

DECEMBER

2024

REALISATIE SECTORPLAN 2020 - 2024

ONTWIKKELING EN INNOVATIE IN DE NEDERLANDSE
INSECTENKETEN



Realisatie sectorplan ontwikkeling en innovatie in de Nederlandse insectenketen 2020 – 2024

December 2024



Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Inleiding	6
Leeswijzer	7
1. Samenvatting: wat staat er in het sectorplan 2020 – 2024	8
1.1 Insecten en kringlooplandbouw	8
1.2 Visie: streefbeelden en ambities voor de langere termijn	8
1.3 Onderzoek	9
1.4 Agenda 2020 - 2024: te nemen stappen	9
2. Belangrijkste projecten voor de realisatie van het sectorplan 2020 – 2024	10
3. Realisatie van de agenda	12
3.1 Samenwerken in de Insecten Coalitie NL	12
3.2 Organisatorisch vermogen	12
Opgave 1: Oprichting van een branche- of sectororganisatie die de belangen van de sector behartigt.	12
Opgave 2: Ontwikkeling van standaarden en protocollen voor de productie en verwerking van insecten.	13
3.3 Voedselveiligheid en kwaliteit.....	14
Opgave 1: Opstellen van protocollen om de voedselveiligheid van insectenproducten te borgen.	15
Opgave 2: Het ontwikkelen van duurzame verwerkingstechnologieën om kwaliteit en veiligheid van voedsel gemaakt van insecten te waarborgen.	15
Opgave 3: In kaart brengen van de voedselveiligheidsrisico's bij het gebruik van verschillende substraten.....	16
Opgave 4: Opstellen van dossiers t.b.v. Novel Food regelgeving	18
Opgave 5: Insecten frass: vervoer, verwerking en afzetmogelijkheden	18
3.4 Veterinaire en contact-zoönotische veiligheid.....	19
Opgave 1: inzicht in veterinaire risico's (insecten en keten) en mogelijke preventie.	20
Opgave 2: inzicht in contact-zoönotische risico's en beroepsziekten en mogelijke preventie. ...	21
Opgave 3: Het realiseren van veterinaire zorg in de insectensector	22
3.5 Regelgeving	23
Opgave 1: Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de toepassing van insectenproducten in de voeding van mens en dier.....	23
Opgave 2: Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de voeding van insecten met grondstoffen, passend in kringlooplandbouw.....	23
Opgave 3: Duidelijkheid over eisen aan insectenkwekerijen in verband met omgevingsvergunning.	24
3.6 Klimaat en circulariteit	25

Opgave 1: Definiëren en toepassen van kengetallen voor duurzaamheidsanalyse	26
3.7 Markt en economie	26
Opgave 1: Professionaliseren van de keten en ontwikkelen van een economisch perspectief. ..	27
Opgave 2: Verbeteren van het verdienvermogen van insectenkwekers.	27
Opgave 3: Ontwikkelen en onderhouden van technische en economische kengetallen en inzicht in markteisen en –verwachtingen, en trends in de markt.	28
3.8 Consument en maatschappij.....	28
Opgave 1: Transparante communicatie over de voor- en nadelen van insectenproductie.....	29
Opgave 2: Onderzoek naar ethische aspecten, zoals dierenwelzijn en biodiversiteit.	30
Opgave 3: Invloed op biodiversiteit (ontsnappen van exoten). Ontsnappingsrisico’s van insecten voorkomen, het ecologisch perspectief en als besmettingsbron voor mens en dier.	30
Opgave 4: Voedingswaarde van reststromen voor insecten.	31
Opgave 5: Voedingswaarde van insecten voor mens en dier (incl. effecten op gezondheid en immuunrespons)	32
Opgave 6: Verwerken van insecten tot humaan voedsel in relatie tot voedingswaarde	32
3.9 Expertise en arbeid.....	33
Opgave 1: Ontwikkeling van opleidingen en trainingen op mbo, hbo en universitair niveau	34
Opgave 2: Onderzoeken van de haalbaarheid van een onderzoeks- en demonstratiecentrum. .	34
4. Hoe verder?.....	37
Literatuuroverzicht.....	38
CLOSING THE LOOP	38
EU ITN-JD INSECT DOCTORS	39
INSECTFEED	42
KB-34 Role of insects in a circular economy.....	44
PPP Insects as health promotor in feed for poultry and pigs.....	44
PPP Borgen van de veiligheid van insecten (LWV19099)	45
SAFE INSECTS.....	45
SUSINCHAIN.....	45
Overige literatuur	54

Voorwoord

Voor u ligt het resultatenrapport van de Nederlandse insectensector over de periode 2020 - 2024. Gedreven door een duidelijke visie en ambitie zijn de afgelopen 5 jaar belangrijke stappen gezet richting de verdere professionalisering van de sector, met grote aandacht voor voedselveiligheid, diergezondheid en de opbouw van een duurzame en circulaire insectensector.

Dit rapport belicht de aanzienlijke resultaten die zijn behaald op weg naar de gestelde doelen. De insectensector heeft haar positie versterkt door het ontwikkelen van hoogwaardige producten voor diervoeding en humane consumptie en door innovaties die inspelen op een circulaire economie. Dankzij gezamenlijke inspanningen van bedrijven en kennisinstellingen heeft de sector zich bewezen als koploper op het gebied van duurzaam eiwit, waarmee ze een betekenisvolle bijdrage levert aan circulariteit en de eiwittransitie.

De vooruitgang die de sector de afgelopen jaren heeft geboekt, is een solide basis voor de volgende stap: de ambitie om in 2030 een integraal onderdeel te zijn van de circulaire landbouw, met een productie die CO₂-neutraal en economisch floreert.

We danken alle betrokkenen voor hun toewijding en kijken vol vertrouwen uit naar de verdere ontwikkeling van deze sector in de komende jaren.

Janmar Katoele
Voorzitter Verenigde Nederlandse Insectenkwekers



Inleiding

De Nederlandse insectensector heeft de ambitie om een sleutelrol te vervullen in de transitie naar een circulaire economie en een duurzaam voedselsysteem. Als innovatieve sector, met groeiend internationaal aanzien, biedt de insectenteelt kansen om bij te dragen aan kringlooplandbouw, de eiwittransitie en een toekomstbestendige voedselketen. Het sectorplan 2020–2024 is ontwikkeld om de noodzakelijke ‘no-regret’-stappen te identificeren en te implementeren die de sector verder professionaliseren en versterken.

In dit rapport kijken we terug op hoe voorgenomen acties uit het sectorplan zijn gerealiseerd in de periode 2020-2024. De afgelopen vijf jaar heeft de sector belangrijke stappen gezet in de richting van verdere professionalisering, met bijzondere aandacht voor voedselveiligheid, diergezondheid en de ontwikkeling van een duurzame en circulaire insectensector. Dit rapport belicht de behaalde resultaten en analyseert de voortgang die is geboekt op weg naar de gestelde doelen. Door gezamenlijke inspanningen van bedrijven, kennisinstellingen en overheden heeft de insectensector belangrijke stappen gezet die bijdragen aan de kringlooplandbouw en de eiwittransitie.

De inzichten die in dit rapport worden gepresenteerd, geven richting aan de ontwikkeling van het sectorplan 2025–2030. Dit nieuwe plan zal voortbouwen op de fundamenten die zijn gelegd en inspelen op de uitdagingen en kansen die de komende jaren zullen bieden. Hiermee kan de sector zich verder ontwikkelen en haar bijdrage aan een duurzame toekomst vergroten.

Leeswijzer

Dit rapport geeft een resultatenoverzicht van de realisatie van het Sectorplan 2020 - 2024 voor de insectensector.

Hoofdstuk 1 begint met een samenvatting van het sectorplan 2020-2024. In het kort worden de visie, ambitie en de agenda met doelen en opgaven beschreven.

Hoofdstuk 2 beschrijft de belangrijkste projecten die invulling hebben gegeven aan de realisatie van het sectorplan 2020 - 2024.

In Hoofdstuk 3 wordt de realisatie van de diverse opgaven behandeld en de status per 1 december 2024 beschreven. Deze rapportage volgt de opzet van het sectorplan zoals deze is opgesteld in 2020, de visie, ambitie, doelen en opgaven zoals opgesomd in dit overzicht zijn direct hieruit overgenomen.

De belangrijkste thema's en actiepunten die in dit rapport aan bod komen zijn:

- Organisatorisch vermogen: de oprichting van een brancheorganisatie en de ontwikkeling van standaarden en protocollen.
- Voedselveiligheid en diergezondheid: het borgen van de voedselveiligheid, het in kaart brengen van risico's en het organiseren van veterinaire zorg.
- Regelgeving: het aanpassen van de regelgeving om het gebruik van insectenproducten te bevorderen.
- Klimaat en circulariteit: het definiëren en toepassen van kengetallen voor duurzaamheidsanalyse.
- Markt en economie: het professionaliseren van de keten en het verbeteren van het verdienvermogen van insectenkwekers.
- Consument en maatschappij: transparante communicatie over de voor- en nadelen van insectenproductie en onderzoek naar (insecten-) welzijn en ethische aspecten.
- Expertise en arbeid: de ontwikkeling van opleidingen en trainingen, en de haalbaarheid van een onderzoeks- en demonstratiecentrum.

In het literatuuroverzicht is een uitgebreid overzicht opgenomen van wetenschappelijke literatuur en projectresultaten.

1. Samenvatting: wat staat er in het sectorplan 2020 – 2024

De Nederlandse insectensector heeft de potentie om een belangrijke rol te spelen in de transitie naar een circulaire economie en een duurzaam voedselsysteem. Door de geschetste stappen uit het sectorplan 2020 - 2024 te nemen, zal de sector zich verder professionaliseren en bijdragen aan een duurzame toekomst.

Nederland is koploper in de kweek van insecten en speelt een leidende rol in onderzoek en innovatie binnen deze sector. De insectensector is de afgelopen jaren sterk geprofessionaliseerd en er zijn aanzienlijke investeringen gedaan in productielocaties.

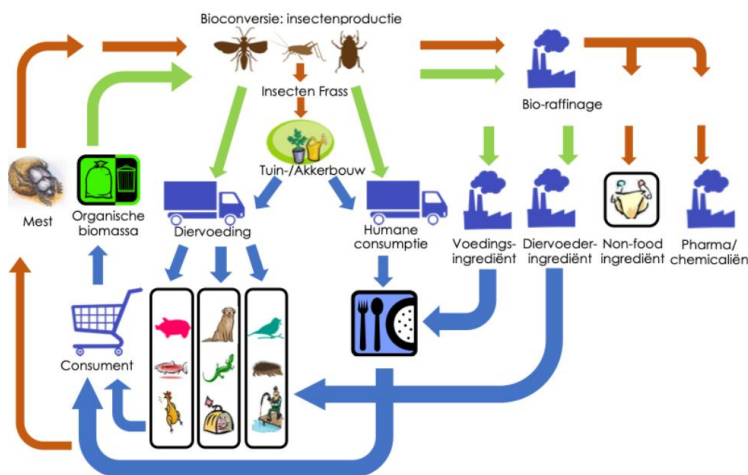
Insecten worden in Nederland gekweekt voor diverse toepassingen:

- Diervoeding: Insecten vormen een duurzaam alternatief voor o.a. vismeel en soja in diervoeders voor gezelschaps- en productiedieren.
- Humane consumptie: Steeds meer insectensoorten worden toegelaten voor menselijke consumptie.
- Technische toepassingen: Insecten kunnen verwerkt worden tot verschillende non-food/feed producten. Zo kan bijvoorbeeld de chitine uit insecten worden gebruikt in de farmaceutische industrie.
- Meststoffen: De reststromen van insectenkweek, de zogenaamde frass, vindt zijn weg naar o.a. land- en tuinbouw als bodemverbeteraar en/of meststof. Frass bestaat uit vervellingshuiden van insecten, uitwerpselen en niet opgegeten voer.

1.1 Insecten en kringlooplandbouw

Insecten spelen een cruciale rol in de transitie naar een circulaire economie. Ze kunnen worden gekweekt op organische reststromen uit de landbouw en voedingsmiddelenindustrie, waardoor kringlopen worden gesloten. De reststroom van de insectenkweek, frass, kan worden gebruikt als bodemverbeteraar en meststof in de land- en tuinbouw.

De circulaire visie van de insectensector is in deze afbeelding weergegeven.



1.2 Visie: streefbeeld en ambities voor de langere termijn

In het sectorplan 2020 – 2024 heeft de sector al een visie geschetst voor 2030 en verder. In deze visie staat beschreven dat de insectensector in 2030 een onmisbare schakel is in de kringlooplandbouw, één derde van de lokale organische reststromen verwerkt, energie- en CO₂-neutraal produceert, de helft van het vismeel door insecteneiwit in Nederland geproduceerde diervoeders vervangt en een voorbeeld is voor

andere dierlijke sectoren door vergaande modernisering en innovaties op het gebied van borging van voedselveiligheid en volksgezondheid.

Doelen die daarvoor gesteld zijn in het sectorplan 2020 - 2024:

- Ontwikkeling en levering van producten van hoge en constante kwaliteit voor humane voeding, voeding van productiedieren en voeding van gezelschapsdieren.
- De productiewijze en de producten zijn veilig voor volksgezondheid, diergezondheid, welzijn en biodiversiteit.
- De insectensector heeft een eerlijk verdienmodel en biedt de werkers in de sector een veilige en plezierige werkomgeving.
- De insectenkwekerij en verwerking levert minimale hinder op voor de omgeving en beoogt klimaat- en energieneutraal te produceren.
- Er is maatschappelijke instemming voor de productieomstandigheden (inclusief welzijn van de insecten) en de sector heeft daarmee de 'license to produce'.
- De insectenproductie heeft een gewaardeerde en geaccepteerde plek in de voedselketen door 100% gebruik van nutriënten uit organische reststromen.
- De frass uit de insectenkweek is een gewaardeerde bodemverbeteraar en -bemester met een reële opbrengst voor de insectenkweker.
- Nederland is koploper in de (inter-)nationale kennisontwikkeling over insectenproductie, de toepassingen van insectenproducten in humane voeding en diervoeder, en de toepassingen van frass.

1.3 Onderzoek

Verskillende onderzoeksprogramma's, zowel nationaal als Europees, richten zich op de verdere ontwikkeling van de insectensector.

Enkele belangrijke thema's zijn:

- Voedselveiligheid: Het borgen van de voedselveiligheid van insectenproducten voor humane en dierlijke consumptie.
- Diergezondheid: Het in kaart brengen van veterinaire risico's en het ontwikkelen van preventieve maatregelen.
- Duurzaamheid: Het analyseren van de duurzaamheid van verschillende productiesystemen.
- Marktontwikkeling: Het professionaliseren van de keten en het creëren van economisch perspectief.

1.4 Agenda 2020 - 2024: te nemen stappen

Om de gestelde doelen te bereiken, zijn er verschillende stappen die de insectensector moet nemen.

Deze zijn onderverdeeld in de volgende agendapunten:

1. Organisatorisch vermogen
2. Voedselveiligheid en diergezondheid
3. Regelgeving
4. Klimaat en circulariteit
5. Markt en economie
6. Consument en maatschappij
7. Expertise en arbeid

2. Belangrijkste projecten voor de realisatie van het sectorplan 2020 – 2024

De in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn grotendeels voortgekomen uit een aantal grotere projecten binnen de insectensector. Deze projecten hebben een belangrijke rol gespeeld in het realiseren van de doelen die in dit rapport worden besproken. In het literatuuroverzicht is een uitgebreid overzicht opgenomen van de relevante wetenschappelijke publicaties en projectresultaten.

Hieronder worden de belangrijkste projecten uitgelicht:

Comysect

Het meerjarige programma COMYSECT is een publiek-private samenwerking (PPS) die werkt aan circulaire oplossingen voor grote hoeveelheden biomassa als substraat voor de groeiende insectensector. Het doel is om waarde toe te voegen binnen de nieuwe productieketen, voedselveiligheid te waarborgen en een duurzame bijdrage te leveren aan de Nederlandse circulaire economie. Het project onderzoekt de ontwikkeling van veilige en effectieve substraten voor insectenkweek door gebruik te maken van compostering, fermentatie en mycoremediatie bij laagwaardige organische reststromen zoals bermmaaisel. Het idee is voort te bouwen op bestaande kennis en technologie voor schone substraatproductie uit de champignonteelt.

Closing the Loop

Het Laboratorium voor Entomologie van Wageningen Universiteit heeft in samenwerking met het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), de leerstoelgroep Bedrijfseconomie van Wageningen Universiteit en partners uit het bedrijfsleven het onderzoeksprogramma 'Closing the Loop' uitgevoerd (2018 – 2021). Hierin zijn de effecten van de reststroom afkomstig van insectenproductie, zowel 'frass' als vervellingshuidjes geproduceerd door insecten die gekweekt werden als eiwitbron, op de bodemecologie, de groei en weerbaarheid van koolplanten tegen ziekten en plagen onderzocht.

InsectFeed

Het interdisciplinaire project InsectFeed 'Insects as sustainable feed for a circular economy: interdisciplinary approach to value chain development (INSECTFEED)', heeft als focus het gebruik van insecten als pluimveevoer. Het doel van InsectFeed (2020-2024) was om (1) de productie van insecten te onderzoeken, met bijzondere aandacht voor insectengezondheid, insectenwelzijn en de intrinsieke waarde van insecten, (2) de gezondheid en het welzijn van pluimvee dat met insecten wordt gevoerd te onderzoeken, en (3) een economische analyse uit te voeren van de ontwikkeling van de waardeketen, ofwel de ontwikkeling van een geïntegreerd geheel van activiteiten om een waardevol product te leveren. Om dit doel te bereiken, is een interdisciplinaire onderzoeksaanpak (ethiek, economie, biologie) en de betrokkenheid van een breed scala aan belanghebbenden gekozen.

Insect Doctors

Het Europese programma 'Insect Doctors' levert belangrijke input voor de diergezondheidszorg in de insectensector. Insect Doctors ontwikkelt via onderzoek met promovendi kennis en diagnose over infectieziekten en de behandeling daarvan bij de productie van insecten. Meer informatie is te vinden op [de website van het project](#).

Insectenziekten: Ziekten, plagen en zoönoseverwekkers in de insectenteelt

De diagnostiek van insectenziekten staat in de kinderschoenen constateerde het WUR-project VetSect van Wageningen Bioveterinary Research in 2019. Dit wordt opgevolgd met beleidsondersteunend onderzoek Insectenziekten (2023 – 2024) wat zich richt op de opkomende sector van insectenkwekerijen in Nederland, waarbij de focus ligt op het in kaart brengen van ziektes, plagen en mogelijke zoönotische pathogenen binnen de insectenkweek. Door middel van interviews met insectenkwekers en experts, en het analyseren van monsters van larven en uitwerpselen op ziekteverwekkers. Dit project onderzoekt de

gezondheid van insecten, preventieve maatregelen en deelt kennis om een gezonde en veilige voedselproductie te waarborgen.

Safe Insects

Safe Insects is een publiek-private samenwerking (PPS), waarbij wordt gewerkt aan veilige insectenkweek op nog niet wettelijk goedgekeurde reststromen. Onderbenutte organische reststromen vormen een waardevolle bron van voedingsstoffen die worden omgezet in veilige, hoogwaardige voedings- en diervoederproducten op basis van insecten. Dit ambitieuze project (januari 2021 tot december 2024) ontwikkelt wetenschappelijk onderbouwde procedures die zullen bijdragen aan de legalisatie van het veilige gebruik van reststromen voor insectenkweek.

SUSINCHAIN

'SUSINCHAIN – Sustainable Insect Chain' is een project met 35 Europese partners en wordt gecoördineerd door Wageningen Livestock Research, dit project heeft gelopen van 2019 - 2023. Het doel van het SUSINCHAIN project is bij te dragen aan de eiwittransitie in humane voeding en diervoeders door het wegnemen van de belangrijkste belemmeringen voor een economisch levensvatbare insecten-waardeketen.

In het project zijn de activiteiten uitgevoerd in de volgende werkpakketten:

1. Marktkansen en barrières inclusief consumentenacceptatie
2. Opschaling van de insectenkweek
3. Verwerking van insecten
4. Insecten als diervoeding
5. Insecten voor humane consumptie
6. Veiligheid in de insecten-waardeketen
7. Beslissing-ondersteunend instrument voor duurzame insecten waardeketens

3. Realisatie van de agenda

3.1 Samenwerken in de Insecten Coalitie NL

Belangrijk in de realisatie van de agenda is de rol van de Insectencoalitie NL. Deze coalitie geeft sturing aan de uitvoering van het sectorplan.

