

# MAt i Cirkulära RObusta system

MACRO är ett Vinnovafinansierat aktörsöverskridande projekt med målsättningen att skapa förutsättningar för införande av sorterande avloppssystem i storstad och omvandlingsområden.



: Cecilia Lalander



: Viktoria Wiklicky

Fly larvae composting of food waste with water content 76% (above) and 97.5% (below)...

20181113

## Påverkan av ökad vattenhalt på fluglarvkompost- ering av matavfall

Cecilia Lalander,<sup>1,\*</sup>

Evgheni Ermolaev<sup>1</sup>

Giulio Zorzetto<sup>1</sup>

Viktoria Wiklicky och

Björn Vinnerås<sup>1</sup>

Institutionen för energi och teknik, SLU,

Uppsala

Parter i delarbetspaketet:



Sveriges  
lantbruksuniversitet

## Om projektet

Projektet MACRO syftar till att stimulera innovation hos både kommuner och teknikleverantörer samt innovation kring produkter och tjänster kopplat till sorterande system för samhällets organiska restprodukter.

Projektet MACRO kommer bidra till att fylla kunskapsluckor avseende både teknik och organisation. Genom MACRO skapas fler möjligheter för svenska aktörer att utveckla spetskunskap inom området vilket ökar möjligheterna för Sverige att positivt bidra till utvecklingen av framtidens hållbara städer.



# Innehåll

<b>Innehåll</b> .....	<b>3</b>
Förord .....	4
Introduktion .....	4
Bakgrund .....	5
<i>Hermetia illucens</i> .....	5
Produkterna frånfluglarvskomposteringen.....	5
Nuvarande lagstiftningen .....	6
Studieupplägg och genomförande .....	6
<b>Resultat</b> .....	<b>8</b>
<b>Diskussion</b> .....	<b>9</b>
<b>Slutsats</b> .....	<b>10</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>10</b>

# Påverkan av ökad vattenhalt på fluglarvskompostering av matavfall

Cecilia Lalander,<sup>1,\*</sup> Evgheni Ermolaev<sup>1</sup>, Giulio Zorzetto<sup>1</sup>, Viktoria Wiklicky och Björn Vinnerås<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala

## Förord

Denna rapport är en sammanfattning av en studie utförd och inom projektet **MA**t i **C**irkulära **RO**busta system (MACRO). Vi vill tacka Eskilstuna och Strängnäs Energi och Miljö för att de tillgodosett oss med blandat matavfall från hushåll.

## Introduktion

I strävan efter ett uthålligare samhälle måste resurserna återanvändas och kretsloppen slutas (Naturvårdsverket, 2018). Att återanvända resurserna som återfinns i avfall är ett sätt att minska beroendet av nya resurser och ett viktigt steg i omställningen från en linjär till en cirkulär ekonomi (European Commission, 2015). Hantering av organiskt avfall är kostsam och produkterna har ett lågt ekonomiskt värde.

En ny avfallshanteringsteknik som väckt stort intresse bland forskare, medier och allmänheten såväl som hos avfallsföretag under de senaste åren är fluglarvskompostering (FLK) (Čičková et al., 2015). FLK är en robust och effektiv teknik som höjer värdet på det organiska avfallet genom att omvandla det till larvbiomassa och kompost (Diener, 2010). Larvbiomassan är främst tänkt som proteinkälla i djurfoder och kan ersätta mindre hållbara alternativ som soja och fiskmjöl (Kroeckel et al., 2012), medan behandlingsresten kan användas som organiskt gödningsmedel (Chirere, 2016). Genom att larverna inkorporerar protein i avfallet i deras larvbiomassa är det möjligt att skapa ett kretslopp där högvärdesprodukter genereras, vilket ändrar avfallsvärdekedjan och möjliggör att behandlingen bär sin egen kostnad (Lohri et al., 2017).

Inom Makro-projektet utvärderas avfallskvarnar för hantering av hushållens matavfall. Avfallskvarnarna placeras under diskhon, och producerar en våt fraktion av matavfallet som kan transporteras i ledningar. För att möjliggöra transport av det malda matavfallet krävs vatten, vilket innebär en utspädning av matavfallet. Svenskt matavfall från hushåll insamlat i papp- eller plastpåsar har generellt en vattenhalt på 70 - 80 % (Hellman, 2015).

