



Maria Åkerman<sup>a</sup>, Niko Humalisto<sup>b</sup>, Samuli Pitzen<sup>c</sup>

## Aineellisen politiikka kiertotaloudessa: lantaylijäämän mutkikas matka resurssiksi

### Material politics in circular economy: the complex transformation of manure surplus into a resource

Circular economy has become one of the key targets of environmental policy in Finland within the recent years. The models of circular economy introduce a transition from take-make-dispose economy to closed material loops but do not provide clear guidelines of how and by whom the transition is supposed to be made. In this article, we ask what we can learn of the broader societal tensions related to closing the material loops by studying individual circular economy pilots. Our analysis focuses on the struggle of one circular economy pioneering company in Finland to turn the manure surplus produced by intensive pig farming into a resource for fertiliser and energy production. We investigate the introduction of novel technologies including biogas production with anaerobic digestion as political technologies which rearrange the existing metabolic relations thus opening up new pathways for intensive animal production. At the same time, they also clash with various categorisations and technologies of governance which stabilise the existing status quo. These clashes manifest the underlying tensions of circular economy transition which do not articulate as open conflicts in public arenas. We claim, that to understand the multiplicity of potentially contested interests, solidarities and path dependencies included in the circular economy policies and actions, there is a need to carefully investigate the sociomaterial barriers and enablers that concrete circular economy projects encounter.

**Keywords:** circular economy, material politics, metabolic relations, pig farming, nutrient recycling, biogas

### Johdanto

Kiertotalous on termi, joka on 2010-luvulla levinnyt nopeasti ympäristöpolitiikan vakiosanastoon. Kiertotalouteen siirtyminen on viime vuosina nostettu keskeiseksi Euroopan Unionin politiikkatavoitteeksi, ja sen edistämiseksi on laadittu kiertotalouden toimenpideohjelma (European Commission 2014). Eurooppalaisessa keskustelussa

<sup>a</sup>Teknologian tutkimuskeskus VTT, maria.akerman@vtt.fi

<sup>b</sup>Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta, Itä-Suomen yliopisto, niko.humalisto@uef.fi

<sup>c</sup>Suomen ympäristökeskus, samuli.pitzen@ymparisto.fi

kiertotaloudesta on tullut termi, johon tiivistyy odotus kestävämmästä tulevaisuudesta ja mahdollisuudesta ratkaista ympäristöongelmat luopumatta taloudellisesta hyvinvoinnista (mm. Gregson *ym.* 2015; Lazarevic & Valve 2017). Aiheeseen on tartuttu myös Suomessa, missä Sitra on laatinut Suomelle tiekartan kohti kiertotaloutta (Sitra 2016; Sitra 2019). Kiertotalouden edistäminen on myös osa Suomen hallitusohjelmaa.

Yksinkertaistettuna kiertotalous tarkoittaa materiaalikierroltaan mahdollisimman suljettua taloutta, jossa hyödyntämättömiä tai haitallisia tuotannon ja kulutuksen sivuvirtoja ei enää synny, ja talouskasvu kytkeytyy irti neitseellisten materiaalien kulutuksen kasvusta. Kiertotalouden ideaalimallin mukaisesti toimivassa taloudessa lineaarisiin, luonnonvarat hyödykkeistä jätteiksi muuntaviin ota-käytä-hylkää -prosesseihin perustuva talousjärjestelmä muuttuu materiaaleja kierrättäväksi, jatkojalostavaksi ja uudistavaksi. (Ghisellini *ym.* 2016). Vaikka ajatus kuulostaa yksinkertaiselta, kiertotalous on sekä akateemisena terminä että poliittisena ohjelmana ristiriitainen ja monitulkintainen (mm. Lazarevic & Valve 2017; Korhonen *ym.* 2018; Schröder *ym.* 2019). Tämän vuoksi yhteiskuntatieteellisessä kiertotalouden tutkimuksessa on viime aikoina korostettu tarvetta kriittisesti arvioida sitä, minkälaisille narratiiveille ja oletuksille erilaiset kiertotaloutta edistävät politiikkaohjelmat rakentuvat (Gregson *ym.* 2015; Hacking 2018; Valkonen *ym.* 2019).

Kiertotalouspolitiikan tarjoamaa ratkaisumallia talouskasvun aiheuttamien ympäristöhaittojen torjuntaan on kyseenalaistettu myös väittämällä, että kiertotalouden ydin, sen lupaus talouskasvun ja ainevirtojen irtikytkemisestä, on harhaanjohtava. Kriitikin mukaan kiertotalouden mahdollisuudet kohdistuvat vain rajalliseen osaan globaalitalouden materiaaliavirroista, sillä merkittävä osa materiaaleista heikkenee laadullisesti tuotannossa niin, että niiden hyödyntäminen kiertotalousmallin mukaisesti uudestaan on äärimmäisen hankalaa ellei mahdotonta (Haas *ym.* 2015). De-growth -kriitikoiden mukaan kiertotalous on osa talouskasvuun juuttuneen ajattelun jatkumoa ja pahimmillaan käsitettä sovelletaan peittämääseen kasvuorientoituneen uusliberaalin markkinatalouden perustavanlaatuisia ongelmia (Fletcher & Rammelt 2017). Tämän kritiikin mukaan talousjärjestelmän läpi virtaavan materiaalin määrää on radikaalisti vähennettävä ennen kuin voidaan alkaa mielekkäällä tavalla puhua suljettujen materiaalkiertojen taloudesta (mm. Moreau *ym.* 2017). Perusongelmana on siis tuotannossa ja kulutuksessa syntyvä aineellinen ylijäämä, jonka poistamiseen kiertotalous tarjoaa ainoastaan rajallisia ratkaisumahdollisuuksia.

Artikkelimme tarkastelee empiirisen tapaustutkimuksen avulla kiertotalouden mahdollisuuksia aineellisen ylijäämän purkamisessa: kuinka ylijäämä syntyy sekä millaisiin hallinnollisiin kategorisointeihin, sektorirajojen jäykyyteen ja ainevirtojen muokkaamiseen liittyviin yllätyksiin kiertotalouden edistämiseen pyrkivät yrittäjät voivat törmätä. Rajoitteiden lisäksi olemme kiinnostuneita siitä, millä tavoin ongelmalliseksi muuttunutta ylijäämää voidaan muuntaa jälleen arvokkaaksi resurssiksi muokkaamalla tuotantotapoja, liiketoimintamalleja ja sosiaalisia vuorovaikutussuhteita kiertotalouden suuntaan. Pureutumalla aineellisen ylijäämän syntyyn ja sen muokkaamiseen haluamme katsoa, miltä käytännön kiertotalous abstraktien ideaalimallien ja politiikkaohjelmien takana näyttää.

Lähestymistapamme taustalla on halu ymmärtää syitä, joiden vuoksi kiertotalouspolitiikan toimeenpano etenee EU:ssa hitaasti vahvasta poliittisesta tahtotilasta huolimatta. Selityksiä siirtymän hitaudelle on etsitty muun muassa teknologisista esteistä (mm. Shahbazi *ym.* 2016; Pheifer 2017). Näiden lisäksi siirtymää kiertotalouteen jarruttavat kuitenkin myös erilaiset sosiokulttuuriset tekijät (Kirchher *ym.* 2018). Kiertotalouden liiketoimintaa tutkinut Vincent Moreau kollegoineen (Moreau *ym.* 2017) onkin korostanut vakiintuneiden institutionaalisten järjestysten merkitystä, ja kehottanut tutkijoita kiinnittämään huomiota muun muassa siihen, millä perustein valtion tuet kanavoituvat, kuinka tuotepolitiikkaa ohjataan tai toimintaa luvitetaan, ja kuinka nämä tekijät vaikuttavat kiertotaloustoiminnan mahdollistumiseen.

Institutionaalisiin järjestyksiin pureutuaksemme tarkastelemme artikkelissamme aineellisen ylijäämän syntyä ja sen purkamiseksi luotuja kiertotalouden teknologioita ja

liiketoimintamalleja paikka- ja kontekstisidonnaisena ilmiönä. Paikalliset aineen kanssa elämisen tavat ja yhteiskunnalliset instituutiot yhdessä muokkaavat sitä, millaiseksi kiertotalouden arvontuotannon mallit muotoutuvat (Lüdeke-Freund *ym.* 2019). Analyysimme kohteena on suomalaisessa kiertotalouskeskustelussa paljon huomiota saanut, nykyisin Gasumin omistama pioneeriyritys Biovakka, joka jalostaa lantaa biokaasuksi ja lannoitetuotteiksi keskittyneen sikatuotannon alueella Varsinais-Suomessa. Yrityksen perustamisen kimmokkeena noin kaksikymmentä vuotta sitten oli halu muuntaa paikallisen sikatalouden synnyttämä, ongelmia tuottava lantaylijäämä paremmin hyödynnettäväksi lannoitetuotteiksi aikana, jolloin valmiita malleja lannan jatkojalostamiseksi ei ollut tarjolla. Pioneerityönsä kautta yritys samalla etsi käytännön ratkaisuja Suomen hallituksen vuonna 2011 asettamaan tavoitteeseen tehdä Suomesta ravinnerierrätyksen mallimaa ja vähentää maataloudesta johtuvaa Itämeren ravinneruormitusta.

