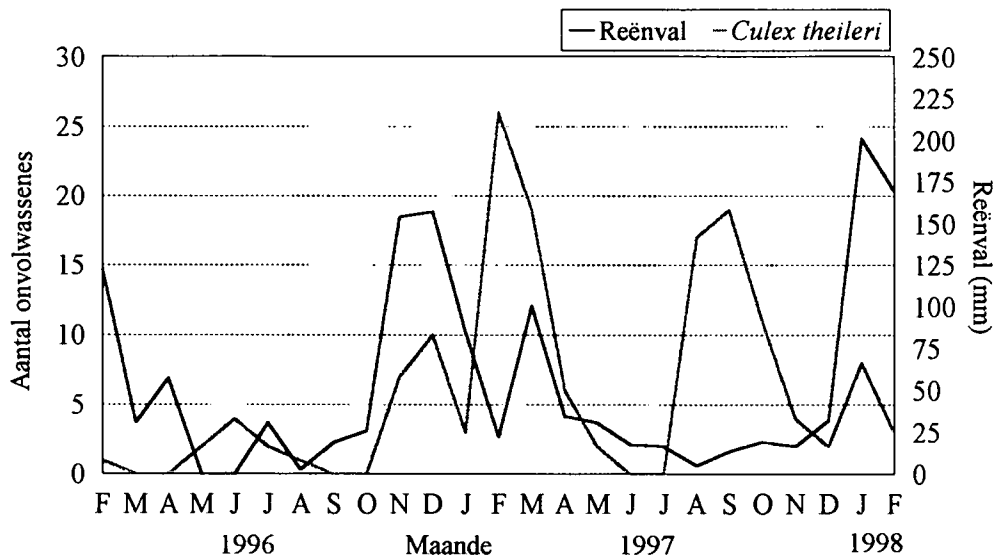
Drie *Culex* spesies is as onvolwassenes versamel nl. *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. theileri* en *Cx. univittatus* (Fig. 2.25). Slegs ses *Cx. quinquefasciatus* larwes is in November in 1996 versamel (Fig. 2.26). Die voorkoms van hierdie spesie het egter tydens die laat somermaande van 1997 begin toeneem waartydens dit 'n piek gedurende Februarie 1997 bereik het (Fig. 2.26). Tydens die koue wintermaande was hierdie spesie heeltemal afwesig in die damme en is dit eers weer tydens die lente aangetref. Met die opdroog van die damme tydens die warm somermaande van 1997, het die getalle van hierdie spesie baie afgeneem waarna dit weer na die swaar reënneerslae tydens Januarie en Februarie 1998 toegeneem het (Fig. 2.26). Die water van die damme het deurgaans baie plantmateriaal bevat en het namate dit begin opdroog het, begin vertroebel vanweë die groot hoeveelhede ontbindende plantmateriaal. Die water waarin *Cx. quinquefasciatus* larwes versamel is, was ryk aan organiese materiaal. Volgens Jupp (1978) is *Cx. quinquefasciatus* 'n spesie wat gereedelik in die Vrystaat



Figuur 2.26: Die totale aantal *Culex quinquefasciatus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 as onvolwassenes in Bloemfontein versamel is.

voorkom aangesien die larwes van hierdie spesie gereeld in permanente en tydelike gronddamme aangetref word. *Cx. quinquefasciatus* is net in klein getalle deur Van Staden (1992) versamel en hoofsaaklik tydens die vroeë herfsmaande van 1989 en 1990.

Cx. theileri is in kleiner getalle as *Cx. quinquefasciatus* versamel en het hoofsaaklik tydens die hele jaar voorgekom behalwe tydens September en Oktober 1996 en Junie en Julie 1997 (Fig. 2.27). Enkele larwes is tydens die wintermaande van 1996 versamel (Fig. 2.27). 'n Hoë reënval tydens die November en Desember 1996 en Januarie 1997 het meegebring dat die meeste *Cx. theileri* larwes kort daarna versamel is (Fig. 2.27). Ten spyte van goeie reën tydens Februarie 1996, is byna geen larwes van hierdie spesie tydens hierdie tydperk versamel nie. *Cx. theileri* was hoofsaaklik afwesig tydens die koudste maande van die winter (Junie en Julie) in 1997, waarna hulle 'n piek in Augustus en September 1997 gevorm het. Volgens Van Staden (1992) het hierdie spesie in meeste van die damme tydens 1989 en 1990 voorgekom. Dit wil voorkom of *Cx. theileri* 'n wye verskeidenheid van standhoudende en tydelike watermassas as larwalehabitat verkies. Van der Linde (1984) het gevind dat *Cx. theileri* die volopste was vanaf Januarie tot Mei van elk van die jare waartydens die

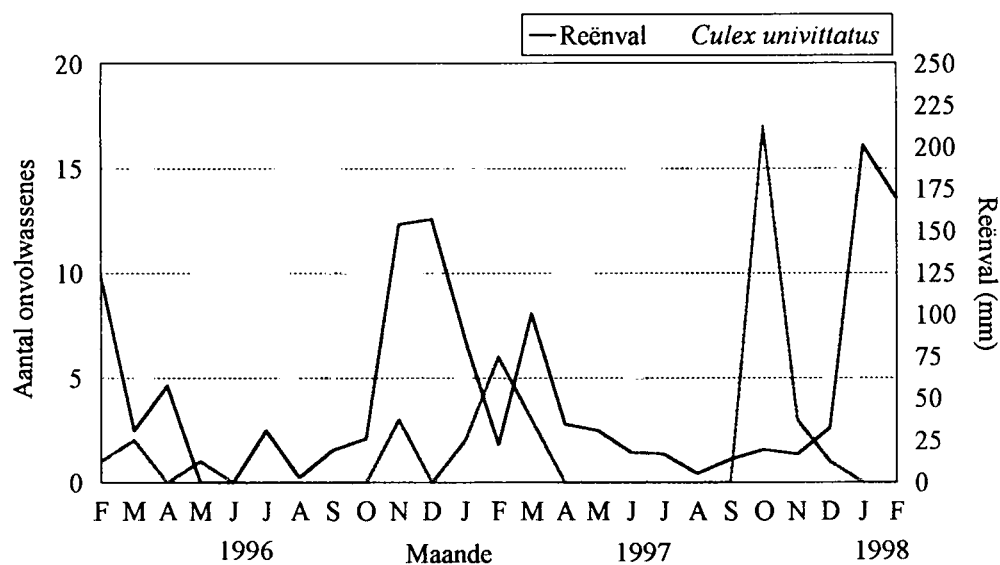


Figuur 2.27: Die totale aantal *Culex theileri* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 as onvolwassenes in Bloemfontein versamel is.

studie uitgevoer is. Die voorkoms van hierdie spesie het tydens die wintermaande afgeneem en weer vanaf die lente toegeneem (Van der Linde, 1984). Die vermoë van hierdie spesie om as onvolwassenes 'n verskeidenheid van temperatuurtoestande te kan oorleef, het moontlik bygedra tot die periodieke voorkoms daarvan tydens die huidige studietydperk.

Cx. univittatus is in klein getalle gedurende die studie periode versamel (Fig. 2.28). Hierdie spesie was tydens die wintermaande afwesig waarna hulle getalle begin toeneem het gedurende die warmer maande om 'n piek tydens November en Desember 1996 en weer in Oktober 1997 te vorm (Fig. 2.28). Volgens Jupp (1967) en Hewitt *et al.* (1982) beskik *Cx. univittatus* oor redelike spesifieke klimaatsvereistes en larwale habitatsvoorkeure o.a. helder water waarvan die organiese inhoud nie te hoog is nie. Dit mag dus die kleiner getalle van hierdie spesie wat tydens die huidige studietydperk versamel is, verklaar aangesien die damme waaruit die larwes versamel is, oor 'n aansienlike hoeveelheid plantmateriaal in die water beskik het.

Slegs 'n enkele *Cs. longiareolata* larf is tydens die somer van 1997 versamel. Hierdie

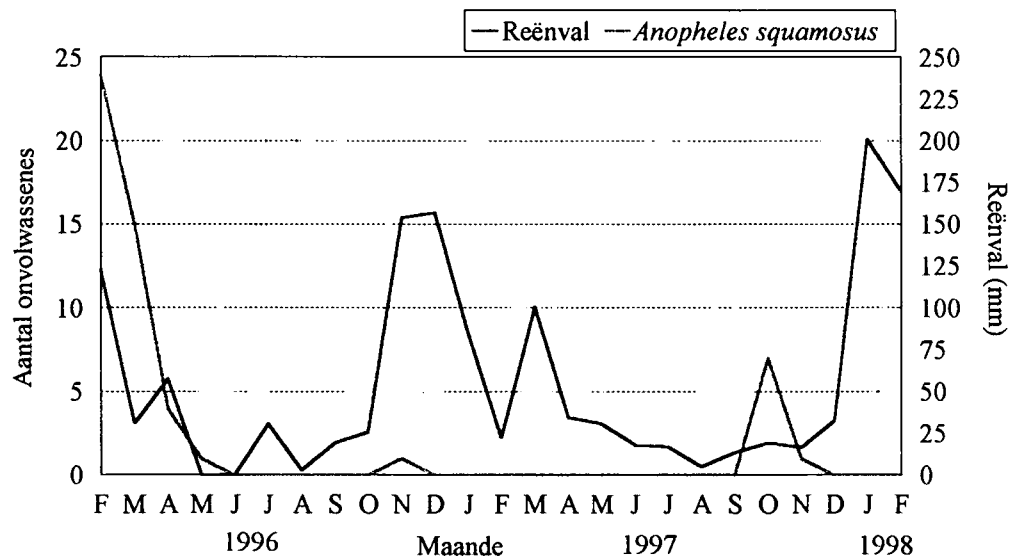


Figuur 2.28: Die totale aantal *Culex univittatus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 as onvolwassenes in Bloemfontein versamel is.

resultaat stem ooreen met die getalle van die *Cs. longiareolata* volwassenes wat 'n klein deel van die totale muskietgetalle uitgemaak het. Volgens Jupp (1978), Van Pletzen & Van der Linde (1981) en Albertyn (1988) toon *Cs. longiareolata* 'n voorkeur vir poele waarvan die wande diep en steil is. Daarby verkies hulle ook klein poele waarvan die plantegroei heeltemal afwesig is (Van Pletzen & Van der Linde, 1981).

2.3.2.2.2 *Anopheles* spesies

An. squamosus is hoofsaaklik tydens die laat somer en die vroeë herfs van 1996 versamel (Fig. 2.29). Enkele *An. squamosus* larwes is tydens November 1996 en weer later tydens die warmer lente (Oktober en November) van 1997 versamel. Van Staden (1992) het die larwes van hierdie spesie hoofsaaklik tydens die koeler maande van die jaar gevind. Volgens Gillett (1971) verkies *Anopheles* stil, helder, skaduryke en koel water. Die damme waaruit Van Staden (1992) versamel het, was met bome en lang gras omring en gevolglik uiters geskik vir die voorkoms van hierdie spesie. Die vereiste plantegroei het egter rondom die damme waaruit larwes tydens die huidige



Figuur 2.29: Die totale aantal *Anopheles squamosus* wyfies wat vanaf Februarie 1996 tot Februarie 1998 as onvolwassenes in Bloemfontein versamel is.

studie versamel is, ontbreek, wat kon meebring dat hierdie habitats nie baie geskik was vir hierdie spesie nie.

2.3 Gevolgtrekking

'n Totaal van tien muskietspesies is as volwassenes versamel teenoor die vyf spesies wat as larwes versamel is. *Ae. juppi* en *Cx. theileri* was die dominante spesies wat met behulp van ligvalle versamel is. Daarteenoor het *Cx. quinquefasciatus* en *Cx. theileri* die grootste deel van die larwalepopulasie uitgemaak. Daar is gevind dat verskeie klimaatsfaktore o.a. temperatuur, reënval en humiditeit gesamentlik 'n belangrike invloed op die spesieverskeidenheid en getalle van die muskiete wat versamel is, gehad het. Die populasiegetalle van beide die volwassenes en onvolwassenes het drasties tydens die droë en die koue seisoene afgeneem waarna dit vinnig 'n piek na hoë reënneerslae, gevolg deur warm weerstoestande, bereik het. Die gereelde voorkoms van hierdie vektorspesies in die Bloemfontein-omgewing bring mee dat die voorkoms van arboviruse soos Slenkdalkoors, Sindbis en Wes-Nyl nie uitgesluit kan word nie.

2.4 Literatuurverwysings

- ACOCKS, J.P.H. 1988. *Veld types of South Africa. Memoirs of the Botanical survey of South Africa. No. 57.* Department of Agriculture, Pretoria.
- ALBERTYN, D.L.C. 1988. Development and survival of *Culex (Culex) theileri* Theobald under fluctuating temperatures, humidities and salinities. *M.Sc-verhandeling, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- BARNARD, B.J.H. & BOTHA, M.J. 1977. An inactivated Rift Valley fever vaccine. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 48(1): 45-48.
- BARR, A.R., SMITH, A. & BOREHAM, M.M. 1960. Light intensity and the attraction of mosquitoes to light traps. *J. Econ. Ent.* 53(5): 876-880.
- BOWEN, M.F. 1992. Patterns of sugar feeding in diapausing and nondiapausing *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) females. *J. Med. Ent.* 29: 843-849.
- BROMILOW, C. 1996. *Probleemplant van Suid-Afrika.* Briza Publikasies, Pretoria.
- BROOKE WORTH, C., PATERSON, H.E. & DE MEILLON, B. 1961. The incidence of arthropod borne viruses in a population of culicine mosquitoes in Tongaland, Union of South Africa. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 10: 583-592.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction.* Chapman & Hall, London.

- DE KRUIJF, H.A.M. 1975. The relation between rainfall and mosquito populations. *Mosq. News*. 10(150): 61-66.
- GEAR, J., DE MEILLON, R., LE ROUX, A.F., KOFSKY, R., INNES, R.R., STEYN, J.J., OLIFF, W.D. & SCHULZ, K.H. 1955. Rift Valley fever in South Africa - A study of the 1953 outbreak in the Orange Free State, with special reference to the vectors and possible reservoir hosts. *Sth. Afr. Med. J.* 29: 514-518.
- GIBBS RUSSELL, G.E., WATSON, L., KOEKEMOER, M., SMOOK, L., BARKER, N.P., ANDERSON, H.M. & DALLWITZ, M.J. 1991. *Grasses of southern Africa*. National Botanic Gardens/Botanical Research Institute, Pretoria.
- GILLETT, J.D. 1971. *The world naturalist: Mosquitoes*. The Chaucer Press, Suffolk.
- GILLIES, M.T. & COETZEE, M. 1987. *A supplement to the Anophelinae of Africa south of the Sahara (Afrotropical Region)*. The South African Institute for Medical Research. Hortors Printers, Johannesburg.
- GRIMSTAD, P.R. & DEFOLIART, G.R. 1975. Mosquito nectar feeding in Wisconsin in relation to twilight and microclimate. *J. Med. Ent.* 11(6): 691-698.
- HARTBERG, W.K. 1971. Observations on the mating behavior of *Aedes aegypti* in nature. *Bull. W.H.O.* 45: 847-850.
- HEWITT, P.H., VAN DER LINDE, T.C.DE K., VAN PLETZEN, R., KOK, D.J., FOURIE, S., MOSTERT, D.J. & NEL, A. 1982. Temporal fluctuations in the numbers of female mosquitoes trapped at a site in the western Orange Free State. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 45(1): 69-92.

- HORSFALL, W.R. 1956. Eggs of floodwater mosquitoes. III. (Diptera: Culicidae). Conditioning and hatching of *Aedes vexans*. *Ann. Ent. Soc. Am.* 49(1): 66-71.
- HORSFALL, W.R. 1963. Eggs of floodwater mosquitoes (Diptera: Culicidae). IX. Local distribution. *Ann. Ent. Soc. Am.* 56(4): 426-441.
- JUPP, P.G. 1967. Larval habitats of culicine mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a sewage effluent disposal area in the South African Highveld. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 30(2): 242-250.
- JUPP, P.G. 1978. *Culex quinquefasciatus*, *Culex pipiens* and other culicines ovipositing in containers in the Karoo region of South Africa. *Mosq. News.* 38: 594-595.
- JUPP, P.G. 1996. *Mosquitoes of Southern Africa: Culicinae and Toxorhynchitinae*. Ekogilde Publishers, Hartebeespoort.
- JUPP, P.G. & MCINTOSH, B.M. 1967. Ecological studies on Sindbis and West Nile viruses in South Africa. II. Mosquito bionomics. *Sth. Afr. J. Med. Sci.* 32(1): 15-33.
- JUPP, P.G., MCINTOSH, B.M & NEVILL, E.M. 1980. A survey of the mosquito and *Culicoides* faunas at two localities in the Karoo region of South Africa with some observations on bionomics. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 47(1): 1-6.
- KHATTAT, F.H. 1955. An account of the taxonomy and biology of the larvae of Culicine mosquitoes in Iraq. 1. Central Iraq. *Bull. End. Diseases.* 1: 156-183.

- KOKERNOT, R.H., DE MEILLON, B., PATERSON, H.E., HEYMANN, C.S. & SMITHBURN, K.C. 1957. Middelburg virus. A hitherto unduring an epizootic in sheep in the Eastern Cape Province. *Sth. Afr. J. Med. Sci.* 22: 145-153.
- MACOBOY, S. 1969. *What flower is that?* Summit Books, Sydney.
- MAGNARELLI, L.A. 1983. Nectar sources and caloric reserves in natural populations of *Aedes canadensis* and *Aedes stimulans* (Diptera: Culicidae). *Environ. Ent.* 12: 1482-1486.
- McINTOSH, B.M. 1972. Rift Valley fever. 1. Vector studies in the field. *J. Sth. Afr. Vet. Assoc.* 43(4):391-395.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G., DOS SANTOS, I. & BARNARD, B.J.H. 1980. Vector studies on Rift Valley fever virus in South Africa. *Sth. Afr. Med. J.* 58: 127-132.
- MEYER, R.P., REISEN, W.K. & MILBY, M.M. 1991. Influence of vegetation on carbon dioxide trap effectiveness for sampling mosquitoes in the Sierra Nevada foothills of Kern County, California. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7(3): 471-475.
- MOSTERT, D.J. 1981. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) univittatus* Theobald (Diptera: Culicidae). *M.Sc.-verhandeling, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- REEVES, W.C. 1953. Quantitative field studies on a carbon dioxide chemotropism of mosquitoes. *Am. J. Trop. Med.* 2(3): 325-331.

- REEVES, W.C. 1990. Quantitative field studies on a carbon dioxide chemotropism of mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6(4):708-712.
- SCHAEFER, C.H. & MIURA, T. 1972. Sources of energy utilized by natural populations of the mosquito, *Culex tarsalis*, for overwintering. *J. Insect Physiol.* 18: 797-805.
- SERVICE, M.W. 1993. *Mosquito ecology: Field sampling methods*. Elsevier Science Publishers Ltd., London.
- SINGH, N., MISHRA, A.K. & SINGH, O.P. 1993. Preliminary observations on mosquito collections by light traps in tribal villages of Madhya Pradesh. *Indian J. Malariology.* 30(7): 103-107.
- STEYN, J.J. & SCHULZ, K.H. 1955. *Aedes Ochlerotatus caballus* Theobald, the South African vector of Rift Valley fever. *Sth. Afr. Med. J.* 29: 1114-1120.
- VAN DER LINDE, T.C. DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VAN DER LINDE, T.C. DE K., HEWITT, P.H., VAN PLETZEN, R., KOK, D.J., FOURIE, S., MOSTERT, D.J. & NEL, A. 1982. Species richness and relative abundance of female mosquitoes at a site in the western Orange Free State. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 45(1): 57-67.
- VAN OUDTSHOORN, F. 1999. *Guide to grasses of Southern Africa*. Briza Publications, Pretoria.

-
- VAN PLETZEN, R. & VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1981. Studies on the biology of *Culiseta longiareolata* (Macquart) (Diptera: Culicidae). *Bull. Ent. Res.* 71(1): 71-79.
- VAN STADEN, R. 1992. Field studies on *Culex theileri* Theobald (Diptera: Culicidae) and other mosquitoes in the western Orange Free State in relation to arbovirus vectorship. *M.Sc-verhandeling, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VARGO, A.M. & FOSTER, W.A. 1984. Gonotrophic state and parity of nectar-feeding mosquitoes. *Mosq. News.* 44: 6-10.
- VENTER, H.J.T. & JOUBERT, A.M. 1984. *Klimplante, bome en struike van die Oranje-Vrystaat.* P.J. de Villiers, Bloemfontein.
- WEGBREIT, J. & REISEN, W.K. 2000. Relationships among weather, mosquito abundance, and Encephalitis virus activity in California: Kern County 1990 - 98. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 16(1): 22-27.
- YEE, W.L., FOSTER, W.A., HOWE, M.J. & HANCOCK, R.G. 1992. Simultaneous field comparison of evening temporal distributions of nectar and blood feeding by *Aedes vexans* and *Aedes trivittatus* (Diptera: Culicidae) in Ohio. *J. Med. Ent.* 29: 356-360.

Hoofstuk 3

Die kolonisering van Aedes aegypti (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) in die laboratorium.

3.1 Inleiding

Tesame met die kennis dat muskiete belangrike vektore is vir die oordra van talle siektes aan die mens, het daar 'n geweldige belangstelling ontwikkel aangaande metodes wat die beheer van hierdie insekte moontlik maak deur o.a. hul eierlegging te beperk (Christophers, 1960). Die bestudering van die biologie van talle muskietspesies is grootliks afhanklik van die suksesvolle kolonisering van hierdie insekte in die laboratorium. Suksesvolle beheerprogramme kan gevolglik opgestel word deur die kennis wat bekom word uit die talle eksperimente op gevestigde muskietkolonies. Volgens Christophers (1960) is *Aedes aegypti* (Linnaeus) reeds intensief in verskeie navorsingsprojekte gebruik o.a. vir die toets van insekdoders en afweermiddels asook vir die bepaling van hulle vektorpotensiaal by die oordra van verskeie siektes aan die mens. *Ae. aegypti* is vir die eerste keer gedurende 1996 deur die outeur in Bloemfontein (29°07'S 26°15'E) ontdek waarna dit ook in verskeie plattelandse dorpe in die Vrystaat deur inwoners versamel is (Van der Linde, pers. kom.¹) (kyk hoofstuk 1). Aangesien *Ae. aegypti* nie algemeen in die Vrystaat voorkom nie, het die ontdekking van hierdie spesie in Bloemfontein die kolonisering van *Ae. aegypti* noodsaaklik gemaak in 'n poging om sekere aspekte van die biologie en ekologie van hierdie muskietspesie te bestudeer.

3.2 Materiaal en Metodes

Die kolonie is begin met muskietpapier wat tydens Junie 1996 vanuit 'n plastiekhouer, gevul met reënwater, te Grey Kollege in Bloemfontein versamel is. Hierdie papier is vir identifikasiedoeleindes deurgeteel en die volwasse muskiete is deur Prof. T.C van der Linde¹ en Dr. P.G. Jupp² as *Aedes aegypti* geïdentifiseer.

¹ Prof. T.C. van der Linde, Dept. Dierkunde & Entomologie, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein, 9300

² Dr. P.G. Jupp, Arbovirus Eenheid, Nasionale Instituut vir Virologie, Sandringham, 2131

Teling van die muskiete het in gaashokke (35 cm x 35 cm x 35 cm) in temperatuur- en vogbeheerde teelkamers plaasgevind. 'n Konstante temperatuur van $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en 'n relatiewe humiditeit van $70\% \pm 2\%$ het in die teelkamers geheers. 'n Skemerligstelsel is gebruik om kunsmatige dag-nagsiklusse te skep. Die ligbron het uit ses daglig-gloeilampe van 100 watt elk bestaan. Daar is deurgaans van 'n 12 uur lig en 'n 12 uur donkerte gebruik gemaak wat 'n oggend- en aandskemering van een uur elk, ingesluit het.

Die volwasse muskietwyfies en -mannetjies is in die gaashokke geplaas en tot 250 mannetjies en 250 wyfies per hok beperk. Vier stukke watte (6 cm^2) gewek in 'n rietsuikeroplossing van 7,0%, is bo-op die gaashokke geplaas as koolhidraat- en energiebron vir beide die wyfies en mannetjies. Hierdie wattestukke is elke tweede dag met die suikeroplossing benat en na een week met nuwe watte vervang.

Die wyfies is vier tot vyf dae na ontpopping van 'n eerste bloedmaal voorsien. Aanvanklik is witrotte, *Rattus norvegicus albinus* (Berkenhout) en wit waaierstertduiwe, *Columba livia* Gmelin, as bloedmaalbron gebruik. Die rotte was egter nie geskik nie en daar is gevolglik verder net van duiwe as bloedmaalbron gebruik gemaak (kyk 3.3). Die duiwe wat as bloedmaalbron gedien het, is geïmobiliseer deur die vlerke en pote met maskeerband vas te bind en die kopgedeeltes is bedek om te verhoed dat die muskiete op die kop en oë voed. Die vere in die omgewing van die borskas is weggesny sodat die muskiete die vel van die duif makliker kon bereik. Bloedvoeding het gedurende die dag plaasgevind en die duiwe is slegs vir 'n tydperk van twee ure in die hokke geplaas. Bloedvoeding was baie suksesvol en tot 100% van die wyfies het 'n bloedmaal geneem. Bloedvoeding is voorafgegaan deur 'n 24 uur periode van uithongering waartydens die wyfies geen suikerwater ontvang het nie. Dit was nodig om te verseker dat 'n onlangse suikermaal nie die hoeveelheid bloed wat deur die wyfies word, beïnvloed nie. Volgens Van der Linde (1984); Foster (1995) en Naksathit & Scott, (1998) kan die hoeveelheid suiker wat in die krop van die muskietwyfie teenwoordig is tydens die neem van 'n bloedmaal

meebring dat 'n kleiner hoeveelheid bloed opgeneem word en gevolglik minder eiers geproduseer word.

Drie dae na bloedvoeding is swart plastiekbekers (13 cm x 7 cm), elk gevul met 300ml 0,02M NaCl-water, waarby 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is, in die gaashokke geplaas. Die larwevoedsel het bestaan uit 'n mengsel van gelyke hoeveelhede per massa fynge maalde brouersgis en Nestum Nr. 1* babagraankos. 'n Strook absorberende handdoekpapier is vierdubbel opgevou tot 'n breedte van 7 cm en in elk van die plastiekhouders geplaas sodat die onderste punt van die papier in die water gelê het. Dit is gedoen om die wyfies van 'n klam substraat te voorsien waarop eierlegging kon plaasvind. Vier van hierdie houders is in 'n hok geplaas wat ongeveer 250 wyfies gehuisves het. Die houders met die stroke papier is vir 'n tydperk van vier tot vyf dae in die hokke gelaat waarna dit verwyder is. Suikerwater is tydens eierlegging aan die wyfies voorsien. Die stroke papier met die eiers is toegelaat om vir minstens agt dae by 'n temperatuur van 25°C en 'n relatiewe humiditeit van > 68 % te droog. Wyfies is toegelaat om drie keer eiers te lê waarna hulle gedood is.

Wanneer die eiers uitgebroei moes word, is dit in plastiekteelpanne (33 cm x 22 cm x 6 cm) of emalje-teelpanne (37 cm x 26 cm x 5 cm) geplaas wat met 2,5 l 0,02M NaCl-oplossing gevul is. 'n Klein hoeveelheid larwevoedsel is by die water gevoeg om bakteriële gisting in die water mee te bring (kyk 3.3). Die watertemperatuur in die teelpanne was 23°C ± 1°C. Ongeveer 48 uur nadat die larwes uitgebroei het, is die oortollige larwes na ander teelpanne oorgeplaas sodat slegs 250 - 300 larwes per teelpan aangehou is. Ongeveer 0,2 g larwevoedsel is elke tweede dag op die wateroppervlak in die teelpanne gestrooi, waarna 'n deel van die voedsel stadig in die water ingeroer is. Voedsel (0,2 g) is tydens die derde en vierde larwale stadia elke dag

* 'n Babagraankos vervaardig deur Nestlé Suid-Afrika (Edms.) Bpk. met die volgende samestelling per 100g: Proteïene 10g, Vette 1,3g, Koolhidrate 82g, Vog 3g, Kalium 140mg, Kalsium 140mg, Fosfor 110mg, Vitamien A 700 IU, Vitamien D 250 IU, Vitamien E 5 IU, Vitamien C 65mg, Vitamien B1 0,55mg, Vitamien PP 8mg, Foliensuur 19mcg, Biotien 37mcg, Yster 15mg.

in die panne geplaas. Die filmagie wat vanweë die gis op die wateroppervlak gevorm het, is elke dag verwyder. Die water in die panne is gereeld met gedistilleerde water aangevul om die water wat verdamp het, te vervang. Water moes egter baie versigtig in die panne ingegooi word aangesien grootskaalse vrektes voorgekom het in panne waar die water vinnig ingegooi is. Blykbaar is die larwes in die stroom meegesleur en beseer en dit het tot hulle dood gelei. Hierdie verskynsel is tot en met die vierde instar waargeneem.

Die larwale stadia het tussen sewe en veertien dae geduur met 'n gemiddelde van ongeveer nege dae. Die papiestadium het ongeveer drie dae geduur. Die papies is daagliks uitgevang in 400 ml plastiekbakkies, gevul met 250 ml 0,02M NaCl-oplossing. Hierdie bakkies is in die gaashokke geplaas en die aantal papies per hok is tot 500 beperk. Wattestukke, geweek in 'n 7% suikeroplossing, is bo-op die gaashokke geplaas sodra die eerste volwasse muskiete verskyn het. Die mannetjies het gewoonlik eerste verskyn. Volgens Gillett (1971) is die mannetjies kleiner as die wyfies en is die duur van die papiestadium 'n paar uur korter by die mannetjies as by die wyfies. Aangesien die larwale lewensduur van die mannetjies ook korter is as dié van die wyfies verskyn die mannetjies ongeveer 'n dag voor die wyfies (Gillett, 1971). Die mannetjies vorm paringswerms na ontpopping en die wyfies word direk na hul ontpopping deur hierdie mannetjies bevrug (Gillett, 1971). Daardeur word die kans om die meeste wyfies te bevrug, verhoog. Hierdie verskynsel is ook by laboratoriumkolonies van *Culex theileri* Theobald gevind (Van der Linde, 1984).

Van der Linde (1984) het gevind dat volgehoue blootstelling van *Cx. theileri* aan laboratoriumtoestande 'n nadelige invloed het op die eierproduksie van die wyfies. 'n Laboratoriumstam kan ontwikkel indien geen veldmateriaal tot die laboratoriumkolonie toegevoeg word nie. *Ae. aegypti* eiers afkomstig van veld- en F₁-kolonies wat vanaf Durban* ontvang is, is toegelaat om uit te broei.

* 1) Mnr. J. Grunenberg, (Vektor Laboratorium), Dept. Gesondheid, Durban, 4000

2) Dr. B. Bredenkamp, Dept. Entomologie, Navorsingsinstituut vir Siektes in 'n Tropiese omgewing (NISTO), Mediese Navorsingsraad, Congella, 4013

Die volwassenes wat ontwikkel het, is met die bestaande Bloemfontein-kolonie gemeng om sodoende nuwe genetiese materiaal tot hierdie kolonie toe te voeg.

3.3 Algemene waarneming en bespreking

Die nabootsing van 'n natuurlike dag-nagsiklus was noodsaaklik vir paring en eierlegging. Daar is gevind dat paring reeds so gou as 'n paar uur na ontpopping 'n aanvang geneem het en gedurende die daaropvolgende paar dae voortgeduur het. Na ongeveer ses dae het paring skerp afgeneem. Dit het egter steeds van tyd tot tyd plaasgevind vir solank daar mannetjies in die hokke teenwoordig was. Dit was egter nie duidelik of sommige wyfies meer as een keer met mannetjies gepaar het nie. Daar is gevind dat paring regdeur die dag plaasgevind het tot en met die aandskemering. Eksperimentele werk deur Jobling (1935) het aan die lig gebring dat fotoperiode wel 'n invloed het op paring en eierlegging by muskiete. Daar is egter nie waargeneem of paring ook in die nag voortgegaan het nie. In teenstelling hiermee het Van der Linde (1984) gevind dat byna geen paring by *Cx. theileri* deur die dag plaasgevind het nie, maar dat dit beperk is tot die oggend- en veral die aandskemering. Die paringswerms wat die mannetjies (Gillett, 1971; Clements, 1992) tydens paring vorm, is nooit tydens die studietydperk waargeneem nie, waarskynlik vanweë die beperkte ruimte in die gaashokke. Volgens Gillett (1971) en Klowden (1995) vorm die mannetjies van *Ae. aegypti* wel paringswerms, gewoonlik naby die bloedmaalbron. Wyfies wat nog nie gepaar het nie keer dus terug na die gasheer in 'n poging om te paar (Klowden, 1995). Tydens die huidige studie het die mannetjies met die wyfies in vlug gepaar en ook wanneer hulle teen die sykante van die gaashok gesit het. Enkele gevalle is waargeneem waar mannetjies probeer het om met wyfies te paar wat besig was om 'n bloedmaal te neem. Volgens Christophers (1960) is laasgenoemde 'n algemene verskynsel by *Ae. aegypti*, maar hierdie parings is selde suksesvol. Verskeie gevalle is waargeneem waar die muskietpaar "in copula" na die vloer en die kante van die hok gevlieg het. Hierdie verskynsel is ook deur Jupp (1971) en Van der Linde (1984) by *Cx. theileri* waargeneem.

Eierlegging het hoofsaaklik gedurende die dag plaasgevind. Hierdie waarneming stem ooreen met die bevindinge van Haddow & Gillett (1957) en Gillett *et al.* (1961) waar eierlegging by *Ae. aegypti* by 'n konstante temperatuur en relatiewe humiditeit en met 'n normaal fluktuierende dag-nagsiklus 'n patroon gevolg het met 'n piektydperk in die namiddag. 'n Soortgelyke eierleggingsiklus is ook by die wyfies van *Culex quinquefasciatus* Say gevind, maar eierlegging is tot die donkerfase van die dag-nagsiklus beperk (Suleman & Shirin, 1981).

Die temperatuur in die teelkamers is by $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ gehou, aangesien dit eksperimenteel vasgestel is dat die optimumtemperatuur vir *Ae. aegypti* tussen 25°C en 30°C was (kyk hoofstuk 7). Baie hoë temperature ($>30^{\circ}\text{C}$) is vermy. Die oorlewing van die onvolwassestadia het by temperature bokant 35°C begin afneem. 'n Temperatuur van 36°C was volgens Christophers (1960) dodelik vir eerste instar *Ae. aegypti* larwes. Oda *et al.* (1980) het gevind dat temperature hoër as 30°C eierlegging en die uitbroei van die eiers van *Culex pipiens molestus* Forskal geïnhibeer het.

'n Relatiewe humiditeit van $70\% \pm 2\%$ is deurgaans in die teelkamers gehandhaaf aangesien nie net eierlegging nie, maar ook die totale lewensduur van die volwassenes van hierdie spesie grootliks deur die humiditeit van die omgewing beïnvloed word. Lae relatiewe humiditeite het 'n negatiewe invloed op die oorlewing van hierdie spesie. Hierdie waarneming is in ooreenstemming met Canyon *et al.* (1999a) wat gevind het dat eierlegging en oorlewing by *Ae. aegypti* wyfies betekenisvol afgeneem het by 'n relatiewe humiditeit van 34%.

