



HET EFFECT VAN VERSCHILLENDE OMGEVINGSTEMPERATUREN OP DE MEELTORPOP

Afstudeerwerkstuk

Middelkoop, Joël van
3026075@aeres.nl

Onderzoeksrapport

Het effect van verschillende omgevingstemperaturen op de meeltorpop

Opdrachtgevers: Maatschap Haaring BV., Winsect BV. & Aeres hogeschool Dronten

Auteurs: Joël van Middelkoop

Klas: 4DVA

Studierichting: Dier- en veehouderij

Module: AAFW

Jaar: 2022/2023

Datum: 13-4-2023

Plaats: Aalten



Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk richt zich op een onderzoek naar de effecten van verschillende omgevingstemperaturen voor de meeltorpop. Het afstudeerwerkstuk is opgesteld door middel van een literatuurstudie om te bepalen waarom het belangrijk is en wat er al bekend is gevolgd door een onderzoek.

Het praktijkonderzoek heeft plaatsgevonden bij insectenkweker Winsect in Barlo. Dit is uitgevoerd in samenwerking met de Aeres Hogeschool Dronten, de opdrachtgever van dit rapport/ onderzoek. Winsect heeft de proefdieren en de locatie voorzien, Aeres Hogeschool heeft broedmachines ter beschikking gesteld.

Het rapport is bedoeld om insectenkwekers en geïnteresseerden in insecten of thuiskweek een handgreep te geven bij het bepalen van het juiste klimaat voor een deel van de kweek van de meeltorren.

Bij deze wil ik graag de gelegenheid nemen om de eerdergenoemde bedrijven te bedanken. Daarnaast wil ik in het bijzonder M. Haaring, J. van Beekhuizen, S. Lourens en L. Star bedanken voor de ondersteuning en hulp bij het opstellen van het rapport en onderzoek.

Joël van Middelkoop

Aalten, 12-4-2023

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door studenten van Aeres Hogeschool als onderdeel van hun opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	4
Summary	5
1. Inleiding	6
1.1 Het eten van insecten.....	6
1.2 Het belang van eten van insecten	6
1.3 De insectensector	7
1.4 De meelworm	8
1.5 De kweek van meelwormen	8
1.6 De meeltorpop	9
1.7 Hoofdvraag en deelvragen	10
1.8 Doelstelling.....	10
2. Materiaal en methode.....	11
2.1 De poppen	11
2.2 De methode	11
2.3 Data-analyse	11
3. Resultaten.....	13
3.1 Sterftepercentage.....	13
3.2 Duur Cyclus.....	14
3.3 Niet ontpopt	15
4. Discussie en conclusie	16
4.1 Verloop onderzoek	16
4.2 Discussie en conclusie sterftepercentage	16
4.3 Discussie en conclusie duur cyclus	17
4.4 Discussie en conclusie niet ontpoppen	18
4.5 Beantwoording hoofdvraag.....	18
5. Aanbeveling	19
Verwijzingen	20
Bijlagen	23

Samenvatting

Een van de grootste vraagstukken voor de wereldbevolking van de komende jaren is voedsel. De wereldbevolking groeit gestaag door, de toenemende welvaart zal de vraag naar eiwit verhogen, de vraag naar voedsel zal tegen 2050 verdriedubbeld zijn. Daarbij mag het klimaat niet verder belast worden en moet de broeikasemissie flink dalen. Dit betekent dat er geëxploreerd wordt naar andere voedselbronnen. Een veelbelovende bron zijn de insecten vanwege hun laagdrempelige behoeften, hoge eiwitgehalten en hoge voedslefficiëntie. Samen met de black soldier fly, sprinkhanen en krekels is de meelworm een van de meest veelbelovende opties. Dit komt vanwege de goede voedingseigenschappen en de hoge aanvankelijke acceptatie bij mensen als voedingsbron.

Dit zorgt ervoor dat er veel ontwikkeling en onderzoek gebeurt in de insectensector, er wordt volop geïnvesteerd in deze sector. Insectenkweker Winsect is bezig met het seksen, apart houden en kweken van de meeltor-pop. Hierdoor is het van waarde om te weten wat de effecten van verschillende klimaat variabelen zijn op deze meeltor-pop, zodat er gekozen kan worden voor een optimaal klimaat. Dit onderzoek richt zich op de klimaat variabele omgevingstemperatuur met behulp van de volgende hoofd- en deelvragen:

Dit onderzoek moet de volgende hoofdvraag beantwoorden; **Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de hele cyclus van de meeltorpop (*Tenebrio Molitor*) op het sterftepercentage in deze periode en de duur van de periode van poppen tot ontpoppen?** Deze hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de hele cyclus van de meeltorpop op het overlevingspercentage?
- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de cyclus van de meeltorpop op de duur van deze cyclus van poppen tot ontpoppen?
- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de cyclus van de meeltorpop op het aantal poppen dat na drie weken nog niet ontpopt is?

Het onderzoek is uitgevoerd met 3600 meeltor-poppen. Deze zijn over broedmachines verdeeld met drie verschillende omgevingstemperaturen, elk verdeeld in zes herhalingen. Het onderzoek duurde drie weken. De gegevens zijn verzameld en met JASP statistisch vergeleken om de bovenstaande deelvragen te beantwoorden.

Uit het literatuuronderzoek bleek dat 31 graden zorgt voor de snelste groei bij meelwormen. Uit dit praktijkonderzoek blijkt dat ten opzichte van lagere temperaturen, deze temperatuur ook zorgt voor de snelste cyclus van de meeltorpop, oftewel het minst aantal dagen van het moment van poppen tot ontpoppen. Dit duurde gemiddeld zes dagen bij deze temperatuur, terwijl dit bij 28 graden zeven dagen en bij 25 graden negen dagen betrof. Anderzijds hielden deze lagere temperaturen ook verband met lagere sterftepercentages. Waar bij 31 graden 53% van de meeltorpoppen stierf, was dit bij 28 graden 47% en bij 25 graden 32%.

Summary

One of the biggest issues facing the world's population in the coming years is food. The world population continues to grow steadily and increasing prosperity will increase the demand for protein this causes the demand for food to triple by 2050. At the same time, the climate must not be burdened any further and greenhouse emissions must decrease significantly. This means that other novel food sources are being explored, a promising source being insects because of their low needs, high protein content and food efficiency. Along with the black soldier fly, grasshoppers and crickets, the mealworm is one of the most promising options because of its good nutritional properties and high initial acceptance among humans as a food source.

This ensures that a lot of development and research is happening in the insect sector; there is plenty of investment in this sector. Insect breeder Winsect is in the process of sexing and separately rearing the mealworm pupa. This increases value of knowledge about the effects of different climate variables on this mealworm pupa so that optimal climate can be chosen by rearers. This research focuses on the climate variable; ambient temperature, using the following main and sub-questions:

This research should answer the following main question; **What is the influence of ambient temperature throughout the cycle of the mealworm pupa (*Tenebrio Molitor*) on the mortality rate during this period and the duration of the period from pupating to emerging into a beetle?** This main question is answered using the following sub-questions:

- What is the influence of ambient temperature throughout the cycle of the mealworm pupa on the survival rate?
- What is the influence of ambient temperature during the cycle of the mealworm pupa on the duration of this cycle from pupating to emerging into a beetle?
- What is the influence of ambient temperature during the cycle of the mealworm pupa on the number of pupae that have not yet emerged into beetles after three weeks?

The study was conducted with 3600 mealworm pupae reared in incubators under the influence of three different environmental temperatures each divided into six replicates. The study lasted three weeks and the data were collected and statistically compared with JASP to answer the sub-questions.

The literature review showed that 31 degrees provides the fastest growth for mealworms. This study showed that compared to lower temperatures, this temperature also provides the fastest cycle for the mealworm pupa, or the least number of days from pupation to hatching, this took an average of six days while at 28 degrees it was seven days and at 25 degrees it was nine days. On the other hand, these lower temperatures were also related to lower mortality rates. At 31 degrees 53% of the mealworm pupae died while this was 47% at 28 degrees and only 32% at 25 degrees.

1. Inleiding

1.1 Het eten van insecten

Wereldwijd worden al door veel mensen insecten gegeten, met name in Afrika en Azië hebben insecten een hoog aandeel in het dieet van de bevolking. De westerse bevolking gruwet nog van het idee van insecten eten, en denken dat dit in Azië en Afrika enkel als overlevingsstrategie gebruikt wordt, echter is dit een misconceptie. Insecten zijn daar een normaal gewaardeerd onderdeel van het voedselpakket. Doordat de westerse wereld tot op heden weinig tot geen aandacht had voor deze voedselbron heeft deze in vergelijking tot andere voedselbronnen als vlees en groenten weinig innovatie doorgemaakt en heeft het ook te weinig aandacht gekregen bij programma's die streven naar het zelfstandig maken en zorgen voor voedingszekerheid in ontwikkelingslanden. Een van de redenen dat in het westen raar naar entomofagie (het eten van insecten) gekeken wordt is het van vroeger uit al weinige voorkomen van eetbare insecten, waar dit in de tropen juist tegenovergesteld was/is. Dit is jammer want er zijn wereldwijd meer dan genoeg insecten die smaak en kraak aan ons eten kunnen geven (van Huis, 2019).

