

# Agroekologinen symbioosi tuottaa lähiluomua ja bioenergiaa ravinteita kierrättäen

Elina Virkkunen<sup>1)</sup>, Kari Koppelmäki<sup>2)</sup>, Jukka Kivelä<sup>2)</sup>, Markus Eerola<sup>3)</sup> ja Juha Helenius<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>*Luonnonvarakeskus, Kipinäntie 16, 88600 Sotkamo, elina.virkkunen@luke.fi*

<sup>2)</sup>*Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Latokartanonkaari 5, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@helsinki.fi*

<sup>3)</sup>*Knehtilän tila, Haapasaarentie 75, 05470 Hyvinkää, markus.eerola@gmail.com*

## Tiivistelmä

Teollisen ekologian (*IE, Industrial Ecology*) perusidea on kiertotalouden toteuttaminen energiatehokkaasti. Käytännössä tämä toteutuu yritysysteistyön muotoina, joita on alettu kutsua nimellä teolliset symbioosit (*IS, Industrial Symbiosis*). Tässä artikkelissa tarkastellaan lähiruuan tuotannon teollista symbioosia termin ”agroekologinen symbioosi” (*AS*) alla. Tutkimuskysymykset koskevat agroekologisen symbioosin järjestelmäkokonaisuutta ja liittyvät kasvinravinteiden kierrätykseen, energiaomavaraisuuteen, yritysysteistyön muotoihin, teknologisiin ratkaisuihin sekä lähiruokatuotteiden toteutumiseen symbioosissa. Tutkimusoletuksena on, että *AS* tarjoaa bio- ja kiertotalouteen sopivan, huoltovarmuutta parantavan hajautetun ruokajärjestelmän mallin, joka on ympäristöllisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävämpi kuin vallitseva fossiilitalouden perustalle rakentunut keskitetty ruokajärjestelmä.

Aineistona on Hyvinkään Palopurolle sijoittuva *AS*-hanke, jossa yritykset ovat maatiloja, munituskanala sekä mylly ja leipomo. Toimijoiden tavoite on pilotoida ja demonstroida taloudellisesti kannattava tuotannollinen symbioosi, jossa alkutuotanto ja elintarvikejalostus toimivat yhteistyössä. Osa tuotteista myydään suoraan tilamyymälästä. Ravinteiden kierrätys tapahtuisi biokaasutuksen kautta. Energiantuotantoa tukisi korkean C/N suhteen materiaalien hiilto (puukaasutus), joka myös tuottaisi biohiiltä maanparannusaineeksi. Palopuron *AS* tuottaisi lähiruuan lisäksi myös lähien energiaa, mikäli liikennepolttoainelaatuisen biokaasun tuotanto saadaan paikallisten ja valtakunnallisten yhteistyökumppaneiden kanssa osaksi pilottia.

Hanketta nimeltä *Ravinne- ja energiaomavaraisen lähiruuan tuotanto: Palopuron agroekologinen symbioosi* rahoittaa ympäristöministeriön Ravinteet kierto -ohjelma. Hanketta hallinnoi Helsingin yliopisto, joka toteuttaa sen yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen sekä alueen yrittäjien ja laitetoimittajien kanssa ajalla 1.6.2015 – 31.12.2016. Tähän mennessä saatujen tulosten mukaan kaikki symbioosissa syntyvät orgaaniset ylitteet on mahdollista hyödyntää energiantuotantoon ja ohjata lannoitus- ja maanparannuskäyttöön. Bioenergian tuotanto riittäisi symbioosin tarpeiden lisäksi esimerkiksi liikennepolttoaineen myyntiin.

*AS*-hankkeen johtava ajatus on energiatehokas kiertotalous, jossa uusiutuvalla energialla pyritään energiaomavaraisuuteen. Samalla tehostetaan ravinteiden kierrätystä tuottamalla lannoitevalmisteita sekä parannetaan maan kasvukuntoa sitomalla maahan hiiltä.