Die wyfies is gedurende die dag van 'n bloedmaal voorsien aangesien *Ae. aegypti* volgens Christophers (1960), bekend is as "dagvoeders" en selde in die donkerte 'n bloedmaal neem. Daar is van verskeie bloedmaalbronne tydens die studie gebruik gemaak. Die duiwe wat as bloedmaalbron gebruik is, was die mees suksesvolste metode en tot 'n 100% voeding is op hierdie wyse verkry. *Ae. aegypti* is aggressiewe voeders en die wyfies het onmiddellik na 'n geskikte plek vir voeding begin soek sodra die duiwe in die hokke geplaas is. Daar is van vier duiwe op 'n keer gebruik gemaak in

hokke wat ongeveer 250 muskietwyfies gehuisves het. Bloedvoeding het redelik vinnig geskied en die meeste wyfies was binne 'n halfuur nadat die duiwe in die hokke geplaas is, klaargevoed. Van der Linde (1984) het ook duiwe as die suksesvolste metode vir die bloedvoeding van *Cx. theileri* gevind omdat die duiwe vir langer tydperke geïmmobiliseer kon word. Soos vroeër genoem (kyk 3.2) is rotte ook as 'n bloedmaalbron gebruik, maar dit was onprakties aangesien hulle nie vir lang periodes suksesvol geïmmobiliseer kon word sonder die gebruik van verdowingsmiddels nie. Die muskietwyfies is tydens hierdie voedings deur die rotte versteur en gevolglik wou hulle nie verder voed nie. Gerberg *et al.* (1994) het egter suksesvol van konyne en marmotte as 'n bloedmaalbron vir *Ae. aegypti* gebruik gemaak deur hulle met narkosemiddels te immobiliseer.

Bloedvoeding het ook plaasgevind op die arms van vrywillige persone en hierdie metode is as uiters suksesvol beskou in gevalle waar slegs 'n paar wyfies van 'n bloedmaal voorsien moes word. Laasgenoemde metode het egter die nadeel dat groot hoeveelhede muskietbytplekke op die arms van hierdie persone baie ongerief veroorsaak het. Kunsmatige voeding is met behulp van 'n "Baudruche membraan" en beesbloed, wat verwarm is tot ongeveer 35°C, gebruik gemaak, maar die wyfies het baie stadig deur hierdie membraan gevoed en gevolglik was hierdie metode nie baie suksesvol nie. Die kunsmatige voedingsmetode is deur Wills *et al.* (1974) beskryf en ook deur Van der Linde (1984) vir die voeding van *Cx. theileri* probeer, maar in laasgenoemde geval was dit ook onsuksesvol.

Dit is bekend dat eierlegging by *Ae. aegypti* wyfies deur verskeie omgewingsfaktore beïnvloed word. Een van hierdie faktore is die samestelling en kwaliteit van die water waarop eierlegging moet geskied (O'Gower, 1963). Drie watertipes is aan bloedgevoede wyfies beskikbaar gestel nl. i) 0,02M NaCl-water waarby 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is, ii) water waarin *Ae. aegypti* larwes vanaf die eerste instar ontwikkel het en iii) 0,02M NaCl-water waarby geen larwevoedsel of ander organiese voedingstowwe gevoeg is nie. Daar is gevind dat die wyfies houeers met 0,02M NaCl-water waarin geen larwevoedsel of ander organiese voedingstowwe

bygevoeg is nie, vermy het en geen eierlegging het op die klam stroke papier in hierdie water plaasgevind nie. Die meeste eiers is gelê in die houers met die 0,02M NaCl-water waarin 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is. Hierdie metode wat deurgaans uiters suksesvol was, is tydens die studie gebruik om groot hoeveelhede eiers vir eksperimentele werk en die instandhouding van die laboratoriumkolonie te verkry. Eierlegging was egter minder suksesvol in die houers met die water waarin die larwes ontwikkel het.

Die ophoping van te veel afvalstowwe afkomstig vanaf die larwes asook die teenwoordigheid van onbenutte voedsel wat gisting in die water veroorsaak het, het moontlik meegebring dat die wyfies hierdie water vir eierlegging vermy het. Min voedsel moes by die water, waarop eierlegging moes plaasvind, gevoeg word, aangesien die wyfies in die laboratoriumkolonie water waarby te veel voedsel gevoeg is, vermy het. Volgens Surtees (1967) maak *Ae. aegypti* wyfies van 'n wye reeks watertipes, vir eierlegging gebruik. Dit wissel van helder onbesoedelde water tot hoogs besoedelde water. Eksperimentele werk deur Surtees (1967) het aangedui dat *Ae. aegypti* wyfies wat aan beide onbesoedelde en besoedelde water blootgestel is, die meeste eiers op die onbesoedelde water gelê het en dat eierlegging afgeneem het namate die besoedeling van die water toegeneem het. Volgens Bond & Fay (1969), in Soman & Reuben, (1970), het die byvoeging van organiese materiaal in die eierleggingshouers wel 'n belangrike rol gespeel in die aantal wyfies wat die houers met water besoek het en het dit 'n groter persentasie eierlegging by die wyfies van *Ae. aegypti* tot gevolg gehad.

Verskillende tipes houers is ook vir eierlegging gebruik. Die houers waarin eierlegging die meeste plaasgevind het, was houers met 'n donker agtergrond. Daar is gevind dat wyfies donker houers bo houers met 'n wit agtergrond verkies het. Eierlegging het egter ook in wit plastiekhouders voorgekom, maar minder eiers is gelê. Eierlegging het op stroke klam handdoekpapier, wat aan die water in die houers geraak het, plaasgevind. Daar is gevind dat die meeste eiers op die papier ongeveer 0,5 cm - 1,0 cm bokant die wateroppervlak gelê is, maar eiers is ook soms teen die kante van die

houers en op die wateroppervlak self gelê. Jobling (1935) en Soman & Reuben (1970) het voorgestel dat houers met 'n donker agtergrond vir eierlegging by *Ae. aegypti* gebruik moet word. Die verskynsel waar houers met 'n donker agtergrond bo dié met 'n ligte agtergrond deur muskietwyfies vir eierlegging verkies word, is ook deur Benzon *et al.* (1988) by die wyfies van *Toxorhynchites splendens* (Wiedemann) waargeneem. Water in die houers het nie net die byvoeging van organiese voedingstowwe moontlik gemaak nie, maar het ook verseker dat die stroke papier voortdurend klam gebly het. Volgens Goma (1964) word eierlegging by *Ae. aegypti* wyfies aangemoedig deur die teenwoordigheid van water in die eierleggingshouers. Rodriguez-Tovar *et al.* (2000) het gevind dat die wyfies van *Ae. aegypti* betekenisvol meer eiers gelê het op stroke rooi papier in vergelyking met hout spaanders wat in die eierleggingshouers geplaas is.

Tydens die huidige studie is gevind dat eiers wat by 'n relatiewe humiditeit van $70\% \pm 2\%$ gestoor is, 'n uitbroeisukses van tot 100% voorgekom het na 'n uitdrogingstydperk van agt dae na eierlegging (ongepubliseerde data). Eiers wat op hierdie wyse gedroog is, het binne een uur, nadat dit in die water geplaas is, begin uitbroei. Eiers wat minder as vier dae uitgedroog is, het 'n baie lae persentasie uitbroeiing tot gevolg gehad en het ook langer geneem om uit te broei in vergelyking met eiers wat ten minste vier dae gedroog is. Hierdie verskynsel is ook deur Fay (1964) by *Ae. aegypti* waargeneem waar eiers wat slegs vir twaalf ure na eierlegging gedroog is, ses tot vyftien dae geneem het om uit te broei in vergelyking met eiers wat vir vier dae na eierlegging gedroog is en binne 'n halfuur uitgebrou het. Volgens Munstermann (1997) duur die embriologiese ontwikkeling van die eiers ongeveer vier dae by *Ae. aegypti* en is daar gevind dat geen uitbroeiing tydens hierdie tydperk plaasvind nie. Gerberg *et al.* (1994) het gevind dat die eiers van *Ae. aegypti* wat by 'n relatiewe humiditeit van 80% gestoor is, na twaalf maande steeds 'n uitbroeisukses van $>70\%$ gehad het. Die lewensvatbaarheid van *Ae. aegypti* eiers na langdurige storing, is nie in die huidige studie ondersoek nie. Eiers wat vir die instandhouding van die laboratoriumkolonie tydens die huidige studie gebruik is, is egter nie langer as vyftien dae na eierlegging gestoor nie.

Die byvoeging van larwevoedsel tot die water van die teelpanne het 'n groter uitbroeisukses tot gevolg gehad as water waarby geen voedsel gevoeg is nie. 'n Moontlike rede hiervoor is waarskynlik as gevolg van die brouersgis in die larwevoedsel wat anaerobiese toestande geskep het deur bakteriële werking. Hierdie bakteriële werking veroorsaak 'n daling in die suurstofvlak van die water wat blykbaar as 'n stimulus vir die uitbroei van die eiers dien. Verskeie outeurs o.a. Judson (1960), Gillett *et al.*, 1977; Gjullin *et al.* (1941), in Livdahl *et al.*, (1984), het gevind dat die byvoeging van organiese voedingstowwe in die water 'n belangrike faktor is vir die uitbroei van *Ae. aegypti* eiers aangesien dit bakteriële werking in die water meebring wat lei tot 'n daling in die suurstofvlak van die water. Verskeie ander *Aedes* spesies o.a. *Aedes sticticus* (Meigen) benodig ook 'n daling in die suurstofvlak van die water in die onmiddellike omgewing van die eiers. Sonder hierdie stimulus is gevind dat geen uitbroeiing van die eiers plaasvind nie (Trpis & Horsfall, 1967).

Die water in die teelpanne is weens verdamping gereeld aangevul met gedistilleerde water. Water wat troebel geraak het weens onbenutte voedsel, is met vars 0,02M NaCl-water vervang. Daar is gevind dat papievorming afgeneem het namate die water ouer en meer besoedeld geraak het en 'n gedeeltelike vervanging van die water het hierdie verskynsel verhoed. Van der Linde (1984) het by *Cx. theileri* waargeneem dat larwes in die vierde instar gevrek het wanneer troebel water nie vervang is nie. Hierdie verskynsel word ook deur o.a. Barbosa *et al.* (1972), Ikeshoji (1977) en Ikeshoji *et al.* (1977) beskryf as verskynsels wat gepaard gaan met oorpopulasie. Genoemde outeurs het gevind dat muskietlarwes in oorbevolkte toestande 'n toksiese, groeibeperkende ekomone of faktor afskei. Hierdie ekomone speel 'n rol in die regulering van die populasiedigtheid. Larwe vrektes het wel by *Ae. aegypti* voorgekom in gevalle van oorpopulasie en was waarskynlik vanweë die teenwoordigheid van groeibeperkende stowwe. In gevalle waar geen oorpopulasie voorgekom het nie, maar wel besoedeling vanweë 'n oormaat voedsel in die water, het baie min larwe vrektes voorgekom. Die afleiding kan dus gemaak word dat die larwes van *Ae. aegypti* in besoedelde water kan oorleef.

Verskeie suikerbevattende voedselsoorte is as energiebron aan die volwasse muskiete beskikbaar gestel (kyk hoofstuk 4). Perskes, appels, lemoene en 'n 7% rietsuikeroplossing is gebruik. Meeste van die wyfies het die rietsuikeroplossing as energiebron bo die vrugte verkies. Aangesien die vrugtestukke oor 'n laer energiewaarde (kJ) as die rietsuikeroplossing beskik het, kon dit meebring het dat die wyfies nie instaat was om voldoende energie vanuit die vrugte kon verkry nie en gevolglik het dit 'n negatiewe invloed op die eierleggingsukses en die oorlewing van die wyfies gehad (kyk hoofstuk 4). Daar word vermoed dat 'n kombinasie van faktore 'n rol gespeel het in die voedingsukses van die wyfies op die vrugte en rietsuikeroplossing (kyk hoofstuk 4). Een van hierdie faktore is die beskikbaarheid van water in die suikerwattes. Dit het moontlik meebring dat die wyfies meer gereedlik op die rietsuiker as op die vrugte gevoed het in 'n poging om vog te kon opneem. Wattestukke moes gereedlik vervang word om te verhoed dat die suiker wat in die watter agterbly, te gekonsentreerd raak vir benutting deur die volwassenes. Edman *et al.* (1992) in Canyon *et al.*, (1999b), het gevind dat sekere veldpopulasies van *Ae. aegypti* selde van koolhidrate as energiebron gebruik maak, maar dat hierdie muskiete van herhaaldelike bloedmale gebruik maak as bron van energie. Daarteenoor het Van Handel *et al.* (1994) gevind dat sekere populasies wel van plantnektar as energiebron gebruik maak. Die gevolgtrekking wat gemaak word is dat hierdie verskynsel 'n oorlewingstrategie is in gebiede waar daar nie genoeg gashere beskikbaar is vir die neem van herhaaldelike bloedmale nie.

3.4 Samevatting

Die kolonisering van *Ae. aegypti* kan met min moeite in die laboratorium plaasvind indien daar aan sekere kriteria voldoen word. Eierlegging vind by hierdie spesie na die neem van 'n bloedmaal gereedlik plaas op stroke klam handdoekpapier in enige geskikte houër met 'n donker agtergrond. 'n 0,02 M NaCl-oplossing waarby 'n klein hoeveelheid larwe voedsel gevoeg is, is geskik vir eierlegging deur die wyfies. Larwes van hierdie spesie beskik oor 'n vinnige ontwikkelingsperiode wat meebring dat 'n laboratoriumkolonie vinnig gevestig kan raak. Die volwassenes kan vir 'n tydperk van

tot 30 dae op 'n koolhidraatdieet van 7% rietsuikeroplossing onderhou word. Bloedvoeding geskied baie suksesvol deur van duiwe as bloedmaalbron gebruik te maak.

3.5 Literatuurverwysings

- BARBOSA, P., PETERS, T.M. & GREENOUGH, N.C. 1972. Overcrowding of mosquito populations: Responses of larval *Aedes aegypti* to stress. *Environ. Ent.* 1(1): 89-93.
- BENZON, G.L., APPERSON, C.S. & CLAY, W. 1988. Factors affecting oviposition site preference by *Toxorhynchites splendens* in the laboratory. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 4(1): 20-22.
- CANYON, D.V., HII, J.L.K & MULLER, R. 1999a. Adaptation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition behavior in response to humidity and diet. *J. Insect. Physiol.* 45: 959-964.
- CANYON, D.V., HII, J.L.K & MULLER, R. 1999b. Effect of diet on biting, oviposition, and survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 36(3): 301-308.
- CHRISTOPHERS, R. 1960. *Aedes aegypti, the Yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press, London.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction*. Chapman & Hall, London.
- FAY, R.W. 1964. The biology and bionomics of *Aedes aegypti* in the laboratory. *Mosq. News.* 24(3): 300-308.
- FOSTER, W.A. 1995. Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Ann. Rev. Ent.* 40: 443-474.

- GERBERG, E.J., BARNARD, D.R. & WARD, R.A. 1994. Manual for mosquito rearing and experimental techniques. *Am. Mosq. Control. Assoc. Bull. No. 5.*
- GILLETT, J.D. 1971. *The world naturalist: Mosquitoes.* Richard Clay (The Chaucer Press, Ltd., London.
- GILLETT, J.D., CORBET, P.S. & HADDOW, A.J. 1961. Observations on the oviposition-cycle of *Aedes (Stegomyia) aegypti* Linnaeus, VI. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 55: 427-431.
- GILLETT, J.D., ROMAN, E.A. & PHILLIPS, V. 1977. Erratic hatching in *Aedes* eggs: a new interpretation. *Proc. Royal. Soc. London. B.* 196: 223-232.
- GJULLIN, C.M., HEGARTY, C.P. & BOLLEN, W.B. 1941. The necessity of a low oxygen concentration for the hatching of *Aedes* mosquito eggs. *J. Cell. Comp. Physiol.* 17: 193-202.
- GOMA, L.K.H. 1964. Laboratory observations on the oviposition habits of *Aedes (Stegomyia) aegypti* Linnaeus. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 58: 347-349.
- HADDOW, A.J. & GILLETT, J.D. 1957. Observations on the oviposition-cycle of *Aedes (Stegomyia) aegypti* Linnaeus. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 51: 159-169.
- IKESHOJI, T. 1977. Self limiting ecomones in the populations of insects and some aquatic animals. *J. Pesticide Sci.* 2: 77-89.
- IKESHOJI, T., ICHIMOTO, I., ONO, T., NAOSHIMA, Y. & UEDA, H. 1977. Overcrowding factors of mosquito larvae. X. Structure - bioactivity relationship and bacterial activation of the Akylbranched hydrocarbons. *Appl. Ent. Zool.* 12(3): 265-273.

- JOBLING, B. 1935. The effect of light and darkness on oviposition in mosquitoes. *Trans. Royal. Soc. Trop. Med. Hyg.* 29(2): 157-166.
- JUDSON, C.L. 1960. The physiology of hatching of aedine mosquito eggs: hatching stimulus. *Ann. Ent. Soc. Am.* 53: 688-691.
- JUPP, P.G. 1971. The laboratory colonization of *Culex (Culex) theileri* Theobald and *Aedes (Diceromyia) furcifer* (Edwards) (Diptera: Culicidae). *J. Entomol. Soc. Sth. Afr.* 34(1): 191-193.
- KLOWDEN, M.J. 1995. Blood, sex and the mosquito: The mechanisms that control mosquito blood-feeding behavior. *BioScience*. 45(5): 326-331.
- LIVDAHL, T.P., KOENEKOOP, R.K. & FUTTERWEIT, S.G. 1984. The complex hatching response of *Aedes* eggs to larval density. *Ecol. Ent.* 9: 437-442.
- MUNSTERMANN, L.E. 1997. *Care and maintenance of Aedes mosquito colonies*. In: Eds.: Crampton, J.M., Beard, C.B. & Louis, C. *The Molecular biology of insect disease vectors*. Chapman & Hall, London.
- NAKSATHIT, A.T. & SCOTT, T.W. 1998. Effect of female size on fecundity and survivorship of *Aedes aegypti* fed only human blood versus human blood plus sugar. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 14(2): 148-152.
- ODA, T., MORI, A., UEDA, M. & KUROKAWA, K. 1980. Effects of temperatures on the oviposition and hatching of eggs in *Culex pipiens molestus* and *Culex pipiens quinquefasciatus*. *Trop. Med.* 22(3): 167-172.
- O'GOWER, A.K. 1963. Environmental stimuli and the oviposition behavior of *Aedes aegypti* var. *queenslandis* Theobald (Diptera: Culicidae). *Animal Behavior*. 11: 189-197.

- RODRIGUEZ-TOVAR, M.L., BADI, M.H., OLSON, J.K. & FLORES-SUAREZ, A. 2000. Oviposition preference of *Aedes aegypti* (L) in artificial containers in Nuevo Leon, Mexico. *Sthwst. Ent.* 25(1): 55-58.
- SOMAN, R.S. & REUBEN, R. 1970. Studies on the preference shown by ovipositing females of *Aedes aegypti* for water containing immature stages of the same species. *J. Med. Ent.* 7(4): 485-489.
- SULEMAN, M & SHIRIN, M. 1981. Laboratory studies on oviposition behavior of *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae): choice of oviposition medium and oviposition cycle. *Bull. Ent. Res.* 71: 361-369.
- SURTEES, G. 1967. Factors affecting the oviposition of *Aedes aegypti*. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 594-596.
- TRPIS, M. & HORSFALL, W.R. 1967. Eggs of floodwater mosquitoes (Diptera: Culicidae). XI. Effect of medium on hatching of *Aedes sticticus*. *Ann. Ent. Soc. Am.* 60(6): 1150-1152.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VAN HANDEL, E., EDMAN, J.D., DAY, J.F., SCOTT, T.W., CLARK, G.C., REITER, P. & LYNN, H.C. 1994. Plant-sugar, glycogen, and lipid assay of *Aedes aegypti* collected in urban Puerto Rico and rural Florida. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 10: 149-153.
- WILLS, W., CARROLL, D.F. & JONES, G.E. 1974. A simple method for artificially feeding mosquitoes. *Mosq. News.* 34(1): 119-121.

Hoofstuk 4

**Die invloed van rietsuiker *versus*
vrugtesuiker op die bloedvoeding,
eierlegging en oorlewing van die
wyfies.**

4.1 Inleiding

Anders as muskietlarwes wat op bykans enige organiese materiaal en deeltjies in hul akwatiese habitat voed, maak volwasse muskiete van 'n uiters gespesialiseerde dieet gebruik (Van Handel, 1984). Die energiebehoefte van volwasse muskiete word hoofsaaklik op drie wyses aangevul. Hulle kan van reserwes wat reeds met ontpopping beskikbaar is gebruik maak, of hulle kan van 'n suikermaal wat van plante en vrugte afkomstig is of 'n bloedmaal wat van 'n gasheer afkomstig is, gebruik maak (Van Handel, 1984). Koolhidraatvoeding speel 'n noodsaaklike rol in die lewensgeskiedenis van verskeie muskietspesies aangesien dit die hoofbron van energie is vir vlug, eierlegging en oorlewing (Nayar & Sauerman, 1971a,b; Nayar & Van Handel, 1971; Yuval, 1992, Foster, 1995). By sommige muskietspesies vind koolhidraatvoeding kort na ontpopping plaas, voor die neem van die eerste bloedmaal en word dit voortgesit na bloedvoeding tydens die eierleggingsiklus (Vargo & Foster, 1984). Muskietwyfies wat tydens die wintermaande geen bloedmaal inneem nie, is afhanklik van koolhidrate in die vorm van nektar vir oorlewing (Mitchell & Briegel, 1989). Die nektar van blomme bevat verskillende suikers in verskillende konsentrasies, organiese sure, plantolies, minerale, ensieme, vitamienes en verskeie ander bestanddele in 'n water oplossing en is gewoonlik die hoofbron van koolhidrate vir verskeie muskietspesies (Grimstad & DeFoliart, 1974). Volgens Howard *et al.*, (1912) in Bidlingmayer & Hem (1973); Clements (1992) en Foster (1995) neem muskiete nie net koolhidrate op vanuit die nektar van blomme nie, maar verkry ook suiker vanaf beskadigde vrugte en vanuit heuningdou.

Tydens hierdie studie is gepoog om vas te stel wat die invloed van rietsuiker in vergelyking met verskillende vrugtesuikers is op:

- i) bloedvoeding,
- ii) eierlegging en die uitbroeisukses van die eiers
- iii) die oorlewing van *Aedes aegypti* (Linnaeus) wyfies.

4.2 Materiaal en Metodes

Daar is tydens die eksperiment van volwasse muskietwyfies afkomstig vanuit 'n laboratoriumkolonie gebruik gemaak. Die eksperiment het 'n aanvang geneem direk nadat die muskiete volwassenheid bereik het. Die studie is in 'n temperatuur en vogbeheerde teelkamer uitgevoer. 'n Temperatuur van $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en 'n relatiewe humiditeit van $> 68\%$ het deurgaans geheers. 'n Skemerligstelsel is gebruik om kunsmatige dag-nagsiklusse te skep. Daar is deurgaans van 'n 12 uur lig en 'n 12 uur donkerte gebruik gemaak wat 'n een uur oggend- en aandskemering ingesluit het.

Die volwasse muskiete is in gaashokke (35 cm x 35 cm x 35 cm) aangehou. Die eksperiment het uit twee behandelings bestaan nl. 'n kontrole groep bestaande uit 25 wyfies wat van 'n 7,0% rietsuikeroplossing voorsien is en 'n eksperimentele groep van 25 wyfies wat van drie verskillende vrugtesuikers voorsien is. By elke behandeling is 25 mannetjies gebruik om te verseker dat die eiers bevrug sou wees. Muskiete van beide behandelings is van gedistilleerde water voorsien direk na ontpopping waarna die muskiete van die kontrolegroep 24 uur na ontpopping van wattestukke (6 cm^2) geweek in die rietsuikeroplossing voorsien is. Hierdie metode is gevolg omdat die muskiete nie almal op dieselfde tyd ontpop het nie en sodoende kon verhoed word dat die muskiete wat eerste ontpop het, vir 'n langer tydperk aan die suiker blootgestel word as dié wat later ontpop het. Appel- ("Starking"), perske (taaipit), en lemoenskywe van 100g elk is ook 24 uur na ontpopping aan die muskiete van die eksperimentele groep voorsien is. Al drie vrugtesoorte is gelyktydig aan die wyfies van die eksperimentele groep gegee. Direk nadat die vrugtestukke in die hokke geplaas is, is die wyfies vir 'n tydperk van 10 ure halfuurliks gemontitor. Die aantal wyfies wat tydens elke waarnemingsperiode op die vrugtestukke gevind is, is aangeteken. Sodoende is probeer om vas te stel watter vrug die grootste voorkeur by die wyfies geniet het. Hierdie waarnemings is nie by die wyfies van die kontrolegroep uitgevoer nie. Die vrugtestukke is na 'n tydsverloop van vyf ure met vars vrugte vervang. Die twee groepe muskiete is daaglik vir 'n tydperk van drie dae, onderskeidelik van watter geweek in 7% suikeroplossing en vars vrugte voorsien.

'n Bloedmaal is op die sesde dag na ontpopping aan die wyfies van beide behandelings voorsien. Waaiertertduiwe is as bloedmaalbron gebruik. Vir 'n periode van 24 uur voor die aanvang van die bloedmaal, is die wyfies uitgehonger deurdat geen koolhidrate beskikbaar was nie. Bloedvoeding het gedurende die na-middag vir 'n tydperk van 2,5 ure plaasgevind. Die onderskeie koolhidraatdiëte is 24 uur na bloedvoeding weer aan die muskiete gegee totdat hulle vir eierlegging uitgevang is.

Drie dae na die bloedmaal is die wyfies van beide behandelings afsonderlik in "Apex No. 8" pilbotteltjies uitgevang. Aangesien daar net van die eerste eierlegging gebruik gemaak is, kon hierdie tegniek suksesvol tydens hierdie eksperiment gebruik word (kyk 5.2). Binne die houertjies is 'n stukkie absorberende papier teen die kant van die pilhouertjie geplaas en 'n klein bietjie water is bygevoeg sodat die onderste punt van die papier aan die water geraak het. Watteproppe is gebruik om die houertjies te seël. Die wyfies is vir 'n tydperk van drie dae in die pilhouertjies gelaat. Na drie dae is die eierlegging in die houertjies nagegaan.

Die eiers is vir 'n tydperk van agt dae na eierlegging by 'n relatiewe humiditeit van ongeveer 68% gestoor en toegelaat om te droog. Daarna is dit in 'n 0,02M NaCl-oplossing geplaas vir uitbroeiing. 'n Klein hoeveelheid larwevoedsel (kyk 3.4) is met die water gemeng. Laasgenoemde het 'n daling in die suurstofvlak van die water, vanweë bakteriële werking, meegebring en as stimulus gedien vir die uitbroei van die eiers (Trpis & Horsfall, 1967). Die eiers is vir vier dae in die water gelaat waarna dit weer vir agt dae gedroog is en daarna weer in die 0,02M NaCl-oplossing geplaas vir verdere uitbroeiing. Die eiers is drie keer benat, waarna geen larwes meer uitgebroei het nie. Eksperimenteel is vasgestel dat uitbroeiing van die eiers na 'n derde benatting nie meer plaasgevind het nie.

Die oorlewingsyfer van die wyfies direk voor blootstelling aan die bloedmaal en met eierlegging is vasgestel asook die eierleggingsukses van die wyfies en uitbroeisukses van die eiers. Resultate vanuit die eksperiment is soos deur Fowler & Cohen (1990) met behulp van Kruskal-Wallis ANOVA, "Dunn's Multiple Comparisons Test" en 'n

ongepaarde eenrigting t-toets ontleed, tensy ander gemeld. Die eksperiment is 'n verdere vyf keer herhaal.

4.3 Resultate en Bespreking

4.3.1 Voeding en voedingsukses op vrugte

Die muskiete het op al drie tipes vrugte gevoed, maar voorkeur gegee aan appel en perske. Min wyfies het op die lemoen gevoed (Tabel 4.1). Met behulp van 'n Kruskal-Wallis ANOVA toets is vasgestel dat daar betekenisvolle verskille ($p = 0,018$) in die voeding op die vrugte voorgekom het. Met "Dunn's Multiple Comparisons Test" is aangetoon dat betekenisvol minder wyfies op die lemoen gevoed het (Tabel 4.1). Geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) is gevind in die persentasie wyfies wat op die perskestukke in vergelyking met die appelstukke gevoed het nie (Tabel 4.1). Alhoewel 'n gemiddelde persentasie van 30,0% van die wyfies op die perskestukke gevoed het teenoor die 6,0% wat op die lemoenstukke gevoed het, was hierdie verskil egter nie betekenisvol ($p > 0,05$) nie (Tabel 4.1). Hierdie verskynsel word verklaar aan die hand van die groot standaard afwyking wat voorgekom het by die wyfies wat op die perskestukke gevoed het. Aangesien meeste van die wyfies op die appel en perske gevoed het, kan die afleiding gemaak word dat die lemoene minder aanvaarbaar was vir die muskiete.

'n Moontlike tekortkoming in hierdie eksperiment is dat dit nie ondersoek is of die muskiete die heel onbeskadigde vrugte ook sal of kan benut nie. 'n Hoër totale suikerinhoud kom by die appels en perskes voor in vergelyking met die totale suikerinhoud van lemoene (Tabel 4.2). Dit is moontlik om hierdie rede dat die wyfies meestal op die appels en perskes gevoed het in 'n poging om die meeste koolhidrate vanuit die vrugtesap te kon opneem. Daarby het die lemoene en perskes oor 'n laer suurinhoud (pH) as die appels beskik (Tabel 4.3). Die vermoede bestaan dat die suurgehalte van die vrugte 'n bykomende rol kon gespeel het in die keuse van vrugte deur die wyfies. 'n Totaal van 81,3% van die wyfies het van die vrugte as bron van

koolhidrate gebruik gemaak. Die sap van vrugte is dus vermoedelik ook 'n aanvaarbare bron van koolhidrate in die afwesigheid van nektar en rietsuiker.

Tabel 4.1 Die gemiddelde persentasie *Aedes aegypti* wyfies wat op elk van die koolhidraatbronne gevoed het asook betekenisvolle verskille in die persentasie wyfies wat op elk van die vrugtesoorte gevoed het.

| Soort vrug (n = 150) | Gem. % wyfies wat op elk van die vrugtesoorte gevoed het ± Std. afw. | Betekenisvolle verskille* (p = 0,018) |
|---|--|---|
| Appel | 45,3 ± 33,24 | ab |
| Perske | 30,0 ± 22,87 | abc |
| Lemoen | 6,0 ± 5,51 | bc |
| Totale persentasie wyfies wat op die rietsuiker gevoed het: 100% (150 wyfies) | | |
| Totale gem. persentasie wyfies wat op die vrugte gevoed het: 81,3% | | |

*Gemiddeldes met dieselfde letters verskil nie betekenisvol van mekaar nie.
n = Aantal wyfies wat 24 uur na ontpping aan die vrugte blootgestel is.

Tabel 4.2: 'n Samestelling van die algemene makronutriëntinhoud wat in elk van die drie vrugtesoorte aangetref word.

| Vrug | Makronutriënte (per 100g)* | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | En-kj ¹ | Gluc-g | Fruc-g | Sucr-g | Malt-g | Gala-g | Lact-g | Tsug-g |
| Appel | 284 | 2.6 | 7.9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Perske | 235 | 0.7 | 0.6 | 8.8 | 0 | 0 | 0 | 10.9 |
| Lemoen | 228 | 2.4 | 2.7 | 4.1 | 0 | 0 | 0 | 9.2 |
| Suiker(100g) | 1500 | - | - | - | - | - | - | - |
| Suiker(35g) ^ψ | 525 | - | - | - | - | - | - | - |

* Tabel verteenwoordig slegs die algemene makronutriëntsamesstelling van soortgelyke vrugtesoorte en nie die presiese waardes vir die betrokke vrugte wat in die eksperiment gebruik is nie. (Soos verkry uit Langenhoven *et al.*, 1991 en Kruger *et al.*, 1998). 1: Afkortings soos volg: En-kj – energie (kilojoules), Gluc-g – glukose (gram), Fruc-g – fruktose (gram), Sucr-g – sukrose (gram), Malt-g – maltose (gram), Gala-g – galaktose (gram), Lact-g – laktose (gram), Tsug-g – totale suikers (gram).

^ψ 35g rietsuiker opgelos in 500ml gedistilleerde water = 7% oplossing

Tabel 4.3: Die massa (g) van die totale suikers vir 100g koolhidraat vir elk van die verskillende koolhidraatbronne.

| Bron van koolhidraat | Massa (g) van die totale suikers in 100g van die koolhidraat | pH van elk van die koolhidraatbronne |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| Rietsuiker (7%) | 35 | 6,1 |
| Appel | 14 | 4,5 |
| Perske | 10,9 | 3,9 |
| Lemoen | 9,2 | 4,4 |

Aangesien die lemoen geskil en al drie soorte vrugte in stukke opgesny was voordat dit in die hokke geplaas is, was dit maklik vir die wyfies om die vrugtesap te kon opneem. Die skille van die vrugte het dus nie die muskiete verhinder om op die vlesige gedeeltes van die vrugte te kon voed nie. Schaefer & Muira (1972) het gevind dat die wyfies van verskeie muskietspesies op vrugte o.a. duiwe en stroop wat uit vye gedrup het, gevoed het in boorde waar talle van die vrugte tydens die oestyd beskadig geraak het en op die grond gelaat is. Verskillende suikers o.a. sukrose, trihalose, maltose, melibiose, laktose, raffinose en melesitose het in meeste van die wyfies wat op die duiwe en vyesappe gevoed het, voorgekom. Die afleiding is deur Schaefer & Muira (1972) gemaak dat die meeste vrugte oor dieselfde koolhidraatkomponente beskik en dat daar weinig keuse bestaan tussen verskillende vrugtesoorte as bron van koolhidrate vir muskietwyfies. Volgens Joseph (1970), in Schaefer & Muira (1972), maak vrugte soos appels, perskes, duiwe en waatlemoene 'n belangrike deel uit van die dieet van beide wyfie en mannetjie muskiete van verskeie spesies en is dit 'n belangrike bron van koolhidrate wat noodsaaklik is vir hul oorlewing. 'n Sterk vermoede bestaan dat hulle slegs van hierdie bronne gebruik sal maak indien dit maklik beskikbaar is, soos wanneer die vrugte beskadig is en van die stroop uitdrup.