Biovakan tarina on polveileva sarja erilaisia teknologioita ja liiketoimintamalleihin liittyviä kokeiluja, aineen kanssa työskentelyn tuottamia yllätyksiä ja sopeutumisia muuntuviin tilanteisiin. Jäljittämme analyysissämme, kuinka Biovakan perustajat tekevät työtä eri areenoilla sen eteen, että lanta ravinne- ja energiapitoisena, kosteana, haisevana ja potentiaalisia haitta-aineita sisältävänä aineena voi saada uusia ominaisuuksina resurssina biokaasun tuotannossa tai ravinnerjalosteena maa- ja metsätaloudessa. Maantieteilijä Kersty Hobsonin (2016) mukaan tämän kaltainen kiertotalouden ”generatiivisten tilojen” tarkastelu on välttämätöntä, jotta voimme ymmärtää sitä radikaalia muutosta, johon lineaarisista suljettuihin kiertoihin siirtyminen toimijoilta vaatii.

Analyysimme päätavoitteena on luoda lisäymmärrystä siitä, minkälaisiin esteisiin vakiintuneiden metabolisten suhteiden (Law & Mol 2018) uudelleenjärjestely kiertotalouden mukaisiksi törmää. Tieteen ja teknologian tutkija Annemarie Molin ja John Law’n tavoin väitämme, että metabolisten suhteiden uudelleenjärjestelyä tutkimalla on mahdollista paljastaa inhimillistä yhteiseloa määrittäviä, fyysiseen toimintaympäristöön kiinnittyneitä *aineellisia järjestyksiä*, jotka yhdistävät ja erottavat ihmisiä, tiloja ja ajallisia jatkumoit. Nämä järjestykset paljastuvat törmäyksissä ja esteissä, joita vakiintuneiden metabolisten suhteiden uudelleen organisointi tuottaa (Law & Mol 2008). Metabolisten suhteiden muutoksia tarkastelemalla pääsee näin kiinni myös kiertotalouden mahdollisuuksia määrittäviin institutionaalsiin järjestyksiin ja sellaisiin kiertotaloussiiirtymään liittyviin yhteiskunnallisiin jännitteisiin, jotka eivät artikuloidu kielellisiksi konflikteiksi perinteisillä poliittisten kamppailujen areenoilla.

Analyysimme tuo uuden näkökulman kiertotaloutta edistävien teknologisten ratkaisujen ja niiden avulla toteutetun metabolisten suhteiden uudelleenjärjestelyn poliittisuuteen. Se tapahtuu vastaamalla seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaisiin aineellisiin järjestyksiin toimijat törmäävät, kun he arjessaan lähtevät hakemaan uusia ratkaisuja kiertotalouden peruskysymykseen, ylijäämisten materiaalien muuntamiseen resurssiksi?
2. Mitä yhteiskunnallisen uudelleenjärjestelyn ja ennallaan pitämisen tavoitteita ja jännitteitä näissä törmäyksissä paljastuu?

## Lantaylijäämän ja ravinneresurssin syntyä jäljittämässä

Yksi nykyisen kiertotalousajattelun taustalla olevista teoriaperinteistä on teollinen ekologia, joka etsii ekosysteemeistä malleja talouden tuotannon järjestämiseen niin, että yhden prosessin jätteet ja sivuvirrat ovat saumattomasti resurssieja toisissa prosesseissa (mm. Paquin *ym.* 2015). Ekosysteemeistä mallia ottavan, biologisia vuorovaikutussuhteita ja ainevirtojen materia- ja energiasisältöjä korostavan ”yhden jäte on toisen organismin ruoka” -ajattelun suora soveltaminen yhteiskunnallisen metabolian uudelleenjärjestelyyn

on kuitenkin mahdotonta, sillä suuri osa tuotannon sivuvirroista ei ole suoraan hyödynnettävissä resurssina, tai niiden laatu heikkenee tavalla, joka tekee uudelleen hyödyntämisestä äärimmäisen hankalaa (Haas *ym.* 2015; Moreau *ym.* 2017). Aineiden ominaisuuksiin liittyvien esteiden lisäksi kiertotalouden toteutumista jarruttavat myös muut aineiden arvoa määrittävät tekijät. Ympäristötaloustieteilijät ovat huomauttaneet, että lineaarisesti toimiva talous hyödyntää ympäristöä varsin alhaisilla kustannuksilla jätteensijoituksessa ja käsittelyssä. Tästä seuraa huomattavaa kilpailuetua suhteessa merkittäviä jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyn työpanoksia vaativaan kiertotaloustoimintaan (Georgescu-Roegen 2011; Jackson 2011).

Yhteiskuntatieteellinen jätetutkimus on viime vuosina lisännyt ymmärrystä jätteen ja resurssin käsitteiden relationaalisuudesta (mm. Valkonen *ym.* 2019). Aineiden jätteisyys ei ole olemuksellista, vaan määrittänyt suhteessa ympärillä oleviin muihin aineisiin, teknologioihin ja kykyihin (Moore 2012). Tämän vuoksi kiertotaloussiirtymän mahdollisuuksien ymmärtäminen edellyttää systeemitason kiertotalousmallien lisäksi myös paneutumista niihin paikantuneisiin käytäntöihin, joissa ylijäämä ja resurssi syntyvät. Kiertotaloutta laajoina systeeminä muutoksina tarkastelevan tutkimuksen rinnalla tarvitaan myös tutkimusta, joka paneutuu erityisempiin, yksilöityihin ja paikkaspesifeihin tapoihin elää ja työskennellä aineen kanssa (mm. Hobson 2016; Korhonen *ym.* 2018; Lüdeke-Freund *ym.* 2019; Moreau *ym.* 2017; Valkonen *ym.* 2019). Jättemateriaalien kanssa toimiminen ei perustu vain ylhäältä johdettuun managerialistiseen vaan myös affektiiviseen, arjen käytännöissä muotoutuvaan suhteeseen, haluun pitää huolta niin tuotannosta kuin sen synnyttämästä ylijäämästä (mm. Krzywoszyńska 2015; Ureta 2016; Kinnunen 2017).

Biovakkaa koskevan analyysimme tavoitteena on lisätä olemassa olevaan keskusteluun ymmärrystä siitä, kuinka kiertotaloutta tuotetaan paikantuneissa aineen kanssa elämisen käytännöissä, vuorovaikutuksessa kulttuuristen käytäntöjen ja institutionaalisten järjestysten kanssa. Pyrimme tähän valottamalla, kuinka lanta kvalifioituu (Çalışkan & Callon 2010) ylijäämästä resurssiksi osana monimuotoista metabolisten suhteiden ja niitä mahdollistavien kytkösten (ks. Law & Mol 2008) uudelleenjärjestelyä. Tarkoitamme metabolisella suhteella tilaa, jossa aineen ominaisuudet tulevat muille toimijoille tavalla tai toisella hyödynnettäväksi. Analyysimme pohjana on Biovakan historiaa kartoittanut etnografinen aineiston keruu, jonka avulla olemme jäljittäneet Biovakan perustajien lantaresurssin tekemiseen liittyvää työtä ja kokeilemalla etenevää kehittämistä yrityksen alkumetreiltä aina sen myyntiin valtiomisteiselle kaasuyhtiö Gasumille (2002–2016). Tunnistimme metabolisten suhteiden muutoksia kartoittamalla lantakäytäntöjä – muokkaamista, siirtelyä, yhdistelyä uusiin ainevirtoihin, vaikuttamista lannoitekäyttöä ohjaaviin standardeihin ja monia muita tapoja – joiden avulla toimijat pyrkivät mahdollistamaan lannan energia- ja ravinnesisällön arvon hyödyntämisen biokaasu- ja lannoitetuotannossa.

Uudenlaisia metabolisia kytköksiä voidaan luoda monien, keskenään hyvin erityyppisten keinojen avulla. Keskeiseksi saattavat nousta materiaalin prosessoinnin mahdollistavat teknologiat (mm. Law & Mol 2008), aineen käsittelyä ja hyödyntämistä ohjaavaan sääntelyyn ja tukemiseen liittyvät hallinnan teknologiat ja kategorisoinnit (Bowker & Star 1999) sekä uudenlaisen arvonluonnin mahdollistavat liiketoimintamallit (Lüdeke-Freund *ym.* 2019). Olennaista on ymmärtää, että metabolisten kytkösten muokkaaminen muuntaa aina kokonaisuutta tavalla, joka ei ole toimijoiden hallittavissa. Tämän vuoksi analysoimme lannan resurssiksi tekemisen tarinaa emergenttina prosessina, kokeilujen ja koettelujen uutta luovana sarjana, jossa uudet kytkökset törmäävät toimintaa mahdollistaviin ja rajoittaviin, luonnollistuneisiin rakenteisiin, normeihin ja toimintatapoihin. Näissä törmäyksissä paljastuu kiertotaloussiirtymään liittyviä yhteiskunnallisia jännitteitä, jotka usein jäävät kiertotaloutta koskevissa politiikkaohjelmissa taustalle. John Law'n ja Annemarie Molin mukaan juuri tämän kaltainen artikuloituminen tekee metabolisia suhteita muuntavista teknologioista poliittisia. Koska aineellisen politiikka on mykkää eikä ilmene puheena julkisilla areenoilla vaan objektien ja ainevirtojen kykynä yhdistää

ja tuottaa erottelujä (ks. myös Peltola & Åkerman 2012; Barry 2013), jää metabolisiin uudelleen järjestelyihin liittyvien jännitteiden ja rajanvetojen artikulointi tutkijan tehtäväksi (Law & Mol 2008).

