

Enorm Biofactory – Værdiforøgelse af restbiomasser gennem insektproduktion

MUDP - Faglig delrapport

1. halvår 2019

Journal nr. på tilsagn: MST-117-00460

Kontaktperson i Miljøstyrelsen: Bjørn Olsen

Der har i perioden været arbejdet på arbejdsopgaverne 1, 2, 3, 5 og 6

Indholdsfortegnelse

AP 1 – Udvikling af foder og fluebure	2
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 1 - 1. halvår 2019	2
Produktionsflow for BSF larver	2
Metode til forsøg i AP 1	4
Resultater for produktion af æg	5
Optimering af larverne vækst	12
Fokus for AP 1 i 2. halvår 2019.....	15
AP 2 – Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser til optimering af produktions set-up.....	16
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 2 - 1. halvår 2019	16
Logistik.....	17
Dosering af seedlarver.....	18
Processering.....	18
GHG og CFD modellering	22
Energiforbrug	23
AP 3 - Demonstration af full line produktion af insektmel og -olie.....	23
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 3 - 1. halvår 2019	24

AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg	26
AP 5 - Udvikling af fiskefoder	26
AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass.....	26
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 6 - 1. halvår 2019	27

AP 1 – Udvikling af foder og fluebure

I arbejdsplanen 1 testes i lab skala prototyper af bure til fluer samt væstkasser til fluelarverne, for at skabe optimale forhold for fluernes reproduktion og vækst af larven. Der udvikles første foderrecept til BSF-larver baseret på restbiomasser. Endelig undersøges muligheden for at anvende lænse vandet fra vækststaldene som vækstmedie til produktion af mikroalger.

Leverancer i denne arbejdsplan:

- 1) Færdigt design og udviklede prototyper af fluebure, ægopsamlingsenheder og væstkasser.
- 2) Generation 0.1 recept for BSF-foder baseret på restbiomasser.
- 3) Analyser af mikroalger baseret på lænse vand fra larveproduktionen.

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 1 - 1. halvår 2019

I 1. halvår af projektet er der dagligt arbejdet med at udføre forsøg, primært med fokus på optimering af vilkår for produktion af flueæg. Forsøgene er foregået i laboratorieskala, og er med til at sætte parametrene op for udvikling af de første prototyper af skalerede fluebure. Der er samtidig fokus på at udvikle en plan for håndtering og management af produktionen. Forsøgene er planlagt med henblik på at fastlægge forskellige faktorerens indvirkning på fluernes reproduktion.

Som et delresultat er den første prototype på et skaleret fluebur blevet designet, og dette bur vil blive taget i brug i Q3. Den første prototype af et skalerbart fluebur er 6x større end laboratorieburerne. Fokus for forsøgene med ægproduktion i 2. halvår, vil derfor være hvordan fluernes adfærd og æglægning påvirkes af de nye dimensioner.

Der er sideløbende arbejdet med optimering af larvernes vilkår. I 1. halvår er der fokuseret på de første fodringsforsøg med restbiomasser og på at undersøge foderets indflydelser på foderkonverteringsrate, varmeudvikling og udledning af ammoniak og CO₂.

Produktionsflow for BSF-larver

I den nedenstående figur ses en grov skematisering af produktionen af BSF-larver.



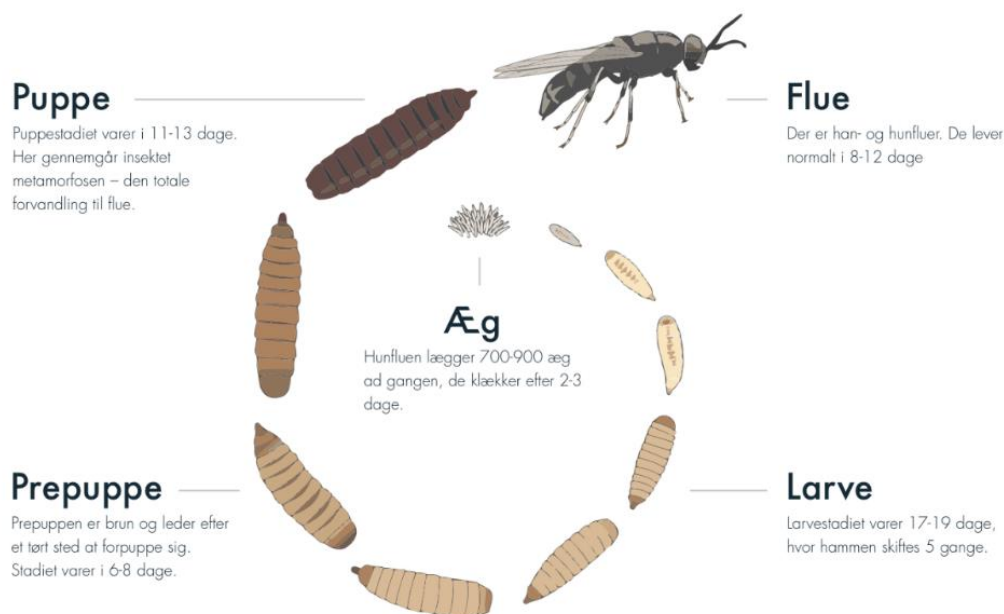
Ca. 1% af larverne for pupper sig og udklækkes til fluer i reproduktionen.

Et bestemt antal pupper er placeret i forlængelse af flueburet, så der ved udklækning fra puppe til flue sker en selektion så alle ikke-udklækkede pupper frasorteres. Det er derfor ikke muligt at få ikke-udklækkede pupper blandet sammen med fluer ud fra opsætningen af buret og des indre design. Fluerne er nu klar til at lægge deres æg.

Æglægningen finder sted i flueburene. Når fluerne skal lægge deres æg, får de tilført vand, mens de lægger deres æg. Æglægningen sker på en æg-opsamler efter at fluerne har parret sig. Æg-opsamleren er designet med huller og lokkemad, som får fluerne til at lægge sine æg i ægopsamleren. Efter fluerne har lagt æg, høstes æggene, så æggene separeres fra fluerne. Der er blevet varieret på faktorer som lys, type af æg-opsamler, type af lokkemad, kontinuerlig / batchvis tilførsel af pupper mm. for at fastlægge de bedste betingelser for flueres æglægning.

Æggene udklækkes i en kasse med mad og bliver til de ny-udklækkede larver. Larverne bliver produceret med et mål om at opnå hurtig og meget vækst. Larverne placeres i en kasse med foder, som er placeret i et klimarum hvor temperatur og luftfugtighed styres, så larverne har de optimale vækstbetingelser. Larverne inkuberes på denne måde i 10-12 dage – i dette stadie kalder vi larverne for "seed larver". Efterfølgende doseres larver og nyt foder til væstkasser og de flyttes til vækststalde. Her bliver de, indtil de er 17-19 dage gamle, hvor 99% af dem høstes og forarbejdes. Den resterende 1% lader vi udvikle sig videre til først præpupper, så pupper og endelig ny fluer til reproduktionen. Hele insektets livscyklus varer omkring 50 dage – *se figuren herunder*.

Black Soldier Fly Livscyklus



Metode til forsøg i AP 1

For at forbedre vilkårene har Enorm fastsat KPI'er (Key Performance Indicators), som ved hvert forsøg måles og analyseres for at vurdere effekten af tilførte faktorer.

Eksempler på KPI'er:

- 1) Indsamlede gram æg per m³ per dag
- 2) Vækst per kg foder
- 3) Antal dage fra dosering af seed larver i væstkasser – til høstklare larver

Forsøgene for antal indsamlede gram æg per m³ per dag er udført i laboratoriet hos Enorm. Der er 6 fluebure, hvoraf de 2 bure altid drives efter Enorms "SOP". SOP står for "Standard of procedure" og bruges i daglig tale hos Enorm, for vores nuværende bedst egnede betingelser for produktionen. Vi udfører typisk to forsøg sideløbende. Et forsøg består af ét SOP bur og to bure som får tilført én bestemt variabel. Forsøgene bliver altid gentaget i 3 batch for at validere resultaterne. Viser forsøgene at den ændrede variabel i testen, performer bedre end SOP referencen, bliver ændringen overført til SOP. På den måde forbedres produktionsvilkårene og KPI-værdier for SOP burene over tid.

Forsøgene der omhandler larvernes fodring og vækst er i 1. halvår fortaget i Enorms "rumskib". Dette er en boks Enorm tidligere har bygget, hvor vi kan styre ventilationsflow, temperatur, luftfugtighed mv. hvilket ikke har været muligt i Enorm's laboratorium i øvrigt. I 2. halvår flyttes larverne til de nye POC (proof of concept) faciliteter, hvor forsøgene for vækst af larver kan systematiseres og skaleres. I de nye faciliteter er der bygget 7 klimastalde til vækst af larver, hvilket vil gøre det muligt at udføre forsøg med SOP klimastalde og forsøgsstalde på samme måde som med flueburene.



Enorms "rumskib" med tilhørende emergingboks til klækning af pupper.

Resultater for produktion af æg

I det efterfølgende er der beskrevet justeringer på faktorer, der er blevet undersøgt med det formål at opnå så høj produktion af æg som muligt. Forskellige faktorer er blevet undersøgt, hvor én variabel er blevet justeret og produktionen er blevet undersøgt og sammenlignet med SOP over 14 dages batch.

Der er flere faktorer, der er blevet undersøgt i forhold til hvorvidt de spiller en rolle for fluernes æglægning:

- Dimensionering af bur
- Lysbehov
- Temperaturer og luftfugtighed
- Materialer i buret
- Densitet af fluer

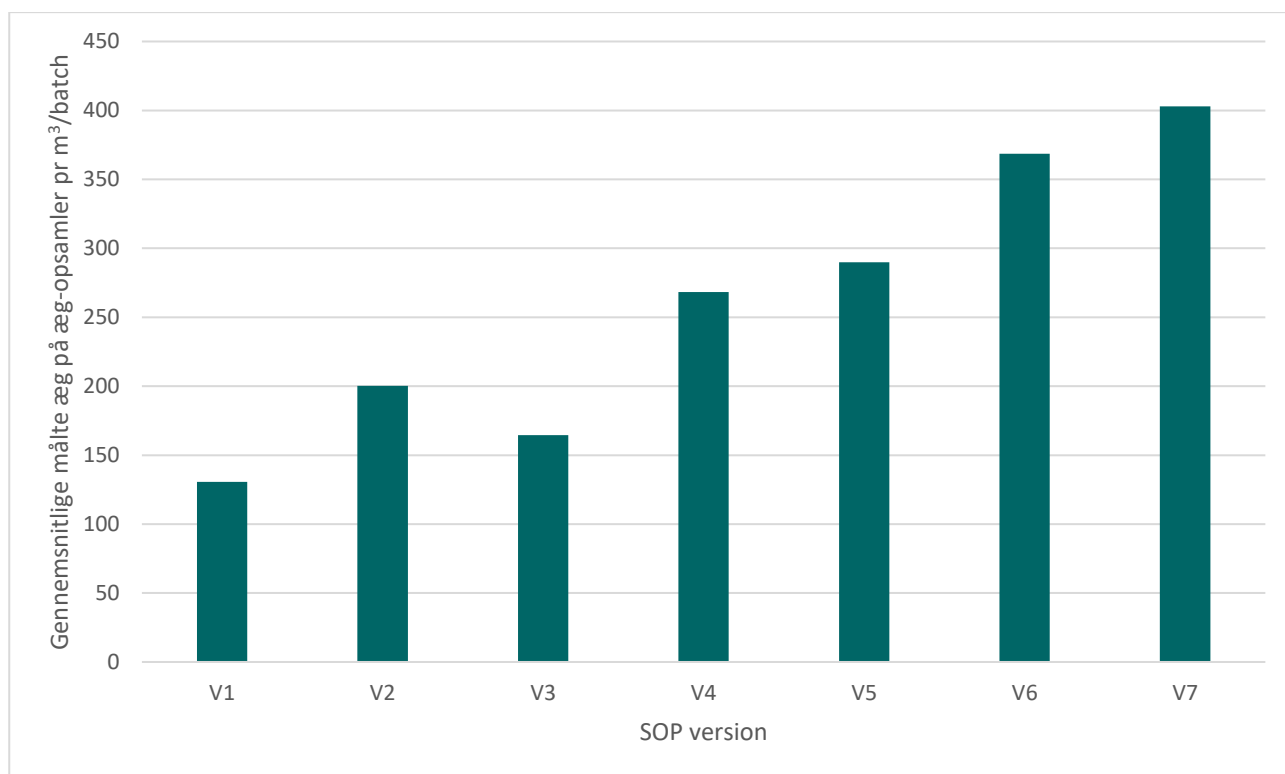
Nedenfor i tabellen er angivet, hvilke forsøg der er blevet gennemført i 1. halvår af projektperioden, hvilken forventning der var til at starte med, og hvad resultatet blev. Under beskrivelsen af forventningen er også nævnt succeskriteriet for forsøget, altså hvilke krav ENORM har sat for at variabelen skal inkluderes i standardproceduren (SOP). I de efterfølgende afsnit er der en uddybelse af udvalgte forsøg vist i tabellen nedenfor.