Fluglarvskompostering har studerats utförligt för matavfall och olika djurgödsel; vattenhalten av de flesta substrat som studerats ligger runt 70 – 80 % (Lalander et al., 2019; Liu et al., 2018; Myers et al., 2008). Cheng et al. (2017) utvärderade olika matavfall med vattenhalter mellan 70 och 80 % och påvisade att det var svårare att separera larverna från behandlingsresten ju blötare materialet var eftersom vattnet inte hann avdunsta under processen. Dortmundans et al. (2017) skriver i sin stegvisa guide till fluglarvskompostering att om substratet har en vattenhalt >80 % måste det avvattnas innan processen då det inte kommer gå att separera larverna ur behandlingsresten.

---

\* korresponderande författare: [cecilia.lalander@slu.se](mailto:cecilia.lalander@slu.se)

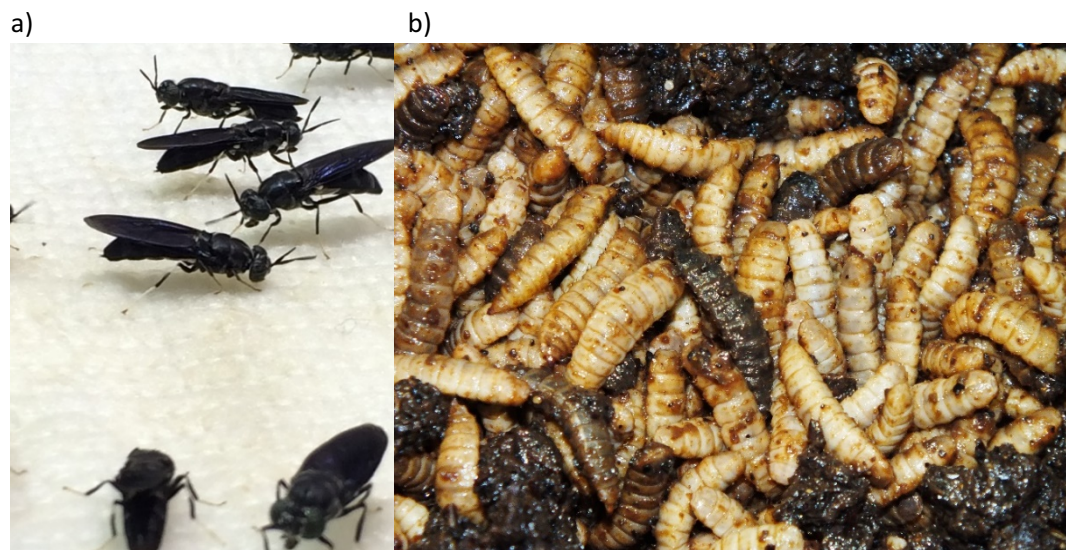
Syftet med studien var att utvärdera påverkan av substratets vattenhalt på fluglarvskompostering av matavfall för att utvärdera huruvida det är möjligt att behandla matavfall insamlat med matavfallskvagnar med en fluglarvsprocess.

## Bakgrund

### *Hermetia illucens*

Den amerikanska vapenflugan (*Hermetia illucens*) är en fluga som tros härstamma från USA (Sheppard et al., 1994). *Hermetia illucens* har en relativt snäv temperaturstolerans, framförallt för lyckad parning och äggläggning och har påvisats söder, men inte norr, om Alperna i Europa (Martínez-Sánchez et al., 2011). Detta torde vara en naturlig klimatbarriär, då klimatet norr om Alperna inte stödjer *Hermetia illucens* fortplantningskrav.

Flugan genomlever fyra livsstadier: ägg, larv, puppa och fluga (Figur 1). Larven har sex larvstadier, i det sjätte och sista stadiet omvandlas munnen till en krok, skinnet mörknar och larven kryper ut för att hitta en mörk och torr plats att förpupa sig på (Sheppard et al., 2002). Flugan äter således inte och är därför, till skillnad från exempelvis hus- och spyflugan (som är inhemska i Sverige), ingen vektor för sjukdomsspridning. Larverna är dessutom relativt stora (i matavfall ca 220 mg) (Lalander et al., 2019), vilket underlättar separeringen av larver och behandlingsrest. I många fall separeras larverna ut innan de når de sista larvstadiet, då halten kitin är mindre i larverna. Att flugan inte är en vektor för sjukdomsspridning och larvens storlek gör denna art särskilt intressant för avfallsbehandling.