*Agroekologia, luomutuotanto, lähiruoka, kierrätysravinteet, kiertotalous, ravinneomavaraisuus, energiaomavaraisuus, puukaasu, biokaasu, bioenergia*

## Johdanto

Graedel (1996, Graedel & Allenby 1996) määritteli teollisen ekologian toimintatavaksi, jossa energian käyttö ja materiaalivirrat muistuttavat biologisen ekosysteemin toimintaa. Chertow (2000) toi mukaan paikallisuuden vs. globaalisuuden ulottuvuuden. Hän määritteli, että teolliset symbioosit (IS, *industrial symbiosis*) ovat maantieteellisesti toisiaan lähellä olevia teollisen ekologian mukaiseen, toinen toiseensa tukeutuvaan ja keskinäisesti hyödyttävään toimintatapaan järjestäytyneitä yritysten yhteenliittymiä. Chertow (2000) käytti esimerkkinä tanskalaista Kalundborgin teollista symbioosia, jossa oli mukana mm. kemianteollisuuden toimijoita, lääketeollisuutta, maataloja ja kalanviljelyä. Teollisen ekologian idean mukaisia integroituja ratkaisuja on Suomessa kehitetty aiemmin metsäteollisuuteen, mutta maa- ja elintarviketalouden alalla vastaavia esimerkkejä on oikeastaan vain teurastamoteollisuuden yhteisen renderöintilaitoksen Honkajoki Oy:n (2013) ympärille syntynyt agroekologinen kokonaisuus sekä Sybimar Oy:n (2015) kehittämä suljetun kierron konsepti, jossa on integroitu vesiviljely ja bioenergian tuotanto.

Tämä artikkeli esittelee ja perustelee ruokajärjestelmään sovelletun teollisen symbioosin, “agroekologisen symbioosin” (AS; Haaranen ym. 2015) kehittämishankkeen. Hanke sijoittuu Hyvinkään Palopuron kylään ja on toimijalähtöinen, yrittäjien omasta aloitteesta käynnistynyt AS.

Merkittävä osa Palopuron AS:ssa on ravinteiden kierrätyksessä symbioosin sisällä. Aiemmin ravinteiden kierrätystä on tarkasteltu maatilan sisäisenä tai usean maatilan yhteisenä kysymyksenä, lisäksi on hyvin selvillä, että useat teollisuuden sivuvirrat (ylitteet, jätteet) soveltuvat joko sellaisenaan tai prosessoituina palautettavaksi maatalouden ravinnekiertoon rehuina ja orgaanisina lannoitteina. Bioenergian tuotanto biokaasutuksen avulla on yhdistettävissä kierrätykseen paikallisesti (Winquist ym. 2015) tai alueellisen mittakaavan ratkaisuna (Seppälä ym. 2015). AS on pidemmälle menevä konsepti; se kannustaa integroimaan maataloustuotannon osaksi ruoan tuotannon (ja kulutuksen) paikallista järjestelmää. Se haastaa systeemien uudelleen suunnitteluun sekä ravinteiden kierrätyksen että bioenergian tuotannon osalta.

Tutkimusoletuksena on, että AS tarjoaa bio- ja kiertotalouteen sopivan, huoltovarmuutta parantavan hajautetun ruokajärjestelmän mallin, joka on ympäristöllisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävämpi kuin vallitseva fossiilitalouden perustalle rakentunut keskitetty ruokajärjestelmä.

### *Tarve integroituun ravinteiden kierrätyksen ja bioenergian tuotantoon*

Maataloudessa maan kasvukunnon parantaminen on hyvän ravinnetalouden perusta. Nurmiviljely on vähentynyt Etelä-Suomessa, koska karjatilojen määrä on laskenut. Siirtyminen yksivuotisten kasvien viljelyyn on aiheuttanut osaltaan peltomaan laadun heikkenemistä. Tämä kehitys on erityisen voimakasta ja samalla haitallista juuri vesiensuojelun painopistealueilla. Kuitenkin myös kasvinviljelytiloilla voidaan hoitaa maan kasvukuntoa viherlannoitusnurmilla.