Eksperiment	Forventning før forsøg	Resultat
Ændring af æg-opsamlerens materiale (se afsnit 5.2 for uddybelse beskrivelse)	Formålet var at ændre på æg-opsamlerens materiale til vaskbart rustfrit stål for at opnå en æg-opsamler, der er lettere at håndtere. Succeskriteriet var at opnå flere eller lige så mange lagte æg.	Der blev ikke observeret flere lagte æg på æg-opsamleren.

To lamper i stedet for en (se afsnit 5.3 for uddybelse af resultater)	Der vil i buret blive indsat dobbelt så meget lys som i SOP. Succeskriteriet var at opnå flere æg lagt på ægopsamleren.	Der blev ikke observeret flere lagte æg på ægopsamleren.
Vertikal placering af lyskilde	Formålet var at undersøge om fluerne ville trives på samme måde, altså lægge lige så mange æg som i SOP, hvis lyset kom fra siden i stedet for ovenfra. Formålet var at blive klogere på fluernes opførsel ifht. at skalere burene.	Fluerne vil helst sidde på vertikale flader og satte sig derfor på lyskilden og blokerede lyset.
Ingen tilførsel af sukkervand	Under forsøget fik fluerne ikke tilført sukkervand (daværende SOP var inkl. sukkervand). Formålet var at undersøge om dette ville medføre at fluerne lagde æg hurtigere.	Uden sukkervand lagde fluerne 8-10% færre æg på, men til gengæld lagde de dem hurtigere.
Forlængelse af batch fra 14 til 60 dage med løbende tilførsel af fluer.	Den øgede batchlængde ville betyde at der spares tid i forhold til vask og håndtering af buret mellem batch. Succeskriteriet er at opnå konstant produktion af æg over den øgede tid.	Udbyttet af æg var 10-12% højere sammenlignet med SOP, samtidig med at vi sparede arbejdskraft.
Ny metode til at opsamle æg	Den nye metode gør det lettere at høste æggene da ægopsamleren kan håndteres fra ydersiden af buret, i stedet for at man skal have en hånd ind i buret. Hvis fluerne lægger æg ved den nye placering, er forsøget en succes.	Forsøget er en succes, da fluerne lægger deres æg ved den nye placering, og ingen fluer flygter fra buret under høst af ægopsamleren.
Øge antallet af tilførte pupper (se afsnit 5.6 for uddybelse af resultater)	Testen gik ud på at finde frem til den rette densitet af fluer per m ³ fluebur. Ved øget antal af tilførte pupper vil der komme flere fluer, som vil resultere i flere lagte æg.	Der blev ikke målt betydeligt større æg på ægopsamleren, hvorfor det konkluderes at densiteten af fluer blev for høj.
Mindske antallet af tilførte pupper (se afsnit 5.6 for uddybelse af resultater)	Ved mindsket antal af tilførte pupper vil der komme færre fluer, som vil resultere i færre lagte æg.	Der blev målt betydeligt færre æg på ægopsamleren, hvorfor det konkluderes at densiteten af fluer blev for lav.
Ny type metode til vandforsyning via en klud	Med vandtilførsel fra ydersiden af buret forventes det, at vi undgår at fluer drukner ved vandforsyningen, undgår æglægning på toppen af vandforsyningen og at arbejdet med at påfylde vand bliver lettet.	Arealet, hvor fluerne kunne drikke, var ikke stort nok, så i sidste ende blev der lagt færre æg. → Ny test med større areal.
Ny type metode til vandforsyning via en klud med større vanddispenser	Med vandtilførsel fra ydersiden af buret forventes det, at vi undgår at fluer drukner ved vandforsyningen, undgår æglægning på toppen af vandforsyningen og at arbejdet med at påfylde vand bliver lettet. → Denne gang med øget vådt areal.	Med den større vanddispenser virker vandforsyningen godt. Fluerne havde dog en tendens til at lægge æg på det sugende materiale.
Ny type metode til vandforsyning via et vandsugende materiale der er mere finmasket. (se afsnit 5.4 for uddybelse af resultater)	Et vandsugende materiale med finere masker skal bevirke at fluerne ikke vil lægge deres æg på vanddispenseren, som de gjorde på det mere grovmaskede materiale der var brugt først.	Vandforsyningen med det nye finmaskede bomuld bevirkede at færre fluer uhensigtsmæssigt lagde æg på vanddispenseren.

Skrabemekanisme til at fjerne døde fluer løbende (se afsnit 5.5 for uddybelse af resultater)	Med skrabemekanismen kan døde fluer fjernes så det undgås at levende fluer lægger æg på de døde fluer. Succeskriteriet er at få flere lagte æg på æg-opsamleren og muligheden for mellemrengøring mens der er en batch i gang.	Resultatet viste at der ikke var noget større udbytte af æg. Til gengæld ville denne metode kunne bruges til at effektivisere ægproduktionen af de længere batch, da der her vil være flere døde fluer.
Lokkemad, vand og æg-opsamleren er placeret udenfor burene.	Alt der skal håndteres og fyldes op løbende, er placeret udenfor buret, hvilket vil lette arbejdsbyrden, så færre fluer flygter og æggene lægges kun på æg-opsamleren. Succeskriteriet er at lette arbejdsbyrden.	Arbejdsbyrden blev betydeligt lettet.
Ingen vand gives til fluerne efter de er udklækket fra pupperne.	Succeskriteriet er at opnå ligeså mange eller flere æg på æg-opsamleren. Derved kunne man spare vanddispenseren og den løbende håndtering af det.	Der blev målt langt færre æg, når fluerne ikke får tilført vand. Vanddispenseren kan derfor ikke spares væk.

Målet med forsøgene er at opnå så mange lagte æg på æg-opsamleren per batch som muligt (dette er KPI-værdien). Når forsøgene resulterede i øgede antal æg på æg-opsamleren eller en lettelse af håndteringen, blev SOP-protokollen justeret, så vi over tid opnåede bedre betingelser for fluerne, så deres æg blev lagt på æg-opsamleren. Denne proces er demonstreret i figur 1 vist nedenfor.



Figur 1: Optimeringen af SOP. På x-aksen vises de forskellige SOP versioner henholdsvis Version 1 til Version 7, og på y-aksen ses de gennemsnitlige målte mængder æg på æg-opsamleren pr m³/batch. Der er hermed præsenteret et forhold mellem de lagte æg og flueburets størrelse.

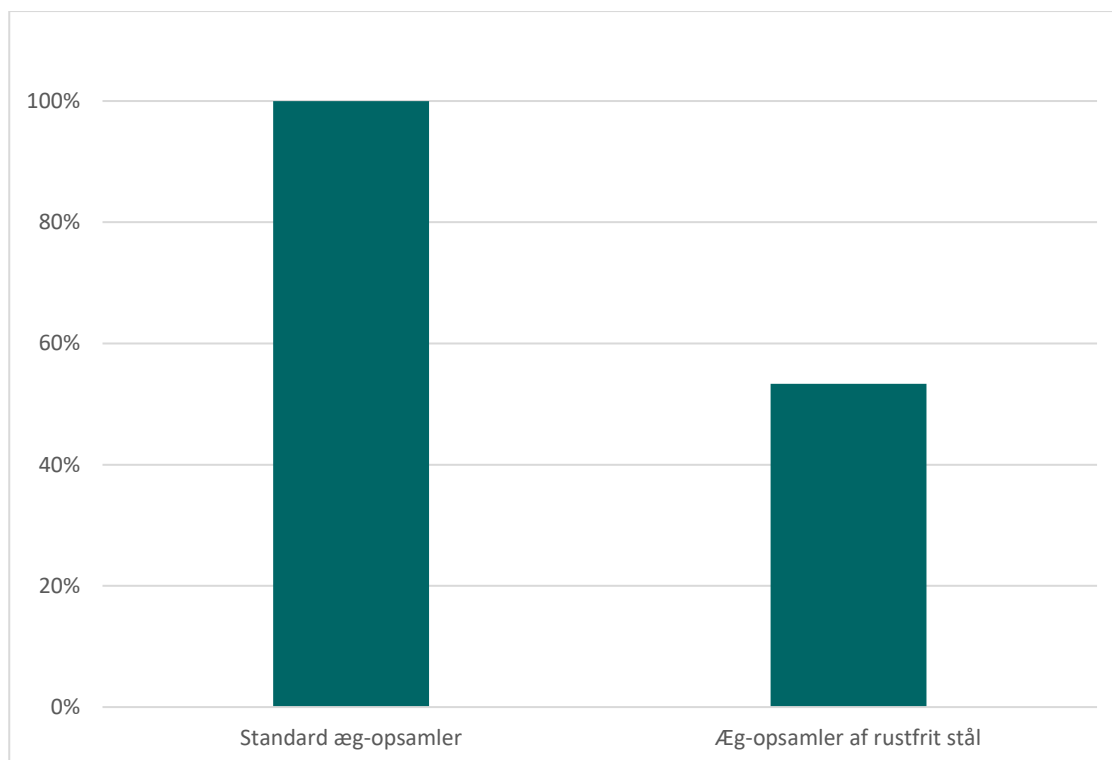
I Arbejdspakke 1 udført i 2019 er V5, V6 og V7 blevet gennemført. Version 1-4 er gennemført i 2018. Det ses i figur 1, at den gennemsnitlige målte æg på æg-opsamleren pr m³/batch stiger i takt med en ny version

(henholdsvis V1 til V7) opdateres. Dog stiger grafen ikke ved opdatering fra SOP version V2 til V3, men det kan ses, at optimeringen af SOP version V1 til V7 har hjulpet drastisk på mængden af gennemsnitlige målte æg på æg-opsamleren pr m³/batch.

Eksempel på forsøg 1 – Ægopsamlerens materiale

Æg-opsamlerens funktion er at man på en let og tilgængelig måde skal kunne frasortere lagte æg fra fluerne. Derfor kræver dette attraktive forhold for fluerne, så de foretrækker at lægge deres æg på æg-opsamleren, og ikke alle mulige andre steder i buret. Samtidig kræver det også at æg-opsamleren er let at håndtere.

En standardversion af æg-opsamleren er blevet brugt til udførelse af forsøgene præsenteret i rapporten, men betydningen af materialet blev dog testet. En æg-opsamler bestående af rustfrit stål blev testet for, hvorvidt denne æg-opsamler vil være mere attraktiv for fluerne at lægge æg på. Udførelsen er blevet gennemført på samme vis som beskrevet i ”Produktion af æg” med en æg-opsamler af rustfrit stål i stedet. Parallelt med dette forsøg blev der udført et kontrolforsøg med standardbetingelser, hvor standard æg-opsamleren blev brugt. Vægten af æg-opsamleren blev vejet før og efter fluerne har lagt æg på opsamleren. Der blev i alt lavet 6 forsøg med æg-opsamleren af rustfrit stål og 6 forsøg med standard æg-opsamleren. Den totale vægt fra de 6 forsøg med de to æg-opsamler blev udregnet den relative totale vægt, hvor standard æg-opsamleren er sat til 100% æglægning.



Figur 2: Test af æg-opsamler i rustfrit stål sammenlignet med standard æg-opsamler. Y-aksen angiver, hvor mange procent æg, fluerne har lagt på æg-opsamlerne.

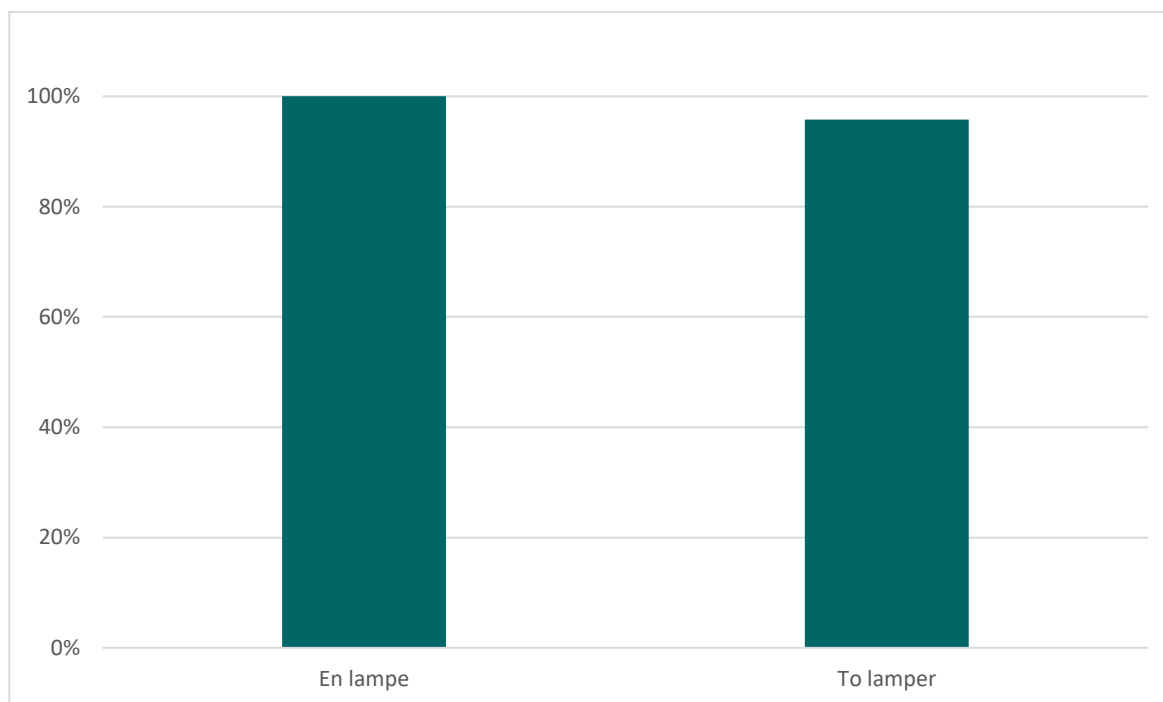
Som set i figur 2 er standard æg-opsamleren sat til 100% som tidligere nævnt. Æg-opsamleren af rustfrit stål har 53% flueæg sammenlignet med standard æg-opsamleren, hvilket betyder den har vist sig at være næsten halvt så effektiv som standard æg-opsamleren. På baggrund af de viste resultater har det ikke været en succes

at benytte sig af æg-opsamler lavet af rustfrit stål, fordi fluerne ikke foretrækker at lægge æg på opsamlere lavet af dette materiale.

Der er efterfølgende blevet lavet en lang række forsøg for at undersøge placeringen af æg-opsamleren i buret. Dette har vist sig at have stor indflydelse på, hvor attraktiv æg-opsamleren er for fluerne's æglægning. Der har også været et særligt fokus på at få fluerne til at lægge så mange æg på æg-opsamleren så muligt for at undgå at æggene bliver lagt ved side af æg-opsamleren og dermed ikke kan samles op så let.

Eksempel på forsøg 2 - Lysbehov

Der er blevet testet forskellige lyskilder, positionen af lyset i flueburet samt antallet af lamper. Lyset spiller en vigtig rolle igennem hele livsstadiet fra æg til larve til flue, og derfor blev denne faktor nøje testet. I det viste forsøg er der blevet sat to lamper op med den benyttede type lys for at se, hvorvidt dette vil øge antallet af lagte æg på æg-opsamleren. Målet er at observere effekten af to lamper i forhold til, hvor mange æg der lægges og, hvor fertile disse æg er. Udførelsen blev gennemført på samme vis som beskrevet i "Produktion af æg" med henholdsvis en lampe (som standardeksperimentet) og to lamper.

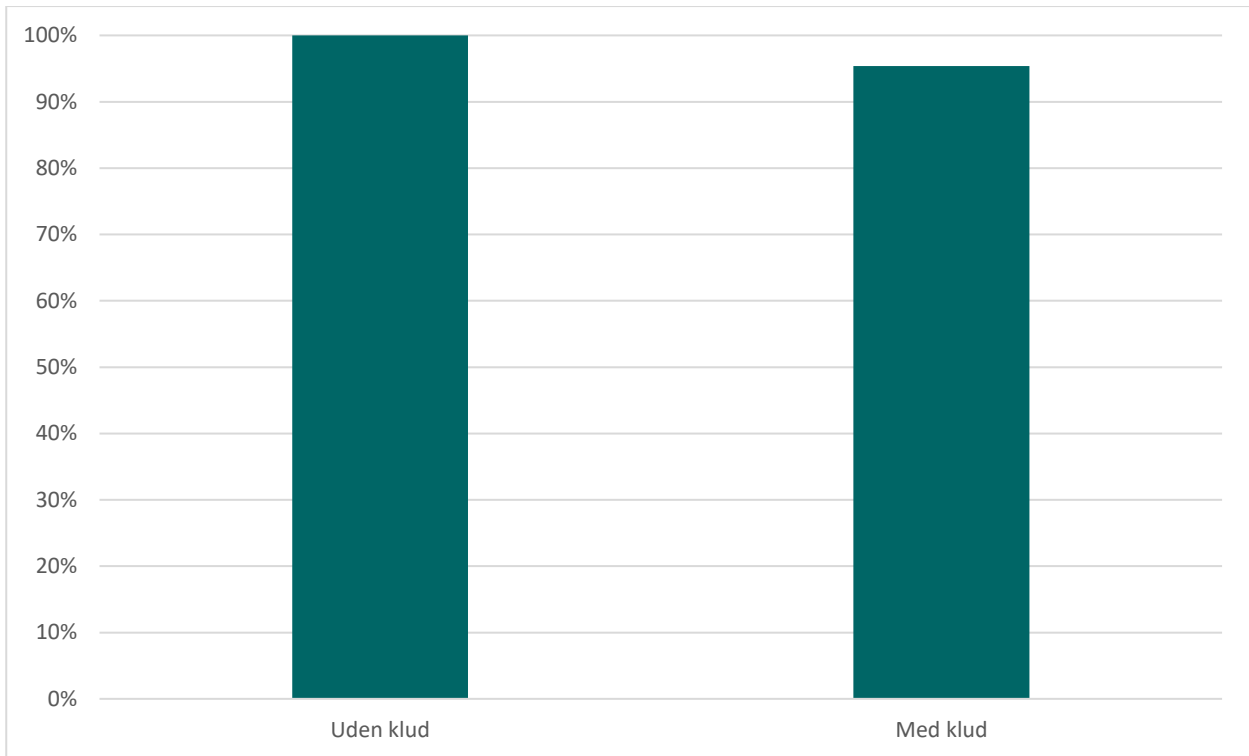


Figur 3: Effekten af lys på mængden af lagte æg på æg-opsamleren. Y-aksen angiver, hvor mange procent æg, fluerne har lagt på æg-opsamleren relativt til antallet af lagte æg på æg-opsamleren i buret med en lampe.

I dette forsøg blev der målt på mængden af æg lagt i æg-opsamleren i burene med henholdsvis en og to lamper. Når der er to lamper tilstede i buret giver det 96% æg på æg-opsamleren relativt til æg-opsamleren i buret med kun en lampe. Resultatet er ikke signifikant, så konklusionen på forsøget er at der ikke umiddelbart er nogen forskel på en og to lamper. Dog er der tidligere studier, der indikerer at fertiliteten af æggene er bedre med mere lys. Dette kræver dog uddybende forsøg for at kunne bestemme [1].

Eksempel på forsøg 3 - Temperaturer, luftfugtighed og tilførelse af vand

Temperaturer, luftfugtighed og tilførelse af vand er blevet undersøgt på flere forskellige måder. I de viste resultater nedenfor ses det, hvilken effekt det har haft at vandet blev tilført via en ny dispenser, der konstant er fugtig. Målet er at få en vandtilførelse til fluerne, som de kan drikke af, men hvor de ikke ønsker at lægge deres æg på og som er nem at håndtere. Der blev målt på mængden af lagte æg på æg-opsamleren, som er vist i procent i figur 4, hvor forsøget med den oprindelige vanddispenser er sat til 100%.

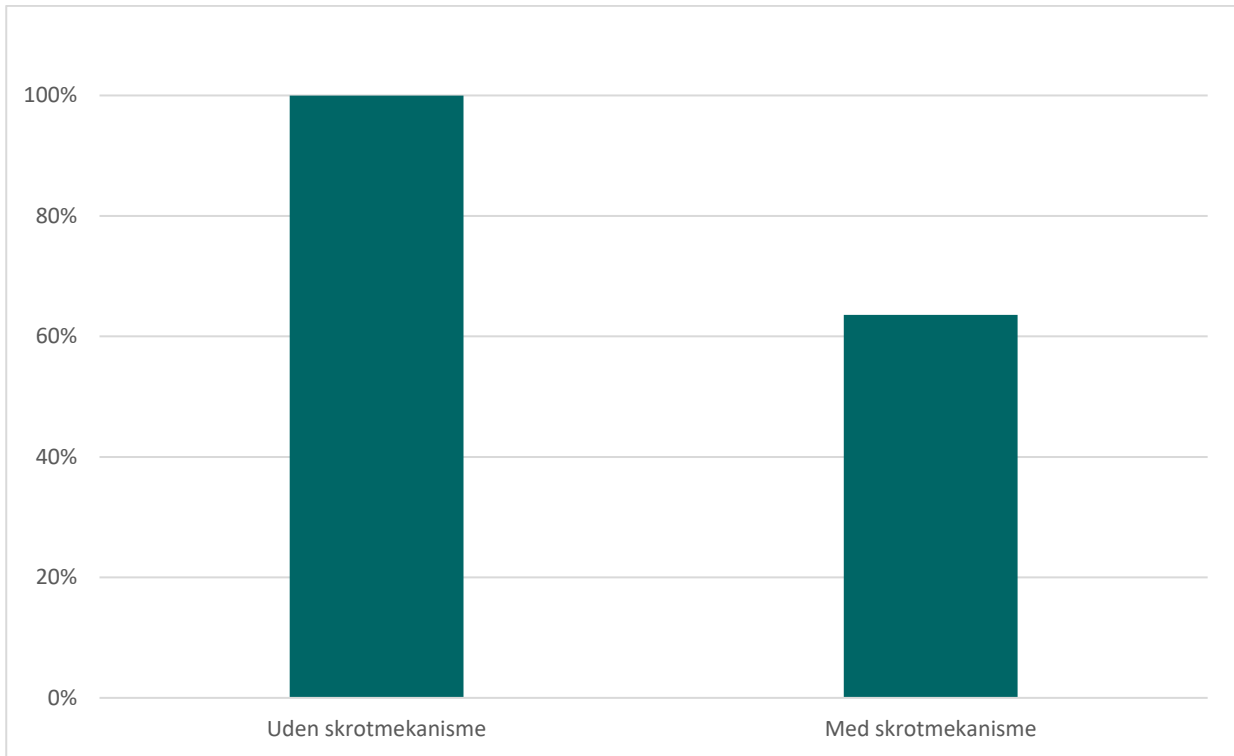


Figur 4: Vandtilførelse til fluer i buret med og uden klud. Y-aksen angiver, hvor mange procent æg, fluerne har lagt på æg-opsamlerne.

Som set i figur 4 har forsøget med den nye vanddispenser vist en æglægnings effektivitet på 95% - dette resultat er dog ikke signifikant forskelligt. Det nye vanddispenser princip blev overført til SOP, dog med et vandsugende materiale med finere masker, for at undgå at fluerne lægger æg på det. Det har lettet betjeningen af vanddispenseren betydeligt og ægproduktionen holder et stabilt niveau.

Eksempel på forsøg 4 - Skrabemekanisme

Med skrabemekanismen kan man fjerne de døde fluer fra bunden af buret. Fluerne lever ikke i særlig lang tid efter de har lagt deres æg og derfor sker det, at fluerne dør, mens de er i buret. Skrabemekanismen blev installeret for at fjerne døde fluer fra bunden af buret imens de levende fluer stadig lægger æg. Ved at fjerne de døde fluer løbende vil de levende fluer ikke kunne lægge æg på de døde fluer, og der vil være flere æg, der bliver lagt på æg-opsamleren.



Figur 5: Med eller uden skrabemekanisme til at fjerne døde fluer fra gulvet af. Y-aksen angiver, hvor mange procent æg, fluerne har lagt på æg-opsamlerne i forhold til når skrabemekanismen ikke er tilstede.

Selve mekanismen virkede optimalt, og havde til formål at fjerne døde fluer, så de raske fluer ikke lagde æg på de døde fluer, men i stedet vil lægge det på æg-opsamleren. Denne funktion virkede efter omstændighederne, men dog er der ikke opnået så stor en mængde æg på æg-opsamleren, når skrabemekanismen er installeret: her er vi nede på 64% æglægnings effektivitet sammenlignet med, når mekanismen ikke bliver brugt. Det blev konkluderet, at ved rengøring blev der fjernet levende fluer sammen med de døde. Dette kunne forklare, hvorfor der ikke er lagt ligeså mange æg på æg-opsamleren, når mekanismen er tilstede. Ud fra dette resultat er der blevet opstillet en ny test hvor bunden skrubes, hvorefter der ventes 15 minutter så de levende fluer flytter sig fra bunken med døde fluer, før de bliver tømt ud af buret.

Eksempel på forsøg 5 - Densitet af fluer

Der er løbende blevet justeret på mængden af pupper, der bliver til fluer. Mængde tilført pupper, der udklækkes til fluer, er blevet tilført til flueburet, hvor der efterfølgende er blevet målt på mængden af æg lagt i æg-opsamleren. Jo flere æg, der lægges på æg-opsamleren, jo bedre forhold er der for fluerne, der gør det mere favorabelt for fluerne at lægge deres æg. Ved at måle mængden af lagte æg i æg-opsamleren ved forskellige densiteter af fluer, vil der kunne etableres en maksimal densitet, der kan give det bedste udbytte af æg. Målet er at etablere et plateau for, hvornår det ikke giver større udbytte af æg at tilføre flere fluer til buret. Dette er blevet gennemført og den bedste densitet for at opnå maksimalt æglægningspotentialt fra fluerne er bestemt.

Optimering af larvernes vækst

I det følgende er der beskrevet forskellige fodertyper, og hvilke resultater dette har givet for larvernes vækst indtil de går ind i stadiet som præpupper. Målet er at opnå så meget vækst af larverne pr kg foder som muligt. Dette er dermed KPI-værdien. Undersøgelserne har fundet sted i et designet kammer med dimensioneringen 1,92m x 2,00m x 1,63m, hvor forskellige parametre kan justeres på for at opnå forståelse for foderets betydning for larvers vækst. Parametrene inkluderer vand, temperatur, ventilation og fugtighed. Der blev installeret sensorer forskellige steder i kammeret for at måle niveauet af gasser det pågældende sted.

Variation af foder

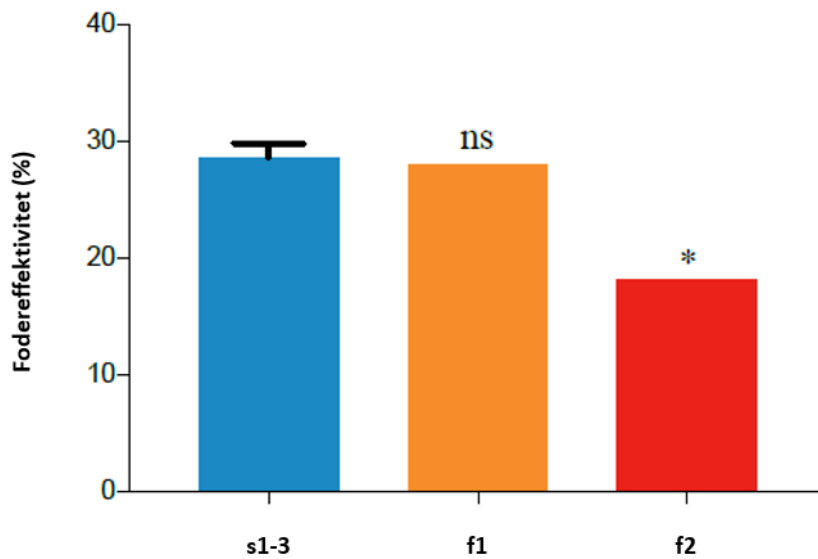
Der er blevet udført forsøg, hvor der er blevet varieret på foderet. Der er blevet sat tre referenceprøver op (kaldet s1, s2 og s3), som repræsenterer standardbetingelserne for larvernes foder. Derudover, er foder 1 (f1) og foder 2 (f2) blevet sat op, hvor f1 indeholder hvede, og f2 indeholder hvede og sojamelasse. Det estimerede proteinindhold af foderet for henholdsvis f1, f2 og s1-3 er forskellige, hvor f2 har det laveste indhold og f1 det næstlaveste. Det blev konkluderet, at fermenteringen ikke havde nogen signifikant effekt på proteinindholdet. Tørstofindhold af foderet er næsten det samme for alle tre fodertyper. I alle tre tilfælde er foderet blevet fermenteret.

Som tidligere nævnt er målet at opnå så stor omsætning af foder til larvemasse. Denne omsætning blev bestemt ud fra vægten af foder og den endelige larvemasse. Dette ses i tabellen nedenfor. Den endelige mængde producerede larver er angivet i højre side af tabellen, hvor batch s1, s2 og s3 er angivet med s1-3 med beregnede standardafvigelse.

Batch	Estimeret proteinindhold af foder før fermentering (%)	Tørstofindhold af foder før fermentering (%)	Producerede larver (mg)
s1-3	20,8	29,7	57,5 ±6,3
f1	17,7	29,9	58,78
f2	11,7	30,4	37,52

Ud fra den opnåede vægt af producerede larverne er der blevet beregnet en fodereffektivitet.

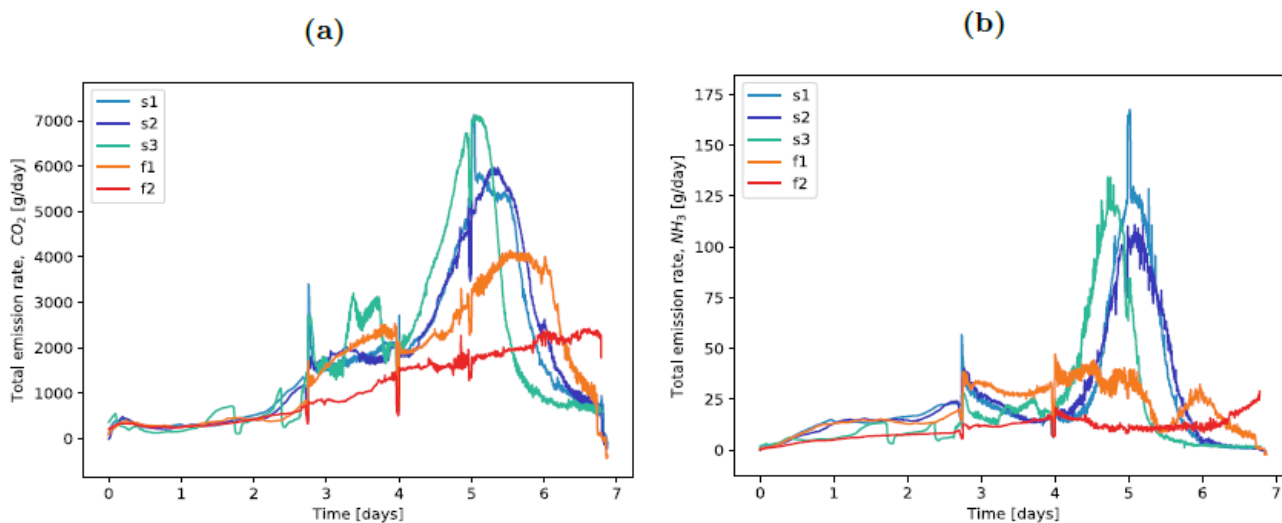
Fodereffektiviteten er defineret som den totale larvemasse pr tilført foder, og den beregnede fodereffektivitet for hver batch er angivet i figur 6. Fodereffektiviteten beregnet for batch s1, s2 og s3 er angivet med s1-3 med tilhørende standardafvigelse. Fodereffektiviteten for henholdsvis f1 og f2 er også angivet i figur 6, hvor det ses at f1 ikke er signifikant forskellig (ns=not signifikant) fra s1-3, men derimod at f2 er signifikant forskellig fra s1-3 (markeret med en *). Væksten af larverne er blevet målt efter 7 dage.



Figur 6. Fodereffektiviteten for henholdsvis batch s1-3, f1 og f2. Den totale larvemasse pr tilført foder er angivet som fodereffektiviteten i procent på y-aksen med standardafvigelser for batch s1-3. ns indikerer af effektiviteten ikke er signifikant forskellig fra s1-3 hvor * angiver signifikant forskellig fra s1-3.

Målet er at opnå så meget larvækst som muligt fra en givet mængde foder, hvilket i sidste ende vil resultere i stor vækst fra larverne. Med øjemål vil størrelsen på larverne være en indikation på, hvor meget foder der er blevet omsat og dermed også, hvor effektiv foderet har været. For batch f2 blev det observeret, at larverne var mindre end i s1-3 og f1. Allerede her er der en indikation på, at fodereffektiviteten er lavere end for s1-3 og f1. Som det ses i figur 6 er det også det der er tilfældet. Praktisk er det også vigtigt at opnå så tør frass som muligt, så det bliver lettere at separere larverne fra frass. Da frass fra f2 var meget våd var det meget svært at separere larverne fra frass, hvilket i sidste ende kan påvirke resultatet for fodereffektiviteten.

Emissionen af gasserne ammoniak (NH_3) og kuldioxid (CO_2) er blevet målt for de forskellige batches under væksten af larverne i foderet. Som et naturligt led bliver der dannet gasser under vækst af larver, og udledningen fra de forskellige batches er blevet målt over tid. Resultaterne er vist nede i figur 7.



Figur 7: totale emission af ammoniak (NH₃) og kuldioxid (CO₂) for batches. Over de 7 dage, hvor larverne er dyrket er der målt emissionen af gasserne for batch s1 (lyseblå), s2 (mørkeblå), s3 (grøn), f1 (orange) og f2 (rød). Disse farver er de samme i både figur 7(a) og 7(b). (a) Totale emissionsrate over tid angivet med *Total emission rate, CO₂ [g/day]*. (b) Totale emissionsrate over tid angivet med *Total emission rate, NH₃ [g/day]*.

Generelt ligger emissionsraterne for s1-3 omkring det samme niveau for både ammoniak og kuldioxid. Emissionsraten for f1 ligger lavere for både ammoniak og kuldioxid end for s1-3, hvor emissionen af ammoniak og kuldioxid for f2 er lavest. Højest sandsynlig skyldes dette at foderet ikke har været det bedst egnede foder, og at der derfor ikke er blevet omsat så stor mængde foder. Overordnet set stiger emissionen af både ammoniak og kuldioxid for alle batches, når dag 3 nærmer sig. Derefter, stiger emissionen af ammoniak og kuldioxid drastisk for s1-3 henover dag 4 og dag 5, hvor emissionen falder fra dag 5 til 6. For batch f1 stiger emissionen af kuldioxid indtil dag 6, hvor emissionen falder. Stigningen af denne emission er ikke ligeså markant, som for s1-3, og peaket finder sted på forskellige tidspunkter for henholdsvis prøverne s1-3 og f1. Der observeres ikke et tilsvarende peak for emissionen af kuldioxid for f2, men i stedet en konstant stigning over tid. Emissionen af ammoniak for f1 og f2 varierer markant fra den målte emission for s1-3. I tilfældet med f1 varierer emissionen af ammoniak meget henover tid, hvor emissionen for f2 er lav i forhold til de andre batches. For både f1 og f2 er emissionen af ammoniak og kuldioxid lavere end for s1-3.

Varmen blev målt parallelt med væksten på tilsvarende vis, som kuldioxid og ammoniak blev målt. Her viste resultatet også at varmeproduktionen peakede på dag 5 for s1-3, for f1 var varmeproduktionen lidt lavere, hvor varmeproduktionen for f2 var betydeligt lavere.

Konverteringen af kulstof og nitrogen er blevet studeret nærmere for at opnå en større forståelse for foderkonverteringen. I resultaterne vist i figur 7 kan det konkluderes, at kulstof og nitrogen konverteres til gasser under dyrkningen af larverne. I nedenstående tabel er vist en beskrivelse af konverteringsrater for henholdsvis kulstof og nitrogen. Ud fra det oprindelige indhold af kulstof og nitrogen er det blevet bestemt, hvor meget kulstof og nitrogen, der er omdannet til enten larvemasse, frass, gas (CO₂ og NH₃), samt øvrigt resterende kulstof og nitrogen.

Batch	Kulstof forbrugt til larvemasse	Kulstof forbrugt til frass	Kulstof forbrugt til CO ₂	Øvrigt
s1-3	34,4%	28,4%	31,7%	5,4%
f1	35,1%	26,9%	29,0%	9,0%
f2	24,8%	45,3%	20,6%	9,4%
Batch	Nitrogen forbrugt til larvemasse	Nitrogen forbrugt til frass	Nitrogen forbrugt til NH ₃	Øvrigt
s1-3	51,3%	23,2%	15,9%	9,5%
f1	59,2%	24,1%	18,8%	-2,0%
f2	39,8%	50,8%	11,8%	-2,0%

Målet er at få konverteret så meget foder til larvemasse, og foderet består i høj grad af kulstof og nitrogen. Derfor vil dette være et mål for, hvor meget foder der er omdannet til larvemasse. Som set i tabellen ovenfor er procenten af kulstof og nitrogen konverteret til larvemasse for f1 og s1-3 omkring det samme niveau, hvor den er markant lavere for f2. Det ses også at der er betydeligt mere kulstof og nitrogen tilbage i frass for f2 sammenlignet med s1-3 og f1. Det blev konkluderet at foderet fra f2 ikke blev fuldt konverteret til larvemasse, og dermed er f2 dokumenteret til ikke at være det mest optimale foder sammenlignet med s1-3 og f1.

Disse resultater har givet et mål for, hvor stor udslippet af kuldioxid og ammoniak er under dyrkningen af larver, der vil være af kuldioxid og ammoniak ved en større produktion af larver. Som ses i tabellen ovenfor er der blevet konverteret mindre kulstof til CO₂ og mindre nitrogen til NH₃ for f2 sammenlignet med s1-3 og f1, men samtidig har batch med foder f2 en markant lavere larveproduktion. Disse resultater giver overordnet set en klar beskrivelse af udledningen af kuldioxid og ammoniak under dyrkningen af larver, og dermed også generelle overvejelser i forbindelse med stor produktion af larver.

Fokus for AP 1 i 2. halvår 2019

I det kommende halvår vil vi arbejde med nye dimensioner af flueburene, for at få færre enheder at håndtere og for at producere mere. Dette kan medvirke at KPI falder i en periode, indtil designet af de nye fluebure er indkørt og har de rigtige dimensioner. Prototyperne af flueburene vil blive designet med baggrund i de erfaringer vi har fra laboratorieburene. SOP forsøgene for opnåelse af højest muligt gram opsamlede æg per m³ per dag fortsætter i de nye rammer.

Vi vil ligeledes opstarte produktionen af larver i klimastaldene hvor vækstkasser og stalde er større enheder end hidtil. Vi vil lave en række foderforsøg hvor vi tester bl.a. mask, kartoffelpulp, sojamelasse og mælkemelasse i foderet. Vores nuværende referencefoder / SOP foder er fortsat fermenteret kyllingefoder. Det vil være et af målene for 2. halvår at Enorm's referencefoder bliver baseret på restbiomasser.

I de nye vækststalde er der indtil nu installeret to forskellige ventilationssystemer i to af staldene. Vi vil i 2. halvår teste de to systemer og afgøre hvilket system der gør det muligt at opnå den optimale styring af temperatur og fugtighed i klimastaldene. Det bedste af systemerne vil blive implementeret i de øvrige 5 stalde.

Der vil i fremtiden blive flere KPI'er af større eller mindre relevans. Det kan f.eks. være faktorer som klækningsrate af æg, klækningsrate af pupper og dødeligheden ved larverne og udslip af ammoniak og drivhusgasser per kg larve. Eftersom klækningsraten af pupperne konsekvent har lagt tæt på 100% i Enorms laboratorium, har vi ikke beskæftiget os med dette endnu. Vi har ligeledes oplevet en høj og tilfredsstillende klækning af æg, vi forventer dog at dette skal undersøges senere i processen for at få bedre indblik i fluerne fertilitetsevne. Hos Enorm har vi endnu ikke observeret døde larver i vores væstkasser. Dette kan skyldes at larverne kan udvise kannibalistisk adfærd, og de øvrige larver dermed spiser døde larver.

I AP 1 vil vi ligeledes undersøge muligheden for at dyrke alger i et vækstmedie baseret på lænsevand fra produktionen. Denne del af arbejdsplanen forventes opstartet i 2. projektår.

AP 2 – Teknologiske gennemførlighedsundersøgelser til optimering af produktions set-up

I arbejdsplanen 2 arbejdes der med at kortlægge de teknologiske behov for en automatisering af en bæredygtig produktion af BSF larver. Dette omfatter dimensionering af infrastruktur, der skal understøtte logistik, klimastyring, vask, fyldning, tømning, fodring og processering af larverne.

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Projektering af fabrikken i fuld skala (30 tons levende larver per dag) med hensyn til et mål om 0-spildsproduktion.
2. Intern rapport til brug ved dimensionering af klimastyring i fuldskala-produktion baseret på GHG (Green House Gas) analyser samt CFD (Computational Fluid Dynamics) modellering.
3. Specifikationer til intern logistik af BSF larvewækststalde
4. Udvikling af prototype til dosering af baby larver

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 2 - 1. halvår 2019

Ventilationssystemet i klimastaldene er installeret i Q2. Forsøgene for optimering af produktionsvilkår for larverne i de nye stalde vil i AP 1, samt målinger af GHG og CFD modellering i 2. halvår, vil lægge til grund for den videre udvikling og dimensionering af ventilationssystemet til den skalerede produktion.

I 1. halvår har vi udregnet massebalancer og udarbejdet kravspecifikationer for logistiksystem til POC anlægget (1,5 ton levende larver per dag) samt til en skaleret produktion af 100 ton levende larver per dag. Anlægget til 1,5 ton er indkøbt og installeret i AP 3. Vi arbejder videre med at finde den rigtige løsning til logistik i en skaleret produktion i de kommende perioder.

Enorm og Hannemann Engineering har i 1. halvår arbejdet med at finde løsninger til præcis og automatisk dosering af seedlarver. Hannemann Engineering har designet og afprøvet forskellige sigtemetoder til seedlarverne og er i gang med at udvikle et visionsystem til at tælle larverne med, så de kan doseres i specifikke mængder.

Enorm og har sammen med underleverandøren Haarslev testet forskellige tørremetoder. Enorm har beregnet kravspecifikationer for forarbejdning af larverne.

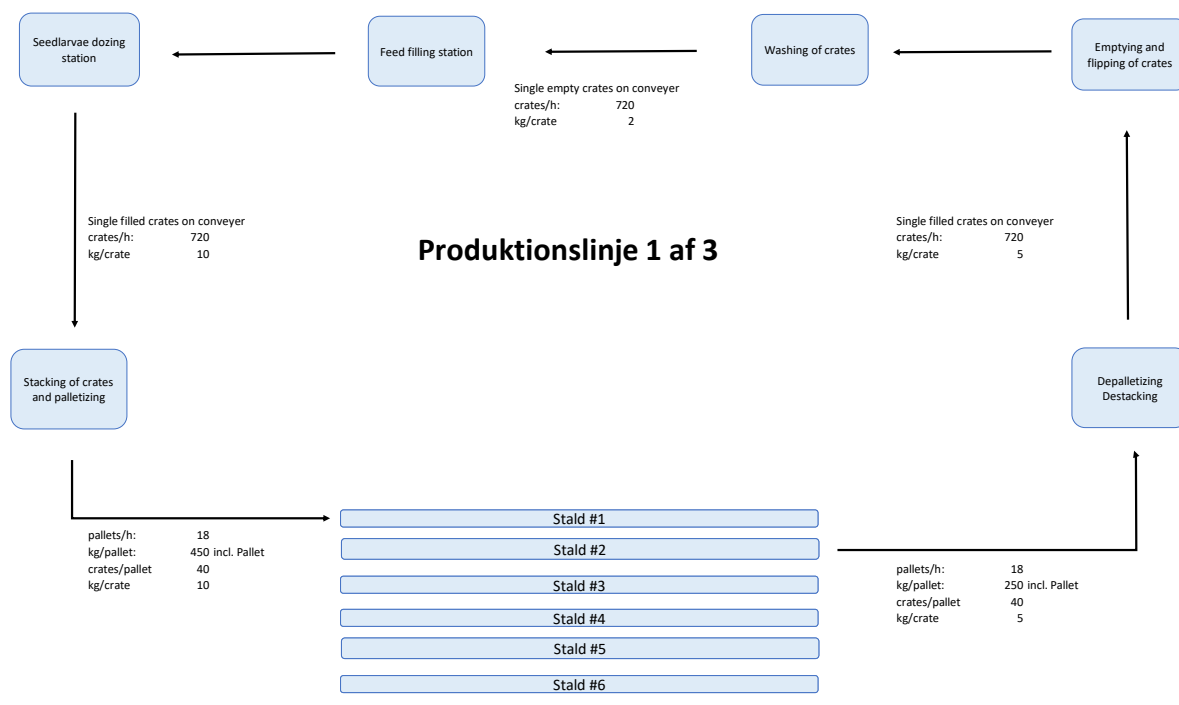
Der blev i starten af Q1 foretaget forsøg med separation af larver og fræs. Forsøgene blev udført på en alm. sigte og gav et tilfredsstillende resultat for renheden af larverne. Metoden siden testet og anvendt stort set hver fredag, hvor Enorm typisk har høstet larver fra laboratoriet.

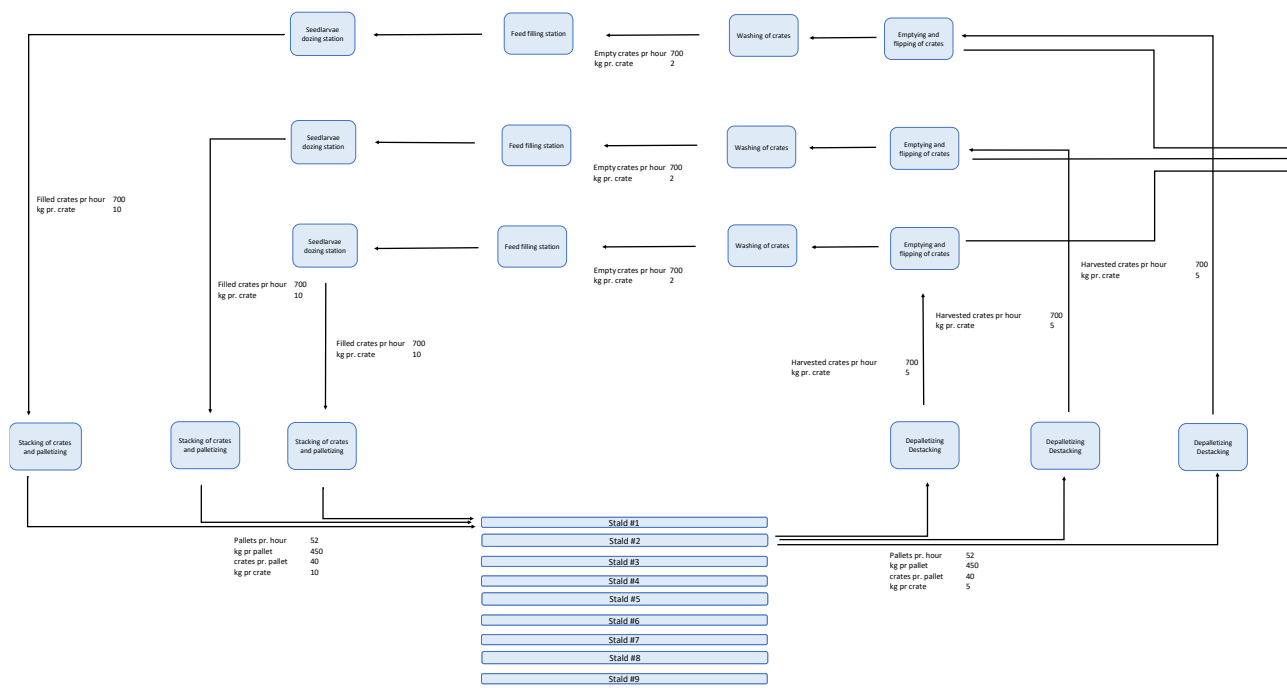
Metoden for ægopsamling foregår fortsat manuelt. Om denne proces automatiseres er ikke afgørende for projektet, hvorfor denne aktivitet ikke har været prioriteret i perioden.

Logistik

Produktion af larver er især også en logistisk udfordring. Enorm's beregninger viser at ved en produktion af 100 ton levende larver per dag, skal der hver dag håndteres 55.000 stk kasser, som skal flyttes, tømmes, vaskes, fyldes og sættes på plads i en rengjort stald.

Klima/vækststaldene til larverne vil komme til at fylde 7.000-10.000 m² alt efter hvordan ventilationen af larverne skal udformes.





Dosering af seedlarver

I Q1 har Hannemann arbejdet med kamerateknologier og forskellige lyskilder for at kunne bruge kameravision teknologi som løsning til at tælle seedlarver. Oprindeligt var det målet at vi skulle blive i stand til at tælle alle seedlarver. Det ville kræve en meget høj tællehastighed på 10-12.000 larver hvert 10 sekund. Vi har besluttet at ændre målsætningen til at tælle et lille udsnit af hver sorteringsstørrelse og dermed etablere en gennemsnitsvægt til dosering af larverne.

Til test af metoden er der købt en sigte, der kan separere i mange fraktioner og med forskellige sold størrelser. Metoden vil blive testet i Q3.

Processering

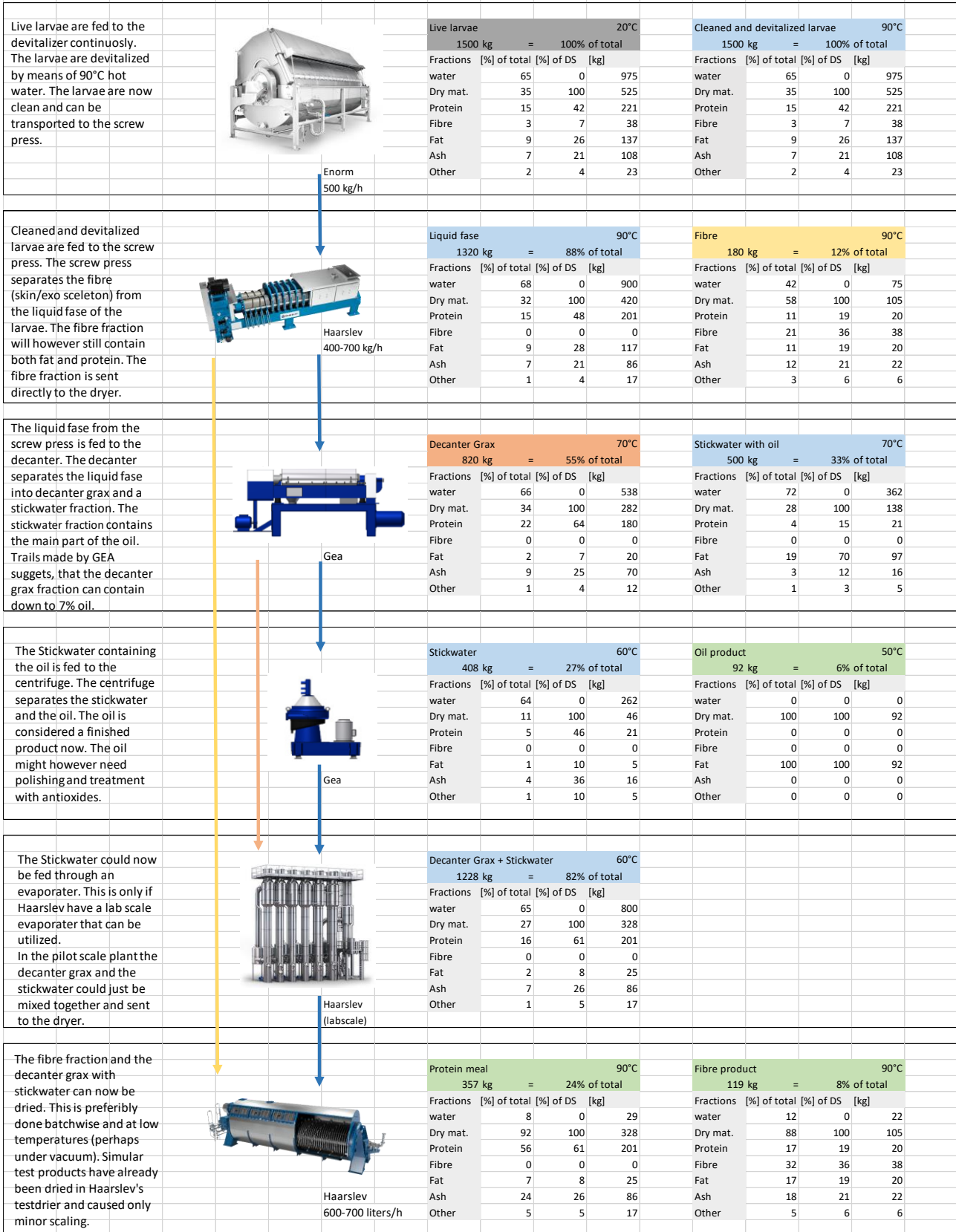
For processering af larver findes på nuværende tidspunkt to ”paradigmer” en tør og en våd proces. Den tørre proces går ud på at larverne først tørres og fedtet presses af efterfølgende. Det udstyr som skal affedte produktet skal typisk køber med relativt høj mængde input, og derfor kan processen være smart for mindre producenter. Her er larverne nemlig ”stabile” efter tørringen og kan efterfølgende lagres ind til der er masse nok til at affedte produktet. Dog betyder dette at der ikke længere er mulighed for at separere larvernes eksoskeletter, der består af kitin, hvilket gør at proteinmelet får et uønsket højt indhold af fibre og dermed ufordøjelige proteiner. Der er derfor en lav efterspørgsel på proteinmel der kommer fra den tørre proces.

Hos Enorm har vi valgt den våde processering. Her presses olien fra larverne inden tørring af larverne. Den våde metode gør det desuden muligt at presse fibrene fra larverne, hvorved vi kan opnå et proteinpulver af højere kvalitet og med højere andel tilgængeligt protein. Den våde proces kræver en høj kapacitet og en kontinuerlig produktion, hvilket kræver en stor produktionskapacitet af larver. Dette er udfordrende for Enorm i POC-fasen, men det er dog denne teknologi der testes og udvikles videre på, da det vil blive den rigtige løsning til skaleringen af produktionen.



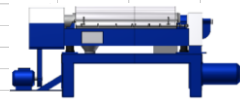



PROCES	FORDELE	ULEMPER
Tør proces	Simpel	Højt varmeforbrug – Høje driftsomkostninger
	Kan anvendes ved lav kapacitet	Ingen mulighed for at separere kitin
	Kan produceres i batches	Lille efterspørgsel efter produktet
Våd proces	Effektiv ved høj kapacitet	Kompleks teknologi
	Kendt teknologi fra fiskefoderindustrien	Høj efterspørgsel efter produkt
	Lave driftsomkostninger	Input skal være kontinuerlig, da der ikke er mulighed for at producere i batches
	Mulighed for at separere kitin	

På baggrund af den valgte teknologi er der foretaget beregninger af kapaciteter for delementer i processen for POC fasen samt en skaleret produktion på 100 ton levende larver per dag.

Processing of larvae at ENORM - Proof of Concept



Processing of larvae at ENORM - Full scale production

<p>Live larvae are fed to the devitalizer continuously. The larvae are devitalized by means of 90°C hot water. The larvae are now clean and can be transported to the screw press.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Live larvae</th> <th colspan="4">20°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">100000 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>65</td> <td>0</td> <td>65000</td> <td>water</td> <td>65</td> <td>0</td> <td>65000</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>35</td> <td>100</td> <td>35000</td> <td>Dry mat.</td> <td>35</td> <td>100</td> <td>35000</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>15</td> <td>42</td> <td>14700</td> <td>Protein</td> <td>15</td> <td>42</td> <td>14700</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>2500</td> <td>Fibre</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>9</td> <td>26</td> <td>9100</td> <td>Fat</td> <td>9</td> <td>26</td> <td>9100</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>7</td> <td>21</td> <td>7200</td> <td>Ash</td> <td>7</td> <td>21</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>1500</td> <td>Other</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>1500</td> </tr> </tbody> </table>	Live larvae				20°C				100000 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	65	0	65000	water	65	0	65000	Dry mat.	35	100	35000	Dry mat.	35	100	35000	Protein	15	42	14700	Protein	15	42	14700	Fibre	3	7	2500	Fibre	3	7	2500	Fat	9	26	9100	Fat	9	26	9100	Ash	7	21	7200	Ash	7	21	7200	Other	2	4	1500	Other	2	4	1500	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Cleaned and devitalized larvae</th> <th colspan="4">90°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">100000 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>65</td> <td>0</td> <td>65000</td> <td>water</td> <td>65</td> <td>0</td> <td>65000</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>35</td> <td>100</td> <td>35000</td> <td>Dry mat.</td> <td>35</td> <td>100</td> <td>35000</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>15</td> <td>42</td> <td>14700</td> <td>Protein</td> <td>15</td> <td>42</td> <td>14700</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>2500</td> <td>Fibre</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>9</td> <td>26</td> <td>9100</td> <td>Fat</td> <td>9</td> <td>26</td> <td>9100</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>7</td> <td>21</td> <td>7200</td> <td>Ash</td> <td>7</td> <td>21</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>1500</td> <td>Other</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>1500</td> </tr> </tbody> </table>	Cleaned and devitalized larvae				90°C				100000 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	65	0	65000	water	65	0	65000	Dry mat.	35	100	35000	Dry mat.	35	100	35000	Protein	15	42	14700	Protein	15	42	14700	Fibre	3	7	2500	Fibre	3	7	2500	Fat	9	26	9100	Fat	9	26	9100	Ash	7	21	7200	Ash	7	21	7200	Other	2	4	1500	Other	2	4	1500
Live larvae				20°C																																																																																																																																																															
100000 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	65	0	65000	water	65	0	65000																																																																																																																																																												
Dry mat.	35	100	35000	Dry mat.	35	100	35000																																																																																																																																																												
Protein	15	42	14700	Protein	15	42	14700																																																																																																																																																												
Fibre	3	7	2500	Fibre	3	7	2500																																																																																																																																																												
Fat	9	26	9100	Fat	9	26	9100																																																																																																																																																												
Ash	7	21	7200	Ash	7	21	7200																																																																																																																																																												
Other	2	4	1500	Other	2	4	1500																																																																																																																																																												
Cleaned and devitalized larvae				90°C																																																																																																																																																															
100000 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	65	0	65000	water	65	0	65000																																																																																																																																																												
Dry mat.	35	100	35000	Dry mat.	35	100	35000																																																																																																																																																												
Protein	15	42	14700	Protein	15	42	14700																																																																																																																																																												
Fibre	3	7	2500	Fibre	3	7	2500																																																																																																																																																												
Fat	9	26	9100	Fat	9	26	9100																																																																																																																																																												
Ash	7	21	7200	Ash	7	21	7200																																																																																																																																																												
Other	2	4	1500	Other	2	4	1500																																																																																																																																																												
<p>Cleaned and devitalized larvae are fed to the screw press. The screw press separates the fibre (skin/exo skeleton) from the liquid fase of the larvae. The fibre fraction will however still contain both fat and protein. The fibre fraction is sent directly to the dryer.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Liquid fase</th> <th colspan="4">90°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">87999 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>68</td> <td>0</td> <td>59995</td> <td>water</td> <td>42</td> <td>0</td> <td>5004</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>32</td> <td>100</td> <td>28004</td> <td>Dry mat.</td> <td>58</td> <td>100</td> <td>6996</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>15</td> <td>48</td> <td>13400</td> <td>Protein</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>21</td> <td>36</td> <td>2520</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>9</td> <td>28</td> <td>7780</td> <td>Fat</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>7</td> <td>21</td> <td>5760</td> <td>Ash</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>1440</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>1104</td> <td>Other</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>396</td> </tr> </tbody> </table>	Liquid fase				90°C				87999 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	68	0	59995	water	42	0	5004	Dry mat.	32	100	28004	Dry mat.	58	100	6996	Protein	15	48	13400	Protein	11	19	1320	Fibre	0	0	0	Fibre	21	36	2520	Fat	9	28	7780	Fat	11	19	1320	Ash	7	21	5760	Ash	12	21	1440	Other	1	4	1104	Other	3	6	396	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Fibre</th> <th colspan="4">90°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">12000 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>42</td> <td>0</td> <td>5004</td> <td>water</td> <td>42</td> <td>0</td> <td>5004</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>58</td> <td>100</td> <td>6996</td> <td>Dry mat.</td> <td>58</td> <td>100</td> <td>6996</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> <td>Protein</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>21</td> <td>36</td> <td>2520</td> <td>Fibre</td> <td>21</td> <td>36</td> <td>2520</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> <td>Fat</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>1320</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>1440</td> <td>Ash</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>1440</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>396</td> <td>Other</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>396</td> </tr> </tbody> </table>	Fibre				90°C				12000 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	42	0	5004	water	42	0	5004	Dry mat.	58	100	6996	Dry mat.	58	100	6996	Protein	11	19	1320	Protein	11	19	1320	Fibre	21	36	2520	Fibre	21	36	2520	Fat	11	19	1320	Fat	11	19	1320	Ash	12	21	1440	Ash	12	21	1440	Other	3	6	396	Other	3	6	396
Liquid fase				90°C																																																																																																																																																															
87999 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	68	0	59995	water	42	0	5004																																																																																																																																																												
Dry mat.	32	100	28004	Dry mat.	58	100	6996																																																																																																																																																												
Protein	15	48	13400	Protein	11	19	1320																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	21	36	2520																																																																																																																																																												
Fat	9	28	7780	Fat	11	19	1320																																																																																																																																																												
Ash	7	21	5760	Ash	12	21	1440																																																																																																																																																												
Other	1	4	1104	Other	3	6	396																																																																																																																																																												
Fibre				90°C																																																																																																																																																															
12000 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	42	0	5004	water	42	0	5004																																																																																																																																																												
Dry mat.	58	100	6996	Dry mat.	58	100	6996																																																																																																																																																												
Protein	11	19	1320	Protein	11	19	1320																																																																																																																																																												
Fibre	21	36	2520	Fibre	21	36	2520																																																																																																																																																												
Fat	11	19	1320	Fat	11	19	1320																																																																																																																																																												
Ash	12	21	1440	Ash	12	21	1440																																																																																																																																																												
Other	3	6	396	Other	3	6	396																																																																																																																																																												
<p>The liquid fase from the screw press is fed to the decanter. The decanter separates the liquid fase into decanter grax and a stickwater fraction. The stickwater fraction contains the main part of the oil. Trails made by GEA suggests, that the decanter grax fraction can contain down to 7% oil.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Decanter Grax</th> <th colspan="4">70°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">54666 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>66</td> <td>0</td> <td>35861</td> <td>water</td> <td>72</td> <td>0</td> <td>24134</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>34</td> <td>100</td> <td>18805</td> <td>Dry mat.</td> <td>28</td> <td>100</td> <td>9199</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>22</td> <td>64</td> <td>12000</td> <td>Protein</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>2</td> <td>7</td> <td>1333</td> <td>Fat</td> <td>19</td> <td>70</td> <td>6447</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>9</td> <td>25</td> <td>4667</td> <td>Ash</td> <td>3</td> <td>12</td> <td>1093</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>800</td> <td>Other</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>304</td> </tr> </tbody> </table>	Decanter Grax				70°C				54666 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	66	0	35861	water	72	0	24134	Dry mat.	34	100	18805	Dry mat.	28	100	9199	Protein	22	64	12000	Protein	4	15	1400	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	2	7	1333	Fat	19	70	6447	Ash	9	25	4667	Ash	3	12	1093	Other	1	4	800	Other	1	3	304	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Stickwater with oil</th> <th colspan="4">70°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">33333 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>72</td> <td>0</td> <td>24134</td> <td>water</td> <td>72</td> <td>0</td> <td>24134</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>28</td> <td>100</td> <td>9199</td> <td>Dry mat.</td> <td>28</td> <td>100</td> <td>9199</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>1400</td> <td>Protein</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>19</td> <td>70</td> <td>6447</td> <td>Fat</td> <td>19</td> <td>70</td> <td>6447</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>3</td> <td>12</td> <td>1093</td> <td>Ash</td> <td>3</td> <td>12</td> <td>1093</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>304</td> <td>Other</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>304</td> </tr> </tbody> </table>	Stickwater with oil				70°C				33333 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	72	0	24134	water	72	0	24134	Dry mat.	28	100	9199	Dry mat.	28	100	9199	Protein	4	15	1400	Protein	4	15	1400	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	19	70	6447	Fat	19	70	6447	Ash	3	12	1093	Ash	3	12	1093	Other	1	3	304	Other	1	3	304
Decanter Grax				70°C																																																																																																																																																															
54666 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	66	0	35861	water	72	0	24134																																																																																																																																																												
Dry mat.	34	100	18805	Dry mat.	28	100	9199																																																																																																																																																												
Protein	22	64	12000	Protein	4	15	1400																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	2	7	1333	Fat	19	70	6447																																																																																																																																																												
Ash	9	25	4667	Ash	3	12	1093																																																																																																																																																												
Other	1	4	800	Other	1	3	304																																																																																																																																																												
Stickwater with oil				70°C																																																																																																																																																															
33333 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	72	0	24134	water	72	0	24134																																																																																																																																																												
Dry mat.	28	100	9199	Dry mat.	28	100	9199																																																																																																																																																												
Protein	4	15	1400	Protein	4	15	1400																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	19	70	6447	Fat	19	70	6447																																																																																																																																																												
Ash	3	12	1093	Ash	3	12	1093																																																																																																																																																												
Other	1	3	304	Other	1	3	304																																																																																																																																																												
<p>The Stickwater containing the oil is fed to the centrifuge. The centrifuge separates the stickwater and the oil. The oil is considered a finished product now. The oil might however need polishing and treatment with antioxidants.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Stickwater</th> <th colspan="4">60°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">27200 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>89</td> <td>0</td> <td>24134</td> <td>water</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>11</td> <td>100</td> <td>3065</td> <td>Dry mat.</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>5</td> <td>46</td> <td>1400</td> <td>Protein</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>1</td> <td>10</td> <td>313</td> <td>Fat</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>4</td> <td>36</td> <td>1093</td> <td>Ash</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>1</td> <td>10</td> <td>304</td> <td>Other</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Stickwater				60°C				27200 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	89	0	24134	water	0	0	0	Dry mat.	11	100	3065	Dry mat.	100	100	6133	Protein	5	46	1400	Protein	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	1	10	313	Fat	100	100	6133	Ash	4	36	1093	Ash	0	0	0	Other	1	10	304	Other	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Oil product</th> <th colspan="4">50°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">6133 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>water</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> <td>Dry mat.</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Protein</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> <td>Fat</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>6133</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Ash</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Other</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Oil product				50°C				6133 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	0	0	0	water	0	0	0	Dry mat.	100	100	6133	Dry mat.	100	100	6133	Protein	0	0	0	Protein	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	100	100	6133	Fat	100	100	6133	Ash	0	0	0	Ash	0	0	0	Other	0	0	0	Other	0	0	0
Stickwater				60°C																																																																																																																																																															
27200 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	89	0	24134	water	0	0	0																																																																																																																																																												
Dry mat.	11	100	3065	Dry mat.	100	100	6133																																																																																																																																																												
Protein	5	46	1400	Protein	0	0	0																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	1	10	313	Fat	100	100	6133																																																																																																																																																												
Ash	4	36	1093	Ash	0	0	0																																																																																																																																																												
Other	1	10	304	Other	0	0	0																																																																																																																																																												
Oil product				50°C																																																																																																																																																															
6133 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	0	0	0	water	0	0	0																																																																																																																																																												
Dry mat.	100	100	6133	Dry mat.	100	100	6133																																																																																																																																																												
Protein	0	0	0	Protein	0	0	0																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	100	100	6133	Fat	100	100	6133																																																																																																																																																												
Ash	0	0	0	Ash	0	0	0																																																																																																																																																												
Other	0	0	0	Other	0	0	0																																																																																																																																																												
<p>The Stickwater is now fed through an evaporator. This evaporates approximately 23 tons of water (can Haarslev deliver this relatively small evaporator?). After the evaporator the stickwater is mixed with the decanter grax and sent to the dryer.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Stickwater after evaporator</th> <th colspan="4">60°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">4380 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>1314</td> <td>water</td> <td>63</td> <td>0</td> <td>37175</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>3066</td> <td>Dry mat.</td> <td>37</td> <td>100</td> <td>21871</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>32</td> <td>46</td> <td>1400</td> <td>Protein</td> <td>23</td> <td>61</td> <td>13400</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>313</td> <td>Fat</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>1647</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>25</td> <td>36</td> <td>1093</td> <td>Ash</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>5760</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>304</td> <td>Other</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>1104</td> </tr> </tbody> </table>	Stickwater after evaporator				60°C				4380 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	30	0	1314	water	63	0	37175	Dry mat.	70	100	3066	Dry mat.	37	100	21871	Protein	32	46	1400	Protein	23	61	13400	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	7	10	313	Fat	3	8	1647	Ash	25	36	1093	Ash	10	26	5760	Other	7	10	304	Other	2	5	1104	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Decanter Grax + Stickwater</th> <th colspan="4">60°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">59046 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>63</td> <td>0</td> <td>37175</td> <td>water</td> <td>63</td> <td>0</td> <td>37175</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>37</td> <td>100</td> <td>21871</td> <td>Dry mat.</td> <td>37</td> <td>100</td> <td>21871</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>23</td> <td>61</td> <td>13400</td> <td>Protein</td> <td>23</td> <td>61</td> <td>13400</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>1647</td> <td>Fat</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>1647</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>5760</td> <td>Ash</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>5760</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>1104</td> <td>Other</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>1104</td> </tr> </tbody> </table>	Decanter Grax + Stickwater				60°C				59046 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	63	0	37175	water	63	0	37175	Dry mat.	37	100	21871	Dry mat.	37	100	21871	Protein	23	61	13400	Protein	23	61	13400	Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0	Fat	3	8	1647	Fat	3	8	1647	Ash	10	26	5760	Ash	10	26	5760	Other	2	5	1104	Other	2	5	1104
Stickwater after evaporator				60°C																																																																																																																																																															
4380 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	30	0	1314	water	63	0	37175																																																																																																																																																												
Dry mat.	70	100	3066	Dry mat.	37	100	21871																																																																																																																																																												
Protein	32	46	1400	Protein	23	61	13400																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	7	10	313	Fat	3	8	1647																																																																																																																																																												
Ash	25	36	1093	Ash	10	26	5760																																																																																																																																																												
Other	7	10	304	Other	2	5	1104																																																																																																																																																												
Decanter Grax + Stickwater				60°C																																																																																																																																																															
59046 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	63	0	37175	water	63	0	37175																																																																																																																																																												
Dry mat.	37	100	21871	Dry mat.	37	100	21871																																																																																																																																																												
Protein	23	61	13400	Protein	23	61	13400																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	0	0	0																																																																																																																																																												
Fat	3	8	1647	Fat	3	8	1647																																																																																																																																																												
Ash	10	26	5760	Ash	10	26	5760																																																																																																																																																												
Other	2	5	1104	Other	2	5	1104																																																																																																																																																												
<p>The fibre fraction and the decanter grax with stickwater can now be dried. This is preferably done continuous and at low temperatures. The protein meal could be dried in a spin flash dryer and maybe the fibre product could be dried in a small disc dryer (perhaps under vacuum).</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Protein meal</th> <th colspan="4">90°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">23800 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>1904</td> <td>water</td> <td>12</td> <td>0</td> <td>952</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>92</td> <td>100</td> <td>21896</td> <td>Dry mat.</td> <td>88</td> <td>100</td> <td>6981</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>56</td> <td>61</td> <td>13415</td> <td>Protein</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Fibre</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>2515</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>1649</td> <td>Fat</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>24</td> <td>26</td> <td>5767</td> <td>Ash</td> <td>18</td> <td>21</td> <td>1437</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>1105</td> <td>Other</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>395</td> </tr> </tbody> </table>	Protein meal				90°C				23800 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	8	0	1904	water	12	0	952	Dry mat.	92	100	21896	Dry mat.	88	100	6981	Protein	56	61	13415	Protein	17	19	1317	Fibre	0	0	0	Fibre	32	36	2515	Fat	7	8	1649	Fat	17	19	1317	Ash	24	26	5767	Ash	18	21	1437	Other	5	5	1105	Other	5	6	395	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Fibre product</th> <th colspan="4">90°C</th> </tr> <tr> <th colspan="4">7933 kg</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> <th>Fractions</th> <th>[%] of total</th> <th>[%] of DS</th> <th>[kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>water</td> <td>12</td> <td>0</td> <td>952</td> <td>water</td> <td>12</td> <td>0</td> <td>952</td> </tr> <tr> <td>Dry mat.</td> <td>88</td> <td>100</td> <td>6981</td> <td>Dry mat.</td> <td>88</td> <td>100</td> <td>6981</td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> <td>Protein</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> </tr> <tr> <td>Fibre</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>2515</td> <td>Fibre</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>2515</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> <td>Fat</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>1317</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>18</td> <td>21</td> <td>1437</td> <td>Ash</td> <td>18</td> <td>21</td> <td>1437</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>395</td> <td>Other</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>395</td> </tr> </tbody> </table>	Fibre product				90°C				7933 kg								Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	water	12	0	952	water	12	0	952	Dry mat.	88	100	6981	Dry mat.	88	100	6981	Protein	17	19	1317	Protein	17	19	1317	Fibre	32	36	2515	Fibre	32	36	2515	Fat	17	19	1317	Fat	17	19	1317	Ash	18	21	1437	Ash	18	21	1437	Other	5	6	395	Other	5	6	395
Protein meal				90°C																																																																																																																																																															
23800 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	8	0	1904	water	12	0	952																																																																																																																																																												
Dry mat.	92	100	21896	Dry mat.	88	100	6981																																																																																																																																																												
Protein	56	61	13415	Protein	17	19	1317																																																																																																																																																												
Fibre	0	0	0	Fibre	32	36	2515																																																																																																																																																												
Fat	7	8	1649	Fat	17	19	1317																																																																																																																																																												
Ash	24	26	5767	Ash	18	21	1437																																																																																																																																																												
Other	5	5	1105	Other	5	6	395																																																																																																																																																												
Fibre product				90°C																																																																																																																																																															
7933 kg																																																																																																																																																																			
Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]	Fractions	[%] of total	[%] of DS	[kg]																																																																																																																																																												
water	12	0	952	water	12	0	952																																																																																																																																																												
Dry mat.	88	100	6981	Dry mat.	88	100	6981																																																																																																																																																												
Protein	17	19	1317	Protein	17	19	1317																																																																																																																																																												
Fibre	32	36	2515	Fibre	32	36	2515																																																																																																																																																												
Fat	17	19	1317	Fat	17	19	1317																																																																																																																																																												
Ash	18	21	1437	Ash	18	21	1437																																																																																																																																																												
Other	5	6	395	Other	5	6	395																																																																																																																																																												

Enorm har desuden i 1. halvår udviklet en ”devitaliseringsmaskine” som i én proces kan aflive, vaske og pasteurisere larverne. Maskinen fungerer ved at de levende fuldvoksne larver, efter sigtning fra deres gødning, bliver transporteret med et rullebånd op i devitaliseringsmaskinen. Her falder de ned i 90 graders varmt vand, som afliver dem inden for få sekunder, samtidig bliver de rensede for rester af deres gødning. Inden i maskinen bliver de sneget frem liggende i 90 graders varmt vand i 2 minutter for at opnå en kerntemperatur på minimum 75 grader i 30 sekunder, for at de er pasteuriseret. Før de forlader maskinen, bliver de over brusset med rent vand og er klar til videre processering.