Figur 1. Bilder på den amerikanska vapenflugan (*Hermetia illucens*) i a) vuxenstadiet som fluga, b) larver i femte och sjätte larvstadiet, där de mörkare larverna är de så kallade prepupporna i sjätte larvstadiet (Foto: Samuel Blyth).

### Produkterna från fluglarvskomposteringen

Fluglarverna består av ca 40 % protein och 30-40 % fett på torrviktsbasis (St-Hilaire et al., 2007). Proteinhalten har liten variation oavsett vilket substrat larverna matas med (Lalander et al., 2019), fetthalten däremot kan skifta (Meneguz et al., 2018). I litteratur om fiskodling påvisas att fiskmjölet delvis kan ersättas med fluglarver utan att påverka fisktillväxten (Kroeckel et al., 2012). Studier av regnbågsforell uppfödda på matavfallsuppfödda larver producerade i vårt labb visar att

regnbågsforellens tarmflora blir mer diversifierad med avseende på ökad mängd laktobaciller, av att äta fluglarver än att äta kommersiellt fiskfoder, vilket enligt författarna är ett tecken på ökad tarmhälsa (Huyben et al., 2019).

Behandlingsresten kan anses vara ett koncentrerat organiskt gödningsmedel: i en studie av Lalander et al. (2015) återfanns ca 70 % av fosfor (>3 % bands in i larvbiomassan) i behandlingsresten och ca 45 % av ursprungskvävet (ca 12 % bands i larvbiomassan), medan resterande kväve återfanns i kondensat från utgående luft. Då näringskoncentrationen är högre än vanligt organiskt gödningsmedel, som exempelvis stallgödsel, behövs en mindre mängd gödningsmedel för samma effekt, vilket förenklar spridningen på fält. Gödslingsförsök på mangold gödslats med FLK-kompost visade att FLK komposten ger samma tillväxt som kommersiellt tillgängliga konstgödselmedel (Chirere, 2016). Det höga näringsinnehållet tillåter vidare deras användning som råmaterial in i röttningsprocessen och behandlingsresterna har påvisats bibehålla upp till 70 % av det ursprungliga avfallens biogaspotential (Lalander et al., 2018). Det har påvisats att *Salmonella* spp. och djurvirus inaktiveras under fluglarvkompostering, medan spolmaskägga (*Ascaris suum*) inte påverkas (Lalander et al., 2013; Lalander et al., 2015). Även läkemedelsrester och bekämpningsmedel har förevisats brytas ner i processen (Lalander et al., 2016).

### Nuvarande lagstiftningen

Flugor klassas som produktionsdjur och får således inte utfodras med animaliska biprodukter enligt animaliska biproduktsförordningen (EG nr 1069/2009). Det är därför i dagsläget inte tillåtet att utfodra fluglarverna med matavfall då denna innehåller animaliska biprodukter. Även möjliga användningsområden för de genererade fluglarverna påverkas av denna lagstiftning, då produktionsdjur inte får matas med produktionsdjur. Fluglarver får alltså inte ges som foder till andra produktionsdjur som fågel och gris. Från och med juli 2017 har det varit tillåtet att använda insektsprotein i fiskfoder (<http://www.feednavigator.com/Regulation/Green-light-for-insect-protein-in-fish-feed-in-EU>), för insekter som fötts upp på vegetabilier. Sedan tidigare är det tillåtet att använda insektsprotein i sällskapsdjursfoder. Lagändringen med en bredare acceptans för insektsproteiner öppnar upp för etablering av FLK i Sverige. Inom EU-kommissionen har diskussioner påbörjats för att inom en snar framtid även tillåta insektsbaserat protein som foder till enkelmagade djur (fågel och gris). Levande larver kan redan med dagens lagstiftning ges som foder till fjäderfä, eftersom det är en del i fjäderfäns naturliga beteende att äta insektslarver.

