



Vochtige voeders voor meelwormen

Een praktische uitdaging

L. Draak
I. Sterenburg



Interreg
EUROPESE UNIE
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

entomo SPEED

HAS Hogeschool
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel: Vochtige voeders voor meelwormen, een praktische uitdaging
Projectcode: 18400098

Opdrachtgevers: Bonda Veevoederbureau B.V., Interreg. Entomospeed, HAS Hogeschool

Opdrachtgevers: Martin de Groot
Paul Kengen

Projectteam: Lianne Draak
Ivo Sterenborg
Marc Maas (Projectleider)
Arjan Borghuis (Contactpersoon)

Plaats: 's-Hertogenbosch
Datum: 29 juni 2018

Mede mogelijk gemaakt door:



Voorwoord

Voor u ligt de eindrapportage van de afstudeeropdracht Vochtige voeders voor meelwormen, een praktische uitdaging. Deze opdracht is mogelijk gemaakt door Bonda Veevoederbureau B.V., Interreg. Entomospeed en HAS Hogeschool. Entomospeed is een project dat zich richt op de efficiëntie, opschaling en automatisering van de insectenkweek. Bijlage I bevat een beschrijving van dit overkoepelende project.

Dit rapport is geschreven door Lianne Draak en Ivo Sterenborg, studenten Dier- en veehouderij aan HAS Hogeschool te 's-Hertogenbosch in het kader van het afstuderen. Betreft de periode van 5 februari 2018 tot en met 29 juni 2018. De opdracht is gedeeltelijk bij meelwormkwekerij van Grinsven en gedeeltelijk op HAS Hogeschool uitgevoerd.

Het doel van dit rapport is geïnteresseerden in de meelwormenkweek praktische handvatten en inzichten geven over het voeren van vochtig voer, de automatisering en het schetsen van toekomstscenario's voor de kweek van meelwormen.

Wij willen onze opdrachtgevers van Bonda Veevoederbureau B.V., Martin de Groot en Paul Kengen hartelijk danken voor het bieden van de mogelijkheden tot het uitvoeren van dit project en alle hulp en ondersteuning die we daarvoor ontvangen hebben. Graag bedanken wij onze projectleider, Marc Maas en inhoudelijk expert, Arjan Borghuis van HAS Hogeschool voor de ondersteuning tijdens de afstudeerfase. Wij danken Michiel en Hettie van Grinsven voor de mogelijkheid om praktijkonderzoek uit te voeren in de kwekerij en Vincent van Sleeuwen voor alle praktische informatie en hulp tijdens de uitvoering van dit praktijkonderzoek. Als laatste gaat onze dank uit naar geïnterviewde meelwormkwekers, bedrijven in de automatisering en andere betrokkenen die deze rapportage mede tot stand hebben gebracht.

Lianne Draak
Ivo Sterenborg

's-Hertogenbosch, 29 juni 2018

Inhoudsopgave

1	Inleiding	8
1.1	Inhoudelijke verkenning	9
2	Behoeft meelwormkwekers	11
3	Praktijkonderzoek vochtig voer	12
3.1	Voersamenstelling	12
3.2	Voertechniek	12
3.3	Houdbaarheid	13
3.4	Groei en oogst	14
3.5	Klimaat	15
4	Logistiek en voertechniek	16
4.1	Opslag	16
4.1.1	Sleufsilo	16
4.1.2	Folieslurf	17
4.1.3	Zelf mengen	18
4.1.4	Conclusie	18
4.2	Transportsystemen	19
4.2.1	Transport: Vochtig voer uitkuilen	19
4.2.2	Transport: Vochtig voer naar doseerstation	20
4.3	Voersystemen	21
4.4	Doseringssystemen	22
5	Economisch resultaat	24
5.1	Minimale bedrijfsomvang	24
5.2	Financiële verschillen	25
6	Toekomstvisie	16
6.1	Kleine meelwormkwekerij	27
6.2	Middelgrote meelwormkwekerij	28
6.3	Grote meelwormkwekerij	29
7	Aanbevelingen	30
7.1	Logistiek en voertechniek	30
7.2	Economisch resultaat	31
7.3	Toekomstvisie	32
	Literatuurlijst	33
	Bijlagen	

Bijlage I Entomospeed

Bijlage II Enquête meelwormkwekers

Bijlage III Praktijkonderzoek vochtig voer

Bijlage IV Voersamenstelling vochtig voer Bonda Veevoederbureau B.V.

Bijlage V Grondstoffen vochtig voer

Bijlage VI Overzicht bedrijven automatisering

Bijlage VII Verdienmodel meelwormkwekerij

Bijlage VIII Prijsberekening vochtig voer

Bijlage IX Bedrijfsopzet meelwormenkweek op industriële schaal

Samenvatting

De insectenkweeksector ontwikkelt zich snel en biedt kansen om andere dierlijke eiwitten te produceren voor de dier- en veevoederindustrie en de humane voedingsindustrie. Wanneer de wereldbevolking groeit, kan deze sector de wereldbevolking niet blijven voorzien van dierlijke eiwitten. De insectensector is in ontwikkeling en zoekt naar praktische oplossingen voor het produceren op grote schaal. Vochtig voer voor meelwormen is op labschaal goedkoper dan traditioneel voer en kan op grote schaal ingezet worden.

Meelwormkwekers kiezen voor vochtig voer om voerkosten te drukken, arbeidsbesparing door het voeren in één handeling en de bijdrage aan een circulaire economie door het gebruik van reststromen. De keuze voor automatisering van het voerproces is gebaseerd op arbeidsbesparing. Meelwormkwekers willen hun kwekerij uitbreiden om te kunnen voldoen aan opengaan marktsegmenten in de diervoeding en humane consumptie.

Praktijkonderzoek bij meelwormenkwekerij van Grinsven geeft indicaties voor het uitvoeren van vervolgonderzoek. Nader onderzoek moet de nutritionele behoefte van meelwormen, samenstelling van vochtig voer, voeropname van meelwormen en de voederconversie van vochtig voer in kaart brengen.

Vochtig voer kan opgeslagen worden in een sleufsilos of in een folieslurf. Losse, vloeibare producten kunnen opgeslagen worden in torensilos. De criteria voor opslag zijn; zuurstofvrij, pH-waarde tussen 4 en 4,5, voldoende voersnelheid en hygiënisch werken.

Het uitkuilen van vochtig voer moet netjes en hygiënisch gebeuren en het snijvlak moet egaal zijn om bederf te voorkomen. Uitkuilen kan met behulp van een minishovel met kuilhopper of met een zelfrijdende voermachine. Vochtig voer kan na uitkuilen verzameld worden in een stortbak en met een vijzelsysteem naar het voersysteem getransporteerd worden.

Vochtig voer kan automatisch gevoerd worden door middel van een vast voerstation. Een tweede mogelijkheid is om vochtig voer automatisch te voeren met een mobiel voerstation. Dit bestaat uit een zelfrijdende machine die het voer naar de kratten in de klimaatcel brengt. De derde mogelijkheid is om meelwormen automatisch te voeren met een mobiel voerstation voor de klimaatcellen. De vierde mogelijkheid voor het automatisch voeren van meelwormen is het gebruik van het Paternostersysteem. In deze afgesloten klimaatkast kunnen 800 kratten gehuisvest en gevoerd worden met een vast voerstation.

De criteria voor het doseren van vochtig voer zijn het nauwkeurig kunnen voeren van de juiste voerhoeveelheid en het gelijkmatig verdelen van het voer over de oppervlakte van de krat.

Op basis van werken met volle vrachten vochtig voer is de minimale bedrijfsomvang te berekenen. Bij het gebruik van een sleufsilos is dit 2000 kilogram meelwormen per week en bij gebruik van een folieslurf 1200 kilogram meelwormen per week. Met behulp van inkomsten en uitgaven is een saldo opgesteld. De verschillen in opbrengst, personeelskosten en voerkosten zorgen voor een verschil van 310 duizend euro tussen het traditionele systeem en het gebruik van vochtig voer op een bedrijf met een productie van twee ton meelwormen per week.

Meelwormkwekerijen zijn in de toekomst gericht op industriële schaal en op bulkproductie. Meelwormen worden als eindproduct geleverd in losse ingrediënten of als samengesteld product. Uitdagingen in deze toekomstvisie zijn: de ontwikkeling van technologieën, financiering, het wel of niet open gaan van marktsegmenten voor humane consumptie of diervoeders en de wetgeving en regelgeving.

Insect farming is a rapidly expanding market and offers opportunities to produce other animal proteins for the animal food and feed industry and the humane food industry. When world population keeps growing the current animal protein production will not be able to provide the world the population.

Insect farming is a growing market and searching for practical solutions on how to produce on large scale. Moist feed for mealworms is cheaper than traditional feed when tested on laboratory scale. This offers opportunities to use moist feed for mealworms on a large scale production.

Mealworm farmers choose for moist feed to cut feed costs, labor spend on feeding and contributing to a more circular economy by using waste from the food industry. Choosing for an automated feed system is mostly based on cutting down on labor. Mealworm farmers want to expand their production to meet the demand from opening markets as animal food and humane consumption.

Research has been done at mealworm farmer Van Grinsven. This research has given insights for follow-up research. Further research on nutritional need for mealworm, composition of moist feed, feed intake and feed conversion is essential to optimize the use of moist feed.

Moist feed can be stored in a silage bunker or in a plastic bag. Liquid feed can be stored in storage tanks. The criteria for storage are; free of oxygen, pH-level between 4 and 4,5, the speed of feeding and working hygienic.

When feeding the moist feed from storage starts, it is essential to work hygienic and that there is no unnecessary loose feed left behind. The loose feed is exposed to oxygen which starts the putrefaction process. Getting the feed out of the storage can be done with a small loader with blockcutter or self-propelled mixer feeder. The moist feed can be put in a through with an auger which transports the moist feed to the feeding system.

Moist feed can be fed automatically by using a fixed feed station. A second possibility distributing the moist feed using a mobile feed station. A mobile feed station is a machine that drives past the crates in the climate cells while feeding the mealworms. A third possibility is when a mobile feed station is placed in front of the climate cells. The fourth possibility is a paternoster system which is built in a climate cell and is able to handle 800 crates. The criteria for feeding moist feed to mealworms are the accuracy of the amount that is fed and the placing in the crates.

The minimum farm size is calculated by using full loads of moist feed. When using a silage bunker the minimal production is 2000 kilogram per week and when using a plastic bag 1200 kilogram per week. A balance is made using income and expenses. The differences in yield, personnel costs and feed costs are 310.000 euro between traditional insect farming and using an automated feed system with moist feed.

In the future, mealworm farmers will focus on producing on industrial scale and bulk production. Mealworms will be produced as a loose ingredients or as an end product. Challenges in the future are the development of technologies, financing and if the European union will allow this type of protein for food and feed.

1 Inleiding

De insectenkweeksector ontwikkelt zich snel en biedt kansen om andere dierlijke eiwitten te produceren voor de dier- en veevoederindustrie en de humane voedingsindustrie dan reeds bekende dierlijke eiwitten. De huidige wereldbevolking is ruim 7,6 miljard. De verwachte groei van de wereldbevolking tussen 2009 en 2050 is 2,3 miljard mensen. Deze groei leidt tot een grotere vraag naar voedsel. Naast de groei in wereldbevolking stijgt het inkomen per capita. Hierdoor is het mogelijk om dierlijke eiwitten te consumeren (Alexandratos & Bruinsma, 2012). De huidige eiwitproductie uit de veesector gebruikt 70% van het zoet water. Wanneer de wereldbevolking groeit kan deze sector de wereldbevolking niet blijven voorzien van dierlijke eiwitten door uitstoot, water- en landgebruik (Steinfeld, Gerber, Wassenaar, Castel, & de Haan, 2006). Het gebruik van insecten als alternatieve dierlijke eiwitbron kan vleesconsumptie verminderen en zorgen voor een lagere milieubelasting op gebied van klimaatverandering door uitstoot, water- en landgebruik. De insectensector is in ontwikkeling en zoekende naar praktische oplossingen voor het produceren op grote schaal.

Aanleiding en probleemstelling

Bonda veevoederbureau B.V. (hierna te noemen: Bonda) is specialist op het gebied van vochtrijke veevoerders voor de varkens- en rundveesector. Als innovatief bedrijf met oog op de ontwikkelingen in de wereld zien zij de insectenkweeksector als een nieuwe markt waarin zij hoogwaardige producten kunnen leveren.