De Insectencoalitie NL bestaat uit vertegenwoordigers van:

1. Venik (de Verenigde Nederlandse Insectenkwekers)
2. WUR (WU-Entomologie, Wageningen Universiteit Food Quality and Design, Wageningen Livestock Research, Wageningen Food Safety Research en Wageningen Bioveterinary Research)
3. CBL (Centraal Bureau voor Levensmiddelen),
4. HAS Green Academy,
5. IPIFF (Internationaal Platform for Insects in Food and Feed),
6. Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN),
7. Nevedi (Nederlandse Vereniging Diervoederindustrie),
8. NVWA (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit),
9. Dierenbescherming,
10. Het Voedingscentrum.

In 2022 is de Insecten Coalitie NL uitgebreid met:

11. Aeres Hogeschool Dronten
12. NIK (Network for Insect Knowledge).

3.2 Organisatorisch vermogen

Voor een duurzame ontwikkeling van de insectensector is het belangrijk dat bedrijven zich organiseren op zowel producenten- als ketenniveau. Het is noodzakelijk, dat insectenkwekers een vorm van registratie kennen en dat duidelijk is aan welke eisen (qua vergunningen) een insectenkweker moet voldoen. Een georganiseerde structuur kan namens de producenten en andere betrokken partijen overleggen met overheden (nationaal, provincie, gemeente), NGO's en andere organisaties over gezamenlijke kwesties, wat helpt om de transparantie in de keten te verbeteren.

Het is belangrijk om rekening te houden met de diversiteit in de insectensector, zoals de grootte van de bedrijven, de ontwikkelingsfasen (waar veel startende bedrijven bij zijn), de productiedoelen (zoals diervoeder, voedsel, farmaceutica en reststromenverwerking) en de insectensoorten. Dit moet worden meegenomen bij het opzetten van de organisatie. Venik neemt hierin het voortouw.

De opgaven:

1. Oprichting van een brancheorganisatie die de belangen van de sector behartigt.
2. Ontwikkeling van standaarden en protocollen voor de productie en verwerking van insecten.

Opgave 1: Oprichting van een branche- of sectororganisatie die de belangen van de sector behartigt.

Aanpak en Stand van Zaken

In 2023 en 2024 is een verkenning uitgevoerd door Venik, NIK, Insect Valley Europe en FoodValley NL om het organiserend vermogen van de relatief jonge insectensector te verbeteren. Tijdens deze verkenning is geïdentificeerd wat er nog nodig is op het gebied van organisatie, welke partijen verantwoordelijk zijn voor welke taken, en hoe de sector verder verbeterd kan worden. Hierbij is gekeken naar de optimalisatie en financiële haalbaarheid van verschillende aspecten in de sector. Hoewel de gesprekken nog lopen, en naar verwachting in de loop van 2025 zullen worden afgerond, is uit de inventarisatie gebleken dat de insectensector actief is en veel onderwerpen oppakt. Een eerste stap is gezet door verbreding van VENIK

van producentenorganisatie naar een brancheorganisatie ([bekijk hier het nieuwsartikel](#)) en vanaf 1 januari 2025 wordt de organisatie van het Network for Insect Knowledge (NIK) bij Venik ondergebracht als volgende stap naar professionalisering van de insectensector.



Symbolisch overdrachtsmoment van het NIK tijdens de insectensector stakeholdersdag van 2024: [bekijk hier het nieuwsartikel](#)

Informatie over de sector is gebundeld en wordt gedeeld via de website en bijeenkomsten van NIK, en de uitkomsten van onderzoek worden gepubliceerd op Groen Kennisnet. FoodValley NL heeft initiatief genomen tot een aanzet voor een 'narratief' voor eenduidige communicatie over de insectenketen.

De mogelijkheden voor het aanvragen van een algemeenverbindendverklaring (AVV) voor de insectensector zijn onderzocht. Op basis van de huidige situatie heeft de Insectencoalitie NL besloten dit voorlopig niet verder na te streven, omdat de meerwaarde voor de sector op dit moment beperkt is.

Successen en uitdagingen

De insectensector heeft al veel organisatorische zaken geregeld, wat wijst op een sterke basis. Venik heeft haar ledenbestand uitgebreid met ketenpartners en de organisatie van NIK gaat vanaf 2025 verder onder Venik. Voor een jonge en innovatieve sector met weinig kapitaalkrachtige bedrijven is het een continue uitdaging om te professionaliseren en de gehele keten duurzaam te financieren.

Waar zijn resultaten te vinden?

Informatie over de sector en de voortgang van activiteiten is te vinden op de [website van het Network for Insect Knowledge \(NIK\)](#), [de website van Venik](#) en tijdens bijeenkomsten die door zowel Venik als NIK worden georganiseerd.

Uitkomsten van relevant onderzoek worden gedeeld op [Groen Kennisnet](#).

Het belang van samenwerking binnen de waardeketen van insecten, inclusief kansen en bedreigingen is gepubliceerd in [een publicatie van InsectFeed](#).

Opgave 2: Ontwikkeling van standaarden en protocollen voor de productie en verwerking van insecten.

Aanpak en Stand van Zaken

Voor een duurzame ontwikkeling van de insectensector is registratie van spelers, evenals duidelijke eisen met betrekking tot vergunningen, helpend bij het ontwikkelen van standaarden en protocollen. De Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) heeft een nulmeting uitgevoerd in 2023 en 2024 om

inzicht te krijgen in de huidige gang van zaken binnen de sector. De volgende stap wordt gezet door in samenwerking met Venik de sector uitgebreid te informeren over de richtlijnen en eisen van de NVWA.

Standaardisatie (het formeel overeenkomen en vaststellen van bepaalde eisen aan gelijkheid) binnen de insectensector moet verder worden uitgewerkt en is momenteel nog niet in beweging. Er is nog geen uniforme standaardisatie en transparantie binnen de sector. Het is cruciaal om gezamenlijk prioriteiten te stellen bij het ontwikkelen van standaardisatie.

Enkele aandachtspunten voor standaardisatie zijn bijvoorbeeld substraten, insectensamenstelling, frass, transportwijze, afspraken over milieueisen en productiemethoden en aanbevelingen voor onderzoeksmethoden.

Successen en uitdagingen

Hoewel er momenteel geen specifieke resultaten zijn op het gebied van standaardisatie, wordt het belang van uniformiteit en transparantie binnen de sector erkend. Het stellen van gezamenlijke prioriteiten en het realiseren van sectorregistratie om te voldoen aan de vereisten van de NVWA blijft een aandachtspunt. Voor standaardisatie in onderzoeksmethoden is een manuscript opgesteld in samenwerking met diverse wetenschappelijke instituten, dat naar verwachting in 2025 wordt ingediend voor publicatie in een wetenschappelijk tijdschrift.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

Het manuscript over standaardisatie van onderzoeksmethoden zal naar verwachting in 2025 worden gepubliceerd.

Daarnaast geeft de NVWA informatie over welke wettelijke voorwaarden van toepassing zijn bij het kweken en/of verwerken van insecten voor humane consumptie en diervoeding. Kijk daarvoor op de [pagina "eetbare insecten kweken of verkopen"](#).

3.3 Voedselveiligheid en kwaliteit

De doelen op het gebied van voedselveiligheid richten zich op het ontwikkelen van protocollen conform EFSA-richtlijnen om microbiologische risico's (zoals chemische, bacteriële, virale, schimmel- en allergene risico's) bij insectenproducten te beheersen. Daarnaast wordt gewerkt aan duurzame verwerkingstechnologieën die zowel de veiligheid als de kwaliteit van insectenvoedsel waarborgen. Het in kaart brengen van voedselveiligheidsrisico's bij het gebruik van substraten, zoals reststromen, retourproducten en GFE, is essentieel voor veilige productieketens. Bedrijven zetten stappen in het opstellen van Novel Food-dossiers om markttoegang te vergemakkelijken. Ook wordt onderzoek gedaan naar de eigenschappen en toepassingen van frass, met het oog op nieuwe afzetmogelijkheden en het opstellen van nationale en Europese richtlijnen.

De opgaven:

1. Opstellen van protocollen om de voedselveiligheid van insectenproducten te borgen.
2. Ontwikkelen van duurzame verwerkingstechnologieën om kwaliteit van voedsel gemaakt van insecten te waarborgen.
3. In kaart brengen van de voedselveiligheidsrisico's bij het gebruik van verschillende substraten.
4. Opstellen van dossiers t.b.v. Novel Food regelgeving.
5. Frass: vervoer, verwerking en afzetmogelijkheden.

Opgave 1: Opstellen van protocollen om de voedselveiligheid van insectenproducten te borgen.

Opstellen van protocollen die de voedselveiligheid borgen van de nog-niet toegelaten dierlijke producten afkomstig van insecten die toegepast worden in humane voeding en diervoeder. Het gaat hierbij om het beheersen en voorkomen van mogelijke chemische, microbiële, virale en allergene risico's.

Aanpak en Stand van Zaken

Om de voedselveiligheid van insectenproducten te waarborgen, is uitgebreid onderzoek gedaan naar mogelijke risico's zoals chemische, microbiële, virale en allergene contaminaties. Dit onderzoek vond plaats binnen projecten als *Safe Insects* en *SUSINCHAIN*.

Belangrijke stappen zijn onder meer:

- Analyse van zware metalen, mycotoxinen, bacteriën, virussen en allergenen.
- Ontwikkeling van richtlijnen en best practices gebaseerd op onderzoeksresultaten

Een aantal resultaten zijn gedeeld in het Kennis Op Maat project 'Productie-efficiëntie verbetering in de insectenteelt in Nederland'.

Resultaten van het Safe Insects onderzoek zijn in april 2024 gepresenteerd tijdens het symposium van het project Safe Insects. Naar aanleiding van de resultaten uit dit project wordt een gezamenlijke beleidsnotitie opgesteld, die gepresenteerd zal worden aan de Europese Commissie. Best practices-sheets zijn opgesteld (in het Engels) binnen het SUSINCHAIN project over onderwerpen als risicobeheer en consumentenacceptatie, insectenteelt, insectenverwerking, gebruik van insecten in diervoeding, op insecten gebaseerde voedingsproducten, veiligheidscontroles en duurzame insecten waardeketens.

Successen en uitdagingen

Hoewel de protocollen bijdragen aan een betere voedselveiligheid, blijft de vertaalslag naar de praktijk een uitdaging. Veel kwekers hebben behoefte aan eenvoudig geschreven handleidingen in hun moedertaal. Daarnaast is bredere bewustwording binnen de sector noodzakelijk.

Waar zijn de resultaten te vinden?

Onderzoeksrapporten en Best Practice sheets van SusINCHAN zijn te downloaden op [de website van SusINCHAIN](#).

Resultaten van het KOM project 2021-2023 "Klaar voor de toekomst? Productie-efficiëntie verbetering in de insectenteelt in Nederland" zijn te vinden op de [websitepagina van het project](#).

Op de [website van Groen Kennisnet](#) zijn verschillende resultaten te vinden, waaronder resultaten uit het nieuwe KOM-project 2024-2026.

Opgave 2: Het ontwikkelen van duurzame verwerkingstechnologieën om kwaliteit en veiligheid van voedsel gemaakt van insecten te waarborgen.

Aanpak en stand van zaken:

Binnen deze opgave ligt de focus op het ontwikkelen en evalueren van duurzame en milde verwerkingsmethoden voor insecten, gericht op het behouden van voedingswaarde en eiwitfunctionaliteit. Onderzoek richtte zich op methoden zoals:

- High Hydrostatic Pressure (HHP): Vermindert microbiële belasting zonder nadelige effecten op de eiwitstructuur.
- Pulsed Electric Field (PEF): Effectief in combinatie met verhitting voor het verbeteren van productveiligheid.

- Microfiltratie: Verlaagt kiemgetallen en scheidt fracties met variërende eiwitfunctionaliteiten.
- Droog fractioneren: Veelbelovend voor het scheiden van insecten in verschillende productfracties.

Daarnaast is er gerelateerd onderzoek uitgevoerd in het SUSINCHAIN-project door o.a. KU Leuven, dat dieper ingaat op de invloed van de verschillende bewerkingstechnieken op de productsamenstelling.

Het SUSINCHAIN-project heeft richtlijnen en prototypes ontwikkeld voor de verwerking van insecten als duurzame eiwitbron. De belangrijkste resultaten omvatten:

- Industriële richtlijnen: CAS (Controlled Atmosphere Storage) en CAP (Controlled Atmosphere Packaging) om de kwaliteit en houdbaarheid te verbeteren.
- Magnetron en Radio Frequency drogen: Richtlijnen voor grootschalig drogen van insecten met magnetrons en optimalisatie van radiofrequentiedrogers (RF) zijn opgesteld, wat zorgt voor energie-efficiëntie en behoud van voedingswaarde.
- Prototype ontwikkeling: Inclusief prototypes voor radiofrequentiedrogers en LEEB-technologie (Low Energy Electron Beam) om hygiëne en veiligheid te verbeteren.
- High Moisture Extrusion (HME): Richtlijnen voor extruderen en het optimaliseren van textuur en functionaliteit van insecten-eiwitproducten.
- Enzymatic Treatments: Instructies voor het gebruik van enzymen en tricanter-technologie voor efficiënte verwerking.

De disseminatie van de onderzoeksresultaten zal, onder andere, plaatsvinden in het KOM-project 'Versterking van de insectensector door verspreiding van kennis uit insectenonderzoek' (2024 – 2026).

Successen en uitdagingen:

Een belangrijke uitkomst van het onderzoek is de bevestiging dat HHP effectief de microbiële lading kan verminderen terwijl de eiwitstructuur behouden blijft, iets wat met traditionele verhitting niet mogelijk is zonder nadelige effecten. De belangrijkste uitdaging is het introduceren en de opschaling van de nieuwe techniek door de industrie, en het onderzoeken van de vraag of verhitting daadwerkelijk een negatieve invloed heeft op de productkwaliteit en de eiwit-opneembaarheid.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

[Het onderzoeksrapport](#) naar milde verwerkingsprocessen van insecteneiwit 'Beyond Heat' van Luc Sweers (2024).

[Onderzoeksrapporten en Best Practice sheets](#) met betrekking tot de verwerking van insecten van het project SUSINCHAIN (in Engels).

Opgave 3: In kaart brengen van de voedselveiligheidsrisico's bij het gebruik van verschillende substraten.

Aanpak en stand van zaken

Binnen deze opgave zijn de voedselveiligheidsrisico's onderzocht bij gebruik van substraat voor insecten waarin dierlijke eiwitten kunnen voorkomen, zoals reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie, retourproducten van supermarkten, groenten, fruit en etensresten (GFE) van huishoudens, horeca en catering.

Binnen verschillende onderzoeksprojecten is er onderzoek gedaan naar het veilige gebruik van (nu nog niet toegestane) reststromen als substraat voor insecten. Hier is onder andere onderzocht of verschillende gevaren die mogelijk in reststromen kunnen voorkomen in insecten zullen worden teruggevonden wanneer ze gekweekt worden op gecontamineerde reststromen. Onderzochte mogelijke gevaren waren onder andere: zware metalen, pesticiden, omgevingscontaminanten (dioxines, PFAS), medicijnen, mycotoxines, virussen, prionen en pathogene bacteriën.

Het project Safe Insects heeft een symposium georganiseerd (april 2024), waarin de belangrijkste resultaten werden gedeeld en naar aanleiding van deze resultaten is met betrokken partijen aanwezig op het symposium gezamenlijk een beleidsbrief met aanbevelingen opgesteld. Op deze manier worden de resultaten gedeeld met de betrokken beleidsafdelingen in Europa die nieuwe wetgeving kunnen voorstellen op basis van dit onderzoek. Hiervoor wordt samenwerking gezocht met lidstaten en IPIFF.



Presentatie tijdens Safe Insects symposium "pathogens in residual streams?"

Successen en uitdagingen

Verschillende onderzoeken zijn gepubliceerd in wetenschappelijke literatuur, hierin worden ook de belangrijkste voedselveiligheidsresultaten gepresenteerd. Een aantal publicaties worden eind 2024 afgerond.

De policybrief "Safe insect rearing on yet to be legalized residual streams" wordt in het najaar van 2024 afgerond en gedeeld met betrokken beleidsmakers om wetgeving rond het gebruik van reststromen voor het kweken van insecten mogelijk te herzien.

Resultaten laten zien dat het veilig kweken van insecten mogelijk is op verschillende reststromen, hierbij kunnen insecten een belangrijke rol spelen in een circulair voedingssysteem.

Waar kunnen de resultaten gevonden worden?

[De websitepagina](#) van Safe Insects rearing on yet to be legally authorized residual streams.

De website van [SUSINCHAIN](#) – publicaties, rapporten, tools, videos, best practices sheets en roadmap

De website pagina van [COMYSECT](#)

De website van [InsectFeed](#) – insects as sustainable feed for a circular economy

- De publicaties zijn te vinden op [deze pagina](#).

Ook zijn er zijn 3 adviesrapporten geschreven vanuit het InsectFeed project:

1: Potentieel van insecten voor een circulaire, duurzame productie van veevoeder. Vanuit het perspectief van beleidsmakers. <https://doi.org/10.18174/670644>

2: Insectenkweek voor een circulaire, duurzame productie van diervoeder: kansen en uitdagingen voor investeerders. <https://doi.org/10.18174/671320>

3: Onderwijs en de eiwittransitie. Hoe onderwijs over insecten kan bijdragen aan een circulaire, duurzame productie van diervoeder. <https://doi.org/10.18174/671322>

Opgave 4: Opstellen van dossiers t.b.v. Novel Food regelgeving

Aanpak en Stand van Zaken

De Belgische BIFF (Belgian Insect Industry Federation) heeft momenteel openstaande Novel Food-aanvragen bij de EFSA voor krekels, meelwormen en sprinkhanen. Deze dossiers maken het mogelijk om insecten te verwerken zonder directe koppeling aan het ingediende dossier, wat kansen biedt voor kleinere kwekers en verwerkers. Het keuringsproces bevindt zich in de afrondende fase, en de eerste Novel Food-dossiers zijn inmiddels goedgekeurd.

Een belangrijk aspect is het verwijzen naar de goedkeuringen en handhavingsrichtlijnen van insecten als voedsel door Europese en nationale autoriteiten, waaronder de EFSA, de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) en de Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FACC) in België. Daarnaast is het essentieel om nieuwe partijen binnen de insectenketen hierover te informeren via organisaties zoals Venik en NIK.

Successen en uitdagingen

De goedkeuring van de eerste Novel Food dossiers is een belangrijk succes. Een bijbehorende uitdaging is ervoor te zorgen dat nieuwe partijen binnen de insectenketen goed geïnformeerd worden en actief betrokken blijven bij dit proces.

Waar zijn resultaten te vinden?

[Op de website van IPIFF](#): EU-wetgeving over Novel Food andere EU-vereisten die van toepassing zijn op producenten van insecten als voedsel.

[Op de website van de NVWA](#): Eetbare insecten kweken en verkopen voor menselijke consumptie

[Op de website van de volksgezondheid veiligheid van de voedselketen \(BE\)](#): Insecten in levensmiddelen: een veilige en gereguleerde eiwitbron

Opgave 5: Insecten frass: vervoer, verwerking en afzetmogelijkheden

Aanpak en stand van zaken

De afgelopen jaren is er meer aandacht gekomen voor de regelgeving rondom frass. Volgens de definitie in Verordening (EU) nr. 142/2011, bijlage VIII, hoofdstuk II wordt frass geclassificeerd als "Categorie 2 - Niet voor dierlijke consumptie", omdat het niet uitsluitend bestaat uit uitwerpselen, maar ook andere componenten bevat, zoals lichaamsdelen van insecten en substraat. Dit maakt dat onbehandelde frass geen mest is volgens de wetgeving voor dierlijke bijproducten (DBP).

De regels voor de behandeling van frass zijn onlangs verduidelijkt en vereenvoudigd in Verordening (EU) 2023/1605, die vereist dat frass wordt verhit op 70 graden Celsius gedurende één uur. Door deze hittebehandeling worden microbiologische risico's verminderd, en kan de veiligheid van frass als product worden gegarandeerd. Verwerkte frass is in te zetten als een veilige en waardevolle organische meststof of bodemverbeteraar volgens de eisen in Verordening (EG) nr. 1069/2009, artikel 3 en Verordening (EU) nr. 142/2011, bijlage VIII.