Zoals eerdergenoemd worden in de westerse landen nog maar weinig insecten gegeten onder andere doordat hier vroeger in verhouding maar weinig eetbare insecten waren. Echter is er nog een andere reden waardoor het hier vervolgens nooit aan heeft kunnen slaan, de wet- en regelgeving is er nog niet op aangepast. Er is geen algemene regelgeving op gebied van veiligheid, goedkeuringen en controle hiervan zoals dat er bijvoorbeeld voor de veehouderij wel is. Vroeger werden insecten nog helemaal niet toegelaten, hierdoor werd er ook nauwelijks in geïnvesteerd, tot in 2005 de insecten onder de nieuwe novel food regelgeving viel, dit bood ineens kansen voor de sector. Hoewel nu alle kwekers of toekomstige kwekers een voor een gekeurd worden door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid(EFSA), wordt het al wel een stuk makkelijker, deze beoordeelt vervolgens via de Europese General Food Law in het Nederlands beter bekend als Algemene Levensmiddelen Verordening(ALV) of de producten op een veilige en verantwoorde manier geproduceerd worden, en of ze teruggeleid kunnen worden naar de herkomst (European Food Safety Commission, 2015).

Insecten hebben een erg hoge nutritionele waarde. Ze zijn rijk aan hoogwaardige eiwitten, vetten, essentiële aminozuren, vetzuren, mineralen en vitamines. Dit is lastig om precies in cijfers uit te drukken omdat er erg veel verschil zit tussen soorten insecten, levensstadia van het insect, omgeving, bereiding en analysemethoden (Rumpold & Schlüter, 2013). Het eiwitgehalte van insecten varieert van 7 tot 91% met een gemiddelde van ongeveer 60% kijkend naar de eetbare insecten. Uit onderzoek naar 5 verschillende insectensoorten blijkt dat dit hoogwaardige eiwitten zijn die vergelijkbaar zijn aan dierlijke eiwitten, dus ook in een dieet 1:1 weg te zetten zijn tegen bijvoorbeeld vlees (Yi, et al., 2013). Na het eiwitgehalte heeft het vetgehalte gemiddeld het hoogste aandeel in de eetbare insecten. Dit varieert van 13 tot 33% en ook hiervan zijn de vetzuren vergelijkbaar met die in vlees en zuivel (Rumpold & Schlüter, 2013). Een ander voordeel van dit vetgehalte is dat dit vooral kansen biedt voor de ontwikkelingslanden waar mensen vaker lijden onder een energietekort dan een eiwittekort (DeFoliart, 1992).

1.2 Het belang van eten van insecten

In de komende jaren zal de wereldbevolking flink doorstijgen, op dit moment (2022) zijn er 7,9 biljoen mensen op aarde, dit groeit naar verwachting door naar 8,5 biljoen in 2030 en 9,6 biljoen in 2050. Dit betekent dat er in de komende 28 jaar nog 21,5 procent meer mensen bij zullen komen (U.N. Department of Economic and Social Affairs, 2022). Dit betekent dat de vraag naar voedsel ook zal toenemen, hoewel dit in Europa geen probleem zal vormen, wordt bijvoorbeeld in Afrika door

een combinatie van een fors stijgende populatie en een welvaartsstijging die vraag naar voedsel tegen 2050 verdriedubbeld (Bodirsky, et al., 2015).

Echter is er met het huidige voedselproductiesysteem te weinig capaciteit of ruimte om aan deze voedselvraag te voldoen, hierdoor is het van belang om andere alternatieven te exploreren en op zoek te gaan naar een oplossing (Ritchie & Roser, 2019). Dit is waar insecten een belangrijke rol kunnen spelen. Jaarlijks wordt er 1.3 biljoen ton voedsel verspild, dit is 1/3^e van de totale voedselproductie (Gustavsson, Cederberg, & Sonneson, 2011). Insecten zijn uitermate geschikt om deze reststromen of verspilde voedselstromen om te zetten in hoogwaardige voedingsproducten. Hier wordt veel onderzoek naar gedaan en is ook nog veel onderzoek naar te doen, van het wel of niet terugvinden van verschillende schimmels en gifstoffen in de insecten tot de verschillen in samenstelling van de insecten bij verschillende soorten afval en reststromen (Sprangers, et al., 2016).

Daarnaast hebben de insecten nog een sterk punt. Er is in December 2015 een bindend klimaatakkoord ondertekend waarin staat dat de opwarming van de aarde beperkt moet worden tot 2 graden ten opzichte van het pre-industriële tijdperk. De grootste oorzaak van deze opwarming zijn broeikasgassen. Het huidige voedselproductiesysteem heeft een groot aandeel in de productie van deze broeikasgassen, dit zal in de komende jaren beperkt moeten worden (Eva Wollenberg, 2017). Uit onderzoek blijkt dat bij de productie van insecten ten opzichte van de productie van zuivel en vlees, per kilogram eetbaar eiwit, significant minder broeikasgassen worden geproduceerd. Als hierbij de lage grondbehoefte van insecten meegewogen wordt en ervan uitgegaan wordt dat de grond die vrijkomt gebruikt wordt voor bos en stikstofbindende gewassen, kunnen insecten tot 100 keer beter zijn op gebied van klimaatverandering ten opzichte van rundvlees (Oonincx & de Boer, 2012).

1.3 De insectensector

De insectensector in Nederland is nog maar een jonge sector, het kweken van insecten voor dierlijke en humane voeding is vooral de afgelopen vijf jaar sterk in opkomst gekomen. Er wordt veel onderzoek gedaan naar mogelijkheden voor zowel de voeding als de productie van insecten. Hoewel er nog niet veel grootschalig geproduceerd wordt zijn er wel veel bedrijven die op de sector inzetten, in 2020 is het aantal kwekerijen van 31 naar 49 in Nederland gegroeid. Dit is in verhouding al een flinke toename. Echter staan de meeste bedrijven die hierop inzetten in de startblokken om heel snel grootschalig insecten te gaan produceren zodra de verderop benoemde obstakels deels of volledig opgeheven zullen worden. In het gunstigste scenario wordt zelfs gesproken van een mogelijkheid tot productie van 5 miljoen ton insecteneiwit in 2030 op Europees niveau (Thelosen, 2021).

De ontwikkelingen in de insectensector de afgelopen jaren richt zich vooral op het efficiënter maken van of ontwikkelen van nieuwe systemen voor de kweek van insecten (Berggren, Jansson, & Low, 2018). De invloeden van omgeving en voedsel op de groei en samenstelling van insecten (Coelho Jr, Reigada, Haddad, & Parra, 2016). En op de mogelijkheden voor verwerking tot eten en de toelating daarvan met oog op veiligheid (van der Fels-Klerx, 2018). Dit zijn ontwikkelingen die de schaalvergroting in de komende jaren zullen ondersteunen en voor meer mogelijkheden zullen zorgen.

Het feit dat de insectensector klaar staat voor een grote sprong, maar dit nog niet doet, heeft te maken met een aantal obstakels voor de sector. Het eerste obstakel is de voedselveiligheid het blijkt bijvoorbeeld uit recent onderzoek dat mensen die allergisch zijn voor schaal- en schelpdieren en huisstofmijten ook allergisch zijn voor een groot aantal insecten (Downs, Johnson, & Zeece, 2016). Ook blijkt dat de meeste insecten salmonella en listeria monocytogenes kunnen dragen maar zolang

hier rekening mee gehouden wordt bij de kweek en bewerking kunnen deze toch veilig gekweekt worden zonder risico voor de mens (Mancini, et al., 2019). Er is daarnaast ook nog weinig regelgeving over de streefwaarden van chemische middelen specifiek voor insecten, hier moet ook eerst aan gewerkt worden want insecten blijken soms zware metalen en chemische bestrijdingsmiddelen te bevatten van bijvoorbeeld onderdelen van het substraat die met chemische bestrijdingsmiddelen behandeld zijn (Houbraken, et al., 2016). Om een deel van deze risico's te verhelpen wordt er veel onderzoek gedaan naar verschillende bewerkings- en opslagmethoden voor insecten om met name de biologische risico's te verminderen en een goedkeuring door het EFSA te vereenvoudigen voor meerder manieren en insecten (Vandeweyer, Lenaerts, Callens, & Van Campenhout, 2016).

1.4 De meelworm

De meelworm is de larve van de meeltor (*Tenebrio Molitor*), de meeltor behoort tot de familie zwartlijven of Tenebrionidae en lijkt sterk op de moriokever en de buffalokever. De meeltor is wereldwijd bekend en te vinden. Hij is zowel goed als slecht bekend, aan de ene kant is het een plaagdier wat hele voorraden granen en voeding in huis kan bevuilen/ bederven, aan de andere kant is het een rijke veelzijdige voedselbron.