Bonda wil zich, als specialist in vochtrijke voeders, profileren als leverancier van voeding voor de insectenkweeksector. Door onderzoeken te doen binnen deze sector en de kwekers daarmee te helpen worden kansen gecreëerd om kwekers aan Bonda te binden.

De hoofdvraag van dit onderzoek is: "Hoe is het praktisch haalbaar om vochtig voer aan meelwormen te voeren?"

Leeswijzer

Bij meelwormkweker van Grinsven te Venhorst zijn onderzoeken uitgevoerd om de praktische haalbaarheid van vochtig voer in praktijk te testen. Naast praktijkonderzoek is literatuurstudie en marktverkenning gedaan. Bedrijven in automatisering van voer zijn benaderd voor praktische oplossingen voor het voeren van vochtig voer. Meelwormkwekers zijn middels een enquête benaderd om de behoefte omtrent vochtig voer en automatisering in kaart te brengen.

Hoofdstuk 1 geeft een inleiding op dit project. Onderzoek naar logistiek bij de kweker levert opties om zo effectief en efficiënt mogelijk vochtig voer op te slaan en van opslag naar de meelwormen te transporteren. Hoofdstuk 2 beschrijft verschillende mogelijkheden voor opslag en automatisering van volle vrachten vochtig voer, zoals inkuilen in sleufsilos of het gebruik van een slurvensysteem. Op het gebied van automatisering zijn verschillende transport- en voersystemen beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een indicatie van de kosten en baten bij het voeren van vochtig voer en automatisering om te bepalen vanaf welke bedrijfsomvang dit toegepast kan worden.

In hoofdstuk 4 worden de behoeftes van meelwormkwekers omtrent het voeren van vochtige voeders in beeld gebracht met behulp van een enquête. Hierin wordt ook de toekomstvisie van de kwekers op hun eigen bedrijf en de sector beschreven, met het oog op schaalvergroting en automatisering. Hoofdstuk 5 beschrijft het onderzoek naar dosering, in relatie tot groei, overleving, voerbederf en effecten op het klimaat die in dit project zijn meegenomen om de voertechnische haalbaarheid te toetsen. Hoofdstuk 6 geeft een toekomstvisie voor kwekerijen van verschillende omvang. Deze is gebaseerd op literatuurstudie, marktonderzoek en praktijkervaring tijdens dit project. In hoofdstuk 7 worden aanbevelingen gedaan om vochtig voer aan meelwormen te voeren. Tot slot wordt een overzicht van literatuur en bijlagen gegeven.

1.1 Inhoudelijke verkenning

De verwachte groei van de wereldbevolking tussen 2009 en 2050 is 2,3 miljard mensen. Deze groei leidt tot een grotere vraag naar voedsel. Naast de groei in wereldbevolking stijgt het inkomen per capita. Om deze redenen stijgt de vraag naar dierlijke eiwitten (Alexandratos & Bruinsma, 2012). De huidige eiwitproductie uit de veesector gebruikt 70 procent van de landbouwgrond en heeft een negatief effect op waterkwaliteit, landgebruik, biodiversiteit en klimaatverandering. Wanneer de wereldbevolking groeit kan deze sector de wereldbevolking niet blijven voorzien van dierlijke eiwitten (Steinfeld, Gerber, Wassenaar, Castel, & de Haan, 2006).

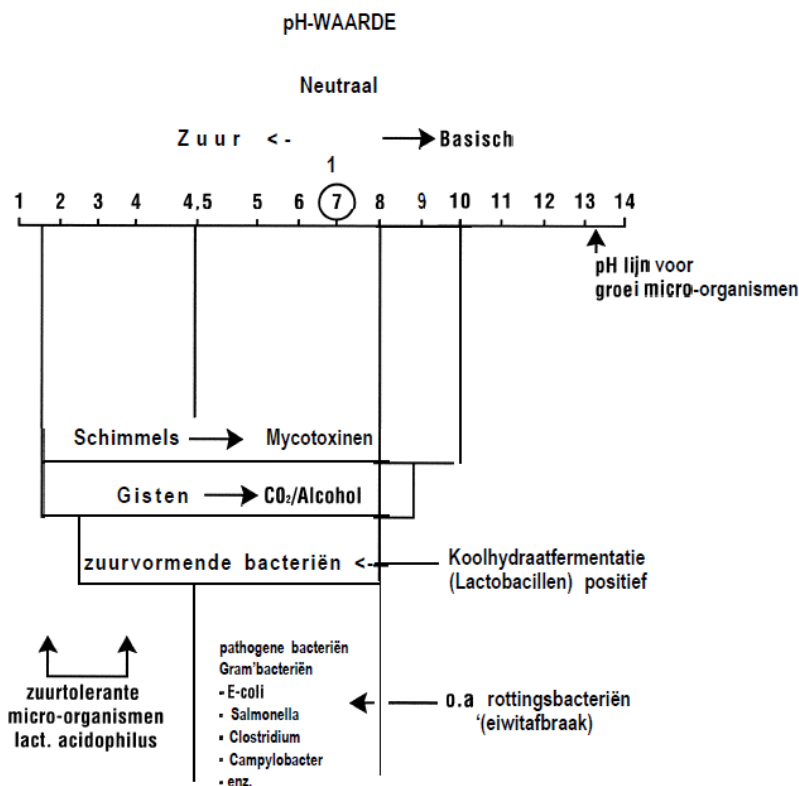
Oplossingen die bijdragen aan voedselzekerheid in de toekomst zijn: de vermindering van vleesconsumptie, een efficiëntere veehouderij of het introduceren van nieuwe voedselmogelijkheden die minder land nodig hebben en minder negatieve effecten hebben op het milieu. In vergelijking met de huidige veehouderij gebruiken insecten minder land (Oonincx & Boer, Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - A life cycle assessment, 2012), naar verwachting minder water verbruiken (Van Huis, 2013) en minder broeikasgassen uitstoten (Oonincx, et al., 2010). Het gebruik van insecten voor voeding kan de vleesconsumptie verminderen en daarmee de negatieve effecten op het milieu zoals waterkwaliteit, landgebruik en klimaatverandering verminderen (Huis, Dicke, & Loon, 2015).

Een mogelijke eiwitbron voor humane voeding en diervoeding, afkomstig van insecten is *Tenebrio molitor* omdat deze rijk is aan eiwit en aminozuren (Ravzanaadii, Kim, Choi, Hong, & Kim, 2012) (Broekhoven, Oonincx, Huis, & Loon, 2015). Meelwormen worden in de huidige insectenweek, gekweekt op een rantsoen van gemengde granen en daarnaast verse wortelen om de meelwormen te voorzien van vocht. De voederconversie (de hoeveelheid voer in kilogram dat nodig is om een kilogram groei te behalen) van *T. molitor* is 2,2 (Oonincx & Boer, Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - A life cycle assessment, 2012). Deze voederconversie is lager dan de voederconversie van kippenvlees (2,3), varkensvlees (4,0) en rundvlees (8,8) (Wilkinson, 2011). Insecten zijn koudbloedig en gebruiken geen metabolische energie om hun lichaamstemperatuur op een constante temperatuur te houden zoals warmbloedige dieren. Daardoor kunnen insecten meer energie investeren in groei wat resulteert in een hogere voederconversie efficiëntie (Nakagaki & DeFoliart, 1991).

Anderson (2000) en Broekhoven et al. (2015) onderzochten de groei en voederconversie van drie soorten meelwormen gevoerd met reststromen van de levensmiddelenindustrie. Uit deze onderzoeken blijkt dat de groei en chemische samenstelling van meelwormen beïnvloed kan worden door het rantsoen. Uit onderzoek van Oonincx, Broekhoven, Huis en Loon (2015) blijkt dat de hoeveelheid water in het voer invloed heeft op het levend gewicht van meelwormen. Van der Ven et al. (2017) vonden dat de groei van meelwormen, uitgedrukt in vers gewicht, hoger is bij het voeren van vochtig voer dan bij het voeren van traditioneel droog voer. Het droge stof gehalte en het vetgehalte van de meelwormen was lager bij vochtig voer dan bij droog voer en de voederconversie was gelijk. Tevens blijkt uit dit onderzoek dat de voerkosten op laboratoriumschaal 60 tot 70 procent lager zijn bij het gebruik van vochtig voer in vergelijking met traditioneel droog voer. In dit onderzoek wordt bepaald hoe het praktisch haalbaar is om vochtige voeders aan meelwormen te voeren.

In vergelijking met droog voer eist het voeren van vochtig voer een andere opslag- en voerteknik, reeds bekend in de rundvee- en varkenshouderij. Vochtige voeders worden opgeslagen in polyester, stalen, of roestvrijstalen tanks of in betonnen bunkers. De meeste vochtrijke bijproducten hebben een lage pH-waarde waardoor materialen aangetast worden. Het gebruik van polyester, roestvrijstaal of coatings zijn van belang om dit te voorkomen. Om de microbiële en nutritionele waarde van het vochtig voer te waarborgen is hygiëne tijdens opslag van groot belang. Groei van ongewenste micro-organismen zoals gisten, bacteriën en schimmels moet zoveel mogelijk voorkomen worden om de houdbaarheid van het product te waarborgen (Scholten & Rijnen, 1998). Gisten produceren koolstofdioxide, ammoniak en water in een zuurstofrijke omgeving uit suikers en zetmeel. In een

zuurstofarme omgeving wordt alcohol geproduceerd. Gisten groeien in een pH-traject van 1,5 tot 8,5. Enterobacteriën zoals Ecoli en Salmonella komen voor in brijvoer en eiwitrijke producten met een pH van 4,5 of hoger. Schimmels groeien in een zuurstofrijke omgeving met een pH van 1,5 tot 10 en produceren koolstofdioxide, water, warmte en mycotoxinen (Kleuskens, 1996). Zie figuur 1.



Figuur 1 Micro-organismen in brijvoer in relatie tot de pH-waarde (Kleuskens, 1996)

Stapelbare producten worden ingekuuld. Conservering is gebaseerd op verzuring van het product door melkzuurbacteriën die melkzuur produceren voor een snelle pH-daling. Een pH van 4 remt de groei van boterzuurbacteriën en rottingsbacteriën. Om voederwaardeverliezen te voorkomen wordt de kuil na openen zo goed mogelijk luchtdicht afgesloten en een hoge voersnelheid gehanteerd (Duinkerken & Schooten, 2003).

De voerinstallatie voor vochtig voer in de varkenshouderij (brijvoer) bestaat uit een mengsysteem, transportsysteem en uitdoseringssysteem. Voor het mengen worden twee verschillende technieken gehanteerd. De eerste is het indoseren, mengen en uitdoseren van brijvoer gescheiden in de tijd. De tweede is het indoseren, mengen en uitdoseren van brijvoer tegelijkertijd. Dit is mogelijk door meerdere tanks naast of boven elkaar te plaatsen wat tijdswinst oplevert. Er zijn drie soorten transportsystemen: conventionele brijvoeding, kolomvoeding en restloze brijvoeding. Bij conventionele brijvoeding is de gehele leiding gevuld is met één brijvoer. De hoeveelheid restvoer is afhankelijk van de leidingdiameter en de lengte van het circuit. Bij kolomvoeding wordt de ene brijvoersoort voortgestuwd door de andere brijvoersoort. De kans op vermenging van de verschillende producten is groot. Bij restloze brijvoeding wordt het brijvoer verplaatst door er een vloeistof achteraan te pompen die gescheiden is door een separator. Dit resulteert in minder vermenging en minder restvoer. De keuze voor het type leidingsysteem is afhankelijk van het aantal afdelingen en circuits. Doorslaggevende eigenschappen voor een goede brijvoerinstallatie zijn: hygiëne in de installatie (gedegen sproei-installatie op de mengtank), degelijk en functioneel (robuust, geen onnodige opties en keuzes), betrouwbaar (bedrijfszeker, goede en snelle serviceverlening) en nauwkeurigheid bij indoseren en uitdoseren (op basis van gewicht en droge stof) (Scholten & Rijnen, 1998).

2 Behoeft meelwormkwekers

In Nederland zijn zeven meelwormkwekers actief op bedrijfsmatige schaal: Proti-Farm, Van de Ven, Wadudu, Starfood, van Grinsven, Marba Apeldoorn B.V. en Sixfeeds. Om de behoefte van meelwormkwekers omtrent het voeren van vochtige voeders in beeld te brengen zijn vijf van deze meelwormkwekers geïnterviewd. Interviews zijn afgenomen tijdens bedrijfsbezoeken of telefonisch om te sparren over de onderwerpen. Bijlage II bevat de enquête die is gebruikt voor deze interviews.