Biovakkaa koskevan tapaustutkimuksemme taustalla on lannan ravinteiden kierrätystä Suomessa vuosina 2014–2018 kartoittanut etnografinen aineistonkeruu, jonka perusteella tunnistimme Biovakan merkittäväksi suomalaiseksi lannan ravinteiden kierrätystä edistäneeksi pioneeritoimijaksi. Kohdentuneesti Biovakan historiaan pureutuva aineisto koostuu 14 asiantuntijahaastattelusta, jotka on tehty vuosien 2015–2018 aikana. Saadaksemme monipuolisen kuvan Biovakan toiminnasta valitsimme haastateltavaksi henkilöitä, jotka olivat kytköksissä Biovakaan eri tavoin. Haastatelimme sekä yrityksen perustajia ja työntekijöitä, että heidän yhteistyökumppaneitaan, valvovia viranomaisia ja saman toimialan kilpailijoita. Koska kyseessä olivat kohdentuneet asiantuntijahaastattelut (Alastalo & Åkerman 2010; Alastalo *ym.* 2018), räätälöimme haastattelurungon haastateltavan asiantuntemusalueen mukaiseksi.

Jotta pääsimme haastatteluaineiston avulla käsiksi myös lannan aineellisuuteen, kohdensimme kysymyksiä erityisesti siihen, millä tavoin lannan ominaisuudet erilaisissa ympäristöissä ja suhteessa erilaisiin teknologioihin ja arvonluontimalleihin määrittivät Biovakan kehitystyötä. Haastateltujen joukossa oli myös Biovakan kanssa yhteistyötä tehneitä lannan ravinnekierrosta ja anaerobisen mädätyksen sekä mädätysjäätännöksen käsittelyn asiantuntijoita. Varsinaisena analyysin primääriaineistona olemme tässä artikkelissa hyödyntäneet 1–2 tuntia kestäneitä, nauhoitettuja ja litteroituja haastatteluita. Lisäksi olemme hyödyntäneet tausta-aineistona laajemman tutkimushankkeen tueksi kerättyjä Biovakan esittelymateriaaleja, laitosta koskevaa media-aineistoa (nettisivut, Youtube-esittelyt, uutisartikkeleita), ympäristölupadokumentteja ja laitospöytäkirjoita tehtyjä kenttämuistiinpanoja. Koska tapaustutkimus on rajattu ja toimiala pieni, emme käytä artikkelin haastatteluaineistossa haastateltavan asemaan tai taustaan liittyviä tunnustietoja haastateltavien anonymiteetin takaamiseksi (mm. Alastalo & Åkerman 2010).

Aineiston analyysin pohjana on laadullinen sisällönanalyysi, jonka ensimmäisessä vaiheessa rakensimme narratiivin siitä, millä tavoin laitoksen perustajat olivat ratkoneet lannan käsittelyn ja sen kanssa elämisen ongelmia Biovakan historian eri vaiheissa. Analyysin toisessa vaiheessa identifioimme narratiivista neljä käännekohtaa, joissa lanta joko aiheutti häiriötä olemassa olevassa suhdeverkossa ja tuuppasi etsimään uudenlaisia ratkaisuja ylijäämäisyyteen tai onnistuttiin uudenlaisten teknologioiden, liiketoimintamallin kehittämisen tai poliittisen vaikuttamisen avulla kytkemään resurssina uudenlaisiin metabolisiin suhteisiin. Analyysin kolmannessa vaiheessa tarkastelimme kohdennetummin metabolisten suhteiden muutoksiin liittyviä yhteiskunnallisia jännitteitä ja törmäyksiä, ja erittelimme kuinka lanta aineena sekä erilaiset hallinnolliset kategorisoinnit määrittivät lannan energia- ja ravinneominaisuuksiin perustuvaa arvonluontia ja hyödyntämistä kiertotalouden liiketoiminnassa.

### **Taustaa: lannan merkitys eläin- ja kasvi tuotannon metaboliassa**

Suomen lainsäädännössä lantaa ei ole määritelty jätteeksi. Tästä huolimatta lanta saattaa tietyissä olosuhteissa alkaa tuottaa sen kaltaisia häiriöitä ekologiseen järjestelmään ja sosiaalisiin suhteisiin, että se alkaa näyttäytyä paikallisesti ongelmallisena jätteenä. Lannan merkitys maatalouden metaboliassa on vaihdellut runsaasti eri aikoina riippuen maataloustuotannon rakenteista ja käytännöistä. Perinteiseen maatalouteen Suomessa kuului kaskeaminen, jossa metsää polttamalla edistettiin maan viljelykelpoisuutta. Yhdestä kaskesta saatiin kuitenkin vain muutama sato, minkä jälkeen maata käytettiin yleensä ahona ja viljely siirrettiin uuteen kaskeeseen (Pykälä 2001). Kotieläintalouden vakiintuminen ja lannan käyttö lannoitteena mahdollisti osaltaan peltojen jatkuvan viljelyn ja teki lannasta tärkeän kasvinviljelyn tuottavuutta parantavan resurssin.

Siinä missä perinteisessä maataloudessa oli pulaa ravinteista, on nykyaikaisen maatalouden ongelmana se, että lannasta ja sen ravinteista on joillain aluilla ylitarjontaa (Kauppila *ym.* 2017; Pykälä 2001). Maataloustuotannon tehostuminen on johtanut maatilojen kasvuun ja erilaistumiseen. Edullisten väkilannoitteiden vuoksi kasvintuotanto ei enää ole riippuvaista lannan ravinteista. Rakennemuutoksen myötä karjatalouden keskittyminen on johtanut alueellisiin lannantuotannon keskittymiin (Ylivainio *ym.* 2015). Samaan aikaan toisilla alueilla lantaa ja ravinteita voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän. Lannan tuotannon ja fosforin tarpeen välillä vallitsee siis alueellinen epätasapaino (Ylivainio *ym.* 2015). Perinteisen maatalouden tiivis metabolinen yhteys eläin- ja kasvituotannon välillä on näin ollen väkilannoitteiden ja maatalouden rakennemuutoksen myötä murtunut.

Lannan arvo kasvintuotannossa tulee pääasiassa sen sisältämistä kasvien kasvulle välttämättömistä ravinteista. Näistä keskeisimpiä ovat typpi ja fosfori. Ravinteiden lisäksi lannalla on muiden orgaanisten aineiden vuoksi myös maaperän tilaa, pellon hiilensidontakapasiteettia sekä sen vesitaloutta parantava merkitys (Loveland & Webb 2003; Heikkinen *ym.* 2013). Suomessa orgaanisen aineksen määrä pelloilla on vähentynyt tasaisesti vuosien 1974 ja 2009 välillä (Heikkinen *ym.* 2013), mikä puoltaisi lannan lannoitekäytön lisäämistä. Lannan tehokkaampi hyödyntäminen prosessoituna lannoitteena mahdollistaisi epäorgaanisen lannoitefosforin käytön vähentämisen (Luostarinen *ym.* 2011). Perustetta lantafosforin kierrätykselle antaa myös huoli fosforin primäärivarantojen riittävydestä (Lemola *ym.* 2015). Lisäksi lanta sisältää kasvien tarvitsemää typpeä. Typen kierrätys on tärkeää siksi, että typpilannoitteiden tuottaminen on hyvin energiantensiivistä.

Lannan alueittainen ylijäämäisyys liittyy muun muassa sen fosforipitoisuuteen. Maaperään on joillain alueilla kertynyt vuosien saatossa fosforia runsaasta lannoittamisesta johtuen, ja lannan peltolevitys lisää tällaisessa tilanteessa ravinnehuuhtoumien riskiä ja tätä kautta vesistöjen rehevöitymistä (Ylivainio *ym.* 2015; Marttinen *ym.* 2017). Maatalous on yksi huomattavimmista ihmisen aiheuttamista fosforikuormituksen lähteistä Suomessa, vaikkakin arviot sen osuudesta kokonaiskuormituksessa vaihtelevat. Kuormituksen hillitseminen on toiminut kimmokkeena myös siinä, että Suomessa on 2010-luvulla käynnistetty poliittisia ohjelmia lannan ravinnekierrätyksen edistämiseksi.

## Analyyysi & tulokset

### *Haju ja peltojen fosforikertymät paljastavat Vehmaan lantaylijäämän*

Biokaasua ja kierrätysravinteita vuodesta 2005 lähtien tuottanut Biovakka sijaitsee Lounais-Suomessa, Vehmaan kunnassa. Kuntaa luonnehtivat järvet sekä Itämeren läheisyys, ja se sijaitsee keskellä yhtä Suomen merkittävimmistä sikatalouskeskittymistä. Vehmaalla on 30 000 sikaa ja Suomen suurin sikatiheys, keskimäärin 156 sikaa jokaiselle kunnan neliökilometrille. 1990-luvulle tultaessa alueella alkoi näkyä vahvoja merkkejä siitä, että intensiivisen sikatalouden sivutuotteena syntyvät lantakertymät tuottavat häiriöitä paikalliseen yhteisöön ja maatalouden ja peltojen väliseen metaboliaan. Häiriöiden synty oli vahvasti sidottu paikallisen maatalouden historiaan ja paikallisiin olosuhteisiin.

*”Toisessa muistutuksessa vastustetaan banketta mm. siksi, että Vehmaalla toimii jo tällä hetkellä useita samankokoisia sikaloita ja niistä aiheutuvat hajubaitat ja ympäristökuormitukset ovat pilaamassa Vehmaan ympäristökuntineen täysin.”* (Ympäristölupapäätös nro 4 YLO-2005-Y-750-131)

Ensimmäinen lantaylijäämän ilmenemisen merkki Vehmaalla oli haju, joka syntyy viljelijöiden levittäessä käsittelemätöntä lantaa pelloille ravinteeksi ja maanparannusaineeksi. Haastattelemamme virkamies toteaa puoliksi vitsaillen, puoliksi vakavissaan, että Vehmaan kunnan rajaa merkkasi sianlannan käry. Lannan haju vaivasi erityisesti asukkaita, jotka eivät itse olleet maataloustuottajia, ja naapureiden tyytymättömyys alkoi näkyä muun muassa

eläinsuojien ympäristölupia koskevissa käsittelyissä, kuten yllä olevasta ympäristölupa-asiakirjasta ilmenee. Kiristynyt tilanne huoletti paikallisia maatalousyrittäjiä, jotka olivat perinteisesti levittäneet sian lietalannan joko omille tai lähinaapuruston pelloille.