Van 2018 tot 2023 is het NWO-project 'Closing the loop: exploiting sustainable insect production to improve soil, crop and animal health' uitgevoerd naar de effecten van frass en vervellingshuidjes van drie insecten (zwarte soldaatvlieg, huiskrekel en meelworm) op bodemmicroben, plantengroei, weerbaarheid van planten tegen ziekten en plagen, gewasopbrengst en economische aspecten. Planten die groeiden in grond met producten van meelwormen of zwarte soldaatvliegen, hadden een betere weerbaarheid. Daarnaast veranderde de geur van de planten, wat leidde tot meer aantrekking van parasitaire wespen die schadelijke insecten bestrijden. Deze effecten werden zowel in het lab als in het veld waargenomen, waar de planten bovendien meer zaden produceerden. Boeren toonden interesse, vooral vanwege de

mogelijkheid om kunstmest en pesticiden te verminderen. Dit sluit aan bij hun streven om kosten te verlagen, gezonde producten te leveren en het milieu te beschermen.

Deze resultaten bieden een uitbreiding van de afzetmogelijkheden voor frass. In 2024 is de PPS Crop Residue Management gestart, met als doel duurzame methoden, waaronder de toepassing van frass, te onderzoeken voor het voorkomen van ziektes in de akkerbouw bij gewasrotatie. Vanuit de plantensector is interesse om breder onderzoek te starten naar effecten van toepassing van frass bijvoorbeeld bij aardbeien, sierteelt, en bredere toepassing in akkerbouw. Echter, is vanuit de insectensector gebleken dat het een uitdaging is om financieel bij te dragen aan dergelijk onderzoek.

Successen en uitdagingen

Een succes is de verduidelijking van de regels rondom frass en de erkenning van frass als meststof en dat frass mogelijk wordt opgenomen op de CMC10 lijst. Een uitdaging blijft de noodzaak om op de hoogte te zijn van deze regels en de gevolgen ervan voor de insectensector, evenals het creëren van uniformiteit in transportregels tussen verschillende lidstaten.

Het onderzoek "Closing the Loop" toont aan dat reststromen uit de insectenkweek effectief kunnen worden gebruikt als meststof en diverse voordelen bieden voor de bodem, gewassen en het milieu.

Belangrijke bevindingen omvatten:

- De reststromen van insectenkweek kunnen effectief als meststof worden gebruikt.
- Frass stimuleert de groei van gunstige bodembacteriën die bijdragen aan een gezonder bodemevenwicht. Deze bacteriën onderdrukken pathogene micro-organismen en schadelijke ongewervelden, zoals de koolvlieg.
- Het gebruik van frass bevordert de plantengroei en verhoogt de resistentie van planten tegen bepaalde ziekten. Hierin speelt de verbeterde bodemkwaliteit en de aanwezigheid van nuttige bacteriën een rol.
- Planten die met frass worden bemest, trekken meer natuurlijke vijanden van plaaginsecten aan, zoals parasitaire wespen, die helpen bij het bestrijden van schadelijke insecten.
- Bovenstaande resultaten betekenen dat toepassing van frass en/of vervellingshuidjes de behoefte aan kunstmest en pesticiden kan verminderen, wat gunstig is voor het milieu en de biodiversiteit.
- De kosten-batenanalyse van het onderzoek toonde aan dat het gebruik van frass na ongeveer een jaar gunstig is voor boeren.

Conclusie: Het onderzoek laat zien dat reststromen uit de insectenkweek, zoals frass en vervellingshuidjes een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan duurzame productie van gewassen. Vervolgonderzoek richt zich op de toepassing in strokenlandbouw.

Waar te zijn resultaten te vinden?

Aangepaste Europese wetgeving m.b.t. frass:

- [VERORDENING \(EU\) 2021/1925](#) tot wijziging van bepaalde bijlagen bij Verordening (EU) nr. 142/2011 wat betreft de vereisten voor het op de markt brengen van bepaalde insectenproducten en de aanpassing van een methode van compostering in cellen
- [Gedelegeerde Verordening \(EU\) 2023/1605 tot aanvulling van Verordening \(EG\) nr. 1069/2009](#) van het Europees Parlement en de Raad wat betreft de bepaling van eindpunten in de productieketen van bepaalde organische meststoffen en bodemverbeteraars.

[De website pagina van NWO](#) over het project 'Closing the loop: exploiting sustainable insect production to improve soil, crop and animal health'

3.4 Veterinaire en contact-zoönotische veiligheid

De doelen op het gebied van veterinaire en contact-zoönotische veiligheid richten zich op het in kaart brengen van risico's, waaronder de transmissie van aangifteplichtige ziekten en contact-zoönotische risico's die kunnen leiden tot beroepsziekten. Dit onderzoek omvat de analyse van huidige en

alternatieve substraten voor insectenkweek, zoals reststromen uit de levensmiddelenindustrie, mest, retourproducten van supermarkten, en afvalstromen uit keukens, catering en horeca.

Daarnaast wordt er gericht op het voorzien van insectenkwekers van deskundig advies over bedrijfsvoering en gezondheidszorg binnen hun bedrijf. Dit omvat onder andere de mogelijkheid om diagnostiek van belangrijke insectenziekten uit te laten voeren in gespecialiseerde laboratoria, zodat kwekers tijdig geïnformeerd worden over de gezondheid van hun kweek en preventieve maatregelen kunnen nemen.

De opgaven:

1. Inzicht in veterinaire risico's (insecten en keten) en mogelijke preventie.
2. Inzicht in contact-zoönotische risico's en beroepsziekten en mogelijke preventie.
3. Het realiseren van veterinaire zorg in de insectensector.

Opgave 1: inzicht in veterinaire risico's (insecten en keten) en mogelijke preventie.

Aanpak en Stand van Zaken

Het project VetSect heeft een inventarisatie gemaakt van diagnostische methoden bij verschillende instituten in Nederland, waarbij budget nodig is voor uitbreiding van testen voor insectenziekten. Binnen het project 'InsectDoctors' is onderzoek gedaan naar pathogenen, gastheer-pathogeen interacties en de impact van omgevingsfactoren op insecten.

Het BO-project 'Ziekten, plagen en zoönosenverwekkers in de insectenteelt' inventariseert ziekten en plagen die binnen de commerciële insectenteelt kunnen voorkomen en hun zoönotisch potentieel, en brengt bestaande hygiënemaatregelen en preventie-/behandelmethoden in kaart. De focus ligt op de kweek van meelwormen en larven van de zwarte soldatenvlieg. Informatie en conclusies uit het project worden gedeeld met diverse stakeholders; primaire beleidsmakers (LNV, VWS, NVWA en RIVM) en de insectensector zelf, via VENIK.

Groei- en spike experimenten tonen aan dat bacteriën, virussen en antibioticaresistente bacteriën aanwezig kunnen zijn in reststromen en gekweekte insecten, met mogelijke risico's voor consumenten afhankelijk van verwerking van de insectenproducten.

Insectenkwekers ervaren regelmatig problemen en uitval in de kweek, maar herkennen deze niet altijd als mogelijke specifieke infectieziekten. Dit wordt mede veroorzaakt door een gebrek aan kennis en toegang tot diagnostiek. Hierdoor passen kwekers vooral algemene preventieve maatregelen toe, zonder dat duidelijk is welke acties specifiek nodig of effectief zijn. Er is bovendien veel variatie in biosecurity-protocollen en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, waarbij onduidelijk blijft welke maatregelen het meest zinvol zijn.

Uit monsters die zijn genomen op insectenbedrijven (BO Insectenziekten) blijkt de aanwezigheid van virussen die mogelijk een effect hebben op de gezondheid van insecten. Omdat deze monsters afkomstig waren van ogenschijnlijk gezonde insecten, is verder onderzoek nodig om de impact van deze bevindingen beter te begrijpen. Mogelijke zoönotische bacteriën werden in beperkte mate aangetroffen. Het verwerken van insecten volgens kan helpen om de risico's in de keten te beperken

Successen en uitdagingen

Internationaal is er een samenwerking ontstaan tussen University Copenhagen (schimmeldiagnostiek, parasitologie, bacteriologie), WFSR (HACCP in kweekinsecten), WBVR (mogelijke ziekteverwekkers zoals bacteriën, zoönose-risico van zoönosen) en de KU Leuven (bacteriën en schimmels gerelateerd aan voedselveiligheid van kweekinsecten). Bij zowel WBVR als Royal GD is in de afgelopen jaren ervaring opgedaan met het analyseren van monsters van diverse Nederlandse insectkwekers. Via verschillende

methodes, zoals bacteriologisch onderzoek en het sequensen van zowel insecten als frass, is een inventarisatie gedaan om meer inzicht te krijgen op relevante pathogenen in de insectenkweek.

Het inzicht in contact-zoönotische risico's en beroepsziekten wordt verder ontwikkeld door onderzoek, waaronder naar bacteriën zoals *Serratia marcescens* (Bello-Gonzalez, 2023), wat bijdraagt aan een beter begrip van mogelijke aandachtspunten binnen de sector.

Een eerste goede stap is gezet in het inzicht in veterinaire risico's en preventieve maatregelen. In de uitgevoerde literatuurstudie, groei- en spike-experimenten (PPS Safe Insects) is geconcludeerd dat bacteriën, virussen, parasieten, schimmels en antibioticaresistente bacteriën aanwezig kunnen zijn in reststromen en kweekinsecten. Dit is niet per definitie een probleem, mogelijke risico's ontstaan als het hierbij gaat om de aanwezigheid van ziekteverwekkende bacteriën, wat in beperkte mate is gevonden (PPS Safe Insects en BO Insectenziekten). De manier waarop deze producten worden verwerkt speelt een belangrijke rol bij de uiteindelijke blootstelling van de consument (dier en/of mens).

Opgave 2: inzicht in contact-zoönotische risico's en beroepsziekten en mogelijke preventie.

Aanpak en stand van zaken

De voortgang op dit onderwerp is tot nu toe beperkt gebleven. Binnen BO Insectenziekten is dit onderwerp niet opgenomen vanwege de benodigde ethische toetsing en de korte looptijd van het project. Tijdens interviews hebben kwekers echter hun zorgen geuit over de mogelijke ontwikkeling van allergieën. Er is duidelijk behoefte aan meer kennis over de gevaren, de risico's die hiermee samenhangen, en de preventieve maatregelen die nodig zijn om deze risico's te beheersen.

De resultaten van BO Insectenziekten zijn besproken met de sector. Deze eerste inzichten hebben bijgedragen aan bewustwording over veterinaire risico's en de noodzaak van gerichte (preventieve) maatregelen tegen eventuele zoönosen, o.a. een goede hygiëne op het bedrijf, zowel bij de kweek als bij de verwerking van de insecten.

Bij de insectenkwekers is er behoefte aan meer kennis (en het herkennen) van infectieziekten en laagdrempelige diagnostiek. De beperkte kennis om de aanwezigheid van infectieziekten te kunnen beoordelen maakt dat (preventieve) maatregelen algemeen zijn en daardoor wellicht minder effectief. Laagdrempelige diagnostiek kan ook leiden tot meer monsters uit het veld die bijdragen aan inzicht in de aanwezigheid van infectieziekten. BO insectenziekten is hierin een eerste inventarisatie geweest. Meer monsters zijn nodig om de werkelijke risico's in kaart te brengen.

Successen en uitdagingen

Een uitdaging is het in kaart brengen van allergieën en beroepsziekten die kunnen optreden in de insectenkweek en bij de verwerking van insecten. Daarnaast is er behoefte aan inzicht in de benodigde persoonlijke beschermingsmaatregelen om deze risico's effectief te voorkomen.

Waar kunnen we de resultaten vinden

Naast de uitgebreide wetenschappelijke literatuur in het literatuuroverzicht van dit document verwijzen wij voor de resultaten naar de projectwebsites:

[Het rapportage van Wageningen Bioveterinary Research](#): Ziekten, plagen en zoönoseverwekkers in de insectenteelt.

En de bijbehorende [websitepagina](#).

[De websitepagina](#) van het project 'Safe insect rearing on yet to be legally authorized residual streams'.

Opgave 3: Het realiseren van veterinaire zorg in de insectensector

Aanpak en stand van zaken

Op basis van de resultaten van opgave 1 en 2 is de eerste stap gezet voor Veterinaire zorg in de insectensector. Veterinaire zorg in de insectensector bevindt zich in een beginfase en vereist verdere ontwikkeling en organisatie.

In de afgelopen jaren is er aanzienlijke vooruitgang geboekt op het gebied van onderwijs en kennisoverdracht in de insectensector m.b.t. insectenziekten. Er zijn verschillende initiatieven genomen, zoals het starten van het lectoraat INVIS aan de HAS Green Academy en het gastdocentschap in cursussen insectenweek waarbij ziekten en plagen in insectenweek uitgebreid zijn besproken.

Het VetSect project, met het doel om mogelijkheden voor het opzetten van een diagnostische service voor de insectensector te inventariseren, heeft relevante inzichten opgeleverd. Binnen het project is een inventarisatie gemaakt van potentiële pathogenen en beschikbare diagnostische methoden. Het VectSect-overleg, dat sinds de uitvoering van het project is opgezet heeft een structureel karakter gekregen, biedt partners uit de insectensector de mogelijkheid om regelmatig projecten en activiteiten met betrekking tot veterinaire zaken te bespreken en snel te kunnen schakelen bij calamiteiten.

Venik heeft samen met GD een pilot uitgevoerd met als onderzoeksvraag de definitie van een gezond insect, met als doel om kennis en vaardigheden te ontwikkelen voor het voorkomen en beheersen van ziektes in commerciële insectenproductiesystemen. Vervolgens is gewerkt aan de ontwikkeling van diagnostiek, waarbij samenwerkingen met organisaties zoals Royal GD en WBVR waardevolle resultaten hebben opgeleverd. Verder heeft BO Insectenziekten tot doel beleidsmakers te voorzien van relevante informatie. Binnen het EU-project Insect Doctors zijn studenten opgeleid tot PhD's insectenpathologen. Dit project heeft een Europese context en draagt bij aan het vergroten van de kennis en expertise op dit gebied.

Om het kennisniveau onder ondernemers binnen de sector te verbeteren is kennis en expertise over insectengezondheid gedeeld onder insectenkwekers, hiervoor zijn presentaties gehouden voor insectenkwekers en is hier aandacht aan besteed in het KOM project 'Productie-efficiëntie verbetering in de insectenteelt in Nederland'.

Inspanningen zijn ook geleverd om veterinaire zorg in de insectensector te verbeteren, waaronder contact met de Faculteit Diergeneeskunde voor het opzetten van een 3^e-jaars keuzevak Insecten voor diergeneeskunde studenten. De eerste stappen zijn gezet in het streven naar het versterken van de veterinaire zorg in de insectensector.

Successen en uitdagingen

Uit het project BO Insectenziekten blijkt dat dierenartsen vrijwel niet betrokken zijn bij de insectensector, en kwekers geven aan dat dierenartsen hen weinig ondersteuning kunnen bieden door een gebrek aan specifieke kennis over insecten. Dit wijst op een duidelijk hiaat in expertise. Aanvullende inspanningen zijn nodig om studenten te enthousiasmeren voor een rol binnen de insectensector en hen de benodigde kennis en vaardigheden bij te brengen.

Toegankelijke diagnostische diensten en veterinair advies zijn bovendien belangrijk voor insectenkwekers, en het versterken van deze ondersteuning kan bijdragen aan de verdere professionalisering van de sector.

Binnen VetSect is een regulier overlegorgaan opgezet voor veterinaire zaken in de insectensector met twee keer per jaar online bijeenkomsten en snelle acties bij calamiteiten. Onder leiding van WBVR nemen hier LVVN, NVWA, Royal GD en Venik aan deel.

Waar kunnen we de resultaten vinden

[De website van het lectoraat INVIS](#) Nieuwe eiwitten, insecten en vis, gezond, duurzaam en veilig.

[Het rapport 'Ziekten, plagen en zoonoseverwekkers in de insectenteelt'](#) van Wageningen Bioveterinary Research.

[De website](#) van het project Insect Doctors.

[De websitepagina van Susinchain](#): Insectenziekten en pathologie training materiaal

3.5 Regelgeving

Venik, onderzoeksinstituten en de rijksoverheid werken nauw samen om regelgevingskwesties op Europees niveau aan te kaarten. Belangrijke initiatieven zoals de Green Deal B092 'Insecten voor Food, Feed en Farma' en het advies van BuRO van de NVWA over de risico's van insecten voor diervoeder, gekweekt op voormalige voedingsmiddelen, spelen hierin een centrale rol. Het advies benadrukt de noodzaak van aanvullende onderbouwing met relevante onderzoeksdata om de risico's beter te beoordelen.

Huidige nationale en EU-regelgeving beperkt de mogelijkheden van insectenproducten in diervoeding en hindert de kringlooplandbouw doordat bepaalde substraten voor het kweken van insecten niet zijn toegestaan. Voor het bevorderen van kringlooplandbouw is onderzoek naar de veiligheid van insecten gekweekt op voormalige voedingsmiddelen (en mogelijke toepassingen voor non-food/feed) noodzakelijk zodat regelgeving aangepast kan worden op basis van wetenschappelijk onderzoek.

De kennis over de inpassing van insectenkwekerijen in de omgeving, zoals bij het aanvragen van omgevingsvergunningen, is momenteel zeer beperkt. Het ontwikkelen van een specifieke handreiking voor gemeenten, waarbij insectenkwekerijen worden opgenomen in Infomil, zou een waardevolle ondersteuning bieden en bijdragen aan de verdere groei van de sector.

De opgaven:

1. Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de toepassing van insectenproducten in de voeding van mens en dier.
2. Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de voeding van insecten met grondstoffen, passend in kringlooplandbouw.
3. Duidelijkheid creëren over de eisen voor het verkrijgen van een omgevingsvergunning voor insectenkwekerijen.

Opgaven 1 en 2 zullen gezamenlijk worden behandeld.

Opgave 1: Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de toepassing van insectenproducten in de voeding van mens en dier.

Opgave 2: Ondersteunend onderzoek ter onderbouwing van aanpassing van EU-regelgeving voor de voeding van insecten met grondstoffen, passend in kringlooplandbouw.

Aanpak en stand van zaken

Per september 2021 is het gebruik van verwerkte dierlijke eiwitten van insecten toegestaan (Verordening (EU) 2021/1372 tot wijziging van Verordening (EC) 999/2001) in varkens- en pluimveevoeder nadat de toelating er al eerder was voor aquacultuur.

De Europese Commissie heeft een uitspraak gedaan om de status van levende insecten voor vervoeding aan dieren te verduidelijken. Hieruit kwam naar voren dat levende insecten legaal vervoerd mogen worden binnen de Europese Unie (m.u.v. herkauwers) mits aan de diervoederwetgeving wordt voldaan. De definitieve beschrijving en voorwaarden hieraan verbonden is beschreven in [het verslag van de SCOPAFF](#) (februari 2024).

GFE/GFT en mest zijn momenteel niet toegestaan om als substraat in te zetten. Om ook deze reststromen zo circulair mogelijk in te zetten zijn verschillende projecten opgestart om deze stromen testen. Zo is in

SafeInsects onderzoek gedaan naar het veilig gebruik van Groenten Fruit en Etensresten (GFE) en slib. De soorten slib die voor het onderzoek gebruikt zijn komen o.a. uit de aardappelverwerkende, suiker- en zuivelindustrie, uit steden (groot en klein) en eilanden, aquacultuur en dierlijk slib.

Medio 2024 is een project gestart voor praktisch onderzoek op demonstratieschaal naar het gebruik van GFE uit huishoudens.

Het CoMySect project onderzoekt het inzetten van o.a. bermgras, Japanse duizendknoop en riet na een composteringsstap als substraat voor insecten.

In 2024 is een drietal voedselveiligheidsonderzoeksprojecten gestart:

- Safe Insects 2.0: Insects as intermediate step to safely feed former foodstuffs and animal by-products to livestock, aquaculture and pets
- LWV23.087 "Insect Health and Insecticide Residues in Substrates" verdiepend onderzoek gericht op het effect van pesticiden residuen in substraten op insecten.
- LWV23049 'Safety of packaging material in insect feed' - onderzoekt de mogelijke impact van de aanwezigheid van verpakkingen en het mogelijke effect van o.a. microplastics aanwezig in het substraat op voedselveiligheid.