Viimeaikaisista tutkimuksista ja selvityksistä voi tehdä johtopäätöksen, että normaalia viherlannoituskäytäntöä taloudellisesti, lannoituksellisesti ja vesiensuojelullisesti tehokkaampaa on kierrättää nurmimassat biokaasutuksen kautta (Tuomisto & Helenius 2008). Viherlannoitusnurmien maahan muokkaaminen sisältyy ravinteiden huuhtoutumisriski. Se pienenee, kun biomassaa käytetään biokaasulaitoksessa. Samalla maatalojen riippuvuus uusiutumattomista luonnonvaroista vähenee. Tämä viherlannoituksen uusi toteutustapa soveltuu erityisesti karjattomaan luomuviljelyyn. Se myös vähentää huuhtoutumia mm. Suomenlahden ja Saaristomeren valuma-alueilla. Yksin Uudellamaalla viljeltiin viherlannoitusnurmia noin 7 000 ha alalla vuonna 2014. Lisäksi suuri osa 14 000 ha luonnonhoitopeltoalasta viljellään viherlannoitusnurmien kaltaisesti.

Yhdistämällä kotieläinten lannat vihermassojen biokaasutukseen voidaan ravinteiden kierrätystä edelleen tehostaa. Nurmibiomassojen lisäyksen on osoitettu moninkertaistavan energian määrän, joka lannasta saadaan kaasuttamalla (Pyykkönen ym. 2013). Lopputuotteena saadaan kasvinviljelyn kannalta parempaa lannoitetta verrattuna esimerkiksi lietelannan (Hyrkäs ym. 2014) tai kuivalanta-kompostin lannoitusarvoihin.

Nopeasti kasvava hevostalous lisääntyy erityisesti kaupunkien läheisellä maaseudulla. Hevosenlannan sisältämät ravinteet hyödynnetään muita kotieläinlantoja huonommin. Muista kotieläinlannoista poiketen suurella osalla hevostiloista ei ole omaa peltomaata, ja hevosityrittäjät kokevat lannan käsittelyn ongelmaksi. Uudet kotimaiset tulokset osoittavat, että myös hevosenlanta sopii biokaasutuksen (Tampio ym. 2014).

Sekä alkutuotannon että tuotantoketjun muiden osien riippuvuutta uusiutumattomista luonnonvaroista tulee vähentää. Viljan kuivaukseen, tuotantotilojen lämmittämiseen ja tuotteiden jalostukseen käytettävää energiaa voidaan tuottaa maataloilta saatavalla bioenergialla. Biokaasu sopii moottoripolttoaineeksi tilan omiin työkonseihin, ja ajoneuvokaasusta voi saada myös myyntituotteen.

### **Palopuron AS: toimijalähtöinen tutkimus- ja kehittämishanke**

Palopuron AS-hanke aloitettiin kesällä 2015. Se on pilotti, joka tuottaa tietoa investointitarpeista, rahoitusmahdollisuuksista, taloudellisesta kannattavuudesta sekä yhteistyön sopimusoikeudellisesta järjestämisestä. AS:n kannalta on tärkeää, että eri toimintoja toteuttavat yritykset ovat mukana pitkäjänteisesti ja sitoutuneesti.