De meeltor doorgaat vier stadia gedurende de levenscyclus. Deze cyclus duurt in goede omstandigheden drie tot vier maanden. Te beginnen bij het ei, zodra deze gelegd wordt duurt het afhankelijk van de omstandigheden vier tot achttien dagen om uit te groeien tot een worm, zodra deze uit het ei komen zijn ze ongeveer 3 millimeter groot. Vervolgens doet de worm er bij optimale omstandigheden, acht tot tien weken over om te groeien tot een lengte van 3 centimeter, zodra de worm deze lengte bereikt begint de worm te verpoppen. De poppen doen er afhankelijk van de omstandigheden zes tot achttien dagen over om te ontpoppen tot kever. Een vrouwtjeskever is na vier dagen geslachtsrijp en zal bij aanwezigheid van geslachtsrijpe mannetjes dan beginnen met het leggen van bevruchte eitjes (Wikipedia, 2022).

De meelworm heeft een aantal voordelen waardoor deze aantrekkelijk is om te kweken. Het eerste grote voordeel is de gunstige nutritionele samenstelling en waarde van de meelworm. De meelworm heeft als larve een gemiddeld eiwitpercentage van 63%. Daarnaast hebben ze een gunstige vetzuurcompositie en langere strengen met onverzadigde vetzuren met dubbele en driedubbele bindingen wat bekend staat als een gezonde eigenschap (Ravzanaadii, Kim, Choi, Hong, & Kim, 2012). Het tweede voordeel van de meelworm is dat deze eenvoudiger te kweken zijn doordat de kevers niet vliegen en er hierdoor niet met dichte kooien of bakken gewerkt hoeft te worden, daarnaast kan het insect door zijn volledige cyclus op droog substraat leven waardoor er minder risico ontstaat op schimmels en plagen van andere insecten die wel een vochtig substraat nodig hebben.

Het andere voordeel van de meelworm is dat uit onderzoek blijkt dat zowel mensen die wel geregeld insecten eten als mensen die nog nooit insecten hebben gegeten, het meest bereid zijn om krekels, sprinkhanen en meelwormen te eten. Deze drie krijgen ruim de voorkeur vergeleken met de andere geteste insecten. Dus de aanvankelijke acceptatie zal bij meelwormen hoger zijn en er zal dus eerder een meer gunstige afzetmarkt voor meelwormen ten opzichte van andere insecten ontstaan (Fischer & Steenbekkers, 2018).

1.5 De kweek van meelwormen

Het kweken van meelwormen op de gangbare manier gaat met een bakjes-systeem waarbij de verschillende stadia van de meelworm in bakjes met een afmeting van 40x60x15cm gehouden worden, vanuit deze bakjes groeien ze, worden ze verzorgd en worden ze gesorteerd. Hier is op het moment nog veel handmatig werk voor nodig. De bakjes worden eerst met een bepaalde hoeveelheid substraat gevuld, vervolgens worden hier kevers in gedaan die een bepaalde periode tijd

krijgen om eieren in dit substraat te leggen. Na deze periode worden de kevers weer uit het bakje verwijderd en kunnen de eieren uitgroeien tot wormen, vanaf de periode dat de eieren uitkomen moeten deze bakjes dagelijks voorzien worden van vocht, meestal door middel van wortels te voeren, tot de meelwormen uiteindelijk uitgegroeid zijn tot de gewenste grootte. Als ze deze grootte bereikt hebben worden ze gezeefd om de wormen van het substraat en het frass (uitwerpselen) te scheiden en kunnen ze nog op grootte gesorteerd worden, vervolgens zijn ze klaar voor verkoop (Inagro, 2020).

Er worden grote stappen gemaakt in de ontwikkeling van deze kweeksystemen die zich vooral in twee richtingen splitst. De eerste richting is het kweken van meelwormen in deze zelfde bakjes met behulp van een automatisch pakhuis waarbij de bakjes automatisch naar het juiste station getransporteerd worden en de handelingen bij deze stations zoveel mogelijk met behulp van automatisering/ robotisering gebeuren. Denk bijvoorbeeld aan het voeren van wortels, verplaatsen van kevers en zeven van de wormen (Godschalk, 2020). De andere richting is een systeem dat werkt met lopende banden, vergelijkbaar met de mestbanden die gebruikt worden in de pluimveehouderij. Hierbij wordt er substraat op de lopende band verdeeld en leggen de kevers eitjes in dit substraat. De handelingen die moeten gebeuren, gebeuren dan aan het einde van deze band, bijvoorbeeld met het sorteren wordt een deel van de wormen afgesplitst in bakjes voor verkoop en de rest van de wormen wordt met substraat weer op een andere band gedraaid, ook dit systeem is volledig te automatiseren (Nieuwe oogst, 2022).

Er wordt ook veel onderzoek gedaan naar de omstandigheden voor optimalisatie van de kweek van meelwormen. Er is bijvoorbeeld onderzocht wat de invloed van temperatuur is op de groei, samenstelling, assimilatie en energieomzetting bij meelwormen (Bjorge, Overgaard, Malte, Gianotten, & Heckmann, 2018). Daarnaast is er ook onderzoek dat de effecten van temperatuur en luchtvochtigheid op de meelworm combineert (Mirzaeva, Khujamshukurov, Zokirov, Soxibov, & Kuchkarova, 2020).

1.6 De meeltorpop

Naast groei en kweek zelf wordt onderzocht hoe de vermeerdering het meest efficiënt kan gebeuren. Daarbij wordt gekeken naar de hoeveelheid kevers per vierkante meter substraat voor eieren leggen en de duur dat ze op hetzelfde substraat moeten blijven en wat het optimum hierin is, daarbij wordt ook gekeken naar kannibalisme (het opeten van de eieren door andere kevers) en wat hier invloed op heeft (Deruytter, Coudron, & Teerlinck, 2019). In de praktijk is er al een oplossing voor dit kannibalisme, hierbij worden de kevers op gaas op het substraat geplaatst. Doordat de vrouwelijke meeltor een soort naald heeft waarmee ze haar eieren legt, worden deze eieren onder het gaas in het substraat gelegd waar de andere kevers vervolgens niet meer bij kunnen. Er is naast het opeten van de eieren nog een ander vorm van kannibalisme. Het komt vaak voor dat de wormen de poppen opeten bij dichtbevolkte populaties (Ichikawa & Kurauchi, 2009).

Een andere techniek waar nu aan gewerkt wordt maar nog geen officieel onderzoek naar is, is het seksen van de meeltorren. Hierdoor is er geen 50/50 verhouding van mannetjes en vrouwtjes in de bak maar kan ervoor gekozen worden dat de verhouding bijvoorbeeld 90/10 vrouwtjes en mannetjes zal zijn. Dit zal vermoedelijk voor meer rust bij de kevers zorgen door minder gejaag van de mannetjes wat kan leiden tot meer eitjes per vrouwtje. Dit zorgt ervoor dat er per hoeveelheid kevers meer eieren gelegd kunnen worden en minder eten verspillt wordt aan mannelijke kevers die geen toegevoegde waarde hebben. Dit seksen kan volgens Winsect het eenvoudigst in het popstadium.

Om zowel het kannibalisme te voorkomen als het seksen mogelijk te maken is het van belang om bij de populaties die beginnen te verpoppen regelmatig de poppen te separeren van de wormen. Bij de Achterhoekse meelwormkweker Winsect gebeurt dit al. Echter blijkt hier dat wanneer deze poppen onder dezelfde omstandigheden gehouden worden als de meelwormen, gemiddeld 40% van de poppen sterft voor het ontpoppen. Het is volgens hen van groot belang de effecten van klimaat te testen op specifiek de pop om erachter te komen of deze sterfte gereduceerd kan worden door de poppen in andere klimaatomstandigheden te bewaren. Als dit blijkt te helpen kan dit voor extra efficiëntie in de kweek zorgen. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken wat voor invloed dit heeft op de tijdsperiode tussen poppen en ontpoppen ook dit kan bijdragen aan de efficiëntie in de kweek. Hier is nog geen onderzoek naar gedaan en nog maar weinig over bekend.

Om het onderzoek af te bakenen zal dit onderzoek zich enkel richten op de klimaatvariabele temperatuur bij een gelijke luchtvochtigheid. Er moet onderzocht worden hoe de meeltorpop reageert op deze verschillende omgevingstemperaturen om kwekers inzicht te geven in de effecten hiervan. En deze te helpen bij het maken van een besluit over de klimaatinstellingen in de kweekruimte.

1.7 Hoofdvraag en deelvragen

Dit onderzoek moet de volgende hoofdvraag beantwoorden; **Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de hele cyclus van de meeltorpop (*Tenebrio Molitor*) op het sterftepercentage in deze periode en de duur van de periode van poppen tot ontpoppen?** Deze hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de hele cyclus van de meeltorpop op het overlevingspercentage?
- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de cyclus van de meeltorpop op de duur van deze cyclus van poppen tot ontpoppen?
- Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de cyclus van de meeltorpop op het aantal poppen dat na 3 weken nog niet ontpopt is?