Successen en uitdagingen

Het is een succes en een sprong vooruit voor de insectensector dat verwerkte insecten als voer/ingrediënt voor vis, varkens en pluimvee zijn toegelaten en dat de status van levende larven binnen de diervoederwetgeving is verhelderd.

Het aanpassen van wetgeving is een langdurig traject en daarmee een uitdaging. Voor een rendabele sector is verbreding van het aanbod reststromen als substraat belangrijk, hiervoor is ondersteunend onderzoek noodzakelijk.

Waar kunnen we de resultaten vinden

[De websitepagina van Safe Insect rearing on yet to be legally authorised residual streams](#) – WUR

[De websitepagina 'borgen van de veiligheid van insecten'](#) – WUR

[SUSINCHAIN](#) – publicaties, rapporten, tools, videos, best practice sheets en roadmap

[De website van COMYSECT](#) – WUR

[InsectFeed](#) – publicaties over mycotoxinen en insecten

Opgave 3: Duidelijkheid over eisen aan insectenkwekerijen in verband met omgevingsvergunning.

Aanpak en stand van zaken

Er is een verkennend onderzoek uitgevoerd om een eerste beeld te schetsen van de mogelijke impact van insectenkwekerijen op de leefomgeving. Het onderzoek richtte zich op de aard en waarschijnlijkheid van eventuele belasting, het proces van vergunningverlening, en de behoeften van omgevingsdiensten. Deze behoeften omvatten onder andere kennis, emissiecijfers en regelgeving, die noodzakelijk zijn om een zorgvuldige toetsing bij vergunningverlening mogelijk te maken.

Uit literatuuronderzoek blijkt dat er weinig informatie over emissies uit insectenkwekerijen bekend is, afgezien van onderzoeken op kratniveau of in kleine proefopstellingen in klimaatkamers. Aandachtspunten zijn de blootstelling aan insectendeeltjes, die allergische reacties kunnen veroorzaken, en de variërende emissies zoals aangetoond door indicatieve metingen bij kwekerijen van meelwormen, zwarte

soldaatvliegen en huisvliegen. Daarnaast is binnen het Interreg-project Valusect onderzoek gedaan naar methoden voor het meten van emissies, wat bijdraagt aan een beter inzicht in dit onderwerp.

Op 4 april 2024 is een informatieve bijeenkomst georganiseerd in Brabant en Limburg over circulair ondernemen met insecten, inclusief de milieu-impact van insectenteelt. De doelgroep waren gemeenteambtenaren, provincies en contactfunctionarissen die spreken met agrariërs die willen stoppen of omschakelen.



De bijeenkomst op 4 april 2024 voor gemeenteambtenaren om te leren over de insectensector, [bekijk hier het nieuwsartikel over de bijeenkomst](#).

Successen en uitdagingen

Indicatieve metingen tonen aan dat de emissies lager zijn dan bij reguliere veehouderijen. Voor een zorgvuldige beoordeling en vergunningverlening is aanvullende data nodig, evenals meer duidelijkheid over de kaders en richtlijnen.

De regelgeving voor piekbelasters en stoppers kent een complexe structuur, wat gemeenten voor uitdagingen stelt bij de uitvoering van beëindigingsregelingen en het proces rondom vestigingsvergunningen voor nieuwe bedrijfsvoering.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

Openbaar rapport komt binnenkort online: Luchtemissies en vergunningverlening bij insectenkwekerijen (*Aerial emissions and permit granting in insect production*) (onder review bij LVVN)

Het rapport "[Determining greenhouse gas production by edible insects](#)" uit het Valusect project.

Het rapport "[Ammonia emissions related to black soldier fly larvae during growth on different diets](#)" uit het Valusect project.

[Het rapport van WUR](#) over de bijdrage van gekweekte insecten aan duurzame voedselsystemen.

3.6 Klimaat en circulariteit

De duurzaamheidsaspecten van verschillende productiesystemen vormen de basis voor innovatie binnen de insectenketen. Het verspreiden van kennis over deze aspecten is daarbij een cruciale vervolgstap. Belangrijke aandachtspunten zijn de benodigde voedergrondstoffen (inclusief hun herkomst), het gebruik van laagwaardige reststromen en de integratie van insecten in het voedselsysteem. Daarnaast wordt

gekeken naar energiegebruik, emissies en de benutting van co-producten, zoals bierbostel.

Levenscyclusanalyses (LCA's) spelen een essentiële rol in het beoordelen van de duurzaamheid en circulariteit, evenals studies naar welzijn, milieu- en economische scenario's. Ook wordt onderzocht hoe variatie tussen houderijsystemen de milieueffecten en productie-efficiëntie beïnvloedt.

De opgaven:

1. Definiëren en toepassen van kengetallen voor duurzaamheidsanalyse.

Opgave 1: Definiëren en toepassen van kengetallen voor duurzaamheidsanalyse

Aanpak en stand van zaken

Binnen het project SUSINCHAIN is een tool ontwikkeld waarmee de milieu-impact in vier categorieën kan worden berekend: aardopwarmingsvermogen (GWP), niet-hernieuwbaar energieverbruik (NRE), landgebruik (LU) en watergebruik (WU). De tool heeft als doel om de productie en omgevingsimpact in de ontwerpfase in te schatten voor bedrijven en start-ups die zich bezighouden met de kweek van insecten.

De tool is gebaseerd op de IMPACT 2002+ LCIA-methodologie voor de berekening van de milieu-impact en de kosten zijn berekend op basis van openbaar beschikbare prijzen. Voor watergebruik wordt de IMPACT WORLD+ methodologie gebruikt.

Successen en uitdagingen

De SUSINCHAIN tool is een nuttig instrument om de impact van verschillende substraten op het milieu te beoordelen, wat kan bijdragen aan de ontwikkeling van duurzame en efficiënte insectenkweekpraktijken. Door de milieu-impact van productieprocessen in kaart te brengen, kunnen verbeteringsmogelijkheden worden geïdentificeerd en kan een meer duurzame aanpak worden nagestreefd.

Deze tool is online beschikbaar en maakt uitvoering mogelijk van levenscyclusanalyses (LCA's) van verschillende substraten, zoals reststromen en groenten, fruit en etensresten (GFE) van huishoudens, horeca en catering. Het biedt handvatten voor het inschatten van de milieu-impact en kosten en kan een belangrijke bron zijn voor het bevorderen van duurzame insectenkweekpraktijken.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

De [SUSINCHAIN tool is online beschikbaar](#) en kan geraadpleegd worden door bedrijven en start-ups betrokken bij insectenkweek.

3.7 Markt en economie

Het professionaliseren van de insectenproductieketen en het ontwikkelen van een economisch perspectief om de kringlooplandbouw en eiwittransitie te versnellen.

Het verdienvermogen van insectenkwekers verbeteren door het ondersteunen van koplopers in de (industriële) insectenproductie en het faciliteren van omschakelaars uit traditionele agrarische sectoren met gerichte maatregelen. In 2021 is aansluiting gezocht bij het Omschakelfonds Kringlooplandbouw.

Daarnaast is het van belang om perspectief te ontwikkelen voor de markt van insectenproducten door het professionaliseren van een snelgroeiende keten en het creëren van optimale omstandigheden in een markt met diverse groeisurten.

De opgaven:

1. Professionaliseren van de keten en ontwikkelen van een economisch perspectief.
2. Verbeteren van het verdienvermogen van insectenkwekers.

3. Ontwikkelen en onderhouden van technische en economische kengetallen en inzicht in markteisen en –verwachtingen, en trends in de markt.

Opgave 1: Professionaliseren van de keten en ontwikkelen van een economisch perspectief.

Aanpak en Stand van Zaken

De sector is in ontwikkeling met bijbehorende schommelingen, waarbij vraag en aanbod niet in balans is. Er zijn verschillende strategieën ontwikkeld om de keten in de insectensector te verbeteren. Een belangrijke maatregel is het verlagen van de kostprijs van substraat. Dit kan door gebruik te maken van goedkopere en (nog niet toegelaten) reststromen die niet concurreren met andere food/feed stromen. Een belangrijk project is Safe Insects, dat loopt tot eind 2024. Binnen dit project wordt onderzoek gedaan naar hoe niet toegestane reststromen als goedkoop substraat veilig kunnen worden ingezet.

Om de vraagzijde naar insectenproducten te ontwikkelen worden in kerngroepen van NIK nieuwe markten verkend en insectenproducten ontwikkeld. Daarnaast worden in het nieuwe KOM project businesscases opgezet, onder andere op het gebied van producten met insecten ingrediënten en insecten als voer in de pluimveeketen.

Verder is aansluiting gezocht met het omschakelfonds, wat ondergebracht is bij het Groenfonds, om financiering mogelijk te maken voor agrariërs die omschakelen vanuit traditionele agrarische sectoren.

Successen en uitdagingen

De sector heeft verschillende successen geboekt, waaronder het aantrekken van investeringen. Tegelijkertijd staan sommige bedrijven onder druk en verkeren zij in financieel zwaar weer. Focus op ontwikkelde strategieën voor het verlagen van kosten door onderzoek naar onderbenutte reststromen met een lage waarde is belangrijk voor winstgevendheid. Positionering van insecteningrediënten met een bewezen toegevoegde waarde (InsectFeed project) is belangrijk voor een rendabel verdienmodel.

Naast het ontwikkelen van een goed verdienmodel en een stabiele groei van de markt, blijft de uitdaging het professionaliseren van de keten en het creëren van optimale marktvoorwaarden in een sector met diverse groeisputten.

Waar kunnen we de resultaten vinden

Gezamenlijke marktontwikkeling in kerngroepen van NIK, te vinden op de [website van het NIK](#).

Financiering voor het omschakelen naar insectenkweek kan aangevraagd worden bij het Nationaal Groenfonds via [de website](#).

Opgave 2: Verbeteren van het verdienvermogen van insectenkwekers.

Aanpak en Stand van Zaken

De afgelopen jaren is de productiecapaciteit binnen de insectenkweeksector sterk gegroeid. Echter, aan de marktzijde is er gebrek aan ontwikkeling. Het Groenfonds kan bijdragen met voorraadfinanciering om hier verandering in te brengen.

Ondanks de groeiende productiecapaciteit is de vraag naar insectenproducten schommelend. Er is overproductie of de sector kan niet aan de hoeveelheid vraag voldoen. Dit hangt samen met verschillende factoren, zoals een gebrek aan incentives, prijzen, en zekerheid over continue aanleveringen en de continue samenstelling.

Om deze uitdagingen aan te pakken, werkt het NIK aan business cases voor pluimvee, petfood en humane consumptie in samenwerking met betrokken bedrijven en experts binnen het in 2024 gestarte KOM project 'Versterking van de insectensector door verspreiding van kennis uit insectenonderzoek'.

Voor omschakelaars is de business case vooralsnog te beperkt en is de regelgeving soms onduidelijk. Het is belangrijk dat hier meer aandacht voor komt, zodat deze groep ook gestimuleerd wordt om de overstap te maken naar insectenkweek.

Het Kennis op Maat project (KOM) Productie-efficiëntie verbetering in de insectenteelt in Nederland liet zien dat banken minder interesse lijken te hebben in de insectensector, vanwege de ogenschijnlijk grotere financiële risico's die hiermee gepaard gaan.

Successen en uitdagingen

Met het Groenfonds zijn afspraken gemaakt over het inzetten van middelen uit het omschakelfonds. Voor de financiering van insectenbedrijven speelt het Groenfonds een belangrijke rol door gedeeltelijk financiering mogelijk te maken en zo de ontwikkeling van deze sector mogelijk te maken.

Waar kunnen we de resultaten vinden

Voor informatie over financiering kunt u [de website van Nationaal Groenfonds](#) raadplegen.

Opgave 3: Ontwikkelen en onderhouden van technische en economische kengetallen en inzicht in markteisen en –verwachtingen, en trends in de markt.

Aanpak en Stand van Zaken

In de KWIN (Kwantitatieve Informatie Veehouderij) is aandacht besteed aan de meelwormenkweek. Er werd echter veel variatie gevonden, wat betekent dat verdere dataverzameling nodig is om de betrouwbaarheid te vergroten. Voor de Black Soldier Fly (BSF) kweek was sprake van een meer kwalitatieve benadering, vanwege een gebrek aan voldoende bedrijven voor kwantitatief onderzoek. Binnen InsectFeed is een economische analyse gemaakt voor BSF productie en een analyse van de kansen en uitdagingen voor een gezonde economische waardeketen.

Successen en uitdagingen

Onafhankelijke kwantitatieve informatie is belangrijk voor financiers, investeerders, accountants en verzekeraars.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

[Het rapport “Financiële haalbaarheid tuinbouwreststromen als voer voor Black Soldier Fly larven”](#) - WUR

KWIN – [Handboek Kwantitatieve Informatie Veehouderij](#), hoofdstuk insecten

[Het rapport “Insectenkweek voor een circulaire, duurzame productie van diervoeder: kansen en uitdagingen voor investeerders”](#) vanuit het InsectFeed project.

Recent deelde een voormalig oprichter en CEO van een van insectenbedrijven zijn [investeringsinzichten voor de insectenindustrie](#).

3.8 Consument en maatschappij

In een zich ontpoppende sector is het essentieel om tijdig, objectief en transparant te communiceren over de voor- en nadelen van insectenproductie, evenals de ethische aspecten met betrekking tot dierenwelzijn, volksgezondheid, milieueffecten en biodiversiteit.

Dit omvat ook het belichten van de positieve waarde van insectenproducten in de voeding van zowel mens als dier.

De opgave:

1. Transparante communicatie over de voor- en nadelen van insectenproductie.
2. Onderzoek naar ethische aspecten, zoals dierenwelzijn en biodiversiteit.

3. Invloed op biodiversiteit (ontsnappen van exoten). Ontsnappingsrisico's van insecten voorkomen, het ecologisch perspectief en als besmettingsbron voor mens en dier.
4. Voedingswaarde van reststromen voor insecten
5. Voedingswaarde van insecten voor mens en dier.
6. Verwerken van insecten tot humaan voedsel in relatie tot voedingswaarde

Opgave 2 en 3 zullen gezamenlijk worden behandeld.

Opgave 1: Transparante communicatie over de voor- en nadelen van insectenproductie.

Aanpak en Stand van Zaken

Transparante communicatie over de voor- en nadelen van insectenproductie is een belangrijke stap voor de verdere ontwikkeling van de insectensector. De aanpak voor transparante communicatie is geïntegreerd in verschillende projecten en programma's van het NIK. Er zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar onderwerpen zoals consumentenacceptatie, verwerking van insecten, veiligheid in de keten, dierenwelzijn, en de kweek van insecten als duurzaam veevoer. Voornamelijk het NIK heeft actief gecommuniceerd met verschillende doelgroepen, waaronder consumenten, bedrijven en wetenschappers, via sociale media, bijeenkomsten, de NIK-website, nieuwsbrieven en lesprogramma's voor basisscholen.

Bovendien zijn er kerngroepen opgericht die zich richten op specifieke thema's, zoals reststromen en verdienmodellen voor humane consumptie. Dit heeft geleid tot de oprichting van het NIK-platform, dat nu fungeert als een centrale informatiebron voor de sector, inclusief een website, LinkedIn-pagina en nieuwsbrief. Deze inspanningen hebben ook bijgedragen aan samenwerking tussen bedrijven en een vergroting van de bekendheid van de insectensector. Ook binnen de sector ontstaat een groeiend bewustzijn over dierenwelzijn en milieueffecten. Specifieke evenementen waarin resultaten gedeeld worden, over bijvoorbeeld dierenwelzijn, hebben plaatsgevonden bij InsectFeed en over LCA's bij SusInchain. Algemene resultaten worden gedeeld op de jaarlijkse Nederlandse stakeholderbijeenkomsten en zorgen voor brede kennisverspreiding en het verder agenderen van vervolgonderzoek.

Er worden praktische tools ontwikkeld, zoals een welzijnschecklist door Aeres Hogeschool in samenwerking met relevante stakeholders, en er is meer kennis verspreid over de voedingswaarde van insecten. Tevens is een eerste aanzet tot een goed onderbouwd en breed uit te dragen narratief gemaakt.

Successen en Uitdagingen

De bekendheid van de insectensector en de toepassingen van insecten in voeding en diervoeding is gegroeid, mede dankzij diverse marktintroducties van voedingsmiddelen en diervoederproducten met insecten.

Daarnaast heeft het NIK een laagdrempelig netwerk gecreëerd dat samenwerking binnen de sector bevordert en de bewustwording gestimuleerd over o.a. dierenwelzijn en de voordelen van insecten in een circulaire economie. Het NIK deelt onderzoeksresultaten met stakeholders binnen en buiten de insectensector, evenals met consumenten, via de website en door het organiseren van (online) evenementen. Daarnaast organiseert Venik online cafés voor leden en, incidenteel, voor niet-leden om belangrijke thema's en onderzoeksresultaten te presenteren en te bespreken.

Echter, blijven er uitdagingen bestaan. Het communiceren van een eenduidige boodschap vanuit de insectensector is een belangrijk aandachtspunt. Naast het vergroten van consumentenbewustzijn over de voor- en nadelen van insecten, is het van belang om nadelen om te zetten in positieve aspecten door verbeteringen in het productieproces. Dit vraagt om transparantie van de sector en de productiemethoden.

Het vergroten van consumentenbewustzijn is een langdurig proces en er is behoefte aan meer educatie op verschillende niveaus. Verder is het essentieel om overheden te blijven informeren vover de voordelen die insecten bieden als alternatieve eiwitbron en als onderdeel van een circulaire economie.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

[De website van Groen Kennisnet.](#)

[De website van het NIK.](#)

De [websitepagina “eetbare insecten kweken of verkopen”](#) van de NVWA.

De [websitepagina “insecten eten”](#) van het Voedingscentrum.

De [websitepagina “insecten als voedsel en veevoer”](#) van Wageningen Universiteit.

Opgave 2: Onderzoek naar ethische aspecten, zoals dierenwelzijn en biodiversiteit.

Opgave 3: Invloed op biodiversiteit (ontsnappen van exoten). Ontsnappingsrisico's van insecten voorkomen, het ecologisch perspectief en als besmettingsbron voor mens en dier.

Aanpak en Stand van Zaken

Het is belangrijk om inzicht te krijgen in gedrag en welzijn van insecten in relatie tot het productiesysteem waarin ze gehouden worden. Ook dienen adequate afdodingsmethoden gestimuleerd te worden. De RDA-zienswijze 'Ontpoping van de insectensector' uit 2018 haalt het voorzorgsprincipe voor dierenwelzijn in de insectenkweek aan. Deze zienswijze houdt in dat maatregelen worden genomen om potentiële risico's voor dierenwelzijn te voorkomen, ook zonder volledige wetenschappelijke zekerheid. Dit rapport is aanleiding geweest om verder onderzoek te doen naar dierenwelzijn in het project InsectFeed.

De insectensector benadrukt het belang van verdere kennisontwikkeling over het welzijn van insecten in kweekomstandigheden en de toepassing van het voorzorgsprincipe.

Nationaal en internationaal groeit de aandacht voor insectenwelzijn ook. De Dierenbescherming maakte deel uit van het InsectFeed consortium en is betrokken bij vervolgonderzoeken. Het onderzoek is cruciaal om te voorkomen dat er een nieuwe sector van intensieve dierhouderij ontstaat met onopgeloste dierenwelzijnsproblemen. NGO's pleiten ook voor meer onderzoek naar het welzijn van insecten en willen meer data verzamelen op dit gebied. Het is belangrijk om dit onderzoek voort te zetten en oplossingen te vinden voor het waarborgen van het welzijn en de intrinsieke waarde van insecten. Onlangs is een groep internationale onderzoekers gaan samenwerken op het gebied van insectenwelzijn in de 'Insect Welfare Research Society' (IWRS) en zijn door WUR twee onderzoeksvorstellen ingediend. Ook EFSA heeft een inventarisatie gemaakt van vragen op het gebied van dierenwelzijn, inclusief insecten.

Uit onderzoeken komt naar voren dat het voeren van landbouwhuisdieren als kippen en varkens met levende insecten het welzijn van deze landbouwhuisdieren kan verhogen. In het Insectfeed project is ingegaan op de ethische afweging die hierbij komt kijken.