### Studieupplägg och genomförande

Matavfall med sex olika vattenhalter (76 %, 84 %, 88 %, 90 %, 95 %, 97,5 %) utvärderades med avseende på avfall-till-biomassa omvandlingsfaktor (BOF), nedbrytningsgrad och larvöverlevnadsgrad (Figur 2). En modell för ventilationsbehovet per kg våtvikt, för att uppnå en torrsbstanshalt av 50 % i behandlingsresten, utvecklades i relation till substratets vattenhalt och baserades på resultaten i denna studie. Vattenhalten för matavfall malet i en avfallskvarn är närmast 97,5% (Karlberg & Norin, 1999).



Figur 2. Bild på matavfall med vattenhalt 90 %, 95 % och 97,5 % (från höger till vänster) i försöksbackarna som användes i omgång 2 av experimentet.

Försöken utfördes i två omgångar (tabell 1). I omgång 1 utvärderades substrat av något lägre vattenhalt och då användes en något högre matningsdos av organiskt material per larv. I denna omgång matades behandlingarna tre gånger under den två veckor långa behandlingen. Behandlingen utfördes utan aktiv ventilation i omgång 1. I omgång 2 utvärderades processen för mycket låga vattenhalter och då minskades dosen organiskt material per larv för att förhindra ackumulering av material. Vidare matades behandlingarna varje dag, för att inte mata dem med för mycket material per mätningstillfälle och därmed riskera att dränka larverna. Behandlingarna gjordes i ett skåp med aktiv ventilation. En kontroll för att verifiera hur representativ den utvecklade ventilationsmodellen var lades till i studien. Denna kontroll (kontroll 80 % vatten) behandlades med andra behandlingsparametrar (matningsdos, larvmatningsdos, larvdensitet) än de som användes i denna studie (tabell 1) och följde ett standardiserat protokoll utvecklat för fluglarvskompostering av outspätt matavfall. Alla försök gjordes i triplikat.

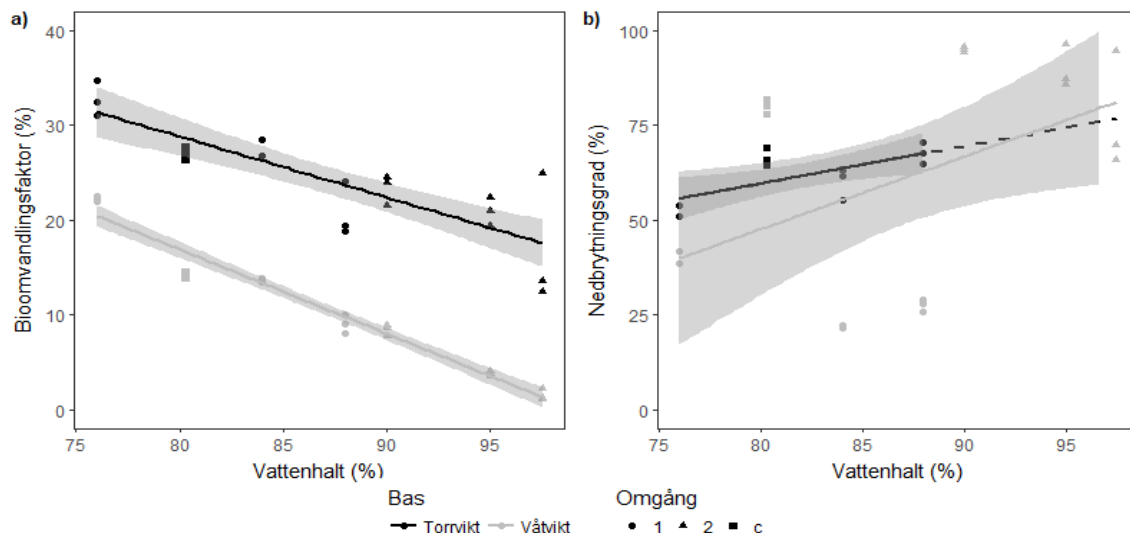
Tabell 1. Daglig matningsdos ( $\text{kg and vs ww m}^{-2}$ ), potentiell substrathöjd (cm), larvmatningsdos ( $\text{g vs lv}^{-1}$ ) och larvdensiteten ( $\text{lv cm}^{-2}$ ).