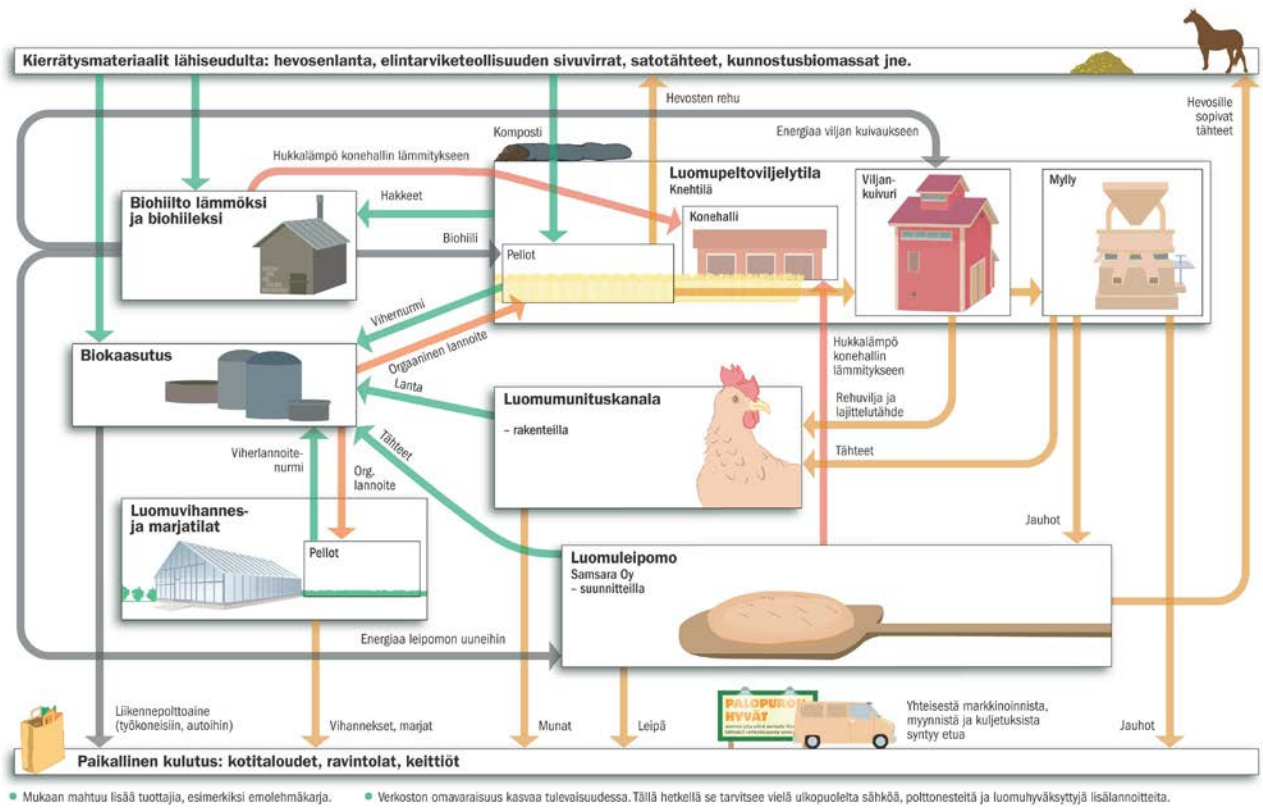
Palopuron AS-hankkeen tavoitteena on:

- Luoda AS-toimintamalli, jonka avulla vähennetään ravinnekuormaa poistamalla ulkopuolisten ravinteiden tarvetta alkutuotannosta ja tehostamalla ravinteiden kiertoa elintarviketuotannossa.
- Laskea ja kuvata taloudelliset edellytykset toimintamallille.
- Soveltaa innovatiivisia teknologioita paikallisen ravinnekierrätyksen ja paikallisen energiantuotannon yhdistämiseen. Tässä tarkastellaan biokaasuprosessia ja biohiiltoa.
- Tuottaa tietoa ympäristövaikutuksista, sosiaalisesta hyväksyttävyydestä ja vaikuttavuudesta.
- Luoda oppimistilanteita, materiaaleja ja välineitä, joiden kautta on mahdollista osallistua agroekologisen symbioosin toimintaan (esimerkiksi ekologisesti valistuneena kuluttajana).