4.3.2 Bloedmaal inname en oorlewing

Tot net voor die bloedmaal geneem is, het 90,7% van die suikergevoede wyfies oorleef teenoor 56,0% van die wyfies wat op die vrugte gevoed het (Tabel 4.4). Hierdie

verskil was hoogs betekenisvol ($p = 0,0002$) (Tabel 4.3). Alhoewel 81,3% van die wyfies wat van vrugte voorsien is, daarop gevoed het (Tabel 4.1), het slegs 53,3% van die wyfies, wat met aanvang van die bloedmaal geleef het, bloed gedrink (Tabel 4.4). 'n Hoogs betekenisvolle verskil ($p = 0,001$) het voorgekom in die gemiddelde persentasie wyfies wat 'n bloedmaal geneem het nadat hulle van koolhidraat in die vorm van rietsuiker voorsien is (85,3%) in vergelyking met die wyfies wat van vrugte voorsien is (53,3%) (Tabel 4.4). Uit hierdie resultate blyk dit dat wyfies wat direk na ontpopping vir 'n tydperk van drie dae toegang tot 'n rietsuikeroplossing gehad het, oor meer energiereserwes in die vorm van glikogeen beskik het as die wyfies wat vir dieselfde tydskuur aan die vrugte blootgestel is. Volgens De Meillon *et al.* (1967) word koolhidrate nadat dit deur die wyfies opgeneem is, in die vorm van glikogeen gestoor. Aangesien die rietsuikeroplossing 'n baie hoër energiewaarde (kJ) as die vrugte gehad het, het die wyfies wat op die vrugte gevoed het, vermoedelik oor minder energie beskik as wat nodig was vir die soek en neem van 'n bloedmaal (Tabel 4.2).

Tabel 4.4 Die gemiddelde persentasie *Aedes aegypti* wyfies wat oorleef het kort voor bloedvoeding en wat 'n bloedmaal geneem het.

| Gem. % wyfies oorleef tot voor bloedvoeding \pm Std. afw. ($p=0,0002$) | | Gem. % wyfies bloedgevoed \pm Std. afw. ($p=0,001$) | |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Koolhidraattipe | | Koolhidraattipe | |
| Rietsuiker | Vrugtesuiker | Rietsuiker | Vrugtesuiker |
| 90,7 \pm 7,9 $n^1 = 136$ | 56,0 \pm 14,1 $n^1 = 84$ | 85,3 \pm 10,9 $n^2 = 128$ | 53,3 \pm 15,5 $n^2 = 80$ |

n^1 = Aantal wyfies wat met aanvang van die bloedmaal geleef het.

n^2 = Aantal wyfies wat suksesvol 'n bloedmaal geneem het.

4.3.3 Suksesvolle eierlegging

Die suikergevoede wyfies het drie dae na bloedvoeding, nadat hulle vir eierlegging in die pilhouertjies uitgevang is, 'n gemiddelde oorlewingsyfer van 84,7% gehad. Daarteenoor het die vrugtegevoede wyfies 'n oorlewingsyfer van slegs 55,3% gehad

(Tabel 4.5). Hierdie verskil in oorlewingsyfer tussen die twee behandelings was hoogs betekenisvol ($p = 0,0015$) (Tabel 4.5). Dit is duidelik dat die vrugte nie in die energiebehoefes van hierdie wyfies kon voorsien nie en gevolglik is die energiereserwes wat tydens die laaste larwale stadium geakkumuleer het (Van Handel, 1984), vinnig op gebruik sonder dat hierdie reserwes weer voldoende aangevul is. Volgens Polk (1978) het die wyfies van *Culex quinquefasciatus* Say wat op suiker gevoed het, drie tot vier keer langer gelewe as die wyfies wat op rosyntjies gevoed het.

Tabel 4.5 Die gemiddelde persentasie *Aedes aegypti* wyfies wat oorleef het tot voor eierlegging en wat eiers gelê het na voeding op verskillende tipes koolhidrate.

| Gem. % wyfies oorleef voor eierlegging \pm Std. afw. ($p=0,0015$) | | Gem. % wyfies wat eiers gelê het \pm Std. afw.* ($p=0,0465$) | |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Koolhidraattipe | | Koolhidraattipe | |
| Rietsuiker | Vrugtesuiker | Rietsuiker | Vrugtesuiker |
| 84,7 \pm 11,2 $n^1 = 127$ | 55,3 \pm 14,6 $n^1 = 83$ | 95,2 \pm 9,6 $n^2 = 121$ | 76,5 \pm 22,7 $n^2 = 61$ |

* Bereken uit die aantal wyfies wat vir eierlegging oorleef het (n^1).

n^1 = Aantal wyfies wat drie dae na bloedvoeding geleef het en vir eierlegging uitgevang is.

n^2 = Aantal wyfies wat eiers gelê het.

Net 76,5% van die wyfies wat op die vrugte gevoed het, het eiers gelê teenoor die 95,2% van die wyfies wat van rietsuiker voorsien is (Tabel 4.5). Met behulp van 'n "Mann-Whitney Test" en 'n ongepaarde eenrigting t-toets is gevind dat hierdie verskil betekenisvol was ($p = 0,0465$) (Tabel 4.5). Dit is moontlik dat die wyfies wat van rietsuiker voorsien is, oor meer energiereserwes beskik het vir eierlegging as die wyfies wat op die vrugte gevoed het. Van der Linde (1984) het verskeie suikerbevattende voedselsoorte o.a. appels, 7,5% suikerwater, nektar van die silwerek (*Grevillea robusta*) en heuning as bron van koolhidraat by die wyfies van *Culex theileri* Theobald getoets. Die suikerwater, nektar en heuning is as die geskikste gevind terwyl die appels nie baie aanvaarbaar was nie (Van der Linde, 1984). Jupp & Brown (1967) het

egter gevind dat wyfies van *Culex univitattus* Theobald geredelik op appels gevoed het. Dit is moontlik dat die wyfies van *Ae. aegypti* suiker bo die vrugte kon verkies het en gevolglik minder koolhidrate vanuit die betrokke vrugte opgeneem het. Aangesien die suikerwattes oor 'n hoër voginhoud as die vrugtestukke beskik het, kon die wyfies meer geredelik op die watte gevoed het in 'n poging om water vanuit laasgenoemde te kon opneem. Polk (1978) het aangedui dat muskiete rietsuiker as bron van koolhidrate verkies bo vrugte soos rosyntjies. Volgens die resultate van die huidige eksperiment wil dit voorkom asof dit ooreenstem met resultate wat Polk (1978) met *Cx. quinquefasciatus* gevind het. Dit was egter nie bekend wat die gemiddelde massa/volume van 'n suikermaal was wat per wyfie opgeneem is tydens die huidige eksperiment nie, aangesien die energie wat die wyfies vanuit die verskillende koolhidraatbronne opgeneem het, deur die massa van die koolhidraat wat opgeneem word, bepaal word. Hierdie aspek is nie ondersoek nie.

Die kwaliteit van die suiker beïnvloed die oorlewing van die muskiete wat daarop gevoed het (Foster, 1995). So sal droë suikers wat eers met speeksel benat moet word asook suikeroplossings van 'n hoë konsentrasie klaarblyklik nie so effektief deur sommige muskietspesies benut kan word as verdunde suikeroplossings nie (Foster, 1995). Daarteenoor het Foster (1995) gevind dat baie verdunde suikeroplossings (0,5% - 1,0%) 'n langer lewensduur kan meebring, maar kan nie 'n energietekort verhoed nie. Natuurlike, voedsame suikers soos glukose, fruktose, sukrose, maltose en melesitose is volgens Foster (1995) belangrik vir 'n lang lewensduur terwyl ander suikers die lewensduur van muskietspesies kan verkort of geen effek daarop hê nie.

Dit wil dus voorkom of die kalorie-inhoud van die betrokke vrugte wat tydens die huidige studie gebruik is, wel voldoende kan wees vir die oorlewing en eierleggingsukses van wyfies van *Ae. aegypti* indien dit egter in groot genoeg hoeveelhede deur die muskiete opgeneem kan word. Dit is ook moontlik dat hierdie soorte vrugte nie in die natuur deur *Ae. aegypti* benut sal word nie, weens die taatheid van die skil. Volgens Christophers (1960) slaag verskeie populasies van *Ae. aegypti* daarin om in gebiede waar volop gashere beskikbaar is, slegs op die bloedmale te kan

oorleef en word suiker in die vorm van nektar baie min of glad nie benut nie. Waar herhaaldelike bloedmales nie moontlik is nie, sal die wyfies van hierdie spesie geredelik op die nektar van blomme voed (Christophers, 1960; Nayar & Sauerman, 1975a; Martinez-Ibarra *et al.*, 1997; Naksathit *et al.*, 1999). Volgens laasgenoemde outeurs word suiker in die vorm van nektar deur meeste muskietspesies as die mees geskikte bron van koolhidrate in die natuur benut en word bo vrugte verkies.

4.3.4 Aantal eiers en uitbroeisukses

'n Gemiddeld van 68,2 eiers is deur wyfies gelê wat op rietsuiker gevoed het teenoor 46,4 eiers per wyfie wat op vrugte gevoed het (Tabel 4.6). Volgens 'n ongepaarde eenrigting t-toets was hierdie verskil hoogs betekenisvol ($p < 0,0001$) (Tabel 4.6) en was waarskynlik die gevolg van die hoër energiewaarde van die rietsuiker in vergelyking met die vrugte. Polk (1978) het gevind dat die wyfies van *Cx. quinquefasciatus* wat van suiker as bron van koolhidrate gebruik gemaak het, meer eiers gelê het in vergelyking met wyfies wat op 'n vrugtedieet n.l. rosyntjies gevoed het. Aangesien die vrugte vir sommige van die wyfies in die huidige eksperiment moontlik nie geredelik aanvaarbaar was nie, het hulle moontlik minder op hierdie vrugte gevoed teenoor die wyfies wat van suiker voorsien is.

Tabel 4.6 Die gemiddelde aantal eiers wat deur *Aedes aegypti* wyfies gelê is en die persentasie uitbroei na voeding op verskillende koolhidraattipes.

| n | Gem. aantal eiers per wyfie gelê ± Std. afw. ($p < 0,0001$) | | Gem. % eiers per wyfies uitbroei ± Std. afw. ($p < 0,0001$) | |
|--------------------|---|--------------|---|--------------|
| | Koolhidraattipe | | Koolhidraattipe | |
| Rietsuiker 127 | Rietsuiker | Vrugtesuiker | Rietsuiker | Vrugtesuiker |
| Vrugtesuiker 83 | 68,2 ± 17,9 | 46,4 ± 17,1 | 86,9 ± 20,9 | 54,6 ± 34,4 |

n = Aantal wyfies wat drie dae na bloedvoeding geleef het en vir eierlegging uitgevang is.

Die energiereserwes van muskietwyfies bestaan hoofsaaklik uit lipiede en glikogeen wat aangevul word deur suiker- en bloedmale (Foster, 1995). Lipiede word hoofsaaklik vir oorlewing gebruik en glikogeen en suiker vir beide vliegaktiwiteite en oorlewing. Al drie dra egter by tot eierproduksie (Foster, 1995). Ten minste een suikermaal of een nie-vitellogeeniese bloedmaal is nodig vir die ontwikkeling van eierfollikels vanaf fase I na fase II (Foster, 1995). 'n Suikermaal wat na die bloedmaal geneem word kan meebring dat hierdie follikels ten volle ontwikkel (Foster, 1995). Dit is dus moontlik dat die wyfies wat tydens die huidige studie net vrugte in hul dieet voor en na afloop van die bloedmaal ontvang het, nie oor genoeg energiereserwes in die vorm van glikogeen en lipiede beskik het nie. Dit verklaar moontlik die kleiner aantal eiers per wyfie wat deur hierdie groep wyfies gelê is.

Van die eiers wat deur die suikergevoede wyfies gelê is, het gemiddeld 86,9% uitgebroei teenoor die 54,6% van die vrugtegevoede wyfies (Tabel 4.6). Met 'n eenrigting t-toets is hierdie verskil as hoogs betekenisvol ($p < 0,0001$) bewys (Tabel 4.6).

Volgens Foster (1995) raak die glikogeeninhoud van muskieteiers wat reeds ontwikkel het, totaal uitgeput weens 'n gebrek aan suiker in die dieet van die wyfie. Glikogeen speel moontlik 'n rol in die onderhoud van die eiers, maar die glikogeeninhoud neem af sodra die wyfie begin verhonger (Foster, 1995). Dit is dus moontlik dat die eiers van die vrugtegevoede wyfies in die huidige eksperiment nie oor genoeg energie en moontlik voedingstowwe beskik het nie. Minder eiers is gevolglik geproduseer en die uitbroeisukses het ook afgeneem weens die gebrek aan glikogeen in hierdie eiers.

Dit wil voorkom of verskeie faktore 'n invloed het op die keuse wat die wyfies uitoefen t.o.v die uitsoek van 'n koolhidraatbron. Van hierdie faktore wat moontlik gesamentlik 'n rol gespeel het in die voedingsukses van die wyfies was o.a. i) energie-inhoud, ii) totale massa suikers, iii) suurgehalte (pH) iv) voginhoud en v) toeganklikheid tot die sap van die vrugte.

4.4 Gevolgtrekking

Die afleiding kan gemaak word dat rietsuiker meer geredelik deur die wyfies van *Ae. aegypti* as bron van koolhidrate verkies word, maar dat sekere vrugtesoorte in die afwesigheid van rietsuiker wel vir koolhidrate benut kan word. Vrugtesoorte o.a. lemoene, wat nie geredelik deur die wyfies verkies is nie, is wel benut, maar 'n besliste afname is waargeneem in die bloedvoeding, eierlegging, uitbroeiing van die eiers en oorlewing van hierdie wyfies. Rietsuiker is egter as die mees geskikste bron van koolhidrate vir die oorlewing en algehele onderhoud van 'n laboratoriumkolonie van *Ae. aegypti* gevind.

4.5 Literatuurverwysings

- BIDLINGMAYER, W.L. & HEM, D.G. 1973. Sugar feeding by Florida mosquitoes. *Mosq. News*. 33(4): 535-538.
- CHRISTOPHERS, R. 1960. *Aedes aegypti, the Yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press, London.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction*. Chapman & Hall, London.
- DE MEILLON, B., SEBASTIAN, A. & KHAN, Z.H. 1967. Cane-sugar feeding in *Culex pipiens fatigans*. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 53-65.
- FOSTER, W.A. 1995. Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Ann. Rev. Ent.* 40: 443-474.
- FOWLER, J. & COHEN, L. 1990. *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons. New York.
- GRIMSTAD, P.R. & DeFOLIART, G.R. 1974. Nectar sources of Wisconsin mosquitoes. *J. Med. Ent.* 11: 331-341.
- JUPP, P.G. & BROWN, R.G. 1967. The laboratory colonization of *Culex* (*Culex*) *univittatus* Theobald (Diptera: Culicidae) from material collected in the Highveld region of South Africa. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 30(1): 34-39.
- KRUGER, M; SAYED, N; LANGENHOVEN, M & HOLING, F. 1998. *Composition of Sout African foods: Vegetables and fruit*. Medical Research Council, Tygerberg.

- LANGENHOVEN, M.; CONRADIE, P.J.; WOLMARANS, P. & FABER, M. 1991. *Food quantities manual*. Medical Research Council, Tygerberg.
- MARTINEZ-IBARRA, J.A.; RODRIGUEZ, M.H.; ARREDONDO-JIMENEZ, J.I. & YUVAL, B. 1997. Influence of plant abundance on nectar feeding by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Southern Mexico. *J. Med. Ent.* 34(6): 589-593.
- MITCHELL, C.J. & BRIEGEL, H. 1989. Inability of diapausing *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) to use blood for producing lipid reserves for overwinter survival. *J. Med. Ent.* 26(4): 318-326.
- NAKSATHIT, A.T., EDMAN, J.D. & SCOTT, T.W. 1999. Utilization of human blood and sugar as nutrients by female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 36(1): 13-17.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M Jr. 1971a. Physiological effects of carbohydrates on survival, metabolism, and flight potential of female *Aedes taeniorhynchus*. *J. Insect Physiol.* 17: 2221-2233.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M Jr. 1971b. The effect of diet on life-span, fecundity and flight potential of *Aedes taeniorhynchus* adults. *J. Med. Ent.* 8: 506-513.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M. Jr. 1975a. The effects of nutrition on survival and fecundity in Florida mosquitoes. Part 1. Utilization of sugar for survival. *J. Med. Ent.* 12: 92-98.
- NAYAR, J.K. & VAN HANDEL, E. 1971. The fuel for sustained mosquito flight. *J. Insect Physiol.* 17: 471-481.

- POLK, U.B. 1978. Use of sugar cubes as a carbohydrate source for adult *Culex quinquefasciatus* Say. *Mosq. News.* 38(3): 422.
- SCHAEFER, C.H. & MIURA, T. 1972. Sources of energy utilized by natural populations of the mosquito, *Culex tarsalis*, for overwintering. *J. Insect Physiol.* 18: 797-805.
- TRPIS, M. & HORSFALL, W.R. 1967. Eggs of floodwater mosquitoes (Diptera: Culicidae). XI. Effect of medium on hatching of *Aedes sticticus*. *Ann. Ent. Soc. Am.* 60(6): 1150-1152.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VARGO, A.M. & FOSTER, W.A. 1984. Gonotrophic state and parity of nectar feeding mosquitoes. *Mosq. News.* 44: 6-10.
- VAN HANDEL, E. 1984. Metabolism of nutrients in the adult mosquito. *Mosq. News.* 44(4): 573-579.
- YUVAL, B. 1992. The other habit: sugar feeding by mosquitoes. *Bull. Soc. Vector Ecol.* 17: 150-156.

Hoofstuk 5

**Die invloed van koolhidraat op
die bloedvoeding, eierlegging en
oorlewing van die wyfies.**



5.1 Inleiding

Dit is bekend dat beide die wyfies en mannetjies van verskeie muskietspesies gereeld van nektar as 'n voedselbron gebruik maak (Magnarelli, 1977; Reisen *et al.*, 1986, Clements, 1992). Koolhidrate speel 'n belangrike rol in die oorlewing van die wyfies van verskeie muskietspesies o.a. *Culex quinquefasciatus* Say, *Culex tritaeniorhynchus* Giles, *Culex tarsalis* Coquillett en *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Briegel & Kaiser, 1973; Harada *et al.*, 1976). Koolhidrate in die vorm van nektar en heuningdou is ook die hoofbron van energie tydens die oorwintering van spesies soos *Cx. tarsalis*, aangesien die wyfies baie selde 'n bloedmaal gedurende hierdie tydperk neem (Schaefer & Miura, 1972). Die wyfies van die genus *Toxorhynchites* maak uitsluitlik van koolhidrate in hul dieet gebruik en geen bloedmaal word ooit deur die wyfies van hierdie genus benut nie (Gillett, 1971). Alhoewel koolhidraatvoeding die lewensduur van verskeie muskietspesies verleng, veroorsaak dit 'n vertraging in eierlegging by sommige spesies (Foster & Eischen, 1987). Daar is ook gevind dat 'n afname in die aantal eiers wat deur die wyfies van o.a. *Aedes vexans* (Meigen) gelê is, voorgekom het (Shroyer & Sanders, 1977).

Tydens hierdie eksperiment is daar na aspekte van koolhidraatvoeding en die invloed daarvan op *Ae. aegypti* gekyk nl.:

- i) om vas te stel of die beskikbaarheid van koolhidrate voor en na bloedinname 'n invloed op die eierproduksie van die wyfies het en
- ii) wat die invloed van koolhidrate op die bloedvoedingsukses en oorlewing van die wyfies is.

5.2 Materiaal en Metodes

Tydens hierdie eksperiment is van wyfies vanuit 'n laboratoriumkolonie gebruik gemaak. Die eksperiment het direk nadat die wyfies ontpop het 'n aanvang geneem.

Alle eksperimente is in 'n teelkamer met 'n temperatuur van $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en 'n relatiewe humiditeit van $68\% \pm 2\%$ uitgevoer. 'n Skemerligstelsel is gebruik om kunsmatige dag-nagsiklusse te skep. Daar is deurgaans van 'n 12 uur lig en 'n 12 uur donkerte gebruik gemaak wat 'n oggend- en aandskemering van een uur elk ingesluit het. Die volwasse muskietwyfies is in gaashokke ($35\text{ cm} \times 35\text{ cm} \times 35\text{ cm}$) aangehou. Vir koolhidraatvoeding is van 'n 7% rietsuikeroplossing gebruik gemaak. Wattestukke (6cm^2) is in die suikeroplossing geweek en aan die muskiete voorsien deur dit bo-op die gaashokke te plaas. Gedurende hierdie eksperiment het die wyfies in die verskillende behandelings slegs twee keer 'n bloedmaal ontvang.

Die eksperiment het uit drie behandelings bestaan en 25 wyfies is per behandeling gebruik. Die eksperiment is 'n verdere vier keer herhaal. Die behandelings het die volgende behels:

a) Koolhidraatvoeding tussen elke bloedmaal: Die wyfies het toegang gehad tot die suikeroplossing vanaf direk na ontpopping vir 'n tydperk van 24 uur. Op die tweede dag na ontpopping is die suikeroplossing verwyder sodat die wyfies vir 'n tydperk van 24 uur kon uithonger voordat die eerste bloedmaal voorsien is. Na afloop van elke bloedmaal is die wyfies weer van 'n suikeroplossing voorsien vir 'n tydperk van 48 uur.

b) Slegs een koolhidraatvoeding: Die wyfies is slegs van een suikermaal voorsien vir 'n tydperk van 24 uur direk na ontpopping. Geen verdere koolhidrate is vir die duur van die eksperiment aan die wyfies voorsien nie. Net wattestukke geweek in gedistilleerde water is na afloop van elke bloedmaal aan die wyfies voorsien.

c) Geen koolhidraatvoeding: Die wyfies het geen suikermaal na ontpopping ontvang nie en is slegs van wattestukke, geweek in gedistilleerde water, voorsien. Die wattestukke met water is direk na ontpopping en ook na elke bloedmaal aan die wyfies voorsien.

Daar is van waaiertert duiwe as bloedmaalbron gebruik gemaak. Die eerste bloedmaal is op die derde dag na ontpopping aan die wyfies van al drie behandelings voorsien. Die duiwe is gedurende die na-middag vir 'n tydperk van twee en 'n half uur

in die hokke geplaas waartydens die wyfies toegelaat is om bloed te voed. Die aantal wyfies wat bloedgevoed het in elk van die behandelings is aangeteken. 'n Tweede bloedmaal is op die vierde dag nadat die eerste bloedmaal aan die wyfies voorsien is, verskaf. 'n Uithongeringstydperk van 24 uur het die tweede bloedmaal voorafgegaan. Die persentasie oorlewing asook die aantal wyfies wat suksesvol 'n bloedmaal geneem het, is waargeneem.

Tydens 'n vorige eksperiment (kyk 4.2) is die wyfies afsonderlik in "Apex No. 8" botteltjies, waarin 'n klein bietjie water gevoeg is, uitgevang. 'n Stukkie absorberende papier is teen die kant van die botteltjies geplaas met die onderste punt van die papier wat aan die water geraak het. Watterproppe is gebruik om die houertjies te seël. Hoewel hierdie metode suksesvol was vir 'n eenmalige eierlegging by *Ae. aegypti*, is dit tydens die huidige eksperiment as onsuksesvol gevind aangesien talle van die wyfies in die water in die pilhouertjies tydens die eerste eierlegging verdrink het. Daar het gevolglik nie genoeg wyfies vir 'n tweede eierlegging oorleef nie. Ten spyte van die feit dat die water in die pilhouertjies tot 'n minimum beperk is, het 'n groot aantal sterftes steeds voorgekom. Volgens Goma (1966) word eierlegging by *Ae. aegypti* wyfies juis aangemoedig deur die teenwoordigheid van water in die eierleggingshouers. Die water kon ook nie heeltemal verwyder word nie, aangesien die eierleggingstrokies te vinnig uitgedroog het.

Daar is toe besluit om van swart plastiekhouders (13cm x 7cm) gebruik te maak aangesien laasgenoemde metode as baie suksesvol gevind is vir eierlegging deur *Ae. aegypti* wyfies (kyk 3.2). Die houders is elk gevul met 300 ml van 'n 0,02 M NaCl-oplossing waarby 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is. 'n Strook absorberende handdoekpapier is viervoudig gevou tot 'n breedte van 7 cm en in elk van die houders geplaas. Die onderste punt van die papier is in die water geplaas met die boonste punt wat oor die rand van die houer gehang het. Sodoende is die wyfies voortdurend van 'n klam substraat vir eierlegging voorsien. Een houer per hok is drie dae na bloedvoeding in die hok geplaas en na afloop van die volgende bloedmaal verwyder.

Eiers wat op die stroke papier asook teen die kante van die houers en op die wateroppervlak gelê is, is met behulp van 'n vergrootglas getel en die totale aantal eiers wat tydens elke behandeling gelê is, is vasgestel. Aangesien die wyfies nie afsonderlik vir eierlegging uitgevang is nie, is daar aanvaar dat elk van die wyfies wat bloedgevoed het wel eiers gelê het. Die gemiddelde aantal eiers wat per wyfie gelê is, is dus bereken deur bloot die totale aantal eiers deur die aantal bloedgevoede wyfies te deel. Daar moes noodgedwonge van hierdie metode gebruik gemaak word, hoewel dit nie as die mees korrekte of ideale metode beskou kan word nie.

Die persentasie oorlewing van die wyfies voor elke bloedvoeding en eierlegging is ook vasgestel. Oorlewing tot en met die vyftiende dag na ontpopping is ook vir elk van die behandelings vasgestel om te bepaal of die aanwesigheid van koolhidrate in die dieet 'n betekenisvol beter oorlewing tot gevolg gehad het. Die wyfies is slegs van twee bloedmale voorsien en die aantal eiers van hierdie twee bloedmale is aangeteken. Die resultate verkry uit die eksperiment is statisties ontleed en vergelyk met behulp van 'n eenrigting variansie analise (ANOVA), ongepaarde eenrigting t-toets en "Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test" tensy anders aangedui.

5.3 Resultate en Bespreking

5.3.1 Die persentasie bloedgevoede wyfies

'n Groot persentasie wyfies het suksesvol 'n eerste bloedmaal by elk van die drie koolhidraatbehandelings geneem (Tabel 5.1). Geen betekenisvolle verskille ($p > 0,05$) in die persentasie wyfies wat 'n eerste bloedmaal geneem het, het tussen die drie koolhidraatbehandelings voorgekom nie (Tabel 5.1). 'n Afname in die persentasie wyfies wat 'n tweede bloedmaal geneem het, is by elk van die drie koolhidraatbehandelings gevind (Tabel 5.1). Met ANOVA is aangetoon dat die verskille tussen elk van die drie behandelings by die tweede bloedmaal nie betekenisvol was nie ($p > 0,05$). By die behandeling waar suiker net een keer aan die wyfies voorsien is, het 'n kleiner persentasie wyfies (69,6%) bloed tydens die tweede

bloedmaal geneem as die persentasie bloedgevoede wyfies (74,8%) wat tussen bloedmale van suiker voorsien is (Tabel 5.1). Daarteenoor het 'n nog kleiner persentasie wyfies (67,1%) wat 'n tweede bloedmaal genuttig het by die behandeling wat geen suiker ontvang het nie, voorgekom (Tabel 5.1).

Met 'n t-toets is geen betekenisvolle verskille ($p > 0,05$) in die persentasie wyfies wat suksesvol 'n bloedmaal tydens die eerste en tweede bloedvoeding binne elk van die verskillende behandelings geneem het, aangetref nie. Die behandeling wat gereeld suiker ontvang het, het 'n p-waarde = 0,244 gehad teenoor onderskeidelik $p = 0,263$ en $p = 0,068$ vir die behandelings wat slegs een keer suiker en geen suiker gehad het nie. Dit is dus duidelik dat die wyfies van *Ae. aegypti* by 'n gebrek aan koolhidraat in hul dieet steeds oor genoeg energiereserwes beskik het om tot sewe dae na ontpopping 'n tweede bloedmaal te kon neem.

Tabel 5.1: Die persentasie *Aedes aegypti* wyfies wat die eerste en tweede bloedmale geneem het na blootstelling aan verskillende koolhidraatvoedings.

| Behandeling | n | Gemiddelde % wyfies wat bloedmale geneem het \pm Std. afw. | | |
|---|-----|--|-----|-------------------------------------|
| | | Eerste bloedmaal ($p = 0,736$) | n | Tweede bloedmaal ($p = 0,850$) |
| Koolhidraatvoeding tussen bloedmale (a) | 124 | 83,2 \pm 13,7 abc* | 117 | 74,8 \pm 22,1 abc |
| Slegs een koolhidraatvoeding (b) | 125 | 77,6 \pm 14,3 abc | 113 | 69,6 \pm 22,7 abc |
| Geen koolhidraatvoeding (c) | 125 | 82,4 \pm 6,7 abc | 80 | 67,1 \pm 19,5 abc |

* Gemiddeldes met dieselfde letters verskil nie betekenisvol van mekaar nie.
n = Aantal wyfies wat met aanvang van die bloedmale geleef het.

Volgens Van Handel (1984) kan energiereserwes wat tydens die voedingsfase van die laaste larwale stadium geakkumuleer het, voldoende wees om die volwasse muskiete vir 'n paar dae te onderhou, ten spyte daarvan dat hierdie reserwes tydens die papiestadium afneem. *Culex theileri* Theobald (Van der Linde, 1984) en *Aedes*

triseriatus (Say) (Walker & Edman, 1985) wyfies wat geen suiker in hul dieet ontvang het nie, het blykbaar nie oor genoeg energie beskik om suksesvol 'n bloedmaal te neem nie. Die wyfies van *Culex nigripalpus* Theobald wat geen suiker kort na ontpopping ontvang het nie, het ook minder suksesvol bloed ingeneem as die wyfies wat wel van suiker voorsien is (Nayar & Pierce, 1980; Hancock & Foster, 1997). Volgens laasgenoemde outeurs wil dit voorkom of die wyfies van *Cx. nigripalpus*, wat vir 'n tydperk uitgehonger is en gevolglik oor min energiereserwes beskik het, 'n sterk voorkeur gehad het vir suiker wanneer hierdie wyfies aan beide suiker en bloed gelyktydig blootgestel is. 'n Voorkeur vir bloedvoeding het eers ontstaan nadat die wyfies 'n suikermaal geneem het (Hancock & Foster, 1997). Hierdie tendens het ook voorgekom by wyfies wat nie genoeg energiereserwes tydens die larwale stadia geakkumuleer het nie. Klowden (1986) het gevind dat *Ae. aegypti* wyfies wat geen suiker nie, maar slegs 'n bloedmaal na ontpopping ontvang het, gouer na 'n volgende bloedmaal begin soek het as wyfies wat van suiker en bloed voorsien is.

5.3.2 Die aantal eiers gelê

Minder eiers is deur die wyfies, wat slegs een keer van suiker voorsien is, tydens die eerste eierlegging gelê as deur die wyfies wat gereeld suiker ontvang het (Tabel 5.2). Hierdie verskil was egter nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 5.2) en ietwat onverwags, aangesien die wyfies van beide behandelings van suiker voorsien is voor die aanvang van die eerste bloedmaal. Hierteenoor het die wyfies wat geen suiker in hul dieet ontvang het nie, betekenisvol minder ($p = 0,0115$) eiers tydens die eerste eierlegging geproduseer (Tabel 5.2).

Tydens die tweede eierlegging is oor die algemeen minder eiers by al drie behandelings geproduseer (Tabel 5.2). Geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) in die aantal eiers wat gelê is het voorgekom tussen die wyfies wat koolhidraat tussen elke bloedmale ontvang het nie en die wyfies wat slegs een keer koolhidraat ontvang het nie. Wyfies wat slegs van water in hul dieet voorsien is, het egter betekenisvol minder eiers ($p = 0,0095$) tydens die tweede eierlegging gelê in vergelyking met die wyfies van die ander

twee behandelings (Tabel 5.2). Eierlegging het omtrent met 50% afgeneem tydens die tweede eierlegging by die wyfies wat geen suiker ontvang het nie teenoor die meer geleidelike afname by die wyfies wat wel suiker ontvang het. Die wyfies wat geen suiker in hul dieet ontvang het nie, het egter steeds oor genoeg energiereserwes beskik om eiers na die tweede bloedmaal te produseer, hoewel hulle energiereserwes begin afneem het. Geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) het voorgekom in die aantal eiers wat deur wyfies binne die verskillende behandelings, tydens die eerste en tweede eierlegging geproduseer is nie. P-waardes van 0,098, 0,054 en 0,083 is onderskeidelik by die behandelings wat i) suiker na elke bloedmaal ontvang het, ii) slegs een maal suiker ontvang het en iii) geen suiker ontvang het nie, bereken.

Tabel 5.2: Die gemiddelde aantal eiers wat deur *Aedes aegypti* tydens die eerste en tweede eierleggings by elk van die verskillende behandelings gelê is.

| Behandeling | n | Gemiddelde aantal eiers gelê ± Std. afw. | | |
|--|-----|---|----|--|
| | | Eerste eierlegging ($p = 0,0115$) | n | Tweede eierlegging ($p = 0,0095$) |
| Koolhidraatvoeding tussen bloedmale (a) | 104 | 546 ± 118,8 ^a ab* (2730 eiers) ^ξ | 87 | 411,4 ± 176,5 ab (2057 eiers) |
| Slegs een koolhidraatvoeding (b) | 97 | 523,6 ± 159,3 ab (2618 eiers) | 79 | 367 ± 110,4 ab (1835 eiers) |
| Geen koolhidraat- voeding (c) | 103 | 246,2 ± 153,7 c (1231 eiers) | 51 | 130,4 ± 72,9 c (652 eiers) |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal wyfies wat bloed ingeneem het tydens elk van die bloedvoedings.

φ = Gem. aantal eiers wat gelê is, soos bereken deur eenrigting ANOVA variansie analise.

ξ = Totale aantal eiers wat by die koolhidraatbehandelings gelê is tydens die eerste en tweede eierleggings.

Verskeie outeurs o.a. Edman *et al.* (1992), Scott *et al.* (1993a,b) en Van Handel *et al.* (1994) het gevind dat die wyfies van *Ae aegypti* feitlik uitsluitlik op mensbloed voed, sonder die inneem van koolhidrate vanuit bronne soos nektar. Ten spyte hiervan is hulle steeds instaat is om eiers te lê en te oorleef. Hierdie muskiete vul blykbaar hul energiereserwes aan op hoofsaaklik drie wyses nl. i) deur die neem van veelvuldige

bloedmale tydens dieselfde eierleggingsiklus (Scott *et al.*, 1993a), ii) die opneem van voedingstowwe vanuit 'n bloedmaal (Nayar & Sauerman, 1975a), iii) deur voeding op proteïen-ryke mensbloed waarvan die isoleusienvlakke beperk is (Briegel, 1990; Foster, 1995). Hierdie bevindinge word ondersteun deur werk van Van Handel (1965), Nayar & Van Handel (1971) en Nayar & Sauerman (1975a,b,c) waarin vasgestel is dat muskietwyfies energie vanuit beide koolhidrate en bloedmale verkry vir vliegaktiwiteit en oorlewing. Volgens Clements (1992) kan *Ae. aegypti* wyfies oorleef en voortplant sonder die opneem van koolhidrate in hul dieet, mits hulle voortdurend toegang tot 'n bloedmaal het. Hierdie waarnemings is ook deur Gary & Foster (2001) by die wyfies van *Anopheles gambiae* Giles gemaak.