	Omgång	Daglig matningsdos ( $\text{kg ww m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )	Substrathöjd (cm)	Larvmatningsdos ( $\text{g vs lv}^{-1}$ )	Larvdensitet ( $\text{lv cm}^{-2}$ )
76 % vatten	1	2.3	3.2	0.37	2
84 % vatten	1	3.3	4.6	0.30	2
88 % vatten	1	4.3	6.0	0.37	2
90 % vatten	2	1.2	2.0	0.09	2
95 % vatten	2	2.4	4.0	0.09	2
97.5 % vatten	2	4.8	8.0	0.09	2
Kontroll 80 % vatten	C	3.1	6.0	0.17	6

För ventilationsmodellen beräknades den totala mängd vatten som behövde föras bort för att få en behandlingsrest med en torrsubstans på 50 %. För att beräkna den totala mängden förväntad behandlingsrest användes den erhållna materialnedbrytning och bioomvandlingsfaktorer.

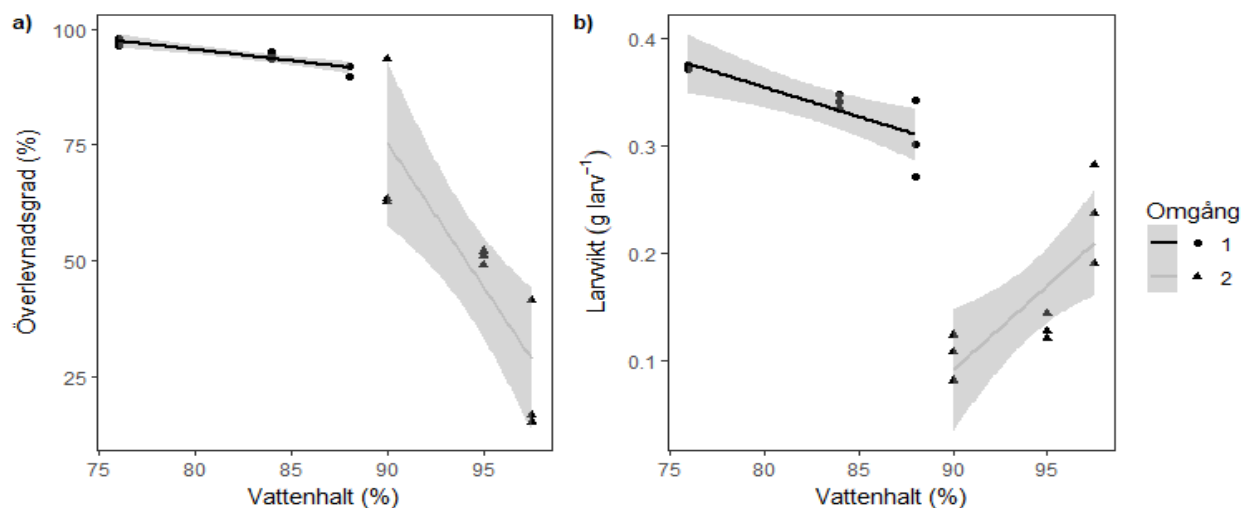
## Resultat

Biomvandlingsfaktorn minskade med ökad vattenhalt på såväl våt-, som torrviktsbasis (Figur 3a). Inget samband mellan vattenhalt och nedbrytningsgrad hittades på våtviktsbasis, men på torrviktsbasis ökade nedbrytningsgraden signifikant under omgång 1 (Figur 3b).



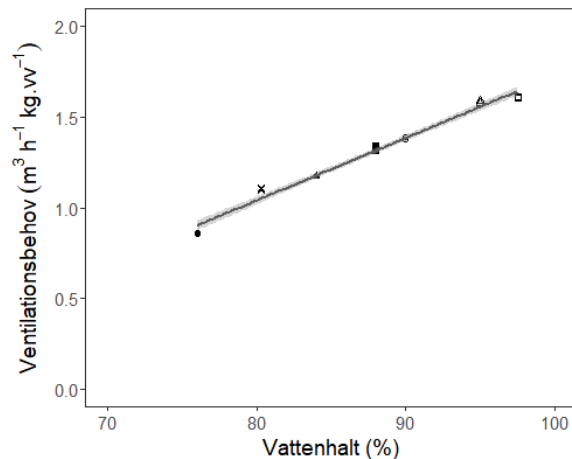
Figur 3. Grafisk representation av a) biomvandlingsfaktor (%) och b) materialnedbrytningsgrad på torr- (svart)-, och våtviktsbasis (grå) över substratets vattenhalt (%) för omgång 1 (●), 2 (▲) och kontrollen (■). De gråa zonerna representerar modellerna med 95 % konfidensintervall.