Hyvinkään Palopurolle on syntynyt usean eri toimijan yhteistyöverkosto Knehtilän luomutilan ympärille. Knehtilä tuottaa vilja- ja öljykasveja sekä valkuaiskasveja noin 300 ha alalla. Lehtokumpu ja Joentausta ovat puutarhatiloja, jotka tuottavat vihanneksia ja marjoja sekä hunajaa. Vuoden 2016 alusta alkaen toimintaan liittyy luomumunituskanala joka on mitoitettu 6000 kanalle, ja jonka rehuntuotanto ja lantahuolto integroidaan Knehtilän tilan viljelyyn. Lähialueella sijaitsee myös useita hevostalleja, joiden lantaa Knehtilä jo aiemmin on ottanut vastaan kompostointiin. Eräs tavoite on tuoda kuluttajia lähemmäs ruoan tuottajia. Tämä toteutuu jo nyt Knehtilän lähiruokamarkkinoilla, joilla symbioosiin kuuluvat Knehtilän, Lehtokummun ja Joentaustan tilat myyvät tuotteitaan. Tapahtumat ja vakituisesti avoinna oleva tilamyymälä kahvilan yhteydessä tarjoavat monen muunkin pientuottajalle tuotteille myyntikanavan. Parhaimmillaan symbioosin kaltainen yhteistyö voi osallistaa kuluttajia johonkin osaan ruokaketjua esimerkiksi joukkorahoituksen keinoin.

Samsara Oy:n luomuleipomo on suunnitellut siirtymistä uusiin tiloihin Knehtilän talouskeskukseen, jonka jälkeen pelloilla tuotettu leipävilja jalostettaisiin leiväksi asti tilan yhteydessä. Tilalle on jo hankittu mylly, joka tuottaisi luomujauhoja myös maatilamyymälään

kuluttajatuotteiksi. Viljan tuottamiseen, kuivaukseen, jauhamiseen ja leivinuuneihin käytettäisiin paikallista bioenergiaa. Myllyn ja leipomon hävikki hyödynnettäisiin kanojen rehuna (kuva 1).



Kuva 1. Maatilojen ja yritysten yhteistyöverkosto Hyvinkään Palopurolalla. Jukka Pasonen/MT.

Edistymisen kannalta tärkeää oli toimijoiden yhteinen lähtökohtainen tavoite kierrättää ravinteita ja hyödyntää itse tuotettua bioenergiaa. Mallissa tarkastellaan biokaasutusta, ja sen täydentämistä erityisesti lämmöntuotannossa puuhakkeen tai muun korkeahiilisen biomassan hiiltämisellä (pyrolyysi, kaasutus). Näistä teknologioista on jo olemassa paljon tietoa. Palopuron AS:n lämpöenergian tarve ja optimaaliset energianlähteet vaihtelevat käyttökohteittain. Leipomo tarvitsee uunien lämmitykseen nimenomaan kaasua, ja tarve pysyy suunnilleen vakiona ympäri vuoden. Maatilalla suurin lämmönkulutus ajoittuu viljankuivausaikaan. Kuivuri kuluttaa silloin yhtä paljon energiaa kuin leipomo koko vuonna, eli 200 000 – 250 000 kWh. Laskennallisesti yksin luomuviljelyn vaatiman viherlannoitusmassan biokaasutus tuottaisi energiaa yli AS:n oman tarpeen, noin 1500 – 1900 MWh. Tämä mahdollistaisi ylimääräisen kaasun myynnin liikennepolttoaineeksi. Tarkasteluun sisällytettiin kaasun puhdistus liikennepolttoaineeksi, sen vaatimat laiteinvestoinnit sekä kysymys jakelusta vastaavan yhteistyökumppanin löytymisestä. Samalla kehitetään uudenlaista liiketoimintamallia. Edelleen eräs selvitettävä mahdollisuus on sähköntuotanto joko biokaasulla tai aurinkopaneeleilla.

Palopuron AS:n ympäristössä realististen kuljetusetäisyyksien päässä on runsaasti luomukasvintuotantotiloja ja hevostalleja, joiden viherlannoitusbiomassojen ja lantojen ravinteiden kierrätys biokaasutuksen kautta voisi tulla kyseeseen. Tämä nosti esille kysymyksen kaasutustähteiden (ja/tai niistä terävöitettyjen kierrätyslannoitteiden) kuljetus- ja levitysurakoinnista logistiikkoineen. Myös näitä koskevissa yhteistyötunnusteluissa on edetty. Osalle näistä kysymyksistä päädyttiin hankkimaan vaihtoehtojen selvitys kokoneelta konsultilta.