Lannalla on useita ominaisuuksia, jotka heikentävät sen kilpailukykyä suhteessa mineraalilannoitteisiin ja hankaloittivat Vehmaalle kertyneen lannan ravinnearvojen hyödyntämistä peltoviljelyssä. Lanta ei ole ravinteena yhtä ravinnerikas tai helppokäyttöinen varastoitava ja levitettävä kuin väkilannoitteet. Lannan käyttö lannoitteena vaatii viljelijöiden välistä yhteistoimintaa, kuljetus- ja levityskalustoa sekä etäsäiliöitä, jotta se voidaan levittää kasvien ravinnetarpeiden suhteen oikeaan aikaan ja paikkaan. Perinteinen metabolinen kytkös sikatalouden ja peltoviljelyn välillä siis rakoili tilanteessa, jossa ravinteet saadaan helpommin ja kustannustehokkaammin väkilannoitteista.

*”Se ensimmäinen lähtökohhta oli siinä, että piti saada ravinteita pois Vehmaan alueelta, koska siellä on fosforia aivan liikaa ja näiden 20–22 omistajan tarkoituksena oli..... saada, että he ei pysty sillä alueella levittämään niitä lantoja pelloille ja niitten, rahtaaminen kauemmaksi on täysin kannattamatonta.”*

Lannan peltolevitys alkoi olla uhattuna myös paikallisiin savimaihin historian kuluessa kertyneen fosforin vuoksi. Tämä johtui lannan levitystä säätelevän Euroopan unionin ympäristökorvausjärjestelmän ehdoista. Järjestelmä määrittelee levitettävien ravinteiden enimmäismäärät. Monille tiloille tärkeänä tulonlähteenä toimivan ympäristökorvauksen mukaan lantaa ei saa levittää pelloille, joiden fosforitila on korkea, ja määräystä vastoin toimiminen voi aiheuttaa ympäristökorvauksen maksamatta jättämisen (Kauppila *ym.* 2017). Sikayrittäjien keskuudessa alkoi kummuta epäilyjä siitä, että lantaa kertyy alueelle enemmän kuin pelloille voi tulevaisuudessa levittää menettämättä ympäristökorvausjärjestelmästä saatavia etuja.

*”Joo, kun se sikatuotantoalue, se on tiivis alue siellä. Vakka-Suomessa se tilanne on ollu se että sille fosforille ei oo ihan niin paljon käyttöä kun ne pellot on jo aika täynnä sitä.”*

Vehmaan lantaylijäämä syntyi ja paljastui näin vähitellen lannan hajun ja fosforipitoisuuden, paikallisten peltöjen ominaisuuksien ja sikatuotannon intensiivisyyden yhteisvaikutuksesta. Kuten yllä oleva haastatteluote ilmentää, kaikelle paikallisessa sikatuotannossa syntyvälle lannalle ei ollut käyttöä alueen kasvin- ja eläintuotannon välisessä aineenvaihdunnassa. Maatalouden ravinnekuormitusta sääntelevä ympäristökorvausjärjestelmä puolestaan asetti ehtoja lannan hyödyntämiselle, ja siitä poikkeaminen olisi saattanut aiheuttaa ympäristötukien ja sitä kautta tulon menetyksiä. Näihin ylijäämää tuottaviin suhteisiin paikalliset viljelijät eivät voineet omilla toimillaan vaikuttaa – lukuun ottamatta sikatalouden volyymin, mitä paikalliset tuottajat eivät nostaneet esille ratkaisuna. Kyse oli – ja on edelleen – elinkeinon jatkuvuudesta kiristävillä elintarvikemarkkinoilla.

### **Lannan metabolisten kytkösten laajentaminen: kuljetettavuus & biokaasu**

*”Niin se logistiikkaongelma oli se, logistiikkaongelma ja haju. Ne oli ne mitkä oli se ajuri, mikä meidät laitti sillon liikkeelle. Sit tavallaan se, et meil oli jo sillon haavekuva siitä, et meidän täytyy puhdas vesi saada siit pois ja väkevämmäks se ravinnetuote.”*

Koska Vehmaan lantaylijäämä oli paikallinen, yksinkertainen ratkaisu sen purkamiseksi olisi ollut metabolisten kytkösten maantieteellinen laajentaminen eli lannan kuljetus pois intensiivisen sikatalouden keskittymästä ja levittäminen toisaalla, missä ravinteille on tarvetta. Sian lietalannan liikuttaminen on kuitenkin kallista ja aikavievää. Ratkaisua vastaan nousivat lannan aineelliset ominaisuudet. Sianlanta on vetistä, ravinnepitoisuudeltaan alhaista, mahdollisia epäpuhtauksia sisältävää, haisevaa materiaalia. Siten lannan käyttö

ravinnetuotteena voi vaatia viljelijöiltä suuria ponnisteluja ja aiheuttaa kustannuksia siinä missä viljelykasveille räätälöidyt väkilannoitteet eivät edellytä vastaavaa panostusta.

Kaikista lannan ylijäämäisyyttä tuottavista tekijöistä lannan koostumus oli kuitenkin se asia, johon paikalliset viljelijät pystyivät puuttumaan. Edellä olevassa sitaatissa nousee esiin ylijäämän purkua koskeva haave, että veden erottaminen lannasta tulisi mahdolliseksi ja lopputuloksena syntyisi raakalantaa väkevämpi ravinnetuote, jota olisi taloudellisesti mielekästä kuljettaa pidempiäkin matkoja. Lannan fosforin ja typen ravinnearvoon hyödyntäminen lannoitteena Vehmaan lähialueen ulkopuolella edellytti uusien liiketoimintamallien kehittämistä. Tähän työhön tarttui vuosituhannen vaihteessa paikallinen sikatilallinen, joka yhdessä alueellisen kehitysyrityksen työntekijän kanssa alkoi etsiä vaihtoehtoja lannan jalostukseen.

Ratkaisuja etsittiin muun muassa kompostoinnista, joka parantaisi lannan käyttöä ravinteena muuntamalla lannan eloperäisen aineksen kasveille käyttökelpoiseen muotoon vähentäisi hajuhaittoja. Samaan aikaan ongelmaan tarttuneet pioneerit kartoittivat muualla hyödynnettyjä lannan jatkojalostuksen malleja. Kaksikko kiinnostui Keski-Euroopasta löytämästään toimintamallista, jossa sikatilalliset perustavat yhteisen, keskitetyn biokaasuvoimalan. Biokaasuratkaisu ottaa resurssikäyttöön lannan energiapitoisuuden – ominaisuuden, joka jää hyödyntämättä suorassa peltolevityksessä ja kompostoinnissa. Anaerobiseen mädätykseen perustuvassa biokaasun tuotannossa lannan orgaaninen aines muuntuu metaaniksi ja typpi ja fosfori jäävät mädätysjäätöksi. Lisäksi biokaasulaitoksen mädätysprosessi lisää lannan liukoisien typen määrää, ja parantaa lannan lannoiteominaisuuksia myös tappamalla rikkakasvin siemeniä ja poistamalla hajuhaittoja. Mikäli biokaasulaitoksen yhteyteen asennetaan fosforirikkaan kiinteän ja typpirikkaan nestemäisen jakeen erittelevä separointilaitteisto, mahdollistaa biokaasulaitos lannan ravinteiden hyödyntämistä täsmällisemmin pelloilla, joilla on erilaisia lannoitetarpeita.

Alueellinen, sianlantaa syötteenään käyttävä ja lannan ravinteiden jalostamiseen tähtäävä biokaasulaitos oli ratkaisuna Suomessa urauurtava. Sen avulla paikallinen lantakertymä ja jatkuva lannan tuotanto muuntui ongelmasta uudenlaiseksi liiketoimintamahdollisuudeksi. Biokaasulaitoksessa lanta toimisi sekä lannoitteen jalostamisen että energian tuotannon resurssina. Pioneerit näkivät, että laitoksen syötteen sekä mädätysjäätöksen virtojen hallinta vaati alueellista yhteistyötä, koska valittu teknologia tulisi kannattavaksi vain suuremmissa mittakaavassa ja biokaasulaitoksen mädätysprosessi hyötyy tasaisesta ja jatkuvasta materiaalivirrasta. Paikallisten sikatilallisten mobilisoinnin kulmakivenä oli kyky luoda laitokselle sellainen toimintamalli (logistiikka, varastointi, mädätysprosessi, tulonjako, mädätysjäätöksen käsittely), joka tarjoaisi mukaan tuleville osallisille mielekkään, uskottavan ja taloudellisesti kannattavan tavan päästä eroon lantaylijäämästä. Sitkeän selvitystyön, kampanjoinnin ja neuvottelujen sarjan jälkeen perustajat sai kootua yhteen 20 toimijaa, jotka lähtivät perustamaan yhdessä lannan käsittelyyn erikoistunutta biokaasulaitosta.

Biovakan biokaasulaitos käynnistettiin vuonna 2005 keskellä Vehmaan sikatuotantoaluetta. Sijainti optimoitiin suhteessa lietalannan kuljetettavuuteen, ja laitoksen toimintaa pidettiin lannan jalostuksen kannalta lupaavana. Vaikka biokaasuvoimala on energiantuotannon yksikkö, laitoksen perustamisen päämotivaationa oli edelleen lannan ravinnekäytön kehittäminen. Biokaasulaitos ei poista ravinneylijäämää, mutta Biovakan perustajat uskoivat, että keskitetty ratkaisu mahdollistaisi investoinnit lannan jalostamiseksi niin, että sen hyödyntäminen olisi jatkossa mahdollista peltojen ja ympäristökorvausjärjestelmän asettamien rajojen puitteissa. Samalla biokaasulaitoksen liiketoimintamalli tukisi kasvuorientoituneen, intensiivisen sikatalouden tulevaisuutta. Metabolinen kytkös energiantuotantoon toi kuitenkin pian mukanaan yllätyksiä, joiden vuoksi Biovakan perustajat joutuivat uudistamaan laitoksen toiminnan konseptia ja etsimään uusia arvonluontimalleja.