Ökad vattenhalt resulterade i lägre överlevnadsgrad för larverna, speciellt i omgång 2 då vattenhalten var 90 – 97,5 % (Figur 4a). Larvvikten minskade med ökad vattenhalt i omgång 1, medan den ökade med ökad vattenhalt i omgång 2 (Figur 4b).



Figur 4. Grafisk representation av a) överlevnadsgrad (%) och b) larvsvikten (g larv<sup>-1</sup>) över substratets vattenhalt (%) för omgång 1 (●) och 2 (▲). De gråa zonerna representerar modellerna med 95 % konfidensintervall.

Ventilationsbehovet per kg våtvikt ökade med ökad vattenhalt (Figur 5). När vattenhalten ökade från 76 % till 97,5 % dubblerades ventilationsbehovet per kg våtvikt.



Figur 5. Grafisk representation av ventilationsbehovet per kg våtvikt och timme ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{kg.vv}^{-1}$ ) över substratets vattenhalt (%). De gråa zonerna representerar modellen med 95 % konfidensintervall.

## Diskussion

Orsaken att utvärdera fluglarvskompostering vid mycket höga vattenhalter var att utvärdera möjliga behandlingsalternativ av matavfall som malts i en kökskvarn. I många kommuner i Sverige samlas matavfall in i påsar och transporteras sedan med lastbil till behandlingsanläggning. I fall där matkvarn installeras transporteras matavfallet istället i ledning tillsammans med vatten till behandlingen alternativt uppsamling. Matavfallet blir mycket utspädd och får en vattenhalt >95 %. Tanken med fluglarvskompostering är att öka värdet på organiskt avfall och på så vis minska kostnaden för behandlingen så den till större del kan bära sina egna kostnader och på så vis inte vara beroende av subventioner och andra bidrag (Lalander et al., 2018). Det största värdet fås av larverna, som kan användas som djurfoder, därför är bioomvandlingsfaktorn av stort intresse. I denna studie sågs att bioomvandlingsfaktorn minskade med ökad vattenhalt. Detta kan vara väntat på våtviktsbasis, men det var även fallet på torrsviktsbasis (Figur 3a). Detta är troligen för att larverna måste svälja en allt större mängd substrat med högre vattenhalt utan att få i sig mer näring. En konsekvens blev att nedbrytningsgraden av materialet ökade ju blötare det blev (Figur 3b). Även överlevnadsgraden påverkades negativt av ökad vattenhalt, speciellt i omgång 2 (Figur 4a). Att överlevnaden föll så drastiskt i omgång 2 kan ha att göra med ventilationen som möjligtvis torkade ut några larver. En annan orsak skulle kunna vara att larverna drunknade när de ännu var små. Larvvikten minskade med ökad vattenhalt i omgång 1 medan den ökade i omgång 2 (Figur 4b). I omgång 1 var matningsdosen tillräckligt stor per larv och effekten som kan ses är troligen av samma orsak som den som för överlevnadsgraden; att larverna var tvungna att svälja större mängder utspädd näring, vilket sannolikt kostade mer energi än att äta näringen i mer koncentrerad form. I omgång 2 däremot, var matningsdosen liten till att börja med (för att minska risken för materialackumulering). När många larver dog blev matningsdosen för de överlevande larverna större och de växte sig större.

Ventilationsbehovet ökade per kg våtvikt material med ökad vattenhalt (Figur 5). Då vattenhalten ökade med nästan 20 procentenheter (28 % ökning av vatten), dubblerades ventilationsbehovet. Samtidigt minskade bioomvandlingsfaktorn och behandlingskapaciteten i kg organiskt material per  $\text{m}^2$ . Med ett blötare material erhålls således en mindre mängd larver och behandlingsrest per  $\text{m}^2$  (dvs produkterna från behandlingen), samtidigt som ventilationskostnaden ökar markant. Detta försök gjordes i ett ventilerat skåp i ett växthus. Luften som pumpades in i försöksskåpet var således varm och hade en relativt hög fuktighetsgrad (mellan 40 – 55 % RH). Skulle kallare luft användas, som är det vanliga fallet i Sverige, skulle vattenhållningskapaciteten mellan den kalla (låg

vattenhållningskapacitet) och den varma luften (hög vattenhållningskapacitet) som finns i behandlingen vara större. Ju större skillnad är, desto större mängd vatten kan transporteras bort per kg ventilationsluft. Lika stor mängd vatten skulle på så vis kunna föras bort med en mindre mängd luft, dvs lägre ventilation. För att minska energibehovet av att värma upp kall luft skulle en värmeväxlare kunna användas. På sommaren, då temperaturen och luftfuktigheten är högre, skulle istället den ingående luften behöva kondenseras innan behandlingen, för att erhålla en mer effektiv luftning.