1.8 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is een duidelijk antwoord geven over wat de effecten van verschillende omgevingstemperaturen voor de meeltorpop betekenen op gebied van tijdsduur en overlevingspercentage tijdens de kweek. Kwekers en enthousiastelingen kunnen aan de hand hiervan bepalen op wat voor temperatuur zij hun meeltorpoppen bewaren.

2. Materiaal en methode

2.1 De poppen

De poppen die gebruikt zijn voor dit onderzoek zijn poppen van de meeltor (*Tenebrio Molitor*). Deze poppen waren afkomstig van Winsect, de onderzoek/groepsgrootte bestond uit 18 herhalingen van elk 200 poppen. Deze poppen werden gemengd en in drie gelijke groepen op basis van hoeveelheid verdeeld. Door de groep die moest verpoppen 24 uur voor de aanvang van het onderzoek al een keer te sorteren is gegarandeerd dat de poppen van het onderzoek maximaal 24 uur geleden verpopt waren.

2.2 De methode

Voor het realiseren van drie verschillende temperaturen werden twee broedmachines gebruikt en een kast van dezelfde omvang voor een controlegroep. De ventilatie van de broedmachines werd volledig opengezet en er werd geen water toegevoegd, de kast had even grote ventilatieopeningen als de broedmachines. De poppen werden in insectenkweekbakken in de machines geplaatst op dezelfde hoogte om verschil in luchtstroming en ondergrond te voorkomen.

Daarna werden de eerdergenoemde drie groepen/behandelingen poppen verdeeld over elk zes bakken waardoor het experiment bestond uit achttien bakken. Dit werd gedaan om voor herhaling te zorgen zodat het mogelijk was met behulp van statistiek in de data-analyse een conclusie te trekken.

De broedmachines en de kast werden binnen in de kweekruimte gezet waardoor de kast een constante temperatuur van 25 graden had (de vaste temperatuur in de kweekruimte), en de beide broedmachines een temperatuur van 28 en 31 graden hadden. Er is voor deze drie temperaturen gekozen omdat uit onderzoek blijkt dat meelwormen zelf de meeste groei realiseren bij 31 graden, het is dan interessant om te kijken of dit ook positief effect heeft op de pop en wat er bij een lagere temperatuur gebeurt (Bjorge, Overgaard, Malte, Gianotten, & Heckmann, 2018). Doordat de ventilatie open werd gelaten en er geen water werd toegevoegd waren de luchtvochtigheid en het lichtniveau voor de drie groepen gelijk gedurende de proef, het is in de kweekruimte donker en de luchtvochtigheid werd gereguleerd en bleef tussen de 50 en 55%. Vervolgens werd dagelijks gemonitord wat er gebeurde in de kasten en of er poppen stierven of ontpopten. De ontpopte kevers werden per groep dagelijks geteld en verwijderd, de dode poppen werden aan het eind van de proef geteld. De proef heeft drie weken geduurd zodat de poppen ruim de tijd kregen om te ontpoppen.

2.3 Data-analyse

De hoofd en deelvragen werden beantwoord door de gegevens van de hierboven omschreven proef naast elkaar te leggen en met behulp van statistiek te vergelijken. De gegevens werden verzameld in een Excel-bestand(database). De database werd opgebouwd uit de drie verschillende behandelingen met elk een andere omgevingstemperatuur. Per verschillende variatie waren er zoals eerdergenoemd zes herhalingen, dit was de volledige populatie en deze bestond uit 200 poppen per herhaling, 3600 poppen in totaal. De onderzoekseenheid was de meeltor pop (*Tenebrio Molitor*). Voor elke herhaling werden de variabelen genoteerd in de database. Deze bestond uit een lijst met de volgende variabelen; hoeveelheid poppen aan het begin, datums waarin de hoeveelheid ontpopte poppen per datum weergegeven wordt met een interval van één dag, het aantal gestorven poppen en tot slot het aantal poppen dat niet was uitgekomen na drie weken maar nog wel in leven was.

Tot slot werden de deelvragen over het sterftepercentage en het percentage na drie weken niet ontpopt beantwoord met behulp van een ANOVA-toets omdat het bij deze twee vragen om variabelen ging met variabelen op rationiveau. Bij de vraag over de duur van de cyclus werd er een S-grafiek opgesteld om deze gegevens ook statistisch te kunnen vergelijken, werd er per herhaling

genoteerd wanneer de helft van de uiteindelijk totaal ontpopte poppen uitgekomen was om deze als gemiddelden met behulp van een ANOVA-toets te kunnen vergelijken, dit werd gedaan omdat dit ook nuttige informatie kan bieden in de praktijk.

3. Resultaten

De verzamelde gegevens zijn in een Excel-bestand verwerkt. In dit Excel-bestand staat de ruwe verzamelde data, deze is terug te vinden in de bijlagen als bijlage 3. Het verzamelen van de gegevens verliep zoals omschreven in het hoofdstuk materiaal en methode, uiteindelijk zijn er 200 poppen per bak/ herhaling gebruikt. Opvallend was dat er na de proef geen enkele pop meer was die nog moest ontpoppen, enkel nog dode poppen.

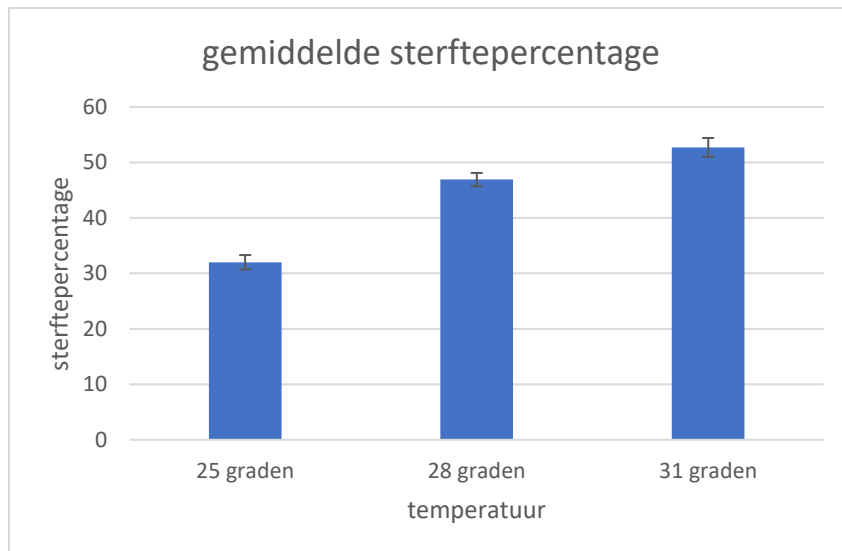
3.1 Sterftepercentage

In Tabel 1 is het aantal gestorven poppen met het berekende sterftepercentage per herhaling weergegeven. Hierin is te zien dat het sterftepercentage varieert van 30,5% tot 54,5% waarbij het lijkt dat bij lagere temperaturen het sterftepercentage lager ligt dan bij hogere temperaturen. Het sterftepercentage bij een temperatuur van 25 graden varieert van 30,5% tot en met 33,5%, bij 28 graden varieert dit sterftepercentage tussen de 45,5% en 48% en bij 31 graden varieert het sterftepercentage tussen 50,5% en 54,5%.

Tabel 1, Sterftepercentage

Herhaling	Temp Celsius	Sterftepercentage
A1	25	30,5
A2	25	33,5
A3	25	31
A4	25	33,5
A5	25	32,5
A6	25	31
B1	28	45,5
B2	28	48
B3	28	47,5
B4	28	45,5
B5	28	48
B6	28	47
C1	31	52
C2	31	54
C3	31	51
C4	31	54
C5	31	54,5
C6	31	50,5