Vochtig voer

Uit de enquête komt naar voren dat vier van de vijf meelwormkwekers geïnteresseerd is in het voeren van vochtige voeders. Redenen hiervoor zijn het drukken van de voerkosten, arbeidsbesparing, gebruik van reststromen en het drukken van de kans op meelmotten. Het verschil in voerkosten in vergelijking met het voeren van meel en wortelen is een van de belangrijkste redenen om te kiezen voor vochtig voer. Uit onderzoek op labschaal is gebleken dat het voeren van vochtig voer de voerkosten met 60 tot 70 procent kan drukken (Ven, Pouwels, Heijden, Borghuis, & Leenders, 2017). Naast het drukken van de voerprijs kan vochtig voer ook arbeid besparen omdat het voeren in een enkele handeling plaatsvindt in tegenstelling tot het verstrekken van zowel droogvoer als vochtig voer. De derde beweegreden om vochtig voer te voeren is de bijdrage aan de circulaire economie door het gebruik van reststromen uit de levensmiddelenindustrie in vochtig voer.

Een bekend plaagdier in de huidige meelwormenkweek zijn de meelmotten. De eitjes van deze motten zijn aanwezig in het meel en worden op die manier bij de kweker in de cel binnen gebracht. Wanneer deze uitkomen vormen zowel de larven als de volwassen dieren een ware plaag voor de meelwormen. Doordat er steeds minder insecticiden gebruikt worden, is de kans groter dat overlast van deze plaag vergroot in de toekomst. Het vochtige voer bevat deze eitjes niet. Een van de kwekers gaf tijdens het interview aan dat het gebruik van vochtig voer om deze reden interessant is. Tegenstanders van vochtig voer zien schimmelvorming en de moeilijkheid van doseren van vochtig voer als grootste uitdagingen van deze voerwijze.



Figuur 2 Meelmotten produceren tot 350 eitjes per paring. De larven produceren grote hoeveelheden zijde die de meelwormen belemmeren (van de Voort, sd)

Automatisch voersysteem

Een van de meest tijdrovende werkzaamheden in de meelwormenkweek is het voeren. Bij handmatig voeren kost dit 48 procent van de tijd (van de Ven, 2018). Om deze tijd te besparen kiezen vier van de vijf geïnterviewde meelwormkwekers voor een automatisch voersysteem.

Toekomstvisie

Deze kwekers kiezen ook allen om het bedrijf uit te breiden in plaats van te optimaliseren. De voornaamste beweegredenen hiervoor is de opengaande marktsegmenten waardoor de productievolume van de kwekerij moet groeien. Automatisering is hierin een must (Hilkens & de Klerk, 2016). De ene kweker kiest voor lokale afzet in concepten voor de consument, zoals de productie en verkoop van meelwormburgers en de ander voor productie voor diervoeding en de wereldmarkt.

Meelwormkwekers willen de productie en bedrijfsomvang uitbreiden en zijn bereid om vochtig voer, automatisch te voeren aan meelwormen.

3 Praktijkonderzoek vochtig voer

Om de voertechische haalbaarheid van vochtig voer in de praktijk te testen is negen weken onderzoek gedaan bij meelwormkweker van Grinsven te Venhorst. De meelwormen die in dit onderzoek worden gebruikt zijn meelwormen die de laatste drie weken van hun cyclus ingaan. De wormen hebben dan een leeftijd van zeven tot negen weken. Bonda heeft in een vorig project onderzoek laten doen naar de samenstelling van vochtig voer voor meelwormen (van der Ven, Pouwels, van der Heijden, Borghuis, & Leenders, 2017). Dit vochtig voer is gebruikt voor het praktijkonderzoek. De controlekratten zijn gevoerd met het meel 'Grow' van Mijten Diervoeders in combinatie met voederwortelen. Bijlage III bevat het onderzoeksverslag met de inleiding, materiaal en methode, resultaten, discussie en conclusie van het praktijkonderzoek over vochtig voer.

3.1 Voersamenstelling

In het onderzoek van Van der Ven et al zijn drie soorten vochtig voer getest. Het voer met de laagste voederconversie en kostprijs is gekozen voor uitvoering van praktijkonderzoek.

De grondstoffen van dit voer zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van het aandeel gebruikte grondstoffen in het vochtig voer voor meelwormen.

Vochtig voer	Type product	Aandeel in mengvoer	Gehalte droge stof in grondstof
Bierbostel	Eiwitrijk	30 %	25 %
Mycelium	Eiwitrijk	20 %	28 %
Corngold	Energierijk	15 %	42 %
Lactosepermeaat	Energierijk	15 %	30 %
Bietenpulp	Energierijk	10 %	90 %
Aardappelsnippers	Energierijk	5 %	14 %
Bergapro	Eiwitrijk	5 %	25 %

Het vochtig voer met grondstoffen in deze samenstelling benaderen de voedingswaarde van droogvoer met wortelen het meest. Bijlage IV geeft een overzicht van de voedingswaarde van deze voersamenstelling. De grondstoffen zijn restproducten afkomstig uit de levensmiddelenindustrie. In bijlage V staan de beschrijvingen van de grondstoffen afkomstig van de webpagina van Bonda (Bonda Veevoederbureau B.V., 2016).

3.2 Voertechiek

Uit onderzoek van Van der Ven et al in 2017 is de voersamenstelling en voerhoeveelheid voer geschikt voor meelwormen bepaald. Hier werd gebruik gemaakt van een dosering van zeven gram droge stof voer per worm, per dag voor meelwormen in de leeftijd van vier tot vijf weken. De uitgangspositie van dit onderzoek is het voeren van 0,033 gram droge stof per vierkante meter. De berekende dosering gebruikt in dit onderzoek was 80 gram droge stof per krat, per dag. Omgerekend naar gram product is dit 292 gram vochtig voer per dag als uitgangspositie.

Voor het voeren werden de kratten met meelwormen uit de klimaatcel gehaald om deze te wegen. Het vochtige voer werd handmatig verspreid over de krat. Een egale verdeling over de krat is essentieel voor de opname door meelwormen. Een te grote hoeveelheid, gecentreerd op een plek droogt uit en zorgt voor schimmelvorming wanneer de wormen niet alles opnemen. Het handmatig verdelen van het voer is een tijdrovende klus en niet eenvoudig doordat het vochtige voer erg plakt.

De opname van het voer werd bepaald door op het oog vast te stellen of het voer volledig, deels of niet opgenomen was. Ter controle werden foto's gemaakt om de voeropname te monitoren. Na een week bleek dat deze dosering niet geschikt was in praktijk. De wormen kregen 200 gram minder vocht verstrekt in drie weken tijd in vergelijking met de wormen gevoerd met meel en wortelen. Na

het op pijl brengen van het vochtgehalte bleken de wormen gevoerd met vochtig voer bij oogst nog niet voldoende gegroeid te zijn ten opzichte van de wormen gevoerd met controlevoer. Dit is te wijten aan het feit dat het vochtig voer een mindere voederwaarde heeft ten opzichte van het controlevoer. Dit is verklaarbaar door het feit dat vochtig voer per kilogram product minder voedingswaarde heeft door het aandeel vocht in het voer, dat zorgt voor verdunning. Om de meelwormen nutritioneel te voorzien in voederbehoefte is het vochtig voer aangevuld met meel van het controlevoer om er voor te zorgen dat de meelwormen voldoende nutriënten opnemen. Tabel 2 geeft een overzicht van het gevoerde rantsoen in de laatste drie weken voor oogst.

Tabel 2 Overzicht van de gevoerde nutriënten per week.

Leeftijd	Vochtig voer Bonda (g)	Meel Mijten (g)	Droge stof (g)	Vocht (g)	Eiwit (g)	Vet (g)
7 weken	1500	384	851	1033	174	41
8 weken	1900	212	845	1267	170	42
9 weken	600	96	229	404	59	14
Totaal	4000	646	1958	2698	397	97
Controlevoer	0	1020	1248	1992	237	44
Verskil			709	707	160	52

De gevoerde hoeveelheid zijn bepaald aan de hand van maximale opname. Nader onderzoek moet uitwijzen welk ingrediënt de beperkende factor voor opname is.

3.3 Houdbaarheid

Tijdens uitvoering van het praktijkonderzoek is bederf van het vochtige voer waargenomen in opslag en in de kratten met meelwormen bij een te grote voerhoeveelheid. Voer werd opgeslagen in emmers met daaroverheen een plastic vuilniszak om het geheel zo goed mogelijk luchtdicht af te sluiten. Emmers zijn geplaatst in koelcellen bij een temperatuur van zes tot acht graden Celsius. Na drie weken ontwikkelden schimmels in de bovenste laag in de emmers. Deze laag van drie centimeter werd verwijderd en de resterende inhoud was nog wel geschikt voor het voeren van de meelwormen. Hieruit blijkt dat het luchtdicht afsluiten van het voer essentieel is om voerbederf te voorkomen.



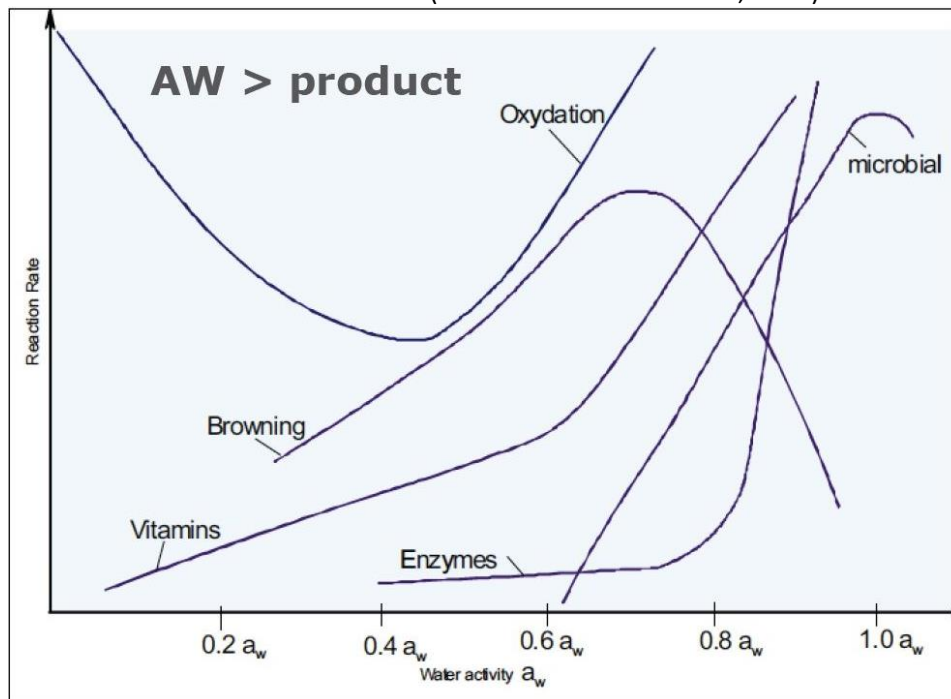
Figuur 4 Schimmelvorming na drie weken in de koelcel (Draak, 2018).



Figuur 5 Vocht en zuurstof zorgen voor schimmelgroei (Draak, 2018).

Naast de pH-waarde, temperatuur, en beschikbaarheid van zuurstof is het aanwezige vrije water in een product van belang om micro-organismen te weren. Een parameter om de kwaliteit van levensmiddelen, cosmetica en diervoeders te bepalen is de AW-waarde, uitgedrukt in een reeks van 0,03 tot 1,00. Hierbij wordt de wateractiviteit van een product bepaald om de kwaliteit te beoordelen.

Het aanwezige vrije water in een product biedt micro-organismen de kans om te groeien en heeft een indicatie van de houdbaarheid (Pedak Meettechniek B.V., 2018).



Figuur 5 Overzicht van de invloed van AW-waarde op factoren in een product (Fiers, 2017).

Figuur 5 geeft weer dat de AW-waarde invloed heeft op microbiologische groei, enzymatische activiteit, vetoxidatie, reactiesnelheid van vitaminen en de niet-enzymatische reacties zoals de verkleuring van het product (Fiers, 2017).

Uitgevoerd onderzoek wijst uit dat het vochtige voer van Bonda een AW-waarde heeft van 0,95. Het voer is daarmee erg gevoelig voor microbiologische groei.