Med tanke på att ventilationsbehovet fördubblades och arbetsbördan ökades då vattenhalten i substratet ökade från 76 % till 97,5 %, medan produkterna som erhöles minskas ser vi inte fluglarvskompostering som ett attraktivt alternativt för behandling av avfallssubstrat med vattenhalter >90 %.

## Slutsats

Påverkan av ökad vattenhalt på effektiviteten av fluglarvskompostering av matavfall utvärderades i denna studie. Det konstaterades att bioomvandlingsfaktorn och överlevnaden minskade med ökad vattenhalt, medan nedbrytningen ökade. Mängden värdefulla produkter minskade, medan energianvändningen, platsbehovet och komplexitet ökade med ökad vattenhalt. Slutsatsen som drogs av studien var att fluglarvskompostering inte lämpar sig för substrat med vattenhalt >90 % och således inte ses som en lämplig behandlingsmetod för matavfall insamlat i matavfallskvarnar.

## Referenser

- Cheng, J.Y.K., Chiu, S.L.H., Lo, I.M.C. 2017. Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion. *Waste Management*, **67**, 315-323.
- Chirere, T.E.S. 2016. A way out of food insecurity and poverty – The potential of using fly larvae composted faeces as organic fertiliser in sub-Saharan Africa agriculture. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Čičková, H., Newton, G.L., Lacy, R.C., Kozánek, M. 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, **35**(0), 68-80.
- Diener, S. 2010. Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, in Low and Middle-Income Countries. in: *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*, ETH ZURICH. Dübendorf, Switzerland.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., Zurbrügg, C. 2017. Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide. Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec).
- European Commission. 2015. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy.
- Hellman, E. 2015. Lagringstidens påverkan på metanpotentialen i matavfall, Vol. Teknologie masterexamen, Linköpings universitet.
- Huyben, D., Vidaković, A., Werner Hallgren, S., Langeland, M. 2019. High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Aquaculture*, **500**, 485-491.
- Karlberg, T., Norin, E. 1999. Köksavfallskvarnar - effekter på avloppsreningsverk VA-FORSK.
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C. 2012. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, **364**, 345-352.
- Lalander, C., Diener, S., Magri, M.E., Zurbrügg, C., Lindström, A., Vinnerås, B. 2013. Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) — From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment*, **458-460**(0), 312-318.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., Vinnerås, B. 2019. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, **208**, 211-219.

- Lalander, C., Nordberg, Å., Vinnerås, B. 2018. A comparison in product- value potential in four treatment strategies for food waste and faeces – assessing composting, fly larvae composting and anaerobic digestion. *GCB Bioenergy*, **10**(2), 84-91.
- Lalander, C., Senecal, J., Calvo, M.G., Ahrens, L., Josefsson, S., Wiberg, K., Vinnerås, B. 2016. Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *Science of the Total Environment*, **565**, 279-286.
- Lalander, C.H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S., Vinnerås, B. 2015. High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*, **35**(1), 261-271.
- Liu, Z., Minor, M., Morel, P.C.H., Najar-Rodriguez, A.J. 2018. Bioconversion of Three Organic Wastes by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environmental Entomology*, nvy141-nvy141.
- Lohri, C.R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., Zurbrugg, C. 2017. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, **16**(1), 81-130.
- Martínez-Sánchez, A., Magaña, C., Saloña, M., Rojo, S. 2011. First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula. *Forensic Science International*, **206**(1–3), e76-e78.
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., Gasco, L. 2018. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **Available online**
- Myers, H.M., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D., Kattes, D. 2008. Development of black soldier fly (Diptera : Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environmental Entomology*, **37**(1), 11-15.
- Naturvårdsverket. 2018. Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2018 – Med fokus på statliga insatser.
- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S. 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Biores. Technol.*, **50**(3), 275-279.
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Sumner, S.M. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera : Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, **39**(4), 695-698.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J., Irving, S., Newton, L., McGuire, M., Mosley, E., Hardy, R., Sealey, W. 2007. Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, **38**(1), 59-67.