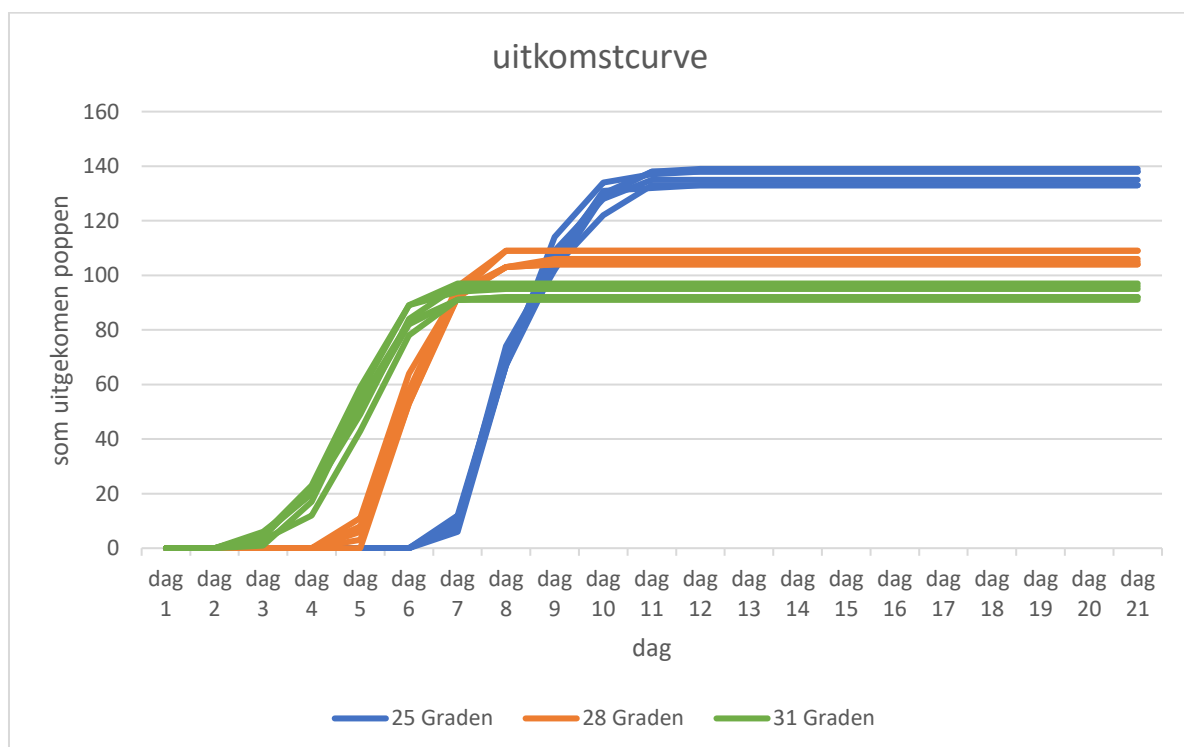
De gegevens weergegeven in tabel 1 zijn met behulp van een ANOVA-toets vergeleken, zowel in het geheel als onderling met een Tukey Post Hoc test. De resultaten die hieruit kwamen zijn weergegeven in de bijlagen als bijlage 3. Met behulp van deze gegevens zijn de kolommen in figuur 1 opgesteld. Deze kolommen weergeven de gemiddelden van de herhalingen per temperatuur en de daarbij behorende standaarddeviatie. De gemiddelden met de standaarddeviatie waren per temperatuur als volgt: Bij 25 graden was het gemiddelde sterftepercentage 32 procent met een standaarddeviatie van 1,3 procent, bij 28 graden was het gemiddelde sterftepercentage 46,9 procent met een standaarddeviatie van 1,2 procent en bij 31 graden was het gemiddelde sterftepercentage 52,7 procent met een standaarddeviatie van 1,7 procent.



Figuur 1, kolommen sterftepercentage met standaarddeviatie

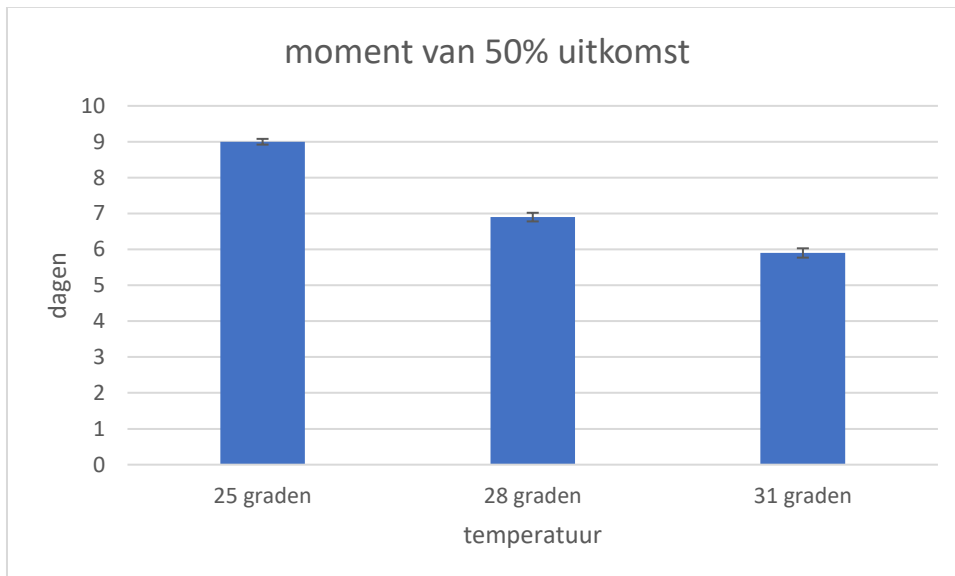
3.2 Duur Cyclus

Om overzichtelijk weer te geven wat de resultaten waren van de uitkomsttijd is er een S-grafiek opgesteld. Hierin hebben de herhalingen per temperatuur een aparte kleur gekregen zie hiervoor de legenda. De gegevens zijn per herhaling per dag opgeteld en tegenover de dagen in de grafiek gezet. Deze grafiek is weergegeven in figuur 2. De eerste poppen ontpopten na 3 dagen bij een temperatuur van 31 graden, de laatste poppen in deze groep ontpopten op dag 8. Bij een temperatuur van 28 graden ontpopten de eerste poppen op dag 5 en de laatste op dag 9 en bij een temperatuur van 25 graden ontpopten de eerste poppen op dag 7 en de laatste op dag 12. Na dag 12 is er over de gehele proef geen enkele pop meer ontpopt.



Figuur 2, uitkomstcurve per temperatuur

Om naast de grafiek in figuur 2 de gegevens van deze proef ook statistisch met elkaar te kunnen vergelijken, is ervoor gekozen om per herhaling het moment te berekenen waarop 50% van de poppen ontpopt is ten opzichte van het uiteindelijke totaal aantal ontpopte poppen van die bak. Deze gegevens zijn vervolgens met een ANOVA-toets vergeleken. Dit leidde tot de gegevens weergegeven in bijlage 4, om dit overzichtelijk te visualiseren zijn de gemiddelden per temperatuur weergegeven in kolommen met de daar bij behorende standaarddeviatie in figuur 3. De gemiddelden met de standaarddeviatie waren per temperatuur als volgt. Bij 25 graden was de helft uitgekomen na 9 dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen, bij 28 graden was de helft na 6,9 dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen uitgekomen en bij 31 graden was dit na 5,9 dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen.



Figuur 3, moment van 50% uitkomst met standaarddeviatie

3.3 Niet ontpopt

Zoals bij de resultaten onder het kopje duur cyclus al benoemd is, ontpopte er na 12 dagen bij geen van de herhalingen nog een pop. Na 21 dagen waren er geen levende poppen meer aanwezig in de hele proef.

4. Discussie en conclusie

Het doel van dit onderzoek was het duidelijk antwoord geven op de vraag: wat de effecten van verschillende omgevingstemperaturen voor de meeltorpop betekenen op gebied van tijdsduur en sterftepercentage tijdens de kweek. Uit de resultaten blijkt dat er wel duidelijke verbanden zijn.

4.1 Verloop onderzoek

Het onderzoek is nu uitgevoerd met twee broedmachines en een kast om de omstandigheden in de broedmachines na te bootsen. Hoewel ernaar gestreefd is de omstandigheden zo goed mogelijk na te bootsen door gelijke dimensies te gebruiken zou dit alsnog effect kunnen hebben door bijvoorbeeld verschillen in het gebruikte materiaal van de kast. Voor een volgend onderzoek zou ervoor gekozen kunnen worden drie dezelfde broedmachines te gebruiken of de proef in tweevoud te doen met een betrouwbare en valide manier van herhaling. Een ander belangrijk punt was dat het gebruikte substraat waar de poppen in gelegd werden, achteraf besmet bleek met eitjes van motten en spekkevers, waardoor er aan het einde van de proef ook een aantal spekkever larven en motten in de kasten aanwezig waren. Doordat overall dezelfde hoeveelheid homogeen substraat gebruikt is, zat er geen verschil in de hoeveelheid/ aanwezigheid van deze andere insecten, echter zou het wel zo kunnen zijn dat deze met verschillende temperaturen ook een verschillende mate van concurrentie vormen in de kweekbakken/ kasten. Om dit uit te sluiten zou in een vervolgonderzoek gegarandeerd moeten worden dat er schoon substraat gebruikt wordt. Tot slot is het de vraag wat eventueel de invloed van de andere omgevingsvariabelen zouden kunnen zijn op de huidige resultaten met de huidige geteste temperaturen. Zou het bijvoorbeeld kunnen zijn dat bij een hogere temperatuur een hogere luchtvochtigheid van belang is vanwege de hogere verdamping? Dit is interessant voor een vervolgonderzoek. De groepsgrootten en aantal herhalingen van dit onderzoek waren wel ruim toereikend. De spreiding tussen de herhalingen was minimaal en er zijn duidelijke significante verschillen uit de verschillende temperatuur groepen gekomen.