3.4 Groei en oogst

Bij van Grinsven zijn de kevers twee weken aanwezig in de kratten voor eiproduktie. Daardoor zit er een leeftijdsverschil van twee weken tussen de jongste en oudste wormen. Dit beïnvloedt de uniformiteit van de meelwormen bij oogst, zowel bij wormen gevoerd met vochtig voer als wormen gevoerd met controlevoer. Dit bemoeilijkt de oogst doordat de kleinste wormen bij het substraat terecht komen tijdens het zeven. Deze zijn niet meer van elkaar te scheiden. Substraat bestaat uit mest, restvoer en vervellingen. Meelwormen kunnen alleen groeien na het vervellen en doen dit meerdere malen tijdens de groei. De vervellingen bevatten chitine, een polysacharide, die omgezet kan worden in chitosan. Van chitosan wordt glucosamine gemaakt en gebruikt als voedingssupplement. Chitosan wordt gebruikt voor het maken van films of coatings. Dit maakt deze stoffen zeer interessant voor cosmetica, (bio)medische toepassingen, verpakkingen, farmaceutica en waterzuivering (Broek, sd).



Figuur 6 Uniformiteit bij oogst (L.Draak, 2018).



Figuur 7 Wormen na oogst. In de linkerkrat zijn wormen en restvoer van Bonda aanwezig. In de rechterkrat de meelwormen van het controlevoer (Draak, 2018).

Het substraat van het vochtige voer heeft bij oogst een donkerdere kleur dan het substraat van het controlevoer. Dit is te verklaren door de donkerbruine/grijze kleur van het vochtige voer. Het is niet bekend wat de verschillen in samenstelling zijn tussen het substraat van vochtig voer en het controlevoer. Het vochtige voer van Bonda bevat Corngold en Bierbostel. Deze producten bevatten harde vliesjes die niet opgenomen worden door de meelwormen. De vliesjes blijven achter als restvoer in het substraat. Bij oogst is het niet mogelijk om de vliesjes te scheiden van de

meelwormen met een trommelzeef wat zorgt voor vervuiling van het eindproduct. Nader onderzoek moet uitwijzen welke ingrediënten voor vochtig voer wel volledig verteerd worden.

3.5 Klimaat



Figuur 8 Plaatsing van dataloggers voor de meting van temperatuur en luchtvochtigheid boven de kratten (Draak, 2018)

De optimale kweekomstandigheden voor meelwormen zijn bij een temperatuur van 27 graden Celsius en een luchtvochtigheid van 70 procent. Tijdens het praktijkonderzoek bij van Grinsven zijn sensoren boven de kratten geplaatst om de temperatuur en luchtvochtigheid te meten. Verwacht werd dat er verschillen zaten in temperatuur en luchtvochtigheid tussen de kratten gevoerd met vochtig voer en de controlekratten, gevoerd met meel en wortelen. De kratten gevoerd met vochtig voer hebben gemiddeld een hogere luchtvochtigheid (57,3 procent) dan de kratten gevoerd met controlevoer (53,9 procent). Dit is te verklaren doordat het vochtig voer een hoger vochtgehalte heeft dan het

controlevoer. De kratten gevoerd met controlevoer hebben gemiddeld een hogere temperatuur (28,5 graden Celsius) dan de kratten gevoerd met vochtig voer (27,9 graden Celsius). Bijlage III geeft een overzicht van de uitgevoerde analyse in SPSS. Een mogelijke verklaring is de temperatuur van het vochtig voer. Vochtig voer werd opgeslagen in een koelcel met een temperatuur tussen de zes en acht graden Celsius. Het voer was bij voeren niet voldoende opgewarmd en nog koud. Dit is een mogelijke verklaring voor het temperatuurverschil tussen de kratten gevoerd met vochtig voer en controlevoer.

Opvallend was de schommelingen in temperatuur en luchtvochtigheid in de klimaatcel. De temperatuur boven de kratten varieerde van 19,9 graden Celsius tot 33,3 graden Celsius. De luchtvochtigheid boven de kratten varieerde van 33,9 procent tot 83,6 procent. Het is onbekend of deze schommelingen invloed hebben op de kwaliteit (kleur, uniformiteit, grootte, groei) en opbrengst van de meelwormen bij oogst.

4 Logistiek en voertechneik

In dit hoofdstuk is de logistiek op het erf van de meelwormenkwekers beschreven. Vanaf het punt dat het stapelbare vochtige voer bij de meelwormenkweker geleverd wordt door Bonda, tot en met het punt dat het vochtige voer het automatische voersysteem ingaat en in de kratten wordt gedoseerd.

4.1 Opslag

Er zijn verschillende methodes om het vochtig voer efficiënt en effectief op te slaan. Het vochtig voer is stapelbaar waardoor het in een sleufsilos of een folieslurf kan worden opgeslagen. Tevens is het mogelijk om op locatie losse grondstoffen te mengen waardoor natte producten in silotanks worden opgeslagen. De criteria die essentieel zijn bij het opslaan van vochtig voer zijn zuurstofvrij afsluiten van het vochtig voer, een pH tussen de 4 en 4,5, de voersnelheid en hygiënisch werken om verontreinigingen en verliezen te minimaliseren. Wanneer voldaan wordt aan deze criteria garandeert Bonda een houdbaarheid van zes maanden. De voordelen en nadelen worden voor sleufsilos, folieslurf en silotank in dit hoofdstuk beschreven. Hierbij is gebruik gemaakt van het bestand: *“Vochtrijke Voeders van levering tot aan het voerhek”* door Bonda.

Het kuilproces is gebaseerd op verzuring van het vochtig voer door melkzuurbacteriën, het organisme dat melkzuur produceert en zorgt voor een snelle pH-daling. Door het vochtig voer luchtdicht af te sluiten worden de optimale omstandigheden gecreëerd voor de melkzuurbacteriën. De melkzuurbacteriën groeien door suikers als voedingsstof te gebruiken. De bacteriegroei verzuurt de kuil en leidt tot een dalende pH waarde. Een goed geconserveerde kuil heeft een pH tussen de 4 en 4,5. De lage pH remt de groei van ongewenste bacteriën zoals boterzuur- en rottingsbacteriën. De kuil is stabiel wanneer de pH constant blijft en de bacteriën niet meer actief zijn. Voor een goede conservering moeten vochtrijke voeders minimaal één week luchtdicht afgesloten blijven zitten. (Duinkerken & Schooten, 2003). Op het moment dat er nog voor één week voer voorradig is moet een nieuwe vracht geleverd worden zodat deze minimaal een week afgesloten opgeslagen is om te kunnen conserveren. Dit zorgt ervoor dat, ongeacht sleufsilos, folieslurf of silotank, voor twee partijen vochtig voer een opslag nodig is.

4.1.1 Sleufsilos

Een sleufsilos is een betonnen of asfalt vloer met betonnen muren langs de zijkanten. Het vochtige voer kan op een vergelijkbare wijze als gras en maïs worden ingekuild zoals in de melkveesector. Het gebruik van dunne onderfolie, 0,04 millimeter, tussen het product en de zwarte plastic laag, 0,11 millimeter, beperkt de kans op schimmelvorming en broei. De onderfolie sluit beter aan op het vochtig voer omdat deze dunner is. Dit zorgt ervoor dat er geen lucht onder blijft zitten. Om het geheel goed luchtdicht af te sluiten wordt een laag zand of grond geadviseerd van minimaal 20 centimeter. De druk van deze laag biedt tevens bescherming tegen vogelschade.



Figuur 9 Voorbeeld van een sleufsilos. Een zuurbestendige coating beschermt het beton tegen de hoge zuurtegraad van de vochtige producten (Bonda Veevoederbureau B.V.).

Voordelen

Bij het aanleggen van de sleufsilos's kunnen de afmetingen afgestemd worden op de voersnelheid. Een voersnelheid van minimaal anderhalve meter is het advies bij vochtige producten. Bij warm weer is dit twee meter per week. Door een lange smalle silos aan te leggen wordt de voersnelheid verhoogd wat de kans op bederf vermindert. De minimale breedte van een sleufsilos mag niet minder dan vier meter zijn omdat de vrachtwagen anders het product niet in de silos kan lossen. Wanneer bekend is

hoeveel voer per week wordt gevoerd, is de hoogte van de kuil te berekenen zodat de aanbevolen voersnelheid wordt behaald. Het aanleggen van een sleufsilos is een eenmalige investering. Kornet Beton Balk B.V. heeft samen met Bonda een sleufsilos ontworpen speciaal voor opslag van vochtig voer. Deze sleufsilos zorgt voor een goede conservering en gebruiksgemak bij het inkuilen en uitkuilen (Bonda Veevoeder B.V.). Omdat deze sleufsilos perssappen met 80 procent terugdringt valt de investering onder de Vamil/MIA regeling. Mia en Vamil zijn regelingen van de Ministeries van Financiën en Infrastructuur en Waterstaat. Met deze regelingen kan fiscaal voordelig worden geïnvesteerd in milieuvriendelijke technieken.

Nadelen

De arbeid nodig bij het gebruik van sleufsilos's is gebaseerd op het verdelen van het vochtig voer in de sleufsilos, het afdekken met onderfolie en kuilplastic en het aanwenden van een laag zand of grond. Tijdens het uitkuilen van het vochtig voer moet deze laag grond verwijderd worden wat arbeid kost.

4.1.2 Folieslurf

Het gebruik van een folieslurf is een opslagtechniek waarbij het vochtig voer vanuit de vrachtwagen in een plastic folieslurf wordt geperst door middel van een vjzel. Het gebruik van een folieslurf is gemakkelijk omdat het geen arbeid kost bij het inkuilen. De ondergrond moet vlak en schoon zijn om beschadigingen te voorkomen. Verontreinigingen zoals steentjes kunnen scheuren in het plastic veroorzaken.



Figuur 10 Levering in een slurf is gemakkelijk maar ook kwetsbaar voor beschadigingen. Controleer wekelijks op schade door vogels. (Bonda Veevoederbureau B.V.)

Voordelen

Het grootste voordeel van een folieslurf is dat het vochtig voer wordt ingekuild door de vrachtwagen zelf. Buiten het schoonmaken van de ondergrond kost het geen arbeid. Een folieslurf heeft een dikkere laag plastic dan kuilplastic wat gebruikt wordt bij een sleufsilos. Het vochtig voer is volledig afgesloten door de folieslurf waardoor de luchtdichtheid nog beter wordt gegarandeerd dan bij een sleufsilos.

Nadelen

De kosten van het inslurven zijn zeven euro per ton bovenop de voer prijs. Deze kosten worden gerekend voor het inkuilen door de vrachtwagen. Op een volle vracht van 35 ton is dit 245 euro duurder per vracht.

De afmetingen van een folieslurf zijn gemiddeld 3,5 meter breed, 17 meter lang en 0,8 meter hoog. Afhankelijk van het type vochtig voer en de hoeveel die de vrachtwagen bij heeft kunnen deze afmetingen hiervan afwijken. Deze afwijking is alleen afhankelijk van het product en het aantal ton dat de vrachtwagen bij heeft. Er kan niet van te voren bepaald worden wat de breedte, hoogte of lengte wordt. Hierdoor wordt de voersnelheid bepaald door de kuil en niet door de benodigde hoeveelheid die nodig is vanuit de insectenweek.

De folieslurf is kwetsbaar voor vogelschade. Het afdekken van de slurven met kuilkleden verkleint de kans op beschadigingen door vogels of ongedierte.

4.1.3 Zelf mengen

Een kweker kan kiezen om zelf een voerkeuken aan te schaffen en losse grondstoffen zelf te mengen. De investering is hoger dan sleufsilos of folieslurven omdat er ook een silotank en voerkeuken moet worden aangeschaft. De natte vloeibare grondstoffen worden in silotanks opgeslagen en de vochtige en droge grondstoffen in sleufsilos of folieslurven. In deze paragraaf worden de voordelen en nadelen van de silotanks beschreven.

Voordelen

Door losse grondstoffen in te kopen kan een kweker zelf bepalen wat zijn rantsoen wordt. Het zelf mengen van voer vraagt om kennis van voer en grondstoffen (Reinout Burgers, 2015). Met deze kennis kan de kweker het rantsoen optimaliseren naar eigen inzicht en is het mogelijk om verschillende mengsels te maken wanneer bekend is wat de behoefte van de meelwormen per leeftijdsgroep is.

Nadelen

Het zelf mengen van voer brengt extra arbeid met zich mee. De kweker moet het rantsoen zelf berekenen en aanmaken.

De hoogste korting op grondstoffen is voor volle vrachten. Omdat er losse grondstoffen worden ingekocht moet er van elke grondstof een grote hoeveelheid worden ingekocht om deze korting te krijgen.

De grote hoeveelheden losse grondstoffen drukt de voersnelheid. Het wordt interessant voor kwekers van dusdanige omvang waarbij zoveel voer nodig is zodat de minimale voersnelheid van de losse grondstoffen wordt gerealiseerd.