### Paradoksi: ylijäämästä entistä suurempaan ylijäämään

Jotta Vehmaan lantaylijäämän ratkaisu onnistuisi perustetun biokaasulaitoksen avulla, laitoksen johdon tuli varmistaa sen kannattavuus ja kilpailukyky energiantuotannossa. Kytkös energiantuotantoon asetti näin lannan uudenlaiseen kilpailuasetelmaan resurssina. Biofysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta sikatiloilla kertyvä lanta on periaatteessa erinomainen syöte biokaasureaktoriin. Sitä kertyy tasaisesti, se on valmiiksi nestemäistä ja tasalaatuista ja lisäksi sen sisältämät materiaalit ruokkivat reaktorissa tarpeellista bakteerikantaa. Biokaasuyrittäjä kuvaa lannan ja mädätysprosessin harmonista suhdetta seuraavasti:

*”Lanta bellii (mädätysprosessin pöppöjä), on se ihmisperäinen, kotieläinperäinen tai mikä tahansa, niin se, koska siel tulee mahdollisimman laaja kirjo ravinteita mukana.”*

Nämä ominaisuudet eivät kuitenkaan riitä tekemään lannasta biokaasulaitokselle liiketaloudellisesti toimivaa syötettä. Sian lietelannassa on orgaanista ainetta suhteessa tilavuuteen niukalti. Siksi lanta tuottaa mädätysprosessissa biokaasua vähemmän verrattuna moniin muihin orgaanisiin materiaaleihin kuten biojätteisiin tai peltobiomassoihin. Biovakan perustajat huomasivat nopeasti, että laitoksen kannattavuus edellytti myös muiden syötteiden kuin lannan hyödyntämistä. Tähän suuntaan ajoi ensisijaisesti se seikka, että lannasta ei voinut periä jätteiden käsittelystä maksettavaa porttimaksua samalla tavalla kuin virallisella jätestatuksella olevista biomassoista jätteenkäsittelylaitoksissa peritään

Suuri osa Suomen biokaasutuotannosta perustuu toistaiseksi niin kutsuttujen porttimaksullisten, jätteidenkäsittelytuloja kerryttävien jätteiden vastaanottamiseen. Vaikka lantaylijäämän voi tulkita kokemuksellisesti aiheuttamiensa haittojen vuoksi Vehmaalla jätemäiseksi materiaaliksi, se ei ole Suomessa hallinnollisesti jäte. Porttimaksuja kerryttäviä jätevirtoja ovat muun muassa erilliskerätty biojäte, erilaiset teollisuuden sivuainevirrat ja yhdyskuntajätevesiliete. Lannalta porttimaksua on hankala periä, koska viljelijät mieluummin levittävät lannan maksuttomasti pelloille; tai jopa raivaavat mieluummin lisää peltopinta-alaa levitykselle. Mahdollistaakseen laitoksen kannattavuuden ja lannan prosessoinnin jatkumisen Biovakan perustajat alkoivat aktiivisesti etsiä porttimaksullisia orgaanisia jätteitä. Entisen työntekijän mukaan jätemaksut kasvoivat niin merkittävään rooliin, että ne muodostivat yli 90 % laitoksen tuotoista.

Jätepainotuksesta huolimatta yritys ei hylännyt päätavoitettaan, paikallisen lantaylijäämän purkamista. Jotta lannan ravinteiden jatkojalostus lannoitetuotteeksi ei vaarantuisi, Vehmaan laitos haluttiin pitää puhtaana maatalouden käyttöön huonosti soveltuvista syötteistä kuten jätevesilietteistä. Tämän vuoksi Biovaka perusti vuonna 2007 uuden laitoksen Turkuun, jonne jätevesipuhdistamolietteet ohjattiin. Turun laitoksen tuotto mahdollisti lannan prosessoinnin jatkokehittämisen. Vehmaan laitoksella puolestaan etsittiin syötteitä muun muassa elintarviketeollisuudesta.

Porttimaksullisten jätevirtojen vastaanottaminen yhtäältä vahvisti Biovakan laitosta ja toisaalta teki sen hauraammaksi. Tuotannon käynnistyminen aiheutti yllättäviä hajuhaittoja, jotka syntyivät arvaamattomassa biologisessa mädätysprosessissa. Toistuvat hajuongelmat vaaransivat laitoksen ympäristöluvan. Vielä hajuhaittojakin merkittävämpi haurastumisen aiheuttaja oli kuitenkin se, että laajamittainen orgaanisten jätteiden kuljetus Biovakan biokaasulaitokselle johti paradoksaalisesti alueellisen ravinnekeskittymän kasvuun ja alkuperäisen ylijäämäongelman voimistumiseen.

Syötepuolen vakiintuminen ja liiketaloudellisen kestävyuden turvaaminen eivät siis johtaneet alkuperäisen ylijäämäisyyden suoraviivaiseen purkautumiseen. Biovakalla oli enemmän ravinteita käsiteltävänä ja sitä myötä suurempi massa mädätysjäännöstä, jonka jatkojalostus pohjaa fosforipitoisen kuivajakeen ja typpipitoisen rejektiveden erottamiseen ja käsittelyyn. Vaikka Biovakan mädätys- ja ravinnejalostusprosessi paransi lannan

käyttökelpoisuutta lannoitteena sekä vähensi sen hajuhaittoja, halukkaita vastaanottajia jalosteille oli kuitenkin niukalti. Viljelijöiden näkökulmasta mineraalilannoitteet olivat edullisia ja käytettävyydeltään silti mädätysjäännöstä helpompia. Kytkeytyminen jätesektorille osoittautui lisäksi vaivalloiseksi. Uutena ja syrjässä jätevirroista olevana toimijana Biovakalla oli vaikeuksia hankkia riittävästi porttimaksullisia syötteitä. Biovakka huomasi ajautuneensa hintakilpailuun, joka takasi jäteresurssien saannin, mutta painoi liiketoiminnan vain niukasti positiiviseksi.

Ylijäämäisyyden purkua rajoittivat syötepuolen lisäksi myös hallinnolliset esteet, jotka katkaisivat mädätysjäännöksestä kehitetyn ravinnetuotteen tien lannoitemarkkinoille. Biovakan prosessissa tuotetuilla ravinnetuotteilla ei ollut elintarvikeviranomaisten myöntämää tyyppinimikettä, joka olisi mahdollistanut niiden käytön lannoitteena ruuan tuotannossa. Elintarvikevalvontaviranomaisten myöntämä tyyppinimi on edellytys sille, että lannoitevalmisteen voi tuoda Suomessa lannoitemarkkinoille. Raakalannan käyttö lannoitukseen on sallittua, mutta prosessoitu tuote olisi tarvinnut hyväksynnän, ja Biovakan perustajat joutuivat käyttämään paljon resursseja tyyppinimen hankkimiseksi.

### *Yhteys paikalliseen sikatalouteen löystyy*

Vakiinnutettuaan toimintamallinsa porttimaksullisten syötteiden ja lannan yhteiskäytön varaan Biovakan perustajat törmäsivät uudenlaisiin toimintaa uhkaaviin ongelmiin. Biovakan oli ratkaistava, mitä se tekee jättemateriaalien myötä kasvaneille mädätysjäännöksille, ja kuinka se saa ne sovitettua osaksi erilaisia jätteenkäsittelyn, maanviljelyn ja viherrakentamisen ainevirtoja. Merkittävän takaiskun aiheutti valtiollinen tukijärjestelmä, joka muutti radikaalisti sikatilojen ja biokaasulaitoksen lantayhteistyöhön perustuvaa liiketoimintamallia. Ympäristötukikaudella 2007–2014 oli voimassa säädös, jonka mukaan viljelijät ovat oikeutettuja saamaan korvausta levittämälleen raakalannalle 60 euroa per hehtaari. Tätä kierrätysravinteiden multaustukea ei myönnetty mädätteille. Tämän vuoksi viljelijät eivät olleet kiinnostuneita levittämään Biovakan kierrätysravinteita pelloilleen ja vastaavasti sikatilalliset eivät halunneet luovuttaa raakalantaa syötteeksi laitokselle. Entisen työntekijän mukaan lantasyötteen määrä tippui 80 prosentista lähes 20 prosenttiin, mikä uhkasi jo mädätysprosessin vakaata toimintaa.

Biovakan henkilökunta panosti aktiivisesti sekä lannoitejalosteiden tekniseen kehittämiseen että poliittiseen vaikuttamistyöhön laitoksen lannoitetuotteiden hyödyntämisen esteiden purkamiseksi. Biovakka teki yhteistyötä useiden kotimaisten tutkimuslaitosten (Luke, VTI) kanssa muun muassa saadakseen laitoksen sivutuotteena syntyvän typpipitoisen rejektiveden niin puhtaaksi fosforista, että sitä voitaisiin levittää fosforirajoitteisille pelloille. Laitoksen johto pyrki myös aktiivisesti vaikuttamaan kesken tukikauden multaustuen perusteisiin, jotta mädätysjäännökset otettaisiin sen piiriin. Biovakka loi myös tiiviit suhteet EVIRAan saadakseen jättepohjaisista mädätteistä jalostetut lannoitetuotteet lannoituslainsäädännön tyyppihyväksynnän piiriin. Eräs merkittävä kierrätysravinteita käyttävä joukko, luomuviljelijät, olivat Biovakan tuotteiden ympärille rakentuneiden jakeluverkostojen ulkopuolella. Siinä missä raakalanta sopii luomuviljelijöiden pelloille, Biovakan laitoksen kierrätysravinnejalosteet eivät olleet hyväksytyjä luomutuotantoon, koska laitoksen vastaanottamassa elintarvikejätteessä saattoi olla mukana geenimanipuloituja kasveja.