Figuur 4, dagverse poppen voor telling en selectie

4.2 Discussie en conclusie sterftepercentage

Het sterftepercentage over de hele proef varieerde van 30,5% tot 54,5% dus de schatting van Winsect dat ongeveer 40% van de poppen sterft tijdens de periode van poppen tot ontpoppen, is als reëel aan te nemen. Het hoogste sterftepercentage werd gemeten bij de groep die op 31 graden werd gekweekt. De verwachting was dat deze groep juist beter zou overleven, omdat deze temperatuur voor meelwormen optimaal is (Bjorge, Overgaard, Malte, Gianotten, & Heckmann, 2018). Echter blijkt uit ander onderzoek dat bij hogere temperaturen de relatieve luchtvochtigheid ook een belangrijkere rol gaat spelen en dat het voor meelwormen bij die temperatuur alleen zo goed gaat als de relatieve luchtvochtigheid tussen de 50 en 75% ligt, bij een lagere luchtvochtigheid kwam hier ook veel sterfte voor (Mirzaeva, Khujamshukurov, Zokirov, Soxibov, & Kuchkarova, 2020).

In een vervolgonderzoek kan ervoor gekozen worden de proef nogmaals te doen alleen dan met een hogere relatieve luchtvochtigheid of een proef enkel gericht op de effecten van verschillende percentages relatieve luchtvochtigheid op de meeltorpop.

Het verschil in gemiddeld sterftepercentage tussen de groep van 25 en 28 graden bedraagt 14,9% tussen de groep van 28 en 31 graden bedraagt dit verschil 5,8%. Hoewel de temperatuurverschillen tussen de groepen even groot zijn, is het verschil in sterftepercentage tussen de groepen 25 en 28 graden 2,5 keer zo groot als tussen de groep van 28 en 31 graden. Het kan zijn dat een lagere temperatuur een grotere invloed heeft, anderzijds kan het ook zo zijn dat het verschil tussen de namaakbroedmachine en de echte broedmachines dermate groot was dat dit voor verschil in resultaten heeft gezorgd. Dit is een aandachtspunt voor vervolgonderzoeken.

Conclusie

Om de deelvraag over de invloed van de omgevingstemperatuur op het sterftepercentage van de poppen te kunnen beantwoorden, moet er gekeken worden naar de resultaten van het sterftepercentage in tabel 1, figuur 1 en de daarbij behorende ANOVA-vergelijking weergegeven in bijlage 3. Hierin is te zien dat het gemiddelde sterftepercentage bij 25 graden 32% met een standaarddeviatie van 1,3% was, bij 28 graden was het 46,9% met een standaarddeviatie van 1,2% en bij 31 graden was het gemiddeld 52,7% met een standaarddeviatie van 1,7%. De groepen hadden allemaal zowel onderling als over de gehele proef een P-waarde van minder dan 0,05. Dit houdt in dat de omgevingstemperatuur in groepen zoals die in deze proef opgesteld zijn significant ($P < 0,05$) invloed hebben of verband houden met het sterftepercentage. Er kan aan de hand van deze gegevens geconcludeerd worden dat een temperatuur van meer dan 25 graden in de omstandigheden van dit onderzoek zorgt voor een hoger sterftepercentage.

4.3 Discussie en conclusie duur cyclus

De duur van de cyclus in de proef varieerde van 3 tot 12 dagen. In theorie zou dit 6 tot 18 dagen moeten duren, de proef verliep dus in zijn geheel sneller dan de in theorie benoemde duur (Wikipedia, 2022). Het verschil in gemiddelden van de 50% uitkomst tijd tussen 25 en 28 graden bedraagt 2,1 dagen en tussen 31 en 28 graden 1 dag. Het verschil tussen 25 en 28 graden is dus groter. Dit kan twee oorzaken hebben, waarbij de eerste oorzaak het verschil in de namaak kast en de echte broedkasten kan zijn en de tweede oorzaak een groter effect van temperaturen. Voor een vervolgonderzoek kan het interessant zijn om zoals eerdergenoemd met drie broedmachines of twee goede valide herhalingen te werken of om een grotere spreiding van omgevingstemperaturen te testen, bijvoorbeeld naast deze temperaturen ook de temperaturen 34, 22 en 19 graden mee te nemen.

Conclusie

Om de deelvraag over de invloed van de omgevingstemperatuur op de duur van de cyclus van poppen tot ontpoppen te kunnen beantwoorden, moeten de gegevens van figuur 2, figuur 3 en bijlage 4 gebruikt worden. Hierin is figuur 3 met name visualisatie als er gekeken wordt naar figuur 2 is er duidelijk een trend bij de verschillende herhalingen op verschillende temperaturen. Ten eerste blijven de herhalingen bij dezelfde temperaturen allemaal redelijke dicht bij elkaar, er is weinig spreiding. Daarnaast lijkt het erop dat hoe hoger de temperatuur hoe eerder de poppen ontpoppen. Waar bij 31 graden de eerste poppen op de derde dag ontpoppen en de laatste op dag zes begonnen de poppen bij 25 graden op de zesde dag te ontpoppen en ging dit door tot en met de twaalfde dag. Om hier met statistiek een bewering over te kunnen maken zijn de perioden per herhaling bepaald waarop 50% van de uiteindelijke hoeveelheid verpopte poppen ontpopt is. Bij 25 graden was dit na 9

dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen, bij 28 graden was dit na 6,9 dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen en bij 31 graden was dit na 5,9 dagen met een standaarddeviatie van 0,1 dagen. Dit houdt in dat de omgevingstemperatuur in groepen zoals die in deze proef opgesteld zijn significant ($P < 0,05$) invloed hebben of verband houden met de duur van de cyclus van verpoppen tot ontpoppen. Er kan aan de hand van deze gegevens geconcludeerd worden dat een temperatuur van meer dan 25 graden in de omstandigheden van dit onderzoek zorgt voor een snellere cyclus.

4.4 Discussie en conclusie niet ontpoppen

De vraag over wat de invloed is van de omgevingstemperatuur op het aantal niet ontpopte poppen na drie weken is niet te beantwoorden. Vermoedelijk waren de interne vet en eiwit voorraden voor deze poppen volledig geconsumeerd voordat ze uit konden komen, waardoor er na dag 12 geen enkele pop meer ontpopte en er enkel nog dode poppen over waren op het eind van de proef.

4.5 Beantwoording hoofdvraag

De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt als volgt; **Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur gedurende de hele cyclus van de meeltorpop (*Tenebrio Molitor*) op het sterftepercentage in deze periode en de duur van de periode van poppen tot ontpoppen?** Om deze te kunnen beantwoorden moeten de resultaten van de deelvragen bij elkaar gevoegd worden. De omgevingstemperatuur heeft op zowel het sterftepercentage als de snelheid/ duur van ontpoppen significante invloed gehad in dit onderzoek. In het algemeen kan er voor dit onderzoek gesteld worden dat in het bereik van 25 tot 31 graden geldt dat hoe hoger de temperatuur is hoe sneller de poppen ontpoppen, waar ze bij 28 graden gemiddeld 1 dag sneller ontpoppen, ontpoppen de poppen bij 31 graden 3 dagen eerder dan bij 25 graden. Daarentegen kan ook gesteld worden dat in hetzelfde bereik een hogere temperatuur ook significant verband houdt met een hoger sterftepercentage. Het verschil in gemiddeld sterftepercentage tussen de groep van 25 en 28 graden bedraagt 14,9%, bij 31 graden wordt dit sterftepercentage nog 5,8% hoger.

5. Aanbeveling

Uit het onderzoek blijkt dat bij de omstandigheden van deze proef, dus een relatieve luchtvochtigheid van tussen de 50 en 55% en een donkere kweekruimte waarbij er alleen lampen aan gaan wanneer er gewerkt moet worden in de desbetreffende ruimte wat neerkomt op ongeveer een uur per dag. Een hogere temperatuur ten opzichte van 25 graden zorgen voor een snellere cyclus maar aan de andere kant ook een hoger sterftepercentage. Er is in dit geval geen goed of fout, het is aan de kweker zelf om de voor- en nadelen tegenover elkaar af te wegen. Een lager sterftepercentage zal zorgen voor een systeem met minder verliezen (dode poppen). Aan de andere kant kan het voor een kweker van groot belang zijn om een snelle cyclus te hebben dit brengt twee voordelen met zich mee, aan de ene kant zullen er in eenzelfde tijdsperiode meer poppen kunnen ontpoppen als ruimte de beperkende factor is. En aan de andere kant kan dit de doorslag geven in het voortblijven van plagen in de kweek, zoals genoemd werd dit onderzoek ook bemoeilijkt door een besmetting met motten en spekkevers. Hoe korter de cyclus is, hoe vaker er schoon gemaakt en nieuw schoon substraat opgebracht kan worden en hoe meer kans dat de poppen ontpoppen voordat een plaag of infectie de kans krijgt zich te ontwikkelen. Waar ook rekening mee gehouden moet worden is dat een hogere omgevingstemperatuur ook hogere energiekosten met zich mee zal brengen.

Voor een vervolgonderzoek zal het interessant zijn om nog meer temperaturen te testen in twee of meer exact dezelfde broedmachines om uit te sluiten of het verschil tussen de drie temperaturen aan de broedmachine en namaak kast of de temperatuur lag. Daarnaast is het interessant om onderzoek te doen naar de invloed van de relatieve luchtvochtigheid om te zien of dit nog effect heeft op zowel de duur van de cyclus en het sterftepercentage zodat kwekers het klimaat in hun poppen kweekruimte nog beter kunnen afstemmen op wat voor hen belangrijk is.