Naast het onderzoek naar welzijn en intrinsieke waarde van insecten is het van belang om voor de professionalisering van de insectensector welzijns- en houderijvoorschriften voor insecten op te stellen.

In het najaar van 2024 is door Aeres in samenwerking met Venik een KIEM voorstel ingediend om een praktische welzijnschecklist op te stellen, op basis van de recentste literatuur, voor insectenkwekers met de bijbehorende preventieve of verbeterende maatregelen. Hier zullen ook de parameters voor het bepalen van insecten welzijn zullen worden bepaald.

Daarnaast is de mogelijkheid van ontsnapping van exoten en de mogelijke impact daarvan op biodiversiteit een belangrijk aandachtspunt binnen de insectensector. Het beperken van ontsnappingsrisico's is cruciaal

om het ecologisch evenwicht te behouden. Om deze risico's te minimaliseren, worden diverse (technische) maatregelen toegepast.

Successen en uitdagingen

Het onderzoek naar insectenwelzijn en ethische vraagstukken bevindt zich nog in een beginfase, evenals de insectensector. De eerste stappen voor meer zicht op insectenwelzijn zijn gezet in het project InsectFeed en door de brede (internationale) aandacht voor dit thema.

Het is van belang dat insectenkweekbedrijven hun verantwoordelijkheid nemen om de risico's te minimaliseren en de biodiversiteit en gezondheid van mens en dier te beschermen. Dit vraagt om inzet en samenwerking binnen de sector om de uitdagingen aan te gaan.

Waar kunnen we de resultaten vinden

[Publicatie "Insects as mini-livestock: Considering insect welfare in feed production"](#) over insectenwelzijn van InsectFeed.

[Insecten en ethiek publicatie van InsectFeed](#), hoofdstuk uit het boek 'New Omnivorism and Strict Veganism'.

[Artikel van de WUR "Over de morele verschillen tussen koeien en krekels"](#) over insecten en ethiek (NL).

[De factsheet "Ensuring high standards of animal welfare in insect production"](#) van IPIFF.

Opgave 4: Voedingswaarde van reststromen voor insecten.

Aanpak en Stand van Zaken

De risicobeoordeling van BURO NVWA 'Advies over de dier- en volksgezondheidsrisico's van op voormalige voedingsmiddelen gekweekte insecten als grondstof voor diervoeder', heeft een belangrijke rol gespeeld in het starten van diverse onderzoeksprojecten. Deze onderzoeken richten zich op het ontwikkelen van de insectenkweeksector met een sterke nadruk op het verantwoord gebruik van reststromen en het minimaliseren van risico's om de voedselveiligheid van ingrediënten uit insecten te garanderen.

Enkele van de projecten omvatten:

- Een wetenschappelijk overzicht over insectenkweek en veiligheidsaspecten (Safe Insects 2022).
- Het project KB34 Voedselveiligheid in onze toekomstige circulaire samenleving onderzoekt stikstof uit slib terug te winnen met behulp van insecten en algen in relatie tot non feed/food toepassingen.
- Het circulaire ketenproject Upcyclers en PPS projecten die zich richten op het gebruik van reststromen voor diervoeder.
- Topsectorprojecten voor het verbeteren van de verwerking van meststoffen door insecten.
- CoMysect onderzoekt hoe bermmaaisel veilig kan worden toegepast in insectensubstraten.

Successen en uitdagingen

De hierboven genoemde projecten hebben aanzienlijke bijdragen geleverd aan de kennis en ontwikkeling van duurzame insectenkweekpraktijken. Successen omvatten een verbeterd inzicht in de mogelijkheden van reststromen als substraat en de rol van insecten in circulaire systemen.

Toch zijn er uitdagingen zoals de noodzaak voor continue innovatie in kweekmethoden en het adresseren van veiligheidsnormen en regelgeving om de insectensector succesvol te integreren in de bredere landbouw- en voederindustrie. Het welzijn van insecten en het bevorderen van positieve groeiomstandigheden blijven belangrijke aandachtsgebieden.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

[Het wetenschappelijk overzicht van de huidige kennis over insectenkweek, gebruik van reststromen als substraat en veiligheidsaspecten](#) vanuit het Safe Insects project.

Vanuit het kennisbasisproject kb34:

Het rapport [“Stikstof terugwinnen uit slib door Black soldier fly larven”](#)

Het rapport [“Slib veilig benutten met larven en zeewier”](#)

Het project [“Voedsel- en voederveiligheid en valorisatie van nieuwe en wettelijk beperkte reststromen voor diervoeder”](#) vanuit WUR.

Topsectorproject - [insecten op varkensmest](#).

Het rapport [“Upgrading ammonium nitrate in manure in BSF larvae”](#) vanuit WUR.

Opgave 5: Voedingswaarde van insecten voor mens en dier (incl. effecten op gezondheid en immuunrespons)

Aanpak en Stand van Zaken

In zowel het project SUSINCHAIN als het project InsectFeed zijn diverse voedingsexperimenten uitgevoerd op gezondheidseffecten bij verschillende diersoorten, waaronder zeebaars, zalm, regenboogforel, biggen, vleeskuikens en leghennen.

De resultaten tonen verscheidene voordelen aan, waaronder welzijns- en gezondheid Bevorderende effecten.

Inmiddels zijn diverse vervolgprijzen opgestart, waaronder:

1. PPS Beter Leven 1 Ster: Vleeskuikens met insecten als voedingrediënt (2022-2024)
2. PPS Insectenproducten als Gezondheidsbevorderaar: In pluimvee- en varkensvoeder (2022-2024)
3. KIEM Project Darmgezondheid van Kippen: Positieve resultaten hebben geleid tot een grote internationale PPS-aanvraag.
4. Circulair Ketenproject Varkensvoer met Insecten.

Successen en Uitdagingen

De uitgevoerde experimenten hebben geleid tot successen op het gebied van diervoeding en gezondheid, wat een positieve impuls geeft aan de betrokken sectoren. Echter, uitdagingen blijven bestaan, met name op het gebied van product- en marktontwikkeling, waardoor constante aandacht vereist is.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

[Artikel over de toegevoegde waarde op welzijn en natuurlijk gedrag van vleeskuikens](#) gevoerd met insecten.

Project [“Insectenvoer voor een betere gezondheid van pluimvee- en varkens”](#) vanuit de WUR.

Rapport over [de impact van bioactieve stoffen uit insecten op dierenwelzijn en productkwaliteit](#) vanuit Susinchain.

Publicaties uit InsectFeed over effecten van insecten in voeder voor [vleeskuikens](#) en [legghennen](#).

Opgave 6: Verwerken van insecten tot humaan voedsel in relatie tot voedingswaarde
Insecten vormen een veelbelovende eiwitbron voor menselijke consumptie en bieden mogelijkheden voor duurzame voedingsoplossingen. Het verwerken van insecten tot voedsel draagt bij aan zowel een hogere voedingswaarde als een duurzamer voedselsysteem.

Aanpak en stand van zaken

Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de voedingswaarde van insecten als humane voedselbron.

Deze onderzoeken richten zich onder andere op:

- De effecten van verschillende substraatsamenstellingen en probiotica op de groei, eiwit- en vetgehalte in de meelworm (*Tenebrio molitor*).
- Droge fractioneringstechnieken voor het verrijken van eiwitten uit insecten en dierlijke bijproducten.
- Vochtabsorptie in relatie tot de bruinkleuring van insectingrediënten, waaronder onderzoek naar de buffaloworm (*Alphitobius diaperinus*) om verkleuring te voorkomen en acceptatie in de voedingsindustrie te vergroten.
- Mechanische en enzymatische fractioneringsmethoden voor duurzame productie van ingrediënten uit de zwarte soldaatvlieg.
- Evaluatie van de geschiktheid van insecten als eiwitbron in verschillende voedselsystemen onder crisiscondities, waarbij insecten als geschikter zijn beoordeeld in vergelijking met andere alternatieve eiwitbronnen zoals algen, mycoproteïnen en peulvruchten.
- Een literatuurstudie naar Entoferritine uit insecten als innovatieve ijzerbron voor humane consumptie.
- Onderzoek naar veranderingen in vluchtige stoffen (geur) tijdens de opslag van insecten bij -20 en -80 °C, met en zonder blancheren.
- Consumptie en productie van eetbare insecten in een stedelijke context van circulariteit, met focus op de meningen en intenties van inwoners.
- In vivo studies naar huiskrekels als bron van ijzer of zink voor jongvolwassenen of kinderen, uitgevoerd in het Wellcome [project 'Mini-livestock as sustainable and health-promoting food for nine billion people'](#)

Successen en uitdagingen

De onderzoeken hebben waardevolle inzichten opgeleverd over de voedingswaarde en de acceptatie van insecten als voedselbron. Echter, er zijn ook uitdagingen, zoals het overwinnen van culturele barrières en het ontwikkelen van efficiënte verwerkingstechnieken om de smaak en acceptatie te verbeteren. De verkleuring van insecten, smaak en de geur, effecten van opslag zijn belangrijke aandachtspunten die verdere optimalisatie vereisen.

3.9 Expertise en arbeid

Er is een toenemende belangstelling voor insectenproducten. Voor veehouders die willen omschakelen of hun activiteiten willen diversifiëren, zoals varkens- en nertsenhouders die hun werkzaamheden hebben moeten beëindigen, biedt insectenkweek een kans.

Om succesvol te kunnen overschakelen, is het cruciaal dat zij inzicht krijgen in de verschillende productiemethoden en relevante kengetallen. Voor een sterke en duurzame keten is het noodzakelijk dat binnenlandse en buitenlandse initiatieven voor training en opleiding in de insectenbranche goed op elkaar zijn afgestemd.

Het doel is om overzicht krijgen van aanbieders van onderwijs en training in insectenproductie in Nederland en Vlaanderen, waarbij de capaciteit, complementariteit en het niveau van deze opleidingen in kaart worden gebracht. Scholing in insectenproductie op mbo-niveau staat op de agenda, en er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van curricula voor hbo en wetenschappelijk onderwijs (wo). Daarnaast worden kenniskringen georganiseerd waarin insectenkwekers en onderzoekers samenkomen om specifieke thema's te bespreken.

Landbouwsectoren hebben in het verleden onderzoeks- en praktijkcentra gehad voor de demonstratie en de ontwikkeling van nieuwe technieken die sectorale groei hebben gestimuleerd, de meeste hiervan zijn verdwenen of samengevoegd. De insectensector kan waardevolle lessen halen uit deze ervaringen. Daarom wordt onderzocht of een onderzoeks- en demonstratiecentrum voor insectenproductie levensvatbaar is en in welke vorm dit het beste kan worden opgezet.

Opgave:

1. Ontwikkeling van opleidingen en trainingen op mbo, hbo en universitair niveau.
2. Onderzoeken van de haalbaarheid van een onderzoeks- en demonstratiecentrum

De opgaven zullen gezamenlijk worden behandeld.

Opgave 1: Ontwikkeling van opleidingen en trainingen op mbo, hbo en universitair niveau

Opgave 2: Onderzoeken van de haalbaarheid van een onderzoeks- en demonstratiecentrum.

Aanpak en stand van zaken

In Nederland en Vlaanderen zijn initiatieven gestart om aanbieders van onderwijs en training op het gebied van insecten in kaart te brengen. Hoewel enkele aanbieders binnen en buiten de EU al bekend zijn, wordt de lijst verder uitgebreid. Daarnaast zijn nieuwe kleinschalige onderzoeksfaciliteiten opgezet binnen onderwijsinstellingen en worden initiatieven ontwikkeld om onderwijs over insecten toegankelijker te maken.

Een belangrijke uitdaging in het implementeren van insecten in het curriculum van onderwijsinstellingen is de volle agenda van het onderwijs, wat het moeilijk maakt om ruimte te creëren voor deze opkomende sector. Ondanks deze uitdaging zijn er enthousiaste trekkers binnen verschillende onderwijsorganisaties die pleiten voor onderwijs over insecten. Dit heeft geleid tot diverse initiatieven, zoals de Insecten Jongerendagen voor mbo, hbo en wo, die in mei 2024 is georganiseerd door Aeres Training Centre International.

In het wo is het aanbod voor studenten het grootst, met enkele grote projecten zoals Insectdoctors en SUSINCHAIN waaraan PhD-studenten hebben gewerkt en waarvan de resultaten gepubliceerd zijn. Daarnaast heeft de Veterinaire opleiding aan de Universiteit van Utrecht een vak over insecten ontwikkeld voor aankomende dierenartsen. Onlangs is een Europees platform gelanceerd (GIN-TONIC) om insectenkennis toegankelijk te krijgen voor onderzoekers en bedrijfsleven.

Voor hbo en mbo blijft het aanbod beperkt tot kleinere initiatieven en projecten.

Diverse praktische resultaten zijn al gerealiseerd. Zo biedt het NIK informatie aan startende kwekers en geïnteresseerden en zijn inmiddels diverse trainingen beschikbaar voor (startende) kwekers en verwerkers in samenwerking met HAS Green Academy. Voor mbo en hbo docenten en studenten is een speciale wiki ontwikkeld over insectenweek die beschikbaar is op Groen Kennisnet.

Aeres Hogeschool Dronten werkt samen met NIK en marktpartijen aan het opzetten van een internationale minoropleiding, en WUR biedt het vak Insecten voor feed en food aan, waar jaarlijks ongeveer 150 studenten deelnemen.

Op initiatief van NIK is in samenwerking met het bedrijfsleven ook een schoolprogramma over insecten voor lagere scholen ontwikkeld. Daarnaast heeft de uitzending van het Klokhuis over insecten veel basisschoolleerlingen bereikt.



Klokhuis aflevering "Insecten eten" van 19/09/2024 bekijk [de aflevering hier](#).

Het ValuSect-project heeft met inzet van hbo-studenten onderzoek gedaan naar marktvragen van insectenbedrijven voor toepassing van insecten voor zowel humane consumptie als diervoeding.

Recent is een nieuw KoM project 'Versterking van de insectensector door verspreiding van kennis uit insectenonderzoek' van start gegaan waarbij de opgedane kennis uit onderzoek toepasbaar wordt gemaakt voor de praktijk en het hbo-onderwijs. Via dit soort initiatieven kan de kennisverspreiding worden versneld. Het is hierbij ook van belang dat onderzoek wordt gestimuleerd om de jonge sector van onafhankelijke wetenschappelijke informatie te kunnen voorzien.

Binnen de insectensector zijn zowel publieke als private onderzoeks- en demonstratiecentra opgericht. Wageningen beschikt over kleinschalige faciliteiten voor insectenkweek en werkt samen met private partijen aan diverse onderzoeken. Daarnaast zijn andere initiatieven gestart, zoals het *InsectLab* bij HAS Green Academy, het *Insect Experience Centre* bij Aeres MBO, en een onderzoekscontainer voor insectenkweek bij Aeres HBO in Dronten.

Ook zijn er private locaties beschikbaar voor praktijkonderzoek. In 2022 is in Horst-America een demonstratie- en praktijklocatie voor insectenkweek geopend. Deze locatie heeft het potentieel om zich verder te ontwikkelen tot een full-scale bezoekerscentrum. Voor dit project zijn de eerste subsidies en investeringen toegezegd voor het najaar van 2024.

Successen en uitdagingen

De afgelopen jaren zijn er veel initiatieven gestart en uitgevoerd in het onderwijs en onderzoek naar insecten. Er zijn daarnaast veel student-onderzoeken op diverse niveaus (PhD, wo en hbo) gestart op het gebied van insecten. Deze onderzoeken lopen uiteen van biologie/fysiologie van het insect, genetica, insectenziekten, optimaliseren van huisvesting (dichtheid) en klimaat, tot de verwerking van insecten in producten voor food, feed en farma. Internationaal is er veel belangstelling van PhD kandidaten om hun studie in Nederland bij WUR te doen. Binnen het project Safe Insects en InsectFeed hebben hbo-studenten onderzoek gedaan naar de kweek van insecten en het verwaarden van reststromen en daarmee gepaard gaande voedselveiligheid.

Het wetenschappelijk onderwijs loopt voorop met grotere initiatieven, terwijl het hbo en mbo zich nog in een fase van kleinere projecten bevinden. Een belangrijke uitdaging is het vinden van ruimte voor insectenonderwijs binnen de bestaande curricula van het hbo en mbo. De aandacht voor insecten groeit echter, en steeds meer instellingen erkennen het belang hiervan. Samenwerking tussen onderwijsorganisaties blijft essentieel om deze sector verder te ondersteunen en de waarde van insectenonderwijs te versterken.

Al deze initiatieven zijn cruciaal voor de kennisbasis van de insectensector en bewustwording binnen de maatschappij.

Waar kunnen we de resultaten vinden?

Informatie en resultaten zijn beschikbaar via verschillende platforms en initiatieven.

[De website van het NIK](#) biedt een overzicht van alle kennis binnen de sector en verwijzingen naar nuttige bronnen.

Op [de website van Regio Foodvalley](#) staat een nieuwsartikel over het basisscholen initiatief.

[Op de website van Groen Kennisnet](#) staat specifieke sectie gewijd aan insecten in food en feed.

Informatie voor docenten en studenten uit het mbo en hbo in [Wiki.groenkennisnet](#).

[Resultaten van \(student-\) onderzoek uit ValuSect.](#)

[Websitepagina KoM-project](#) Versterking van de insectensector door verspreiding van kennis uit insectenonderzoek.

InsectFeed heeft een [adviesrapport](#) voor het onderwijs met betrekking tot insecten als voedsel en veevoeder gepubliceerd:

4. Hoe verder?

De vraagstukken uit het sectorplan 2020–2024 worden meegenomen in het nieuwe sectorplan 2025–2030 voor de Nederlandse insectenketen. De stappen die in de afgelopen periode zijn gezet, vormen een stevige basis voor een professionele en toekomstbestendige sector. Nu is het moment om door te pakken en de sector verder te versterken, met gerichte aandacht voor zowel bestaande uitdagingen als nieuwe kansen.

Belangrijk is het opvolgen en voortzetten van de noodzakelijke ‘no regret’-stappen uit het sectorplan 2020–2024. Hierbij blijven basisvoorwaarden zoals voedselveiligheid, voedselkwaliteit en aanpassing van regelgeving cruciaal. Ook de verdere integratie van insecten in onderwijs en consumenteneducatie blijft een belangrijk aandachtspunt. Deze elementen vormen het fundament voor een stabiele en innovatieve sector.

Tegelijkertijd is innovatie een drijvende kracht voor de toekomst. Verbeterde verdienmodellen door verlaging van de kostprijs en onderzoek naar de toegevoegde waarde van insectenproducten zijn sleutelthema’s die prioriteit krijgen.

Deze onderwerpen worden uitgewerkt in het sectorplan 2025–2030, waarbij de volgende pijlers centraal staan:

- **Verdienmodel en waardeketen:** Het creëren van een sterke en rendabele waardeketen die insectenproducten economisch aantrekkelijk maakt voor producenten en afnemers.
- **Circulariteit en duurzaamheid:** Het versterken van de rol van insecten in een circulaire economie, met aandacht voor dierenwelzijn, energie-efficiëntie en het benutten van reststromen.
- **Marketing, voorlichting en acceptatie:** Het vergroten van de maatschappelijke acceptatie van insectenproducten door middel van transparante communicatie, consumenteneducatie en strategische marketingcampagnes.
- **Technologie en innovatie:** Investeren in onderzoek en ontwikkeling van nieuwe technologieën, productiemethoden en duurzame substraten die de sector toekomstbestendig maken.
- **Externe succesfactoren:** Het identificeren en benutten van kansen in de markt, regelgeving en internationale samenwerking om de sector verder te laten groeien.

De ontwikkeling van het sectorplan 2025–2030 biedt de mogelijkheid om de sector zowel nationaal als internationaal sterker te positioneren. Dit vereist nauwe samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen, overheden en maatschappelijke organisaties. Alleen door gezamenlijke inspanningen kan de insectensector haar ambities realiseren en een essentiële bijdrage leveren aan de voedseltransitie en kringlooptlandbouw.

Met een heldere visie, concrete acties en een gezamenlijke aanpak staat de sector klaar om in 2030 een onmisbare schakel te zijn in de circulaire landbouw. De komende jaren zullen cruciaal zijn om deze ambities waar te maken en de insectensector verder te laten groeien.