Biovakan kanssa tiivistä yhteistyötä tehneen tutkijan mukaan laitoksen johto teki töitä intohimoisesti ja asiaansa uskoen ja saavutti monia edistysaskeleita. Hallinnollisten rajanvetojen jäykkyys oli kuitenkin omiaan irtikytkemään Biovakan maatalouden ainevirroista. Tilannetta seuranneiden haastatteluista paistaa turhautuneisuus hallinnolliseen ohjaukseen, jonka katsottiin suosivan teollisten lannoitteiden valmistajia.

*”Ehkä siin suhteet mä hiukan kritisoin päätöksentekoa, esimerkiksi fosforin käytön suhteen, ku meillä on se korkea ja arveluttavan korkea fosforipitoisuus maassa, ni sä et saa viedä sinne orgaanista fosforia ollenkaan..., että sehän on taattu Yaran myyntivaltti.”*

Biovakan toimijoiden mukaan poliittinen ohjaus loi turhan joustamattomia rajoja, jotka ovat luotu kapeista sektorikohtaisista näkökulmista. Fosforin täydellinen poistaminen väkeväidystä typpiliuksesta on liiketaloudellisesti mahdotonta. Koska pienikin fosforipitoisuus estää liuoksen levittämisen fosforirajoitteisille pelloille, tämä kategorinen hallinnollinen rajaus esti liuoksen ravinnekäytön kyseisillä pelloilla. Samalla se loi kilpailuedun väkilannoitteita tuottavalle teollisuudelle ja kannusti raivaamaan uusia peltoaloja pelkästään lannan levittämistä varten. Peltokäytön sijaan Biovakan lantapohjaisen lannoitetuotteelle nousi kysyntää metsäteollisuudessa Rauman UPM:n laitokselta, jossa typpijalostetta alettiin hyödyntää jäteveden puhdistusprosessissa.

*”Toivoisin, että päättäjät ottaisivat maasentuasiantuntijoita valmistelevaan lainsäädäntöä, nyt kokonaisuus ravinnekierrätyksen edistämässä on haksussa.”*

Ankarista ponnisteluista ja peräänantamattomasta asenteesta huolimatta Biovakan toimijat eivät pystyneet luomaan sellaista liiketoimintamallia, jonka avulla Vehmaalle kasautunut sianlietelanta olisi pystytty kytkemään arvoa tuottavana ravinneresurssina takaisin sikatalouden ja peltoviljelyn väliseen aineenvaihduntaan ilman häiriötä aiheuttavia ylivuotoja. Kun peltolevittäminen ei lähtenyt toivotusti käyntiin, lannoitejalosteiden kuljetusmatkat pysyivät pitkinä, ulottuen jopa 200–300 kilometriin. Sivuvirtojen kanssa tehty kehitystyö oli kallista ja kuormittavaa, ja avainhenkilöiden jaksaminen oli matkan varrella monesti koetuksella. Lopulta laitos myytiin kansalliselle biokaasun tuotantoyhtiö Gasumille vuonna 2016. Gasum on merkittävässä määrin ulkoistanut mädätysjäännöksen käsittelyn, ja kaupan myötä kytkös Vehmaan sikatilallisten ja Biovakan välillä alkoi purkautua.

## **Metabolisten suhteiden ja arvonluonnin mahdollisuuksien yhteisevoluutio**

Vincent Moreau kollegoineen on väittänyt, että yksi tärkeimmistä kimmokkeista kiertotalouteen nojaavien tuotannon ja kulutuksen mallien kehittämisessä on ekologisen järjestelmän heikentynyt kyky ottaa vastaan tuotannon jätteitä ja sivuvirtoja (Moreau *ym.* 2017). Tässä mielessä Biovakan tarina on tyypillinen esimerkki pakon edessä alkaneesta kiertotalousmallien kokeilusta. Vehmaan biokaasulaitoksen perustajilla oli vahva kytkös paikalliseen sikatalouteen ja halu taata tuotannon tulevaisuus tilanteessa, jossa lantaylijäämä oli alkanut hiertää naapurussuhteita ja koetella ympäristökorvausjärjestelmän sekä peltojen fosforipitoisuuden yhdessä muovaamia paikallisen tuotannon rajoja. Sikatalouden supistamisen sijaan ratkaisua lähdettiin hakemaan lannan ravinteiden ja energian jalostamisesta kiertotalouden liiketoiminnan resurssiksi.

Vehmaan tilanteessa anaerobinen mädätys toimi siis teknologiana, jonka avulla metabolisia suhteita pyrittiin järjestelemään uudelleen niin, että intensiiviselle sikataloudelle ja lannan kanssa elämiselle aukeaisi uudenlaisia polkuja. Tämä teki siitä John Law’n ja Annemarie Molin termein ymmärrettynä poliittista (Law & Mol 2008). Heidän mukaansa metabolisia suhteita uudelleen järjestävien teknologioiden poliittisuus tiivistyy juuri niiden kykyyn piirtää uudelleen rajoja menneen ja tulevan tuotannon, paikallisen ja globaalin sekä toivottavan ja epätoivottavan toiminnan välillä. Metabolisia suhteita ylläpitävien ja muokkaavien teknologioiden poliittisuus on mykkää eikä ei näydy julkisina kiistoina. Uudistuvan tuotannon törmäykset vallitsevan maataloustuotannon ohjausjärjestelmän kanssa nostavat kuitenkin esille piileviä jännitteitä.

Huolimatta kärsivällisestä työstä lannan ravinteiden jalostamiseksi Biovakan toimijat eivät pystyneet rakentamaan sellaista teknologisten ratkaisujen ja ansaintamallien

kokonaisuutta, joka olisi mahdollistanut ongelmalliseksi muuttuneen aineen ravinnearvojen hyödyntämisen lannoitetuotannon resurssina. Ongelmia aiheuttivat matkan varrella sekä ennakoimattomasti käyttäytyvä mädätysprosessi että hallinnolliset instituutiot, jotka eivät tukeneet uusien materiaalien kehitystä ja hyödyntämistä. Lisäksi, kuten Georgescu-Roegen (2011) ja Jackson (2011) ovat huomauttaneet, aiemmin jätteenä tai sivuvirtana ulkoistettujen materiaalien muokkaaminen uudelleen hyödynnettäväksi vaatii työtä ja lisää tuotannon kustannuksia, mikä usein heikentää kiertotaloukselle pilotoivien toimijoiden kilpailukykyä suhteessa sivuvirrat ulkoistaviin toimijoihin. Biovakan tapauksessa kierrätyslannoitteilla oli vaikeuksia pärjätä kilpailussa edullisille ja helppokäyttöisille väkilannoitteille. Biovakan tarina havainnollistaa näin konkreettisesti sen, kuinka aineiden resurssiarvoa määrittävät metaboliset kytkennät syntyvät monimuotoisessa aineellisten ja kulttuuristen prosessien vuorovaikutuksessa.

Olemme tiivistäneet taulukkoon 1 sen, millä tavoin lannan ominaisuuksien hyödyntämistä mahdollistavat metaboliset suhteet muuntuivat Biovakan toiminnan kehittämisen eri vaiheissa, ja kuinka lannan aineellisuus sekä erilaiset hallinnolliset kategorisoinnit osallistuivat kytkösten muuntumiseen. Taulukko tuo esille sen, kuinka lannan aineellisuus oli aktiivinen ja toimijoita sekä hallinnan kategorisointeja alati haastava osallinen metabolisten kytkentöjen uudelleen organisoimisessa. Biovakan toimijat joutuivat koettelemaan uusia toimintamallejaan suhteessa lannan ominaisuuksiin sekä kykyyn yhdistyä tai olla yhdistymättä muihin aineisiin ja muuntua uudeksi. Taulukkoon eritellyt vaiheet konkretisoivat lisäksi metabolisten suhteiden uudistamisen emergenttiä luonnetta. Uudet metaboliset kytkökset muuttivat paitsi inhimillisten toimijoiden ja teknologioiden verkostoa myös ainetta muotoihin, jotka tuottivat uusia ratkaistavia kysymyksiä. Koetteluja tuottivat lisäksi hallinnolliset kategorisoinnit, jotka määrittivät lannan kertymisen, hyödyntämisen ja liikuteltavuuden rajoja.

Lanta oli Biovakan toimijoille vaativa yhteistyökumppani. Sen lisäksi, että lannan fyysiset ominaisuudet asettivat vaatimuksia ja yllättivät pitkin matkaa, lanta myös takertui erilaisiin uudenlaisen ravinnetuotteen kehittämistä ja käyttöä rajoittaviin hallinnan teknologioihin tavoilla, joiden ratkaisu olisi vaatinut aikaa vievää ja tuloksiltaan epävarmaa poliittista vaikuttamistyötä. Ylijäämäisyyttä tuottavien hallinnollisten kategorisointien taustalla olevat rationaliteetit, kuten lannan ravinteiden turvallinen ja ympäristöystävällinen kierrätys, saattoivat olla yhdenmukaisia biokaasulaitoksen perustajien pyrkimysten kanssa. Ongelmia koituu kuitenkin siitä, että luokittelut kohdentuvat lannan johonkin rajattuun ominaisuuteen tai olomuotoon. Ne eivät pysyneet perässä, kun lantaylijäämä muuntui uudenlaiseksi ravinnetuotteen kehitystyössä. Yhtä aikaa aineen muuntumisen kanssa syntyi myös uudenlaisia liiketoiminta- ja yhteistyömalleja, jotka kyseenalaistivat vallitsevien kategorisointien toimivuutta.

Uudenlaista kiertotaloutta tuottavia ruohonjuuriprosesseja tutkinut Kersty Hobson (2016) on havainnut, että Euroopan unionin kiertotalouspolitiikka perustuu pääosin oletukseen, että tiedämme, millaista suljettujen kiertojen järjestelmää kohti olemme pyrkimässä. Siirtymää tukevat politiikkakeinot valikoidaan perinteisistä sääntely- ja markkinaperustaisista ohjaukskeinoista olettaen, että kiertotalouden aktiviteetit toimivat samalla logiikalla kuin olemassa oleva, kasvuorientoitunut markkinatalous. Hobsonin mukaan oletus ennalta tunnetusta kehityksen suunnasta ja sitä tukevista politiikkavälineistä ei kuitenkaan päde, mikäli kiertotalous tarkoittaa aidosti uudenlaisia materiaaleja, tuotteita, palveluja ja tuotannon ja kulutuksen malleja. Biovakan tapauksessa jäykät hallinnolliset luokitukset hankaloittivat toistuvasti mädätysjäännöksen uudenlaista käyttöä ravinneresurssina. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen jääminen multaustuen ulkopuolelle on tästä valaiseva esimerkki. Lannan ympäristön kannalta toivottavia levittämisen käytäntöjä kannustamaan luotu tuki perustui historiaan nojaavaan ymmärrykseen siitä, kuinka lannan ravinteet kiertävät tiloilla peltoon. Prosessoitu mädätysjäännös ei uutena materiaalina sopinut raakalannan käsittelyä varten muokattuihin hallinnollisiin kategorioihin. Jäykän

Taulukko 1. Metabolisten kytkösten muotoutuminen Vehmaalla

Table 1. Formation of metabolic connections in Vehmaa

	<b>Lannan toimijuus</b>	<b>Metaboliset kytkökset ja ylivuodot</b>	<b>Hallinnolliset rajanvedot</b>
<b>Lantaylijäämää ilmenee</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lanta aiheuttaa päästöjä ilmaan (haju) ja veteen (ravinnekuormitus)</li> <li>Lannan vetisyys hankaloittaa kuljetetusta ja varastointia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lantaa kertyy enemmän kuin lähipelloille voi levittää</li> <li>Naapurien asenteet sikataloutta kohtaan kiristyvät</li> <li>Perinteinen kytkös sikatuotannon ja kasvinviljelyn välillä alkaa purkautua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hajuhaittojen arviointi ympäristöluvuissa</li> <li>Huoli ympäristötukien menetyksestä alueilla, joissa peltoomaahan on varastoitunut runsaasti fosforia</li> </ul>
<b>Biokaasulaitos laajentaa metabolisia kytköksiä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lannan energiasisältö tarjoaa mahdollisuuden yhdistettyyn biokaasun ja ravinteiden tuotantoon</li> <li>Mädätysprosessissa odottamatonta mikrobitoimintaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sikatilalliset sitoutuvat biokaasulaitokseen</li> <li>Lanta muuntuu energiaksi ja mädätysjäännökseksi</li> <li>Biokaasun tuotanto energiamarkkinoille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ympäristöluvassa määritettyjen hajuhaittojen ylitykset</li> <li>Lanta ei hallinnollisesti jäte → porttimaksujen periminen vaikeutuu</li> </ul>
<b>Biokaasulaito kasvattaa ravinnekertymää</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lanta muuntuu mädätysprosessissa sekoituessaan porttimaksullisiin orgaanisiin jäte- ja sivuvirtoihin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kytkös energiamarkkinoille tuo syötteeksi porttimaksulliset orgaaniset massat</li> <li>Mädätysjäännöksen virta pellolle vaikeutuu, Lannoitemarkkinakytkös ei synny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mädätysjäännös jää ympäristötukien ulkopuolelle</li> <li>Tyypinimen puuttumisen vuoksi mädätteen lannoitekäyttö vaikeutuu</li> </ul>
<b>Yhteys paikalliseen maataloustuotantoon höltyy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Typipitoisen rejektiveden fosforijäämät estävät levityksen fosforikriittisille pelloille</li> <li>Sikatilojen raakalanta päättyy pellolle käsittelemättömänä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biovakan toiminta ohjautuu entistä vahvemmin biometaanin jalostukseen ja markkinoihin</li> <li>Paikallisen lantasyötteen toimitukset vähenevät eikä mädätysjäännökselle löydy tarpeeksi vastaanottajia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multaustuen ehdot vähentävät viljelijöiden halukkuutta vastaanottaa mädätysjäännöstä</li> </ul>

rajan vuoksi heikkeni myös biokaasulaitoksen mahdollisuus ratkaista lantaylijäämä lannan ravinteita välittävien metabolisten suhteiden verkostoa laajentamalla ja tarjoamalla kilpailukykyistä vaihtoehtoa väkilannoitteille.

Väitämme siis, että taloutta aidosti uudistavan kiertotaloustoiminnan tukeminen edellyttää yksittäisten pilottien ja kehitystyön tukemisen lisäksi myös ymmärrystä siitä, että kyse on systeemisestä muutoksesta, joka edellyttää onnistuakseen samanaikaisia muutoksia useilla tahoilla ja siihen liittyen myös huolellista olemassa olevien politiikkakeinojen ja hallinnollisen ohjauksen polkuriippuvuuksien tunnistamista ja purkamista. Biovakan esimerkki konkretisoi myös sen, että kiertotalouden toimintamallit todellistuvat osana paikantuneita toimintakulttuureja ja arkipäiväisiä käytäntöjä, joissa lopulta määritellään, mitä ylijäämäisillä materiaaleilla tehdään ja miten niiden kanssa tulla toimeen vaarantamatta elinkeinon jatkuvuutta. Lannan osalta viljelijät joutuvat puntaroimaan, viedäänkö materiaali peltoon vai jatkojalostettavaksi, investoidaanko kuljetus- ja levitysjärjestelmiin,

käytetäänkö väkilannoitteita, palkataanko urakoitsija tai tiputtaudutaanko suosiolla ympäristökorvausjärjestelmän ulkopuolelle vai hankitaanko lisää levityspinta-alaa lannalle raivaamalla peltoa.

### **Johtopäätökset: mitä opimme aineellisen politiikasta kiertotaloudessa?**

Samaan aikaan kun puhe kiertotalousajattelusta on arkipäiväistynyt ja kiertotaloutta on alettu edistää erilaisilla politiikkaohjelmilla, on globaalien talousjärjestelmän läpi virtaavan aineksen määrä jatkanut kasvuaan (Parrique *ym.* 2019). Biovakan tarina osoitti, kuinka hankala historiallisesti kasautunutta aineellista ylijäämää on laadullisesti muuntaa erilaisten teknologioiden ja liiketoimintamallikokeilujen avulla arvoa tuovaksi resurssiksi tilanteessa, jossa ympäröivä talous jatkaa neitseellisten raaka-aineiden kasvavaan käyttöön nojaavalla polulla ja vallitseva institutionaalinen järjestys tukee tätä kehitystä. Kohtaamistaan ongelmista huolimatta Biovakan perustajat pitivät sitkeästi kiinni tavoitteestaan käyttäen biokaasulaitosta nimenomaan lannan jatkojalostukseen. Tämä sitkeys alleviivaa sitä, että heidän lojaliteettinsa oli paikallisen sikatalouden tulevaisuuden rakentamisessa. Kiertotalouden mahdollisuuksiin tukeutuminen voidaan näin myös tulkita tapana vastata alkuperäiseen, intensiivisestä sikataloudesta koituvan ympäristön pilaantumisen aiheuttamaan yhteiskunnalliseen jännitteeseen teknologisen ratkaisun avulla ja sitä kautta pitää piilevä konflikti pinnan alla. Tästä johtuen väitämme, että on tärkeää tutkia kiertotalouden teknologisten ratkaisujen kehittämiseen liittyvää poliittisuutta sekä niihin kietoutuvia yhteiskunnallisia jännitteitä.

Biovakan tapauksessa biokaasulaitos ei ainoastaan pyrkinyt työntämään lantaylijäämästä seurannutta ongelmaa kauemmaksi ajallisesti ja maantieteellisesti vaan lopulta kärjisti sitä, koska tuotannon kannattavuus vaati ravinnepitoisten biomassojen tuomista Vehmaan alueelle. Euroopan unionin kiertotalouden toimintasuunnitelman kaltaisten politiikkaohjelmien riskinä on, että niissä kiertotalous itsessään nostetaan päämääräksi sen sijaan, että erilaisia kiertotaloustoimia arvioitaisiin vahvemmin niiden tosiasiallisten ympäristövaikutusten kautta. Koska kiertotalous on käsitteenä epämääräinen ja monitulkintainen (Lazarevic & Valve 2017) ja sen alle mahtuu hyvin eri tyyppisiä toimintamalleja, ansaintalogiikoita ja aineen kanssa elämisen tapoja, myös yhteiskuntatieteellisen kiertotaloustutkimuksen tulisi kriittisesti tarkastella eri tyyppisten kiertotalouskäytäntöjen ja niiden tuottamien uudenlaisten polkuriippuvuuksien roolia laajemmassa yhteiskunnallisessa murroksessa.