Verwijzingen

- Berggren, A., Jansson, A., & Low, M. (2018, Augustus 29). *Using current systems to inform rearing facility design in the insect-as-food industry*. Opgehaald van Wageningenacademic: <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0076>
- Bjorge, J., Overgaard, J., Malte, H., Gianotten, N., & Heckmann, L. (2018, Maart 15). *Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor**. Opgehaald van ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.02.010>
- Bodirsky, B., Rolinski, S., Biewald, A., Weindl, I., Popp, A., & Lotze-Campen, H. (2015, November 4). *Global Food Demand Scenarios for the 21st Century*. Opgehaald van Plos One: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139201>
- Coelho Jr, A., Reigada, C., Haddad, M., & Parra, J. (2016, Augustus 11). *Effects of temperature increase caused by larval metabolism on the reproduction of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), a factitious host for *Trichogramma**. Opgehaald van Taylor & Francis Online: <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1140125>
- DeFoliart, G. (1992, April 17). *Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects*. Opgehaald van Science Direct: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90020-6](https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90020-6)
- Deruytter, D., Coudron, C., & Teerlinck, S. (2019, Augustus 09). *Influence of crate size, oviposition time, number of adults and cannibalism on the reproduction of *Tenebrio molitor**. Opgehaald van Wageningen Academic: <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0018>
- Downs, M., Johnson, P., & Zeece, M. (2016, July 1). *Insects and Their Connection to Food Allergy*. Opgehaald van sciencedirect: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00009-0>
- European Food Safety Commission. (2015). *Novel Food*. Opgehaald van European Commission: https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food_en
- Eva Wollenberg, M. R. (2017, Mei 17). *Reducing emissions from agriculture to meet the 2 °C target*. Opgehaald van Wiley Online Library: <https://doi.org/10.1111/gcb.13340>
- Fischer, A., & Steenbekkers, L. (2018, April 1). *All insects are equal, but some insects are more equal than others*. Opgehaald van Emerald insight: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-05-2017-0267/full/html#sec003>
- Godschalk, B. (2020, Maart 3). *Automatisering breekt door in insectenweek*. Opgehaald van duurzaam insecten eten: <https://duurzaaminsecteneten.nl/leesvoer/automatisering-breekt-door-in-insectenweek/>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., & Sonneson, U. (2011, Mei 16). *Global food losses and food waste*. Opgehaald van MADR: https://www.madr.ro/docs/ind-alimentara/risipa_alimentara/presentation_food_waste.pdf
- Houbraken, M., Sprangers, T., De Clerq, P., Cooreman-Algoed, M., Couchement, T., De Clerq, G., . . . Spanoghe, P. (2016, Januari 22). *Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption*. Opgehaald van ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.097>

- Ichikawa, T., & Kurauchi, T. (2009, Augustus 1). *Larval Cannibalism and Pupal Defense Against Cannibalism in Two Species of Tenebrionid Beetles*. Opgehaald van BioOne: <https://doi.org/10.2108/zsj.26.525>
- Inagro. (2020, 1 1). *kweekhandleiding meelworm*. Opgehaald van Inagro: https://inagro.be/sites/default/files/media/files/2021-10/Handleiding_meelwormen.pdf
- Mancini, S., Paci, G., Ciardelli, V., Turchi, B., Pedonese, F., & Fratini, F. (2019, Mei 16). *Listeria monocytogenes contamination of Tenebrio molitor larvae rearing substrate: Preliminary evaluations*. Opgehaald van ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.05.006>
- Mirzaeva, D., Khujamshukurov, N., Zokirov, B., Soxibov, B., & Kuchkarova, D. (2020, Mei 10). *Influence of Temperature and Humidity on the development of Tenebrio molitor L.* Opgehaald van research gate: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.422>
- Nieuwe oogst. (2022, Juni 27). *Winsect-systeem biedt insectenkweek potentie door transportband*. Opgehaald van Nieuw oogst: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2022/06/27/winsect-systeem-biedt-insectenkweek-potentie-door-transportband>
- Oonincx, D., & de Boer, I. (2012, December 19). *Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment*. Opgehaald van Plos One: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Ravzanaadii, N., Kim, S., Choi, W., Hong, S., & Kim, N. (2012, September 30). *Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source*. Opgehaald van KoreaScience: <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2019, September 1). *Land use*. Opgehaald van Our world in data: <https://ourworldindata.org/land-use>
- Rumpold, B., & Schlüter, O. (2013, maart 8). *Nutritional composition and safety aspects of edible insects*. Opgehaald van Wiley: <https://onlinelibrary-wiley-com.aeres.idm.oclc.org/doi/10.1002/mnfr.201200735>
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyen, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., . . . De Smet, S. (2016, October 13). *Nutritional composition of black soldier fly (Hermetia illucens) prepupae reared on different organic waste substrates*. Opgehaald van wiley online library: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Thelosen, J. (2021, Mei 11). *Insectensector ontpopt zich tot kleurrijke en dynamische keten*. Opgehaald van Nieuwe Oogst: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/05/11/insectensector-ontpopt-zich-tot-kleurrijke-en-dynamische-keten>
- U.N. Department of Economic and Social Affairs. (2022). *World population prospects 2022*. New York: United Nations.
- van der Fels-Klerx, L. C. (2018, Augustus 15). *Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods*. Opgehaald van IFT: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12385>
- van Huis, A. (2019). *Insecten als voedsel*. Wageningen: Wageningen universiteit.
- Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A., & Van Campenhout, L. (2016, July 19). *Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of*

yellow mealworm larvae (Tenebrio molitor). Opgehaald van ScienceDirect:
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.011>

Wikipedia. (2022, 5 6). *Meeltor*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Meeltor>

WUR. (2022, 5 23). *insecten als voedsel en veevoer*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Insecten-als-voedsel-en-veevoer.htm>

Yi, L., Lakemond, C., Sagis, L., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., & van Boekel, M. (2013, Mei 23). *Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species*. Opgehaald van Science Direct: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>

Bijlagen

Beoordeling Afstudeerwerkstuk (AFW)