Literatuuroverzicht

CLOSING THE LOOP

Barragán-Fonseca, K.Y., Greenberg, L.O., Gort, G., Dicke, M. & van Loon, J.J.A. (2023). Amending soil with insect exuviae improves herbivore tolerance, pollinator attraction and fitness of flowering *Brassica nigra* plants. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 342: 108219.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108219>

Barragán-Fonseca, K.Y., Nurfikari, A., van de Zande, E.M., Wantulla, M., van Loon, J.J.A., de Boer, W., and Dicke, M. (2022). Insect frass and exuviae to promote plant growth and health. *Trends in Plant Science* 27: 646-654. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.01.007>

Barragán-Fonseca, K.Y., Rusman, Q., Mertens, D., Weldegergis, B.T., Peller, J., Polder, G., van Loon, J.J.A. and Dicke, M. (2023). Insect exuviae as soil amendment affect flower reflectance and increase flower production and plant volatile emission. *Plant, Cell and Environment* 46: 931-945.

<https://doi.org/10.1111/pce.14516>

Chia, S.Y., K.Y.Barragan-Fonseca, E.M. van de Zande, M. Wantulla, C.M. Tanga, D.M. Mwangi, J.J.A. van Loon and M. Dicke. (2020). Insect production to close the loop: connecting sustainable livestock and crop production. *Journal of Insects as Food and Feed* 6, Suppl 1: S73.

<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.S1>

Foolen-Torgerson, K.L., Lagerkvist, C.J., Sok, J., Dicke, M., Oude Lansink, A.G.J.M. (2023). How social contexts influence farmers' decision-making processes: adopting insect by-products for crop and soil health promotion. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences* 95(1): 2256694.

<https://doi.org/10.1080/27685241.2023.2256694>

Foolen-Torgerson, K.L., Meijering, J.V., & van Voorn, G.A.K. (2024) Estimating farmers' net change in profit when using insect frass as an input for Brassica crops. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1-27.

<https://doi.org/10.1163/23524588-00001262>

Nurfikari, A. & de Boer, W. (2021) Chitin Determination in Residual Streams Derived From Insect Production by LC-ECD and LC-MS/MS Methods. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 795694.

<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.795694>

Nurfikari, A., Leite, M.F.A., Kuramae, E.E., & de Boer, W. (2024) Microbial community dynamics during decomposition of insect exuviae and frass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 194, 109426.

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109426>

Torgerson, K.L., Meijering, J., Sok, J., Dicke, M., and Oude Lansink, A. (2021). Towards circular agriculture – exploring insect waste streams as a crop and soil health promoter. *Journal of Insects as Food and Feed* 7: 357–368.

<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0095>

Van de Zande, E.M., Wantulla, M., van Loon, J.J.A. & Dicke, M. (2024). Soil amendment with insect frass and exuviae affects rhizosphere bacterial community, shoot growth and carbon/nitrogen ratio of a brassicaceous plant. *Plant and Soil* 495:631–648. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06351-6>

Van de Zande, E.M., Ojeda-Prieto, L., Markou, A., Van Leemput, J., Van Loon, J.J.A. & Dicke, M. (2024). Enhanced parasitisation of caterpillars and aphids on field-grown *Brassica oleracea* plants upon soil amendment with insect exuviae. *Functional Ecology* 38: 1431-1446.

<https://doi.org/10.1111/1365-2435.14555>

Wantulla, M., Dicke, M. & van Loon, J.J.A. (2024). Effects of amending soil with black soldier fly frass on survival and growth of the cabbage root fly (*Delia radicum*) depend on soil type. *Journal of Pest Science* 97: 1451-1459. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01710-9>

Wantulla, M., van Loon, J.J.A. & Dicke, M. (2023). Soil amendment with insect exuviae causes species-specific changes in the rhizosphere bacterial community of cabbage plants. *Applied Soil Ecology* 188: 104854. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104854>

Wantulla, M., van Zadelhoff, K., van Loon, J.J.A. & Dicke, M. (2023). The potential of soil amendment with insect exuviae and frass to control the cabbage root fly. *Journal of Applied Entomology* 147: 181-191. <https://doi.org/10.1111/jen.13097>

EU ITN-JD INSECT DOCTORS

Scientific publications

Bessette, E., Bojko, J., Bateman, K.S., Ross, S., Vitt Meyling, N. & Williams, B. A.P. (2024), Identification of *Albopleistophora Grylli* N. Gen. N. Sp. (Microsporidia) and its impact on crickets (*Gryllus* Spp.) in food-and-feed culture systems <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4935009>

Bessette, E., & Williams, B. (2022). Protists in the Insect Rearing Industry: Benign Passengers or Potential Risk? *Insects*, 13,m 482; <https://doi.org/10.3390/insects13050482>.

Bessette, E., Williams, B. A. P., & Meyling, N. V. (2024). Preparing eugregarine parasites and their cricket host *Acheta domesticus* as a model for gregarine infection studies. *Methods X*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102888>

Bick, E., Edwards, S., & De Fine Licht, H. H. (2021). Detection of insect health with deep learning on near-infrared sensor data. *bioRxiv*, 2021.2011.2015.468635. <https://doi.org/10.1101/2021.11.15.468635>

Dicke, M., Eilenberg, J., Salles, J. F., Jensen, A. B., Lecocq, A., Pijlman, G. P., van Loon, J. J. A., & van Oers, M. M. (2020). Edible insects unlikely to contribute to transmission of coronavirus SARS-CoV-2. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 333-339. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0039>

Edwards, S., Bath, E., & De Fine Licht, H. H. (2024). Low sex drive and choosy females: fungal infections are a reproductive downfall for male house flies. *Behavioral Ecology*, 35(2), arae004. <https://doi.org/10.1093/beheco/arae004>

Edwards, S., & De Fine Licht, H. H. (2024). Rearing zombie flies: Laboratory culturing of the behaviourally manipulating fungal pathogen *Entomophthora muscae*. *Methods X*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102523>

Edwards, S., Nielsen, K. N., Will, I., de Bekker, C., Kotta-Loizou, I., & De Fine Licht, H. H. (2024). Pathogenic fungus expresses effector proteins in combination with a symbiotic virus to behaviourally manipulate housefly hosts. *bioRxiv*, 2024.2008.2020.608796. <https://doi.org/10.1101/2024.08.20.608796>

Hernández-Peagrín, L., García-Martínez, R., Llácer, E., Nieves, L., Llopis-Giménez, Á., Catalá-Oltra, M., Dembilio, Ó., Pérez-Hedo, M., Urbaneja, A., Ros, V. I. D., Beitia, F., & Herrero, S. (2022). Beyond viral detection: multitrophic effects of covert infection with an RNA virus in medfly. *bioRxiv*, 2022.2011.2025.517915. <https://doi.org/10.1101/2022.11.25.517915>

- Hernández-Peagrín, L., García-Martínez, R., Llácer, E., Nieves, L., Llopis-Giménez, Á., Catalá-Oltra, M., Dembilio, Ó., Pérez-Hedo, M., Urbaneja, A., Ros, V. I. D., Beitia, F., & Herrero, S. (2024). Covert infection with an RNA virus affects medfly fitness and the interaction with its natural parasitoid *Aganaspis daci*. *Journal of Pest Science*, *97*(1), 269-280. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01617-5>
- Hernández-Peagrín, L., Llopis-Giménez, Á., Crava, C. M., Ortego, F., Hernández-Crespo, P., Ros, V. I. D., & Herrero, S. (2022). Expanding the Medfly Virome: Viral Diversity, Prevalence, and sRNA Profiling in Mass-Reared and Field-Derived Medflies. *Viruses*, *14*(3), 623; <https://doi.org/10.3390/v14030623>
- Herren, P., Dunn, A. M., Meyling, N. V., Savio, C., & Hesketh, H. (2024). Effect of CO₂ Concentrations on Entomopathogen Fitness and Insect-Pathogen Interactions. *Microbial Ecology*, *87*(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s00248-024-02347-6>
- Herren, P., Hesketh, H., Dunn, A. M., & Meyling, N. V. (2023). Heat stress has immediate and persistent effects on immunity and development of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insects as Food and Feed*, *10*(5), 835-853. <https://doi.org/https://doi.org/10.1163/23524588-20230095>
- Herren, P., Hesketh, H., Meyling, N. V., & Dunn, A. M. (2023). Environment and host-parasite interactions in mass-reared insects. *Trends in Parasitology*, *39*(7), 588-602. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2023.04.007>
- Lim, F. S., González-Cabrera, J., Keilwagen, J., Kleespies, R. G., Jehle, J. A., & Wennmann, J. T. (2024). Advancing pathogen surveillance by nanopore sequencing and genotype characterization of *Acheta domesticus* densovirus in mass-reared house crickets. *Scientific Reports*, *14*(1), 8525. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58768-3>
- Meki, I. K., Huditz, H.-I., Strunov, A., van der Vlugt, R. A. A., Kariithi, H. M., Rezapanah, M., Miller, W. J., Vlak, J. M., van Oers, M. M., & Abd-Alla, A. M. M. (2021). Characterization and Tissue Tropism of Newly Identified Iflavirus and Negevirus in *Glossina morsitans morsitans* Tsetse Flies. *Viruses*, *13*(12).
- Mugo-Kamiri, L., Querejeta, M., Raymond, B., & Herniou, E. A. (2024). The effect of diet composition on the diversity of active gut bacteria and on the growth of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Insect Sci*, *24*(2). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae031>
- Mugo-Kamiri, L., Schafer, L., Wennmann, J. T., Herniou, E. A., & Raymond, B. (2024). Whole-genome sequence of *Enterobacter hormaechei*, isolate jjbc recovered from the gut of *Plutella xylostella* feeding on cabbage. *Microbiol Resour Announc*, *13*(8), e0033024. <https://doi.org/10.1128/mra.00330-24>
- Petersen, J. M., Bézier, A., Drezen, J.-M., & van Oers, M. M. (2022). The naked truth: An updated review on nudiviruses and their relationship to bracoviruses and baculoviruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, *189*, 107718. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jip.2022.107718>
- Petersen, J. M., Burgess, A. L., van Oers, M. M., Herniou, E. A., & Bojko, J. (2024). Nudiviruses in free-living and parasitic arthropods: evolutionary taxonomy. *Trends in Parasitology*, *40*(8), 744-762. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2024.06.009>
- Pienaar, R. D., Gilbert, C., Belliardo, C., Herrero, S., & Herniou, E. A. (2022). First Evidence of Past and Present Interactions between Viruses and the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*. *Viruses*, *14*(6), 1274; <https://doi.org/10.3390/v14061274>

Pienaar, R. D., Herrero, S., de Araujo, A. C., Krupa, F., Abd-Alla, A. M. M., & Herniou, E. A. (2024). Optimization of screening methods leads to the discovery of new viruses in black soldier flies (&em>Hermetia illucens&em>). *bioRxiv*, 2024.2008.2027.609913. <https://doi.org/10.1101/2024.08.27.609913>

Savio, C., Herren, P., Rejasse, A., Rios, A., Bourelle, W., Bruun-Jensen, A., Lecocq, A., van Loon, J. J. A., & Nielsen-LeRoux, C. (2024). Minor impact of probiotic bacteria and egg white on *Tenebrio molitor* growth, microbial composition, and pathogen infection [Original Research]. *Frontiers in Insect Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/finsc.2024.1334526>

Savio, C., Herren, P., Rejasse, A. s., van Loon, Joop J. A., & Nielsen-Leroux, C. (2024). *Bacillus thuringiensis* serovar *morrisoni* biovar *tenebrionis* impact and persistence in *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(11), 1917-1931. <https://doi.org/https://doi.org/10.1163/23524588-00001028>

Savio, C., Mugo-Kamiri, L., & Upfold, J. K. (2022). Bugs in Bugs: The Role of Probiotics and Prebiotics in Maintenance of Health in Mass-Reared Insects. *Insects*, 13(4), 376 <https://doi.org/10.3390/insects13040376>.

Slowik, A. R., Herren, P., Bessette, E., Lim, F. S., Hernández-Pelegri n, L., & Savio, C. (2023). Harmful and beneficial symbionts of *Tenebrio molitor* and their implications for disease management. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(10), 1381-1396. <https://doi.org/https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0171>

Slowik, A. R., Hesketh, H., Sait, S. M., & de Fine Licht, H. H. (2023). A Rapid Method for Measuring In Vitro Growth in Entomopathogenic Fungi. *Insects*, 14(8), 703; <https://www.mdpi.com/2075-4450/14/8/703>

Slowik, A. R., Hesketh, H., Sait, S. M., & De Fine Licht, H. H. (2024). Thermal ecology shapes disease outcomes of entomopathogenic fungi infecting warm-adapted insects. *Journal of Invertebrate Pathology*, 204, 108106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jip.2024.108106>

Upfold, J., Rejasse, A., Nielsen-Leroux, C., Jensen, A. B., & Sanchis-Borja, V. (2023). The immunostimulatory role of an *Enterococcus*-dominated gut microbiota in host protection against bacterial and fungal pathogens in *Galleria mellonella* larvae [Original Research]. *Frontiers in Insect Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/finsc.2023.1260333>

Book chapters

Eilenberg, J., Haenen, O., van der Fels-Klerx H.J., Van Campenhout, L/, van Oers< M.M. & Schoelitz, B. (2021). Management of pathogens and other unwanted organisms in insect production. IN: The basics of edible insect rearing: Handbook for the production chain. Editors: T. Veldkamp, J. Claeys, O.L.M. Haenen, J.J.A. van Loon and T. Spranghers.

Lecocq, A., Hesketh, H., Herren, P., Takacs, J., & Jensen, AB. Diseases affecting production of yellow mealworms as a protein source. In: *Insects as alternative sources of protein for food and feed* (ed. Ms Adriana Casillas) <https://bdspublishing.com/webedit/uploaded-files/All%20Files/Al/Insects.pdf>

Ros, V. I. D., Panziera, D., Nalcacioglu, R., Petersen, J. M., Ryabov, E., & van Oers, M. M. (2022). Viral diseases of insects. In *Invertebrate Pathology* (pp. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198853756.003.0010>

Spranghers, T., Oonincx, D.A.G.B. van Loon J.J.A. (2024). Biology, physiology and nutritional composition of common edible insects. IN: The basics of edible insect rearing: Handbook for the production chain. Editors: T. Veldkamp, J. Claeys, O.L.M. Haenen, J.J.A. van Loon and T. Spranghers.

INSECTFEED

Dicke, M., Eilenberg, J., Salles, J.F., Jensen, A.B., Lecocq, A., Pijlman, G.P., van Loon, J.J.A. & van Oers, M.M. (2020). Edible insects unlikely to contribute to transmission of coronavirus SARS-CoV-2. *Journal of Insects as Food and Feed* 6: 333-339.

<https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2020.0039>

Dörper, A., Veldkamp, T. & Dicke, M. (2021). Use of black soldier fly and house fly in feed to promote sustainable poultry production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7: 761-780.

<https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/JIFF2020.0064>

Niermans, K., Meyer, A.M., van den Hil, E.F.H., van Loon, J.J.A. & van der Fels-Klerx, H.J. (2021). A systematic literature review on the effects of mycotoxin exposure on insects and on mycotoxin accumulation and biotransformation. *Mycotoxin Research*, 37, 279-295.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8571154/pdf/12550_2021_Article_441.pdf

Van Loon, M.S. & Bovenkerk, B. (2021). 32. The ethics and mindedness of insects. In Schübel H. & Walliman-Heimer, I. (eds) *Justice and food security in a changing climate*, Wageningen Academic Publishers, pp. 218-223. https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/978-90-8686-915-2_32

Saatkamp, H. W., Y. Aartsma, H. Hogeveen, M. Augustijn, A. Baumann, L. W. Beukeboom, A. Borghuis, B. Bovenkerk, M. van der Bruggen, M. H. Companjen, A. Dörper, J. F. Salles, H. J. van der Fels-Klerx, A. R. H. Fischer, O. Haenen, A. Hosseini, J. van den Hurk, P. Jacobs, W. L. Jansen, M. de Jong, Y. Kortsmid, M. Leipertz, H. Lommers, J. J. A. van Loon, M. S. van Loon, S. Maistrou, K. Niermans, E. Schmitt, P. N. Shah, A. Spaans, T. Veldkamp, M. F. Verweij, M. Vogel, A. V. Kokota, B. Wertheim and M. Dicke. (2022). "Development of sustainable business models for insect-fed poultry production: opportunities and risks." *Journal of Insects as Food and Feed* 8(12): 1469-1483.

<https://www.wageningenacademic.com/doi/abs/10.3920/JIFF2021.0216>

Vogel, M., P. N. Shah, A. Voulgari-Kokota, S. Maistrou, Y. Aartsma, L. W. Beukeboom, J. F. Salles, J. J. A. Van Loon, M. Dicke and B. Wertheim. (2022). Health of the black soldier fly and house fly under mass-rearing conditions: innate immunity and the role of the microbiome. *Journal of Insects as Food and Feed* 8(8): 857-878. <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2021.0151>

Voulgari-Kokota, A., L. W. Beukeboom, B. Wertheim and J. Falcao-Salles. (2022). Houseflies harbor less diverse microbiota under laboratory conditions but maintain a consistent set of host-associated bacteria. *Scientific Reports* 12(1): 11132. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-15186-7>

Kortsmid, Y., van der Bruggen, M., Wertheim, B., Dicke, M., Beukeboom, L.W., & van Loon, J.J.A. (2023). Behaviour of two fly species reared for livestock feed: optimising production and insect welfare. *Journal of Insects as Food and Feed* 9, 149-169. <https://doi.org/10.3920/jiff2021.0214>

Kortsmid, Y., van Loon, J.J.A., Dicke, M. (2023). Preference of black soldier fly larvae for feed substrate previously colonised by conspecific larvae. *Journal of Applied Entomology* 147:336–345.