4.1.4 Conclusie

De conclusie geeft een overzicht van de drie mogelijkheden om vochtig en nat voer op te slaan. Tabel 3 geeft een overzicht waarin de sleufsilos, folieslurf en zelf mengen worden beoordeeld ten opzichte van elkaar op basis van houdbaarheid, arbeid, voedingswaarde, voersnelheid en kosten.

Tabel 3 Overzicht van de voor- en nadelen van sleufsilos, folieslurf en zelf mengen

	Sleufsilos	Folieslurf	Zelf Mengen
Arbeid	0	+	-
Rantsoensamenstelling	0	0	+
Voersnelheid	+	0	-
Kosten			
- Variabel	0	-	+
- Vast	0	+	-

De sleufsilos scoort op voersnelheid. De juiste voersnelheid kan altijd worden gerealiseerd door te sturen in de hoogte en de lengte van de sleufsilos. De aanleg van sleufsilos is een eenmalige investering en komt in aanmerking voor de Vamil/MIA regeling.

De folieslurf komt op gebied arbeid en vaste kosten het beste naar voren. Qua arbeid is een folieslurf de beste optie omdat het vochtig voer door de vrachtwagen wordt ingekuild en met uitkuilen moet alleen het plastic worden afgesneden. De vaste kosten komen het beste naar voren omdat een folieslurf alleen een verharde ondervloer nodig heeft. De variabele kosten van het inslurven maakt het minder interessant omdat per ton vochtig voer zeven euro extra wordt gerekend.



Figuur 11 Silotank voor het opslaan van vloeibare producten (Polem-silo).

Het zelf mengen van losse grondstoffen geeft de kweker de mogelijkheid om zelf rantsoenen samen te stellen. De kweker kan eigen mengsels snel bijsturen wanneer het nodig is. Het vraagt meer arbeid omdat de kweker de rantsoenen moet bedenken en aanmaken. Omdat er losse grondstoffen aanwezig moeten zijn op het bedrijf is de voersnelheid per grondstof lager dan bij een totaal product in de sleufsilo of folieslurf. De losse grondstoffen kunnen goedkoper ingekocht worden waardoor de variabele kosten lager zijn dan bij de sleufsilo en folieslurf. De vaste kosten in de vorm van afschrijvingen zijn het hoger dan bij een sleufsilo en folieslurf omdat de investeringskosten hoger zijn. De terugverdientijd is afhankelijk van de voerkosten besparing, mogelijk hogere opbrengsten en investeringskosten.

4.2 Transportsystemen

In deze paragraaf zijn de mogelijkheden beschreven om het vochtig voer efficiënt en effectief van opslag naar een automatisch voersysteem te transporteren. Een essentieel criterium bij het uitkuilen is hygiënisch en netjes werken. Essentieel bij het uitkuilen van vochtig voer is dat er niet meer vochtig voer wordt losgemaakt dan er gevoerd wordt. Los voer bederft sneller dan ingekuild voer omdat het losse voer weer in contact komt met zuurstof. Tevens is het essentieel dat de machines schoon zijn zodat er geen verontreinigingen in het voer terecht komen.

4.2.1 Transport: Vochtig voer uitkuilen

Het uitkuilen van vochtig voer kan op verschillende manieren. In deze paragraaf zijn twee mogelijkheden beschreven.

Minishovel

Een minishovel, twee tot zes ton, is een mogelijkheid om het voer van de kuil naar het voersysteem te transporten. Een mini shovel is allround inzetbaar door het compacte formaat en de verschillende bakken die gebruikt kunnen worden.

Een kuilhapper is een type voerbak die met een mes lagen van de kuil afsnijdt. Hierdoor ontstaat een strak en glad snijvlak en wordt voorkomen dat er onnodig voer wordt losgemaakt.



Figuur 12 Een minishovel met kuilhapper. Een kuilhapper zorgt ervoor dat er geen voer onnodig losgemaakt wordt en een strak snijvlak van de kuil (Farmstore, 2018).

Zelfrijdende voermachine

Een zelfrijdende voermachine is een bekend en bewezen systeem in de melkvee- en nertsensector. Het voer wordt geladen, naar de dieren gebracht en ter plekke gedoseerd. Het doseersysteem voor de meelwormenkraan wordt in een latere paragraaf beschreven.



Figuur 13 Zelfrijdende voermengwagen. De machine snijdt of freest lagen van de kuil dat vervolgens via transportband in de wagen belandt (Trekkerweb, 2015).



Figuur 14 Zelfrijdende voermachine om nertsen te voeren. De machine wordt langs de bovenkant gevuld. Ideaal om te combineren met een eigen voerkeuken (Shellmax, 2010).

De zelfrijdende voermengwagen uit de melkveesector (figuur 13) is een machine die met een mes of freeskop het benodigde voer los maakt in de sleufsilo of folieslurf en vervolgens met een transportband in de mengkuip transporteert. In de melkveesector worden verschillende producten geladen en gemengd. De mengfunctie en de doseermethode uit de melkveesector is niet toe te passen in de meelwormenweeksector omdat deze is gebaseerd op het gebruik van gras en maïs. De manier van uitkuilen moet gecombineerd worden met nieuwe technieken om de meelwormen op de juiste manier te kunnen voeren.

De zelfrijdende voermachine uit de nertsensector (figuur 14) is een machine waarbij het voer via de bovenkant in de kuip geladen wordt en vervolgens via een pompsysteem aan de nertsen wordt verstrekt. In combinatie met een eigen voerkeuken kan het aangemaakte voer in de machine worden gepompt of gevijzeld vanuit de menginstallatie.

4.2.2 Transport: Vochtig voer naar doseerstation

Deze paragraaf beschrijft twee opties om het vochtig voer efficiënt te transporten naar een automatisch voersysteem. Tijdens het onderzoek zijn bedrijven geïnterviewd die gespecialiseerd zijn in automatische voersystemen. Een overzicht van deze bedrijvigheid is opgenomen in bijlage VI. Hieruit is gebleken dat het transporteren met een vijzelsysteem de voorkeur heeft. Deze techniek is bewezen effectief en efficiënt in het transporteren van vochtig voer. Het verpompen van vochtig voer is een tweede mogelijkheid maar wordt door enkele partijen afgeraden vanwege de viscositeit van het vochtig voer. Het is essentieel dat alle transportsystemen bestendig zijn tegen zure producten. Materialen als roestvast staal en polyester zijn hiervoor geschikt.

Stortbak met vijzelsysteem

Het gebruik van een stortbak in combinatie met een vijzel is een van de systemen die Bonda gebruikt om vochtige producten te transporteren. Het vochtige voer wordt vanuit opslag in een stortbak gelost waarna een vijzel het voer naar het voerstation in de kwekerij transporteert. Het gebruik van een stortbak beperkt de ruimte die nodig is voor het voersysteem binnen de kwekerij omdat de stortbak buiten het gebouw geplaatst wordt. Omdat de machine voor het uitkuilen niet de kwekerij in hoeft, wordt insleep van verontreinigingen voorkomen.

Pompsysteem

De meningen over het verpompen van vochtig voer ligt onder de geïnterviewde bedrijven uit elkaar. Hierdoor is het voor dit project niet haalbaar geweest om daar een geschikte mogelijkheid voor uit te werken. De kosten voor een pompsysteem zijn hoger dan voor een vijzelsysteem (Bonda, 2018).



Figuur 15 Een stortbak met vijzel wordt gevuld. Door een deksel op de stortbak te plaatsen is deze afgeschermd te regen, bladeren en andere ongewenste verontreinigingen (VTL-leek).

4.3 Voersystemen

In deze paragraaf zijn vier mogelijkheden omschreven waarop een automatisch voersysteem kan worden ingezet. Een overzicht van de installatiebedrijven die zijn benaderd voor het inwinnen van informatie is opgenomen in bijlage VI. Uit interviews met meelwormkwekers is gebleken dat elke ondernemer een eigen kijk heeft op de opzet van een automatisch voersysteem. Op basis van de interviews en gesprekken zijn vier verschillende mogelijkheden naar voren gekomen voor een automatisch voersysteem.

Centraal voerstation

Een vast centraal voerstation betekent dat de kratten met meelwormen uit de klimaatcel komen en naar het voerstation worden getransporteerd. Dit kan handmatig dan wel geautomatiseerd worden door de kratten op een transportsysteem te plaatsen. De stapels kratten kunnen handmatig of automatisch afgestapeld worden en op een lopende band gezet worden. De kratten komen langs het vaste voerstation waar het vochtige voer wordt gedoseerd. Vervolgens worden de kratten opgestapeld zodat deze terug de klimaatcel in kunnen. Het opstapelen en afstapelen kan door een robotarm of krattenstapelaar worden uitgevoerd. Het voordeel van deze opstelling is dat verschillende opties aan de lijn kunnen worden toegevoegd. Wanneer de kratten worden geoogst kunnen deze via de lopende band naar de zeefmachine gestuurd worden en na legen rechtstreeks naar een krattenwasser.

Kamplan B.V. en Weda Holland B.V. hebben beiden ervaring met het aanleggen en installeren van automatisch voer systeem met centraal voerstation.

Mobiel voerstation

Een mobiel voerstation is een zelfrijdende machine die de klimaatcellen in gaat en het vochtige voer in de kratten doseert. De kratten blijven hierdoor gedurende de gehele productie op dezelfde plek staan. Het voordeel van dit systeem is dat er in vergelijking met een vast centraal station minder geautomatiseerd moet worden. Tevens blijven de kratten in de klimaatcellen waardoor de meelwormen niet worden blootgesteld aan een ander klimaat dat zich buiten de cel bevindt. Doordat de kratten in de klimaatcel blijven kunnen uitbraken van bijvoorbeeld motten zich minder snel verspreiden tussen de verschillende klimaatcellen. Een mobiel voerstation is nog niet op de markt gebracht. Onder de geïnterviewde bedrijven heeft Weda Holland B.V. aangegeven een prototype op papier te hebben uitgewerkt.

Mobiel voerstation voor de klimaatcellen

Wanneer een klimaatcel gevoerd moet worden gaat het mobiele voerstation voor de klimaatcel staan. De deur gaat open en de stapels kratten worden via een transportsysteem naar het voerstation gebracht. De stapels kratten gaan één voor één langs het voerstation. Het voerstation doseert het vochtige voer per krat. Wanneer de stapel gevoerd is gaat de stapel terug de klimaatcel in. Het systeem is in ontwikkeling bij Inagro te Rumbeke-Beite, België.

Paternostersysteem

Een paternostersysteem is een systeem dat in een klimaatkast gebouwd wordt. De kratten hangen aan een lopende band die constant in beweging is. De kratten komen één keer per dag langs het voerstation waar het vochtig voer gedoseerd wordt. Het idee achter dit systeem is dat door het constant bewegen van de kratten het klimaat in de gehele cel overal hetzelfde is. Het systeem wordt ontwikkeld op Fontys GreenTechLab te Venlo. Per systeem kunnen 800 kratten gevoerd en gehouden worden.



Figuur 16 Een impressie van het Paternostersysteem. De kratten komen per vier onder een mobiel voerstation (Beurskens, 2018).

4.4 Doseringssystemen

Dosering is een bepaalde verstrekte hoeveelheid. Bij het voeren van vochtig voer aan meelwormen is het essentieel dat de verstrekte hoeveelheid zo nauwkeurig mogelijk verstrekt wordt om een optimale productie te realiseren. Wanneer de ingestelde hoeveelheid voer precies gedoseerd wordt ontstaat er een constante productie waarin verschillen tussen de kratten niet aan het voer toe te wijzen zijn. Naast het precies afmeten van de hoeveelheid is de plaatsing van het voer ook essentieel. Door het voer gelijkmatig te verdelen over de gehele krat hebben de meelwormen direct toegang tot hun voeding en gaat er geen energie verloren aan beweging om bij het voer te komen.

Het verstrekken en de plaatsing van het vochtige voer zijn de twee belangrijkste criteria aan dosering. Daarnaast is snelheid ook van belang. Weda Holland B.V. geeft aan dat per krat 2,88 seconde haalbaar is om het voer te doseren.

De praktische uitvoering van een doseringssysteem kan op verschillende manieren. De eerste manier is met een transportband. Het vochtig voer wordt via een transportband in de kratten gedraaid. Een tweede manier is dat het vochtige voer door een geperforeerde plaat wordt gedrukt. Het meten van de hoeveelheid voer kan op twee manieren. Met een weegstation kan de hoeveelheid voer gewogen dat gedoseerd wordt. Tevens kan aan de hand van de draaitijd van het doseersysteem bepaald worden hoeveel vochtig voer er gedoseerd is.