Biovakan tarina havainnollistaa myös kouriintuntuvasti, kuinka monimutkaista on rakentaa kiertotalousideaalin mukaisia järjestelmiä, joissa yhden toiminnan jätteet ja sivuvirrat asettuvat saumattomasti toisaalla tuotannon resurssiksi. Yhteiskunnan metabolisten suhteiden muuntaminen ei ole neutraalia. Siihen liittyy toimijaposiitioiden, kilpailuaselmien ja valtasuhteiden muutoksia. Se, kuinka kiertotaloussiirtymä pyritään järjestämään, valaisee toimijoiden lojaliteetteja: Kiertotalouden tekniikat ja liiketoimintamallit voivat pyrkiä ylläpitämään toimintaa, joka ympäristön näkökulmasta on käynyt muutoin kestäättömäksi. Toisaalta näkökulman laajentaminen kiertotalouspilottien mahdollisiin systeemiin vaikutuksiin saattaisi muuttaa myös Biovakan tarinasta tehtyä tulkintaa. Biovakan tarinan päättymisestä on viisi vuotta aikaa. Sen jälkeen biokaasun tuotannon teknologia on kehittynyt ja muun muassa liikennebiokaasun jakeluverkosto on laajentunut. Muuttuuko kuva alueellisesti keskittyvistä lantaylijäämistä ja niitä tuottavasta maataloudesta, jos ne pystytään kytkemään liikennejärjestelmään ja liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen? Ja mitä muutoksia institutionaalisiin järjestyksiin tämä tulevaisuus edellyttäisi?

Me haluamme siis nostaa tutkimuksellamme esiin sen, kuinka teknologisten ratkaisujen tuottamia metabolisia kytköksiä ja niiden koetteluja tarkastelemalla voidaan avata uudenlainen näkökulma käsillä olevaan laajempaan yhteiskunnalliseen murrokseen.

Kun uusia kiertotalousratkaisuja tarkastellaan poliittisina, metabolisia suhteita uudelleen järjestelvinä teknologioina, ne avaavat ikkunan niihin virtoihin, kytköksiin ja rajanvetoihin, jotka ilmentävät vakiintuneita yhteiskunnallisia järjestyksiä ja niiden murtumia. Samalla tulee mahdolliseksi esittää yksityiskohtaisempia kysymyksiä siitä, mistä toimintatavoista ja tavoitteenasetteluista ei olla uusia ratkaisuja haettaessa valmiita luopumaan sekä millaisiin uusiin yhteiselon muotoihin kiertotaloutta edistäessä ollaan valmiita asettumaan.

## Kiitokset

Kiitämme Helena Valvetta ja Petri Ekholmia sekä kahta anonymiä arvioijaa arvokkaista, työn laatuun merkittävästi vaikuttaneista kommentteista. Työ on tehty osana Suomen Akatemian rahoittamaa QUMARE-tutkimushanketta, hankenumero 287972.

## Lähteet

- Alatalo, M. & Åkerman, M. (2010) Faktojen jäljillä: asiantuntijahaastattelun analyysi. Teoksessa Ruusuvoori, J., Nikander, P. & Hyvärinen, M. (toim.) Haastattelun analyysi, 372–392. Vastapaino, Tampere.
- Alatalo, M., Väitinen, T. & Åkerman, M. (2017) Asiantuntijahaastattelu. Teoksessa Hyvärinen, M., Nikander, P. & Ruusuvoori, J. (toim.) Tutkimushaastattelun käsikirja, 211–230. Vastapaino, Tampere.
- Barry, A. (2013) *Material Politics: Disputes along the Pipeline*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Bowker, G.C. & Star, S.L. (1999) *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences*. MIT Press, Cambridge.
- Çalışkan, K. & Callon, M. (2010) Economization, part 2: a research programme for the study of markets. *Economy and Society* 39(1) 1–32. <https://doi.org/10.1080/03085140903424519>
- European Commission (2014) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a circular economy: A zero waste programme. COM(2014) 398.
- Fletcher, R. & Rammelt, C. (2017) Decoupling: a key fantasy of the post-2015 sustainable development agenda. *Globalizations* 14(4) 450–467. <https://doi.org/10.1080/14747731.2016.1263077>
- Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. (2016) A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 144 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Georgescu-Roegen, N. (2011). *From Bioeconomics to Degrowth: Georgescu-Roegen's 'New Economics' in Eight Essays*. Taylor & Francis, New York.
- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S. & Holmes, H. (2015) Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 44(2) 218–243. <https://doi.org/10.1080/03085147.2015.1013353>
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D. & Heinz, M. (2015) How circular is the global economy?: an assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology* 19(5) 765–777. <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. (2013) Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19 1456–1469. <https://doi.org/10.1111/gcb.12137>
- Hobson, K. (2016) Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography* 40(1) 88–104. <https://doi.org/10.1177/0309132514566342>
- Jackson, T. (2011) *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*. Routledge, New York.
- Kauppinen, J., Ekholm, P., Niskanen, O., Valve, H. & Iho, A. (2017) Muuttuva kotieläintalous ja vesistökuormituksen sääntely. *Ympäristöpolitiikan ja -oikeuden vuosikirja X*, 227–273.
- Kinnunen, V. (2017) Tavarat tiellä: sosiologinen tutkimus esinesuhteista muutossa. Rovaniemi, Lapin yliopisto. <https://lauda.ulapland.fi/handle/10024/63026>
- Kirchher, J., Piscicellia, L., Boura, R., Kostense-Smit E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A. & Hekkert, M. (2018) Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU), *Ecological Economics* 150 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A. & Birkie, S. E. (2018) Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production* 175 544–552. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
- Krzywoszyńska, A. (2015) What farmers know: experiential knowledge and care in vine growing. *Sociologia Ruralis* 56(2) 289–310.
- Law, J. & Mol, A. (2008) Globalisation in practice: on the politics of boiling pigswill. *Geoforum* 39(1) 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2006.08.010>

- Lazarevic, D. & Valve, H. (2017) Narrating expectations for the circular economy: towards a common and contested European transition. *Energy Research and Social Science* 31(2017) 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.05.006>
- Lemola, R., Uusitalo, R., Sarvi, M. & Ylivainio, K. (2015) Fosforin käytön vaikutus Suomen peltomaiden fosforitilaan – 20 vuoden skenaariot eri lannoitusstrategioilla. *Pro Terra* 67 21–22.
- Loveland, P. & Webb, J. (2003) Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research* 70(1) 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00139-3)
- Lüdeke-Freund, F., Gold, S. & Bocken, N. M. (2019) A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology* 23(1) 36–61. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>
- Luostarinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Sipilä, I. & Rintala, J. (2011) Lannan ja muun eloperäisen materiaalin käsittelyteknologiat. MTT raportti 27. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti27.pdf>
- Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiahio, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A. & zu Castell-Rüdenhausen, M. (2017) Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa: nykytila ja suositukset ohjaukeinojen kehittämiseksi Suomessa. Luonnonvara- ja Biotalous Tutkimus 45/2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Moore, S. (2012) Garbage matters: concepts in new geographies of waste. *Progress in Human Geography* 36(6) 780–799. <https://doi.org/10.1177/0309132512437077>
- Moreau, V., Sahakian, M., Van Griethuysen, P. & Vuille, F. (2017) Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology* 21(3) 497–506. <https://doi.org/10.1111/jiec.12598>
- Paquin, R., Busch, T. & Tillemann, S. (2015) Creating economic and environmental value through industrial symbiosis. *Long Range Planning* 48(2015) 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.lrepro.2019.01.091>
- Parrique T., Barth J., Briens F., C. Kerschner, Kraus-Polk A., Kuokkanen A., Spangenberg J.H. (2019) Decoupling Debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau. <https://eeb.org/library/decoupling-debunked>
- Peltola, T. & Åkerman, M. (2012) Roskiskarhut ja politiikan aineellisuus. *Alue ja ympäristö* 4(1) 46–57.
- Pheifer, A.G. (2017) Barriers and Enablers to Circular Business Models. <https://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bec8fdb8fb34fbc5c15.pdf>
- Pykälä, J. (2001) Perinteinen karjatalous luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä. *Suomen ympäristö* 495. <http://hdl.handle.net/10138/228396>
- Schröder, P., Bengtsson, M., Cohen, M., Dewick, P., Hoffstetter, J. & Sarkis, J. (2019) Degrowth within – Aligning circular economy and strong sustainability narratives, *Resources, Conservation & Recycling* 146 190–191. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.038>
- Shahbazi, S., Wiktorsson, M., Kurdve, M. & Jönsson, C. (2016) Material efficiency in manufacturing: swedish evidence on potential, barriers and strategies. *Journal of Cleaner Production* 127 438–450.
- Sitra (2016) Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025. Sitran selvityksiä. <https://www.sitra.fi/julkaisut/kierrolla-karkeen>
- Sitra (2019) Kriittinen siirto. Suomen kiertotalouden tiekartta 2.0 <https://media.sitra.fi/2019/03/12220104/kiertotalouden-tiekartta-tiivistelma-fi.pdf>
- Ureta, S. (2016). Caring for waste: handling tailings in a Chilean copper mine. *Environment and Planning A* 48(8) 1532–1548. <https://doi.org/10.1177/0308518X16645103>
- Valkonen, J., Pyyhtinen, O., Lehtonen, T., Kinnunen, V., & Huilaja, H. (2019) Tervetuloa jäteyhteiskuntaan - Aineellisen ylijäämän kanssa eläminen. Tampere: Vastapaino.
- Ylivainio, K., Sarvi, M., Lemola, R., Uusitalo, R. & Turtola, E. (2015) Regional P stocks in soil and in animal manure as compared to P requirement of plants in Finland. MTT Reports. [www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti124.pdf](http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti124.pdf)