<https://doi.org/10.1111/jen.13112>

- Niermans, K., Hoek-van den Hil, E.F., van Dam, R., van der Fels-Klerx, H.J., & van Loon, J.J.A. (2023). Effects of the mycotoxins aflatoxin B1, deoxynivalenol and zearalenone on survival, biomass and toxin accumulation in *Musca domestica* larvae. *World Mycotoxin Journal* 16:349-358. <https://doi.org/10.1163/18750796-20222826>
- Shah PN, Ruan X, van Loon JJA, Dicke M. (2023). Temperature-modulated host-pathogen interactions between *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) and *Pseudomonas protegens* Pf-5. *Journal of Invertebrate Pathology* 198:107934. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.107934>
- Van Loon, M. & Bovenkerk, B. (2023). Don't eat the bugs! in *New Omnivorism and Strict Veganism: Critical Perspectives*. Taylor & Francis, p. 76-98. <https://edepot.wur.nl/639499>
- Voulgari-Kokota A, van Loon MS, Bovenkerk B. (2023). Insects as mini-livestock: Considering insect welfare in feed production. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences* 95:2191797. <https://doi.org/10.1080/27685241.2023.2191797>
- Aartsma, Y., van de Zande, E.M. & Dicke, M. (2024). Insectenkweek voor een circulaire, duurzame productie van diervoeder: kansen en uitdagingen voor investeerders. Adviesrapport Wageningen University & Research, 16 pp. <https://doi.org/10.18174/671320>
- Aartsma, Y., van de Zande, E.M. & Dicke, M. (2024). Potentieel van insecten voor een circulaire, duurzame productie van veevoeder. Vanuit het perspectief van beleidsmakers. Adviesrapport Wageningen University & Research, 20 pp. <https://doi.org/10.18174/670644>
- Dörper, A., Berman, H., Gort, G., van Harn, J., Dicke, M. & Veldkamp, T. (2024). Effect of different black soldier fly larvae products on slow-growing broiler performance and carcass characteristics. *Poultry Science* 103 (4): 103481. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103481>
- Dörper, A., Gort, G., van Harn, J., Oonincx, D.G.A.B., Veldkamp, T., and Dicke, M. (2024). Performance, egg quality and organ traits of laying hens fed Black Soldier Fly larvae products. *Poultry Science* 103: 104229. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104229>
- Dörper, A. Gort, G., Veldkamp, T. & Dicke, M. (2024). Automatic dispenser of live Black Soldier Fly larvae to feed poultry. *Journal of Insects as Food and Feed* 10: 1063-1075. <https://dx.doi.org/10.1163/23524588-20230180>
- Leipertz, M., Hogeveen, H., & Saatkamp, H. (2024). Economic impact of inclusion of black soldier fly products in broiler diets: A comparison between conventional and higher animal welfare production systems in the Netherlands. *Poultry Science*, 103, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104411>
- Leipertz, M. Hogeveen, H. & Saatkamp, H.W. (2024). Economic supply chain modelling of industrial insect production in the Netherlands. *Journal of Insects as Food and Feed* 10: 1361-1385. <https://dx.doi.org/10.1163/23524588-00001036>
- Niermans, K., Hoek-van den Hil, E.F., van der Fels-Klerx, H.J., & van Loon, J.J.A. (2024). The role of larvae of black soldier fly and house fly and of feed substrate microbes in biotransformation of aflatoxin B1. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 279, 116449. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116449>
- Shah, P.N., Hemerik, L., Dicke, M., van Loon, J.J.A. (2024). Dietary protein levels influence growth, adult emergence and susceptibility to bacterial infection in *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001206>

Shah, P.N., Maistrou, S., Willemsen, I., van Loon, J.J.A. and Dicke, M. (2024). Transcriptomic response of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) to wounding and Gram-negative bacterial infection. *Journal of Insects as Food and Feed*. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001211>

Shah, P.N., Niermans, K., Hoek-van den Hil, E.F., Dicke, M., van Loon, J.J.A. (2024). Effects of aflatoxin B1 on metabolic and immunity-related gene expression in *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 202: 105994. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2024.105944>

Van de Zande, E.M. & Dicke, M. (2024). Onderwijs en de eiwittransitie. Hoe onderwijs over insecten kan bijdragen aan een circulaire, duurzame productie van diervoeder. Adviesrapport Wageningen University & Research, 16 pp. <https://doi.org/10.18174/671322>

Voulgari-Kokota, A., Boatta, F., Rijkers, R., Wertheim, B., Beukeboom, L.W., Ellers, J., & Salles, J.F. (2024). High-sugar diet leads to loss of beneficial probiotics in housefly larvae guts. *ISME Journal*, 18, 13. <https://doi.org/10.1093/ismejo/wrae193>

Voulgari-Kokota, A., Slijfer, R., Beukeboom, L.W., Salles, J.F., & Wertheim, B. (2024). Immunity-related genes can serve as early diagnostic markers for infection in housefly rearing systems. *Journal of Insects as Food and Feed* 10, 1607-1621. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230094>

KB-34 Role of insects in a circular economy

Dagevos, H. (2021). A literature review of consumer research on edible insects: recent evidence and new vistas from 2019 studies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(3), 249-259. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0052>

Naser El Deen, S., van Rozen, K., Elissen, H., van Wikselaar, P., Fodor, I., van der Weide, R., & Veldkamp, T. (2023). Bioconversion of different waste streams of animal and vegetal origin and manure by black soldier fly larvae *Hermetia illucens* L.(Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 14(2), 204. <https://doi.org/10.3390/insects14020204>

Veldkamp, T., van Rozen, K., Elissen, H., van Wikselaar, P., & van der Weide, R. (2021). Bioconversion of digestate, pig manure and vegetal residue-based waste operated by black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* L.(Diptera: Stratiomyidae). *Animals*, 11(11), 3082. <https://doi.org/10.3390/ani11113082>

PPP Insects as health promotor in feed for poultry and pigs

Dong, L., Ariëns, R. M., America, A. H., Paul, A., Veldkamp, T., Mes, J. J., & Govers, C. (2021). *Clostridium perfringens* suppressing activity in black soldier fly protein preparations. *LWT*, 149, 111806. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111806>

Dong, L., Tomassen, M. M., Ariëns, R. M., Oosterink, E., Wichers, H. J., Veldkamp, T., & Govers, C. (2021). *Clostridioides difficile* toxin A-mediated Caco-2 cell barrier damage was attenuated by insect-derived fractions and corresponded to increased gene transcription of cell junctional and proliferation proteins. *Food & function*, 12(19), 9248-9260. <https://doi.org/10.1039/D1FO00673H>

Veldkamp, T., Dong, L., Paul, A., & Govers, C. C. F. M. (2022). Bioactive properties of insect products for monogastric animals—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(9), 1027-1040. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0031>

PPP Borgen van de veiligheid van insecten (LWV19099)

Meijer, N., Bosch, M. W., de Rijk, T., Zomer, P., van der Fels-Klerx, H. J., & van Loon, J. J. A. (2023). Lethal and sublethal effects of chronic exposure to insecticide residues on reared *Alphitobius diaperinus*. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-13. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230155>

Meijer, N., Zoet, L., de Rijk, T., Zomer, P., Rijkers, D., van der Fels-Klerx, H. J., & van Loon, J. J. (2024). Effects of pyrethroid and organophosphate insecticides on reared black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Insect Science*, 31(3), 817-834. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13269>

N.L. Dam, G. van der Borg, A. Hosseini, L.W.D. van Raamsdonk, R. Zheng, E. Schmitt, J.B.G.M. Hedemann, S. Ruis, G. van Bommel, N. Meijer. (in press). Determination of microplastics in reared black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) using polarised light optical microscopy. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001298>

SAFE INSECTS

Hoek-van den Hil, E., Antonis, A., Brouwer, M., Bruins, M., Dame-Korevaar, A., Groenestijn, J. V., & Haenen, O., Hoffmans, Y., Meijer, N., Veldkamp, T., Vernooij, A., Appel, M. (2022). Use of insects for food and feed. <https://doi.org/10.18174/571273>

C.J. de Vos, A.F.G. Antonis, M.J. Appel. BSE risk of growing insects on residual streams containing animal proteins. In prep.

A. Dame-Korevaar, H. Fijten, L. Ruuls, J. Boonstra, X. Luinenburg, Q. Dijkstra, M.S.M. Brouwer, R. W. Hakze - van der Honing, O. Haenen , A.F.G. Antonis. Uptake and survival of relevant feed- and food-pathogens in black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). In prep.

SUSINCHAIN

Scientific publications

Coudron, C. L., Deruytter, D., & Claeys, J. (2022). The influence of wet feed PH on the growth of *Tenebrio molitor* larvae. *Sustainability*, 14(13), 7841. <https://doi.org/10.3390/su14137841>

Dahal, S., Jensen, A. B., & Lecocq, A. (2022). Effect of probiotics on *Tenebrio molitor* larval development and resistance against the fungal pathogen *Metarhizium brunneum*. *Insects*, 13(12), 1114. <https://doi.org/10.3390/insects13121114>

de Almeida Costa, A. I., Monteiro, M. J. P., Maya, C., Rocha, C., Faria, B. F., Lima, R. C., & Roos, N. (2024). Consumer sensory profiling and liking of Bolognese-type sauces: how do insect and plant foods really fare against red meat?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-32. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001221>

Delvendahl, N., Rumpold, B. A., & Langen, N. (2022). Edible insects as food–insect welfare and ethical aspects from a consumer perspective. *Insects*, 13(2), 121. <https://doi.org/10.3390/insects13020121>

Deruytter, D., Coudron, C. L., & Claeys, J. (2021). The influence of wet feed distribution on the density, growth rate and growth variability of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(2), 141-150. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0049>

Deruytter, D., Coudron, C. L., & Claeys, J. (2022). The effects of density on the growth and temperature production of *Tenebrio molitor* larvae. *Sustainability*, 14(10), 6234. <https://doi.org/10.3390/su14106234>

- Deruytter, D., Coudron, C. L., & Claeys, J. (2023). Transporting *Tenebrio molitor* Eggs: The Effect of Temperature, Humidity and Time on the Hatch Rate. *Sustainability*, 15(7), 6231. <https://doi.org/10.3390/su15076231>
- Deruytter, D., & Coudron, C. L. (2022). The effects of density on the growth, survival and feed conversion of *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(2), 141-146. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0057>
- Deruytter, D., Gasco, L., Yakti, W., Katz, H., Coudron, C. L., Gligorescu, A., & Bosch, G. (2023). Standardising black soldier fly larvae feeding experiments: an initial protocol and variability estimates. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-12. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230008>
- De Smet, J., Vandeweyer, D., Van Moll, L., Lachi, D., & Van Campenhout, L. (2021). Dynamics of *Salmonella* inoculated during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on chicken feed. *bioRxiv*, 2021-04. <https://doi.org/10.1101/2021.04.13.439665>
- Gaglio, R., Barbera, M., Tesoriere, L., Osimani, A., Busetta, G., Matraxia, M., & Settanni, L. (2021). Sourdough “ciabatta” bread enriched with powdered insects: Physicochemical, microbiological, and simulated intestinal digesta functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72, 102755. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102755>
- Gambelli, D., Vairo, D., Zanoli, R., & Alleweldt, F. (2024). Future scenarios of the sector of insect as food and feed in Europe. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-20. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001108>
- Gasco, L., Caimi, C., Trocino, A., Lussiana, C., Odon, S. B., Malfatto, V., & Renna, M. (2022). Digestibility of defatted insect meals for rainbow trout aquafeeds. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(11), 1385-1399. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0160>
- Gasco, L., Deruytter, D., Gligorescu, A., Yakti, W., Coudron, C., Meneguz, M., & Bosch, G. (2021, September). Black soldier fly larvae: standardized feed protocol development and evaluation. In 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP 2021)), Date: 2021/08/30-2021/09/03, Location: Davos, Switzerland. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-918-3>
- Gasco, L., Odon, S. B., Vandenberg, G. W., Veldkamp, T., & Biasato, I. (2023). Factors affecting the decision-making process of using insect-based products in animal feed formulations. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1-12. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0164>
- Gasco, L., Renna, M., Bellezza Odon, S., Rezaei Far, A., Naser El Deen, S., & Veldkamp, T. (2023). Insect meals in a circular economy and applications in monogastric diets. *Animal Frontiers*, 13(4), 81-90. <https://doi.org/10.1093/af/vfad016>
- Gorrens, E., De Smet, J., Vandeweyer, D., Bossaert, S., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2022). The bacterial communities of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) during consecutive, industrial rearing cycles. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(10), 1061-1076. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0150>
- Gorrens, E., Van Looveren, N., Van Moll, L., Vandeweyer, D., Lachi, D., De Smet, J., & Van Campenhout, L. (2021). *Staphylococcus aureus* in substrates for black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and its dynamics during rearing. *Microbiology Spectrum*, 9(3), e02183-21. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02183-21>
- Green, A., Blattmann, C., Chen, C., & Mathys, A. (2022). The role of alternative proteins and future foods in sustainable and contextually-adapted flexitarian diets. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.026>

- Herrera, E., Petrusan, J. I., Salvá-Ruiz, B., Novak, A., Cavalcanti, K., Aguilar, V., & Smetana, S. (2022). Meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus*) fed with black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*) as a protein source. *Sustainability*, 14(3), 1292. <https://doi.org/10.3390/su14031292>
- Lu, M., Zhu, C., Smetana, S., Zhao, M., Zhang, H., Zhang, F., & Du, Y. (2024). Minerals in edible insects: a review of content and potential for sustainable sourcing. *Food Science and Human Wellness*, 13(1), 65-74. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250005>
- Maciel-Vergara, G., Jensen, A. B., Lecocq, A., & Eilenberg, J. (2021). Diseases in edible insect rearing systems. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 621-638. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0024>
- Maya, C., Cunha, L. M., de Almeida Costa, A. I., Veldkamp, T., & Roos, N. (2022). Introducing insect-or plant-based dinner meals to families in Denmark: study protocol for a randomized intervention trial. *Trials*, 23(1), 1028. <https://doi.org/10.1186/s13063-022-07000-6>
- Maya, C., Sterling, K., Rukov, J. L., & Roos, N. (2023). Perception of edible insects and insect-based foods among children in Denmark: educational and tasting interventions in online and in-person classrooms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(8), 989-1001. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0176>
- Meijer, N., Nijssen, R., Bosch, M., Boers, E., & Van der Fels-Klerx, H. J. (2022). Aflatoxin B1 metabolism of reared *Alphitobius diaperinus* in different life-stages. *Insects*, 13(4), 357. <https://doi.org/10.3390/insects13040357>
- Meijer, N., Zoet, L., Rijkers, D., Nijssen, R., Willemsen, M., Zomer, P., & van der Fels-Klerx, H. J. (2024). Toxicity, transfer and metabolization of the pyrethroid insecticides cypermethrin and deltamethrin by reared black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-10. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001167>
- Meyer, A. M., Meijer, N., Hoek-Van den Hil, E. F., & Van der Fels-Klerx, H. J. (2021). Chemical food safety hazards of insects reared for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 823-831. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0085>
- Mouhrim, N., Peguero, D. A., Green, A., Silva, B., Bhatia, A., Ristic, D., & Smetana, S. (2023). Optimization models for sustainable insect production chains. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(5), 865-883. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230148>
- Mouhrim, N., Smetana, S., Bhatia, A., Mathys, A., Green, A., Peguero, D., & Tonda, A. (2022, July). Towards multi-objective optimization of sustainable insect production chains. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion* (pp. 352-355). <https://doi.org/10.1145/3520304.3528898>
- Mulder, P. P., Mueller-Maatsch, J. T., Meijer, N., Bosch, M., Zoet, L., & Van Der Fels-Klerx, H. J. (2024). Effects of dietary exposure to plant toxins on bioaccumulation, survival, and growth of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*). *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26523>
- Naser El Deen, S., Spranghers, T., Baldacchino, F., & Deruytter, D. (2022). The effects of the particle size of four different feeds on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *European Journal of Entomology*, 119. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.026>
- Niermans, K., Meyer, A. M., den Hil, E. H. V., Van Loon, J. J. A., & Van der Fels-Klerx, H. J. (2021). A systematic literature review on the effects of mycotoxin exposure on insects and on mycotoxin accumulation and biotransformation. *Mycotoxin research*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12550-021-00441-z>

- Niyonsaba, H. H., Groeneveld, I. L., Vermeij, I., Höhler, J., Van der Fels-Klerx, H. J., & Meuwissen, M. P. M. (2023). Profitability of insect production for *T. molitor* farms in The Netherlands. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(6), 895-902. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230154>
- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Kooistra, J., Van der Fels-Klerx, H. J., & Meuwissen, M. P. M. (2021). Profitability of insect farms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 923-934. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0087>
- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Rumpold, B. A., Van der Fels-Klerx, H. J., & Meuwissen, M. P. M. (2024). Robustness of business models for insect production for feed and food in Europe. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-18. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001141>
- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Van der Fels-Klerx, H. J., Slijper, T., Alleweldt, F., Kara, S., & Meuwissen, M. P. M. (2023). Barriers, risks and risk management strategies in European insect supply chains. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(6), 691-705. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0100>
- Osimani, A., & Aquilanti, L. (2021). Spore-forming bacteria in insect-based foods. *Current Opinion in Food Science*, 37, 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.011>
- Peguero, D. A. (2023). Pretreatments to improve black soldier fly larvae performance on fibrous biowastes and safeguarding insect-based food and feed (Doctoral dissertation, ETH Zurich). <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000642205>
- Peguero, D. A., Gold, M., Duewell, T., Waser, A., Dubovcova, B., Vandeweyer, D., & Mathys, A. (2023). Low energy electron beam to support safe whole dried insect products. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(3), 473-489. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230124>
- Peguero, D. A., Endara Vargas, A., Gold, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2021). Pretreatment methods to improve black soldier fly larvae bioconversion of agri-food wastes and byproducts. In *Food Day@ ETH 2021*. ETH Zurich. <https://youtu.be/ynuxEDZ2Psg>
- Peguero, D. A., Endara, A., Gold, M., Kunz, C., Niu, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2022). Ammonia pretreatment of agri-food wastes to enhance black soldier fly larvae bioprocessing performance. *Journal of Insects as Food and Feed*, s79-s79. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.S1>
- Peguero, D. A., Gold, M., Endara, A., Niu, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2023). Evaluation of ammonia pretreatment of four fibrous biowastes and its effect on black soldier fly larvae rearing performance. *Waste Management*, 160, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.01.033>
- Peguero, D. A., Gold, M., Vandeweyer, D., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2022). A review of pretreatment methods to improve agri-food waste bioconversion by black soldier fly larvae. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 745894. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.745894>
- Peguero, D. A., Gold, M., Velasquez, L., Niu, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2024). Physical pretreatment of three biowastes to improve black soldier fly larvae bioconversion efficiency. *Waste Management*, 178, 280-291. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.02.012>
- Peguero, D., Gold, M., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2021). Pretreatment strategies to improve insect processing for use as protein rich animal feed ingredient. In *Book of Abstracts of the 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science* (Vol. 27, pp. 563-563). Wageningen Academic Publishers. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-918-3>
- Peguero, D., Green, A., Smetana, S., & Mathys, A. (2021). Inventory and state of the art for sustainable insect production. In *Book of Abstracts of the 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science* (Vol. 27, pp. 380-380). Wageningen Academic Publishers. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-918-3>

- Radhakrishnan, G., & Belghit, I. (2024). In vitro digestion method for Atlantic salmon. <https://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.5jyl8j3b7g2w/v1>
- Radhakrishnan, G., Liland, N. S., Koch, M. W., Lock, E. J., Philip, A. J. P., & Belghit, I. (2023). Evaluation of black soldier fly larvae meal as a functional feed ingredient in Atlantic salmon (*Salmo salar*) under farm-like conditions. *Frontiers in Aquaculture*, 2, 1239402. <https://doi.org/10.3389/faquc.2023.1239402>
- Radhakrishnan, G., Philip, A. J. P., Caimi, C., Lock, E. J., Araujo, P., Liland, N. S., & Belghit, I. (2024). Evaluating the fillet quality and sensory characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed black soldier fly larvae meal for whole production cycle in sea cages. *Aquaculture Reports*, 35, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.101966>
- Radhakrishnan, G., Silva, M. S., Lock, E. J., Belghit, I., & Philip, A. J. P. (2022). Assessing amino acid solubility of black soldier fly larvae meal in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in vivo and in vitro. *Frontiers in Physiology*, 13, 1028992. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1028992>
- Radhakrishnan, G., Silva, M. S., Liland, N. S., Secci, R., Araujo, P., Philip, A. J. P., & Belghit, I. (2024). Does the processing of black soldier fly larvae meal affect the amino acid solubility in Atlantic salmon (*Salmo salar*)?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-16. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001124>
- Renna, M., Coppa, M., Lussiana, C., Le Morvan, A., Gasco, L., & Maxin, G. (2022). Full-fat insect meals in ruminant nutrition: in vitro rumen fermentation characteristics and lipid biohydrogenation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 138. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00792-2>
- Renna, M., Rastello, L., Veldkamp, T., Toral, P. G., Gonzalez-Ronquillo, M., Jimenez, L. E. R., & Gasco, L. (2023). Are insects a solution for feeding ruminants? Legislation, scientific evidence, and future challenges. *Animal Frontiers*, 13(4), 102-111. <https://doi.org/10.1093/af/vfad026>
- Rubio, P., Todolí, J. L., Martínez-Sánchez, A., & Rojo, S. (2022). Evolution of the mineral concentration and bioaccumulation of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, feeding on two different larval media. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(4), 367-378. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0068>
- Smetana, S. (2023). Life Cycle Assessment of biobased nitrogen upcycling approaches. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 100853. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100853>
- Smetana, S., Bhatia, A., Batta, U., Mouhrim, N., & Tonda, A. (2023). Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe. *Animal Frontiers*, 13(4), 112-120. <https://doi.org/10.1093/af/vfad033>
- Smetana, S., Ristic, D., Pleissner, D., Tuomisto, H. L., Parniakov, O., & Heinz, V. (2023). Meat substitutes: Resource demands and environmental footprints. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106831. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106831>
- Smetana, S., Spykman, R., & Heinz, V. (2021). Environmental aspects of insect mass production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 553-571. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0116>
- Smits, N. G. E., Bouwman, L. M. S., Voorhuijzen-Harink, M., Hoek-van den Hil, E. F., Elferink, J. W. A., Fronen, B. J., & van der Fels-Klerx, H. J. (2024). Possible presence of the allergenic ingredients milk and wheat in edible insects produced on milk and wheat rich substrates. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-7. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001184>
- Spykman, R., Hossaini, S. M., Peguero, D. A., Green, A., Heinz, V., & Smetana, S. (2021). A modular environmental and economic assessment applied to the production of *Hermetia illucens* larvae as a protein source for food and feed. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 1959-1976. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01986-y>