Eksperimentele werk deur Costero *et al.* (1998) het getoon dat *Ae. aegypti* wyfies wat slegs van 'n bloedmaal voorsien is, betekenisvol meer eiers gelê het as wyfies wat van suiker sowel as 'n bloedmaal voorsien is. Laasgenoemde bevindinge stem egter nie ooreen met resultate wat uit die huidige studie verkry is nie, aangesien betekenisvol meer eiers voorgekom het by die eerste sowel as die tweede eierlegging van behandelings wat van beide suiker en bloedmale voorsien is teenoor die kleiner aantal eiers wat gelê is deur wyfies wat geen suiker ontvang het nie (Tabel 5.2). 'n Moontlike verklaring vir hierdie verskynsel is waarskynlik die feit dat die wyfies van al drie behandelings net van 'n eerste en tweede bloedmaal voorsien is, met 'n tydperk van vier dae wat tussen hierdie bloedmale verloop het. Die wyfies is dus nie van veelvoudige bloedmale voorsien tydens elke eierleggingsiklus nie en kon gevolglik nie voldoende energiereserwes in die vorm van glikogeen en trigliseriedes (Nayar & Sauerman, 1975a) vanuit die bloed sintetiseer nie. Die wyfies wat net van 'n bloedmaal voorsien is, het blykbaar nie oor dieselfde energiereserwes vir eierlegging beskik as die wyfies wat van suiker voor die neem van die bloedmaal voorsien is nie. Foster & Eischen (1987) het gevind dat *Ae. aegypti* meer bloedmale neem wanneer hulle nie van koolhidraat in hul dieet voorsien word nie.

Die afname in die gemiddelde aantal eiers wat voorgekom het tussen die eerste en die tweede eierleggings, by elk van die verskillende behandelings (Tabel 5.2) was nie

betekenisvol nie ($p > 0,05$). Dit was vermoedelik weens die fisiologiese ouderdom van die wyfies wat 'n invloed het op die aantal eiers wat tydens elke eierlegging gelê word (Goma, 1966; Clements, 1992). Namate die wyfies verouder, neem die gemiddelde aantal eiers wat gelê word af tydens elke eierleggingsiklus ten spyte van die feit dat die hoeveelheid bloed wat tydens elke bloedmaal opgeneem word, konstant bly (Woke *et al.*, 1956; Akoh *et al.*, 1992). Stahler & Seeley (1971) het by *Anopheles stephensi* Linnaeus gevind dat drie dae oue wyfies betekenisvol meer eiers gelê het as 10 dae oue wyfies. Namate die wyfies verouder het, het die gemiddelde eierlegging met ongeveer 25% afgeneem in die tweede week en 'n verdere 40% in die derde week na ontpopping (Stahler & Seeley, 1971).

5.3.3 Die aantal eiers per wyfie

Byna geen verskil het voorgekom in die aantal eiers wat per wyfie tydens die eerste eierlegging, by die twee behandelings wat suiker ontvang het, gelê is nie. Met behulp van 'n eenrigting variansie analise (ANOVA) en "Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test" is gevind dat wyfies wat geen suiker ontvang het nie, betekenisvol minder ($p = 0,007$) eiers per wyfie tydens die eerste eierlegging gelê het as die wyfies was wel van suiker voorsien is (Tabel 5.3).

Tabel 5.3: Die gemiddelde aantal eiers wat per *Aedes aegypti* wyfie tydens die eerste en tweede eierleggings by elk van die verskillende behandelings gelê is.

| Behandeling | n | Gemiddelde aantal eiers per wyfie gelê ± Std. afw. | | |
|--|-----|---|----|---------------------------------------|
| | | Eerste eierlegging ($p = 0,007$) | n | Tweede eierlegging ($p = 0,003$) |
| Koolhidraatvoeding tussen bloedmale (a) | 104 | 26,1 ± 2,5 ^o ab* | 87 | 23,0 ± 6,5 ab |
| Slegs een koolhidraatvoeding (b) | 97 | 27,8 ± 9,9 ab | 79 | 23,7 ± 2,7 ab |
| Geen koolhidraat- voeding (c) | 103 | 11,7 ± 6,9 c | 51 | 12,4 ± 3,4 c |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = aantal wyfies wat bloed ingeneem het tydens elk van die bloedvoedings.

φ = Gemiddeldes bereken uit die totale aantal eiers gelê by elke koolhidraatbehandeling (kyk Tabel 5.2).

Dieselfde verskynsel het by die tweede eierlegging voorgekom deurdat die wyfies wat wel suiker in hul dieet ontvang het, betekenisvol meer ($p = 0,003$) eiers per wyfie gelê het as die wat geen suiker ontvang het nie (Tabel 5.3).

Soos reeds genoem, word die voedingstowwe vanuit 'n bloedmaal nie net vir die vorming van eiers gebruik nie, maar ook as energiebron vir oorlewing deur die wyfies (Nayar & Sauerman, 1975b; Edman *et al.*, 1992; Hancock & Foster, 1993; Van Handel *et al.*, 1994 en Naksathit & Scott, 1998b).

Aangesien wyfies wat op suiker gevoed het, reeds 'n maksimumvlak van glikogeen akkumulering bereik het, word die energie wat in 'n bloedmaal voorkom vir die verhoging van lipiedreserwes of vir vitellogenese gebruik (Van Handel, 1965; Clements, 1992). Nayar & Sauerman (1975b) het gevind dat uitgehongerde *Ae. aegypti* wyfies trigliserol vir een tot twee dae na die opneem van 'n bloedmaal akkumuleer waarna dit na ongeveer vyf dae net in die eiers gevind word. Die gevolgtrekking wat gemaak word is dat die wyfies wat tydens hierdie studie van geen suiker voorsien is nie, wel oor genoeg energiereserwes beskik het vir die vorming en lê van eiers tydens die eerste en tweede eierleggingsiklus. Die verskil in die gemiddelde aantal eiers wat per wyfie by hierdie behandeling (geen suiker) gelê is teenoor die wyfies van die behandelings wat wel suiker ontvang het, word toegeskryf aan die feit dat die wyfies van eersgenoemde behandeling nie oor genoeg energie vir die ontwikkeling van 'n groter aantal eiers beskik het nie (Tabel 5.3). Volgens Foster (1995) verhoog suiker in die dieet die aantal eiers wat per wyfie gelê word omdat die wyfie oor genoeg energie beskik vir die vorming en lê van die eiers. Daarteenoor kan 'n divertikulum vol suiker aanleiding gee tot 'n kleiner aantal eiers per wyfie deurdat sy minder bloed opneem (Foster, 1995).

Met behulp van 'n ongepaarde eenrigting t-toets is geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) in die hoeveelheid eiers wat per wyfie gelê is tydens die eerste eierlegging teenoor die tweede eierlegging, binne die drie behandelings, gevind nie. P-waardes van onderskeidelik 0,176, 0,201 en 0,429 is vir elk van die drie behandelings bereken.

Namate die wyfies fisiologies verouder het, het hulle steeds oor genoeg energiereserwes beskik vir die vorming en lê van eiers na die tweede bloedmaal. Die vermoede bestaan dat hierdie wyfies wel van die energie wat in die bloedmaal beskikbaar was, benut het om te kon oorleef. Dit sou egter interessant wees om vas te stel hoeveel eierleggings in totaal moontlik is by wyfies wat 'n soorgelyke dieet ontvang. Hierdie aspek is egter nie ondersoek nie.

Uit bogenoemde resultate is dit duidelik dat die opneem van koolhidrate deur muskietwyfies wel noodsaaklik is en meebring dat betekenisvol meer eiers per wyfie geproduseer word.

5.3.4 Oorlewing van die wyfies

Met aanvang van die eerste bloedmaal, het slegs klein verskille voorgekom in die oorlewingsyfer van die wyfies tussen elk van die drie behandelings (Tabel 5.4). Die vermoede bestaan dat die wyfies van die twee behandelings wat suiker ontvang het oor ongeveer dieselfde energiereserwes kon beskik het en gevolglik was daar nie groot verskille in die oorlewingsyfer van hierdie wyfies tydens die eerste bloedmaal te wagte nie. Wyfies wat geen suiker ontvang het nie, het van die energiereserwes wat tydens die laaste larwale stadium geakkumuleer het (Van Handel, 1984), gebruik gemaak om 'n bloedmaal te kon neem.

Voor aanvang van die tweede bloedmaal, het daar reeds sterftes onder die wyfies voorgekom (Tabel 5.4). Die meeste sterftes het by die groep wyfies voorgekom wat geen suiker ontvang het nie en slegs 64% van die oorspronklike aantal wyfies het oorleef om die tweede bloedmaal te neem (Tabel 5.4). Daarteenoor het 93,6% van die wyfies wat 'n tweede suikermaal na die eerste bloedmaal ontvang het, oorleef met aanvang van die tweede bloedmaal. Van die wyfies wat slegs een keer koolhidraat ontvang het, het gemiddeld 90,4% 'n tweede bloedmaal geneem (Tabel 5.4).

Die oorlewing van die wyfies vyftien dae na ontpopping het betekenisvol gedaal vir al

drie behandelings. Die wyfies wat geen suiker ontvang het nie, het die swakste gevaar en gemiddeld 8% het oorleef (Tabel 5.4). Die verskil in persentasie oorlewing tussen die twee behandelings wat wel suiker ontvang het, was nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 5.4). Dit wil dus voorkom asof die wyfies wat slegs een keer suiker ontvang het, genoeg energiereserwes in die vorm van glikogeen en lipiede gestoor het. Daarby het hulle moontlik ook energie vanuit die twee bloedmale verkry wat oorlewing vir 'n tydperk van tot twee weke na ontpopping moontlik gemaak het.

Tabel 5.4: Die gemiddelde persentasie oorlewing van *Aedes aegypti* wyfies tydens bloedvoeding en 15 dae na ontpopping by elk van die verskillende koolhidraatbehandelings.

| Behandeling | n ¹ | Gem. % oorlewing ± Std. afw. | | | | |
|--|----------------|--|----------------|--|----------------|-------------------------|
| | | Eerste bloedmaal (drie dae na ont- popping; p = 0,397) | n ¹ | Tweede bloedmaal (sewe dae na ont- popping; p = 0,018) | n ² | 15 dae na ontpopping |
| Koolhidraatvoeding tussen bloedmale (a) | 124 | 99,2 ± 1,8 abc* | 117 | 93,6 ± 3,6 ab | 78 | 62,4 ± 11,2 ab |
| Slegs een koolhidraatvoeding (b) | 125 | 100 ± 0 abc | 113 | 90,4 ± 6,7 abc | 62 | 49,6 ± 18,0 abc |
| Geen koolhidraat- voeding (c) | 125 | 100 ± 0 abc | 80 | 64,0 ± 29,5 bc | 10 | 8,0 ± 2,8 bc |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n¹ = Aantal wyfies wat direk voor aanvang van elke bloedmaal geleef het.

n² = Aantal wyfies wat 15 dae na ontpopping geleef het.

(Data ontleed met behulp van Kruskal-Wallis ANOVA en "Dunn's Multiple Comparisons Test.")

'n Hoogs betekenisvolle verskil in oorlewing ($p < 0,01$) het voorgekom tussen die wyfies wat geen suiker ontvang het nie en die wyfies van die ander twee behandelings wat suiker ontvang het (Tabel 5.4). Blykbaar het die wyfies wat geen koolhidraat ontvang het nie, energie vanuit die bloedmale gekry, maar dit was nie voldoende om hulle vir 'n periode van 15 dae aan die lewe te hou nie. Volgens Naksathit *et al.* (1999) neem die wyfies van *Ae. aegypti* energiereserwes in die vorm van trigliseriede vanuit die bloedmaal op, maar gaan dood indien hulle nie binne vyf dae na hul laaste bloedmaal weer voed nie. Volgens Clements (1992) kan *Ae. aegypti* wyfies sonder

koolhidrate in hul dieet oorleef mits hulle gereeld toegang tot 'n bloedmaal het. Hierdie proses is metabolies minder effektief as wanneer die wyfies suiker opneem (Van Handel, 1965; Clements, 1992). Veelvuldige bloedmale binne dieselfde eierleggingsiklus is noodsaaklik om verhongering by wyfies te verhoed wat geen suiker inneem nie (Costero *et al.*, 1999). Gadawski & Smith (1992) het gevind dat die daaglikse oorlewing van *Aedes provocans* (Walker) aansienlik hoër was by wyfies wat van suiker in hul dieet voorsien is, teenoor wyfies wat slegs bloed ontvang het.

Dieselfde resultate is deur Straif & Beier (1996) by die wyfies van *An. gambiae* gevind waar die wyfies wat van suiker in hul dieet voorsien is, ongeveer drie dae langer geleef het as die wyfies wat geen suiker ontvang het nie. Hierdie resultate stem ooreen met dié van Andersson (1992) wat by *Aedes communis* (De Geer) gevind het dat 'n suikermaal direk na ontpopping uiters belangrik was vir die oorlewing van die wyfies. Gereelde suikermale het ook bygedra tot ovariale ontwikkeling (Andersson, 1992). Verder het laasgenoemde outeur ook gevind dat 'n suikermaal gevolg deur 'n bloedmaal en daarna weer verskeie suikermale tydens die eierleggingsiklus die optimum dieet vir *Ae. communis* was.

Met behulp van Kruskal-Wallis ANOVA en "Dunn's Multiple Comparisons Test" is gevind dat betekenisvolle verskille ($p < 0,05$) voorgekom het in die oorlewing van die wyfies tussen die eerste bloedmaal en die tweede bloedmaal binne die verskillende koolhidraatbehandelings (Tabel 5.5).

Tabel 5.5: Verskille in die gemiddelde persentasie oorlewing van *Aedes aegypti* wyfies tussen die eerste en tweede bloedmaal vir elk van verskillende handelings.

| Bloedmaal | Koolhidraatvoeding tussen bloedmale ($p = 0,007$) | Slegs een koolhidraatvoeding ($p = 0,016$) | Geen koolhidraatvoeding ($p = 0,026$) |
|----------------------|--|---|--|
| Eerste bloedmaal (a) | 99,2 ± 1,8 a | 100 ± 0 a | 100 ± 0 a |
| Tweede bloedmaal (b) | 93,6 ± 3,6 b | 90,4 ± 6,7 b | 64,0 ± 29,5 b |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Nayar & Sauerman (1975c) het gevind dat *Ae. aegypti* wyfies wat gereeld van koolhidrate in hul dieet voorsien is, oor aansienlik meer glikogeen en triglisieriedes beskik het na elke eierlegging in vergelyking met die wyfies wat geen suiker ontvang het nie en dus 'n korter lewensverwagting gehad het. 'n Hoër oorlewingsyfer kon moontlik by die wyfies wat tydens die huidige studie geen suiker ontvang het nie, voorgekom het indien hulle toegelaat is om veelvuldige bloedmale te neem binne beide die eerste en tweede eierleggingsiklusse. Suiker in die afwesigheid van gereelde bloedmale was dus onontbeerlik vir die oorlewing van hierdie spesie.

5.4 Gevolgtrekking

Koolhidraat maak 'n essensiële deel van die dieet van *Ae. aegypti* wyfies uit deurdat dit 'n betekenisvolle invloed het op beide eierlegging en oorlewing van die wyfies. Wyfies wat nie van koolhidraat voorsien is nie, maar slegs van twee bloedmale binne 'n tydperk van sewe dae het binne twee weke doodgegaan. Wyfies wat koolhidraat in hul dieet ontvang het, het betekenisvol meer eiers gelê as wyfies wat geen suiker ontvang het nie. Dit wil voorkom of *Ae. aegypti* wyfies wel energie vanuit 'n bloedmaal kan kry om sodoende vir 'n beperkte tydperk te kan oorleef. Hulle benodig egter in die afwesigheid van suiker gereelde bloedmale om sodoende oor genoeg energie vir eierlegging en oorlewing te kan beskik.

5.5 Literatuurverwysings

- AKOH, J.I., AIGBODION, F.I. & KUMBAK, D. 1992. Studies on the effect of larval diet, adult body weight, size of blood-meal and age on the fecundity of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Insect Sci. Applic.* 13(2): 177-181.
- ANDERSSON, I.H. 1992. The effect of sugar meals and body size on fecundity and longevity of female *Aedes communis* (Diptera: Culicidae). *Physiol. Ent.* 17: 203-207.
- BRIEGEL, H. 1990. Metabolic relationship between female body size, reserves, and fecundity of *Aedes aegypti*. *J. Insect Physiol.* 36: 165-172.
- BRIEGEL, H. & KAISER, C. 1973. Life-span of mosquitoes (Culicidae: Diptera) under laboratory conditions. *Gerontologia.* 19: 240-249.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction.* Chapman & Hall, London.
- COSTERO, A.; EDMAN, J.D.; CLARK, G.G. & SCOTT, T.W. 1998. Life table study of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Puerto Rico fed only human blood versus blood plus sugar. *J. Med. Ent.* 35(5): 809-813.
- COSTERO, A., EDMAN, J.D., CLARK, G.G., KITTAYAPONG, P. & SCOTT, T.W. 1999. Survival of starved *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Puerto Rico and Thailand. *J. Med. Ent.* 36: 272-276.

- EDMAN, J.D., STRICKMAN, D., KITTAYAPONG, P & SCOTT, T.W. 1992. Female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand rarely feed on sugar. *J. Med. Ent.* 29: 1035-1038.
- FOSTER, W.A. 1995. Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Annu. Rev. Ent.* 40: 443-474.
- FOSTER, W.A. & EISCHEN, F.A. 1987. Frequency of blood-feeding in relation to sugar availability in *Aedes aegypti* and *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 80: 103-108.
- GADAWSKI, R.M. & SMITH, S.M. 1992. Nectar sources and age structure in a population of *Aedes provocans* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 29(5): 879-886.
- GARY, R.E. & FOSTER, W.A. 2001. Effects of available sugar on the reproductive fitness and vectorial capacity of the malaria vector *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 38(1): 22-28.
- GILLETT, J.D. 1971. *The world naturalist: Mosquitoes*. The Chaucer Press, Suffolk.
- GOMA, L.K.H. 1966. *The mosquito*. Hutchinson & Co. Ltd., London.
- HANCOCK, R.G. & FOSTER, W.A. 1993. Effect of preblood-meal sugar on sugar seeking and upwind flight by gravid and parous *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 30: 353-359.
- HANCOCK, R.G. & FOSTER, W.A. 1997. Larval and adult nutrition effects on blood/nectar choice of *Culex nigripalpus* mosquitoes. *Med. Vet. Ent.* 11: 112-122.

-
- HARADA, F.; MORIYA, K & YABE, T. 1976. Observations on the survival and longevity of *Culex* and *Aedes* mosquitoes fed on the flowers of nectar plants (IV). *Jap. J. Sanit. Zool.* 27: 307-309.
- KLOWDEN, M.J. 1986. Effects of sugar deprivation on the host-seeking behavior of gravid *Aedes aegypti* mosquitoes. *J. Insect Physiol.* 32(5): 479-483.
- MAGNARELLI, L.A. 1977. Nectar feeding by *Aedes sollicitans* and its relation to gonotrophic activity. *Environ. Entomol.* 6: 237-242.
- NAKSATHIT, A.T. & SCOTT, T.W. 1998b. Effect of female size on fecundity and survivorship of *Aedes aegypti* fed only human blood versus human blood plus sugar. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14: 148-152.
- NAKSATHIT, A.T., EDMAN, J.D. & SCOTT, T.W. 1999. Utilization of human blood and sugar as nutrients by female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 36(1): 13-17.
- NAYAR, J.K. & PIERCE, P.A. 1980. The effects of diet on survival, insemination and oviposition of *Culex nigripalpus* Theobald. *Mosq. News.* 40: 210-217.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M. Jr. 1975a. The effects of nutrition on survival and fecundity in Florida mosquitoes. Part 1. Utilization of sugar for survival. *J. Med. Ent.* 12: 92-98.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M. Jr. 1975b. The effects of nutrition on survival and fecundity in Florida mosquitoes. Part 2. Utilization of a blood meal for survival. *J. Med. Ent.* 12: 99-103.

- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M. Jr. 1975c. The effects of nutrition on survival and fecundity in Florida mosquitoes. Part 3. Utilization of blood and sugar for fecundity. *J. Med. Ent.* 12: 220-225.
- NAYAR, J.K. & VAN HANDEL, E. 1971. The fuel for sustained mosquito flight. *J. Insect Physiol.* 17: 471-481.
- REISEN, W.K.; MEYER, R.P. & MILBY, M.M. 1986. Patterns of fructose feeding by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 23: 366-373.
- SCHAEFER, C.H. & MIURA, T. 1972. Sources of energy utilized by natural populations of the mosquito, *Culex tarsalis*, for overwintering. *J. Insect Physiol.* 18: 797-805.
- SCOTT, T.W., CLARK, G.G., LORENZ, L.H., AMERASINGHE, P.H., REITER, P. & EDMAN, J.D. 1993a. Detection of multiple blood feeding in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) during a single gonotrophic cycle using a histologic technique. *J. Med. Ent.* 30: 94-99.
- SCOTT, T.W., CHOW, E., STICKMAN, D., KITTAYAPONG, P., WIRTZ, R.A., LORENZ, L.H. & EDMAN, J.D. 1993b. Blood feeding patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) collected in a rural Thai village. *J. Med. Ent.* 30: 922-927.
- SHROYER, D.A. & SANDERS, D.P. 1977. The influence of carbohydrate-feeding and insemination on oviposition of an Indian strain of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 14(1): 121-127.
- STAHLER, N. & SEELEY, D.C. Jr. 1971. Effect of age and host on oviposition of *Anopheles stephensi* in the laboratory. *J. Eco. Ent.* 64(2): 561-562.

-
- STRAIF, S.C. & BEIER, J.C. 1996. Effects of sugar availability on the blood-feeding behavior of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 33(4): 608-612.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VAN HANDEL, E. 1965. The obese mosquito. *J. Physiol.* 181: 478-486.
- VAN HANDEL, E. 1984. Metabolism of nutrients in the adult mosquito. *Mosq. News.* 44(4): 573-579.
- VAN HANDEL, E., EDMAN, J.D., DAY, J.F., SCOTT, T.W., CLARK, G.G., REITER, P. & LYNN, H.C. 1994. Plant-sugar glycogen, and lipid assay of *Aedes aegypti* collected in urban Puerto Rico and rural Florida. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 10: 149-153.
- WALKER, E.D. & EDMAN, J.D. 1985. The influence of host defensive behavior on mosquito (Diptera: Culicidae) biting persistence. *J. Med. Ent.* 22: 370-372.
- WOKE, P.A., ALLY, M.S. & ROSENBERGER, C.R. 1956. The number of eggs developed, relate to the quantities of human blood ingested in *Aedes aegypti* (L.). *Ann. Ent. Soc. Am.* 49: 435.

Hoofstuk 6

**Die invloed van verskillende
NaCl-konsentrasies op die
ontwikkeling en oorlewing van die
onvolwasse stadia.**

6.1 Inleiding

Net soos die volwassenes word muskietlarwes in 'n wye reeks van habitats, wat wissel vanaf reënpoele en mensgemaakte strukture en houers tot binnelandse watermassas gevind. Hierdie waters het soms 'n hoë soutinhoud, alkaliniteit en ongewone ioonsamestelling (Clements 1992). Muskietlarwes beskik oor fisiologiese aanpassings wat dit moontlik maak om in hierdie verskeidenheid en soms uiterstes van waterhabitats te oorleef (Wigglesworth, 1933c). Die larwes van meeste spesies kom in varswater voor, maar ongeveer 5% van alle muskietspesies leef in brak- of soutwater (Clements, 1992).

Volgens Lincoln *et al.* (1982) in Clements (1992), kan larwale habitats in terme van bruto soutinhoud as volg geklassifiseer word:

- i) **Varswater** habitats beskik oor 'n soutgehalte van 0,0085 M- of 0,034 M NaCl.
- ii) **Brakwater** habitats beskik oor 'n soutgehalte tussen varswater en seewater (0,55M NaCl) en
- iii) **Soutwater** habitats beskik oor 'n hoë inhoud van oplosbare soute

Die vermoë om in een of meer van hierdie uiterste toestande te kan ontwikkel en oorleef, is vanweë sekere oordragingsprosesse in die epiteelweefsel van die spysverteringskanaal en anale papille van die muskietlarwes. Homeostase word aan die interne omgewing van die larwe verleen en daarom word muskietlarwes as die beste ioniese en osmotiese reguleerders in die diereryk beskou (Clements, 1992). Volgens Koch (1938) is die anale papille van die larwes aanvanklik as onbelangrike organe beskou, wat slegs 'n rol in respirasie gespeel het, maar hierdie rol is egter deur Wigglesworth (1933a) verkeerd bewys. Wigglesworth (1933a) het bewys dat die anale papille by *Aedes* uiters deurlaatbaar is vir water en dat 'n aansienlike hoeveelheid vloeistof deur die papille geabsorbeer word. Daar is gevind dat by die oorgrote meerderheid van muskietspesies die hooffunksie van die vier anale papille die opneem

van water en soute vanuit die omringende omgewing is (Wigglesworth, 1933a; Clements, 1992).

Die feit dat *Aedes aegypti* (Linnaeus) nie noodwendig van natuurlike waterhabitats afhanklik is vir eierlegging en larwale ontwikkeling nie, maak hierdie spesie een van die mees suksesvolste in die tropiese en subtropiese dele van Afrika en Suider-Afrika (Kemp & Jupp, 1991). Die talle mensgemaakte strukture bv. binnebande, veekrippe ens., verskaf meer as genoeg habitats vir die larwale ontwikkeling van hierdie spesie (Soper, 1967; Lehane, 1991). Volgens Banez (1963) kan sout moontlik as 'n ekonomiese beheeragent gebruik word in die beheer van muskietlarwes in mensgemaakte strukture.

Ae. aegypti is die hoofvektor van Geelkoors in Suider-Afrika en alhoewel Geelkoors nie in Suid-Afrika voorkom nie, bly *Ae. aegypti* steeds 'n potensiële vektor vir Dengue in Suid-Afrika (Kemp & Jupp, 1991). Vanweë die ontdekking van hierdie spesie in 1996 in die stedelike gebiede van Bloemfontein, is daar besluit om die souttoleransie van hierdie spesie te ondersoek deur na die volgende aspekte te kyk:

- i) die invloed van verskillende soutkonsentrasies op die ontwikkeling van die larwes,
- ii) die moontlike verband tussen anale papillelengte en souttoleransie,
- iii) die invloed van verskillende soutkonsentrasies op die vlerklengtes en droëmassas van die volwassenes.

6.2 Materiaal en Metodes

Gedurende hierdie eksperiment is van 24 uur oue eerste instar *Ae. aegypti* larwes, wat vanaf 'n laboratoriumkolonie afkomstig is, gebruik gemaak. Die eksperiment is in 'n insektarium met 'n dag-nagsiklus van 12 uur lig en 12 uur donkerte by 'n temperatuur $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ uitgevoer. Eiers vir hierdie eksperiment is in 'n 0,02 M NaCl-oplossing geplaas vir uitbroeiing en die larwes is daarna vir 'n tydperk van 24 uur by hierdie soutkonsentrasie gehou voordat dit in elk van die verskillende soutkonsentrasies

oorgeplaas is. Elkeen van die vyf afsonderlike herhalings is in NaCl-oplossings by die volgende molariteite uitgevoer nl. 0,0M (gedistilleerde water), 0,01M, 0,02M, 0,04M, 0,06M, 0,08M, 0,10M, 0,12M, 0,14M, 0,16M, 0,18M en 0,20M (Tabel 6.1). Waarnemings is elke 24 uur gedoen.

By elke molariteit is 25 eerste instar larwes gebruik. Die larwes is afsonderlik in "Apex No. 8" botteltjies, gevul met 10ml van die betrokke NaCl-medium en 0.2g larwevoedsel per liter water, geplaas en toegelaat om tot volwassenheid te ontwikkel. Die water van die botteltjies is elke tweede dag vervang. Die water is later tydens die vierde larwale instars daaglik vervang. Dit is gedoen om te verhoed dat 'n voedseltekort ontstaan. Die papies is in die verskillende soutoplossings, waarby geen voedsel gevoeg is nie, aangehou vir ontpopping.

Die ontwikkeling van elke larwe is daaglik tot die ontpopping van die volwassenes, aangeteken. Die kopkapsulebreedte asook die lengte van die anale papille is by elk van die larwes in die vierde instar gemeet. Die gemiddelde oorlewingsyfer van die larwes tot en met die volwassestadium is vir elk van die behandelings bepaal.

Tabel 6.1: Die hoeveelheid NaCl (g) per liter gedistilleerde water vir elk van die NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie (molariteit) | NaCl (g) |
|-----------------------------------|-------------|
| 0,00 M | 0,000 g |
| 0,01 M | 0,585 g |
| 0,02 M | 1,170 g |
| 0,04 M | 2,340 g |
| 0,06 M | 3,510 g |
| 0,08 M | 4,680 g |
| 0,10 M | 5,850 g |
| 0,12 M | 7,020 g |
| 0,14 M | 8,190 g |
| 0,16 M | 9,360 g |
| 0,18 M | 10,530 g |
| 0,20 M | 11,700 g |

Die volwasse muskiete is gedood en die lengte van die regtervlerk van die volwasse mannetjies en wyfies is apart gemeet. Daarna is die volwasse muskiete vir twee dae by 60°C in 'n elektriese oond gedroog waarna die gemiddelde droëmassa van beide die mannetjies en wyfies vir elk van die verskillende soutbehandelings gemeet is.

Al die data van die eksperiment is soos deur Fowler & Cohen (1990) met 'n nie-parametriese toets nl. Kruskal-Wallis ANOVA, statisties ontleed en betekenisvolle verskille tussen die behandelings is met behulp van "Dunn's Multiple Comparisons Test" uitgewys, tensy anders vermeld.

6.3 Resultate en Bespreking

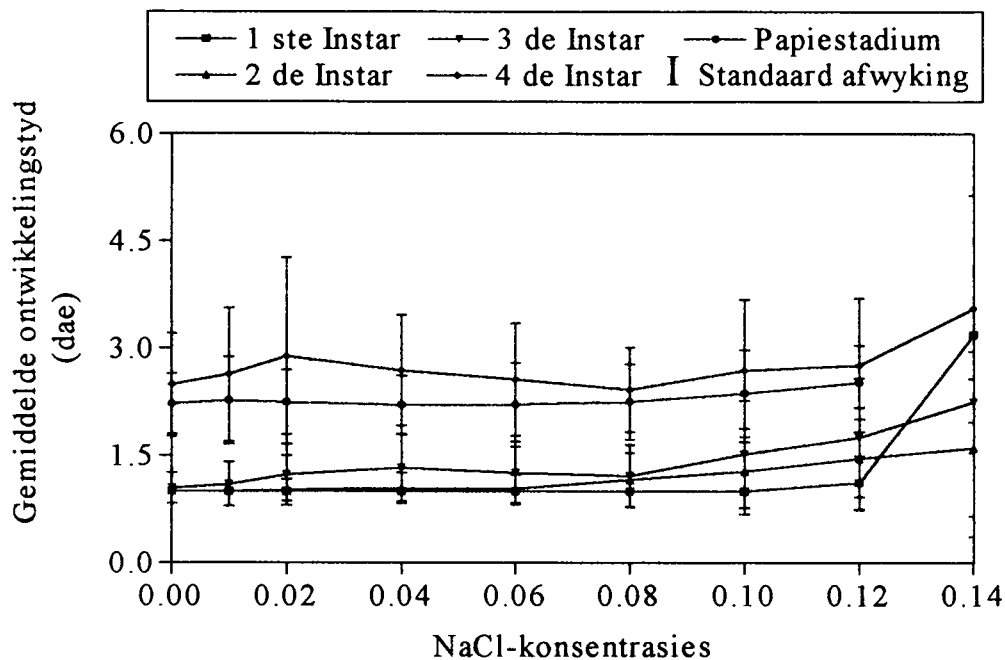
6.3.1 Onvolwasse stadia

6.3.1.1 Ontwikkeling en oorlewing

Die ontwikkelingstye is die gemiddelde duur van elk van die verskillende larwale stadia en word bereken vandat die larwes die betrokke stadium bereik totdat hulle na die volgende larwale stadium oorgaan. Die gemiddelde ontwikkelingstyd van die eerste larwale stadium het ongeveer konstant gebly nl. 1,0 dag by elk van die verskillende NaCl-konsentrasies vanaf 0,0M tot 0,12M, maar het toegeneem tot 3,2 dae by 0,14M (Fig. 6.1). Dieselfde verskynsel is ook by die tweede larwale stadium gevind waar 'n toename in gemiddelde ontwikkelingstyd vanaf 0,08M (1,2 dae) tot 0,14M (1,6 dae) waargeneem word. By die derde larwale stadium het die gemiddelde ontwikkelingstyd effens toegeneem van 1,0 dag by 0,0M na 1,3 dae by 0,04M waarna dit konstant gebly het. Vanaf 0,10M het die ontwikkelingstyd geleidelik toegeneem tot 2,2 dae by 0,14M (Fig. 6.1). By die vierde larwale stadium het die gemiddelde ontwikkelingstyd toegeneem tot 2,9 dae by 0,02M vanwaar dit weer effens afgeneem het na 2,4 dae by 0,08M. Namate die NaCl-konsentrasie verhoog het, het 'n toename in die ontwikkelingstyd egter voorgekom nl. 3,6 dae by 0,14M (Fig. 6.1). Die larwes wat wel 'n vierde larwale stadium bereik het by 0,14M NaCl, het doodgegaan voordat die papiestadium bereik kon word. Aangesien geen papiestadium by hierdie molariteit

bereik is nie, is die gemiddelde ontwikkelingstyd van die vierde instar larwes van die 0,14M molariteit uitgewerk tot en met die tyd wanneer hierdie larwes doodgegaan het.

Hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,0001$) in die ontwikkelingstyd van die eerste larwale stadium het voorgekom tussen 0,12M en 0,14M asook tussen hierdie twee soutkonsentrasies en elk van die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,10M) (Tabel 6.2). By die tweede larwale stadium het dieselfde verskynsel voorgekom deurdat betekenisvolle verskille ($p < 0,0001$) hoofsaaklik aangetref is tussen die lae soutkonsentrasies (0,0M - 0,06M) en die hoë soutkonsentrasies (0,10M - 0,14M) (Tabel 6.2). Betekenisvolle verskille ($p < 0,05$) in ontwikkelingstyd van die derde larwale stadium het voorgekom tussen 0,0M en 0,02M, 0,04M en 0,12M, 0,10M en 0,14M (Tabel 6.2).



Figuur 6.1: Die gemiddelde tydsduur (dae) vir die verskillende onvolwasse ontwikkelingstadia om, na blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies die volgende stadium te bereik.

Geen betekenisvolle verskille ($p > 0,05$) is gevind in die ontwikkelingstyd van die vierde larwale stadium tussen die verskillende soutkonsentrasies nie tenspyte van die toename in ontwikkelingstyd vanaf 2,5 dae by 0,0M tot 3,6 dae by 0,14M (Tabel 6.2).