AS on toimintamalli, johon sisältyy ajatus ekologisesti aiempaa kestävämmästä tuotantotavasta. Palopuron AS-hankkeessa arvioidaan ympäristövaikutuksia määrällisesti ravinteiden kierrätyksen, vesiensuojelun ja kasvihuonekaasupäästöjen ja laadullisesti biodiversiteetin näkökulmista. Oletus on, että bioenergian tuotanto AS:n omista massoista sulkee ravinnekierron ja lisää maahan orgaanista ainesta ja siten hiiltä. Viherlannoitusbiomassojen korjuun kynnön sijasta, ja niiden sisältämien ravinteiden kohdentamisen tarpeen mukaan sekä levittämisen oikea-aikaisesti odotetaan lisäävän satoja ja vähentävän ravinnetappioita.

Tähänastisen kokemuksen mukaan on tärkeää heti alkuvaiheessa selvittää, mitkä eri hallinnonalat kunnassa, elinkeino-, ympäristö- ja liikennekeskuksessa sekä ministeriöissä määräävät ja säätelevät niistä toiminnoista, joita symbioosiin on tarkoitus sisällyttää. Palopuron AS ei toimi yksin maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla, vaan esimerkiksi työ- ja elinkeinoministeriön alalla. Säädökset ja viranomaisehdot muodostavat järjestelmän, joka on syntynyt ja kehittyy totutun, "business as usual"- toiminnan tueksi ja hallinnoimiseksi. Siksi ei ole yllättävää, että AS:n muodostaminen kohtaa ristiriitaisia säädöksiä. Symbioosi tuo maa- ja metsätalousalueeksi kaavoitetulle alueelle maatilain tilakeskuksen yhteyteen esimerkiksi leipomon, joka ei ole hallinnollisessa mielessä perinteinen maataloudellinen toimija. Mahdollisten kaavamuutosten, poikkeuslupien tai muiden järjestelyjen vaatimaan aikaan on voitava varautua.

## Johtopäätökset

AS, agroekologinen symbioosi on maa- ja elintarviketaloudellinen teollinen symbioosi (*industrial symbiosis*). Se on kestävä biotalouden konsepti, joka tarjoaa ratkaisumallin kasvinravinteiden kierrätykselle yhtenä ekosysteemiperustaisen toiminnan kestävyuden välttämättömistä ehdoista. AS kierrättää tyypillisesti niin suuria määriä biomassoja, että se on myös energiaomavarainen tai jopa nettoenergiantuottaja. AS soveltuu hyvin lähiruokatuotannon konseptiksi, ja siltä voidaan odottaa myönteisiä maaseutu- ja aluetaloudellisia vaikutuksia, ja se tarjoaa edellytyksiä maaseudun ja kaupungin yhteyksien sosiaalisen kestävyuden kannalta tärkeälle vahvistamiselle. Palopuron AS-hanke etsii konkreettisia vastauksia moniin tämän hetken kysymyksiin biotaloudesta, kiertotaloudesta ja huoltovarmuudesta. Se myös tarjoaa mahdollisuuden kokonaisuuden ja sen osien tarkempaan analysointiin.

Tässä ja vastaavissa usean toimijan järjestelmien suunnittelussa alun haaste on vaihtoehtojen runsaus; symbioosin ydin ovat yksittäiset yritykset, joilla on oltava yhteinen tahtotila, sitoutuneisuus ja kyky ratkaista sopimus oikeudelliset seikat. Jokaiselle yritykselle on löydettävä lisäarvoa yhteisestä toiminnasta. Taloudellinen toteutettavuus on muilta osin hyvä, mutta nykyisellä teknologialla ja hinnoilla biokaasutuksen investoinnit ovat liian suuria yksin symbioosin osakkaiden kustannettaviksi: hajautettu bioenergian tuotanto vaatii liiketoimintamalleja, joissa esim. laitevalmistaja ja/tai energian jakeluyhtiö ovat mukana.

## Kirjallisuus

**Alfaro, J. & Miller, S. 2013.** Applying industrial symbiosis to smallholder farms. Modeling a case study in Liberia, West Africa. *Journal of Industrial Ecology* 18: 145-154.

**Chertow, M.R. 2000.** Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment* 25: 313-317.

**Graedel, T.E. 1996.** On the concept of industrial ecology. *Annual Review of Energy and Environment* 21: 69-98.

**Graedel, T.E. & Allenby, B.R. 1995.** *Industrial Ecology*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall. 412 pp.

**Haaranen, T., Laitinen, J. & Keto, A. 2015.** Ravinteet puhtaasti kierto. 5.10.2015 Sinisen biotalouden työpaja. SYKE & Luke. <http://www.metla.fi/tapahtumat/sininenbiotalous/workshop1/haaranen.pdf> (vierailtu 15.12.2015)

- Honkajoki Oy 2013.** Honkajoki Oy:n agroekologinen malli - toisen jäte on toisen raaka-aine. <http://www.honkajokioy.fi/artikkelit?issue=1> (Vierailtu 27.12.2015)
- Hyrkäs, M., Virkajärvi, P., Räty, M., Luostarinen, S. & Pyykkönen, V. 2014.** Biokaasulaitoksen jäännös ohran ja nurmen lannoitteena. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Viitattu [15.12.2015]. Julkaistu 9.1.2014. Saatavilla Internetissä: [www.smts.fi](http://www.smts.fi) (Hevoselanta tuottaa biokaasua). ISBN 978-951-9041-58-2.
- Kloppenborg, J., Hendrickson, J. & Stevenson, G.W. 1996.** Coming in to the Foodshed. Agriculture and Human Values 13: 33-42.
- Luonnonvarakeskus 2015.** Käytössä oleva maatalousmaa 2014 ELY-keskuksittain <http://stat.luke.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-2014.fi>. Viitattu [30.12.2015].
- McClintock, N. 2010.** Why farm the city? Theorizing urban agriculture through a lens of metabolic rift. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society 3: 191-207.
- Pyykkönen, V., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2013.** Maatilamittakaavan kokeiden tulokset. Julkaisussa: Biokaasuteknologiaa maataloilla I. Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi - käytännön kokemuksia MTT:n maatilakohtaiselta laitokselta. MTT Raportti 113. Toim. Sari Luostarinen. ISBN 978-952-487-481-6.
- Seppälä, A., Kässi, P., Lehtonen, H., Aro-Heinilä, E., Niemeläinen, O., Lehtonen, E., Höhn, J., Salo, T., Keskitalo, M., Nysand, M., Winquist, E., Luostarinen, S. & Paavola, T. 2014.** Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi. MTT Raportti 151. MTT.
- Sybimar Oy 2015.** Suljetun kierron konsepti. Integroitu vesiviljely ja bioenergian tuotanto. [http://www.sybimar.fi/tuotealueet/kokonaisratkaisut/suljetun\\_kierron\\_konsepti](http://www.sybimar.fi/tuotealueet/kokonaisratkaisut/suljetun_kierron_konsepti) (Vierailtu 27.12.2015)
- Tampio, E., Virkkunen, E., Heikkinen, P., Hietaranta, M. & Saastamoinen, M. 2014.** Hevoselanta tuottaa biokaasua. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Viitattu [15.12.2015]. Julkaistu 9.1.2014. Saatavilla Internetissä: [www.smts.fi](http://www.smts.fi) (Hevoselanta tuottaa biokaasua). ISBN 978-951-9041-58-2.
- Tuomisto, H. & Helenius, J. 2008.** Comparison of energy and greenhouse gas balances of biogas with other transport biofuel options based on domestic agricultural biomass in Finland. Agriculture and Food Science 17: 240-251.
- Winquist, E., Luostarinen, S., Kässi, P., Pyykkönen, V. & Regina, K. 2015.** Maatilojen biokaasulaitosten kannattavuus ja kasvihuonekaasujen päästövähennys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2015. Luke.