- Steinhausen, C., Lecocq, A., Oloktsidou, S., & Rukov, J. L. (2024). The effect of transport temperature and duration on survival and growth of house cricket nymphs and eggs. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-6. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001143>
- Tello, A., Aganovic, K., Parniakov, O., Carter, A., Heinz, V., & Smetana, S. (2021). Product development and environmental impact of an insect-based milk alternative. *Future Foods*, 4, 100080. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100080>
- Van Campenhout, L., Lachi, D., & Vandeweyer, D. (2021). Potential of fermentation and vacuum packaging followed by chilling to preserve black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Insects*, 12(8), 714. <https://doi.org/10.3390/insects12080714>
- van den Hoorn, H. (2023). Economic viability of insect production for feed and food in Europe (Doctoral dissertation, Wageningen University). <https://edepot.wur.nl/640398>
- Vandeweyer, D., Bruno, D., Bonelli, M., IJdema, F., Lievens, B., Crauwels, S., & De Smet, J. (2023). Bacterial biota composition in gut regions of black soldier fly larvae reared on industrial residual streams: revealing community dynamics along its intestinal tract. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1276187. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1276187>
- Vandeweyer, D., De Smet, J., Van Looveren, N., & Van Campenhout, L. (2021). Biological contaminants in insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 807-822. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0060>
- Vandeweyer, D., Lachi, D., Deruytter, D., Van Der Borght, M., & Van Campenhout, L. (2021). Vacuum packaging as storage and transport strategy for living or killed black soldier fly larvae. In 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Date: 2021/08/30-2021/09/03, Location: Davos, Switzerland. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-918-3>
- Vandeweyer, D., Lachi, D., Geheniau, H., Goovaerts, V., van der Zweep, P., Groffils, C., & Van Der Borght, M. (2024). Dielectric drying of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*): impact on microbiological product quality, safety and stability. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-11. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001218>
- Vandeweyer, D., Lachi, D., & Van Der Borght, M. (2023, September). Dielectric drying of black soldier fly larvae: impact on nutritional, chemical and microbiological quality and stability. In INSECTA 2023, Date: 2023/09/13-2023/09/14, Location: Magdeburg, Germany (pp. 36-36). <https://lirias.kuleuven.be/4110125&lang=en>
- Vandeweyer, D., Lachi, D., & Van Campenhout, L. (2021, September). Survival of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) in water at different temperatures: potential for storage and transport. In INSECTA 2021, Date: 2021/09/08-2021/09/09, Location: Magdeburg, Germany (pp. 86-86). https://www.atb-potsdam.de/fileadmin/generell/BABs/BAB-105_Insecta_2021.pdf
- Vandeweyer, D., Lachi, D., Van Campenhout, L., & Van Der Borght, M. (2022, June). Comparison of fat oxidation during frozen or nitrogen atmosphere storage of dried black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). In *Insects to Feed the World 2022*, Date: 2022/06/12-2022/06/16, Location: Québec City, Québec, Canada. <https://lirias.kuleuven.be/3762431&lang=en>
- Vandeweyer, D., Lachi, D., van der Zweep, P., Goovaerts, V., Groffils, C., Van Campenhout, L., & Van Der Borght, M. (2022, June). Optimization of industrial scale dielectric drying for stabilization of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). In *Insects to Feed the World 2022*, Date: 2022/06/12-2022/06/16, Location: Québec City, Québec, Canada. <https://lirias.kuleuven.be/3762434&lang=en>

- Vandeweyer, D., Lachi, D., Van Moll, L., Gorrens, E., De Smet, J., & Van Campenhout, L. (2021, September). Horizontal transfer of food pathogens from substrate to insects during rearing. In 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Date: 2021/08/30-2021/09/03, Location: Davos, Switzerland. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-918-3>
- van Dongen, K. C. W., de Lange, E., van Asseldonk, L. L. M., Zoet, L., & van der Fels-Klerx, H. J. (2024). Safety and transfer of veterinary drugs from substrate to black soldier fly larvae. *animal*, 101214. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101214>
- Van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., & Roos, N. (2021). Nutritional qualities and enhancement of edible insects. *Annual Review of Nutrition*, 41(1), 551-576. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-041520-010856>
- Van Looveren, N., Vandeweyer, D., & Van Campenhout, L. (2021). Impact of heat treatment on the microbiological quality of frass originating from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Insects*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.3390/insects13010022>
- Van Looveren, N., Vandeweyer, D., van Schelt, J., & Van Campenhout, L. (2022). Occurrence of *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores throughout an industrial production process of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(4), 399-407. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0073>
- Van Looveren, N., Verbaet, L., Froominckx, L., Van Miert, S., Van Campenhout, L., Van Der Borght, M., & Vandeweyer, D. (2023). Effect of heat treatment on microbiological safety of supermarket food waste as substrate for black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Waste Management*, 164, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.04.018>
- Veldkamp, T., & Gasco, L. (2023). Insects as global opportunity. *Animal Frontiers*, 13(4), 3-5. <https://doi.org/10.1093/af/vfad034>
- Veldkamp, T., Meijer, N., Alleweldt, F., Deruytter, D., Van Campenhout, L., Gasco, L., & Van der Fels-Klerx, H. J. (2022). Overcoming technical and market barriers to enable sustainable large-scale production and consumption of insect proteins in Europe: A SUSINCHAIN perspective. *Insects*, 13(3), 281. <https://doi.org/10.3390/insects13030281>
- Veldkamp, T., Meijer, N., Alleweldt, F., Deruytter, D., Vandeweyer, D., Gasco, L., & van der Fels-Klerx, H. J. (2022, November). SUSINCHAIN: Sustainable Large-Scale Production and Consumption of Insect Proteins in Europe. In 36th EFFoST International Conference, Date: 2022/11/07-2022/11/09, Location: Dublin, Ireland. <https://irias.kuleuven.be/3940179&lang=en>
- Veldkamp, T., van der Fels, H. J., Meijer, N. P., & Octavia, M. (2020). Introduction to the EU H2020 project SUSINCHAIN (Sustainable INsect CHAIN). *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(Supplement 1), S43-S43. https://susinchain.eu/wp-content/uploads/2022/01/SUSINCHAIN_Publication_5.pdf
- Veldkamp, T., Meijer, N., Alleweldt, F., Deruytter, D., Van Der Borght, M., Vandeweyer, D., & van der Fels-Klerx, H. J. (2024). Sustainable integration of insects into European food chains. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-9. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001240>
- Żuk-Gołaszewska, K., Gałęcki, R., Obremski, K., Smetana, S., Figiel, S., & Gołaszewski, J. (2022). Edible insect farming in the context of the EU regulations and marketing—An overview. *Insects*, 13(5), 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>

Reports

[D1.1 – Best practices and business models for overcoming supply-side barriers](#)

[D1.2 – Short report with risk management strategies](#)

[D1.3 – Report on future market opportunities](#)

[D1.4 – Report on strategies for gaining trust and consumer acceptance](#)

[D1.5 – Best practice guidelines and sectoral roadmap for supporting large-scale commercialisation of high-quality insect products in Europe](#)

[D1.6 – Policy recommendations for supporting large-scale commercialisation of high-quality insect products in Europe](#)

[D2.1- Nutritional needs and optimal physical properties of substrate for insects](#)

[D2.2 – Report on pre-treatment of insect substrates and optimal feed mixture](#)

[D2.3 – Possibilities for usage and economic upgrading of insect by-products](#)

[D2.4 – Technical report on resistance of different insect pathogens and pests](#)

[D2.5 – Report on storage and transport conditions of insect eggs](#)

[D2.6 – Practical guideline for upscaling and improving insect rearing](#)

[D3.1 – CAS and CAP industrial guidelines](#)

[D3.2 – Microwave drying of insects – Guidelines for industry for large-scale microwave dryer](#)

[D3.3 – Prototype Radio Frequency dryer](#)

[D3.4 – Radio frequency drying of insects – Guidelines for an industry with optimal drying conditions in the specialised RF dryer](#)

[D3.5 – Prototype LEEB technical details](#)

[D3.6 – LEEB Industry Guidelines](#)

[D3.7 – HME industrial guidelines](#)

[D3.8 – Enzymatic treatment and tricanter industrial guidelines](#)

[D4.2 – Database containing information on digestibility for insect-based meals processed using various technologies](#)

[D4.3 – Report on animal performance results from farm level trials with commercial feeds containing insect derived proteins](#)

[D4.4 – Report on the impact of insect bio-active compounds present in insect meals on animal health and product quality](#)

[D5.1 – Workshop report specifications for the criteria for food products](#)

[D5.2 – Protocols with final specifications and batch production plans](#)

[D5.3 – Sensory evaluation of insect products](#)

[D5.4 – Database consumer intervention results](#)

[D5.5 – Inclusion of Insect-Based Products in Regular Diets](#)

[D6.1 – Microbial and chemical safety data of insect substrates and mixtures](#)

[D6.2 – Microbiological and chemical safety data of insect frass](#)

[D6.3 – Microbiological safety of insect products – Effect of transportstorage and processing technologies](#)

[D6.4 – Report on effects of processing on allergenic properties of insect derived products](#)

[D6.5 – Data on metabolization of mycotoxins by insects](#)

[D6.6 – Guidelines for good practices for safe insect production](#)

[D7.2 – Modular environmental and economic assessment system](#)

[D7.4 – Industrial DSS for sustainable insect value chains](#)

[D7.6 – Industrial guidelines \(blueprint\) for sustainable insect value chains](#)

[D8.2 – Dissemination materials such as brochures, videos, fact sheets, information counter](#)

[D8.3 – Dissemination materials 2](#)

[D8.4 – Dissemination materials such as brochures, videos, fact sheets, information counter 3](#)

[D8.5 – Data management plan](#)

[D8.6 – Business plans and exploitation strategy](#)

[D8.7 – Plan for management of knowledge and innovation](#)

Best Practice Sheets

[Best practice-Consumer trust](#)

[Best practice-Never-taker narratives](#)

[Best practice-Risk management](#)

[Best practice-MW feeding](#)

[Best practice-MW transport](#)

[Best practice-Transport of cricket eggs](#)

[Best practice-storage and transport of BSF eggs and neonates](#)

[Best practice-Enzymatic treatment tricanter centrifugation](#)

[Best practice-High moisture extrusion](#)

[Best practice-LEEB](#)

[Best practice-Storage and transport of BSF larvae](#)

[Best practice – Microwave drying](#)

[Best practice – RF drying](#)

[Best practice-Animal trials using insect meals](#)

[Best practice-Digestibility trials](#)

[Best practice-Nitrogen-to-protein conversion factor](#)

[Best practice-Minification of insects for insect based food](#)

[Best practice-Product development for insect based food](#)

[Best practice-Analysis of incoming feed substrates](#)

[Best practice-Industrial Decision Support System](#)

[Best practice-Sustainability of insect production online tool](#)

[Best practice-Modular eco-efficiency system of insect sustainability assessment](#)

Roadmap

[SUSINCHAIN Roadmap](#)

SUSINCHAIN tool

<https://susinchain.herokuapp.com/index>

Course material

https://susinchain.eu/wp-content/uploads/2024/05/Susinchain_-Teaching-Material- Diseases_310123.pdf

Videos

<https://youtu.be/zBp2GkaMrYc>

<https://youtu.be/lu1UCZMFcMU>

Overige literatuur

Azzollini, D., van Iwaarden, A., Lakemond, C. M., & Fogliano, V. (2020). Mechanical and enzyme assisted fractionation process for a sustainable production of black soldier fly (*Hermetia illucens*) ingredients. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 80. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00080>

Bello Gonzalez, T. D. J., van Gelderen, B., Harders, F., Vloet, R., Voorbergen-Laarman, M., de Ruiter, B., & Haenen, O. L. M. (2023). Molecular Characterization of *Serratia marcescens* Strain Isolated from Yellow Mealworms, *Tenebrio molitor*, in The Netherlands. *Insects*, 14(9), 770. <https://doi.org/10.3390/insects14090770>

Boccardo, A., Hagelaar, G., & Lakemond, C. (2023). Evaluation of crises suitability of food systems: a comparison of alternative protein sources. *Food Security*, 15(6), 1647-1665. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01390-4>

Coudron, C., Adema, J., Van Miert, S. Determining greenhouse gas production by edible insects. *ValuSect. Interreg North-West Europe*. <wp1.1-report-determining-greenhouse-gas-production-by-edible-insects.pdf>

Coudron, C.L., Berrens, S., Van Peer, M., Deruytter, D., Claeys, J., & Van Miert, S. (2024). Ammonia emissions related to black soldier fly larvae during growth on different diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(8), 1469-1483. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001049>

Dame-Korevaar, A., Pacholewicz, E., van Engelen, E., Tao, W., & Pikkemaat, M. (2024). Ziekten, plagen en zoönoseverwekkers in de insectenteelt (No. 2413154). Wageningen Bioveterinary Research. <https://edepot.wur.nl/657127>

[Er was eens een ridder en die heette Olga Haenen...](#), *Aquacultuur*, april 2022

First, T., Fogliano, V., & Mishyna, M. (2023). Entoferritin: An innovative iron source for human consumption. *Journal of Functional Foods*, 108, 105711. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105711>

Groeneveld, I., Elissen, H., van Rozen, K., & van der Weide, R. (2021). The profitability potential of black soldier fly (BSF) larvae raised on pig manure at farm level (No. WPR-890). Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/549892>

Groeneveld, I., Niyonsaba, H., Vernooij, A., Salari, S., Kiem, J., Kemmers, W., & van Tuyl, A. (2023). Financiële haalbaarheid tuinbouwreststromen als voer voor Black Soldier Fly larven (No. 1432). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/632308>

Haenen, O., A. Borghuis, B. Weller, J. van Eijk, E. van Gelderen, M. Boonstra, E. Weerman, L. Bonte, L. Dingboom, R. Petie, P. de Cocq, 2019. [Bacteriële gezondheid in Nederlandse insectenweek: een pilot.](#)

Haenen, O. L. M., Borghuis, A., & Weerman, E. (2019). Van insect naar vis. Visionair: het vakblad van sportvisserij Nederland, 13(53), 42-43. <https://edepot.wur.nl/511552>

Haenen, 2020. [Video](#) van seminar 17 nov 2020 over INVIS / insect health voor Australië, James Cook University: met abstract: O. Haenen, A. Borghuis, F. Schaafstra, L. Bonte, G. van Duijvendijk, L. Dingboom, B. Schoelitz, R. Petie, C. de Vos, J. Gonzales Rojas, P. de Cocq: Insect culture in the Netherlands for feed and food with special focus on bacterial health.

Ipema, A.F., Bokkers, E.A.M., Gerrits, W.J.J. et al. (2020). Long-term access to live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) stimulates activity and reduces fearfulness of broilers, without affecting health. *Sci Rep* 10, 17428. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74514-x>

Ipema, A. F., Gerrits, W. J., Bokkers, E. A., Kemp, B., & Bolhuis, J. E. (2020). Provisioning of live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) benefits broiler activity and leg health in a frequency-and dose-dependent manner. *Applied Animal Behaviour Science*, 230, 105082. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105082>

[Insecten vormen zesde dierhouderijsector in Nederland](#), Tijdschrift voor diergeneeskunde, januari 2022

Joosten, L., Lecocq, A., Jensen, A. B., Haenen, O., Schmitt, E., & Eilenberg, J. (2020). Review of insect pathogen risks for the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and guidelines for reliable production. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6-7), 432-447. <https://doi.org/10.1111/eea.12916>

Kennisbasis project: kb34 stikstof terugwinnen uit slib met insecten en algen. <https://www.waternetwerk.nl/images/knw2/2403-LotN-Black-soldier-flies-2.pdf>

KWIN – Handboek Kwantitatieve Informatie Veehouderij met een hoofdstuk over insecten is hier te bestellen: <https://www.wur.nl/nl/product/handboek-kwantitatieve-informatie-veehouderij-kwin.htm>

Mishyna, M., Fischer, A. R., Steenbekkers, B. L., Janssen, A. M., & Bos-Brouwers, H. E. (2023). Consumption and production of edible insects in an urban circularity context: Opinions and intentions of urban residents. *Sustainable Production and Consumption*, 42, 234-246. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.10.001>

Mishyna, M., & Glumac, M. (2021). So different, yet so alike Pancrustacea: Health benefits of insects and shrimps. *Journal of Functional Foods*, 76, 104316. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104316>

Mishyna, M., Keppler, J. K., & Chen, J. (2021). Techno-functional properties of edible insect proteins and effects of processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 56, 101508. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101508>

Nederlof, M.A.J., E.J. Weerman, M.M.P. Vrij, O.L.M. Haenen, 2021. [Essentiële oliën: een alternatief voor antibiotica?](#) *Aquacultuur*, 1: 26-30.

Parodi, A., Yao, Q., Gerrits, W. J., Mishyna, M., Lakemond, C. M., Oonincx, D. G., & Van Loon, J. J. (2022). Upgrading ammonia-nitrogen from manure into body proteins in black soldier fly larvae. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, 106343. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106343>

Savio, C. (2023). Effects of feed and probiotic bacteria on *Tenebrio molitor* performance and entomopathogen susceptibility (Doctoral dissertation, Wageningen University).

<https://edepot.wur.nl/637145>

Schoelitsz, Bruce, Arjan Borghuis, Ayke Haller, Raoul Linders, Emmy Post, Melissa van Rijnen, Marnix van Schaik, Kas Swinkels, Wout Vloedgraven, Tim Vrijenhoek, Maxime Weber, Thomas Weisbeek en Matthé Wind, 2019. [Ongewenste beestjes in de meelwormenweek](#). Dierplagen Informatie 4: 4-8.

Sun, H., Velazco, O. N., Lakemond, C., Dekker, M., Cadesky, L., & Mishyna, M. (2021). Differences in moisture sorption characteristics and browning of lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) ingredients. *LWT*, 142, 110989. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110989>

Sweers, L. J. H. (2024). Beyond heat: Mild processing of edible insect protein. [internal PhD, WU, Wageningen University]. Wageningen University. <https://doi.org/10.18174/671480>

Sweers, L. J. H., Keppler, J. K., Feng, S., Zea, J. A., van Bokhorst-van de Veen, H., Timmermans, R. A. H., & Mishyna, M. (2024). High hydrostatic pressure for decontamination of soluble insect proteins prevents protein denaturation better than blanching. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 96, 103743. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103743>

Sweers, L. J. H., Lakemond, C. M. M., Fogliano, V., Boom, R. M., Mishyna, M., & Keppler, J. K. (2024). Biorefining of liquid insect fractions by microfiltration to increase functionality. *Journal of Food Engineering*, 364, 111821. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111821>

Sweers, L. J. H., Mishyna, M., Boom, R. M., Fogliano, V., Keppler, J. K., & Lakemond, C. M. M. (2023). Microfiltration for effective microbiological decontamination of edible insects—Protein hydrolysis, aggregation and pH are critical for protein recovery. *Food and Bioprocess Technology*, 141, 128-138. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2023.08.002>

Sweers, L. J. H., Politiek, R. G. A., Lakemond, C. M. M., Bruins, M. E., Boom, R. M., Fogliano, V., & Schutyser, M. A. I. (2022). Dry fractionation for protein enrichment of animal by-products and insects: A review. *Journal of Food Engineering*, 313, 110759. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110759>

[Vier jaar INVIS: Van insect naar vis, naar varken en kip](#), *Visionair*, nr. 62, december 2021

Vlaanderen, Frits, et al., 2019. Insectenteelt genoemd in: [Staat van Zoönosen](#), dec 2019.

Weerman, E.J., B. van de Sanden, T. Keijsers, G.J. Duives, M.A.J. Nederlof, O.L.M. Haenen, 2021. [Hoe kan de Nederlandse aquacultuur de transitie naar duurzaam voer worden inzetten?](#) *Aquacultuur*, 1: 20 -25.

Weerman E.J., M. Vrij, F. Schaafstra, O. Haenen, 2019. [Voer op basis van insecten voor de koningsgarnaal](#). *Aquacultuur*, 34, 3: 23-27.

Yener, S., Mishyna, M., Zhao, L., Velazco, O. N., Cadesky, L., Lakemond, C., & Fogliano, V. (2024). Volatile compounds and quality changes of lesser mealworm larvae: effect of blanching, storage temperature and time. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-12. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001051>