versie aug. 2018

Naam student :	Naam beoordeelaar :	Datum:	dd/mm/jjjj
Versie :	Functie beoordeelaar : 1e beoordeelaar / 2e beoordeelaar	handtekening	
Indicator	Beoordelingscriteria		
	Goed (voldoet aan alle bolletjes)	Voldoende (voldoet aan alle bolletjes)	Beoordeling
1. Samenvattingen	- Gaan over hele AFW. - Zijn gestructureerd. - Kunnen zelfstandig gelezen worden. - Hebben maximaal 400 woorden (1 A4). - Zijn gericht op de doelgroep. - Bevatten geen persoonlijke mening. - De samenvatting in een andere taal heeft niet meer dan 10 taalfouten.	- Gaan over hele AFW. - Zijn gestructureerd. - Kunnen zelfstandig gelezen worden. - Hebben maximaal 400 woorden (1 A4).	Voldoende
2. Inleiding	- De inleiding beschrijft het bredere kader van het onderwerp, trends en ontwikkelingen: waarom en voor wie het onderwerp belangrijk is (= relevantie). - In de inleiding wordt beschreven wat bekend is (theoretisch kader) en wat niet (=knowledge gap). - De hoofdvraag maakt duidelijk welk antwoord wordt gezocht. - De deelvragen dragen systematisch bij aan de beantwoording van de hoofdvraag. - Het is duidelijk wat met het beantwoorden van de hoofdvraag wordt bereikt in de beroepspraktijk (doelstelling). - Alle niet-eigen beweringen zijn onderbouwd met referenties.	- De inleiding beschrijft het bredere kader van het onderwerp, trends en ontwikkelingen: waarom en voor wie het onderwerp belangrijk is (= relevantie). - In de inleiding wordt beschreven wat bekend is (theoretisch kader) en wat niet (=knowledge gap). - De hoofdvraag maakt duidelijk welk antwoord wordt gezocht. - De deelvragen dragen systematisch bij aan de beantwoording van de hoofdvraag.	Voldoende
3. Aanpak (Materiaal en Methode)	- De onderzoeksopzet past bij de onderzoeksvragen. - De methodologie van de onderzoeksopzet is verantwoord. - De methode van data-analyse sluit aan bij de thematiek van het onderzoek en bij de manier van gegevensverzameling (n.v.t. bij literatuuronderzoek). - Bij literatuuronderzoek is het volledige zoekplan beschreven. - Alle onderzoeksseenheden en variabelen zijn genoemd (niet bij literatuuronderzoek). - Beschrijft bij literatuuronderzoek de criteria waarop literatuur wel of niet gebruikt wordt. - Indien van toepassing: Enquête(s) of interviewstructuur zijn als bijlage toegevoegd.	- De onderzoeksopzet past bij de onderzoeksvragen. - De methodologie van de onderzoeksopzet is verantwoord. - De methode van data-analyse sluit aan bij de thematiek van het onderzoek en bij de manier van gegevensverzameling (n.v.t. bij literatuuronderzoek). - Bij literatuuronderzoek is het volledige zoekplan beschreven.	Voldoende
4. Resultaten	- De resultaten zijn gestructureerd (volgens de deelvragen) weergegeven. - Tabellen, figuren, grafieken zijn toegelicht in de tekst. - Tabellen, figuren, grafieken geven informatie voor het beantwoorden van de deelvragen. - De resultaten bevatten geen discussie en geen interpretatie. - De resultaten zijn correct geanalyseerd (waar nodig is analyserende statistiek gebruikt). - Verschillende factoren zijn met elkaar in verband gebracht. - Alleen de resultaten die nodig zijn voor het beantwoorden van de deelvragen zijn beschreven.	- De resultaten zijn gestructureerd (volgens de deelvragen) weergegeven. - Tabellen, figuren, grafieken zijn toegelicht in de tekst. - Tabellen, figuren, grafieken geven informatie voor het beantwoorden van de deelvragen. - De resultaten bevatten geen discussie en geen interpretatie.	Voldoende
5. Discussie	- Er is een kritische reflectie op de gebruikte onderzoeksmethode(n). - De resultaten zijn correct geïnterpreteerd. - De reikwijdte van de resultaten (wat kan doelgroep er mee) is beschreven. - De discussie is gestructureerd weergegeven. - De resultaten zijn vergeleken met literatuur, normen, verwachtingen. - Er worden geen conclusies getrokken. - Nieuwe bronnen zijn alleen gebruikt bij niet verwachte resultaten of nieuwe ontwikkelingen in de beroepspraktijk. - De omvang van de discussie is proportioneel met de omvang van het AFW.	- Er is een kritische reflectie op de gebruikte onderzoeksmethode(n). - De resultaten zijn correct geïnterpreteerd. - De reikwijdte van de resultaten (wat kan doelgroep er mee) is beschreven. - De discussie is gestructureerd weergegeven.	Voldoende
6. Conclusie(s) en aanbevelingen	- Onderzoek en doel van het rapport worden genoemd. - Elke deelvraag wordt beantwoord. - De hoofdvraag wordt beantwoord. - De conclusies zijn gebaseerd op de resultaten en discussie. - Aanbevelingen zijn praktisch toepasbaar voor de doelgroep. - De relevantie van de resultaten wordt gegeven ('cirkel sluiten'). - Alle aanbevelingen passen bij de discussie en/of conclusie(s). - Aanbevelingen zijn ingedeeld naar korte en lange termijn.	- Onderzoek en doel van het rapport worden genoemd. - Elke deelvraag wordt beantwoord. - De hoofdvraag wordt beantwoord. - De conclusies zijn gebaseerd op de resultaten en discussie. - Aanbevelingen zijn praktisch toepasbaar voor de doelgroep.	Voldoende
7. Bronnen	- Minstens 10 referenties komen uit peer reviewed bronnen. - De literatuurlijst is opgesteld conform de geldende APA-normen. - Er zijn wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke, nationale en internationale bronnen gebruikt (diepgang). - Alle gekozen bronnen zijn relevant. - Minstens 10 referenties zijn actueel (< 10 jaar oud).	- Minstens 10 referenties komen uit peer reviewed bronnen. - De literatuurlijst is opgesteld conform de geldende APA-normen.	Voldoende

8. Het hele AFW: Rapporteren	• Het rapport voldoet aan alle punten van de 'checklist schriftelijk rapporteren'. • De omvang van het Afstudeerwerkstuk is maximaal 50 pagina's (excl. bijlagen).	• Het rapport bevat geen 'killing points' van de 'checklist schriftelijk rapporteren'.	Voldoende	
9. Het hele AFW: hbo-niveau	• Het rapport heeft vakinhoudelijke diepgang. • In het rapport worden wetenschap en (beroeps)praktijk met elkaar in verband gebracht (past theorie toe / praktijkgericht). • Meerdere kennisgebieden worden geïntegreerd. • Een complex vraagstuk is in praktisch bruikbare delen gesplitst.	• Het rapport heeft vakinhoudelijke diepgang. • In het rapport worden wetenschap en (beroeps)praktijk met elkaar in verband gebracht (past theorie toe / praktijkgericht).	Voldoende	
10. Het hele AFW: Proces Alleen te beoordelen door coach 2e beoordeelbaar neemt beoordeling over	• De student heeft feedback gebruikt om verbeteringen aan te brengen. • De student heeft gericht gezocht naar nieuwe informatie voor het beantwoorden van de vraag/ oplossen van het probleem/ innovatie. • De student heeft zelfstandig gewerkt. • De student heeft volgens een zelf gemaakte planning gewerkt. • De student heeft zelf het initiatief genomen om verbeteringen aan te brengen.	• De student heeft feedback gebruikt om verbeteringen aan te brengen. • De student heeft gericht gezocht naar nieuwe informatie voor het beantwoorden van de vraag/ oplossen van het probleem/ innovatie.	Voldoende	
Cijfer			5,5	

Bijlage 1, beoordelingsformulier afstudeerwerkstuk

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam: Klas: Datum:

Titel verslag:

Nadat je je verslag/rapport hebt gecontroleerd met behulp van deze checklist, voeg je deze toe als bijlage. Zonder de checklist vindt er geen beoordeling plaats.

De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn de zogenaamde 'killing points'. Indien de assessor meer dan vijf 'killing points' heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren.

Voor de herbeoordeling moet je ook de oude versie inleveren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan! AANVINKEN WAT NIET IN ORDE IS!

1. Het taalgebruik: ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden* Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd! ☐ Heeft een adequate interpunctie* ☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste stijl)* ☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien* ☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden* 2. Het rapport/verslag: ☐ Is ingebonden (hard copy)* ☐ Is vrij van plagiaat* (zie examenreglement) 3. De omslag: ☐ Bevat de titel ☐ Vermeldt de auteur(s) 4. De titelpagina/het titelblad: ☐ Heeft een specifieke titel* ☐ Vermeldt de auteur(s)* ☐ Vermeldt de plaats en de datum* ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)* 5. Het voorwoord: ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan) 6. De inhoudsopgave: ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag* ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n) ☐ Is overzichtelijk ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing 7. De samenvatting: ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag ☐ Bevat conclusies ☐ Bevat geen persoonlijke mening ☐ Is gestructureerd ☐ Is zakelijk geschreven ☐ Staat direct na de inhoudsopgave 8. De inleiding: ☐ Is hoofdstuk 1* ☐ Nodigt uit tot lezen ☐ Beschrijft het onderzoekskader* ☐ Beschrijft de probleemstelling* ☐ Vermeldt het doel*	☐ Geeft informatie over de gevolgde onderzoeksmethode* ☐ Geeft kort de inhoud per hoofdstuk van het rapport/verslag weer* (zie intranet) 9. De (opmaak van de) kern: ☐ Bestaat uit genummerde hoofdstukken en (sub)paragrafen (maximaal drie niveaus)* ☐ Deze zijn verschillend in opmaak* ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken) ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)* ☐ De tabellen zijn (door) genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)* ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen* ☐ De tekst bevat verwijzing naar de desbetreffende bijlage(n) ☐ De pagina's zijn genummerd* ☐ De pagina's hebben een aantrekkelijke opmaak 10. De discussie: ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur ☐ Geeft de valide argumentatie weer ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen (zie intranet) 11. De conclusies en aanbevelingen: ☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten ☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten ☐ Bevatten geen nieuwe informatie* 12. De bronvermelding: ☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie intranet) 13. De literatuurlijst: ☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie intranet) 14. De bijlagen: ☐ Zijn genummerd ☐ Zijn voorzien van een passende titel ☐ Bevatten geen eigen analyse
---	---

Results

ANOVA

ANOVA - sterftepercentage

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Temp Celsius	1365.361	2	682.681	335.286	< .001
Residuals	30.542	15	2.036		

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives

Descriptives - sterftepercentage

Temp Celsius	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
25	6	32.000	1.342	0.548	0.042
28	6	46.917	1.158	0.473	0.025
31	6	52.667	1.722	0.703	0.033

Post Hoc Tests

Standard

Post Hoc Comparisons - Temp Celsius

		Mean Difference	SE	t	p _{Tukey}
25	28	-14.917	0.824	-18.106	< .001
	31	-20.667	0.824	-25.086	< .001
28	31	-5.750	0.824	-6.980	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Results

ANOVA

ANOVA - dag

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Temp Celsius	29.694	2	14.847	1172.149	< .001
Residuals	0.190	15	0.013		

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives

Descriptives - dag

Temp Celsius	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
25	6	8.967	0.082	0.033	0.009
28	6	6.883	0.117	0.048	0.017
31	6	5.883	0.133	0.054	0.023

Post Hoc Tests

Standard

Post Hoc Comparisons - Temp Celsius

		Mean Difference	SE	t	p _{Tukey}
25	28	2.083	0.065	32.062	< .001
	31	3.083	0.065	47.451	< .001
28	31	1.000	0.065	15.390	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3