Het combineren van deze twee mogelijkheden verhoogt de kans op exacte dosering.

Transportband dosering

Het gebruik van een transportband dosering wordt toegepast in verschillende sectoren. In figuur 17 en 18 is te zien hoe geraspte kaas en rozijnen over een transportband gaan en door een draaiende rol in een gelijkmatige laag worden gedwongen. Dit principe kan ook worden toegepast op vochtig voer.

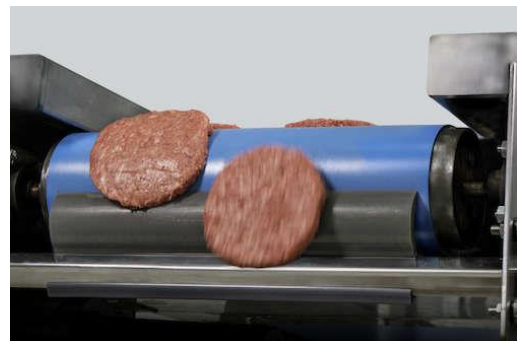


Figuur 17 Geraspte kaas over een transportband met een draaiende rol die ervoor zorgt dat het product gelijkmatig de band verlaat (Grote Company, 2015).



Figuur 18 Rozijnen over een transport band. Een tegendraaiende borstel is gemonteerd om een gelijkmatige laag rozijnen te creëren (De Jager RVS, 2018).

Het voer komt via het vijzelsysteem op de transportband terecht waarna een rol ervoor zorgt dat er een gelijkmatige laag ontstaat. Deze laag kan vervolgens in de kratten gedoseerd worden. Dit is mogelijk door te doseren terwijl de kratten onder het voerstation doorgaan of door het gebruik van een schietband. Een schietband is een transportband die kan bewegen. Met behulp van een schraper (figuur 19) kan vochtig voer dat blijft plakken aan de transport band verwijderd worden. Met behulp van de draaisnelheden van de loopband kan de exacte dosering worden afgesteld.



Figuur 19 Een zwarte schraper is gemonteerd zodat het product niet aan de transportband blijft plakken (acb transportbanden, 2018).

Geperforeerde plaat dosering

Een doseringssysteem waarbij het vochtige voer door een geperforeerde plaat of zeef wordt gedrukt zorgt ervoor dat er geen grote klonten voer in de kratten terecht komen. Het vochtige voer wordt via het vijzelsysteem op de geperforeerde plaat getransporteerd waarna voer door de plaat heen wordt gedrukt in de kratten.

5 Economisch resultaat

In dit hoofdstuk zijn minimale bedrijfsomvang op basis van een volle vracht vochtig voer en financiële verschillen tussen het gebruik van een traditioneel voersysteem en een automatisch voersysteem met vochtig voer toegelicht. In bijlage VII is het verdienmodel van S. Stuijk en E. van Roessel voor een traditionele meelwormkwekerij waar handmatig, meel en wortelen gevoerd wordt opgenomen. Berekeningen gemaakt in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op dit verdienmodel. De dosering aan de meelwormen is gebaseerd op de voerproeven die zijn uitgevoerd tijdens dit praktijkonderzoek.

5.1 Minimale bedrijfsomvang

Uit onderzoek is gebleken dat vochtig voer een voerkostenbesparing van 60 procent kan opleveren. (van der Ven, et al. 2017). Een belangrijk onderdeel hiervan is het werken met volle vrachten vochtig voer waardoor de maximale korting wordt toegepast. Een volle vrachtwagen heeft gemiddeld 35 ton vochtig voer bij zich en wordt opgeslagen in een sleufsilo of folieslurf. De minimale voersnelheid van vochtig voer is 1,5 meter per week. In tabel 4 staat hoeveel voer er per week gevoerd moet worden bij het gebruik van een sleufsilo en een folieslurf. De hoogte maat van de sleufsilo is de maximale hoogte die wordt geadviseerd bij de opslag van vochtig voer. Door de sleufsilo lager te maken zal het gewicht van de minimale voersnelheid dalen. Het gewicht van de minimale voersnelheid geeft aan hoeveel voer er per week minimaal gevoerd moet worden. Het gewicht van de voersnelheid van een sleufsilo is 5040 kilogram per week en van een folieslurf 3088 kilogram per week.

Tabel 4 De minimale hoeveelheid vochtig voer per week

	Sleufsilo	Folieslurf	
Volle vracht	35	35	Ton
Gewicht per m3 (ingekuild)	1050	1050	Kilogram
Totaal aantal kuub	33,3	33,3	m ³
Afmetingen Lengte	10,4	17,0	Meter
Breedte	4	2,5	Meter
Hoogte	0,8	0,8	Meter
Voersnelheid	1,5	1,5	Meter per week
Gewicht voersnelheid	5040	3088	Kilogram per week

In tabel 5 staan de doseringen die gebruik zijn bij de voerproeven. Met behulp van deze gegevens is berekend hoeveel kratten er nodig zijn om het gewicht van de minimale voersnelheid te halen. In week zeven krijgen de meelwormen 1500 gram per krat per week. Week acht 1900 gram per week en in week negen kregen de meelwormen 600 gram. Halverwege week negen zijn de meelwormen geoogst. Hierdoor is de dosering in week negen lager.

Tabel 5 Dosering per krat per week

Dosering per krat per week		
Week 7	1500	Gram per krat
Week 8	1900	Gram per krat
Week 9	600	Gram per krat

Tabel 6 is een berekening van hoeveel kratten er per week nodig zijn om aan het gewicht van de voersnelheid te komen. Bij het gebruik van een sleufsilos zijn dit er 1250 en bij het gebruik van een folieslurf moeten er 750 kratten per week per week worden ingezet.

Tabel 6 Aantal kratten per week op basis van het gewicht van de minimale voersnelheid

	Sleufsilos		Folieslurf	
Leeftijd meelwormen	Aantal kratten per week	Dosering vochtig voer per week (kg)	Aantal kratten per week	Dosering vochtig voer per week (kg)
7 Weken	1250	1875	750	1125
8 Weken	1250	2375	750	1425
9 Weken	1250	750	750	450
	Totaal	5000		3000

De gemiddelde opbrengst per krat tijdens de voerproeven is 1,6 kilogram. In tabel 7 is berekend hoeveel kilogram totaal per week geleverd wordt op basis van deze opbrengst. Hiermee is de minimale bedrijfsomvang berekend wanneer vochtig voer wordt opgeslagen in een sleufsilos of folieslurf.

Tabel 7 Minimale bedrijfsomvang in kilogram geleverd per week. Gebaseerd op een opbrengst van 1,6 kilogram meelwormen per krat.

Aantal kratten	
Sleufsilos	1250
Folieslurf	750
Opbrengst per week (kg meelwormen)	
Sleufsilos	2000
Folieslurf	1200

5.2 Financiële verschillen

In deze paragraaf zijn de inkomsten van het traditioneel kweekstelsel vergeleken met het automatisch voersstelsel met vochtig voer. Het aantal kratten per week is gebaseerd op de minimale bedrijfsgrootte bij het gebruik van een sleufsilos. Het aantal kratten is hierbij 1250 per week. Traditioneel is 0,968 kilogram gemiddeld geoogst per krat en vochtig voer 1,622 kilogram per krat. De verkoop prijs is vijf euro per kilogram nat gewicht. Een jaar heeft 52 weken waarbij elke week 1250 kratten worden geoogst. In tabel 8 staan de inkomsten uit de verkoop van de meelwormen. Door de hogere opbrengst in kilogram per krat wordt een verschil van 212.550 euro per jaar gerealiseerd.

Tabel 8 Inkomsten uit de verkoop van meelwormen per jaar

Inkomsten			
	Traditioneel	Vochtig voer	Verschil
Verkoop meelwormen	€ 314.600	€ 527.150	€ 212.550

In tabel 9 zijn de uitgaven aan personeelskosten en voerkosten per jaar vergeleken. Door te investeren in een automatisch voersysteem is er minder personeel nodig en is er minder arbeid nodig om te voeren. De personeelskosten van het traditionele systeem bestaat voor 48 procent uit de tijd die nodig is voor het voeren van de meelwormen (Van de Ven, 2018). Aangenomen wordt dat het automatisch voersysteem de voerkosten met 50 procent drukt. Het verschil in voerkosten is te verklaren omdat 58 procent van de voerkosten wordt vervangen door het vochtig voer. Het vochtig voer kost 48,74 euro per 1000 kilogram. De prijsberekening van het vochtig voer is opgenomen in bijlage VIII.

Tabel 9 Het verschil in uitgaven van personeelskosten en voerkosten

Uitgaven			
	Traditioneel	Vochtig voer	Vershil
Personeelskosten	€ 180.265	€ 137.001	€ 43.264
Voerkosten	€ 115.891	€ 61.151	€ 54.740
Totaal	€ 296.156	€ 198.152	€ 98.004

In tabel 10 staat op basis van de inkomsten en uitgaven uit tabel 8 en 9 het saldo. De verschillen in opbrengsten door verkoop van de meelwormen, personeelskosten en voerkosten zorgen voor een verschil van ruim 310 duizend euro per jaar tussen het traditionele systeem en het gebruik van vochtig voer in combinatie met een automatisch voersysteem.

Tabel 10 Saldo op basis van inkomsten en uitgaven.

	traditioneel	vochtig voer	verschil
Saldo	€ 18.444	€ 328.998	€ 310.554

De investeringskosten van een automatisch en mobiel voersysteem zijn op basis van een schatting door 'De Jager RVS'.

Een volledig automatisch voersysteem met een centraal voerstation kost 200.000 euro en een mobiel voerstation kost 40.000 euro. Onbekend is hoe snel een mobiel voerstation kan voeren waardoor niet berekend kan worden hoeveel personeelskosten bespaard kunnen worden en hoeveel mobiele voerstations er nodig zijn bij een bepaalde bedrijfsomvang. Om de terugverdientijd te berekenen zijn tijdens dit onderzoek teveel aannames en onbekende kostenposten om hier een realistische berekening van te maken.

6 Toekomstvisie

De toekomstvisie is gebaseerd op literatuurstudie, marktonderzoek en praktijkervaringen opgedaan in dit onderzoek.

In de huidige markt produceren kleine meelwormkwekers voor niche markten zoals pet food. De meelwormen worden als hele insecten, levend of gedroogd, afgezet en er wordt een hoge opbrengst per kilogram meelworm gerealiseerd. In de toekomst zullen grote meelwormkwekers, op industriële schaal leveren aan bulkmarkten voor zowel humane consumptie als diervoeding. Meelwormen worden niet geleverd als hele insecten maar geleverd in een samengesteld product of als ingrediënt. Per kilogram meelwormen wordt een lagere opbrengst gerealiseerd. In het heden worden insecten als plaagdier gezien en in de toekomst zal dit beeld verschuiven naar een productiedier. Kennis en onderzoek over insecten zal verschuiven van plantwetenschap naar dierwetenschap.

Naast kansen voor de toekomst zijn er ook uitdagingen. Een uitdaging voor deze toekomstvisie is de acceptatie op de markt. Zo lang consumenten insecten blijven zien als plaagdier en niet als voedingsbron, zal dit marktsegment niet open staan voor grootschalige toepassing van insecteneiwit. Wanneer er een grote opschaling in insectenkweek plaatsvindt moeten er ook ontwikkelingen in technologieën en producten plaatsvinden om op industriële schaal te produceren. Ontwikkelingen in technologieën, onderzoek en kennis kosten tijd en geld waardoor financiering een uitdaging wordt. Bedrijven die reeds actief zijn in de sector zijn erg gesloten en delen weinig tot geen kennis. Voor een startende kweker is het hierdoor moeilijk om kennis te vergaren en te beheersen voor de start van zijn of haar bedrijf. Er moet geïnvesteerd worden in onderwijs, educatie en samenwerking om de sector voor iedereen toegankelijk te maken.