# MACROs parter samarbetar inom sex arbetspaket:

## AP 1: Projektledning & kommunikation

**Att säkerställa projektets genomförande och kommunicera projektet och dess resultat.**

Inom detta arbetspaket sköts intern och extern kommunikation, genomförs projektledning och också följeforskning kopplad till projektet där beslutsprocesserna för sorterande system inom stadsutvecklingsprojekten H+ och Norra Djurgårdsstaden jämförs.

**Parter:** Stockholms Stad och RISE.

## AP 2: Systemutveckling för tätbebyggelse i storstad

**Att möjliggöra/arbete för systemutveckling för storskalig insamling och behandling av matavfall och utsorterat klosettavatten från den stora staden.**

I detta arbetspaket utvecklas kunskapsunderlag för att möjliggöra utveckling för storskaliga insamlings- och behandlingssystem för matavfall och utsorterat klosettavatten från den stora staden. Bland annat kommer detta att göras genom en programhandlings- och systemhandlings-projektering för ca 3000 lägenheter i Norra Djurgårdsstaden, varav 1500 i detaljplanen Kolkajen och 1500 i Södra Värtan. Dessutom tar projektet fram underlag som är nödvändiga för att implementera en systemförändring.

**Parter:** Stockholm Stad, Stockholm Vatten och Avfall, NSVA, SWR och Ecoloop.

## AP 3: Systemutveckling i nya, kommunala VA-verksamhetsområden, utanför innerstad/täta stadsmiljöer

**Att ta fram stöd för införande av källsorterande avloppssystem i nya verksamhetsområden utanför tät stad, som tex. omvandlingsområden.**

Arbetspaketet fokuserar på strukturella förutsättningar vid utveckling av nya kommunala verksamhetsområden utanför tät innerstadsmiljö, exempelvis brukar-kommunikation och juridiska förutsättningar.

**Parter:** RISE, Mälarenergi och Knivsta kommun.

## AP 4: Installationer i hus

**Att samla och bygga erfarenhet kring byggtekniska frågor gällande system i husen som möjliggör insamling av så rena strömmar som möjligt.**

Arbetspaketets syfte är att samla och bygga erfarenhet kring byggtekniska frågor för system i fastigheter som möjliggör insamling av rena strömmar från kvarn och toalett.

**Parter:** Stockholm Stad, NSVA, Stockholm Vatten och Avfall.

## AP 5: Teknikutveckling

**Utveckling av tekniska lösningar.**

Arbetspaketet omfattar flera delar och syftar till att utvärdera och bidra till teknikutveckling av möjliga komponenter för insamling, transport och behandling i ett sorterande VA-system rörande matavfallskvarnar, småspolande toaletter, ledningsnät, behandlingsteknik, foder-produktion samt en potentialbedömning av teknikerna nationellt och internationellt.

**Parter:** RISE, LTH, SLU, Matavfallssystem Sverige, SWECO, Disperator, Mälarenergi, Skandinavisk Kommunalteknik och Again.

## AP 6: Kretslopp & certifieringsfrågor

**Att undersöka avsättning för slutprodukter – ur lantbrukets perspektiv.**

Arbetspaketet har två fokusområden – dels lantbrukarkårens inställning med avseende på återbruk av både källsorterat matavfall och klosettavloppsvatten, dels förutsättningar, inställning och eventuell utveckling av befintligt certifieringssystem för källsorterade avloppsfraktioner (SPCR 178). Utgångspunkten är att olika sorterande system ger produkter med olika kvalitet, där lantbrukets perspektiv på produkterna är avgörande.

**Parter:** RISE, Avfall Sverige, LRF, Knivsta kommun och Mälarenergi.



MACRO projektet är finansierat av VINNOVA.



MACRO slutrapporteras på en konferens den 27 november 2018, se [www.macrosystem.se](http://www.macrosystem.se) för mer information.

MACROs 18 parter representerar kommuner, branschorganisationer, näringsliv och akademi.