GHG og CFD modellering

I perioden har Teknologisk Institut arbejdet med følgende overskrifter i aktivitet 2.3

- Udvikling og opsætning af system til kvantificering af BSF varmeudvikling
- Måling af varmeudvikling af BSF larver over fuld livscyklus (baseline data til input i CFD-model)
- Opsætning af en CFD-model, som kan håndtere inlet- og outletstrømme samt bouyancy- og temperaturligninger
- Troubleshooting af CFD-model med inlet- og outletstrømme samt bouyancy- og temperaturligninger
- Indhentning og opmåling af overordnet opbygning af Enorms produktionslokaler til modelforberedelse
- Opmåling og generering af virtuelle tegninger af Enorms lokaler til CFD-model
- Modellering og optimering af det virtuelle lokale - test af minimum detaljegrad af forskellige zoner
- Test og problemløsning af modelkørsel på 1. generations produktionslokaler.

Energiforbrug

Der er i perioden foretaget massebalanceberegninger for energiforbrug til produktion af 100 ton levende larver og processering heraf. Der foretaget beregninger af forbruget til stalde, logistik og processering som i alt giver et betydeligt energiforbrug på 73.000 kwh / dag til varmeenergi og 16.500 kwh / dag til el.

Energiforbrug

Energiforbrug - Vækstfaciliteter

Varmeforbrug til opvarmning af reproduktion og vækstfaciliteter (GNS)	28862 kwh/dag
Energiforbrug til befugtning af ventilationsluft (GNS)	10426 kwh/dag
Elforbrug til ventilation (ventilator, spjæld, styring mv.)	2500 kwh/dag
Elforbrug til køling af stalde på varme sommerdage (antagelse)	55 kwh/dag

Energiforbrug - Logistik

Elforbrug til logistik	5280 kwh/dag
Dampforbrug til logistik	583 kwh/dag

Energiforbrug - Processering

Elforbrug til proces	8849 kwh/dag
Dampforbrug til proces	32835 kwh/dag
Varmeforbrug til varmt vand for CIP, rengøring mv.	583 kwh/dag

Total forbrug

Total varmeenergi (damp og opvarmning)	73289 kwh/dag
Total elforbrug	16684 kwh/dag

AP 3 - Demonstration af full-line produktion af insektmel og -olie

I arbejdsplan 3 etableres en testproduktion af larver med henblik på at demonstrere hele produktionskæden fra fluer til færdig produktion af insektmel og insektolie.

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Daglig produktion af 1,5 tons levende larver
2. Daglig produktion af æg til basis for produktion af 30 tons levende larver per dag
3. Daglig produktion af 450 kg affedtet insektmel, 80 kg insektolie og 680 kg gødning

Arbejdsplan 1 og 2 vil danne grundlag for, at der kan etableres en testproduktion af flueæg, fluelarver, insektmel og olie. Hele den biologiske proces, samt dele af automatiseringen vil blive testet. Dette omfatter bl.a. test af:

- Vækstkasser og logistik i staldene
- Fyldning, tømning, vask
- Ventilation
- Automatiseret håndtering af æg, seedlarver og høstklare larver
- Fodringsanlæg
- Separation af larver og kompost
- Processering af larver til insektolie, insektmel og kompost
- Pakning og lagring

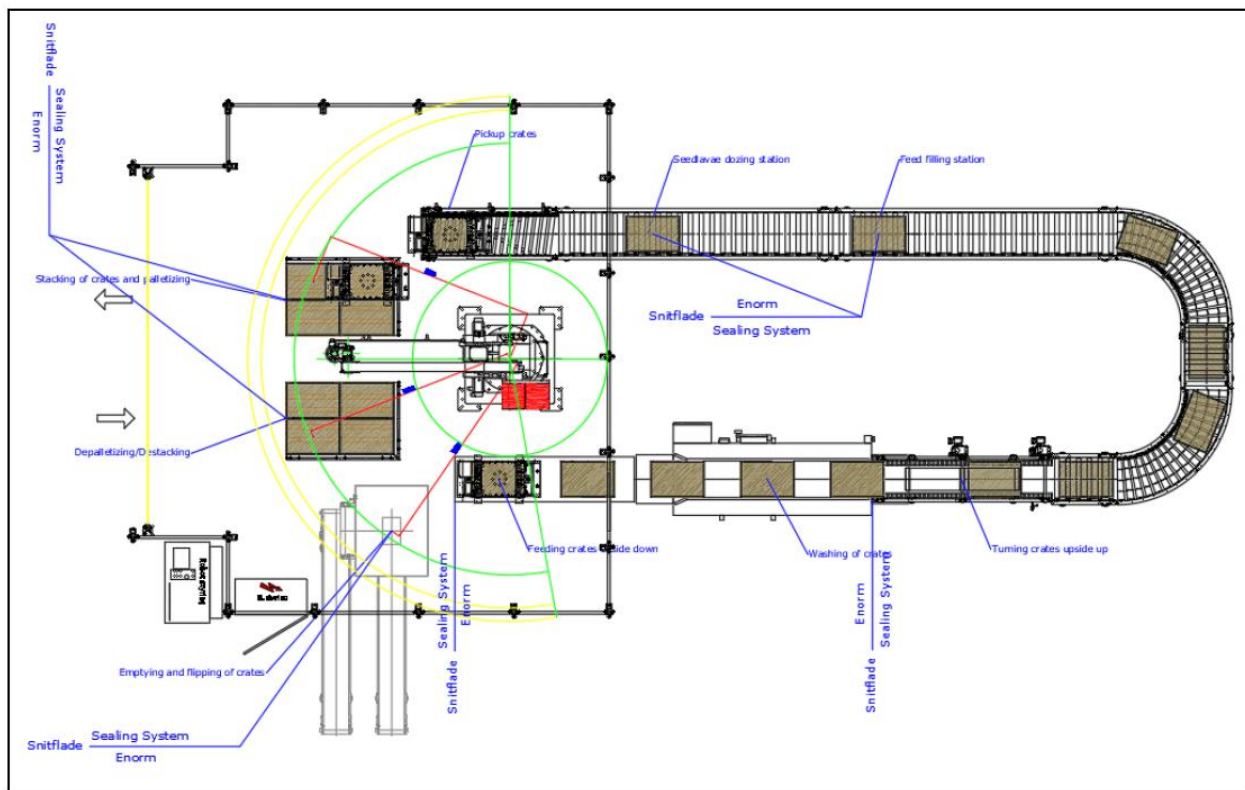
Sammenfatning af udførte opgaver i AP 3 - 1. halvår 2019

Demonstration af produktion, som hos Enorm i dagligtale også kaldes POC (proof of concept) har i 1. halvår omfattet opbygning af stalde og fluebure, samt indkøb og installation af udstyr.

Ventilationsanlæggene har været forsinket, grundet strukturændringer hos leverandøren, Munthers, men nu er reproduktionsstaldene, seedlarvestalden og to af vækststaldene klar til indflytning. Reproduktionsstaldene er således taget i brug i juni. De øvrige stalde forventes taget i brug til august, mens de sidste 5 vækststalde skal have installeret ventilationssystem inden udgangen af 2019.

Der er indkøbt og installeret fodertanke og automatisk vådfodringsanlæg i Q2. Anlægget er købt hos Weda, der er en tysk virksomhed med mangeårig erfaring i fermentering og vådfoderanlæg.

Der er indkøbt og installeret system og robot til tømning, vask og fyldning af vækstkasser. Systemet er købt og installeret ved underleverandøren Sealing System A/S.



Layout 19-147-1

Layout af system til tømning, vask og fyldning af kasser i Enorms POC stalde.

En palle der rummer i alt 40 kasser i kvartpalle størrelse placeret ud for robotten. Robotarmen løfter og tømmer kassen ned i en sigte, så larver og fræs separeres. Herefter sætter robotten kassen på båndet og kassen kører videre til næste station hvor kassen vaskes. Ved næste station vaskes kassen og stationen efter er til dosering af seed larver. Kasserne køres tilbage til robotten som stabler kasserne på en ny palle, hvor efter den køres tilbage til en rengjort stald.



Installation af robotarm i POC stalde.

Der er i perioden lavet aftaler med leverandørerne GEA og Haarslev, der tilsammen har det udstyr der skal til, for at forarbejde larverne. Aftalen omfatter at udstyret i POC perioden udlejes til Enorm.

Det betyder at vi er klar til i 2. halvår at indkøre og tilpasse både stalde og udstyr i AP 3.

AP 4 - Etablering af fuldskala anlæg

Ifølge ansøgningen arbejdsplan 4 skaleres larveproduktionen op til 30 tons levende larver om dagen.

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Daglig produktion af 30 tons levende larver
2. Daglig produktion af 8,9 ton affedt insektsmel (proteinmel), 1,6 ton insektolie og 13,6 ton gødning

Kravspecifikationer mv. er under udvikling i AP 2. Eftersom gennemførlighedsundersøgelserne har vist at meget af udstyret der skal anvendes til processing af larverne, har en langt højere kapacitet end de oprindeligt planlagte 30 tons levende larver per dag, har Enorm besluttet at projektere skaleringen efter en produktion af 100 tons levende larver per dag.

Der afventes fortsat afklaring om budget og aktiviteter for AP 4 ultimo 2019.

AP 5 - Udvikling af fiskefoder

I arbejdsplanen gennemføres en række forsøg i samarbejde med Aller Aqua og DTU Aqua med henblik på at fastlægge insektsmelens egnethed som ingrediens i fiskefoder. Arbejdsplanen vil arbejde med anvendelse og inklusion af insektsmel i foder til hovedsageligt ørreder, men også laks og tilapia vil muligvis blive overvejet afhængig af de opnåede resultater. ENORM søger at optimere råvaren til fiskenes behov og beregner konkurrencedygtighed/økonomiske konsekvenser. (UDV)

Leverancer i denne arbejdsplan:

1. Der er udviklet en protein- og fedtingrediens baseret på insekter, forventeligt velegnet til fiskefoder (ENORM)
2. Der er gennemført en række forsøg med ørreder, hvorunder fordøjeligheder, biologisk værdi og muligt inklusionsniveau er fastlagt (DTU, Aller Aqua).
3. Der er udviklet et egentligt foder til ørreder, hvori insektsmel indgår som ingrediens (Aller Aqua)
4. Der gennemføres rentabilitetsberegninger på insektsproduktionen, som demonstrerer hvorvidt produktionsomkostningen på insektsmel er konkurrencedygtig i forhold til øvrige råvarer (ENORM)

Vi har i 1. halvår haft indledende møde angående arbejdsplanens aktiviteter mellem Aller Aqua, DTU og Enorm. De første aktiviteter i arbejdsplanen forventes opstartes planmæssigt i 2. halvår 2019.

AP 6 - Udvikling af koncept til værdiskabelse af insekt frass

Målet med arbejdsplanen er at udvikle et eller flere koncepter til optimal udnyttelse og værdiskabelse af insekt frass. Dette er gældende for både insekt frass fra en produktion med godkendt foder i form af restbiomasser, og fra en produktion med foder baseret på bio-pulp (tidligere fødevarer og køkkenaffald) i samarbejde med DAKA og Wice4Soil projektet. Der fokuseres på at udvikle et økonomisk bæredygtigt koncept der kan implementeres ud fra de nuværende lovmæssige rammer, og komme med inputs til dokumentationen til fremtidig harmonisering af EU regler om forarbejdning og anvendelse af insekt frass som gødningsprodukt.

Der er i budgettet afsat en stor andel til ”fase 2”, som endnu ikke er udspecificeret. Det formodes at en stor del af budgettet vil blive brugt til at udføre dyrkningsforsøg med et eller flere gødningsprodukter baseret på insekt frass.

Leverancer:

- 1) Forskellige modeller til værdiskabelse af frass er kortlagt
- 2) Notat / rapport med resultater der beskriver lovmæssige rammer, økonomi og miljø ved forskellig forarbejdning og anvendelse af frass. Samt definition og analyse af selve frassen og dens egenskaber.

Sammenfatning af udførte opgaver i AP 6 - 1. halvår 2019

Der er i perioden udført en række forsøg til optælling af dele af larver i frassen, samt indsendt en række prøver af frass til analyse for at vurdere risikoen og potentialet ved frassen. Arbejdet har udmundet i en rapport: "Characterization of BSF larvae Frass", der vil lægge til grund for det videre arbejde.

En del af konklusionen af rapporten er, at der for at leve op til fødevaremyndighedernes krav og forordningen for animalske biprodukter er brug for at opdele frassen i to fraktioner. I rapporten defineres de to fraktioner af frassen som "teknisk frass" og "rejkt frass".

Tekniske frass er det fine materiale som opstår når insektlaver og frass separeres. Tekniske frass er sorteret på en masketørrelse som sikre at dette ikke indeholder hverken døde eller levende laver.

Således opstår to fraktioner, ude over de levende laver der høstes.

- Tekniske frass som bortskaffes som normal fast husdyrgødning
- Rejkt Frass, som skal bortskaffes ABP kat 2 materiale enten som affald til forbrænding eller via behandling med godkendt tryksterilisering.

Det er op til den enkelte producent via deres HACCP at sikre den tekniske frass er fri for både levende eller døde laver.

Vi håber og forventer derved at fødevarestyrelsen vil anerkende denne håndtering af frassen fremadrettet og har en løbende dialog med styrelsen angående emnet.