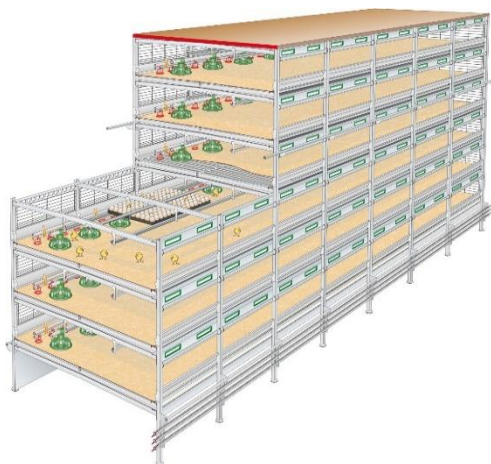
Wetgeving en regelgeving vormt de grootste uitdaging in de insectenkweek. De General Food Law regelt alles omtrent voedselveiligheidsaspecten en stelt eisen van productie tot consumptie. Producten moeten traceerbaar zijn om aan voedselveiligheid te voldoen en de producent is hier zelf voor verantwoordelijk. In Nederland is de NVWA de controlerende instantie. Problematiek waar de insectenkweek omtrent wetgeving mee te maken heeft zijn; de erkenning van insecten als productiedier, de toestemming voor insectproductie op organische reststromen, de maatstaaf voor dierenwelzijn, regelgeving voor afdoding, opslag en verwerking van insecten en de autorisatie voor het gebruik van insecteneiwit in veevoeding. De grootste belemmeringen hierin is de regelgeving voor dierlijke bijproducten (Peters & Van de Ven, 2018). De TSE-wetgeving, dat staat voor Transmissible Spongiform Encephalopathies regulation EC 999/2001, verbiedt de toepassing van insecteneiwit in diervoeding. Afgelopen jaar heeft de Europese Commissie besloten dat insecteneiwit toegestaan is als toepassing in voeding voor aquacultuur. Verwacht wordt dat in het jaar 2020 de TSE-wetgeving voor pluimvee en varkens wordt aangepast. Vanaf dan is het toegestaan om insecteneiwit te gebruiken in pluimveevoeding en varkensvoeding en kan insecteneiwit concurreren met eiwitextract uit sojabonen of vismeel (Hilkens & de Klerk, 2016).

6.1 Kleine meelwormkwekerij

Deze categorie is voor de bedrijfsomvang met een productie van 0 tot 1000 kilogram meelwormen per week. Meelwormen worden gehuisvest in gestapelde kratten en handmatig gevoerd of gevoerd met een mobiel voerstation. Een andere optie is het huisvesten en voeren van meelwormen in een Paternostersysteem. De kweker heeft het hele productieproces van ei tot kever zelf in de hand of het bedrijf maakt deel uit van een concept om meelwormen voor grote bedrijven op te fokken. Producten worden geleverd aan concepten voor humane consumptie of pet food. Wanneer meerdere kwekers de krachten bundelen kan er een coöperatie opgericht worden en kan de afzet op grotere schaal gerealiseerd worden.

6.2 Middelgrote meelwormkwekerij

Deze categorie is voor de bedrijfsomvang met een productie vanaf 1000 kilogram tot 10.000 kilogram meelwormen per week. Meelwormen worden gehuisvest in gestapelde kratten op pallets of kratten van een groot formaat. Een derde mogelijkheid is het huisvesten van meelwormen op een transportband. Dit systeem is bekend in de vleeskuikenhouderij. Vancomatic heeft de Patio ontwikkeld voor het huisvesten van vleeskuikens. Het rijensysteem telt zes leeflagen van etages boven elkaar. Elke etage heeft een kunststof transportband waarop de kuikens gehuisvest zijn. Bij het laden van de kuikens worden deze verplaatst naar de achterzijde van het systeem. Mest valt door een rooster en de kuikens komen op een dierenband terecht waarna ze voor transport klaar worden gezet (Schotman, 2017). Dit soort systemen zouden ook bij meelwormen toegepast kunnen worden wanneer er een zeef geplaatst wordt aan de achterzijde van de stal. Wormen worden gevoerd met een mobiel of een vast voerstation.

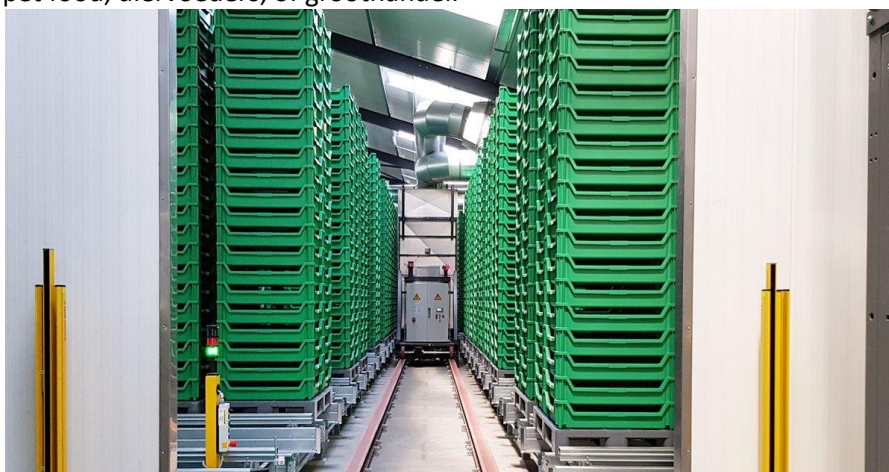


Figuur 19 Patiosysteem Vencomatic. In dit systeem staan twee rijen van zes etages in één klimaatruimte (Vencomatic Group).



Figuur 20 Kuikens komen in dit systeem uit het ei en blijven hun gehele cyclus in deze huisvesting aanwezig (Proultry, 2018).

Figuur 21 schetst een beeld van het mobiel voerstation. De kweker heeft het hele productieproces van ei tot kever zelf in de hand en heeft per leeftijdsgroep een klimaatruimte tot zijn beschikking. Meelwormen worden als gehele worm of ingrediënt geleverd aan concepten voor humane consumptie, pet food, diervoeders, of groothandel.



Figuur 21 Voorbeeld van een mogelijkheid voor het voeren van vochtig voer met een mobiel voerstation (Food Valley Update, 2018).

6.3 Grote meelwormkwekerij

Deze categorie is voor de bedrijfsomvang met een productie vanaf 10.000 kilogram meelwormen per week op industriële schaal. Meelwormen worden gehuisvest in kratten van groot formaat. Elke krat heeft een unieke QR-code zodat deze traceerbaar is. Wormen worden gevoerd met een vast voerstation. Kratten worden machinaal ontstapeld en op een lopende band geplaatst waarna ze het weegsysteem en voerdoseersysteem passeren. Aan de lopende band zijn meerdere systemen gemonteerd voor het monitoren van uniformiteit, gezondheid, kleur, groei en dergelijke met camera's en sensoren. Nadat de kratten zijn gevoerd en gecontroleerd worden deze weer machinaal opgestapeld en getransporteerd naar de juiste plek. Figuur 22 geeft een beeldvorming van het houden van insecten op industriële schaal met een vast voerstation. De kweker heeft het hele productieproces van ei tot kever zelf in de hand en heeft per leeftijdsgroep een klimaatruimte tot zijn beschikking. Meelwormen worden op locatie gescheiden in componenten en de ingrediënten worden geleverd aan diervoeders of groothandel over de hele wereld. Bühler Insect Technology heeft een bedrijfsopzet gemaakt voor het kweken van meelwormen op industriële schaal. Bijlage IX bevat een overzicht van deze bedrijfsopzet.



Figuur 22 Kweken van meelwormen op industriële schaal (Breitensteiner, 2016).

7 Aanbevelingen

Voersamenstelling en voertechniek

Het vochtig voer in de huidige samenstelling haalt niet de nutritionele waarde van het traditionele voer; meel en wortelen. Dit komt door het aandeel vocht in vochtig voer dat zorgt voor een verdunning van het product. Nader onderzoek moet bepalen welke samenstelling van vochtig voer wel voldoet aan de nutritionele waarde van traditioneel voer. Op dit moment is het niet bekend wat de voederbehoefte van meelwormen is. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de nutritionele behoefte van meelwormen is om de optimale voersamenstelling te garanderen. Daarnaast is het niet bekend welke factor beperkend is voor voeropname van meelwormen. Een van de mogelijkheden is het aandeel vocht in het voer.

Houdbaarheid

Het luchtdicht afsluiten van vochtig voer is essentieel om de houdbaarheid te garanderen, ondanks gekoelde opslag. Het vochtig voer heeft een hoge AW-waarde waarin microbiologische groei plaatsvindt. Het vochtig voer moet geconserveerd worden om tot de juiste pH-waarde van 4 tot 4,5 om de houdbaarheid te garanderen.

Groei en oogst

Tijdens praktijkonderzoek waren meelwormen niet uniform bij oogst. Een mogelijke verklaring hiervoor is het leeftijdsverschil van twee weken. In deze voersamenstelling is Corngold en Bierbostel aanwezig. De vliesjes en velletjes van deze producten worden niet door meelwormen opgenomen en zorgen bij oogst voor vervuiling van het eindproduct. Het kost meer tijd om meelwormen met vochtig voer te oogsten dan meelwormen gevoerd met controlevoer. Om deze redenen moet nader onderzocht worden welke voersamenstelling volledig opgenomen wordt zodat er geen restvoer over blijft. Restvoer vervuult het substraat. Het is niet bekend wat de verschillen in samenstelling zijn van substraat van meelwormen gevoerd met vochtig voer of traditioneel voer. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de voederconversie is van meelwormen gevoerd met vochtig voer om deze te vergelijken met de voederconversie van wormen gevoerd met meel en wortelen.

Klimaat

In de klimaatcel moet een constante temperatuur van 27 graden Celsius zijn en een luchtvochtigheid van 70 procent. Schommelingen in klimaat hebben mogelijk invloed op de groei en opbrengst van meelwormen. Nader onderzoek moet uitwijzen of dit aantoonbaar is. Bij het voeren van vochtig voer, opgeslagen in een koeling moet het voer opwarmen alvorens dit aan de meelwormen te voeren. Het koude voer heeft mogelijk invloed op de temperatuur in de krat.

7.1 Logistiek en voertechniek

Opslag

Vochtig voer kan opgeslagen worden in een sleufsilos of in een folieslurf. Losse, vloeibare producten kunnen opgeslagen worden in torensilos. De kweker mengt het vochtig voer op locatie en bepaalt zelf de samenstelling per voerbeurt. De criteria voor opslag zijn; zuurstofvrij, pH-waarde tussen 4 en 4,5, voldoende voersnelheid en hygiënisch werken. Vochtig voer moet een week conserveren in de kuil alvorens voeren.

Transport

Het uitkuilen van vochtig voer moet netjes en hygiënisch gebeuren om verontreiniging van het voer te voorkomen. Daarnaast moet het snijvlak egaal zijn om bederf te voorkomen. Uitkuilen kan met behulp van een minishovel met kuilhapper of met een zelfrijdende voermachine.

Vochtig voer kan na uitkuilen verzameld worden in een stortbak en met een vijzelsysteem naar het

voersysteem getransporteerd worden. Het is niet duidelijk of vochtig voer in deze samenstelling te transporteren is met een pompsysteem.

Voersysteem

Vochtig voer kan automatisch gevoerd worden door middel van een vast voerstation. Deze bestaat uit een lopende band waar kratten naar het voersysteem gebracht worden. Kratten worden afgestapeld en opgestapeld naast de lijn. Ook is het mogelijk om meerdere systemen aan de lijn toe te voegen. Een tweede mogelijkheid is om vochtig voer automatisch te voeren met een mobiel voerstation. Dit bestaat uit een zelfrijdende machine die het voer naar de kratten in de klimaatcel brengt. De derde mogelijkheid is om meelwormen automatisch te voeren met een mobiel voerstation voor de klimaatcellen. Hier worden stapels kratten in de klimaatcel gevoerd. Complete stapels passeren het voersysteem. De vierde mogelijkheid voor het automatisch voeren van meelwormen is het gebruik van het Paternostersysteem. In deze afgesloten klimaatkast kunnen 800 kratten gehuisvest en gevoerd worden met een vast voerstation.

Doseringssysteem

De criteria voor het doseren van vochtig voer zijn het nauwkeurig kunnen voeren van de juiste voerhoeveelheid en het gelijkmatig verdelen van het voer over de oppervlakte van de krat.

7.2 Economisch resultaat

Minimale bedrijfsomvang

De minimale bedrijfsomvang is berekend op basis van het gewicht van de voersnelheid bij het gebruik van een sleufsilos. Per week moet 5000 kilogram vochtig voer gevoerd worden om de minimale voersnelheid te halen. Hieruit volgend is berekend dat 1250 kratten meelwormen per ronde nodig zijn. De bedrijfsomvang is uitgedrukt in het aantal kilogram meelwormen dat per week geoogst en verkocht wordt. De minimale bedrijfsomvang bij het gebruik van een sleufsilos is 2000 kilogram meelwormen per week en bij het gebruik van een folieslurf 1200 kilogram meelwormen per week.