Tabel 6.2: Betekenisvolle verskille in die tydsduur (dae) van die larwale stadia van *Aedes aegypti* by die verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | I Instar | | II Instar | | III Instar | |
|-------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0 M (a) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,0 \pm 0 | abcde | 1,1 \pm 0,2 | abf |
| 0,01 M (b) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,0 \pm 0 | abcde | 1,1 \pm 0,3 | abcef |
| 0,02 M (c) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,2 \pm 0,2 | abcde | 1,2 \pm 0,4 | bcdefg |
| 0,04 M (d) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,1 \pm 0,2 | abcdef | 1,3 \pm 0,5 | cdefg |
| 0,06 M (e) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,0 \pm 0,2 | abcde | 1,3 \pm 0,4 | bcdefg |
| 0,08 M (f) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,2 \pm 0,4 | dfgi | 1,2 \pm 0,4 | abcdef |
| 0,10 M (g) | 1,0 \pm 0 | abcdefg | 1,3 \pm 0,6 | fghi | 1,5 \pm 0,8 | cdegh |
| 0,12 M (h) | 1,1 \pm 0,4 | h | 1,5 \pm 0,7 | ghi | 1,8 \pm 0,8 | ghi |
| 0,14 M (i) | 3,2 \pm 2,3 | i | 1,6 \pm 0,9 | fghi | 2,3 \pm 0,7 | hi |

| NaCl-konsentrasie | IV Instar | | Papiestadium | |
|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|------------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p > 0,05$) | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p = 0,1143$) |
| 0,0 M | 2,5 \pm 0,7 | ---- | 2,2 \pm 0,4 | ---- |
| 0,01 M | 2,6 \pm 0,9 | ---- | 2,3 \pm 0,6 | ---- |
| 0,02 M | 2,9 \pm 1,4 | ---- | 2,3 \pm 0,5 | ---- |
| 0,04 M | 2,7 \pm 0,8 | ---- | 2,2 \pm 0,4 | ---- |
| 0,06 M | 2,6 \pm 0,8 | ---- | 2,2 \pm 0,6 | ---- |
| 0,08 M | 2,4 \pm 0,6 | ---- | 2,3 \pm 0,5 | ---- |
| 0,10 M | 2,7 \pm 0,9 | ---- | 2,4 \pm 0,6 | ---- |
| 0,12 M | 2,8 \pm 0,9 | ---- | 2,5 \pm 0,5 | ---- |
| 0,14 M | 3,6 \pm 1,6 | ---- | ---- | ---- |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Dit is bekend dat *Ae. aegypti* larwes sensitief is vir oplossings met baie hoë molariteite (Christophers, 1960). Dit stem dus ooreen met die bevinding waar eerste instar larwes, wat aan molariteite hoër as 0,14M blootgestel is, ontwikkeling nie verder plaas gevind het nie en die larwes binne 24 uur doodgegaan het. Aangesien die larwes by 'n

0,02 M soutkonsentrasie uitgebroui het en daarna vir 24 uur in hierdie oplossing gehou is, het die 24 uur oue larwes waarskynlik gekondisioneer geraak aan hierdie molariteit en het die oorplasing na die hoë soutkonsentrasies meegebring dat die larwes nie van die oortollige sout ontslae kon raak nie. Die toename in ontwikkelingstyd neig om by al die behandelings plaas te vind behalwe by die derde en vierde larwale stadia van 0,06M en 0,08M, waar 'n geringe afname in ontwikkelingstyd waargeneem word. Hierdie verskille tussen die verskillende behandelings is moeilik om te verklaar, aangesien dit moontlik die gevolg is van sekere fisiologiese prosesse wat 'n deegliker ondersoek verg. Volgens Van der Linde (1984) hou dit moontlik 'n verband met die osmoregulering van die onvolwasse stadia.

Net soos in die geval van die ontwikkelingstyd van die larwale stadia, het 'n effense, maar nie betekenisvolle toename in die tydsduur van die papiestadium voorgekom namate die soutkonsentrasie toegeneem het. Die kortste tydsduur word by 0,04M aangetref (2,2 dae) waarna 'n geleidelike toename plaasgevind het tot 2,5 dae by 0,12M (Fig. 6.1).

Daar het nie net verlenging in die tydsduur van die verskillende larwale stadia voorgekom namate die soutkonsentrasies verhoog het nie, maar 'n toename in die gemiddelde ontwikkelingstyd tot en met die papie- en volwassestadia is ook aangetref.

'n Geleidelike toename in ontwikkelingstyd tot en met die papiestadium het plaasgevind tot by 0,04M (7,1 dae) waarna die ontwikkeling verkort het na 6,8 dae by beide 0,06M en 0,08M (Tabel 6.3). Daarna het die ontwikkelingstyd weer verleng na 7,8 dae by 0,12M (Tabel 6.3). Slegs enkele larwes het die papiestadium by 0,14M bereik, maar geen van hierdie papies het volwasse geword nie. Tot 90% van die larwes het binne 24 uur na blootstelling aan konsentrasies hoër as 0,14M gevrek. Hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) in die ontwikkelingstyd tot met die aanvang van die papiestadium het voorgekom tussen 0,0M en 0,04M asook tussen 0,12M en die laer soutkonsentrasies nl. 0,0M - 0,06M (Tabel 6.3).

Net soos in die geval van die toename in ontwikkelingstyd tot by die papiestadium, is 'n toename in die totale ontwikkelingstyd tot by die volwassestadium gevind namate die soutkonsentrasies verhoog het (Tabel 6.3). Die individue kan hier op grond van die ontwikkelingstyd in twee groepe verdeel word. Die eerste groep strek van 0,0M tot 0,08M en het 'n gemiddelde ontwikkelingstyd van 9,0 dae en die tweede groep strek van 0,10M tot 0,12M en het 'n gemiddelde ontwikkelingstyd van 10,0 dae.

Tabel 6.3: Betekenisvolle verskille in die totale ontwikkelingstyd (dae) van die larwale stadia van *Aedes aegypti* tot en met aanvang van die papie- en volwassestadium na blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Papiestadium | | Volwassestadium | |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0 M (a) | 6,5 \pm 0,8 | abcef | 8,8 \pm 0,8 | abcef |
| 0,01 M (b) | 6,7 \pm 1,0 | abcef | 9,0 \pm 1,1 | abcdefg |
| 0,02 M (c) | 6,7 \pm 0,7 | abcdefg | 8,9 \pm 0,7 | abcdef |
| 0,04 M (d) | 7,1 \pm 1,0 | cdefgh | 9,3 \pm 0,9 | bcdefgh |
| 0,06 M (e) | 6,8 \pm 0,9 | abcdefg | 9,0 \pm 1,1 | abcdefg |
| 0,08 M (f) | 6,8 \pm 0,8 | abcdefg | 9,1 \pm 0,9 | abcdefg |
| 0,10 M (g) | 7,3 \pm 1,3 | cdefgh | 9,7 \pm 1,7 | bdefgh |
| 0,12 M (h) | 7,8 \pm 1,2 | dgh | 10,3 \pm 1,3 | dgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) in die ontwikkelingstyd word hoofsaaklik tussen die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,06M) en 0,10M en 0,12M aangetref. Die verskille in ontwikkelingstyd tussen die verskillende behandelings van die eerste groep was nie betekensvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 6.3). Chapman (1982) en Edwards (1982) het gevind dat by *Ae. aegypti* larwes wat toegelaat is om in suiwer gedistilleerde water te ontwikkel, 'n verlenging in die ontwikkelingstyd voorgekom het teenoor die korter ontwikkelingstyd van die larwes wat in 0,01M en 0,02M ontwikkel het. Hierdie verskynsel word toegeskryf aan die gebrek aan soutione in die gedistilleerde water. 'n Soortgelyke vertraging in die ontwikkelingstyd is ook by die larwes van *Aedes togoi* (Theobald) gevind. Die larwes van hierdie spesie het betekenisvol stadiger ontwikkel

in water waarin geen soute gevoeg is nie teenoor larwes in water waarin 10 g NaCl per liter water gevoeg is (McGinnis & Brust, 1983). Hierdie vertraging in ontwikkelings tyd is egter nie tydens die verloop van die huidige studie gevind nie. Laasgenoemde kan moontlik toegeskryf word aan die vermoë van *Ae. aegypti* larwes om soute vanuit uiters verdunde oplossings te kan opneem en gevolglik suksesvol in soutkonsentrasies met 'n baie lae molariteit te kan oorleef.

Varswater insekte neig om soute aan die omringende omgewing te verloor vanweë ekskresie en die deurlaatbaarheid van die kutikula (Chapman, 1982). Die hoeveelheid soute wat verlore gaan deur ekskresie word egter tot 'n baie lae vlak verminder deur herabsorpsie in die rektum (Chapman, 1982). Dit is bekend dat natrium, kalium en chloried-ione herabsorbeer word en dat hierdie proses in die geval van natrium en chloried, gereguleer word na gelang van die samestelling van die hemolimf (Stobbart & Shaw, 1974 in Chapman, 1982).

Volgens Chapman (1982) vind die opname van soute deur die anale papille van die larwes plaas. Hierdie is 'n aktiewe proses en natrium, kalium, chloriede en fosfate word op hierdie wyse opgeneem. *Ae. aegypti* larwes is in staat om in oplossings wat slegs $6 \mu\text{M}$ per liter natrium bevat, te kan oorleef (Chapman, 1982). By hierdie spesie is die anale papille baie waterdeurlaatbaar en beslaan die osmotiese opname ongeveer dertig persent van die liggaamsmassa per dag (Chapman, 1982). Volgens Wigglesworth (1938) kan larwes van *Ae. aegypti* chloried-ione meer effektief vanuit verdunde oplossings absorbeer as die larwes van *Culex pipiens* Linnaeus. Daar is egter ook gevind dat *Culex* larwes in gekonsentreerde mediums die soutbalans in hulle beter kan reguleer as die larwes van *Ae. aegypti* (Wigglesworth, 1938).

Larwale groei en ontwikkeling word by verskeie muskietspesies gestrem deur die teenwoordigheid van hoë konsentrasies NaCl in die ontwikkelingswater. Die mate van beperking word grootliks bepaal deur die fisiologiese aanpasbaarheid van verskillende spesies ten opsigte van verskillende soutkonsentrasies (Kardatzke, 1980). Aansienlike verskille kom voor tussen die larwes van varswater- en soutwaterspesies. Die larwes

van *Aedes provocans* (Walker), 'n varswater muskietspesie, is uiters sensitief vir die teenwoordigheid van NaCl in die water en die ontwikkelingstyd van die larwes verleng betekenisvol namate die soutkonsentrasie toeneem (Kardatzke, 1980). Hoë NaCl-konsentrasies (>3000 dele per miljoen) het meegebring dat slegs 'n paar van die onvolwassenes die papiestadium bereik het, terwyl die LD₅₀ vir NaCl as 1458 dpm vir die onvolwasse stadia van *Ae. provocans* bereken is (Kardatzke, 1980). Dieselfde verskynsel het voorgekom by die larwes van twee ander varswater spesies nl. *Aedes stimulans* (Walker) en *Aedes vexans* (Meigen) wat normaalweg in waters met 'n lae soutinhoud aangetref word (Kardatzke & Liem, 1972). Namate die soutkonsentrasie verhoog het, het die ontwikkelingstyd van elk van die larwale instars betekenisvol toegeneem, terwyl die oorlewingsyfer van die larwes drasties afgeneem het (Kardatzke & Liem, 1972). Volgens Van der Linde (1984) het hoë NaCl-konsentrasies egter nie 'n drastiese invloed op die ontwikkelingstyd van *Culex theileri* Theobald larwes nie, maar beïnvloed dit eerder die oorlewing van die larwes. Hoë soutkonsentrasies het egter wel betekenisvol kleiner individue, gebaseer op kopkapsulebreedtes, tot gevolg gehad (Van der Linde, 1984).

'n Omgekeerde verwantskap het voorgekom tussen die persentasie larwes wat volwassenheid bereik het en die soutkonsentrasie van die water. Namate die soutkonsentrasie verhoog het, het 'n geleidelike afname in die persentasie individue wat volwassenheid bereik het vanaf 96,0 % by 0,0M na 92,0 % by 0,04M voorgekom (Tabel 6.4). Die afname in die persentasie volwassenheid tussen hierdie behandelings was nie betekenisvol ($p > 0,05$) nie (Tabel 6.4). Die persentasie volwassenheid het verder afgeneem vanaf 85,5% by 0,06M na 80,0% by 0,08M. 'n Skerp en betekenisvolle afname ($p < 0,05$) in die persentasie volwassenheid het vanaf 0,10M (50,4%) na 16,8% by 0,12M voorgekom (Tabel 6.4). Soutkonsentrasies bokant 0,08 M het gevolglik 'n negatiewe invloed op die oorlewing van *Ae. aegypti* larwes gehad. Meer as 50 % van die larwes wat aan konsentrasies van 0,10M en hoër blootgestel is, het doodgegaan (Tabel 6.4).

Mosha & Subra (1983) het ook gevind dat die larwes van *Anopheles funestus* Giles en *Anopheles gambiae* Giles nie instaat is om in water met hoë NaCl-konsentrasies te

Tabel 6.4: Betekenisvolle verskille in die persentasie *Aedes aegypti* wat volwassenheid bereik het na blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Persentasie Volwassenheid | |
|-------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0 M (a) | 96,0 \pm 4,0 | abcdefg |
| 0,01 M (b) | 96,8 \pm 3,3 | abcdef |
| 0,02 M (c) | 94,4 \pm 6,7 | abcdefg |
| 0,04 M (d) | 92,0 \pm 4,9 | abcdefgh |
| 0,06 M (e) | 85,5 \pm 12,8 | abcdefgh |
| 0,08 M (f) | 80,0 \pm 15,8 | abcdefgh |
| 0,10 M (g) | 50,4 \pm 15,7 | acdefgh |
| 0,12 M (h) | 16,8 \pm 6,6 | defgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

oorleef nie. By die larwes van *Anopheles albimanus* Wiedemann is gevind dat beide die ontwikkelingstydperk en die oorlewingsyfer deur hoë soutkonsentrasies benadeel word, maar dat die wyfies van hierdie spesie in die veld meestal brakwater as medium vir eierlegging verkies (Bailey *et al.*, 1981). Dieselfde is ook deur Pappas & Pappas (1983) by *Culiseta inornata* (Williston) en Roberts (1996) by *Culex quinquefasciatus* Say gevind waar die eiers 'n effens hoër soutkonsentrasie benodig vir ontwikkeling en uitbroeiing, maar dat die larwes nie instaat was om ontwikkeling by hierdie soutkonsentrasies te voltooi nie. Hierteenoor het McGinnis & Brust (1983) gevind dat die larwes van *Ae. togoi*, 'n soutwater spesie, in water waarvan die NaCl-konsentrasie strek van 0 tot 35 g per liter, bykans geen verskil in die oorlewingsyfer van die onvolwasse stadia toon nie. Oorlewing ten opsigte van 'n geleidelike toename in NaCl-konsentrasie, is by die larwes van *Culex sitiens* (Wiedemann) gevind, waar die ouer larwes hoër soutkonsentrasies kon oorleef as 24 uur oue larwes, mits die toename in soutkonsentrasie geleidelik plaasgevind het (Mottram *et al.*, 1994). Soutkonsentrasies van tot 35% NaCl, kan deur *Cx. sitiens* weerstaan word (Ray & Choudhury, 1988).

Die eiers van *Aedes* spesies is bestand teen uiterste omgewingstoestande o.a droogte en hoë soutkonsentrasies in die water, maar die eerste en tweede instar larwes is baie sensitief ten opsigte van 'n toename in soutkonsentrasie (Clements, 1992). Namate die larwes ouer word, verhoog hulle bestandheid en die papies is baie bestand ten opsigte van hoë soutkonsentrasies. Bates (1939) het gevind dat die larwes van *Anopheles maculipennis* Meigen oor 'n hoë toleransie ten opsigte van NaCl beskik het, wanneer klein hoeveelhede kalsium (as karbonaat, chloriede of sulfate) bygevoeg is.

Alhoewel daar in die huidige studie nie ondersoek ingestel is na verskille in die ontwikkeling van wyfies in vergelyking met mannetjies nie, sou dit interessant wees om te bepaal of die NaCl-konsentrasie van die ontwikkelingsmedium wel 'n invloed op die ontwikkeling van verskillende geslagte het. Dit is egter interessant om te let op die bevindinge van ander outeurs wat spesifiek na hierdie aspek gekyk het. Lee (1973) het gevind dat in die geval van *Culiseta incidens* (Thomson), die ontwikkeling van wyfies gehinbeer word by NaCl-konsentrasies van vyf dele per duisend, terwyl die invloed op die mannetjies kleiner was.

6.3.1.2 Kopkapsulebreedtes

Net soos wat die geval is by die ontwikkelingstyd van die onvolwassenes, bestaan daar 'n verband tussen kopkapsulebreedte van die vierde larwale stadia en die soutkonsentrasies waaraan hulle blootgestel was. 'n Afname in die gemiddelde kopkapsulebreedtes het voorgekom namate die soutkonsentrasies toegeneem het (Tabel 6.5). Geen betekenisvolle verskille ($p > 0,05$) in kopkapsulebreedte het voorgekom tussen die laer konsentrasies (0,0M - 0,02M) nie, maar die gemiddelde kopkapsulebreedte by larwes van 0,04M was betekenisvol kleiner ($p < 0,05$) in vergelyking met dié van 0,0M en 0,01M (Tabel 6.5). Namate die soutkonsentrasies verhoog het, het die kopkapsulebreedte betekenisvol verklein ($p < 0,05$) by die larwes van 0,08M, 0,10M en 0,12M in vergelyking met die laer soutkonsentrasies van 0,0M, 0,01M en 0,02M (Tabel 6.5). Larwes met die kleinste gemiddelde kopkapsulebreedtes is by 0,12M gevind (Tabel 6.5). Dit lyk dus asof die hoër soutkonsentrasies wel die

larwale groei gestrem het. Aangesien geen betekenisvolle verskille tussen die kopkapsulebreedtes van die larwes wat in die gedistilleerde water en die 0,01M en 0,02M oplossings ontwikkel het, voorgekom het nie, is dit dus duidelik dat

Tabel 6.5: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde kopkapsulebreedtes van die vierde instar larwes van *Aedes aegypti* na blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl- | Kopkapsulebreedte (mm) | |
|------------|------------------------|---------------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0 M (a) | 1,01 \pm 0,06 | abce |
| 0,01 M (b) | 1,00 \pm 0,07 | abce |
| 0,02 M (c) | 0,99 \pm 0,08 | abcde |
| 0,04 M (d) | 0,97 \pm 0,06 | cdefgh |
| 0,06 M (e) | 0,98 \pm 0,07 | abcdefh |
| 0,08 M (f) | 0,97 \pm 0,06 | defgh |
| 0,10 M (g) | 0,95 \pm 0,06 | dfgh |
| 0,12 M (h) | 0,94 \pm 0,05 | defgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Ae. aegypti larwes ewe goed ontwikkel in water waarvan die soute uiters verdun is teenoor water met 'n effense hoër konsentrasie Na^+ en Cl^- ione. Uit die resultate van die huidige studie is dit duidelik dat NaCl-konsentrasies wat wissel van 0,0M tot 0,02M as die optimum vir larwale ontwikkeling by *Ae. aegypti* beskou kan word. Volgens Van der Linde (1984) het die kopkapsulebreedte van *Cx. theileri* betekenisvol afgeneem namate die soutkonsentrasie bokant 0,04M gestyg het. 'n Soutkonsentrasie van 0,02M is as die optimum soutkonsentrasie vir larwale ontwikkeling van *Cx. theileri* gevind. Die vermoede bestaan dat sout-ione in 'n beperkte hoeveelheid noodsaaklik is vir muskietlarwe ontwikkeling.

Volgens Bradley & Phillips (1977c) is slegs NaCl nie voldoende vir larwale ontwikkeling van muskiete nie. Hulle benodig ook ander soute soos K^+ , Mg^{2+} en SO_4^{2-} - ione. Die belang van hierdie soute in die ontwikkeling van onvolwasse *Ae. aegypti* is egter nie in die huidige studie ondersoek nie.

6.3.1.3 Anale papille

Tydens die huidige studie is die langste anale papille by die larwes wat in die gedistilleerde water ontwikkel het, gevind. Namate die soutkonsentrasie van die water verhoog het, het die gemiddelde anale papillelengtes van die vierde instar larwes afgeneem (Tabel 6.6). 'n Betekenisvolle afname in die gemiddelde lengte van die anale papille het voorgekom vanaf 0,0M (1,0mm) na 0,04M (0,7mm) (Tabel 6.6). Vanaf 0,04M na 0,06M was die verskil in gemiddelde lengte nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 6.6). 'n Geleidelike verkorting in die anale papillelengtes het voorgekom vanaf 0,08M tot 0,12M (Tabel 6.6). Die afname in papille-lengtes van 0,08M - 0,12M was egter nie betekenisvol nie (Tabel 6.6).

Tabel 6.6: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde anale papillelengtes (mm) van die vierde instar larwes van *Aedes aegypti* blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasies | Anale papillelengte (mm) | | |
|--------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| | n | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0M (a) | 121 | 1,0 \pm 0,1 | ab |
| 0,01M (b) | 123 | 0,9 \pm 0,1 | abc |
| 0,02M (c) | 122 | 0,9 \pm 0,1 | bc |
| 0,04M (d) | 117 | 0,8 \pm 0,1 | de |
| 0,06M (e) | 113 | 0,8 \pm 0,1 | de |
| 0,08M (f) | 103 | 0,7 \pm 0,1 | fgh |
| 0,10M (g) | 73 | 0,7 \pm 0,1 | fgh |
| 0,12M (h) | 26 | 0,6 \pm 0,1 | fgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal vierde instar larwes waarvan die anale papillelengtes gemeet is.

Die anale papille is verlengings van die liggaamswand en die lumen is aaneenlopend met die hemoseel (Chapman, 1982). Volgens Wigglesworth (1933b) is hierdie strukture die enigste deel van die liggaam wat vrylik deurlaatbaar is vir water. Water dring die liggaam van die larwe binne deur hierdie papille en is ook instaat om

chloriede in die hemolimf teen 'n konsentrasiegradiënt vry te stel (Koch, 1938). *Ae. aegypti* larwes is in staat om chloried-ione vanuit uiters verdunde oplossings (0,001M) op te neem (Wigglesworth, 1938). By *Ae. aegypti* beloop die osmotiese opname van water tot 30% van die liggaamsmassa per dag (Chapman, 1982). Volgens Nayar & Sauerman (1974) bestaan daar 'n verband tussen die lengte van die anale papille en die soutinhoud van die water. Namate die soutkonsentrasies van die water te hoog begin raak verkort hierdie anale papille om die absorpsie van oortollige soute te verhoed.

Die verskynsel dat die lengte van die anale papille afneem namate die soutkonsentrasie van die ontwikkelingsmedium toeneem, is reeds in 1923 deur Martini vasgestel (Koch, 1938). Hierdie verskynsel is ook deur Gibbins (1932) waargeneem en hy het ook gevind dat die anale papille by sommige spesies van vorm verander namate die soutkonsentrasie van die water toeneem. Die anale papille verkort nie net by varswaterspesies wat aan hoë soutkonsentrasies blootgestel word nie, maar ook by die soutwaterspesies soos *Aedes taeniorhynchus* (Wiedemann) (Nayar & Sauerman, 1974). Daar is gevind dat larwes van hierdie spesie in staat is om in seewater waarvan die konsentrasie tot drie maal die normale is, kan oorleef (Nayar & Sauerman, 1974). By *Anopheles merus* Dönitz het die anale papille van die derde instar larwes ook betekenisvol verkort namate die soutkonsentrasie van die water toegeneem het (Coetzee & Le Sueur, 1988).

Volgens Wigglesworth (1933b) word die anale papille van *Ae. aegypti* selfs afgesnoer in water met 'n NaCl-konsentrasie van vyf persent. Aangesien soute selfs vanuit varswater deur die anale papille opgeneem word, is dit dus duidelik dat hulle 'n belangrike rol in osmoregulering speel (Koch, 1938). Volgens Koch (1938) is die hoeveelheid soute wat vanuit die omringende medium geabsorbeer word, gelykstaande aan die hoeveelheid wat deur ander dele van die liggaam verlore gaan. Die verskille in anale papillelengtes van larwes wat in verskillende soutkonsentrasies ontwikkel, is dus 'n funksionele aanpassing vir soute absorpsie vanuit hierdie mediums (Koch, 1938). Die anale papille is nie net verantwoordelik vir die opname van soute bv. NaCl uit die

omgewing nie, maar speel vermoedelik ook 'n rol by die uitruiling van Na_2CO_3 en HCO_3^- (Phillips & Meredith, 1969).

Hoewel die anale papille van oortollige soute ontslae raak, speel die rektum ook 'n belangrike rol in die regulering van die soutbalans van die liggaam (Van der Linde, 1984). Daar word algemeen aanvaar dat die selektiewe herabsorpsie van die vloeistof wat deur die buisies van Malphigi afgeskei word, in die rektum van insekte plaasvind (Bradley & Phillips, 1975). Hierdie verskynsel kom by die osmoregulering van landlewende en varswater insekte voor (Phillips, 1964a-c; Stobbart & Shaw, 1964 in Bradley & Phillips, 1975). Daar word blykbaar tussen twee morfologies verskillende segmente in die rektum van alle soutwatermuskietspesies onderskei nl. 'n anterior gedeelte en 'n posterior gedeelte (Bradley & Phillips, 1977c). Die ekskresie van hiperosmotiese vloeistof vind in die posterior gedeelte van die rektum plaas, terwyl selektiewe herabsorpsie van organiese en anorganiese materiaal in die anterior gedeelte van die rektum plaasvind (Bradley & Phillips, 1977c). In die geval van *Ae. aegypti* wat in varswater ontwikkel, is die vloeistof wat deur die spysverteringskanaal na die rektum beweeg isotonies in vergelyking met die hemolimf. Hierdie vloeistof word in die rektum sterk hipotonies voordat dit uitgeskei word (Ramsay, 1950).

Larwes van die soutwatermuskiet, *Aedes campestris* Dyar en Knab, vorm 'n hiperosmotiese uriene in die rektum en hierdie uriene het 'n ioniese samestelling wat baie dieselfde is as dié van die omringende water (Bradley & Phillips, 1977b). Scudder (1969) in Bradley & Phillips (1977a) het ook gevind dat die larwes van *Ae. campestris* nie net instaat is om in water waarvan die osmotiese konsentrasie baie varieer, te kan oorleef nie, maar ook in water met verskillende ioonsamestellings. Larwes wat in water voorkom wat oor hoë konsentrasies Na_2SO_4 en MgSO_4 beskik, drink die water en neem gevolglik die Mg^{2+} en SO_4^{2-} uit die water op (Kiceniuk & Phillips, 1974; Bradley & Phillips, 1977a). Hierdie larwes drink van 17 % - 100 % van hul eie liggaamsmassa per dag waarna hulle die oortollige Mg^{2+} saam met die uriene uitskei (Kiceniuk & Phillips, 1974). Hierdie larwes ontwikkel ook goed in sterk hiperosmotiese water waarin hoë konsentrasies NaHCO_3 of NaCl voorkom en

produseer uriene met 'n osmotiese konsentrasie twee tot vier keer die van die hemolimf (Bradley & Phillips, 1977a). Die larwes van *Ae. taeniorhyncus* wat in suiwer seewater leef, drink ook die water van hulle omringende omgewing om sodoende water te vervang wat deur osmose en ekskresie verlore gaan (Bradley & Phillips, 1975). Gevolglik is die larwes van hierdie spesie instaat om in omgewings met uiters hoë soutkonsentrasies en verskillende ioonsamestellings te kan ontwikkel en oorleef. In die huidige studie is egter aangetoon dat *Ae. aegypti* blykbaar nie oor sulke aanpassings beskik nie, omdat die larwes nie soutkonsentrasies van bokant 0,12 M oorleef nie.

6.3.2 Volwasse stadia

6.3.2.1 Vlerklengte

Die lengte van die regtervlerk is gemeet by elk van die volwasse individue wat gevorm het na ontwikkeling van die onvolwasse stadia in verskillende NaCl-konsentrasies. Die data is met behulp van 'n eenrigting ANOVA ontleed. 'n Verband bestaan tussen die gemiddelde vlerklengte van beide die mannetjies en wyfies gesamentlik en die soutkonsentrasie van die ontwikkelingsmedium. Namate die soutkonsentrasie verhoog het, het 'n geleidelike afname in die gemiddelde vlerklengte van die volwassenes voorgekom (Tabel 6.7). Met behulp van "Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test" is geen betekenisvolle verskille ($p > 0,05$) in die vlerklengtes tussen 0,0M, 0,01M en 0,02M aangetref nie (Tabel 6.7). Vanaf 0,04M tot 0,06M het byna geen afname voorgekom nie, gevolg deur 'n geleidelike afname in die vlerklengte vanaf 0,08M tot 0,12M (Tabel 6.7). Die kortste vlerklengte nl. 2,267 mm is by 0,12M gevind is (Tabel 6.7). Betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) is tussen die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,02M) en die hoër soutkonsentrasies nl. 0,08M - 0,12M aangetref (Tabel 6.7). Hoewel daar verskille in die vlerklengtes tussen die verskillende soutkonsentrasies binne die twee groepe voorgekom het, was hierdie verskille nie betekenisvol nie (Tabel 6.7). Die onvolwasse stadia wat in gedistilleerde water en water met 'n molariteit van 0,01M en 0,02M ontwikkel het, het volwassenes gelewer met die langste vlerke (Tabel 6.7).

Die afname in vlerkengte by die hoër soutkonsentrasies was te verwagte aangesien larwes met betekenisvol kleiner kopkapsulebreedtes by die hoër soutkonsentrasies voorgekom het. Die ontwikkeling en groei van die onvolwasse stadia is deur hoë soutkonsentrasies gestrem en gevolglik is kleiner volwassenes geproduseer.

Tabel 6.7: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde vlerkengte (mm) van beide die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling in verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Vlerkengte (mm) | | |
|-------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|
| | n | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) |
| 0,0 M (a) | 120 | 2,632 \pm 0,277 | abc |
| 0,01 M (b) | 122 | 2,628 \pm 0,330 | abc |
| 0,02 M (c) | 119 | 2,552 \pm 0,323 | abc |
| 0,04 M (d) | 115 | 2,431 \pm 0,235 | defgh |
| 0,06 M (e) | 108 | 2,433 \pm 0,250 | defgh |
| 0,08 M (f) | 101 | 2,405 \pm 0,242 | defgh |
| 0,10 M (g) | 67 | 2,338 \pm 0,262 | defgh |
| 0,12 M (h) | 20 | 2,267 \pm 0,188 | defgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal volwasse mannetjies en wyfies (gesamentlik) waarvan die vlerkengte gemeet is.

'n Geleidelike afname in die gemiddelde vlerkengte van die mannetjies het voorgekom namate die soutkonsentrasie verhoog het. Geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) het voorgekom tussen 0,0M en 0,01M en 0,02M (Tabel 6.8). Betekenisvolle verskille ($p < 0,01$) het hoofsaaklik tussen die lae soutkonsentrasies nl. 0,0M - 0,02M en die hoë soutkonsentrasies (0,10M - 0,12M) voorgekom. 'n Geleidelike afname in die gemiddelde vlerkengte het by elk van die soutkonsentrasies plaasgevind behalwe by 0,06M en 0,08M, waar 'n effense toename voorgekom het (Tabel 6.8). Hierdie toename was egter nie betekenisvol ($p > 0,05$) nie (Tabel 6.8). Die langste vlerkengte nl. 2,457mm het by 0,0M voorgekom.

Net soos in die geval van die mannetjies, het 'n geleidelike afname in die gemiddelde vlerkengtes van die wyfies voorgekom namate die soutkonsentrasie verhoog het. Wyfies wat by 0,01M ontwikkel het, het 'n effense toename in vlerkengte gehad (2,895mm) teenoor die die wyfies wat in gedistilleerde water ontwikkel het (2,786mm). Dieselfde verskynsel het ook by die wyfies van 0,08M voorgekom. Hierdie verskille in toename in vlerkengte was egter nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 6.8). Betekenisvolle verskille in die vlerkengtes van die wyfies het hoofsaaklik tussen die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,02M) en die hoër soutkonsentrasies (0,04M - 0,12M) voorgekom (Tabel 6.8). Wyfies met die langste vlerkengtes het by 0,0M en 0,01M (2,786mm en 2,895mm) voorgekom teenoor die die kortste vlerkengtes wat by wyfies van 0,12M (2,386mm) aangetref is (Tabel 6.8).

Tabel 6.8: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde vlerkengte (mm) van die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling in verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Vlerkengte (mm) | | | | | |
|-------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|----|--------------------------------|---------------------------------|
| | n | Mannetjies Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | n | Wyfies Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0M (a) | 56 | 2,457 \pm 0,179 | abc | 64 | 2,786 \pm 0,255 | abc |
| 0,01M (b) | 65 | 2,407 \pm 0,173 | abcdef | 57 | 2,895 \pm 0,248 | abc |
| 0,02M (c) | 62 | 2,381 \pm 0,171 | abcdef | 57 | 2,750 \pm 0,341 | abcf |
| 0,04M (d) | 63 | 2,324 \pm 0,153 | bcdefgh | 52 | 2,562 \pm 0,252 | defgh |
| 0,06M (e) | 58 | 2,329 \pm 0,175 | bcdefgh | 50 | 2,551 \pm 0,273 | defgh |
| 0,08M (f) | 69 | 2,326 \pm 0,155 | bcdefgh | 32 | 2,588 \pm 0,297 | cdefgh |
| 0,10M (g) | 38 | 2,230 \pm 0,183 | defgh | 29 | 2,552 \pm 0,255 | defgh |
| 0,12M (h) | 13 | 2,204 \pm 0,128 | defgh | 7 | 2,386 \pm 0,234 | defgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal volwasse mannetjies en wyfies waarvan die vlerkengtes en droëmassas bereken is.

'n Betekenisvolle afname in vlerkengte van *Aedes dorsalis* Meigen wat by hoë NaCl-konsentrasies ontwikkel het, is ook deur Parker (1982) gevind.

6.3.2.2 Droëmassa

Net soos in die geval van die vlerkengte bestaan daar 'n verband tussen die gemiddelde droëmassa van beide geslagte gesamentlik en die soutkonsentrasie van die

water waarin die larwes ontwikkel het. Die gemiddelde droëmassa het by die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,02M) konstant gebly en daar is met behulp van "Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test" geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) gevind nie (Tabel 6.9). Vanaf 0,02M tot 0,04M het daar egter 'n hoogs betekenisvolle ($p < 0,001$) afname in die gemiddelde droëmassa van die volwassenes plaasgevind (Tabel 6.9). Namate die soutkonsentrasies verhoog het van 0,06M - 0,10M, het 'n verdere, maar geleidelike afname in die droëmassa tot en met 0,10M voorgekom waarna die gemiddelde droëmassa tot en met 0,12M konstant gebly het (Tabel 6.9). Hierdie verskille was hoofsaaklik nie betekenisvol nie ($p > 0,05$), met 'n betekenisvolle verskil slegs tussen 0,06M en 0,10M (Tabel 6.9). Betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) het hoofsaaklik tussen die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,04M) en die hoër soutkonsentrasies (0,06M - 12M) voorgekom het (Tabel 6.9).

Tabel 6.9: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde droëmassa (mg) van beide die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling in verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Droëmassa (mg) | | |
|-------------------|----------------|----------------------|------------------------------|
| | n | Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0M (a) | 120 | 0,242 \pm 0,053 | abc |
| 0,01M (b) | 122 | 0,243 \pm 0,063 | abc |
| 0,02M (c) | 119 | 0,242 \pm 0,054 | abc |
| 0,04M (d) | 115 | 0,199 \pm 0,036 | defh |
| 0,06M (e) | 108 | 0,200 \pm 0,042 | defh |
| 0,08M (f) | 101 | 0,184 \pm 0,044 | defgh |
| 0,10M (g) | 67 | 0,175 \pm 0,049 | fgh |
| 0,12M (h) | 20 | 0,175 \pm 0,042 | defgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal volwasse mannetjies en wyfies (gesamentlik) waarvan die droëmassa bereken is.

Die gemiddelde droëmassa van die mannetjie muskiete het geleidelik afgeneem namate die soutkonsentrasie verhoog het. 'n Geringe toename het voorgekom vanaf 0,01M na 0,02M, maar hierdie verskil was nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 6.10). Met

behulp van Tukey-Kramer is betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) hoofsaaklik tussen die laer soutkonsentrasies (0,0M - 0,02M) en die hoër soutkonsentrasies (0,06M - 0,12M) aangedui (Tabel 6.10).

'n Afname in die gemiddelde droëmassa van die wyfies het nie by elk van die soutkonsentrasies voorgekom nie. Wyfies wat by 0,01M en 0,02M ontwikkel het, het 'n toename in die droëmassa gehad van 0,256mg by 0,0M na 0,270mg by 0,01M. Hierdie toename was egter nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 6.10). Vanaf 0,02M het 'n hoogs betekenisvolle afname ($p < 0,0001$) voorgekom tot by 0,04M, waarna 'n effense en nie betekenisvolle toename by 0,06M voorgekom het (Tabel 6.10). 'n Geleidelike afname het tot en met 0,10M voorgekom waarna 'n toename in die droëmassa weer by 0,12M aangetref is. Hierdie toename verskil nie betekenisvol van die droëmassa van die wyfies wat in gedistilleerde water ontwikkel het nie en is moeilik om te verklaar (Tabel 6.10). Slegs sewe wyfies is by die 0,12M soutkonsentrasie geweeë en dit kon moontlik die gemiddelde droëmassa van hierdie soutkonsentrasie beïnvloed het.

Tabel 6.10: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde droëmassa (mg) van die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na blootstelling aan verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Droëmassa (mg) | | | | | |
|-------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------|----|--------------------------------|---------------------------------|
| | n | Mannetjies Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | n | Wyfies Gem. \pm Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 0,0M (a) | 56 | 0,225 \pm 0,044 | abcde | 64 | 0,256 \pm 0,056 | abch |
| 0,01M (b) | 65 | 0,220 \pm 0,047 | abcde | 57 | 0,270 \pm 0,067 | abc |
| 0,02M (c) | 62 | 0,230 \pm 0,045 | abc | 57 | 0,263 \pm 0,058 | abch |
| 0,04M (d) | 63 | 0,202 \pm 0,036 | abdefg | 52 | 0,193 \pm 0,035 | defgh |
| 0,06M (e) | 58 | 0,202 \pm 0,035 | abdefgh | 50 | 0,200 \pm 0,048 | defgh |
| 0,08M (f) | 69 | 0,189 \pm 0,045 | edfgh | 32 | 0,172 \pm 0,038 | defgh |
| 0,10M (g) | 38 | 0,181 \pm 0,051 | defgh | 29 | 0,169 \pm 0,038 | defgh |
| 0,12M (h) | 13 | 0,162 \pm 0,030 | efgh | 7 | 0,200 \pm 0,052 | acdefgh |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.
n = Aantal mannetjies en wyfies waarvan die droëmassa bereken is.

Dit is dus duidelik dat hoë soutkonsentrasies larwale groei en ontwikkeling by die onvolwassenes van *Ae. aegypti* tot so 'n mate strem dat kleiner volwasse individue gevorm word. Volgens Christophers (1960) bestaan daar 'n direkte korrelasie tussen vlerkengte en liggaamsmassa van volwasse *Ae. aegypti*. Hierdie verwantskap kan egter verander vanweë die invloed van omgewingsfaktore soos die beskikbaarheid van voedingstowwe, populasiedigtheid en die temperatuur van die broeihabitat (Christophers, 1960; Nasci, 1990; Koella & Lyimo, 1996). Laasgenoemde twee outeurs het vasgestel dat vlerkengte by *Ae. aegypti* as 'n maatstaf vir die liggaamsmassa van die muskiete gebruik kan word. Resultate wat uit die huidige eksperiment verkry is, stem nie heeltemal ooreen met die bevindinge van Christophers (1960) en Nasci (1990) nie. Korrelasies tussen die vlerkengte en die droëmassa van die mannetjies en wyfies is by elk van die verskillende NaCl-konsentrasies bepaal. Hierdie korrelasies is deur middel van 'n liniêre regressie met behulp van die program "Graphpad Instat" vir beide geslagte gesamentlik asook vir die mannetjies en wyfies apart bepaal.

Muskiete wat by 0,0M tot 0,02M ontwikkel het, het 'n korrelasie koëffisiënt van 0,60, 0,70 en 0,72 onderskeidelik gehad (Tabel 6.11). Baie swak korrelasies (< 0,40) het voorgekom by soutkonsentrasies vanaf 0,04M tot 0,10M. Die beste korrelasie nl. 0,79 het by die volwassenes wat by 0,12M ontwikkel het, voorgekom (Tabel 6.11).

Tabel 6.11: Die korrelasie tussen vlerkengte (mm) en droëmassa (mg) van die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* gesamentlik by elk van die verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) | p-waarde van hellings* |
|-------------------|-----|---------|-----------|------------------------------|------------------------|
| 0,0M | 120 | 0,1171 | 0,0143 | 0,6019 | p < 0,0001 |
| 0,01M | 122 | 0,1386 | 0,0128 | 0,7028 | p < 0,0001 |
| 0,02M | 119 | 0,1230 | 0,0108 | 0,7244 | p < 0,0001 |
| 0,04M | 115 | 0,0344 | 0,0144 | 0,2195 | p = 0,0185 |
| 0,06M | 108 | 0,0653 | 0,0154 | 0,3811 | p < 0,0001 |
| 0,08M | 101 | 0,0691 | 0,0169 | 0,3787 | p < 0,0001 |
| 0,10M | 67 | 0,0727 | 0,0213 | 0,3888 | p = 0,0011 |
| 0,12M | 20 | 0,1791 | 0,0318 | 0,7982 | p < 0,0001 |

n = Aantal mannetjies en wyfies (gesamentlik) waarvan die vlerkengtes en droëmassas bepaal is. * Alle hellings verskil betekenisvol van nul (p < 0,0001).

Mannetjie muskiete wat by 0,01M en 0,10M ontwikkel het, het die hoogste korrelasie koëffisiënte nl. 0,71 en 0,61 gehad (Tabel 6.12). Baie swak korrelasie koëffisiënte ($< 0,45$) het vanaf 0,02M tot 0,06M voorgekom terwyl effens beter korrelasies by die mannetjies van 0,0M, 0,08M en 0,12M ($> 0,50$) aangetref is (Tabel 6.12). Hierteenoor is die hoogste korrelasie koëffisiënte by die wyfies van 0,01M, 0,02M en 0,12M aangetref met die beste korrelasie by 0,12M (0,85) (Tabel 6.12).

Tabel 6.12: Die korrelasie tussen die vlerkengte (mm) en die droëmassa (mg) van die volwasse mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete by elk van die verskillende NaCl-konsentrasies.

| NaCl-konsentrasie | Mannetjies | | | | |
|-------------------|------------|---------|-----------|------------------------------|------------------------|
| | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) | p-waarde van hellings* |
| 0,0M | 56 | 0,1353 | 0,0283 | 0,5452 | $p < 0,0001$ |
| 0,01M | 65 | 0,1978 | 0,0243 | 0,7156 | $p < 0,0001$ |
| 0,02M | 62 | 0,1165 | 0,0309 | 0,4376 | $p = 0,0004$ |
| 0,04M | 63 | 0,0860 | 0,0281 | 0,3649 | $p = 0,0033$ |
| 0,06M | 58 | 0,0595 | 0,0260 | 0,2922 | $p = 0,0260$ |
| 0,08M | 69 | 0,1486 | 0,0304 | 0,5120 | $p < 0,0001$ |
| 0,10M | 38 | 0,1704 | 0,0368 | 0,6108 | $p < 0,0001$ |
| 0,12M | 13 | 0,1296 | 0,0590 | 0,5520 | $p = 0,0505$ |

| NaCl-konsentrasie | Wyfies | | | | |
|-------------------|--------|---------|-----------|------------------------------|------------------------|
| | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) | p-waarde van hellings* |
| 0,0M | 64 | 0,0877 | 0,0260 | 0,3939 | $p = 0,0013$ |
| 0,01M | 57 | 0,1730 | 0,0285 | 0,6325 | $p < 0,0001$ |
| 0,02M | 57 | 0,1174 | 0,0166 | 0,6887 | $p < 0,0001$ |
| 0,04M | 52 | 0,0289 | 0,0197 | 0,2030 | $p = 0,1489$ |
| 0,06M | 50 | 0,0685 | 0,0236 | 0,3863 | $p = 0,0056$ |
| 0,08M | 32 | 0,0705 | 0,0198 | 0,5435 | $p = 0,0013$ |
| 0,10M | 29 | 0,0045 | 0,0292 | 0,0300 | $p = 0,8770$ |
| 0,12M | 7 | 0,1916 | 0,0529 | 0,8505 | $p = 0,0153$ |

n = Aantal mannetjies en wyfies waarvan die vlerkengtes en droëmassas gemeet is.

* Hellings se statistiese verskille van nul by beide mannetjies en wyfies.

Soos reeds genoem, het slegs sewe wyfies volwassenheid by 0,12M bereik, wat moontlik meegebring het dat hierdie waardes daardeur beïnvloed kon word. Die goeie korrelasie (0,79) wat vir die mannetjies en wyfies gesamentlik by 0,12M gevind is, kan moontlik toegeskryf word aan die hoë korrelasie (0,85) wat by die wyfies by hierdie soutkonsentrasie gevind is (Tabelle 6.11 & 6.12).

Volgens Koella & Lyimo (1996) kan vlerklengte slegs as 'n aanduiding van die liggaamsmassa van muskiete dien indien daar baie min veranderinge, hetsy geneties of vanweë omgewingsveranderlikes, tussen die vlerklengte en die liggaamsmassa plaasvind. Laasgenoemde outeurs het by *An. gambiae* gevind dat faktore soos temperatuur en larwale digtheid die direkte korrelasie tussen vlerklengte en liggaamsmassa kan beïnvloed. Volgens Siegel *et al.* (1994) het die korrelasie tussen vlerklengte en droëmassa van *Ae. aegypti* en *Aedes albopictus* (Skuse) wat by optimum laboratoriumtoestande geteel is, nie konstant gebly nie, maar gevarieer en is 'n korrelasie koëffisiënt van 0,73 nooit oorskry nie.

6.4 Gevolgtrekking

Uit die voorafgaande resultate word die gevolgtrekking gemaak dat die ontwikkelingstyd van die onvolwasse stadia van *Ae. aegypti* nie so drasties deur die verskillende soutkonsentrasies beïnvloed word nie. Die oorlewing van die onvolwassenes word egter aansienlik beïnvloed na blootstelling van 24 uur oue eerste instar *Ae. aegypti* larwes aan soutkonsentrasies hoër as 0,12 M. Larwale groei word betekenisvol gestrem by konsentrasies hoër as 0,10 M. Kleiner kopkapsulebreedtes word by hierdie soutkonsentrasies gevind. Larwale groei en oorlewing bereik 'n optimum by soutkonsentrasies van 0,0 M tot 0,02 M. Hierdie drie soutkonsentrasies lewer ook volwassenes met die langste vlerke en hoogste droëmassas.

Dit is bekend dat die larwes van hierdie spesie NaCl-ione vanuit uiters verdunde oplossings kan opneem en dit verklaar gevolglik hul hoë oorlewingsyfer by hierdie lae

soutkonsentrasies en selfs by gedistilleerde water. Genoemde drie soutkonsentrasies is dus ideaal vir die onderhoud van 'n laboratoriumkolonie. Dit is dus duidelik dat *Ae. aegypti* nie in water met hoë NaCl-konsentrasies sal ontwikkel nie, maar water met lae soutkonsentrasies suksesvol vir groei, ontwikkeling en oorlewing kan benut.

6.5 Literatuurverwysings

- BAILEY, D.L., KAISER, P.E., FOCKS, D.A. & LOWE, R.E. 1981. Effects of salinity on *Anopheles albimanus* ovipositional behavior, immature development, and population dynamics. *Mosq. News*. 41(1): 161-167.
- BAÑEZ, L.F.L. 1963. Use of ordinary table salt against breeding of mosquitoes in artificial containers. *Philip. J. Sci.* 92: 447-481.
- BATES, M. 1939. The use of salt solutions for the demonstration of physiological differences between the larvae of certain European anopheline mosquitoes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 19: 357-384.
- BRADLEY, T.J. & PHILLIPS, J.E. 1975. The secretion of hyperosmotic fluid by the rectum of a saline-water mosquito larva, *Aedes taeniorhynchus*. *J. exp. Biol.* 63: 331-342.
- BRADLEY, T.J. & PHILLIPS, J.E. 1977a. Regulation of rectal secretion in saline-water mosquito larvae living in waters of diverse ionic composition. *J. exp. Biol.* 66: 83-96.
- BRADLEY, T.J. & PHILLIPS, J.E. 1977b. The effect of external salinity on drinking rate and rectal secretion in the larvae of the saline-water mosquito *Aedes taeniorhynchus*. *J. exp. Biol.* 66: 97-110.
- BRADLEY, T.J. & PHILLIPS, J.E. 1977c. The location and mechanism of hyperosmotic fluid secretion in the rectum of the saline-water mosquito larvae *Aedes taeniorhynchus*. *J. exp. Biol.* 66: 111-126.

-
- CHAPMAN, R.F. 1982. *The insects: Structure and function*. Hodder and Stoughton. London.
- CHRISTOPHERS, R. 1960. *Aedes aegypti: The Yellow fever mosquito: Its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press. London.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Volume 1: Development, nutrition and reproduction*. Chapman & Hall. London.
- COETZEE, M. & LE SUEUR, D. 1988. Effects of salinity on the larvae of some Afrotropical anopheline mosquitoes. *Med. Vet. Ent.* 2: 385-390.
- EDWARDS, H.A. 1982. *Aedes aegypti*: Energetics of osmoregulation. *J. exp. Biol.* 101: 135-141.
- FOWLER, J. & COHEN, L. 1990. *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons. New York.
- GIBBINS, F.E.S. 1932. A note on the relative size of the anal gills of mosquito larvae breeding in salt and fresh water. *Ann. Trop. Med. & Parasitol.* 26: 551-554.
- KARDATZKE, J.T. 1980. Effect of sodium chloride larval snow-melt *Aedes* (Diptera: Culicidae). *Mosq. News.* 40: 153-160.
- KARDATZKE, J.T. & LIEM, K.K. 1972. Growth of *Aedes stimulans* and *Ae. vexans* (Diptera: Culicidae) in saline solutions. *Ann. Ent. Soc. Am.* 65(6): 1425-1426.

- KEMP, A. & JUPP, P.G. 1991. Potential for Dengue in South Africa: Mosquito ecology with particular reference to *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7(4): 574-583.
- KICENIUK, J. & PHILLIPS, J.E. 1974. Magnesium regulation in mosquito larvae (*Aedes campestris*) living in waters of high $MgSO_4$ content. *J. Exp. Biol.* 61: 749-760.
- KOCH, H.J. 1938. The absorption of chloride ions by the anal papillae of Diptera larvae. *J. Exp. Biol.* 15: 152-160.
- KOELLA, J.C. & LYIMO, E.O. 1996. Variability in the relationship between weight and wing length of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 33(2): 261-264.
- LEE, F. 1973. Effect of various sodium chloride concentrations on the development of the mosquito *Culiseta incidens* (Thomson) (Diptera: Culicidae). *Mosq. News.* 33(1): 78-82.
- LEHANE, M.J. 1991. *Biology of blood-sucking insects*. Harper Collins Academic. London.
- McGINNIS, K.M. & BRUST, R.A. 1983. Effect of different sea salt concentrations and temperatures on larval development of *Aedes togoi* (Diptera: Culicidae) from British Columbia. *Environ. Ent.* 12: 1406-1411.
- MOSHA, F.W. & SUBRA, R. 1983. Salinity and breeding of *Culex quinquefasciatus* Say, *Anopheles funestus* Giles and *Anopheles gambiae* Giles sensu stricto (Diptera: Culicidae) on the Kenya Coast. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.* 21(3): 135-138.

-
- MOTTRAM, P., KAY, B.H. & FANNING, I.D. 1994. Development and survival of *Culex sitiens* Wiedemann (Diptera: Culicidae) in relation to temperature and salinity. *J. Aust. Ent. Soc.* 33: 81-85.
- NASCI, R.S. 1990. Relationship of wing length to adult dry weight in several mosquito species (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 27(4): 716-719.
- NAYAR, J.K. & SAUERMAN, D.M. Jr. 1974. Osmoregulation in larvae of the salt-marsh mosquito, *Aedes taeniorhynchus*. *Ent. Exp. Biol. & Appl.* 17: 367-380.
- PAPPAS, L.G. & PAPPAS, C.D. 1983. Laboratory studies on the significance of NaCl as an oviposition deterrent in *Culiseta inornata*. *Mosq. News.* 43(2): 153-155.
- PARKER, B.M. 1982. Temperature and salinity as factors influencing the size and reproductive potentials of *Aedes dorsalis* (Diptera: Culicidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 75: 99-102.
- PHILLIPS, J.E. & MEREDITH, J. 1969. Active sodium and chloride transport by anal papillae of a salt water mosquito larva (*Aedes campestris*). *Nature.* 222: 168-169.
- RAMSAY, J.A. 1950. Osmotic regulation in mosquito larvae. *J. Exp. Biol.* 27: 145-157.
- RAY, S. & CHOUDHURY, A. 1988. Salinity tolerance of *Culex sitiens* Wiedemann (Diptera: Culicidae) larvae in laboratory condition. *Current Science.* 57(3): 159-160.

- ROBERTS, D. 1996. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) breeding in brackish water: Female ovipositional preferences or larval survival? *J. Med. Ent.* 33(4): 525-530.
- SIEGEL, J.P., NOVAK, R.J. & RUESINK, W.G. 1994. Relationship between wing length and dry weight of mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 10(2): 186-196.
- SOPER, F.L. 1967. Dynamics of *Aedes aegypti* distribution and density: Seasonal fluctuations in the Americas. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 536-538.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- WIGGLESWORTH, V.B. 1933a. The effect of salts on the anal gills of the mosquito larva. *J. Exp. Biol.* 10(1):1-15.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1933b. The function of the anal gills of the mosquito larva. *J. Exp. Biol.* 10: 16-26.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1933c. The adaptation of mosquito larvae to salt water. *J. Exp. Biol.* 10: 27-37.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1938. The regulation of osmotic pressure and chloride concentration in the haemolymph of mosquito larvae. *J. Exp. Biol.* 15(2): 235-247.

Hoofstuk 7

**Die invloed van verskillende
konstante temperature op die
ontwikkeling en oorlewing van die
onvolwasse stadia.**



7.1 Inleiding

Die invloed van omgewingstemperatuur op beide die volwasse- en onvolwasse stadia van insekte, is al reeds so vroeg as 1910 deur navorsers ondersoek (Sanderson, 1910). Vanweë die vektorpotensiaal van sekere muskietspesies is die invloed van temperatuur op die groeitempo en die oorlewing van hierdie insekte deur verskeie ander navorsers ondersoek o.a. Bliss & Gill (1933), Omardeen (1957), Nielsen & Evans (1960), Hanec & Brust (1967), Hagstrum & Milliken (1988), Van der Linde (1991), en Oda *et al.*, (1999).

Volgens Joshi (1996) word talle fisiologiese prosesse in insekte, deur omgewingstemperatuur beïnvloed. Ensieme funksioneer effektief slegs in 'n beperkte interval van temperature. Gevolglik speel temperatuur 'n belangrike rol in die oorlewing van alle insekte en is dit seker die belangrikste fisiese faktor wat hul ontwikkeling beïnvloed (Chapman, 1982).

Die monitering van ekologiese faktore soos fotoperiode, temperatuur, kompetisie en predasie wat elk 'n invloed het op die oorlewing van muskiete, is uiters noodsaaklik voordat doeltreffende beheerprogramme, hetsy chemies of biologies, opgestel kan word (Lutwama & Mukwaya, 1994). Aangesien talle van die beheerstrategieë op die onvolwasse stadia toegepas word, is dit belangrik om die ontwikkelingstyd van die verskillende onvolwasse stadia te bestudeer in 'n poging om doeltreffende beheermaatreëls op te stel. Temperatuur speel nie net 'n belangrike rol in die opstel van suksesvolle beheerstrategieë nie, maar dit is ook bekend dat die temperatuur van die ontwikkelingsmedium van muskietlarwes talle van die morfologiese kenmerke wat van taksonomiese belang is, beïnvloed (Clements, 1992).

Alhoewel die voorkoms van *Aedes aegypti* (Linnaeus) in Suid-Afrika hoofsaaklik tot KwaZulu-Natal beperk is (Jupp, 1996), het die voorkoms van hierdie spesie in die Bloemfontein-stedelike omgewing sedert 1996 (kyk hoofstuk 1) meegebring dat sekere aspekte van die bio-ekologie van hierdie spesie ondersoek moes word. Dit is bekend

dat populasies van *Ae. aegypti* geografies van mekaar kan verskil (Mattingly, 1957). Verskille word aangetref in aanpassing ten opsigte van omgewingstemperatuur en ander klimaatsveranderlikes. Die vermoede bestaan dus dat hierdie spesie met verloop van tyd by die omgewingstemperatuur van die Vrystaat kan aanpas.

Vanweë hul vektorpotensiaal is daar ondersoek ingestel na die invloed van temperatuur op die ontwikkeling van die onvolwasse stadia en die invloed daarvan op die grootte van die volwasse muskiete. Die ontwikkelingstempo en oorlewing van die onvolwasse stadia asook die optimum en minimum ontwikkelingstemperatuur van *Ae. aegypti* is bepaal.

7.2 Materiaal en Metodes

In hierdie eksperiment is van 24 uur oue eerste instar larwes, wat vanuit 'n laboratoriumkolonie afkomstig is, gebruik gemaak. Die eksperiment is in broeikaste uitgevoer by konstante temperatuur wat uit die volgende intervalle bestaan het nl. 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C en 35°C. Binne die broeikaste het 'n dag-nagsiklus van 12 uur lig en 12 uur donkerte geheers.

By elke temperatuur is van 25 larwes gebruik gemaak. Die larwes is afsonderlik in "Apex Vials No. 8" botteltjies, gevul met 10ml van 'n 0,02M NaCl-oplossing en 0,2g larwevoedsel per liter water, geplaas en toegelaat om tot volwassenheid te ontwikkel. Die water van die pilbotteltjies is tydens die eerste en tweede larwale instars elke tweede dag vervang. Tydens die derde en vierde larwale instars is die ontwikkelingsmedium daaglik vervang om 'n skaarste aan voedsel te verhoed. Hierdie vervanging van die water tydens die ontwikkeling van die larwes het ook verhoed dat 'n filmlagie vanweë die gisting van die kos in die water bo-op die wateroppervlak vorm en so larwale vrektes tot gevolg kon hê. Die papier is afsonderlik in gedistilleerde water, waarby geen voedsel gevoeg is nie, by die afsonderlike temperatuur gehou totdat die volwassenes ontpop het. Die pilhouertjies is elk dig met 'n watteprop geseël om te verhoed dat die volwassenes ontsnap.

Waarnemings is elke 24 uur gedoen en die vervellingstyd van die larwes en die tydsduur van elke instar is aangeteken by elk van die onderskeie eksperimentele temperature.

Die kopkapsulebreedtes van al vier die larwale instars is gemeet om die groeitempo te bereken. Die volwasse muskiete is gedood en vir twee dae by 60°C in 'n elektriese oond gedroog, waarna die droëmassa van beide die mannetjies en wyfies bepaal is asook die lengte van die regtervlerk van elk van die volwassenes. Alle resultate wat vanuit die eksperiment verkry is, is tensy anders vermeld, volgens Fowler & Cohen (1990) met behulp van die nie-parametriese toets, Kruskal-Wallis ANOVA, ontleed en betekenisvolle verskille is met behulp van "Dunn's Multiple Comparisons Test" uitgewys.

7.3 Resultate en Bespreking

7.3.1 Onvolwasse stadia

7.3.1.1 Ontwikkelingstyd

Die verloop van ontwikkeling by die verskillende konstante temperature van die ontwikkelingstadia word saamgevat in Tabel 7.1. Hieruit is dit duidelik dat die gemiddelde tydsduur van elk van die larwale stadia toeneem het namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium afneem het (Tabel 7.1). Die gemiddelde ontwikkelingstyd van die eerste en die tweede instar larwes was dieselfde nl. 1 dag, by elk van die konstante temperature (10°C en hoër). Die vierde instar larwes het by drie van die temperature nl. 15°C, 25°C en 30°C die langste ontwikkelingstyd gehad en het onderskeidelik 37,8%, 33,8% en 28,0% van die totale ontwikkelingstyd (vanaf eerste instar larwe tot die volwasse stadium) in beslag geneem (Tabel 7.1). Dit is gevolg deur die papiestadium, die derde instar, daarna die tweede instar en laastens die eerste instar larwes (Tabel 7.1). Larwes wat aan 5°C blootgestel is, het geen ontwikkeling ondergaan nie en het na twee ure bewegingloos op die bodem van die glasbuisie gelê. Die meeste van hierdie larwes het binne 48 uur doodgegaan, terwyl enkeles solank as vyf dae geleef het. Hierdie resultate stem ooreen met bevindinge van Christophers

Tabel 7.1: Die duur en oorlewing van die verskillende ontwikkelingstadia van *Aedes aegypti* by verskillende konstante temperature.

| °C | Aantal 24 uur oue larwes | Larwes | | | | | | | | | | | | Papies | | | Volwassenes | |
|----|--------------------------------|--------|---|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|------|------|--------|-----|------|-------------|---|
| | | I | | | II | | | III | | | IV | | | P | | | M + W | |
| | | N | H | % | N | H | % | N | H | % | N | H | % | N1 | H | % | | |
| 5 | 125 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 125 | 91 | 1 | - | 37 | 7.2 | - | 24 | 11.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 125 | 124 | 1 | 3.6 | 114 | 4.1 | 14.5 | 109 | 3.6 | 13 | 99 | 10.6 | 37.8 | 99 | 7.8 | 27.9 | 65 | |
| 20 | 125 | 125 | 1 | 7.4 | 124 | 1.6 | 11.8 | 124 | 2.3 | 17.1 | 123 | 3.6 | 26.9 | 123 | 3.9 | 29.3 | 100 | |
| 25 | 125 | 125 | 1 | 8.3 | 124 | 1.6 | 12.9 | 120 | 1.6 | 13.1 | 114 | 4.1 | 33.8 | 114 | 3.1 | 25.3 | 108 | |
| 30 | 125 | 124 | 1 | 10.4 | 124 | 1.2 | 12.3 | 121 | 1.5 | 15.3 | 114 | 2.7 | 28 | 114 | 2.3 | 23.9 | 112 | |
| 35 | 125 | 124 | 1 | 13.9 | 124 | 1 | 13.9 | 123 | 1.0 | 14.1 | 113 | 1.6 | 21.8 | 113 | 1.6 | 22.5 | 101 | |

N = getal individue wat die stadium soos aangedui, voltooi het.

H = die gemiddelde tydsduur (in dae) wat dit elke stadium geneem het om te voltooi.

N1 = die aantal papies gevorm by elk van die verskillende konstante temperature, ongeag of hulle die volwassestadium bereik het.

M + W = die totaal mannetjies en wyfies gesamentlik wat ontpop het.

% = die gemiddelde persentasie van die totale tyd wat elke stadium geduur het.

(1960), dat 100 % sterfte voorgekom het nadat larwes van *Ae. aegypti* vir 48 uur aan baie lae temperature (10°C) blootgestel is. Volgens Christophers (1960) kan *Ae. aegypti* larwes water met temperature so laag as 0°C oorleef, mits hulle slegs vir 'n beperkte tyd daaraan blootgestel word. Ongeveer 25% van hierdie larwes kan herstel indien hulle binne 24 uur vanuit water met 'n temperatuur van 1°C verwyder word en in water met 'n temperatuur van 25°C geplaas word (Christophers, 1960). Larwes van *Aedes vexans* (Meigen) het ook almal binne 12 dae doodgegaan na blootstelling aan water by 5°C (Trpis & Shemanchuk, 1970). Geen van die larwes van *Ae. vexans* wat by hierdie temperatuur geplaas is het tot die tweede larwale stadium oorgegaan nie (Trpis & Shemanchuk, 1970). Volgens Hanec & Brust (1967) vind daar wel larwale groei plaas by die larwes van *Culiseta inornata* (Williston) by temperature so laag as 5°C en bereik hierdie larwes wel die papiestadium oor 'n tydperk van 239 dae, maar geen volwassenes ontpop egter by hierdie lae temperatuur nie.

Larwes wat in water met 'n temperatuur van 10°C ontwikkel het, het wel groei getoon, maar die meeste individue het in die tweede larwale stadium doodgegaan en geen papiës het by hierdie temperatuur gevorm nie (Tabel 7.1). Slegs 19,2% van die groep wat aan 10°C blootgestel is, het die vierde larwale stadium bereik waarna almal binne twee dae dood is. Hierdie resultate stem ooreen met dié van Howard *et al.*, (1912) in Christophers (1960) waar geen *Ae. aegypti* larwes by 10°C die papiestadium bereik het nie. Trpis & Horsfall (1969) het die larwale ontwikkeling van *Aedes sticticus* (Meigen) by 8°C ondersoek en gevind dat geeneen van die larwes die tweede instar bereik het nie. Die mortaliteit van hierdie larwes was ongeveer 50% na 'n tydperk van ses dae by hierdie temperatuur en 100% na 18 dae se blootstelling (Trpis & Horsfall, 1969).

Hierdie bevindinge stem ooreen met dié van Bar-Zeev (1958) en Tun-Lin *et al.* (2000) wat by *Ae. aegypti* ook gevind het dat die vierde larwale stadium die langste geduur het en die tweede larwale stadium die kortste. Bevindinge in terme van die tydsduur van die eerste larwale stadium van hierdie eksperiment stem egter nie ooreen met dié van Bar-Zeev (1958) en Tun-Lin *et al.* (2000) nie, aangesien beide gevind het dat die eerste larwale stadium langer neem om te voltooi in vergelyking met die tweede

larwale stadium. Uit Tabel 7.1 kan egter gesien word dat die tydsduur van die eerste larwale stadium by elk van die verskillende temperature (vanaf 10°C en hoër) gemiddeld een dag geduur het waarna die larwes vervel het. Verskille in die tydsduur van hierdie larwale stadium kon voorgekom het by die verskillende temperature, maar aangesien waarneming elke 24 uur gedoen is, is dit nie opgemerk nie. Studies wat deur Trpis & Shemanchuk (1970) op *Ae. vexans* uitgevoer is, het egter ook aangedui dat die eerste larwale stadium die kortste ontwikkelingstyd beslaan het. Volgens Bar-Zeev (1958) het die vierde larwale stadium die langste geduur, gevolg deur die papiestadium, daarna die derde larwale stadium, die eerste larwale stadium en laastens die tweede larwale stadium. Hierdie resultate is by elk van die larwale stadia in sy eksperiment gevind en stem ooreen met die resultate van die huidige studie (Tabel 7.1). Daar is gevind dat die papiestadium van *Ae. aegypti* by 20°C en 35°C die grootste deel van die ontwikkelingstyd nl. 29,3% en 22,5% onderskeidelik beslaan het (Tabel 7.1).

Van der Linde (1991) het egter gevind dat die totale ontwikkelingstyd by *Culex theileri* Theobald as volg lyk: Die vierde larwale stadium van die laboratoriumkolonie het oor die langste ontwikkelingstyd beskik nl. 31 % van die totale ontwikkelingstyd, gevolg deur die eerste larwale stadium (20,3 %), derde larwale stadium (19,1 %), papiestadium (15,2 %) en laastens die tweede larwale stadium (14,5 %). Onderlinge verskille tussen die larwale stadia word dus aangetref tussen verskillende populasies en tussen die verskillende spesies.

Tabel 7.2 is 'n samevatting van die statistiese verskille in die ontwikkelingstyd by elk van die verskillende konstante temperature. Hieruit kan gesien word dat 'n vinnige en hoogs betekenisvolle afname ($p < 0,001$) in ontwikkelingstyd vanaf 10,6 dae by 15°C na 3,6 dae by 20°C by die vierde larwale stadium voorgekom het. 'n Effense toename van 3,6 dae na 4,1 dae het voorgekom vanaf 20°C tot 25°C, waarna die ontwikkelingstyd weer geleidelik afgeneem het na 2,7 dae by 30°C en 1,6 dae by 35°C (Tabel 7.2).

Net soos in die geval van die vierde larwale stadium, het die gemiddelde tydsduur van

die derde larwale stadium afgeneem namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium verhoog het. 'n Skerp afname in die gemiddelde ontwikkelingstyd van die derde larwale stadium het van 11,5 dae by 10°C na 3,6 dae by 15°C voorgekom (Tabel 7.2). Daarna het die ontwikkelingstyd meer geleidelik verkort.

Die verskil in ontwikkelingstyd van die tweede larwale stadium by 10°C en 15°C was nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 7.2). Ontwikkeling het egter weer betekenisvol ($p < 0,001$) verkort namate die temperatuur toegeneem het (Tabel 7.2).

Tabel 7.2: Betekenisvolle verskille in die ontwikkelingstyd (dae) van die larwale stadia van *Aedes aegypti* by verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | II Larwale stadium | | III Larwale stadium | | IV Larwale stadium | |
|------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Gem. \pm Std. afw. | Verskille* ($p < 0,0001$) | Gem. \pm Std. afw. | Verskille* ($p < 0,0001$) | Gem. \pm Std. afw. | Verskille* ($p < 0,0001$) |
| 5 | - | - | - | - | - | - |
| 10 (a) | 7,2 \pm 1,9 | ab | 11,5 \pm 2,8 | ab | - | - |
| 15 (b) | 4,1 \pm 1,3 | ab | 3,6 \pm 0,7 | ab | 10,6 \pm 1,9 | b |
| 20 (c) | 1,6 \pm 0,8 | cd | 2,3 \pm 0,8 | c | 3,6 \pm 0,9 | cd |
| 25 (d) | 1,6 \pm 0,5 | cd | 1,6 \pm 0,9 | de | 4,1 \pm 0,9 | cd |
| 30 (e) | 1,2 \pm 0,4 | ef | 1,5 \pm 0,7 | de | 2,7 \pm 0,9 | e |
| 35 (f) | 1 | ef | 1,0 \pm 0,1 | f | 1,6 \pm 0,6 | f |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Volgens Nielsen & Evans (1960) het daar 'n vertraging plaasgevind in die ontwikkelingstyd van *Aedes taeniorhynchus* (Wiedemann) by 'n temperatuur van 36°C. Larwes is in hierdie studie net aan temperature so hoog as 35°C blootgestel en gevolglik is die invloed van temperature hoër as 35°C nie ondersoek nie aangesien dagtemperature hoër as 40°C ongewoon is vir die Bloemfontein-omgewing. Geen vertragingseffek kon egter by enige van die larwale stadia gevind word nie. 'n Afname in ontwikkelingstyd is gevind by elk van die larwale stadia (eerste larwale stadium uitgesluit) tot by temperature so hoog as 35°C (Tabel 7.1). Volgens Rueda *et al.* (1990) kom 'n betekenisvolle verskil in ontwikkelingstyd by *Ae. aegypti* voor tussen

15°C en 20°C. In die huidige studie is gevind dat temperature bokant 25°C 'n groter invloed op die ontwikkelingstyd van die tweede instar larwes gehad het.

Die duur van die papiestadium het verkort namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium toegeneem het (Tabel 7.3). Die grootste verskil in tydsduur is aangetref tussen die 15°C en 20°C waar die gemiddelde duur onderskeidelik 7,8 dae en 3,9 dae was. Hierdie afname in tydsduur was ook hoogs betekenisvol ($p < 0,001$) (Tabel 7.3). Die afname in tydsduur wat ondervind is vanaf 20°C was geleidelik en die kortste papiestadium is by 30°C en 35°C (2,3 dae en 1,6 dae onderskeidelik) gevind (Tabel 7.3). In die huidige studie het die papias by 25°C meer as twee keer solank geneem om hierdie stadium te voltooi as wat Ameen & Moizuddin (1973) gevind het, dus 3,1 dae teenoor 1,4 dae.

Betekenisvolle verskille tussen die totale ontwikkelingstye tot en met die papie- en volwassestadia word vir elk van die verskillende konstante temperature in Tabel 7.4 weergegee. 'n Skerp afname in gemiddelde ontwikkelingstyd tot en met die papiestadium, het voorgekom vanaf 19,9 dae by 15°C tot 9,2 dae by 25°C (Tabel 7.4). Namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium toegeneem het, het die ontwikkelingstyd weer betekenisvol ($p < 0,001$) verkort na 7,3 dae by 30°C en 5,6 dae by 35°C (Tabel 7.4). Die verskil in ontwikkelingstyd wat tussen 15°C en 20°C aangetref is, was hoogs betekenisvol ($p < 0,001$), maar geen betekenisvolle verskil ($p > 0,05$) kon aangetref word tussen die effens hoër temperature nl. 20°C en 25°C nie (Tabel 7.4). Volgens Ameen & Moizuddin (1973) is die totale tydsduur van die larwale stadia van *Ae. aegypti* tot en met aanvang van die papiestadium, by 'n temperatuur van 25°C ongeveer 5,4 dae en is dit aansienlik korter as die 9,2 dae wat in die huidige studie gevind is (Tabel 7.4).

Die totale ontwikkelingstyd tot en met die volwassestadium, het drasties en betekenisvol ($p < 0,001$) verkort vanaf die laer temperatuur nl. 15°C (27,9 dae) na die hoër temperature nl. 20°C (13,5 dae) en 35°C (7,2 dae) (Tabel 7.4). Temperature hoër as 20°C het 'n geleidelike afname in ontwikkelingstyd tot gevolg gehad en geen

vertragingseffek kon gevind word in die totale ontwikkelingstyd tot en met die volwasse stadium nie (Tabel 7.4). Hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) in totale ontwikkelingstyd tot en met die volwasse stadium het voorgekom tussen elk van die verskillende temperature (Tabel 7.4).

Tabel 7.3: Betekenisvolle verskille in die tydsduur (dae) van die papiestadium van *Aedes aegypti* vir elk van die verskillende konstante temperature

| Temp. (°C) | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,001$) |
|---------------|---------------------|--------------------------------|
| 5 | - | - |
| 10 | - | - |
| 15 (a) | 7,8 ± 0,9 | a |
| 20 (b) | 3,9 ± 0,2 | b |
| 25 (c) | 3,1 ± 0,4 | c |
| 30 (d) | 2,3 ± 0,5 | d |
| 35 (e) | 1,6 ± 0,6 | e |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Tabel 7.4: Betekenisvolle verskille in die totale ontwikkelingstyd (dae) tot en met aanvang van die papie-en volwasse stadium vir *Aedes aegypti* by die verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | Papiestadium | | Volwasse stadium | |
|---------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Gemiddeld ± Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) | Gemiddeld ± Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 (a) | 19,9 ± 2,4 | a | 27,9 ± 2,1 | a |
| 20 (b) | 9,6 ± 1,6 | bc | 13,5 ± 1,5 | b |
| 25 (c) | 9,2 ± 0,9 | bc | 12,1 ± 0,9 | c |
| 30 (d) | 7,3 ± 0,9 | d | 9,6 ± 1,1 | d |
| 35 (e) | 5,6 ± 0,7 | e | 7,2 ± 1,1 | e |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

In teenstelling hiermee het Rueda *et al.* (1990) geen betekenisvolle afname in die totale ontwikkelingstyd gevind by 'n laboratoriumkolonie van *Culex quinquefasciatus* Say by

temperature tussen 30°C en 34°C nie. Eksperimentele werk wat deur Buth *et al.* (1990) op die larwes van *Culex tarsalis* Coquilett, *Culex restuans* Theobald en *Culiseta inornata* (Williston) uitgevoer is, toon 'n ooreenkoms in die totale ontwikkelingstyd van *Ae. aegypti* na blootstelling aan 'n temperatuur van 25°C. Larwes van *Cx. tarsalis* het 'n ontwikkelingstyd, tot en met die volwasse stadium, van 12,8 dae in vergelyking met die 12,1 dae van *Ae. aegypti* in die huidige studie, gehad, terwyl die kortste ontwikkelingstyd vir *Cx. restuans* 8,1 dae was. Larwes van *Cs. inornata* het egter 'n langer ontwikkelingstyd nl. 13,6 dae by hierdie temperatuur gehad.

7.3.1.2 Persentasie oorlewing

Geeneen van die larwes wat aan 5°C en 10°C blootgestel is, het volwassenheid bereik nie (Tabel 7.5). Met die verhoging van die temperatuur van die ontwikkelingsmedium tot 15°C, het 'n skerp toename in die oorlewingsyfer tot 52,0% ± 10,9% voorgekom (Tabel 7.5). 'n Verdere en hoogs betekenisvolle ($p < 0,01$) toename in die oorlewingsyfer het by 20°C voorgekom waar 'n gemiddelde oorlewing van 80,0% ± 2,8% by laasgenoemde temperatuur gevind is (Tabel 7.5).

Tabel 7.5: Betekenisvolle verskille in die persentasie oorlewing van *Aedes aegypti* tot en met die volwasse stadium na blootstelling aan verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* ($p = 0,0004$) |
|---------------|-----|---------------------|---------------------------------|
| 5 | 0 | 0 | - |
| 10 | 0 | 0 | - |
| 15 | 65 | 52,0 ± 10,9 | a |
| 20 | 100 | 80,0 ± 2,8 | bcd |
| 25 | 108 | 86,4 ± 9,6 | bcd |
| 30 | 112 | 89,6 ± 10,8 | bcd |
| 35 | 101 | 80,8 ± 17,9 | bcd |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

Vanaf 20°C tot by 30°C het daar 'n geleidelike styging in die persentasie oorlewing voorgekom. By 35°C het daar 'n skielike daling tot by 80,8% ± 17,9% voorgekom (Tabel 7.5). Hierdie styging in oorlewing met 'n toename in temperatuur, was egter nie betekenisvol verskillend ($p > 0,05$) by die onderskeie temperature nie (Tabel 7.5).

Alhoewel die kortste ontwikkelingstyd van die larwes by 35°C voorgekom het (Tabel 7.4), is dit duidelik dat hierdie hoë temperature wel 'n negatiewe invloed op die oorlewing van die larwes gehad het (Tabel 7.5). McDonald *et al.* (1980) het by *Culex annulirostris* Skuse gevind dat die hoogste persentasie oorlewing tot en met die volwasse stadium, by 25°C voorgekom het. Larwale ontwikkeling by hierdie spesie het nie veel verskil in vergelyking met die larwale ontwikkeling van *Ae. aegypti* nie en was gemiddeld 8,57 dae by die hoogste temperatuur van 35°C. Temperature bokant 35°C het 'n 100% mortaliteit tot gevolg gehad (McDonald *et al.*, 1980).

Temperatuurtoleransie verskil dus van spesie tot spesie. Maloney en Wallis (1976) in Mahmood & Crans (1998) het gevind dat die larwes van *Culiseta melanura* (Coquillett) water met baie lae temperature (4°C) beter oorleef indien hulle geleidelik (ten minste 5 dae) aan die lae temperatuur blootgestel word. Een groep vierde instar larwes het 7 maande lank in water met 'n temperatuur van 4°C oorleef en meer as die helfte van die groep het gepupeer en as volwassenes ontpop nadat die temperatuur van die water verhoog is. Hierteenoor kan larwes van *Aedes campestris* Dyar & Knab glad nie by temperature so laag as 15°C oorleef nie (Tauthong en Brust, 1977). Alhoewel die vierde larwale stadium deur sommige van die larwes van laasgenoemde spesie bereik word, slaag hulle nie daarin om die papiestadium te bereik nie. Bliss & Gill (1933) het gevind dat die larwes van *Ae. aegypti* binne twee tot drie ure herstel het nadat hulle vir twee tot tien ure gevries was by -2°C. Larwes wat vir 11 of meer ure gevries was, het nie herstel nie (Bliss & Gill, 1933).

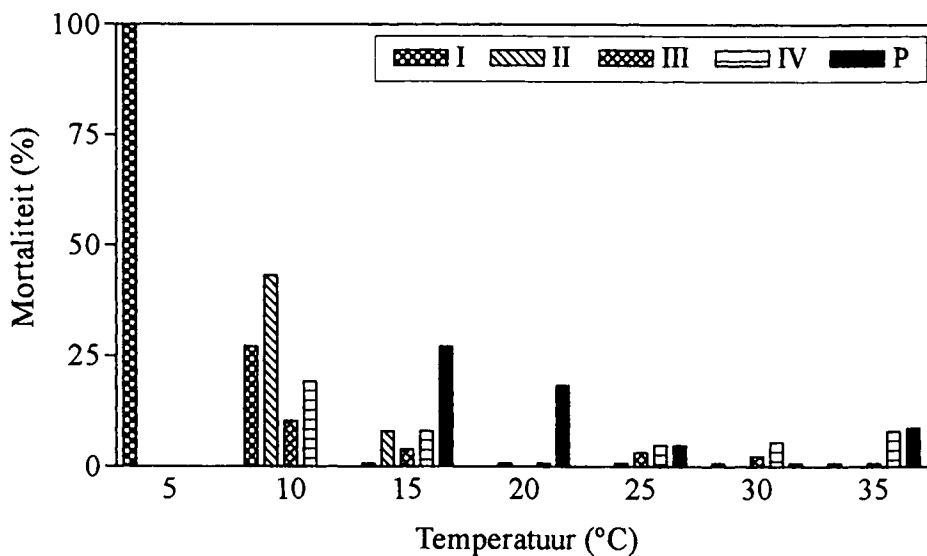
Hoewel daar nie tydens die huidige studie na die invloed wat temperature bokant 35°C gekyk is nie, is dit interessant om op die bevindinge van verskeie ander outeurs o.a. Headlee (1942), Bar-Zeev (1958), Christophers (1960) en Tun-Lin *et al.* (2000) te let.

Volgens Headlee (1942) en Christophers (1960) het geen *Ae. aegypti* larwes wat aan 38,5°C blootgestel is die volwasse stadium bereik nie en het al die larwes binne vyf dae gesterf. Bar-Zeev (1958) het ook gevind dat 'n 100% sterftesyfer reeds by temperature net bokant 36°C voorgekom het. Bevindinge deur Tun-Lin *et al.* (2000) het verder bewys dat eerste instar *Ae. aegypti* larwes binne 'n tydperk van 24 uur sterf na blootstelling aan water met 'n temperatuur van 40°C. Dit is bekend dat *Ae. aegypti* wyfies in talle mensgemaakte strukture hulle eiers lê (Christophers, 1960). Die temperature binne hierdie houers wissel voortdurend na gelang van die dag- en nagtemperature van die omgewing. Konstante temperature van so hoog as 40°C kan 'n baie hoë mortaliteit by die larwes van *Ae. aegypti* veroorsaak. Aangesien konstante lae en hoë temperature egter nie voortdurend in die houers voorkom nie, kan dit die oorlewingsyfer van die larwes verhoog mits hulle nie vir onbepaalde tye aan baie lae of hoë temperature blootgestel word nie (Christophers, 1960). Bevindinge uit die huidige studie dui daarop dat die larwes van hierdie spesie wel instaat is om by konstante temperature vanaf 15°C tot 35°C volwassenheid te bereik. Die moontlikheid bestaan dus dat hierdie spesie wel suksesvol sal kan ontwikkel in habitats wat beskut is teen die baie lae nagtemperature van die Vrystaat.

Die meeste larwe sterftes het by 5°C en 10°C tydens die eerste en tweede larwale stadia plaasgevind, terwyl dit by 15°C en 20°C hoofsaaklik die papiestadium was (Fig. 7.1). Met 'n styging in temperatuur tot by 35°C het die meeste sterftes in die latere instars nl. derde en vierde instars en die papies voorgekom (Fig. 7.1). Volgens Van der Linde (1991) kan muskiete in 'n laboratoriumkolonie mettertyd gekondisioneer raak aan die omgewingstemperatuur en kan dit hulle toleransie t.o.v. hoë en lae temperature beïnvloed.

Nielsen & Evans (1960) het gevind dat die sterftes van die larwes by die lae en hoë temperature plaasvind a.g.v. die staking van sekere lewensbelangrike prosesse en nie vanweë 'n vertraging in die ontwikkelingstempo nie.

Volgens Blunck (1924) in Brust (1967) is die optimumtemperatuur die temperatuur



Figuur 7.1: Die persentasie mortaliteit van die onvolwasse stadia van *Aedes aegypti* na blootstelling aan verskillende konstante temperature. (I - IV, larwale stadia; P, papiestadium).

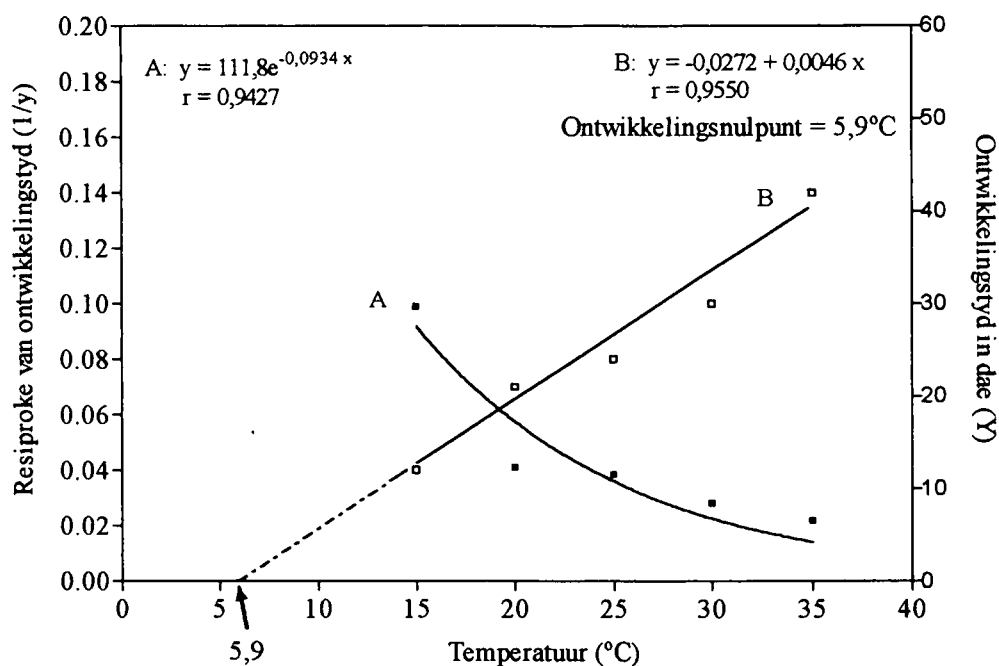
waarby die grootste persentasie larwes hulle ontwikkeling in die kortste tyd voltooi. Hierdie temperatuur verskil van die piektemperatuur waarby die larwes die vinnigste ontwikkel, afgesien van oorlewing (Davidson, 1942 & 1944 in Van der Linde, 1984). In die huidige studie was die optimumtemperatuur vir *Ae. aegypti* 30°C met 'n gemiddelde ontwikkelingstyd van 9,6 dae en 'n oorlewingsyfer van 89,6% (Tabelle 7.4 & 7.5). Daar is egter gevind dat larwale ontwikkeling wat by 25°C plaasgevind het met 2,5 dae verleng het na 12,1 dae, maar die oorlewingsyfer het egter steeds hoog gebly nl. 86,4% (Tabelle 7.4 & 7.5). Dit wil dus voorkom of hierdie spesie ewe suksesvol by enige van laasgenoemde twee temperature kan ontwikkel. Dus kan daar eerder na die optimumtemperatuurreeks van *Ae. aegypti* verwys word in plaas van 'n enkele optimumtemperatuur. Brust (1967) het die optimumtemperatuur vir *Ae. vexans* as 26°C - 32°C vasgestel en vir *Cs. inornata* as 21°C (Hanec & Brust, 1967).

7.3.1.3 Ontwikkelingstempo

In 'n poging om die ontwikkelingstempo van muskietlarwes in die natuur te kan bepaal, word daar van voorspellingsmetodes gebruik gemaak. Die twee voorspellingsmetodes wat die meeste deur ander outeurs o.a Hurlbut (1943) en McDonald *et al.* (1980) by

musketontwikkeling gebruik word, is die eksponensiële verband- en die termiese totaalmetode. 'n Derde metode wat soms ook gebruik word (Huffaker, 1944; Bates, 1970), is om die ontwikkelingsnulpunt te bereken deur die liniêre verband van die resiproke van die ontwikkelingstyd teenoor temperatuur te stel. In die huidige studie is die eksponensiële verband- en die liniêre verband van die resiproke van die ontwikkelingstyd toegepas en vergelyk.

'n Goeie eksponensiële verband ($r = 0,9427$) is gevind tussen die totale ontwikkelingstyd van die onvolwassenes en die temperatuur van die ontwikkelingsmedium (Fig. 7.2).



Figuur 7.2: Die verband tussen ontwikkelingstyd en temperatuur en die verband tussen die resiproke van ontwikkelingstyd en temperatuur van die onvolwassestadia van *Aedes aegypti* na blootstelling aan verskillende konstante temperature (Waargenome punte: lyn A, soliede vierkante; lyn B, oop vierkante).

Die berekende ontwikkelingstye word teenoor die waargenome waardes in Tabel 7.6 weergegee. 'n Goeie verband ($r = 0,955$) het ook voorgekom tussen die resiproke van

die ontwikkelings tyd en die temperatuur van die ontwikkelingsmedium (Fig. 7.2). Die ontwikkelingsnulpunt vir die larwes was 5,9°C (Fig. 7.2). Larwes wat dus aan temperature laer as 5,9°C blootgestel word, sal geen larwale ontwikkeling ondergaan nie, maar kan moontlik baie stadig ontwikkel by temperature bokant die ontwikkelingsnulpunt.

Tabel 7.6: Die verskille in waargenome en berekende ontwikkelingstye (y en $1/y$) van die onvolwasse *Aedes aegypti* by die verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | Eksponeensiële regressie (y) | | Liniêre regressie ($1/y$) | |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|
| | Tyd in dae (waargenome) | Tyd in dae (bereken) | Resiproke van tyd in dae (waargenome) | Resiproke van tyd in dae (bereken) |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | 27,98 | 27,54 | 27,98 | 23,53 |
| 20 | 13,53 | 17,27 | 13,53 | 15,22 |
| 25 | 12,09 | 10,82 | 12,09 | 11,25 |
| 30 | 9,59 | 6,78 | 9,59 | 8,91 |
| 35 | 7,17 | 4,25 | 7,17 | 7,39 |

Uit bogenoemde resultate is dit duidelik dat die ontwikkelingstempo van die larwes in hierdie eksperiment suksesvol met beide voorspellingsmetodes bepaal kan word, vanweë die hoë regressiekoëffisiënte wat by hierdie voorspellingsmetodes gevind is.

7.3.1.4 Kopkapsulebreedtes

Aangesien geen larwes wat aan 5°C blootgestel is, vervel het nie kon geen kopkapsules by hierdie temperatuur gemeet word nie. Slegs geringe verskille in die gemiddelde kopkapsulebreedte van die eerste vervelling het tussen elk van die verskillende temperature voorgekom (Tabel 7.7). Betekenisvolle verskille ($p < 0,05$) in die kopkapsulebreedte van die eerste vervelling is aangetref tussen 10°C en 20°C, 10°C en 30°C ($p < 0,01$) asook tussen 10°C en 35°C ($p < 0,05$) (Tabel 7.7).

Tabel 7.7: Die gemiddelde kopkapsulebreedtes (mm) asook betekenisvolle verskille vir elk van die larwale stadia van *Aedes aegypti* na blootstelling aan verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | Eerste vervelling | | | Tweede vervelling | | |
|------------|-------------------|------------------|--------------------------|-------------------|------------------|------------------------|
| | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p = 0,0012) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0001) |
| 5 | - | - | - | - | - | - |
| 10 (a) | 115 | 0,271 ± 0,018 | abd | 38 | 0,402 ± 0,032 | ac |
| 15 (b) | 123 | 0,277 ± 0,021 | abcdef | 114 | 0,423 ± 0,033 | bcdef |
| 20 (c) | 125 | 0,280 ± 0,015 | bcdef | 124 | 0,420 ± 0,032 | abcdf |
| 25 (d) | 124 | 0,279 ± 0,017 | abcdef | 122 | 0,429 ± 0,036 | bcdef |
| 30 (e) | 124 | 0,282 ± 0,018 | bcdef | 124 | 0,437 ± 0,038 | bdef |
| 35 (f) | 124 | 0,281 ± 0,022 | bcdef | 124 | 0,429 ± 0,035 | bcdef |

| Temp. (°C) | Derde vervelling | | | Vierde vervelling | | |
|------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p = 0,0006) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) |
| 5 | - | - | - | - | - | - |
| 10 (a) | 17 | 0,655 ± 0,060 | abcdef | - | - | - |
| 15 (b) | 108 | 0,675 ± 0,038 | abcde | 99 | 0,978 ± 0,037 | b |
| 20 (c) | 124 | 0,676 ± 0,062 | abcde | 124 | 0,961 ± 0,052 | cde |
| 25 (d) | 121 | 0,676 ± 0,060 | abcde | 118 | 0,959 ± 0,055 | bcde |
| 30 (e) | 122 | 0,677 ± 0,062 | abcde | 114 | 0,953 ± 0,054 | cde |
| 35 (f) | 123 | 0,652 ± 0,063 | af | 114 | 0,922 ± 0,050 | f |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.
n = Aantal larwes waarvan die kopkapsulebreedtes gemeet is.

'n Effense toename in die kopkapsulebreedte van die tweede vervelling het voorgekom vanaf 10°C tot 30°C vanwaar dit afgeneem het by 35°C (Tabel 7.7). Hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) het voorgekom tussen die kopkapsulebreedtes van die tweede vervelling by 10°C en 25°C, 20°C en 30°C. Betekenisvolle verskille ($p < 0,01$) is ook aangetref tussen 10°C en 15°C (Tabel 7.7). 'n Geringe toename in kopkapsulebreedte van die derde instar het voorgekom tussen 10°C en 15° waarna die gemiddelde kopkapsulebreedte konstant gebly het tot en met 30°C (Tabel 7.7). 'n Betekenisvolle afname ($p < 0,05$) het voorgekom (Tabel 7.7).

In teenstelling met die toename in kopkapsulebreedtes van die eerste, tweede en derde larwale vervellings, is 'n geleidelike afname by die vierde instars aangetref namate die

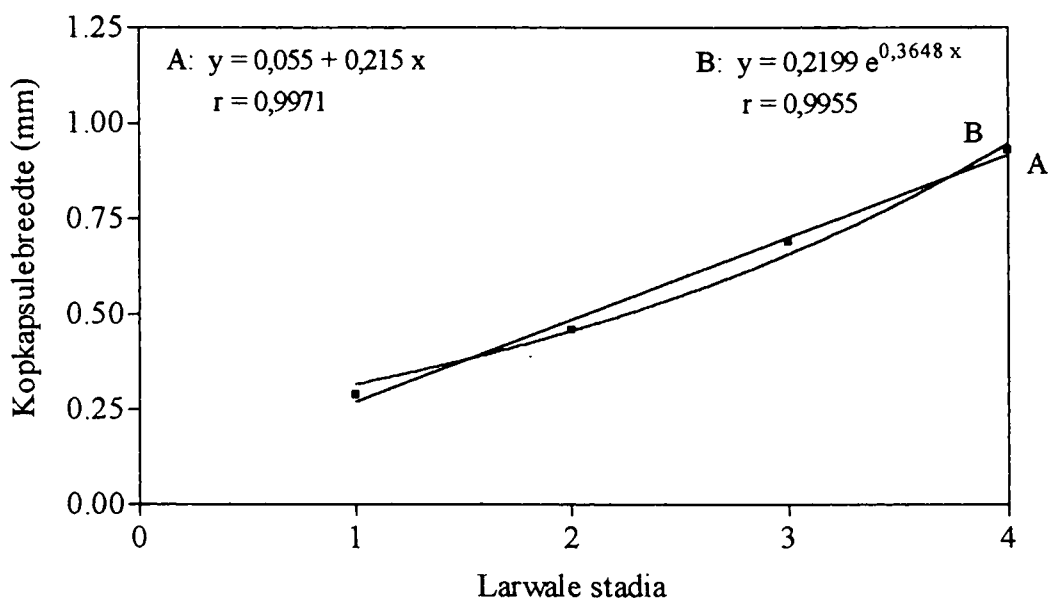
temperatuur toegeneem het (Tabel 7.7). Die kleinste kopkapsulebreedtes het by 35°C (0,92mm) voorgekom. Betekenisvolle verskille ($p < 0,05$) is aangetref tussen 15°C en 20°C asook 15°C en 30°C met hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) tussen 25° en 35°C en 30°C en 35°C (Tabel 7.7).

Dieselfde verskynsel is deur McHugh & Olson (1982) by die larwes van *Psorophora columbiae* (Dyar & Knab) gevind waar temperatuur die grootste invloed op die kopkapsulebreedtes van die larwes van die vierde instar gehad het. Hierdie verskynsel is egter nie buitengewoon nie aangesien die betrokke larwes vir die hele tydsduur van hul lewensiklus aan die betrokke temperatuur blootgestel was (McHugh & Olson, 1982). Die redes vir die omgekeerde verwantskap tussen temperatuur en larwale groei is egter nog nie duidelik nie, maar Laudien (1973) in McHugh & Olson (1982), is van mening dat dit moontlik die gevolg is van vinnige ontwikkeling by die hoër temperature. Volgens Van der Linde (1984) neem die ontwikkelingstyd toe met 'n toename in temperatuur, in so 'n mate dat die larwes by hoër temperature nie in staat is om genoeg voedsel te kan inneem volgens hulle metaboliese behoeftes nie, aangesien die hoër temperature tot 'n verhoging in die metabolisme van die larwes lei. Gevolglik verhongert die larwes dus. Hierdie verskynsel word by beide lae en baie hoër temperature gevind. Van der Linde (1984) is van mening dat die metabolisme van die larwes by baie lae temperature in so 'n mate afneem dat die larwes voedsel te stadig opneem en gevolglik verhongert.

Volgens De Oliveira & Durand (1978) bestaan daar 'n konstante verwantskap tussen kopkapsulebreedte en die larwale stadium. Gevolglik stel dit 'n mens in staat om larwale oorblyfsels soos kopkapsules te kan gebruik vir die vasstelling van 'n larwale instar. Dyar (1890) en De Oliveira & Durand (1978), het vasgestel dat die verhouding in die kopbreedte van twee opeenvolgende larwale stadia by sekere Lepidoptera larwes neig om konstant te wees en dat die tempo van groei in kopkapsulebreedte 'n geometriese neiging het.

Kopkapsulegroei kan as 'n wiskundige funksie uitgedruk word indien daar voldoende

data beskikbaar is (Van der Linde, 1984). 'n Totaal van 2565 kopkapsules is tydens die huidige studie gemeet en 'n vergelyking tussen die liniêre regressie en die eksponensiële regressie (Fig. 7.3) dui gevolglik aan watter funksie die larwale groei by *Ae. aegypti* die beste beskryf. Die waargenome en berekende kopkapsulebreedtes van die vier larwale stadia wat aan elk van die verskillende konstante temperature blootgestel is, word in Tabel 7.8 weergegee.



Figuur 7.3: Die liniêre (lyn A) en eksponensiële (lyn B) verband van kopkapsulebreedtes teenoor larwale stadia wat by 30°C ontwikkel het (waargenome punte: geslote vierkante).

Beide vergelykings het hoë korrelasiekoëffisiënte nl. $r = 0.9971$ (liniêre regressie) en $r = 0.9955$ (eksponensiële regressie). Die kopkapsulebreedtes van al vier larwale stadia kan dus met beide vergelykings voorspel word. Vanweë die hoë korrelasiekoëffisiënte wat in beide vergelykings voorgekom het, word geeneen van die vergelykings as die beste metode uitgelig nie, aangesien beide as ewe suksesvol in die huidige studie gevind is.

Tabel 7.8: Vergelyking van die waargenome kopkapsulebreedtes van larwes van *Aedes aegypti* wat by verskillende konstante temperature ontwikkel het, met kopkapsulebreedtes bereken volgens liniêre en eksponensiële regressies.

| Temp. (°C) | Larwale stadia | Liniêre verband | | Eksponensiële verband | |
|------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | Waargenome breedte (mm) | Berekende breedte (mm) | Waargenome breedte (mm) | Berekende breedte (mm) |
| 15 | L1 | 0,28 | 0,237 | 0,28 | 0,29 |
| | L2 | 0,424 | 0,474 | 0,424 | 0,437 |
| | L3 | 0,674 | 0,711 | 0,674 | 0,658 |
| | L4 | 0,987 | 0,948 | 0,987 | 0,99 |
| | | Gemiddelde | groei tempo = 1,52 | | |
| 20 | L1 | 0,278 | 0,243 | 0,278 | 0,294 |
| | L2 | 0,416 | 0,476 | 0,416 | 0,439 |
| | L3 | 0,674 | 0,709 | 0,674 | 0,658 |
| | L4 | 0,96 | 0,942 | 0,96 | 0,983 |
| | | Gemiddelde | groei tempo = 1,51 | | |
| 25 | L1 | 0,28 | 0,251 | 0,28 | 0,302 |
| | L2 | 0,43 | 0,482 | 0,43 | 0,448 |
| | L3 | 0,674 | 0,713 | 0,674 | 0,663 |
| | L4 | 0,96 | 0,944 | 0,96 | 0,982 |
| | | Gemiddelde | groei tempo = 1,51 | | |
| 30 | L1 | 0,28 | 0,27 | 0,28 | 0,32 |
| | L2 | 0,44 | 0,49 | 0,44 | 0,46 |
| | L3 | 0,68 | 0,70 | 0,68 | 0,66 |
| | L4 | 0,95 | 0,92 | 0,95 | 0,95 |
| | | Gemiddelde | groei tempo = 1,50 | | |
| 35 | L1 | 0,284 | 0,265 | 0,284 | 0,309 |
| | L2 | 0,432 | 0,475 | 0,432 | 0,446 |
| | L3 | 0,652 | 0,685 | 0,652 | 0,643 |
| | L4 | 0,922 | 0,895 | 0,922 | 0,926 |
| | | Gemiddelde | groei tempo = 1,49 | | |

Algehele gemiddelde groei tempo (15° - 35°C) = 1,51mm.

Dyar se wet kan suksesvol by *Ae. aegypti* toegepas word. Die larwes wat by 30°C ontwikkel het, het 'n gemiddelde groei tempo van 1,50 gehad (Tabel 7.8). Die gemiddelde groei tempo is as volg bereken: $L_2/L_1 + L_3/L_2 + L_4/L_3 \times 1/3$, waar L_1 , L_2 , L_3 en L_4 die waargenome kopkapsulebreedtes van die verskillende larwale stadia is (Van der Linde, 1984). Die gemiddelde groei tempo's van die kopkapsules van *Ae. aegypti* larwes by al die eksperimentele temperature (15°C - 35°C) was naastenby dieselfde as dié by 30°C nl. 1,51 (Tabel 7.8). Ander muskietspesies soos *Culex*

territans Walker toon dieselfde verskynsel ten opsigte van kopkapsulegroeitempo deurdat Dyar se wet ook suksesvol op hierdie spesie toegepas kan word (De Oliveira & Du Rand, 1978).

7.3.2 Volwasse stadia

7.3.2.1 Vlerkengte

Net soos in die geval van die kopkapsulebreedtes van die larwes van die vierde instar, bestaan daar 'n omgekeerde verwantskap tussen vlerkengte en die ontwikkelingstemperatuur. Die vlerkengte van beide die mannetjies en wyfies het afgeneem namate die temperatuur toegeneem het (Tabel 7.9). 'n Hoogs betekenisvolle ($p < 0,001$) afname in vlerkengte het voorgekom tussen 15°C (2,86mm) en 20°C (2,61mm) waarna 'n effense toename in vlerkengte by 25°C voorgekom het (Tabel 7.9). Hierdie toename in vlerkengte was egter nie betekenisvol nie ($p > 0,05$) (Tabel 7.9).

Tabel 7.9: Betekenisvolle verskille in die vlerkengte (mm) van beide die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete vir elk van die verskillende ontwikkelingstemperature.

| Temp. (°C) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) |
|------------|-----|------------------|--------------------------|
| 15 (a) | 65 | 2,860 ± 0,299 | ac |
| 20 (b) | 100 | 2,614 ± 0,269 | bcd |
| 25 (c) | 108 | 2,753 ± 0,323 | abc |
| 30 (d) | 112 | 2,600 ± 0,299 | bd |
| 35 (e) | 101 | 2,385 ± 0,278 | e |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal mannetjies en wyfies gesamentlik waarvan die vlerkengtes gemeet is.

'n Hoogs betekenisvolle afname ($p < 0,001$) in vlerkengte het voorgekom vanaf 25°C tot 35°C (Tabel 7.9). Die kortste gemiddelde vlerkengtes is gemeet by volwassenes wat by 35°C ontwikkel het (2,39mm) (Tabel 7.9). Dieselfde verskynsel is gevind deur Le Sueur & Sharp (1991) by *Anopheles merus* Dönitz waar die vlerkengte van die

volwassenes afgeneem het met 'n toename in temperatuur. 'n Moontlike rede vir hierdie verskynsel is dat die metaboliese behoeftes die tempo waarteen voedsel deur die larwes opgeneem kan word, oorskrei en gevolglik kleiner volwassenes tot gevolg het (Le Sueur & Sharp, 1991). Resultate vanuit die huidige eksperiment stem ooreen met die bevindinge van Tun-Lin & Burkot *et al.* (2000) wat by *Ae. aegypti* verkry is, deurdat die kleinste individue met 'n gemiddelde vlerklengte van 2,43mm by 35°C voorgekom het. Daarteenoor is 'n gemiddelde vlerklengte van 2,39mm by 35°C in die huidige eksperiment verkry. Reisen (1995) het ook gevind dat die gemiddelde vlerklengte van *Cx. tarsalis* afgeneem het namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium toegeneem het.

'n Geleidelike afname in die gemiddelde vlerklengte van die mannetjie muskiete het voorgekom namate die temperatuur van die ontwikkelingsmedium toegeneem het. 'n Hoogs betekenisvolle verskil ($p < 0,001$) het voorgekom tussen die vlerklengte van 15°C en 20°C waarna 'n effens, maar nie betekenisvolle toename by 25°C voorgekom het (Tabel 7.10). Hiervandaan het die vlerklengte geleidelik afgeneem tot by 35°C waar mannetjies met die kortste gemiddelde vlerklengte (2,25mm) aangetref is (Tabel 7.10).

Tabel 7.10: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde vlerklengte (mm) van die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling by verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | Mannetjies | | | Wyfies | | |
|------------|------------|------------------|--------------------------|--------|------------------|--------------------------|
| | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) |
| 15 (a) | 28 | 2,735 ± 0,249 | a | 37 | 2,971 ± 0,299 | abcd |
| 20 (b) | 57 | 2,487 ± 0,184 | bdc | 43 | 2,809 ± 0,271 | abd |
| 25 (c) | 50 | 2,493 ± 0,116 | bc | 58 | 2,981 ± 0,261 | ac |
| 30 (d) | 59 | 2,391 ± 0,178 | bde | 53 | 2,839 ± 0,221 | abd |
| 35 (e) | 44 | 2,256 ± 0,210 | de | 57 | 2,492 ± 0,285 | e |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.
n = Aantal mannetjies en wyfies waarvan die vlerklengtes apart gemeet is.

'n Afname in die vlerkengte met 'n toename in die temperatuur, het ook by die wyfies van *Ae. aegypti* voorgekom, terwyl 'n betekenisvolle toename in die gemiddelde vlerkengte ($p < 0,05$) vanaf 20°C (2,80mm) tot 25°C (2,98mm) voorgekom het (Tabel 7.10). Vanaf 25°C het die vlerkengtes van die wyfies betekenisvol afgeneem tot by 35°C. Wyfies met die kortste gemiddelde vlerkengte (2,49mm) is by hierdie temperatuur gevind (Tabel 7.10). Hoogs betekenisvolle verskille ($p < 0,001$) het tussen die hoë temperature nl. 30°C en 35°C en die lae temperatuur nl. 15°C voorgekom (Tabel 7.10).

7.3.2.2 Droëmassa

Dieselfde verskynsel wat by die vlerkengtes van die laer temperature (15°C - 20°C) vir beide geslagte gesamentlik gevind is, word ook by die droëmassas van die mannetjies en wyfies van hierdie temperature aangetref (Tabel 7.11). 'n Betekenisvolle afname ($p < 0,01$) in die gemiddelde droëmassa het voorgekom by 15°C (0,38mg) en 20°C (0,33mg) (Tabel 7.11). 'n Hoogs betekenisvolle toename ($p < 0,001$) in die droëmassa is gevind tussen 20°C (0,33mg) en 25°C (0,42mg) vanwaar dit geleidelik afgeneem het namate die temperatuur verhoog het (Tabel 7.11).

Tabel 7.11: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde droëmassa (mg) van beide die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling by verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* ($p < 0,0001$) |
|---------------|-----|---------------------|---------------------------------|
| 15 (a) | 65 | 0,380 ± 0,085 | acd |
| 20 (b) | 100 | 0,332 ± 0,087 | be |
| 25 (c) | 108 | 0,421 ± 0,088 | acd |
| 30 (d) | 112 | 0,404 ± 0,086 | acd |
| 35 (e) | 101 | 0,298 ± 0,083 | be |

* Gemiddeldes met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal mannetjies en wyfies gesamentlik waarvan die droëmassas bepaal is.

Die rede vir hierdie toename in droëmassa is waarskynlik dat die die metaboliese behoeftes van die larwes wat by hierdie temperatuur ontwikkel het, nie die tempo

waarteen voedsel deur die larwes opgeneem kon word oorskrei het nie en die larwes gevolglik nie verhonger het nie. Volwassenes wat by 35°C ontwikkel het, het die kleinste droëmassas gehad en gevolglik die kleinste muskiete (Tabel 7.11).

'n Interessante verskynsel is waargeneem nl. dat die individue met die grootste droëmassas by 25°C en 30°C voorgekom het en nie by die laer temperature soos wat verwag is nie. Clements (1992) het in teenstelling hiermee gevind dat die grootste *Ae. aegypti* volwassenes by laer temperature (18°C) voorgekom het. Daarteenoor het Nayar (1968c; 1969b) gevind dat die volwassenes van *Culex nigripalpus* Theobald en *Ae. taeniorhynchus* die grootste droëmassas by die meer gematigde temperature gehad het.

'n Effense afname het in die gemiddelde droëmassa van die *Ae. aegypti* mannetjies by 15°C (0,36mg) tot 20°C (0,30mg) voorgekom (Tabel 7.12). Hierdie afname was hoogs betekenisvol ($p < 0,001$) (Tabel 7.12). Vanaf 20°C tot 25°C het 'n hoogs betekenisvolle toename ($p < 0,001$) in die droëmassa van die mannetjies voorgekom vanwaar dit tot by 30°C konstant gebly het. Hierdie toename is moeilik om te verklaar en is moontlik vanweë die vinniger metaboliese tempo van die larwes by hierdie temperatuur, wat meegebring het dat hulle genoeg voedsel kon inneem sonder om te verhonger. Gevolglik het dit tot groter volwassenes aanleiding gegee. Mannetjies met die kleinste droëmassa het by 35°C voorgekom, en dit het betekenisvol van die droëmassa van die mannetjies by 30°C verskil ($p < 0,001$) (Tabel 7.12).

Dieselfde verskynsel het by die droëmassas van die wyfies voorgekom deurdat 'n betekenisvolle toename ($p < 0,001$) vanaf 20°C tot by 25°C gevind is (Tabel 7.12). Hiervandaan het 'n geringe, maar nie betekenisvolle afname ($p > 0,05$) by 30°C voorgekom. 'n Hoogs betekenisvolle afname het by 35°C, waar die wyfies met die kleinste droëmassas (0,31mg) aangetref is, voorgekom ($p < 0,001$) (Tabel 7.12).

Volgens Christophers (1960) is daar by *Ae. aegypti* gevind dat die larwes wat by effens laer temperature as die optimumtemperatuur ontwikkel, groter volwassenes tot gevolg

Tabel 7.12: Betekenisvolle verskille in die gemiddelde droëmassa (mg) van die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* muskiete na ontwikkeling by verskillende konstante temperature.

| Temp. (°C) | Mannetjies | | | Wyfies | | |
|------------|------------|------------------|--------------------------|--------|------------------|--------------------------|
| | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) | n | Gem. ± Std. afw. | Beskrywing* (p < 0,0001) |
| 15 (a) | 28 | 0,365 ± 0,073 | acd | 37 | 0,387 ± 0,093 | abd |
| 20 (b) | 57 | 0,300 ± 0,076 | be | 43 | 0,381 ± 0,084 | abe |
| 25 (c) | 50 | 0,360 ± 0,057 | acd | 58 | 0,474 ± 0,075 | cd |
| 30 (d) | 59 | 0,366 ± 0,075 | acd | 53 | 0,444 ± 0,078 | acd |
| 35 (e) | 44 | 0,280 ± 0,073 | be | 57 | 0,317 ± 0,092 | be |

* Gemiddelde met verskillende letters verskil betekenisvol van mekaar.

n = Aantal mannetjies en wyfies waarvan die droëmassas bepaal is.

het in teenstelling met die wat by die optimumtemperatuur ontwikkel. Hierdie verskynsel, hetsy dit die direkte gevolg van die temperatuur van die ontwikkelingsmedium of vanweë 'n voldoende hoeveelheid voedsel vir die larwes is, kom volgens Christophers (1960) baie algemeen by *Anopheles* spp. in die veld voor.

Die volwasse muskiete van spesies wat in koeler en skaduryke poele ontwikkel is volgens Christophers (1960) groter, donkerder en het 'n langer lewensduur in vergelyking met individue van dieselfde spesies wat in oop poele met 'n hoër watertemperatuur ontwikkel. Christophers (1960) en Nasci (1990) het vasgestel dat daar by *Ae. aegypti* 'n direkte verwantskap tussen vlerk lengte en liggaamsmassa bestaan en dat vlerk lengte, wat baie makliker meetbaar is in vergelyking met die liggaamsmassa van die volwassenes, as 'n maatstaf van liggaamsgrootte gebruik kan word. Resultate wat uit die huidige eksperiment verkry is (Tabelle 7.9 & 7.11), stem egter nie heeltemal ooreen met laasgenoemde bevindinge van Christophers (1960) en Nasci (1990) nie. Tabel 7.13 is 'n samevatting van die korrelasies wat tussen die vlerk lengte en die droëmassa van die mannetjies en wyfies gesamentlik, by elk van die verskillende konstante temperature voorgekom het. Hierdie korrelasies is deur middel van 'n liniêre regressie met behulp van die program "Graphpad Instat" bepaal.

Muskiete wat by 25°C volwassenheid bereik het, het 'n korrelasie koëffisiënt van

0,7879 gehad (Tabel 7.10), wat die beste korrelasie tussen vlerkengte en droëmassa by hierdie temperatuur aangedui het. Hierdie koëffisiënt was effens laer by individue wat by die hoër temperature (30°C - 35°C) ontwikkel het. 'n Goeie korrelasie tussen vlerkengte en droëmassa het egter steeds by hierdie temperature voorgekom. Individue wat by 15°C ontwikkel het, het 'n swak korrelasie koëffisiënt van minder as 0,3 gehad (Tabel 7.13).

Tabel 7.13: Die korrelasie tussen vlerkengte en droëmassa van beide die mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* by elk van die verskillende konstante ontwikkelings-temperature.

| Temp. (°C) | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) |
|------------|-----|---------|-----------|------------------------------|
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | 65 | 0,0842 | 0,0343 | 0,2956 |
| 20 | 100 | 0,2024 | 0,0255 | 0,6262 |
| 25 | 108 | 0,2158 | 0,0164 | 0,7879 |
| 30 | 112 | 0,1745 | 0,0220 | 0,6032 |
| 35 | 101 | 0,1797 | 0,0240 | 0,6010 |

n = Aantal mannetjies en wyfies gesamentlik waarvan die vlerkengtes en droëmassas gemeet is.

Alle hellings verskil betekenisvol van nul ($p < 0,0001$), behalwe by 15°C ($p = 0,0168$).

'n Baie swak korrelasie koëffisiënt ($< 0,50$) tussen die vlerkengte en die droëmassa van die mannetjies het by elk van die verkillende temperature voorgekom (Tabel 7.14). Die hoogste korrelasie koëffisiënt nl. 0,43 is by 30°C aangetref (Tabel 7.14). Hierteenoor is die hoogste korrelasie koëffisiënt nl. 0,66 by die wyfies wat by 35°C ontwikkel het, gevind (Tabel 7.14). Die afleiding kan gemaak word dat beter korrelasies verkry word vanuit die resultate waar die vlerkengtes en droëmassas van die mannetjie en wyfie *Ae. aegypti* gesamentlik ontleed word. Korrelasie koëffisiënte hoër as 0,60 is op hierdie wyse, by elk van die eksperimentele temperature, met die uitsondering van 15°C, gevind (Tabel 7.13).

Tabel 7.14: Die korrelasie tussen die vlerkengte (mm) en die droëmassa (mg) van die volwasse mannetjie en wyfie *Aedes aegypti* by elk van die verskillende konstante ontwikkelingstemperature.

| Temp. (°C) | Mannetjies | | | | Wyfies | | | |
|------------|------------|---------|-----------|----------------------------|--------|---------|-----------|----------------------------|
| | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) | n | Helling | Std. fout | Korrelasie koëffisiënt (r) |
| 15 | 28 | 0,0034 | 0,0577 | 0,0117 | 37 | 0,1156 | 0,0488 | 0,3711 |
| 20 | 57 | 0,1274 | 0,0528 | 0,3089 | 43 | 0,1992 | 0,0375 | 0,6384 |
| 25 | 50 | 0,1274 | 0,0693 | 0,2564 | 58 | 0,1858 | 0,0295 | 0,6430 |
| 30 | 59 | 0,1842 | 0,0506 | 0,4341 | 53 | 0,1599 | 0,0446 | 0,4487 |
| 35 | 44 | 0,1097 | 0,0507 | 0,3163 | 57 | 0,2165 | 0,0328 | 0,6643 |

n = Aantal mannetjies en wyfies waarvan die vlerkengtes en droëmassas gemeet is.

Volgens Christophers (1960); Siegel *et al.*, (1994) en Koella & Lyimo (1996) word die korrelasie tussen vlerkengte en droëmassa deur verskeie omgewingsfaktore beïnvloed. Een van hierdie faktore is die temperatuur van die ontwikkelingsmedium. Koella & Lyimo (1996) het by *An. gambiae* gevind dat faktore soos temperatuur en larwale digtheid die direkte korrelasie tussen vlerkengte en liggaamsmassa kan beïnvloed. Volgens Siegel *et al.* (1994) bly die korrelasie tussen vlerkengte en droëmassa van *Ae. aegypti* en *Aedes albopictus* (Skuse) wat by optimum laboratoriumtoestande geteel is, nie konstant nie, maar varieer egter. Uit die huidige eksperiment wil dit dus voorkom of temperatuur wel 'n invloed op die verwantskap wat tussen die vlerkengte en die droëmassa van *Ae. aegypti* bestaan, gehad het.

7.4 Gevolgtrekking

Uit die resultate van hierdie eksperiment is dit duidelik dat *Ae. aegypti* ewegoed by temperature van 25°C tot 30°C ontwikkel. Laasgenoemde twee temperature word dus ook as die optimumtemperatuur vir hierdie spesie beskou. Die ontwikkelingsnulpunt vir *Ae. aegypti* was 5,9°C. Aangesien die eksperiment by konstante temperature uitgevoer is, is die temperature waarby ontwikkeling suksesvol plaasgevind (15°C tot 35°C) het net 'n aanduiding van die temperatuurtoleransie van *Ae. aegypti*. Aangesien baie min *Ae. aegypti* volwassenes sedert 1996 in die veld versamel is (kyk hoofstuk 2),

bemoelijk dit dus die uitvoer van ontwikkelings eksperimente van *Ae. aegypti* onvolwassenes onder veldtoestande.

Talle muskietspesies, onder andere *Cs. melanura* en *Cx. theileri*, oorleef die wintermaande in hul onvolwasse stadium vanweë hul toleransie teenoor lae temperature. Dit is ook bekend dat die eiers van *Ae. aegypti* uitdroging onder gunstige toestande vir relatief lang tydperke kan oorleef. Dus tesame met die feit dat larwale ontwikkeling van hierdie spesie by temperature so laag as 15°C suksesvol plaasvind, is hulle moontlik instaat om die lae omgewingstemperature van die Bloemfontein-omgewing tydens die wintermaande te oorleef. Dit sal egter interessant wees om die voorkoms van hierdie spesie in die Bloemfontein-omgewing in die toekoms te monitor om vas te stel of hierdie spesie wel suksesvol in die Vrystaat gevestig het.

7.5 Literatuurverwysings

- AMEEN, M. & MOIZUDDIN, M. 1973. The duration of the various developmental stages of *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) in Dacca. *Dacca University Studies. (Pt. B)*. 21: 15-25.
- BAR-ZEEV, M. 1958. The effect of temperature on the growth rate and survival of the immature stages of *Aedes aegypti* (L.). *Bull. Ent. Res.* 49: 157-163.
- BATES, M. 1970. *The natural history of mosquitoes*. Peter Smith, Gloucester, Mass.
- BLISS, A.R. & GILL, J.M. 1933. The effects of freezing on the larvae of *Aedes aegypti*. *Am. J. Trop. Med.* 13: 583-588.
- BRUST, R.A. 1967. Weight and development time of different stadia of mosquitoes reared at various constant temperatures. *Can. Ent.* 99(9): 986-993.
- BUTH, J.L., BRUST, R.A. & ELLIS, R.A. 1990. Development time, oviposition activity and onset of diapause in *Culex tarsalis*, *Culex restuans* and *Culiseta inornata* in Southern Minitoba. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6(1): 55-63.
- CHAPMAN, R.F. 1982. *The insects: structure and function*. Hodder & Stoughton, London.
- CHRISTOHERS, R. 1960. *Aedes aegypti, the yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press, London.
- CLEMENTS, A.N. 1992. *The biology of mosquitoes. Vol.1. Development, nutrition and reproduction*. Chapman & Hall, London.

-
- DE OLIVEIRA, D. & DURAND, M. 1978. Head capsule growth in *Culex territans* Walker. *Mosq. News*. 38(2): 230-233.
- DYAR, H.G. 1890. The number of molts of Lepidopterous larvae. *Psyche*. 5: 420-422.
- FOWLER, J. & COHEN, L. 1990. *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons. New York.
- HAGSTRUM, D.W. & MILLIKEN, G.A. 1988. Quantitative analysis of temperature, moisture and diet factors affecting insect development. *Ann. Ent. Soc. Am.* 81(4): 539-546.
- HANEC, W. & BRUST, R.A. 1967. The effect of temperature on the immature stages of *Culiseta inornata* (Diptera: Culicidae) in the laboratory. *Can. Ent.* 99: 59-64.
- HEADLEE, T.J. 1942. A continuation of the studies on the relative effects in insect metabolism of temperatures derived from constant and variable sources. *J. Econ. Ent.* 35: 785-786.
- HUFFAKER, C.B. 1944. The temperature relations of the immature stages of the malarial mosquito, *Anopheles quadrimaculatus* Say, with a comparison of the developmental power of constant and variable temperatures in insect metabolism. *Ann. Ent. Soc. Am.* 37(1): 1-27.
- HURLBUT, H.S. 1943. The rate of growth of *Anopheles quadrimaculatus* in relation to temperature. *J. Parasitol.* 29: 107-113.
- JOSHI, D.S. 1996. Effect of fluctuating and constant temperatures on development, adult longevity and fecundity in the mosquito *Aedes krombeini*. *J. Therm. Biol.* 21(3): 151-154.

-
- JUPP, P.G. 1996. *Mosquitoes of Southern Africa: Culicinae and Toxorhynchitinae*. Ekogilde Publishers, Hartebeespoort.
- KOELLA, J.C. & LYIMO, E.O. 1996. Variability in the relationship between weight and wing length of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 33(2): 261-264.
- LE SUEUR, D. & SHARP, B.L. 1991. Temperature-dependent variation in *Anopheles merus* larval head capsule width and adult wing length: implications for anopheline taxonomy. *Med. Vet. Ent.* 5: 55-62.
- LUTWAMA, J.J. & MUKWAYA, L.G. 1994. Studies on some of the physical and biological factors affecting the abundance of the *Aedes simpsoni* (Diptera: Culicidae) complex-larvae and pupae in plant axils. *Bull. Ent. Res.* 84: 255-263.
- MAHMOOD, F. & CRANS, W.J. 1998. Effect of temperature on the development of *Culiseta melamura* (Diptera: Culicidae) and its impact on the amplification of eastern equine encephalomyelitis virus in birds. *J. Med. Ent.* 35(6): 1007-1012.
- MATTINGLY, P.F. 1957. Genetical aspects of the *Aedes aegypti* problem. I. taxonomy and bionomics. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 51: 392-408.
- McDONALD, G., McLAREN, I.W., SHELDEN, G.P. & SMITH, I.R. 1980. The effect of temperature on the population growth potential of *Culex annulirostris* Skuse (Diptera: Culicidae). *Austr. J. Ecol.* 5: 379-384.
- McHUGH, C.P. & OLSON, J.K. 1982. The effect of temperature on the development, growth and survival of *Psorophora columbiae*. *Mosq. News.* 42(4): 608-613.

- NASCI, R.S. 1990. Relationship of wing length to adult dry weight in several mosquito species (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 27(4): 716-719.
- NAYAR, J.K. 1968c. The biology of *Culex nigripalpus* Theobald (Diptera: Culicidae). Part 2. Adult characteristics at emergence and adult survival without nourishment. *J. Med. Ent.* 5: 203-210.
- NAYAR, J.K. 1969b. Effects of larval and pupal environmental factors on biological status of adults at emergence in *Aedes taeniorhynchus* (Wied.). *Bull. Ent. Res.* 58: 811-827.
- NIELSEN, E.T. & EVANS, D.G. 1960. Duration of the pupal stage of *Aedes taeniorhynchus* with a discussion of the velocity of development as a function of temperature. *Oikos*. 11: 200-222.
- ODA, T., UCHIDA, K., MORI, A., MINE, M., ESHITA, Y., KUROKAWA, K., KATO, K. & TAHARA, H. 1999. Effects of high temperature on the emergence and survival of adult *Culex pipiens molestus* and *Culex quinquefasciatus* in Japan. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15(2): 153-156.
- OMARDEEN, T.A. 1957. The behavior of larvae and pupae of *Aedes aegypti* (L.) in light and temperature gradients. *Bull. Ent. Res.* 48: 349-357.
- REISEN, W.K. 1995. Effect of temperature on *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) from the Coachella and San Joaquin Valleys of California. *J. Med. Ent.* 32(5): 636-645.
- RUEDA, L.M., PATEL, K.J., AXTELL, R.C. & STINNER, R.E. 1990. Temperature-dependant development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.* 27(5): 892-898.

- SANDERSON, E.D. 1910. The relation of temperature to the growth of insects. *J. Econ. Ent.* 3: 113-139.
- SIEGEL, J.P., NOVAK, R.J. & RUESINK, W.G. 1994. Relationship between wing length and dry weight of mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 10(2): 186-196.
- TAUTHONG, P. & BRUST, T.A. 1977. The effect of temperature on the development and survival of two populations of *Aedes campestris* Dyar and Knab (Diptera: Culicidae). *Can. J. Zool.* 55: 135-137.
- TRPIS, M. & HORSFALL, W.R. 1969. Development of *Aedes sticticus* (Meigen) in relation to temperature, diet, density and depth. *Ann. Zool. Fennici.* 6: 156-160.
- TRPIS, M. & SHEMANCHUK, J.A. 1970. Effect of constant temperature on the larval development of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *Can. Ent.* 102: 1048-1051.
- TUN-LIN, W., BURKOT, T.R. & KAY, B.H. 2000. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med. Vet. Ent.* 14: 31-37.
- VAN DER LINDE, T.C.DE K. 1984. Aspekte van die algemene biologie van *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Ph.D-proefskrif, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.*
- VAN DER LINDE, T.C. DE K. 1991. The influence of constant temperature on the development and survival of the immature stages of *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 54(2): 141-153.

Hoofstuk 8

Algemene Slotbeskouing



Slotbeskouing

Aedes juppi McIntosh was die volopste muskietspesie in die Bloemfontein-stedelike omgewing gevolg deur *Culex theileri* Theobald, nieteenstaande die feit dat uiterste temperature, lae reënval en hoë versadigingstekorte kenmerkende weerkundige parameters van hierdie gebied is. Daar is gevind dat geeneen van die weerkundige parameters uitgesonder kon word nie, aangesien 'n kombinasie van hierdie faktore 'n rol gespeel het in die verspreiding en seisoenale fluktuasies van die muskietspesies. Die larwes van die *Culex* spp. het hoofsaaklik in die nie-standhoudende gronddamme voorgekom terwyl geen van die *Aedes* spp. in die gronddamme versamel is nie. Laasgenoemde genus was dus hoofsaaklik afhanklik van harde reënbuie en donderstorms vir die vorming van tydelike poele wat die onderdompeling van die eiers moontlik gemaak het.

Ae. aegypti is tydens 1996 vir die eerste keer in ligvalle in die Bloemfontein-omgewing aangetref en is tot en met 1998 steeds versamel, hoewel in baie klein getalle. Die voorkoms van *Ae. aegypti* in die Vrystaat, is baie ongewoon en die vermoede het bestaan dat hierdie spesie moontlik permanent in die Vrystaat gevestig kon raak. Vanweë die lae voorkoms van hierdie spesie in die veld, kon veldmateriaal nie vir die vestiging van 'n laboratoriumkolonie gebruik word nie en is eiers van hierdie spesie vanaf Durban verkry. Verskeie laboratorium studies oor die bio-ekologie van *Ae. aegypti* is uitgevoer.

Verskillende bloedmaalbronne o.a. duiwe en witrotte is vir bloedvoeding gebruik. Die duiwe is as die geskikste bron gevind aangesien hulle vir lang periodes geïmobiliseer kon word. Daarteenoor was bloedvoeding op die rotte baie onsuksesvol, omdat die rotte nie sonder narkosemiddels geïmobiliseer kon word nie en die muskietwyfies verhinder is om bloed in te neem.

Verskeie watertipes en houers is vir eierlegging gebruik. Daar is gevind dat die wyfies 'n 0,02M NaCl-oplossing, waarby 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is, vir

eierlegging verkies. Alhoewel die larwes van hierdie spesie instaat is om suksesvol in water waarvan die organiese inhoud redelik hoog is, te kan ontwikkel, het die wyfies hierdie water as eierleggingshabitat vermy. Optimum eierlegging het plaasgevind op stroke absorberende handdoekpapier wat in swart houers, gevul met ongeveer 300ml 0,02M NaCl-oplossing geplaas is. Eierlegging het ook in houers met 'n wit agtergrond plaasgevind, maar betekenisvol minder eiers is geproduseer. Daar is gevind dat die eiers van *Ae. aegypti* na eierlegging vir 'n minimum tydperk van vier dae by 'n temperatuur van 25°C en 'n relatiewe humiditeit van > 68% moes uitdroog voordat uitbroeiing plaasgevind het. Die eiers van hierdie spesie is droogte bestand en het na ongeveer twee maande van uitdroging by bogenoemde toestande, steeds suksesvol uitgebroei.

Die volwassenes het suksesvol op 'n 7% rietsuikeroplossing gevoed en wyfies het 'n gemiddelde leeftyd van 30 dae gehad. Daar is gevind dat die wyfies van verskeie vrugtesoorte, as koolhidraatbron gebruik kon maak, maar die bloedvoeding- en eierleggingsukses asook die oorlewing van die wyfies het betekenisvol afgeneem teenoor wyfies wat van rietsuiker voorsien is. Die wyfies van hierdie spesie is instaat om in die afwesigheid van koolhidrate in hul dieet, slegs van die proteiene, afkomstig vanuit die bloedmale, te kan oorleef. Hierdie verskynsel word egter net aangetref by wyfies wat toegang het tot gereelde bloedmale binne dieselfde eierleggingsiklus. Laasgenoemde word dus as 'n oorlewingstrategie deur die wyfies gebruik waar koolhidrate in die vorm van nektar of vrugtesap, moeilik bekombaar is in die natuur.

Verskeie NaCl-konsentrasies is as ontwikkelingsmedium vir die onvolwassestadia gebruik. Die larwes van *Ae. aegypti* is instaat om suksesvol tot volwassenheid te ontwikkel in gedistilleerde water asook oplossings waarvan die NaCl-inhoud baie laag was. NaCl-oplossings met 'n konsentrasie van 0,01M - 0,02M is as die optimum soutkonsentrasie vir larwale groei en oorlewing gevind. Namate die soutkonsentrasie verhoog het, het 'n toename in die gemiddelde ontwikkelingstyd van die onvolwassenes voorgekom. Larwale groei is betekenisvol gestrem by soutkonsentrasies bokant 0,08M NaCl. Die kleinste vierde instar larwes, gebaseer op

die gemiddelde kopkapsulebreedtes, het by hierdie konsentrasies voorgekom. Larwale oorlewing het betekenisvol afgeneem namate die soutkonsentrasies verhoog het. Dit wil dus voorkom asof mensgemaakte strukture soos veesuipkrippe, wat voortdurend van vars water voorsien word, asook strukture soos binnebande, leë blikke en dromme, waarvan die waterinhoud oor baie min soute beskik, as uiters geskikte eierleggings- en larwale habitats kan dien.

Die onvolwasse stadia van *Ae. aegypti* is aan verskeie konstante temperature blootgestel. Konstante temperature so laag as 15°C het 'n gemiddelde oorlewingsyfer van 52% tot gevolg gehad teenoor 'n temperatuur van 35°C wat 'n oorlewingsyfer van 81% getoon het. Die optimum temperatuur vir hierdie spesie was 30°C. Daarby kan die larwes van *Ae. aegypti* baie lae temperature oorleef, mits hulle geleidelik daaraan blootgestel word. Dit is dus moontlik dat strukture waarvan die watertemperatuur bedags so hoog as 35°C styg en snag so laag as 0°C daal, die larwes van hierdie spesie suksesvol sal kan onderhou aangesien konstante lae en hoë temperature nie voortdurend in die houers voorkom nie. Die oorlewingsyfer van die larwes kan dus verhoog mits hulle nie vir onbepaalde tye aan baie lae of hoë temperature blootgestel word nie. Daarby is die lewensiklus van *Ae. aegypti* taamlik kort, met 'n gemiddelde ontwikkelings tyd van 9,6 dae en 'n oorlewingsyfer van 89,6% by 'n temperatuur van 30°C.

Uit die huidige studie wil dit dus voorkom asof *Ae. aegypti* wel oor die vermoë beskik om by die omgewingstoestande van die Vrystaat aan te pas. Hiermee saam kan die voorkoms van swaar donderbuie en 'n hoë reënval, wat van tyd tot tyd in die Vrystaat voorkom, die immigrasie van hierdie spesie vanaf die normale verspreidingsgebied bevoordeel. Hoewel die spesie dus in die Vrystaat kan vestig word dit betwyfel of dit ooit plaagstatus sal bereik. Die vektorpotensiaal van *Ae. aegypti* maak dit egter 'n baie belangrike muskietspesie aangesien dit beide Geelkoors en Dengue aan die mens kan oordra. Hoewel Geelkoors nie in Suid-Afrika voorkom nie, bly *Ae. aegypti* steeds 'n potensiële vektor vir die oordraging van Dengue aangesien laasgenoemde virussiekte wel vantevore in Suid-Afrika gerapporteer is. Die voorkoms en verspreiding van *Ae.*

aegypti in die Vrystaat behoort dus in die toekoms noukeurig dopgehou te word en toetse vir moontlike virusoordraging behoort ook uitgevoer te word.

Hoofstuk 9

Algemene Opsomming



Opsomming

1. Aangesien sommige muskietspesies tydens periodes met 'n hoë reënval tydelik vanaf ander streke in die land immigrer en moontlik kan bydrae tot die oordraging van arbovirusse in die westelike Vrystaat, is besluit om die spesieverskeidenheid, volopheid en seisoenale fluktuasies van muskiete in hierdie gebied met behulp van lokvalopnames te bepaal.

2. Twee weeklikse versameling van beide volwasse en onvolwasse muskiete is vanaf 1996 tot 1998 by die Dam van Trane, Nasionale Botaniese Tuin, Vallei van Sewe Damme en die Ponieklubdam in die Bloemfontein-omgewing uitgevoer. Tydens hierdie tydperk is tien muskietspesies gevind waarvan een nl. *Aedes aegypti* (Linnaeus) vir die eerste keer in die Bloemfontein-omgewing gerapporteer is. *Aedes juppi* McIntosh was die dominantste spesie en het 36,6% van die totale vangs uitgemaak, gevolg deur *Culex theileri* Theobald (32,4%). Met behulp van die klimatologiese veranderlikes nl. temperatuur, reënval en relatiewe humiditeit is gepoog om die volopheid van die sewe dominante spesies nl. *Aedes juppi*, *Culex theileri*, *Culex quinquefasciatus*, *Culex univittatus*, *Anopheles squamosus*, *Aedes unidentatus* en *Culiseta longiareolata* te verklaar en is tot die slotsom gekom dat 'n kombinasie van temperatuur, reënval en versadigingstekort 'n aansienlike invloed het op die seisoenale fluktuasies en volopheid van hierdie spesies.

3. 'n *Aedes aegypti*-kolonie is in die laboratorium gevestig. Laboratoriumeksperimente het gelei tot die vasstelling van die volgende telingsprosedure: Volwasse individue is by $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en $\pm 70\%$ relatiewe humiditeit aangehou met 'n dag-nagsiklus van 12 uur lig en 12 uur donkerte wat een uur oggend en een uur aandskemering ingesluit het. Voeding het bestaan uit 7% suikerwater en duifbloed as bron van proteïene. Optimum eierlegging het plaasgevind op stroke wit handdoekpapier wat in swart plastiekhouders, gevul met 300ml 0,02M NaCl-oplossing waarby 'n klein hoeveelheid larwevoedsel gevoeg is, geplaas is. Die eiers is vir 'n

tydperk van agt dae by 'n temperatuur van 25°C en 'n relatiewe humiditeit van >68% gedroog. Larwale ontwikkeling het in teelpanne gevul met 0,02M NaCl-oplossing in teelkamers met 'n temperatuur van 25°C ± 1°C plaasgevind. Die larwes is gevoed met 'n mengsel van brouersgis en babagraankos.

4. Eierlegging het hoofsaaklik gedurende die dag plaasgevind. 'n 0,02M NaCl-oplossing en 'n donker agtergrond is die geskikste gevind vir eierlegging. Water waarvan die organiese inhoud, vanweë die ophoping van larwevoedsel en larwe afvalstowwe, te hoog geraak het, is deur die wyfies vermy.

5. Koolhidrate speel 'n belangrike rol in die bloedvoeding- en eierleggingsukses asook die oorlewing van die wyfies. Vrugtesuikers lei tot 'n afname in die aantal wyfies wat 'n bloedmaal neem teenoor wyfies wat op rietsuiker gevoed het. Rietsuikergevoede wyfies het betekenisvol meer eiers per wyfie gelê in vergelyking met wyfies wat op vrugte gevoed het. Die uitbroeisukses van eiers gelê deur wyfies wat op rietsuiker gevoed het, is betekenisvol hoër in vergelyking met die wat deur wyfies gelê is wat slegs op vrugte gevoed het. Die oorlewing van die wyfies is positief beïnvloed deur die teenwoordigheid van rietsuiker in die dieet teenoor die veel swakker oorlewing van wyfies wat op vrugte gevoed het. Die wyfies van hierdie spesie kan sonder koolhidrate in die dieet klaarkom deur grootliks net van die proteïene, afkomstig vanuit bloedmale, gebruik te maak vir oorlewing indien hulle toegang het tot gereelde bloedmale binne dieselfde eierleggingsiklus.

6. Gedistilleerde water en water waarvan die soutkonsentrasie baie laag is, word suksesvol vir groei, ontwikkeling en oorlewing benut. Larwale groei word betekenisvol gestrem in soutoplossings bokant 0,08M. Hierdie waarneming word gebaseer op die kleiner kopkapsulebreedtes wat by hierdie konsentrasies gemeet is. Larwale oorlewing word negatief beïnvloed deur konsentrasies hoër as 0,12M NaCl. Larwale groei en oorlewing bereik 'n optimum by soutkonsentrasies van 0,01M tot 0,02M. Die grootste volwassenes, volgens die gemiddelde vlerklengte en droëmassa, word by hierdie twee soutkonsentrasies aangetref.

7. Geen larwale ontwikkeling het by 10°C voorgekom nie. Die optimum ontwikkelingstemperatuur was 30°C. Die ontwikkelingsnulpunt vir *Ae. aegypti* is in die huidige studie op 5,9°C vasgestel. Temperature so hoog as 35°C het steeds 'n oorlewingsyfer van 80% getoon. By temperature bokant 36°C het larwale oorlewing skerp gedaal.