Financiële verschillen

De inkomsten zijn gebaseerd op de verkoop van de meelwormen. Per kilogram levend gewicht is vijf euro gerekend. De personeelskosten en voerkosten zijn uit het (bron verdienmodel) overgenomen. Hiervan is 48 procent voor het voeren van de meelwormen. Het automatiseren van het voeren drukt deze kosten met 50 procent. De personeelskosten besparing is een aanname, verder onderzoek is nodig om exact te berekenen wat de automatisering oplevert. 58 Procent van de voerkosten wordt vervangen door het gebruik van vochtig voer. De hoeveelheid vochtig voer is vermenigvuldigd met de voerprijs. De voerprijs kan veranderen door het jaar heen omdat vraag en aanbod op de grondstoffenmarkt schommelt.

7.3 Toekomstvisie

Meelwormkwekerijen zijn in de toekomst op industriële schaal en gericht op bulkproductie. Meelwormen worden als eindproduct geleverd als losse ingrediënten of als samengesteld product. Uitdagingen in deze toekomstvisie zijn: ontwikkeling van technologieën, financiering, wel of niet open gaan van marktsegmenten voor humane consumptie of diervoeders en wetgeving en regelgeving.

Kleine meelwormkwekerij

In een kleine kwekerij worden tot 1.000 kilogram meelwormen per week geproduceerd. In de kwekerij wordt handmatig gevoerd, gevoerd met een mobiel voersysteem of een Paternostersysteem. De productie is van ei tot kever of meelwormen worden opgefokt voor grotere bedrijven. De afzet vindt plaats in concepten voor humane consumptie of als pet food.

Middelgrote meelwormkwekerij

In een middelgrote kwekerij wordt vanaf 1.000 tot 10.000 kilogram meelwormen per week geproduceerd. Wormen leven in kratten of in het Patio concept en worden automatisch gevoerd met een mobiel of vast voerstation. De productie is van ei tot kever en de wormen worden afgezet als hele worm of als ingrediënt voor humane consumptie of diervoeders.

Grote meelwormkwekerij

In een grote kwekerij wordt vanaf 10.000 kilogram meelwormen per week geproduceerd op industriële schaal. Wormen worden gekweekt in grote kratten die elk een eigen QR-code hebben om te traceren. Meelwormen worden gevoerd met een vast voerstation en per leeftijdsgroep gehuisvest in grote fabriekshallen. Wormen worden afgezet in gescheiden componenten aan diervoeders en groothandel wereldwijd.

Literatuurlijst

- acb transportbanden. (2018). Schrapers. Opgehaald van <https://www.acb-transportbanden.nl/schrapers>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. *FAO: ESA Working Paper*(NO. 12-03).
- Anderson, S. (2000). Increasing calcium levels in cultured insects. *Zoo Biology*, 1-9.
- Beurskens, R. (2018). Paternostersysteem. Venlo, Limburg, Nederland.
- Bonda Veevoeder B.V. (sd). *Sleufsilo_voor_vochtrijke_voeders_20170222.pdf*. Opgehaald van www.bonda.nl:
www.bonda.nl/fileadmin/user.../Sleufsilo_voor_vochtrijke_voeders_20170222.pdf
- Bonda Veevoederbureau B.V. (2016, mei). *Productinfo rundvee Corngold*. Opgehaald van Bonda:
https://www.bonda.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/PDF/Productinfo_Rundvee/Corngold_20160504.pdf
- Bonda Veevoederbureau B.V. (2016). *Onze grondstoffen*. Opgehaald van Bonda:
<https://www.bonda.nl/rundveevoeder/onze-grondstoffen.html>
- Bonda Veevoederbureau B.V. (sd). Vochtrijke voeders van levering tot voerhek.
- Breitensteiner, M. (2016, maart 25). *Jack of Flies*. Opgehaald van Twitter:
<https://twitter.com/IlkkaTaponen/status/713054159457660928>
- Broek, B. v. (sd). *Chitine en chitosan*. Opgehaald van Wageningen University and Research:
<https://www.wur.nl/nl/show/Chitine-en-chitosan.htm>
- Broekhoven, S. v., Oonincx, D., Huis, A. v., & Loon, J. v. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 1-10.
- De Jager RVS. (2014). De Jager RVS Algemeen 6.
- Draak, L. (2018, april 13). Beeldmateriaal schimmelvorming praktijkonderzoek van Grinsven. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland.
- Draak, L. (2018, maart 19). Plaatsing dataloggers meelwormkrat. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland.
- Draak, L. (2018). Restvoer en opbrengst wormen na oogst. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland.
- Duinkerken, G. v., & Schooten, H. v. (2003). Conservering afhankelijk van pH. Grootste kans op mislukking conserveringsproces in eiwitrijke en/of suikerarme graskuil. *Veeteelt*, 32-33.
- Entomospeed. (sd). *Project*. Opgehaald van Insectinfo: <http://insectinfo.be/Project>
- Farmstore. (2018). Shelbourne kuilhoppers. Opgehaald van
<http://www.farmstore.nl/producten.stalvoeding.shelbourne.kuilhoppers>
- Fiers. (2017). *Novasina Wateractiviteit*. Opgehaald van Fiers:
https://www.fiers.be/nl/merken/novasina_wateractiviteit

- Food Valley Update. (2018, april 24). *Nature & technology unite in sustainable protein production*. Opgehaald van Food Valley Update: <https://www.foodvalleyupdate.com/news/nature-technology-unite-in-sustainable-protein-production/>
- Grote Company. (2015). Waterfall Topping Applicator Tru-Top Ultra Series.
- Hilkens, W., & de Klerk, B. (2016). *Insectenweek: kleine sector, grote kansen*. ABN Amro, Brabantse Ontwikkelings Maatschappij . Opgeroepen op juni 6, 2018, van <https://insights.abnamro.nl/2016/12/insectenweek/>
- Huis, A. v., Dicke, M., & Loon, J. v. (2015). Insects to feed te world. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3-5.
- Kleuskens, H. (1996). Een noodzakelijk stukje microbiologie in brijvoeding. *Varkens*, 74-75.
- L.Draak. (2018). Uniformiteit van meelwormen bij oogst. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland.
- Nakagaki, B., & DeFoliart, G. (1991). Comparisation of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as novelty food, and comperisation of feed conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 891-896.
- Oonincx, D., & Boer, I. d. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - A life cycle assessment. *PLoS ONE*, e51145.
- Oonincx, D., Broekhoven, S. v., Huis, A. v., & Loon, J. v. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, e0144601.
- Oonincx, D., van Itterbeek, J., Heetkamp, M., Van den Brand, H., Van Loon, J., & Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS one*, e14445.
- Pedak Meettechniek B.V. (2018). *Wat is Aw-waarde of wateractiviteit?* Opgehaald van Pedak : <http://www.pedak.nl/nl/informatie/wat-is-aw-waarde/>
- Peters, M., & Van de Ven, M. (2018, april 10). Kennismaken met de insectenweek. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland: NGN New Generation Nutrition.
- Polem-silo. (sd). Natte bijproductensilo. Opgehaald van <https://www.polemsilo.nl/polem-silo/natte-bijproductensilo>
- Poultry. (2018). *Patio broiler systems*. Opgehaald van Poultry: <http://avicultura.poultry.com/productos/vencomatic-group/patio>
- Ravzanaadii, N., Kim, S., Choi, W., Hong, S., & Kim, N. (2012). Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*(25 (1)), 93-98.
- Reinout Burgers, R. v. (2015). Malen en mengen is een vak apart. *Pig Business*, 28.
- Scholten, R., & Rijnen, M. (1998). *Het gebruik van vochtrijke bijproducten. Een literatuuroverzicht*. Rosmalen: Praktijkonderzoek varkenshouderij.
- Schotman, T. (2017, mei 16). *Patiostal vleeskuikens*. Opgehaald van Pluimveeweb: <https://www.pluimveeweb.nl/artikelen/2013/12/patiostal-vleeskuikens/>

- Shellmax. (2010). Twinca continental reliable feeding machine with mixer. Opgehaald van <http://www.shellmax.net/twinca-feeder-feeding-machine/no-subcategory/900kg-twinca-continental-reliable-feeding-machine-with-mixer/960>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., & de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Organization.
- Stuijk, S., & van Roessel, E. (2017). *Verdienmodel insectenkweek*. 's-Hertogenbosch: NGN.
- Trekkerweb. (2015). Uitleg van de nieuwe Triotrac .
- van de Ven, M. (2018, april 6). Trendcollege insectenkweek. Venhorst, Noord-Brabant, Nederland.
- Van de Ven, M. (2018, april 6). Trendcollege kennismaking met de insectenkweek. *Presentatie meelwormenkweek*. Venhorst.
- van de Voort, J. (sd). *Plaagdierbeheersing*. (Bayer CropScience SA-NV) Opgeroepen op juni 5, 2018, van Environmentalscience Bayer: <https://www.environmentalscience.bayer.nl/Pest-Management/Problemen/Indian-Meal-Moth>
- van der Ven, A., Pouwels, G., van der Heijden, B., Borghuis, A., & Leenders, N. (2017). *Weight gain, feed conversion and nutritional value of Tenebrio Molitor on diets composed of by-products from the food industry*.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security . *Annual Review of Entomology*, 563-583.
- Ven, A. v., Pouwels, G., Heijden, B. v., Borghuis, A., & Leenders, N. (2017). *Weight gain, feed conversation and nutritional value of Tenebrio molitor on diets composed of by-products from the food industry*.
- Vencomatic Group. (sd). *Vencomatic Group*. Opgehaald van Patio: <https://www.vencomaticgroup.com/nl/producten/vleeskuikens/huisvestingsoplossingen/patio>
- VTL-leek. (sd). VTL-doseersysteem. Opgehaald van <https://www.vtl-leek.nl/producten/vtl-doseersysteem>
- Wilkinson, J. (2011). Re-definding efficiency of feed use by livestock. *Animal*, 1014-1022.

Bijlagen

Bijlage I Entomospeed

Meelwormen en larven van de zwarte soldatenvlieg vormen een veelbelovende bron van proteïnen in het dieet van respectievelijk mens en dier. Er is echter nood aan bijkomende kennis over de efficiëntie, de opschaling en de automatisatie van de kweek van deze insecten.

In dit project wordt, zowel op laboschaal als op pilotschaal, de benodigde kennis gegenereerd en overgedragen aan geïnteresseerde bedrijven. Er wordt daarbij ook nagegaan of laagwaardige plantaardige reststromen geschikt zijn als voeder bij de productie van beide insectensoorten en of het gebruik van deze reststromen een invloed heeft op de nutritionele waarde van de insecten.

Tegelijkertijd wordt aandacht besteed aan de valorisatie van insecten en insectenproducten. Door uitvoering van een marktonderzoek en het samenbrengen van kennisinstellingen, insectenkwekers en insectverwerkende bedrijven wordt een beter zicht gekregen over potentiële valorisatiemogelijkheden.

Entomospeed wordt gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: grensregio.eu.



(Entomospeed, sd)

Bijlage VI Overzicht bedrijven automatisering

Weda Holland B.V.

Mountbattenweg 15
5466 AX Veghel
+31(0)6 55 19 11 19
info@wedaholland.nl



Kamplan B.V.

Ladonkseweg 2
5281 RN Boxtel
+31 (0)411-615700
info@kamplan.com



Soliq

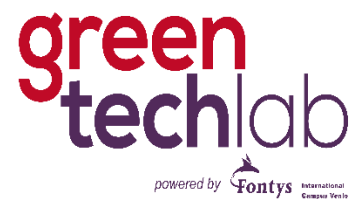
Smits Agro

Rudonk 21
4824 AJ Breda
+31 76 541 8000
info@smitsagro.nl



Fontys GreenTechLab

Tegelseweg 255
5912 BG Venlo
+31 88 507 8844
info@greentechlab.nl



Inagro

Ieperseweg 87
B-8800 Rumbeke-Beitem
051 27 32 00
info@inagro.be



De Jager RVS

Oostergoweg 7
9101 PL Dokkum
+31 519-292954
info@jagerrvs.nl

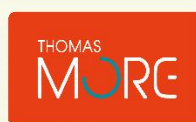


Entomospeed

Het project wil de grootschalige insectenweek bij zwarte soldatenvliegen en meelwormen versnellen. Meer info op www.insectinfo.be en www.insectinfo.nl

Partnerschap

Grensoverschrijdende samenwerking tussen Vlaanderen en Nederland



Met financiële steun van



Interreg



Vlaanderen-Nederland

Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

Gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu