

PTT työpapereita 149
PTT Working Papers 149

BIOKAASUTUS LANNANKÄSITTELYN VAIHTOEHTONA

Perttu Pyykkönen
Stefan Bäckman
Veli-Matti Tuure
Markku Lähti

Pellervon taloustutkimus PTT kiittää Maatilatalouden Kehittämisrahastoa tutkimuksen rahoituksesta.

PTT työpapereita 149
PTT Working Papers 149
ISBN 978-952-224-125-2(pdf)
ISSN 1796-4784 (pdf)
Pellervon taloustutkimus PTT
Pellervo Economic Research PTT

Helsinki 2013

Perttu Pyykkönen – Stefan Bäckman – Veli-Matti Tuure – Markku Lähti. 2013. BIOKAASUTUS LANNANKÄSITTELYN VAIHTOEHTONA. PTT työpapereita 149. 42 s. ISBN 978-952-224-125-2 (pdf), ISSN 1796-4784 (pdf).

Tiivistelmä: Tutkimuksessa selvitettiin maatilatason biokaasulaitoksen kannattavuusedellytyksiä ja vaikutusta tilan työmäärään. Lannankäsittelyä arvioitaessa perusvaihtoehtona tarkasteltiin kotieläintilaa, jonka vuotuinen lantamäärä vastasi noin 140 lehmän tilaa. Lietteen käyttäminen perinteiseen tapaan vaatii runsaan 200 tunnin työmäärän. Jos lanta toimitetaan biokaasulaitokselle, eikä tila ota sitä takaisin lannoitekäyttöön, työmäärä vähenee noin 23 %. Jos lanta otetaan takaisin, työmäärä lähes kaksinkertaistuu perusvaihtoehtoon verrattuna. Jos tila rakentaa oman vain lantaa käyttävän biokaasulaitoksen, työmäärä kohoaa yli nelinkertaiseksi. Jos lannan lisäksi käytetään muuta biomassaa, nousisi työmäärä yli kahdeksankertaiseksi. Tehtyjen laskelmien mukaan edellytykset kannattavaan biokaasuntuotantoon ovat varsin rajalliset. Jos kaasu hyödynnettäisiin myymällä sillä tuotettu sähkö yleiseen verkkoon, pitäisi sähkön hinnan olla yli 50 % laskelmassa oletettua nykytasoa korkeampi, jotta investointia kannattaisi harkita. Jos maatilakokoisen laitoksen olisi mahdollista päästä takuuhinnan (0,0835 €/kWh) piiriin, investoinnin kannattavuus paransi huomattavasti. Silloinkin kannattavuusehto täytyisi vain, jos tämän takuuhinnan lisäksi investointia tuettaisiin merkittävästi (suuruusluokka 40 %). Jos biokaasulla tuotetun energian pystyisi hyödyntämään omalla tilalla, investoinnin kannattavuus paransi huomattavasti. Maatilakokoluokan biokaasutuotannon edistämiseksi ehdotetaan, että tukiehtoja höllennetään mm. sallimalla investointituki takuuhinnan ohelle ja muuttamalla omaan käyttöön tuotetun sähkön siirtohinnoittelua.

Asiasanat: biokaasu, työmäärä, kannattavuus.

Perttu Pyykkönen – Stefan Bäckman – Veli-Matti Tuure – Markku Lähti. 2013. BIOGAS PRODUCTION AT FARM LEVEL. PTT Working Papers 149. 42 p.

Abstract: The study examined the profitability of a biogas plant at farm-level. The analyses were based on different variations of 140 cow farm. The traditional manure management practices require over 200 hours of work. If manure is delivered to the biogas plant (outside the farm) the work load is reduced by about 23%. If the manure is taken back the work load is almost doubled compared to the baseline scenario. If the farm builds an own biogas plant the workload is more than quadruple compared to the baseline scenario. If other forms of biomass are used in addition to sludge the work load increases even more. According to our economic analysis the possibilities for profitable biogas production at farm level are quite limited. If the gas were utilized by selling the electricity produced to the public network, the electricity price should be more than 50% higher than current level in order the investment to be profitable. If it would be possible to receive a guaranteed price (0.0835 €/kWh), the profitability of the investment would improve significantly. However, even in this case the investment support should be granted in addition to the price. If the produced energy could be consumed at the farm, the profitability would improve significantly. For promotion of biogas production at farm level the study suggests several policy changes.

Key words: *biogas, work load, profitability.*

SISÄLLYS

	Sivu
YHTEENVETO	7
1. Johdanto.....	10
2. Maatilojen energiantarve ja lietteen käsittelyn tekniset vaihtoehdot.....	12
2.1 Maatilojen energiantarve.....	12
2.2 Perinteinen levitys	12
2.3 Lietteen separointi	13
2.4 Lietteen biokaasutus.....	15
2.5 Muut lannankäsittelyvaihtoehdot	17
2.6 Lietelannan muu hyödyntäminen	18
3. Työmäärälaskelmat lannankäsittelyn eri vaihtoehdoissa	19
3.1 Tarkasteltavat vaihtoehdot.....	19
3.2 Työmäärät eri vaihtoehdoissa ja eri työvaiheissa	19
3.2.1 Levitystyö.....	19
3.2.2 Biokaasulaitoksen hoitotyö	20
3.2.3 Biomassan tuottamisen vaatima työmäärä	22
3.1.4 Yhteenveto eri vaihtoehtojen vaatimasta työmäärästä	25
4. Kannattavuus	27
5. Biokaasutuotannon kannattavuusvertailu Saksaan.....	30
6. Mahdollisten liiketoimintamallien arviointi	32
7. Yhteenveto ja politiikkasuositukset.....	35
Lähteet.....	38
Liite 1. LP mallien laskentaperusteet.....	41

YHTEENVETO

Olemassa oleva energia hyötykäyttöön

Ottaen huomioon EU:n 2020 tavoitteet ja Suomen velvoitteet lisätä uusiutuvan energian käyttöä, hajautettujen ja olemassa olevien energialähteiden hyödyntäminen olisi tärkeää. Nykyisellä politiikalla kotieläintuotannossa syntyvästä bioenergiasta vain pieni murto-osa tulee hyödynnetyksi, koska tuotanto ei ole kannattavaa kuin erityistapauksissa. Pelkkä investointituki ei riitä investointien kannustimeksi. Sen takia tarvitaan nykyisen politiikan muutosta ja todennäköisesti myös uusia instrumentteja.

Tutkimuksessa ehdotetaan, että tukiehtoja höllennetään, jotta myös pienet maatilakokoluokan laitokset pääsevät takuuhinnan piiriin. Samalla pitäisi pohtia, voisiko investoinnin tukeminen olla siitä huolimatta mahdollista. Kannattavuusedellytykset parantuisivat myös merkittävästi, jos yhteisinvestoinneissa oman käytön ehtoja lievennettäisiin (so. siirtohintaa ei tarvitsisi maksaa, vaikka laitos ei omalla kiinteistöllä sijaitsisikaan).

Politiikkaan muutos

Seuraavassa on tiivistetysti hankkeessa ehdotetut politiikkamuutokset:

- Myös pienet maatilakokoluokan laitokset takuuhinnan piiriin
- Takuuhinta mahdollinen samanaikaisesti investointituen kanssa
- Ympäristötukeen investoijia, raaka-aineen tuottajia ja fermentoidun lannan loppukäyttäjää tukevia elementtejä
- Yhteisinvestointien tukeminen siten, että omaan käyttöön voisi hankkia omasta laitoksesta sähköä ilman siirtokustannusta, vaikka se ei omalla kiinteistöllä sijaitsisikaan
- Maatilojen ulkopuolisten kiinteistöjen tai henkilöiden mukaantuloa helpotettava esimerkiksi vastaavilla sähkön omaan käyttöön liittyvillä muutoksilla
- Maatilakokoluokan investoinneissa pitäisi olla mahdollista käyttää myös muita kuin täysin uusia osia
- Lupa- ja tarkastuskäytäntöön liittyvät valvontamaksut suhteutettava laitoksen kokoon

Kannattavuusedellytykset eivät täyty

Jos maatilalla tuotettu biokaasu hyödynnettäisiin myymällä sillä tuotettu sähkö yleiseen verkkoon, pitäisi sähkön hinnan olla yli 50 % laskelmassa oletettua nykytasoa korkeampi, jotta investointia kannattaisi harkita. Jos maatilakokoisen laitoksen olisi mahdollista päästä takuuhinnan (0,0835 €/kWh) piiriin, investoinnin kannattavuus paranisi huomattavasti. Silloinkin kannattavuusehto täytyisi vain, jos tämän takuuhinnan lisäksi

investointia tuettaisiin merkittävästi (suuruusluokka 40 %). Tällä hetkellä tämä ei ole mahdollista.

Jos biokaasulla tuotetun energian pystyisi hyödyntämään omalla tilalla, investoinnin kannattavuus paranisi huomattavasti. Käytännössä tämä lienee mahdollista kuitenkin vain harvoissa tapauksissa. Yhdistetyssä lämmön ja sähköntuotannossa laitoksen hyötysuhde kasvaa selvästi. Saman kokoluokan laitoksella pystytään tuottamaan noin kolminkertainen määrä energiaa. Samalla tosin myös investointikustannus kasvaa jonkin verran.

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti se, millä hinnalla lämpö (kaasu) voidaan myydä tilan ulkopuolelle tai mikä on sen vaihtoehtokustannus tilan omassa käytössä. Jos vaihtoehtokustannuksena käytetään hakkeen hintaa, eivät investoinnin kannattavuusedellytykset täyty. Jos vaihtoehtokustannuksena käytetään öljyn hintaa, investoinnin kannattavuus paranee huomattavasti. Ongelma on kuitenkin se, että suurta määrää lämpöenergiaa ei pystytä käyttämään omalla tilalla normaalioloissa. Käytännössä investoinnin kannattavuus nojaisi siihen, että tilalla olisi jotain muuta tuotantoa, joka vaatisi lämpöenergiaa. Vaihtoehtona olisi, että lähellä olisi joku muu lämpöenergian käyttäjä, joka voisi hyödyntää tuotetun lämpöenergian. Siirtomatka ei voi kuitenkaan olla kovin pitkä, koska lämmön siirto pitkille etäisyyksille heikentää nopeasti investoinnin kannattavuutta.

Biokaasutus lisää myös työtä

Tilatason biokaasulaitos merkitsee lisätyötä ja lisäksi – jos biokaasulaitoksen toimintaa halutaan tehostaa bionurmen avulla – myös lisääntyvää nurmipinta-alan tarvetta. Nämä molemmat lisäävät laajentavan tilan haasteita, jotka muutoinkin kohdistuvat juuri sekä oman työvoiman riittävyyteen että lisäpellon saatavuuteen.

Lietteen käyttäminen perinteisesti lannoitteena pellolla merkitsee esimerkkitalan (nautatila) tapauksessa noin 213 tunnin vuosittaista työmäärää. Lietteen siirtotyön määrä tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen riippuu kuljetusetäisyydestä. Jos biokaasulaitoksen oletetaan sijaitsevan samalla etäisyydellä kuin tilan peltolohkot keskimäärin, lannankäsittelyn työmäärä vähenee noin 23 % lietteen perinteiseen lannoituskäyttöön nähden, kun tila toimittaa lietteen tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä ota sitä takaisin lannoitekäyttöön.

Jos tila ottaa käsitellyn lietteen takaisin ja peltojen etäisyys on biokaasulaitoksesta sama kuin tila-keskuksesta, lannankäsittelyn työmäärä 1,9-kertaistuu perinteiseen lannoituskäyttöön verrattuna. Jos tila rakentaa oman vain lantaa käyttävän biokaasulaitoksen, laitoksen hoitamisesta johtuva työmäärä yhdessä lietteen levityksen työmäärän kanssa kasvattaa lannankäsittelyn kokonaistyömäärän jo 4,3-kertaiseksi.

Jos tilalla lisäksi tuotetaan lannan kuiva-ainemäärää vastaava bionurmimäärä omaan biokaasulaitokseen, nurmen viljely- ja korjuutyöt yhdessä lisääntyneen biokaasulaitoksen hoitotöiden kanssa merkitsevät biokaasuntuotannon ja lannankäsittelyn kokonaistyömäärän 8,2–8,5-kertaistumista.

Lannan erilaisten biokaasutusvaihtoehtojen vaikutus tilan kokonaistyömäärään riippuu edellä kuvattujen lannankäsittely- ja bionurmen tuotantotöiden sekä biokaasulaitoksen hoitotöiden määrän lisäksi myös mm. siitä, kuinka työvoimavaltaisen lämmitysjärjestelmän biokaasuun siirtyminen korvaa. Jos lanta taas toimitetaan tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä sitä palauteta tilan pelloille, tilan on jotenkin korvattava lannan lannoitusvaikutus, mikä käytännössä merkitsee myös lisätyötä.

Mallilaskelmat taustalla

Tilatason vaihtoehtoja biokaasun hyödyntämiseen arvioitiin laatimalla erilaisia vaihtoehtolaskelmia ja hyödyntämällä LP-mallia, joka rakennettiin tätä tutkimusta varten. Tarkastellut vaihtoehdot rakennettiin kirjallisuudesta ja tilastoista sekä tutkijavierailuita Saksaan ja Ruotsiin kerättyjen aineistojen perusteella.

Perusvaihtoehtona tarkasteltiin kotieläintilaa, jonka vuotuinen lantamäärä on 4 900 m³. Tämä vastaa kahden robotin maidontuotantotilaa (140 lehmää, 121 hiehoa ja 11 vasikkaa), 2 500 lihasian tai 700 emakon porsaineen tuottamaa lantamäärää. Vaihtoehtoina olivat tämän lantamäärän kaasuttava laitos, sen lisäksi muuta biomassaa käytävä laitos ja se, että tila toimittaisi kaiken lannan isolle laitokselle. Biokaasun tuotannossa arvioitiin erilaisia lämmön ja sähkön tuotannon yhdistelmiä eri politiikkarajoitteilla.

Lisäksi tarkastelussa verrattiin työnkäytön osalta sekä tilatason biokaasulaitosta että laajempaa yhteishanketta siihen, että toimitaan perinteisesti ja levitetään lanta omassa hallinnassa oleville pelloille. Kannattavuutta arvioitiin siten, että kuinka paljon rakennuskustannus saisi enintään olla erilaisissa vaihtoehdoissa.

1. JOHDANTO

Maatalouden liiketoimintamallit muuttuvat tulevaisuudessa tilakoon kasvun myötä nykyisestä. Suurimmat haasteet liittyvät viljelijäperheen oman työpanoksen riittävyyteen ja toisaalta myös kotieläintuotannon ja peltoviljelyn yhteensovittamiseen (Pyykkönen ym. 2013). Yksi erityishuomiota vaativia kysymyksiä on lannanlevitys.

Kotieläintuotannon laajentuessa tarvitaan entistä enemmän peltoa lannanlevitykseen. Koska työpanoksen riittävyys on jo ennestään tiukalla, on tämä haaste myös työmäärän riittävyyden näkökulmasta. Erityinen haaste on kuitenkin peltoalan saatavuus lannanlevitykseen. Tilusrakenne on usein erittäin hajanainen ja kuljetusmatkat väistämättä kasvavat. Jos tila hankkii omaa peltoa, joutuu siihen sitomaan runsaasti lisää pääomaa, joka voi muodostaa melkoisen taloudellisen rasitteen tilalle, joka on muutoinkin investoinut jo runsaasti.

Työmäärän suhteen käyttökelpoinen vaihtoehto on lannanlevityksen ulkoistaminen. Urakoitsijoita on saatavilla ja tuottajat ovat selvästi valmiimpia ulkoistamaan lannanlevityksen kuin esimerkiksi säilörehuntuotannon (Pyykkönen ym. 2011). Pellon ostamisen tai vuokraamisen sijasta suuri osa investoivia tiloja kattaa osan vaaditusta lannanlevitysalasta levityssopimusten avulla. Nämä alat voivat muodostua kuitenkin varsin suuriksi etenkin sika- ja siipikarjataloudessa (Pyykkönen ym. 2013).

Levityssopimusten teko on haastavaa, ja varsinkin pitkäaikaisten sopimusten saanti voi olla ongelmallista. Lannankäsittelyyn ja levitykseen tarvitaankin uusia vaihtoehtoja. Uusia teknologioita on olemassa (Auran malli, Geniva, biokaasutus), mutta niiden ongelmana on ainakin vielä toistaiseksi investoinnin kalleus. Kaikki nämä käsittelyvaihtoehdot tarjoavat kuitenkin mahdollisuuden homogenisoida lanta ja siten saada lanta käyttäjävälisempään muotoon. Tämä voisi parantaa lannan jälkimarkkinoita paitsi maataloudessa myös maatalouden ulkopuolelle, esimerkiksi viherrakentamiseen, ja siten edesauttaa sopivien konseptien ja kannattavien investointimahdollisuuksien löytymistä.

Biokaasutuksen merkittävä etu on myös se, että se tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää sekä lannan sisältämän energian että ravinteet. Sen avulla voidaan vähentää kotieläintuotannon ympäristö- ja ilmastovaikutuksia sekä lisätä uusiutuviin energialähteisiin perustuvaa energiantuotantoa. Ottaen huomioon uusiutuvan energian lisäämistarpeet tämä on varsin varteenotettava vaihtoehto ainakin tulevaisuudessa. Tällä hetkellä energia on kannattavinta hyödyntää lämpönä, mutta se on mahdollista muuttaa myös sähköksi ja liikennepolttoaineeksi.

Bioenergian tuotantoa voidaan ohjata erilaisin politiikkatoimin. Jopa tilatason biokaasulaitokset ovat muualla Euroopassa varsin yleisiä. Saksassa on ollut voimakas tukipolitiikka tuotannon edistämiseksi ja siellä on tällä hetkellä noin 7320 biokaasulaitosta,

joista suurin osa perustuu maatalouden biomassoihin (Marttinen ym. 2013). Tanskassa tilatason laitoksia on 57 kappaletta, jotka käyttävät vuosittain keskimäärin 25 000 tonnia biomassaa (Foged 2012). Myös Ruotsissa on toiminnassa huomattavasti Suomea enemmän näitä laitoksia (ks. www.biogasportalen.se). Suomessa kotieläinten lantaa kaasuttavia laitoksia on Marttisen ym. (2013) mukaan 28 kpl. Nämä eivät kuitenkaan ole kaikki tilatason laitoksia, vaan toimivat osittain yhdyskuntajätteen varassa ja joiden kautta saatavien porttimaksujen varassa niiden kannattavuus on. Investointiavustuksen hakijoita oli vuosien 2008-2010 kahdella hakukierroksella yhteensä 49. Tukea myönnettiin 23 hankkeelle, mutta toteutunut tai toteutumassa niistä oli vuoden 2013 kesällä vain 9 kpl (Marttinen ym. 2013).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida tilatason vaihtoehtoja biokaasun hyödyntämiseen. Tarkastelussa verrattiin sekä tilatason biokaasulaitosta että laajempaa yhteishanketta siihen, että toimitaan perinteisesti ja levitetään lanta omassa hallinnassa oleville pelloille. Keskeistä oli verrata sitä, millä edellytyksillä biokaasuntuotanto tai lannan toimittaminen biokaasulaitokselle voisi olla kannattavaa yksittäisen tilan näkökulmasta.

Luvussa 2 tarkastellaan maatalojen energiantarvetta ja lietteen käsittelyn teknisiä vaihtoehtoja. Luvussa 3 tarkastellaan eri lannankäsittelyvaihtoehtojen vaatimaa työmäärää. Luvuissa 4-5 arvioidaan eri vaihtoehtojen kannattavuutta keskittyen erityisesti biokaasun tuotantoon. Luvussa 6 tehdään yhteenveto ja esitetään politikkasuosituksia.

2. MAATILOJEN ENERGIANTARVE JA LIETTEEN KÄSITTELYN TEKNISET VAIHTOEHDOT

2.1 Maatilojen energiantarve

Maatalouden vuosittainen energian kokonaiskulutus oli vuoden 2010 tietojen mukaan (Tietosarka 2013) noin 10,44 TWh. Vuonna 2007 kokonaiskulutuksesta kolmasosa (33 %) käytettiin työkoneiden polttoaineina, lähes puolet lämmitykseen (27 % rakennusten lämmittämiseen, 18 % viljankuivaukseen) ja runsas viidesosa (22 %) sähköinä (Bio-nova Engineering 2007, ref. Kari 2009). Maatalouden osuus Suomen energiankulutuksesta on noin 2,6 % (Tietosarka 2013).

Maatilan energiankulutus vaihtelee tilojen välillä huomattavasti. Keskimääräinen taso on noin 163 MWh/vuosi (Tietosarka 2013). Eniten energiaa kuluu siipikarjatilalla ja puutarhalla. Myös sika-, nauta- ja lypsykarjatilalla energiaa kuluu keskimäärin enemmän kuin kasvinviljelytiloilla (Tietosarka 2013). Energiankulutus edustaa tilan tuotantokustannuksista 3,5–6,5 % (Kari 2009).

Maatilojen energiaohjelman (2010–2016) avulla pyritään ohjaamaan tiloja kohti energiatehokkaampaa tuotantoa (Motiva 2011). Maatilojen energiaohjelmaan voivat liittyä maa- ja puutarhatilat, ja sen takana ovat tuottajajärjestöt MTK, SLC, Kauppapuutarhaliitto ja Puutarhaliitto sekä maa- ja metsätalousministeriö. Ohjelmaan osallistuva tilan energiasuunnitelman tekemistä tuetaan taloudellisesti.

Maa- ja puutarhataloudessa käytetystä energiasta uusiutuvilla energianlähteillä tuotetaan vajaa 41 prosenttia (Tike 2013). Pellolta saatavan energian osuus on vajaa prosentti, joten uusiutuvasta energiasta valtaosa on puupohjaista. Kun turve otetaan tarkasteluun mukaan (ei lasketa uusiutuvaksi energiamuodoksi), kotimaisten energianlähteiden osuus nousee 47 prosenttiin maatalouden käyttämästä energiasta.

2.2 Perinteinen levitys

Perinteinen tapa hyödyntää kotieläintiloilla syntyvä karjanlanta on käyttää sitä lannoitteena kasvintuotannossa. Karjanlantaa hyödyntämällä vähennetään ostoravinteiden käyttöä sekä vaikutetaan ympäristökuormitukseen ja resurssien käytön tehokkuuteen (Foged 2012).

Kotieläintiloilla syntyvä lanta varastoidaan joko lietelantana lietesäiliöissä tai kiinteänä lantana lantaloissa tai patteroituna tilakeskuksessa tai pellolla. Lannan laadun (lannoi-

tusarvon) kannalta on tärkeää, että ammoniakkin haihtuminen ja lannan laimeneminen vedellä vältetään (Foged 2012). Ammoniakin haihtumista vähentävät alhainen lämpötila ja happamuus, joten haihtumista voidaan vähentää lietettä jäähdyttämällä (erityisesti sikaloissa lannan lämpö voidaan hyödyntää lämmitystarkoitukseen) ja pitämällä lietteen pH happolisäyksen avulla tasolla 5,5 (Foged 2012). Lisäksi ammoniakkin haihtumista lannasta vähentää karjarakennuksen lattioiden puhtaina ja kuivina pitäminen eli mahdollisimman usein toteutettava lannanpoisto. Vastaavasti ylenmääräistä veden käyttöä puhdistuksessa tulee välttää ja lantasaäiliöt kattaa.

Lannanlevitys voidaan tehdä usealla eri menetelmällä, joiden työnkäyttö eroaa toisistaan. Lietelannan kohdalla työnkäyttöön vaikuttaa säiliö(kuorma)koko, ajonopeus levityksen aikana sekä lietteen levitystapa, joita ovat hajalevitys pellon pintaan, letkulevitys pellon pintaan ja sijoituslevitys vannasmultaimella (kiekko- tai vetovannas) tai paineella ruiskuttamalla vähintään viiden sentin syvyyteen. Sijoituslevityksessä kasvit saavat käyttöönsä 85 % lietteen liukoisesta typestä, vastaavasti hajalevityksessä hyötykäytön osuus on vain 50 %. Lisäksi liotelannan käsittelyn työnkäyttöön vaikuttavat kuormausaika, kuljetuksen ajonopeus, kuljetusmatka sekä lietteen sekoituksen vaatima työmäärä, joka on tosin lähes kokonaan konetyöaika.

Kiinteä lanta levitetään levitysvaunuilla, ja levityksen työnkäyttöön vaikuttavat samat asiat kuin liotelannan levityksessä pois lukien sekoitus.

Levitys ja siirtoajo voidaan tehdä joko tilan omalla kalustolla ja työvoimalla tai osin/kokonaan urakojijan tekemänä. Yleensä urakojijalla on tehokkaampi kalusto, jolloin työ saadaan tehtyä lyhyemmässä ajassa.

Lietelannan määrää ja siten varastointikapasiteetin tarvetta voidaan vähentää pesuvesien kierrätyksellä (Motiva 2011). Isolla 120 lehmän maitotilalla pesuvesien kierrätyksellä vähennetään paitsi raakaveden tarvetta myös lietteen määrää; kun maitolaitteiden ensimmäinen huuhteluvesi ohjataan lietesäiliöön ja seuraavat huuhteluvedet kerätään uudelleen käyttöön, liotelannan määrä on vähentynyt 350 m³ vuodessa. Tämä puolestaan lyhentää osaltaan lietteen levitykseen tarvittavaa aikaa.

2.3 Lietteen separointi

Lietelannan separoinnissa lannassa oleva neste ja kiinteä aines erotetaan mekaanisesti toisistaan. Tällä menettelyllä pystytään tasaamaan työhuippuja, koska pellolle levitettävää nestefraktiota on vähemmän. Samalla sen käyttö monipuolistuu, koska se on tasa-laatusempaa kuin erottelematon liete. Kuivajae voidaan kompostoida ja sen käyttömahdollisuudet ovat paljon laajemmat kuin erottelemattoman lietteen. Kuivajae voi-

daan myös levittää kaukaisimmille pelloille ja nestefraktio lähipelloille, jolloin voidaan saavuttaa säästöjä kuljetuskustannuksissa.

Erottaminen tapahtuu yleensä hitaasti pyörivän ruuvikuivaimen avulla, joka puristaa lietteen seulan läpi. Käsittelyssä syntyvät kuivajae ja nestejake joudutaan varastoimaan ja käsittelemään erikseen. Tunnissa voidaan separoida 10–100 m³ lantaa. Lantamäärä riippuu separointilaitteen tehosta ja lannasta – sian lietteen separointi on nopeampaa kuin naudon lietteen. (Rönkkö 2012)

Lietelannan separoinnin tuloksena raakalietteestä syntyy nestejaetta ja kuivajaetta (vesipitoisuus 65–90 %), jota voidaan varastoida ja käyttää kuten kuivalantaa (Lillunen ja Yli-Renko 2011). Kuivajakeen osuus on noin 15 % raakalietteen massasta – naudalla vähän korkeampi kuin sialla – kuitenkin parhaimmillaan vain 20 %. Ruuviseparaattorilla (Hjorth ym. 2009, ref. Lillunen ja Yli-Renko 2011) kuivajakeeseen saadaan kokonaismassasta keskimäärin 11 % (suomalaistutkimuksessa 10–18 %), kuiva-aineesta 37 % (43–50 %), kokonaistypestä 15 % (9–21 %) ja fosforista 17 % (2–41 %). Separoidun lannan kuiva-ainepitoisuudet ja tilavuuspainot (Lillunen ja Yli-Renko 2011) ovat seuraavat:

- tilavuuspaino sian lanta: raakaliete 1,00 t/m³ (0,96 - 1,03 t/m³), separoitu kuivajae 0,43 t/m³ (0,29 - 0,50 t/m³), nestejake 1,00 t/m³ (1,01 - 1,02 t/m³)
- lypsykarja raakaliete 1,01 - 1,02 t/m³, kuivajae 0,42 - 0,48 t/m³, nestejake 1,01 - 1,02 t/m³

Ruuviseulaseparaattori sopii ulkomaisten tutkimusten mukaan lähinnä lietelannan esikäsittelyyn suurikokoisten kuitujen poistamiseen (Hjorth ym. 2009). Sitä vastoin ravinteiden erottamiseen vaatii laskeuttamista tai mikro-suodatusta. Ilman kemikaalilisäyksiä fosfori voidaan poistaa lietteestä mekaanisesti tehokkaasti vain lingon avulla.

Nestejake on helppo levittää lannanlevittimellä, sillä se virtaa hyvin ja imeytyy nopeasti maahan. Se myös tuottaa nopeasti lannoitusvaikutuksen. Levitysjälki on siisti korrenkasvuvaiheessa olevaan kasvustoon letkulevittimellä levitettäessä: pellon pinnalla ei näkynyt lantaisia jälkiä, ainoastaan saven väri oli levitysraidan kohdalla hieman tummempi. Kasvuston värin perustella nestejakeen tyyppi imeytyy hyvin kasvien käyttöön. Nestejakeen suuri kaliumpitoisuus (suhde tyypeen samaa luokkaa kuin lietteessä) saattaa rajoittaa nestejakeen tehokasta käyttöä nurmen lannoituksessa. (Lillunen ja Yli-Renko 2011)

Kuivajake kompostoituu hyvin, ja jakeen haju muuttuu miedon multamaiseksi. Sian lannasta peräisin oleva kuivajake kompostoituu naudonlannasta peräisin olevaa kuivajaetta täydellisemmin, mikä saattaa johtua sianlietteen korkeammasta typpipitoisuudesta. Kuivajake on hienojakoista ja tasalaatuista, joten sen levittäminen on helppoa kaikilla kuivalantavaunuilla. (Lillunen ja Yli-Renko 2011)

Sianlannasta erotetussa kuivajakeessa NPK-suhde on keskimäärin 1,5 - 1,8 - 0,8 ja naudannasta erotetussa kuivajakeessa 0,7 - 0,8 - 1,6. Kuivajaekuorman ravinteisiin perustuva taloudellinen arvo voi olla 10 - 90 euroa riippuen vastaanottavan pellon ravinnetilasta ja viljelykasvin ravinnetarpeesta (taulukko 1). Kuivajaekuorman typen arvolla (10 €/kuorma) ei kateta vielä levityskustannusta (25 €/kuorma). Jos kaikki kuivajakeen ravinteet tulevat tarpeeseen, katetaan myös 30 kilometrin rahti (2 €/km). Ravinteiden lisäksi lannan orgaanisella aineksella on pellolle maanparannusarvoa, joka ei ole vielä mukana edellä mainitussa kuivajaekuorman arvossa. Maanparannusturpeen ja -mullan ostohinnalla laskettaessa kuivajaekuorman maanparannusarvoksi saadaan 40 – 260 €. (Lillunen ja Yli-Renko 2011)

Taulukko 1. Separoitujen kuivajakeiden arvo NPK-lannoitteiden hinnan (lokakuu 2010) kautta määritettynä sian- ja naudannaliettele 13 m³:n kuivajaekuormalle (Lillunen ja Yli-Renko 2011).

Sianliete	Liuk. N	P	K	
Lannoitehinta	1,07	2,3	0,84	€/kg
	19	24	10	kg/kuorma
	20	55	9	€/ravinne/kuorma
Yhteensä			84	€/kaikki ravinteet/kuorma

Naudanliete	Liuk. N	P	K	
Lannoitehinta	1,07	2,3	0,84	€/kg
	10	10	21	kg/kuorma
	10	24	17	€/ravinne/kuorma
Yhteensä			51	€/kaikki ravinteet/kuorma

Myös biokaasutukseen menevä tai biokaasutettu lanta voidaan separoida. Separoinnilla voidaan vaikuttaa voimakkaasti kuljetuskustannuksiin (Foged 2012).

2.4 Lietteen biokaasutus

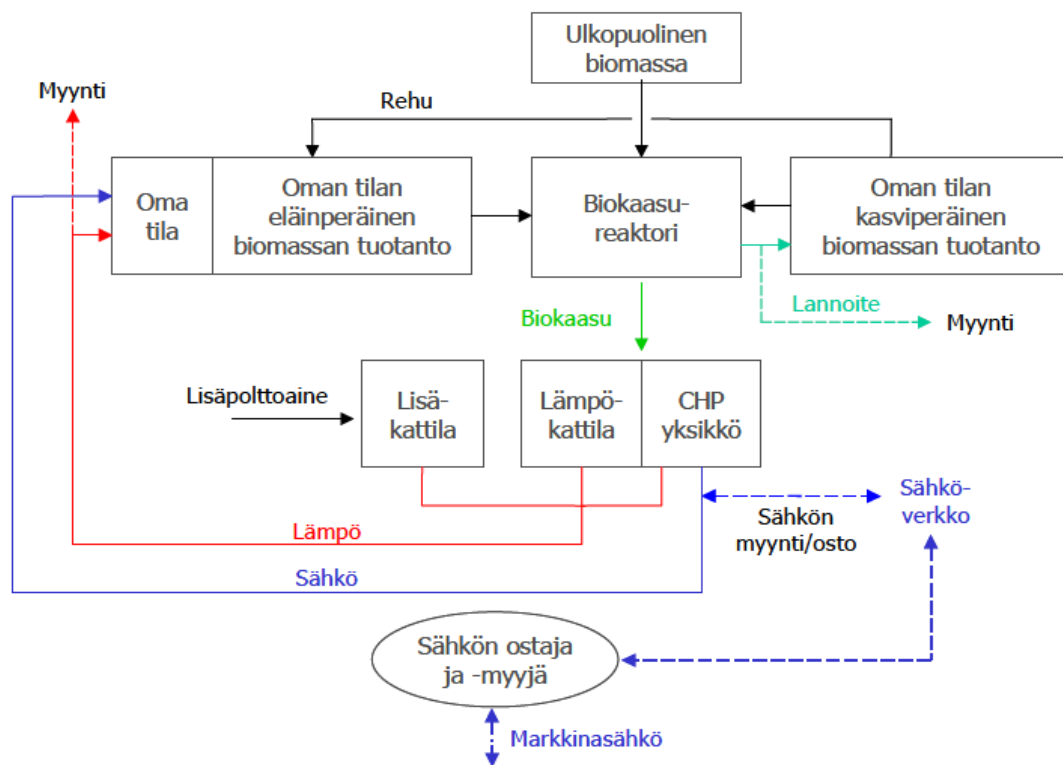
Karjanlannan biokaasutuksen avulla vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä ja edistetään uusiutuvien energialähteiden käyttöä energiantuotannossa. Uudistuvien energialähteiden käyttö puolestaan lisää työllisyyttä ja vähentää riippuvuutta tuontienergiasta. Lannan biokaasutus tarjoaa mahdollisuuden ratkaista samaan aikaan sekä jätteenkäsittelyn että ympäristövaatimusten tavoitteet. Biokaasutus vähentää myös kotieläintuotannon hajuhaittoja.

Tanskassa karjanlannasta jo lähes 10 % prosessoidaan biokaasulaitoksissa, ja tanskalaisista sika- ja maitotilallisista noin 20 % on mukana biokaasuntuotannossa (Foged 2012). Suurin osa biokaasuntuotannossa mukana olevista tiloista on osakkaina viljelijöiden

yhteisissä teollisuusmittakaavan biokaasulaitoksissa. Näitä maassa on 20 kappaletta, ja ne käsittelevät vuodessa keskimäärin yli 100 000 tonnia karjanlantaa ja muuta biomassaa. Yksi teollisuusmittakaavainen biokaasulaitos käyttää 40–100 tilalta peräisin olevan karjanlannan. Tilatason biokaasulaitoksia Tanskassa on 57 kappaletta, jotka siis käyttävät yhden karjatilan lannan. Tilatason biokaasulaitokset ovat lähinnä isojen tilojen, erityisesti lämmöntuotantoa hyödyntävien sikatilojen ratkaisuja. Tilatason biokaasulaitokset käyttävät biomassaa vuodessa keskimäärin 25 000 tonnia. Vihreän Kasvun Suunnitelman (*Green Growth Plan* vuodelta 2009) mukaan vuonna 2020 karjanlannasta jo 50 % pitäisi hyödyntää energiantuotannossa ennen levitystä lannoitekäyttöön. Tilakohtaisten tekijöiden suuren vaihtelun takia yhtä kaikille soveltuvaa parasta biokaasulaitosratkaisua ei ole olemassa, vaan paras vaihtoehto joudutaan selvittämään aina tilakohtaisesti. (Foged 2012)

Biokaasulaitokset ovat vielä suhteellisen harvinaisia suomalaisilla maataloilla. Itävaltalaisilla maataloilla biokaasua tuotetaan selvästi keskikokoista suuremmilla, keskimäärin noin 70 pellohehtaarin ja 64 eläinyksikön tiloilla (Walla ja Schneeberger 2005). Näistä tiloista 2/3 on maitotiloja ja lähes neljännes (23 %) harjoittaa luomutuotantoa, vaikka itävaltalaisista tiloista keskimäärin vain 9 % on luomutuotannossa. Biokaasua tuottavista tiloista noin 15 % on yhteistoiminnallisia tiloja. Vaikka tiloista yli 90 % on kotieläintiloja, energiakasvien käytön merkitys prosessissa on kasvanut. Tärkeimpinä motiiveina biokaasun tuottamiseen ovat lannan ominaisuuksien parantaminen sekä oma energiantuotanto. (Walla ja Schneeberger 2005)

Maatilalla toimiva biokaasulaitos, joka käyttää syötteinä vuosittain lietelantaa 2 500 m³ ja muita jakeita (yhdyskuntalietettä, esikäsiteltyjä ja hygienisoituja rasvoja sekä perunanjätettä) enintään 1 500 m³, tuottaa vuodessa sähköä 250 000 kWh ja lämpöä yli 500 000 kWh (Motiva 2011). Lietelanta toimii prosessissa energiatehokkaampien jakeiden kuljetusaineena. Tilan ulkopuolisista jakeista saadaan porttimaksu, jolla laitoksen kannattavuutta parannetaan huomattavasti. Lisäksi ulkopuoliset jakeet, kuten myös pelto- ja eläinbiomassa, parantavat biokaasulaitoksen hyötysuhdetta. Tilan ulkopuolisia jakeita käytettäessä on otettava huomioon lainsäädännölliset rajoitteet biokaasutetun lietteen käytössä lannoitteena.



Kuvio 1. Kuvaus biokaasulaitoksen toimintaprosesseista (Hagström ym. 2005).

Biokaasutettu liete toimii hyvänä lannoitteena (Motiva 2011). Sitä käsitellään kuten normaalia lietelantaa. Mädätysjäännöksen lannoitusvaikutukset ovat usein paremmat kuin käsittelemättömän materiaalin, sillä osa ravinteista muuttuu kasveille käyttökelpoisempaan muotoon ja C/N-suhde ja kuiva-ainepitoisuudet laskevat (Erjava 2009). Peltolevityksessä ammoniakkipäästöt voivat tosin kasvaa, jonka vuoksi multausta suositellaan (Erjava 2009). Samasta syystä lietesäiliöiden tulisi olla katettuja. Biokaasutus vähentää hajuhaittoja (Erjava 2009, Motiva 2011) ja typpioksiduulipäästöjä (Erjava2009). Lisäksi biokaasutettu lanta on tasalaatuisempaa ja helpompi käsitellä (Erjava 2009). Lietteen määrä ei muutu merkittävästi biokaasutuksessa (Kalmari 2006). Koska ammoniumtyypen osuus on suurempi kuin käsittelemättömässä lietelannassa, sama lannoitusvaikutus voidaan usein saavuttaa 10–20 % pienemmällä levitysmäärillä (Foged 2012).

2.5 Muut lannankäsittelyvaihtoehdot

Uusia teknologioita on kehitetty myös siihen, että pystyttäisiin erottamaan neste lähes kokonaisuudessaan kuiva-aineesta. Tällaisia teknologioita ovat mm. MTT:ssa kehitetty mikrobiologisiin prosesseihin perustuva teknologia, josta Pellon Group on tuotteistanut kaupallisen sovelluksen sekä ns. elektroflotatioon perustuva vedenpuhdistusprosessi. Tässä vedessä olevat hiukkaset ja liuenneet aineet saostetaan kiintoaineeksi ja tuestä ja fosforista yli 99 % saadaan poistettua vedestä.

Prosesseissa jäljelle jäävä neste on lähes pelkkää vettä, jolloin sen käsittely on huomattavasti helpompaa, koska kuljetusmatkat jäävät olennaisesti lyhyemmiksi. Ravinteet jäävät kuivajakeeseen, jonka käyttö on huomattavasti helpompaa ja monipuolisempaa erottelemattomaan lietteeseen verrattuna.

Tilatason sovellukset ovat kuitenkin vielä prototyyppivaiheessa. Jos investointikustannus onnistutaan saamaan kilpailukykyiselle tasolle, nämä teknologiat tarjoavat tulevaisuudessa merkittävän mahdollisuuden lannankäsittelyn ja myös pellonkäytön hallintaan, sillä jäljelle jäävän massan käsittelyssä hyödyt olisivat huomattavasti separointia suuremmat. Kattavasti lannankäsittelyteknologiat on kuvattu Luostarisen ym. (2011) tutkimuksessa.

2.6 Lietelannan muu hyödyntäminen

Lietelannasta voidaan ottaa myös lämpöä talteen lämpöpumpputekniikan avulla ja hyödyntää näin saatava lämpö tuotantorakennuksen lämmityksessä (Motiva 2011). Maatillalla, jonka lämmönkeruu perustuu kolmeen maapiiriin: lantäsäiliön alle tiivistettyyn hiekkaan asennettuun piiriin, navetan sisäisen lannan kokoojakuilun pohjavaluun asennettuun piiriin ja navetan vierellä olevaan peltoon noin metrin syvyyteen asennettuun piiriin, reilun vuoden ajan kestäneen mittauksen perusteella maalämpöjärjestelmän lämpökerroin (COP, tuotettu energia jaettuna kulutetulla energialla) oli 4,9 (Hietala 2013). Kerroin on suurempi kuin laitteen valmistaja ilmoittaa lämpö kokonaan maasta otettaessa (COP-arvo 4,4), joten maalämpöpumpun hyötysuhde paranee lietesäiliön ja lietekuilun pohjavaluun sijoitetun lämmönkeruuputkiston avulla. Samantyyppisiä järjestelmiä on käytetty myös sikaloissa. Lannan jäähdyttäminen alentaa myös (sian) lietteen ammoniakkipitoisuutta.

3. TYÖMÄÄRÄLASKELMAT LANNANKÄSITTELYN ERI VAIHTOEHDOS- TOEHDOISSA

3.1 Tarkasteltavat vaihtoehdot

Perusvaihtoehtona tarkastellaan kotieläintilaa, jonka vuotuinen lantamäärä on 4 900 m³. Tämä vastaa kahden robotin maidontuotantotilaa (140 lehmää, 121 hiehoa ja 11 vasikkaa), 2 500 lihasian tai 700 emakon porsaineen tuottamaa lantamäärää.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa tilalle rakennetaan tämän lantamäärän kaasuttava laitos.

Toisessa vaihtoehdossa oletetaan, että prosessiin lisätään lannan lisäksi (kuiva-ainemäärältään) saman verran muuta biomassaa (esim. säilörehua). Laskentaperusteet ovat muutoin samat kuin edellä, mutta muun biomassan osalta arvioidaan myös sitä, mitä se maksaisi itse tuotettuna tai mikä sen markkinahinta voisi olla.

Kolmantena vaihtoehtona tarkastellaan sitä, että tila toimittaisi kaiken lannan isolle laitokselle, jolle pitäisi maksaa porttimaksu lannan vastaanottamisesta. Tätä verrataan muihin vaihtoehtoihin erityisesti pellon tarpeen ja työmäärän suhteen. Vaihtoehdot lasketaan sekä sille, että biokaasuyrittäjä hoitaa lannan ”markkinoinnin” että sille vaihtoehdolle, että kaasutuksen jälkeinen homogenisoitu lanta palautetaan tilan pelloille takaisin.

3.2 Työmäärät eri vaihtoehdoissa ja eri työvaiheissa

3.2.1 Levitystyö

Edellä mainitun kokoisen lypsykarjatilan lietemäärän (4 904 m³/vuosi) levitykseen 15 m³ lietevaunulla (letkulevitys, työleveys 16 m) kuluu aikaa 213 h/vuosi, kun levitettävä lietemäärä on 35 m³/ha ja peltolohkojen keskietäisyys 8,29 km (kahden robotin maitokarjatilan peltopinta-alalle 154,5 ha pohjoissavolaisesta peltolohkokesteriaineistosta johdettu lohkojen keskimääräinen maantie-etäisyys). Tästä ajasta varsinaiseen levitykseen kuluu noin 65 h ja kuljetukseen loput 148 h, joten siirtomatkan pituus tilakeskuksesta pellolle vaikuttaa hyvin voimakkaasti levitystyöhön tarvittavaan työmäärään. Jos liete (etenkin biokaasutettu) levitetään pellolle sijoittamalla, levitysaika (varsinainen levitys) kasvaa (tasolle 100 h/vuosi).

3.2.2 Biokaasulaitoksen hoitotyö

Lannan käsittelyn vaatima työmäärä kasvaa biokaasulaitoksen rakentamisen jälkeen, sillä biokaasulaitoksen hoitaminen vie päivittäin reaktorin tehosta riippuen keskimäärin (mm. Gronbach 2009, Steiner 2009, Plogsties ja Linke 2010) tunnista muutamaan tuntiin eikä biokaasutus vähennä lietteen määrää eli lietteen levitystyön määrä pysyy samana.

Itävallassa tehdyn tutkimuksen (Walla ja Schneeberger 2005) mukaan biokaasutuksessa yksinomaan lietettä ja lantaa käyttävien tilojen työmäärä biokaasun tuotantoon (18–330 kW_{el}) on keskimäärin 1,1 h/pv (vaihtelu 0,35 - 1,75 h/pv), kasvifermentaatiota (energiakasveja) käyttävillä tiloilla työmäärä on keskimäärin 1,25 h/pv (vaihtelu 0,5 - 2 h/pv) ja orgaanista jätettä käyttävien tilojen työmäärä on keskimäärin 1,7 h/pv (vaihtelu 0,5 - 5,3 h/pv). Työmäärävaihtelua syntyy mm. automaation käyttämisestä; automaation avulla voidaan vähentää ihmistyön tarvetta. Suomalaistutkimuksen (Kalmari 2006) mukaan biokaasulaitoksen työkustannus riippuu sekä biokaasulaitoksen koosta ja automaatiotasosta. Noin 1200 MWh:n laitoksen työkustannus on noin 2 200 €/vuosi (1 000 € + 1 €/MWh) (Hagström ym. 2005). Saksalaistutkimuksissa (KTBL 2010/11, Plogsties ja Linke 2010, Plogsties 2013) maatilatason biokaasulaitoksen hoitaminen vaatii noin 13 tuntia viikossa (1,9 h/päivä), kun syötteenä käytetään yksinomaan lantaa. Peltobiomassan käyttö lisää viikoittaista työmäärää keskimäärin 10 tuntia (22–24 tuntia/viikko eli 3,2–3,4 h/päivä). Keskeisimmät häiriöt liittyvät CHP-laitokseen, syöttölaitteeseen ja sekoittimeen – häiriöihin liittyvästä työajasta keskimäärin $\frac{3}{4}$ liittyy näihin (Plogsties 2013).

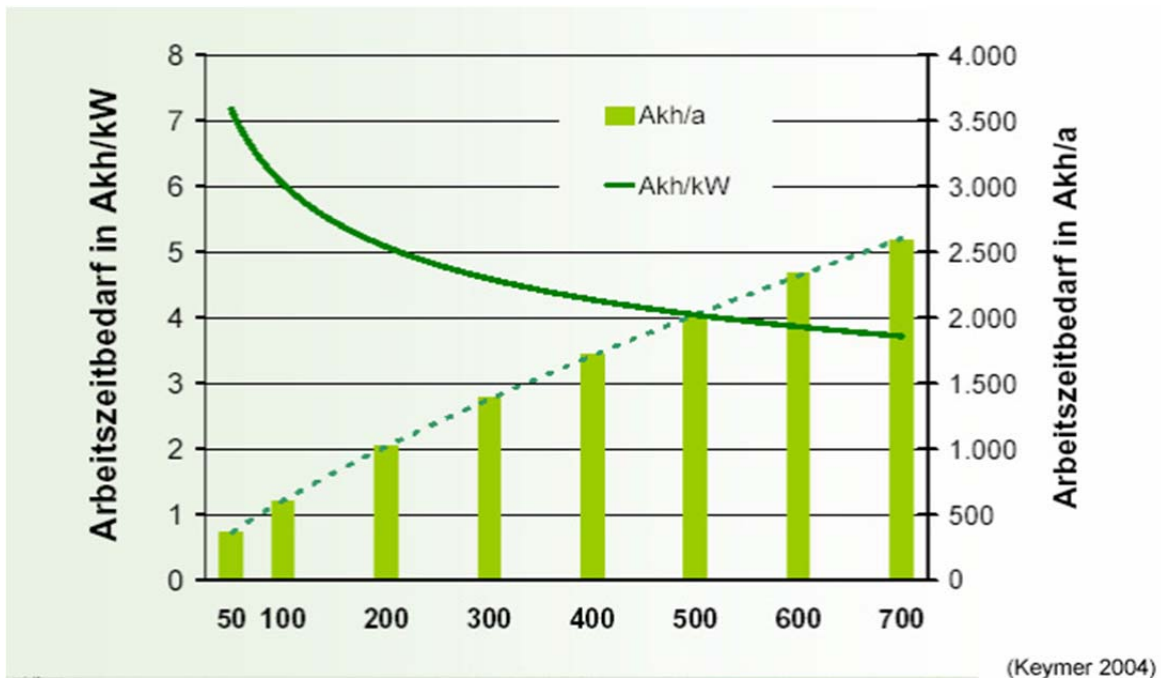
Taulukko 2. Biokaasulaitoksen vaatima keskimääräinen viikoittainen työmäärä.

	Työmäärä, h/vko		
	KTBL 2010	Plogsties & Linke 2010	Plogsties 2013
Tarkastuskäynnit	4,4	4,4	3,3
Kirjanpito- ja toimistotyöt	2,7	2,7	3,5
Huolto, pienet korjaukset	3,2	3,2	3,2
Massanlisäys		9,3	11,4
Häiriöiden poistaminen	2,7	2,8	2,6
Yhteensä	13,0	22,4	24,0

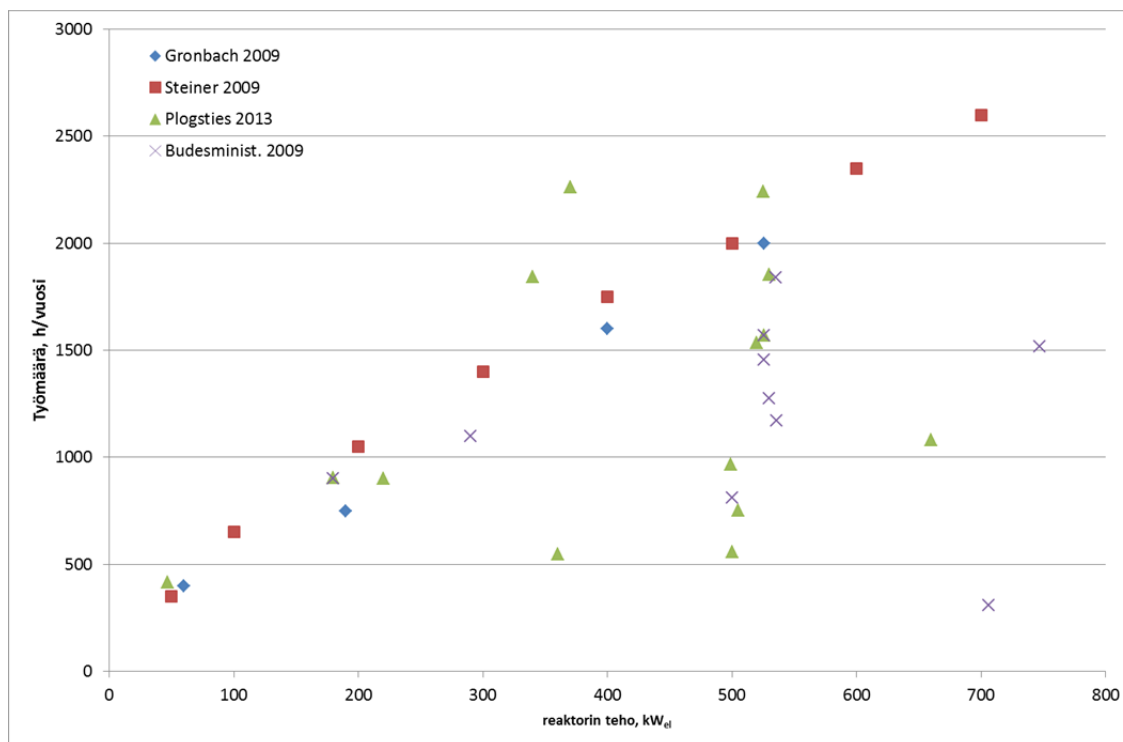
Saksalaislähteiden mukaan työmäärä on siis hiukan suurempi kuin pohjoismaalaisissa ja itävaltalaisissa tutkimuksissa. Ero selittynee sekä reaktorin koolla että laitoksen automaatiotasolla. Reaktorikoon kasvaessa vuosittainen työmäärä kasvaa. Työmäärän kasvu on kuitenkin reaktorin tehon kasvuun nähden vähäisempi, joten tuotettua energiayksikköä kohti työmäärä pienenee reaktorikoon kasvaessa (Steiner 2009). Suurikokoisissa reaktoreissa on paremmat mahdollisuudet automatisoida toimintoja.

Taulukko 3. Biokaasulaitoksen reaktorikoon (kW_{el}) ja biokaasulaitoksen vaatiman hoitotyön (h/vuosi) välinen yhteys (Gronbach 2009).

Reaktorikoko, kW_{el}	Työmäärä, h/vuosi
60	400
190	750
400	1600
526	2000



Kuvio 2. Työmäärä (h/kW ja h/vuosi) biokaasulaitoksen kokoluokan (50–700 kW) mukaan (ref. Steiner 2009).



Kuvio 3. Vuosittainen työmäärä erikokoisissa biokaasulaitoksissa.

Yhteenvedon voidaan todeta, että biokaasulaitoksen vaatima työmäärä vaihtelee samankokoisissakin yksiköissä. Muun biomassan (esimerkiksi peltobiomassan) lisäämisen vaikutus työmäärään on suuri – sen osuus kokonaistyömäärästä on saksalaistutkimuksissa runsaat 40 %, sillä Keski-Euroopassa maissisäilörehun osuus biomassasta on merkittävä ja myös muita kasviperäisiä biomassoja käytetään yleisesti. Keskieurooppalaisia työmäärälukuja on suuren peltobiomassaosuuden ja myös biokaasulaitosten suuremman keskikoon takia sovellettava varovaisesti suomalaisiin olosuhteisiin.

3.2.3 Biomassan tuottamisen vaatima työmäärä

Biokaasulaitoksen hyötysuhde paranee ja toiminta tehostuu, jos lannan lisäksi käytetään kasviperäistä mädätettä. Suomessa luontevin vaihtoehto olisi nurmisäilörehu. Saksassa ja Itävallassa biomassana käytetään yleisesti maissisäilörehua. Tämä biomassaa voidaan joko tuottaa samalla tilalla kuin biokaasulaitos sijaitsee tai sitten se voidaan ostaa lähellä olevilta muilta tiloilta. Saksassa tyypillinen toimintamalli on sellainen, että tila, jolla biokaasulaitos sijaitsee, ostaa ympäröiviltä tiloilta maissisäilörehua täydentämään omaa lantaraaka-ainettaan. Fermentoitu ja homogenisoitu lanta palautetaan sitten lannoitteena biomassan tuottaneelle tilalle tai myydään ulkopuolisille. Kaikille näille tuotteille on muodostunut markkinahinta.

Taulukossa 4 on tarkasteltu eri säilörehunurmen tuotantoteknologioiden vaatimia työmääriä suomalaisissa oloissa. Laskelmat on tehty perusvaihtoehdon esimerkille siten,

että biomassaa olisi kuiva-aineena laskettuna yhtä paljon kuin lietalannassa on kuiva-ainetta. Koska naudat (5,6 %) ja sian (4,0 %) lannan kuiva-ainepitoisuus on erilainen (nauhan lannan ka-pitoisuus selvästi korkeampi), biomassaa on erisuuret määrät riippuen siitä, onko kyseessä nauhan vai sian lantaan perustuva 4 900 m³ biokaasulaitos. Käytännössä lietalannan kuiva-ainepitoisuuden vaikuttaa eläinlajin lisäksi mm. käytetty tekniikka lietteen käsittelyn eri vaiheissa, kuivikemateriaali ja kuivikkeen määrä, vedenkäyttö karjarakennuksessa ja jäännösrehun käsittely (Foged 2012). Niinpä lietalannan kuiva-ainemäärä vaihtelee (levitysvaiheessa pellolle) välillä 2–10 %.

Työmäärät on laskettu olettaen, että säilörehun hehtaarikohtainen tuoresato on 22 000 kg/ha (kuiva-ainesato 6 600 kg/ha), jolloin nauhanlantaa käyttävillä biokaasulaitoksilla tarvitaan lisäpeltopinta-alaa 42,4 ha saman kuiva-ainemäärän tuottamiseen biokaasuprosessiin, mitä nauhan lietalannassa on. Vastaavasti sianlantaa käyttävillä biokaasulaitoksilla tarvitaan lisäpeltopinta-alaa 30,3 ha.

Biosäilörehun tuottamisen työmäärälaskelmat (varsinaiset peltotyöt) tehtiin TTS-Manager-ohjelmalla (Kaila ja Tuure 2007). Näitä laskelmia täydennettiin peltotöiden siirtymiin, kuljetuksiin ja pellolla tapahtuviin valmisteluihin (ks. taulukko 4) liittyvällä erillisellä taulukkolaskentaohjelmapohjaisella laskelmalla. Laskennat perustuvat keskimääräiseen työteholuokkaan (standardiaikoihin) ja tyypillisiin perusvaihtoehtojen karjankokoluokan menetelmiin ja koneisiin. Vaihtoehtoisina korjuumenetelminä laskelmissa käytettiin ajosilppuria, tarkkuussilppuria, noukinvaunua ja pyöröpaalainta. Korjuuketjun työkoneyksiköiden ja henkilöiden lukumäärä määräytyy osittain kuljetusetaisyyden perusteella; lähtökohtana on, että korjuukone saa työskennellä jatkuvasti ja kuljetuskapasiteettia on käytettävissä riittävästi. Laskelmat perustuvat peltolohkojen keskietäisyyksiin, jolloin keskietäisyyden kasvaessa kuljetusyksiköitä tarvitaan enemmän.

Siirtymis- ja kuljetusaikojen laskennassa pohjana käytetyt ajonopeudet perustuvat TTS:ssa tehtyihin aikaisempiin tutkimuksiin (mm. Tuure 2012) sekä yksittäiseltä isolta maatilalta saatuihin, tilalla mitattuihin ajonopeuksiin. Keskimääräinen ajonopeus määrytyi lisäksi peltojen maantie-etäisyyksien perusteella siten, että alle 1 km:n etäisyyksillä (korjuualueelle varastointi) käytettiin ajonopeutta 12 km/h (pihatie/peltotie), ja yli 5 km:n etäisyyksillä ajonopeutta 40 km/h (maantie). Laskelmia simuloitiin eri korjuuetäisyyksillä (10 km, 20 km, 30 km, 40 km ja 50 km) sekä eri vaunu-/kuormakooilla, jotka näkyvät alla. Lietalannan käsittelyssä kuljetusten osuus työajasta on erittäin merkittävä ja siten siirtoetaisyyden vaikutus kokonaistyöaikaan.

Taulukko 4. Työmäärän (h/vuosi) koostelaskelmat biorehun tuottamisesta eri menetel- millä ja näiden simulointeja eri etäisyyksillä ja suuremmalla kuormakoolla (taulukon kuljetuksissa kuormakoot ajosilppurikorjuussa 34 m³, tarkkuussilppurikorjuussa 21,3 m³ ja noukinvaunukorjuussa 32 m³; pyöröpaalien määrä 16 paalia/kuorma).

		Säilörehusato 22000 kg/ha (tuoesato)							
		Säilörehuala, ha:	Nauta	Sika					
			42,4	30,3					
		Säilörehun viljelytöt 10 km etäisyydeltä							
	Vars.peltotyöt	Siirtymiset	Kuljetukset	Valmistelut	Yhteensä	Kuljetukset			
Ajosilppuri_bio_nauta	151,3	8,2	67,1	4,9	231,5	57,3	40 m3 vaunulla		
Ajosilppuri_bio_sika	108,1	6,0	48,4	3,5	166,0	41,9	40 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_nauta	205,6	9,3	106,6	4,3	325,8	76,1	30 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_sika	144,1	8,2	76,9	3,0	232,2	55,1	30 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_nauta	201,3	12,5	66,3	4,3	284,4	52,1	40 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_sika	141,0	10,4	47,5	3,0	201,9	37,6	40 m3 vaunulla		
Pyöröpaalain_bio_nauta	222,4	14,7	51,6	4,3	293,0	35,2	24 paalia kerralla		
Pyöröpaalain_bio_sika	156,0	11,4	37,1	3,0	207,5	25,1	24 paalia kerralla		
		Säilörehun viljelytöt 20 km etäisyydeltä							
	Vars.peltotyöt	Siirtymiset	Kuljetukset	Valmistelut	Yhteensä	Kuljetukset			
Ajosilppuri_bio_nauta	151,3	16,4	133,6	4,9	306,2	113,9	40 m3 vaunulla		
Ajosilppuri_bio_sika	108,1	12,0	96,4	3,5	220,0	83,3	40 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_nauta	205,6	18,5	212,3	4,3	440,7	151,3	30 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_sika	144,1	16,4	153,2	3,0	316,7	109,6	30 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_nauta	201,3	29,4	127,3	4,3	362,3	99,0	40 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_sika	141,0	22,9	92,1	3,0	259,0	72,5	40 m3 vaunulla		
Pyöröpaalain_bio_nauta	222,4	29,4	102,2	4,3	358,3	69,5	24 paalia kerralla		
Pyöröpaalain_bio_sika	156,0	22,9	73,6	3,0	255,5	49,6	24 paalia kerralla		
		Säilörehun viljelytöt 30 km etäisyydeltä							
	Vars.peltotyöt	Siirtymiset	Kuljetukset	Valmistelut	Yhteensä	Kuljetukset			
Ajosilppuri_bio_nauta	151,3	24,5	200,1	4,9	380,8	170,6	40 m3 vaunulla		
Ajosilppuri_bio_sika	108,1	18,0	144,3	3,5	273,9	124,7	40 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_nauta	205,6	27,8	318,1	4,3	555,8	226,5	30 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_sika	144,1	24,5	229,5	3,0	401,1	164,1	30 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_nauta	201,3	50,7	184,0	4,3	440,3	141,5	40 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_sika	141,0	40,9	131,4	3,0	316,3	102,0	40 m3 vaunulla		
Pyöröpaalain_bio_nauta	222,4	44,1	152,9	4,3	423,7	103,9	24 paalia kerralla		
Pyöröpaalain_bio_sika	156,0	34,3	110,1	3,0	303,4	74,2	24 paalia kerralla		
		Säilörehun viljelytöt 40 km etäisyydeltä							
	Vars.peltotyöt	Siirtymiset	Kuljetukset	Valmistelut	Yhteensä	Kuljetukset			
Ajosilppuri_bio_nauta	151,3	32,7	266,5	4,9	455,4	227,3	40 m3 vaunulla		
Ajosilppuri_bio_sika	108,1	24,0	192,3	3,5	327,9	166,1	40 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_nauta	205,6	37,1	423,8	4,3	670,8	301,7	30 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_sika	144,1	32,7	305,8	3,0	485,6	218,6	30 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_nauta	201,3	76,3	236,3	4,3	518,2	179,6	40 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_sika	141,0	58,9	170,6	3,0	373,5	131,4	40 m3 vaunulla		
Pyöröpaalain_bio_nauta	222,4	58,9	203,6	4,3	489,2	138,2	24 paalia kerralla		
Pyöröpaalain_bio_sika	156,0	45,8	146,6	3,0	351,4	98,7	24 paalia kerralla		
		Säilörehun viljelytöt 50 km etäisyydeltä							
	Vars.peltotyöt	Siirtymiset	Kuljetukset	Valmistelut	Yhteensä	Kuljetukset			
Ajosilppuri_bio_nauta	151,3	40,9	333	4,9	530,1	284	40 m3 vaunulla		
Ajosilppuri_bio_sika	108,1	30,0	240,2	3,5	381,8	207,5	40 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_nauta	205,6	46,3	529,5	4,3	785,7	376,9	30 m3 vaunulla		
Tarkkuusilppuri_bio_sika	144,1	40,9	382,1	3,0	570,1	273,1	30 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_nauta	201,3	106,3	284,3	4,3	596,2	213,4	40 m3 vaunulla		
Noukinvaunu_bio_sika	141,0	84,5	202,2	3,0	430,7	153,2	40 m3 vaunulla		
Pyöröpaalain_bio_nauta	222,4	73,6	254,3	4,3	554,6	172,5	24 paalia kerralla		
Pyöröpaalain_bio_sika	156,0	57,2	183,2	3,0	399,4	123,2	24 paalia kerralla		

Suhteessa kotieläinten hoitoon ja tilan kasvinviljelytöihin käytettävään työpanokseen verrattuna biomassan tuottamiseen kuluva työmäärä olisi varsin huomattava. Lyhyelläkin etäisyydellä toimittaessa työmäärä olisi sikatiloilla noin 200 h ja nautakarjatiloi-lla jopa lähes 300 h. Koska sikatiloilla ei pääsääntöisesti ole säilörehun korjuuseen tarvittavaa kalustoa, olisi biomassan tuottamisen vaihtoehto sen hankkiminen muilta tiloilta. Nautakarjatiloi-lla kalusto pääsääntöisesti on, mutta työmäärä on huomattavasti rajoittavampi tekijä kuin sikatiloilla. Lisäksi työhuippujen suhteen tilanne olisi huomattavasti hankalampi.

Normaalin säilörehunkorjuun työhuippuun päivätasolla biosäilörehun tuotannolla ei olisi vaikutusta, jos biosäilörehu voidaan korjata myöhemmällä kasvuasteella kuin eläinten ruokintaan käytettävä säilörehu. Sesonki toki pitkittyisi ja korjuu mahdollisesti hankaloituisi sääolojen mukaan. Ulkopuolista työvoimaa myös tarvittaisiin pidempään. Sesongin aikaista työmäärää ja työvoiman sekä kuljetuskaluston tarvetta voitaisiin jonkin verran pienentää varastoimalla biosäilörehu korjuualueelle, josta sitä sitten kuljetettaisiin sesongin ulkopuolella biokaasulaitokseen. Näin kuljetusten vaatimaa työmäärää voitaisiin siirtää sellaiseen aikaan, jolloin resursseja siihen on paremmin. Tämä lienee ainoa järkevä tapa toimia etenkin pidemmällä välimatkoilla. Esimerkiksi 10 km kuljetusetäisyydellä tämä merkitsisi noin 45 tunnin työmäärän säästöä korjuukaudella (2 sadonkorjuuta) vaunukoon ollessa 40 m³. 50 km etäisyydellä korjuukauden aikainen työajan säästö olisikin sitten jo lähes 270 tuntia.

3.1.4 Yhteenveto eri vaihtoehtojen vaatimasta työmäärästä

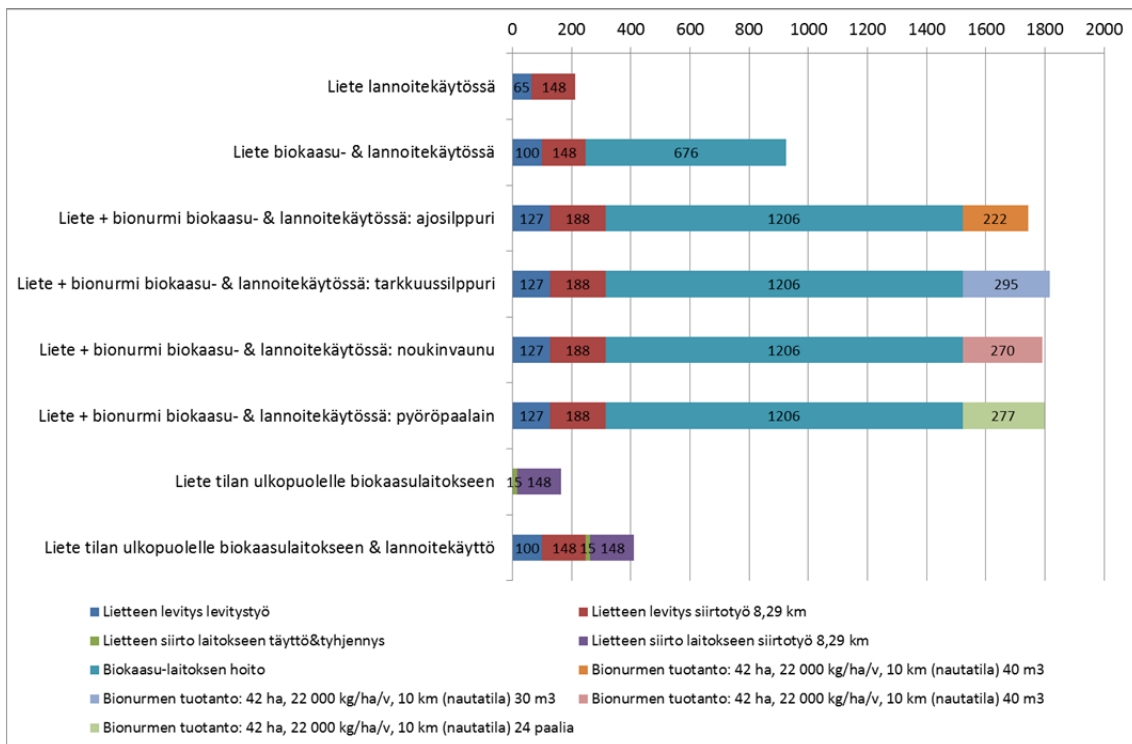
Lietteen käyttäminen perinteisesti lannoitteena pellolla merkitsee esimerkkitalan (nautatila) tapauksessa noin 213 tunnin vuosittaista työmäärää. Lietteen siirtotyön määrä tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen riippuu kuljetusetäisyydestä. Jos biokaasulaitoksen oletetaan sijaitsevan samalla etäisyydellä kuin tilan peltolohkot keskimäärin, lannankäsittelyn työmäärä vähenee noin 23 % lietteen perinteiseen lannoituskäyttöön nähden, kun tila toimittaa lietteen tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä ota sitä takaisin lannoitekäyttöön.

Jos tila ottaa käsitellyn lietteen takaisin ja peltojen etäisyys on biokaasulaitoksesta sama kuin tilakeskuksesta, lannankäsittelyn työmäärä 1,9-kertaistuu perinteiseen lannoituskäyttöön verrattuna. Jos tila rakentaa oman vain lantaa käyttävän biokaasulaitoksen, laitoksen hoitamisesta johtuva työmäärä yhdessä lietteen levityksen työmäärän kanssa kasvattaa lannankäsittelyn kokonaistyömäärän jo 4,3-kertaiseksi.

Jos tilalla lisäksi tuotetaan lannan kuiva-ainemäärää vastaava bionurmimäärä omaan biokaasulaitokseen, nurmen viljely- ja korjuutyöt yhdessä lisääntyneen biokaasulaitok-

sen hoitotöiden kanssa merkitsevät biokaasuntuotannon ja lannankäsittelyn kokonaistyömäärän 8,2–8,5-kertaistumista.

Lannan erilaisten biokaasutusvaihtoehtojen vaikutus tilan kokonaistyömäärään riippuu edellä kuvattujen lannankäsittely- ja bionurmen tuotantotöiden sekä biokaasulaitoksen hoitotöiden määrän lisäksi myös mm. siitä, kuinka työvoimavaltaisen lämmitysjärjestelmän biokaasuun siirtyminen korvaa. Jos lanta taas toimitetaan tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä sitä palauteta tilan pelloille, tilan on jotenkin korvattava lannan lannoitusvaikutus, mikä käytännössä merkitsee lisätyötä.



Kuvio 4. Lannan käsittelyvaihtoehtojen työmääristä. Lietteen levitys 15 m³:n vaunulla (levitystyö sisältää myös vaunun täytön vaatiman ajan); bionurmen tuotannossa vaunukoot ajosilppuri- ja noukinvaunukorjuussa 40 m³, tarkkuussilppurikorjuussa 30 m³ ja pyöröpaalikorjuussa 24 paalia/kuorma; biokaasulaitoksen hoitotyö KTBL 2010 ja Plogsties & Linke 2010 mukaan.

4. KANNATTAVUUS

Kannattavuus lasketaan siten, että arvioidaan kuinka paljon rakennuskustannus saisi enintään olla seuraavissa vaihtoehtoissa, jotta biokaasutus olisi kannattavaa:

- kaasu muutetaan sähköksi, josta osa käytetään omalla tilalla ja loppu myydään yleiseen sähköverkkoon – referenssihintoina käytetään keskimääräisiä maatalahintoja (tilalla käytettävä sähkö hinnoitellaan eri tavalla kuin ulos myytävä sähkö)
- kaasusta hyödynnetään 70 % lämmöntuotannossa ja 30 % sähköntuotannossa – lämpöenergia hinnoitellaan vaihtoehtoisten (öljy, hake) raaka-aineiden mukaan

Kannattavuutta ja soveltuvuutta arvioitaessa on lisäksi kiinnitettävä huomiota eri vaihtoehtojen vaatimaan työvoiman tarpeeseen ja erityisesti toisen ja kolmannen vaihtoehdon yhteydessä myös pellon saatavuuteen ja siitä aiheutuvaan pääoman tarpeeseen.

Laskelmat on tehty hyödyntäen LP-menetelmää, jonka avulla saadaan laskettua kate, joka jää kiinteiden kustannusten (poisto, korko) katteeksi. Olettamalla investoinnin kestoiksi 15 vuotta voidaan arvioida, kuinka paljon investointikustannus saisi enintään olla, jotta investointiin kannattaisi ryhtyä. Laskelmissa käytettävät skenaariot ja sähkön ja lämmön hinnoitteluperusteet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Skenaariot ja niiden hinnoitteluperusteet.

Skenaario	Sähkön hintaperuste	Sähkön hinta	Lämpöenergian hintaperuste	Lämpöenergian hinta
Sähkö I	Sähköenergia yleiseen verkkoon => sähköenergian perushinta	0,06 €/kWh		
Sähkö II	Sähkö käytetään omalla tilalla => sähköenergian perushinta + siirtohinta eli vastaa kuluttajahintaa	0,11 €/kWh		
Sähkö III	Takuuhinta yleiseen verkkoon syötettävälle energialle	0,0835 €/kWh		
CHP I (yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto 70/30)	Sähkö I	0,06 €/kWh	Korvaa hakkeella tuotetun lämmön	0,02 €/kWh
CHP II	Sähkö I	0,06 €/kWh	Korvaa öljyllä tuotetun lämmön	0,093 €/kWh
CHP III	Sähkö III + lämpöpreemio	0,0835 €/kWh + 0,05 €/kWh	Korvaa öljyllä tuotetun lämmön	0,093 €/kWh

Käytännössä nykyiset lupaehdot ja käytössä olevat järjestelmät suosivat isoja laitoksia, jotka eivät yleensä sovellu tilatason ratkaisuksi maatalouteen. Käytännössä maatalan biokaasulaitokselle ei siis maksettaisi takuuhintaa (0,0835 €/kWh). Myöskään lämpöpreemiota ei maksettaisi (0,05 €/kWh), koska maatalaratkaisut eivät täytä järjestelmän ehtoja (kokorajat ja muut ehdot) (Ek 2013). Sähkö III ja CHP III ovat siten varsin teoreettisia vaihtoehtoja, mutta ne on haluttu ottaa mukaan tarkasteluun, jotta voidaan arvioida, olisiko politiikkamuutoksen avulla mahdollista lisätä maatalojen yhteydessä tapahtuvaa energiantuotantoa. Muut LP-malleissa käytetyt laskentaperusteet, hinnat ja rajoitteet on esitetty liitteessä. Katevertailut suhteessa perusvaihtoehtoon (Base II) esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. LP-mallin katelaskelmat 120 ha tilalle jolla on 140 lypsylehmiä.

Skenaario	Kate-ero	Teho (kW)	Tuotto (MWh/vuosi)	Pelto-ala (rehuala)	Biomassa-ala (ostettu biomass)	Lypsylehmiä
Base I (ei viljaa)	-20000			94		140
Base II				120		140
Sähkö I	-3000	88	780	120	70	140
Sähkö II	35000	88	780	120	70	140
Sähkö III	14000	88	780	120	70	140
CHP I	1000	80	2085	120	70	140
CHP II	110000	80	2085	120	70	140
CHP III	156000	80	2085	120	70	140
CHP IV	-23000	27	688	120	10	140

Sähkö I vaihtoehdossa (sähkön myynti yleiseen verkkoon) kate jää pienemmäksi kuin perusvaihtoehdossa, joten investoinnin kannattavuus olisi erittäin huono. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että verkkoon syötettävän sähkön hinnan pitäisi olla yli 50 % laskelmassa oletettua korkeampi, jotta investointia kannattaisi harkita. Tässäkin tapauksessa investointikustannus saisi olla vain noin 250 000 €, johon on ilman merkittävää omaa työpanosta vaikea päästä (ks. esim. Anttonen 2010, OAMK 2011).

Jos maatalakokoisen laitoksen olisi mahdollista päästä takuuhinnan (0,0835 €/kWh) piiriin (vaihtoehto Sähkö III) investoinnin kannattavuus paranisi huomattavasti, joskaan ei riittävästi. Kannattavuusehto täytyisi, jos tämän takuuhinnan lisäksi investointikustannuksen ollessa em. suuruusluokkaa investointituki olisi noin 40 % investointikustannuksesta. Tämä ei ole tällä hetkellä mahdollista, koska päällekkäisiä tukia ei sallita (Marttinen ym. 2013).

Jos sähkön pystyy hyödyntämään omalla tilalla (vaihtoehto Sähkö II), kannattavuus on selvästi paras tarkastelluista vaihtoehdoista. Tämä muualta ostetun sähkön korvaaminen omalla laitoksella mahdollistaisi investointikustannuksen olevan noin 380 000 €. Käy-

tännössä kaikkea tämän laitoksen tuottamaa sähköä (780 MWh) ei tämän kokoluokan maatilalla kuitenkaan normaalioloissa kulu. Todennäköisesti vähintäänkin puolet pitäisi myydä tilan ulkopuolelle sähköenergian perushinnalla. Tällöin kannattavuus olisi liki-main samaa suuruusluokkaa kuin vaihtoehdossa Sähkö II.

Yhdistetyssä lämmön ja sähköntuotannossa laitoksen hyötysuhde kasvaa selvästi. Saman kokoluokan laitoksella pystytään tuottamaan noin kolminkertainen määrä energiaa. Samalla myös investointikustannus kasvaa jonkin verran. Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti se, millä hinnalla lämpö (kaasu) voidaan myydä tilan ulkopuolelle tai mikä on sen vaihtoehtoiskustannus tilan omassa käytössä. Jos vaihtoehtoiskustannuksena käytetään hakkeen hintaa, eivät investoinnin kannattavuusedellytykset täyty. Jos vaihtoehtoiskustannuksena käytetään öljyn hintaa, investoinnin kannattavuus paranee huomattavasti.¹

Ongelma on kuitenkin se, että näin suurta määrää lämpöenergiaa (noin 1 400 MWh) ei pystytä käyttämään omalla tilalla normaalioloissa. Käytännössä investoinnin kannattavuus nojaisi siihen, että tilalla olisi jotain muuta tuotantoa, joka vaatisi lämpöenergiaa. Vaihtoehtona olisi, että lähellä olisi joku muu lämpöenergian käyttäjä, joka voisi hyödyntää tuotetun lämpöenergian. Siirtomatka ei voi kuitenkaan olla kovin pitkä, koska lämmön siirto pitkille etäisyyksille heikentää nopeasti investoinnin kannattavuutta.

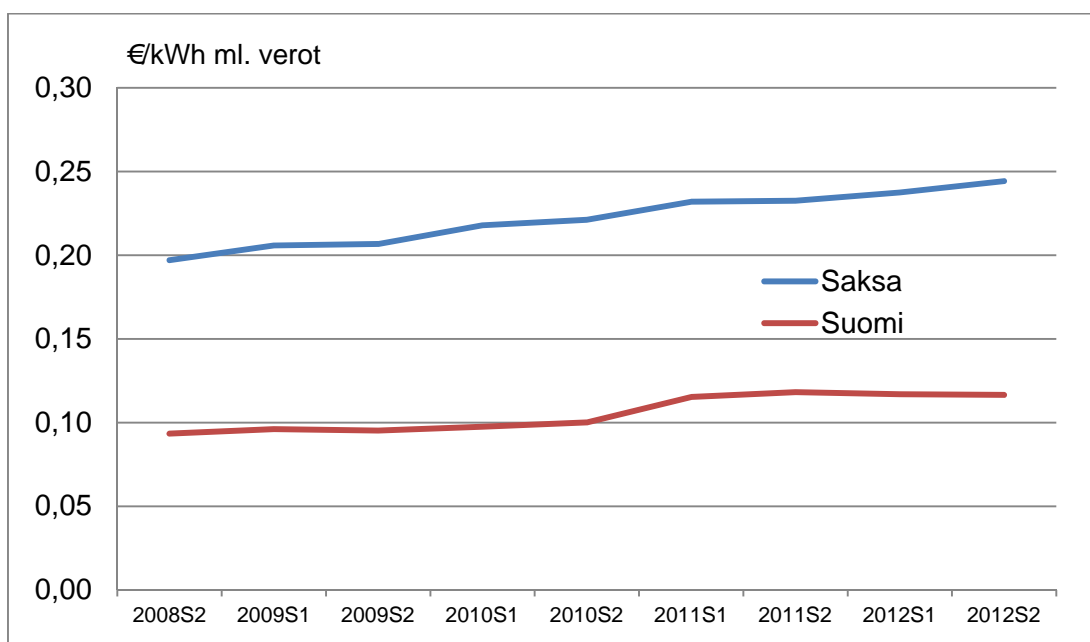
Näissä vaihtoehdoissa on lähdetty siitä, että biokaasun raaka-aineena käytetään lannan lisäksi merkittävä määrä muuta biomassaa. Tällä on kuitenkin saavutettu se, että biokaasulaitoksen koko lähentelee kuitenkin 100 kW:n rajaa, joka on em. takuuhinnan ja lämpöpreemion suhteen merkittävä raja. Tätä kokoluokkaa olevaa biokaasulaitosta ei muutoin ole mahdollista toteuttaa yhden maatilalan puitteissa. Jos biokaasulaitos toteutettaisiin tämän kokoluokan tilalla (120 ha peltoa, 140 lehmää) pelkästään lantaraaka-aineen varaan, olisi laitoksen koko noin 30 kW. Tätä havainnollistamaan laadittiin vaihtoehto CHP IV (hinnoitteluperusteet likimain samat kuin vaihtoehdossa CHP I), jonka kannattavuus olisi näillä edellytyksillä varsin heikko.

Oman haasteensa tuotannon kannattavuudelle tuo myös se tosiasia, että prosessi toimii parhaiten kesällä, jolloin taas energian tarve on vähäisin. Näin ollen koko energiaa ei välttämättä voi hyödyntää tästäkään syystä.

¹ Biokaasutuotannon kannattavuus voisi lisääntyä huomattavasti, jos kaasua voitaisiin hyödyntää liikennepolttoaineena. Sitä vaihtoehtoa ei kuitenkaan ole tässä yhteydessä tarkasteltu, mutta se olisi todennäköisesti kannattavampi vaihtoehto kuin tämä öljyn hintaa referenssinä käyttävä vaihtoehto.

5. BIOKAASUTUOTANNON KANNATTAVUUSVERTAILU SAKSAAN

Saksassa on käytössä ns. syöttötariffi, joka takaa tilatason biokaasulaitoksille sen, että ne saavat yleisen sähköverkkoon tuottamastaan energiasta täyden hinnan (ks. Saksan ja Suomen tukijärjestelmät Marttinen ym. 2013) . Saksassa ei eritellä energian hintaa sähkön siirrosta, joten takuuhinta vastaa kuluttajahintaa. Koska Saksassa sähkön hinta on selvästi Suomea korkeampi (kuvio 5), on tilatason biokaasulaitosten kannattavuus huomattavasti Suomea parempi.



Kuvio 5. Sähkön kuluttajahinta (>15000 kWh) Suomessa ja Saksassa.

Saksassa tuotannossa olevia biokaasulaitoksia onkin 7000 kappaletta. Vuonna 2012 säännöksiä tosin uusittiin, joka muutti toimintaympäristöä siten, että uusien pienten yksiköiden perustaminen ei ole enää yhtä kannattavaa. Poliittikaeroista huolimatta on kuitenkin mielenkiintoista verrata, miten vastaavien biokaasulaitosten kannattavuusedellytykset poikkeavat Saksassa ja Suomessa. Tässä osiossa esitetään Saksan laitoksista tehdyt laskelmat ja verrataan mitkä asiat (so. kustannukset, hinnat, politiikat) poikkeaisivat Suomen vastaavista. Laskelma on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Vertailussa sähkön tuotanto maatilabiokaasulaitoksilla Baijerissa (Bayern, GER) ja Lounais-Suomi (Fin).

Bayern(Ger)			Fin I	Fin II
Tuotto				
Sähkö 1 kW = 8 760 kWh	0,165	1 445 €/vuosi	731 €/vuosi	964 €/vuosi
Tuki	0,06	526 €/vuosi		
Panokset				
Biomassa maissista 0,38 ha á 1 600 €/ha			Biomassa nurmesta 0,75 ha	
0,38 ha		-608 €	-950 €	-950 €
Lanta 6 €/m ³ /lehmä		-144 €	0 €	0 €
Huoltokustannus		-100 €	-100 €	-100 €
Muu kustannus		-60 €	-60 €	-60 €
Fermentoitu lanta 30 m ³		180 €	40 €	40 €
Kate €/vuosi kWh		1 239 €/vuosi	-339 €/vuosi	-106 €/vuosi
100 kWh laitos		123 900 €/vuosi	-33 854 €/vuosi	-10 640 €/vuosi
Kiinteät kustannukset		yhteensä		
		-275 €/kWh(vuosi)	-275 €/kWh(vuosi)	-275 €/kWh(vuosi)

Taulukosta 7 ilmenee, että biokaasun tuotanto vastaavilla ehdoilla kuin Saksassa olisi Suomessa huomattavasti kannattamattomampaa. Keskeinen ero muodostuu tietenkin syöttötariffista (so. takuuhinnasta), jolloin biokaasusähkön tuottajan Saksassa saama sähkön hinta on esimerkissä yli 20 snt/kWh, joka on huomattavasti korkeampi kuin Suomessa. Suomen osalta laskelmissa on Fin I vaihtoehdossa käytetty sähkön takuuhintaa biokaasulla tuotetulle sähkölle. Jos sähkö voidaan hyödyntää omalla tilalla, kannattavuusero pienenee (Fin II), koska silloin sähkön siirtomaksua ei tarvitse maksaa.

Saksassa hajautetusta sähköntuotannosta ei makseta siirtomaksua. Tämä tarkoittaa sitä, että viljelijän saama takuuhinta on sama kuin kuluttajahinta sähköstä lisättynä tuella, jos biokaasu tuotetaan niin, että biomassaa on ainakin kolmasosa lannasta.

Kannattavuuseroa syntyy myös siitä, että biomassan tuotanto on Saksassa kannattavampaa kuin Suomessa. Biomassan saanti edullisesti on ratkaisevaa. Pienemmän satotason takia Suomen osalta vaihtoehdoissa on Fin I ja Fin II on oletettu biomassan hinnaksi 950 € 0,75 ha sadosta. Vertailussa prosessoinnin on oletettu tuottaneen lannalle 40 € lisäarvon Fin I ja Fin II vaihtoehdoissa ja Ger vaihtoehdossa on käytetty sekä lannalle että prosessoidulle aineelle markkina-arvoa. Kummassakaan tarkastellussa vaihtoehdossa Suomen osalta kate ei riitä kattamaan kiinteitä kustannuksia.

6. MAHDOLLISTEN LIIKETOIMINTAMALLIEN ARVIOINTI

Tässä luvussa laaditaan viisi vaihtoehtoista liiketoimintamallia lannankäsittelyyn. Taroituksena on arvioida vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia perinteiseen tapaan verrattuna. Arviot perustuvat edellisissä luvuissa esitettyihin työmäärä- ja kannattavuustarkasteluihin. Lisäksi otetaan huomioon politiikan asettamat reunaehdot, jolloin voidaan arvioida vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta.

Vaihtoehto 1: Kotieläintila rakentaa oman biokaasulaitoksen ja hankkii lisäksi peltoa niin paljon, että prosessiin voidaan lisätä lannan lisäksi muuta biomassaa.

Plussat:

- prosessi tilan omassa hallinnassa
- voi hyödyntää kaikki biomassat ja optimoida säilörehun laadun suhteen
- energian hyödyntäminen omalla tilalla

Miinukset:

- investointikustannus yksikköä kohden korkea ainakin pienillä laitoksilla
- pellon saatavuus voisi rajoittaa – samalla investointikustannus voisi kasvaa huomattavan suureksi
- työmäärä kasvaisi erittäin suureksi – ei onnistuisi tilan omalla työvoimalla
- kannattamaton energian myynti tilan ulkopuolelle

Arvio toteuttamiskelpoisuudesta:

- nykypolitiikalla ei kannattavaa sen paremmin energian hyödyntämisen kuin tilan tuotannon organisoinninkaan näkökulmasta.

Vaihtoehto 2: Muutoin kuin edellä, mutta muun tarvittavan biomassan tila hankkii oman tilan ulkopuolelta.

Plussat:

- prosessi tilan omassa hallinnassa
- voi hyödyntää tilan kaikki biomassat
- energian hyödyntäminen omalla tilalla
- pellon saatavuus eikä työmäärä rajoita enää samoin kuin edellä

Miinukset:

- investointikustannus yksikköä kohden korkea ainakin pienillä laitoksilla
- kannattamaton energian myynti tilan ulkopuolelle edelleen iso ongelma

Arvio toteuttamiskelpoisuudesta:

- nykypolitiikalla ei kannattavaa energian hyödyntämisen näkökulmasta.

Vaihtoehto 3: Useampi tila (2-5) rakentaa yhteisen biokaasulaitoksen, joka lisäksi hyödyntää muuta osakastiloilla tuotettua biomassaa.

Plussat:

- yhteistyön ansiosta voidaan rakentaa kohtuullisen kokoinen laitos – investointikustannus osakasta kohden pienempi
- työmäärää ja työtä voidaan jakaa tilojen kesken
- jos mukana sekä kotieläin- että kasvinviljelytiloja, saadaan synergiaetuja
- voidaan hyödyntää tilojen kaikki biomassat
- energian hyödyntäminen osakastiloilla (jos mahdollista)
- pellon saatavuus eikä työmäärä rajoita enää samoin kuin edellä
- sosiaalinen pääoma kasvaa – tämän varaan voisi rakentua myös muuta tilojen välistä yhteistyötä

Miinukset:

- energian hyödyntämismahdollisuudet tilojen omassa käytössä haasteellista
- kannattava energian myynti tilan ulkopuolelle edelleen iso ongelma

Arvio toteuttamiskelpoisuudesta:

- nykypolitiikalla ei kannattavaa energian hyödyntämisen näkökulmasta.
- mutta oman käytön väljentäminen voisi tuoda uusia mahdollisuuksia

Vaihtoehto 4: Kuten edellä, mutta rakennetaan selkeästi isompi laitos, joka hankkii raaka-ainetta myös osakastilojen ulkopuolelta.

Plussat ja miinukset ovat pitkälti samat kuin edellisessä vaihtoehdossa. Laitos olisi kuitenkin isompi, jolloin investointikustannus olisi selkeästi korkeampi ja sen rahoitus haasteellisempaa. Tämä vaihtoehto vaatisi myös sitä, että energialle täytyisi olla muitakin markkinakanavia kuin tilojen oma käyttö. Mutta jos niitä löytyy, esimerkiksi lämpöä hyödyntävää teollisuutta, vaihtoehto voisi olla hyvinkin toteuttamiskelpoinen. Samoin ulkopuolisen raaka-aineen käytöstä laitos saisi porttimaksuja, joiden varaan tämän tyyppisten laitosten kannattavuus tälläkin hetkellä rakentuu. Hanke olisi kuitenkin niin iso, että se olisi jo omaa liiketoimintaansa eikä maatalouden ”sivubisnestä”.

Arvio toteuttamiskelpoisuudesta:

- jos markkinat löytyvät, niin toteuttamiskelpoinen jo nykypolitiikalla – esimerkkejä löytyy

Vaihtoehto 5: Kuten vaihtoehto 3 tai 4, mutta raaka-aineentuottajien lisäksi mukaan otetaan osakkaiksi sijoittajia/kuluttajia.

Hyöty edellisiin verrattuna olisi se, että investointikustannusta pystyttäisiin jakamaan laajemmalle osakasjoukolla. Vaihtoehdon toteuttaminen edellyttäisi 3-vaihtoehtoon

liitettynä kuitenkin sitä, että osakkaiden omaan käyttöön tuotettavan energian hinnoittelua pystyttäisiin muuttamaan. Tämä koskee erityisesti sähkön siirtoon liittyvää hinnoittelua.

4-vaihtoehtoon liitettynä kyseessä olisi tavallaan energiayritys, ja pelisäännöt siten hieman erilaiset. Olennaisin merkitys olisi tällöinkin asiakkaiden löytymisessä ja rahoituskustannuksen jakautumisessa laajemmalle joukolle.

7. YHTEENVETO JA POLITIIKKASUOSITUKSET

Suurimmat haasteet liittyvät kotieläintuotantoa laajennettaessa lannan käsittelyyn. Tuotantosuunnasta riippumatta investoinnit ovat sen suuruisia, että peltoa ei yksinkertaisesti ole vastaavassa määrin saatavissa lisää. Vaikka peltoa olisi saatavillakin, sen hankkiminen ei välttämättä olisi ilman tuotannon uudelleenorganisointia mahdollista. Tässä tutkimuksessa arvioitiin tilatason vaihtoehtoja biokaasun hyödyntämiseen. Tarkastelussa verrattiin työnkäytön osalta sekä tilatason biokaasulaitosta että laajempaa yhteishanketta siihen, että toimitaan perinteisesti ja levitetään lanta omassa hallinnassa oleville pelloille. Kannattavuutta arvioitiin siten, että kuinka paljon rakennuskustannus saisi enintään olla erilaisissa vaihtoehdoissa.

Perusvaihtoehtona tarkasteltiin kotieläintilaa, jonka vuotuinen lantamäärä on 4 900 m³. Tämä vastaa kahden robotin maidontuotantotilaa (140 lehmää, 121 hiehoa ja 11 vasikkaa), 2 500 lihasian tai 700 emakon porsaineen tuottamaa lantamäärää. Vaihtoehtoina olivat tämän lantamäärän kaasuttava laitos, sen lisäksi muuta biomassaa käyttävä laitos ja se, että tila toimittaisi kaiken lannan isolle laitokselle. Biokaasun tuotannossa arvioitiin erilaisia lämmön ja sähkön tuotannon yhdistelmiä eri politiikkarajoitteilla.

Lietteen käyttäminen perinteisesti lannoitteena pellolla merkitsee esimerkkitalan (nautatila) tapauksessa noin 213 tunnin vuosittaista työmäärää. Lietteen siirtotyön määrä tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen riippuu kuljetusetäisyydestä. Jos biokaasulaitoksen oletetaan sijaitsevan samalla etäisyydellä kuin tilan peltolohkot keskimäärin, lannankäsittelyn työmäärä vähenee noin 23 % lietteen perinteiseen lannoituskäyttöön nähden, kun tila toimittaa lietteen tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä ota sitä takaisin lannoitekäyttöön.

Jos tila ottaa käsitellyn lietteen takaisin ja peltojen etäisyys on biokaasulaitoksesta sama kuin tilakeskuksesta, lannankäsittelyn työmäärä 1,9-kertaistuu perinteiseen lannoituskäyttöön verrattuna. Jos tila rakentaa oman, vain lantaa käyttävän biokaasulaitoksen, laitoksen hoitamisesta johtuva työmäärä yhdessä lietteen levityksen työmäärän kanssa kasvattaa lannankäsittelyn kokonaistyömäärän jo 4,3-kertaiseksi.

Jos tilalla lisäksi tuotetaan lannan kuiva-ainemäärää vastaava bionurmimäärä omaan biokaasulaitokseen, nurmen viljely- ja korjuutyöt yhdessä lisääntyneen biokaasulaitoksen hoitotöiden kanssa merkitsevät biokaasuntuotannon ja lannankäsittelyn kokonaistyömäärän 8,2–8,5-kertaistumista.

Lannan erilaisten biokaasutusvaihtoehtojen vaikutus tilan kokonaistyömäärään riippuu edellä kuvattujen lannankäsittely- ja bionurmen tuotantotöiden sekä biokaasulaitoksen

hoitotöiden määrän lisäksi myös mm. siitä, kuinka työvoimavaltaisen lämmitysjärjestelmän biokaasuun siirtyminen korvaa. Jos lanta taas toimitetaan tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen eikä sitä palauteta tilan pelloille, tilan on jotenkin korvattava lannan lannoitusvaikutus, mikä käytännössä merkitsee myös lisätyötä.

Tehtyjen laskelmien mukaan edellytykset kannattavaan biokaasuntuotantoon ovat nykypolitiikalla varsin rajalliset. Jos kaasu hyödynnettäisiin myymällä sillä tuotettu sähkö yleiseen verkkoon, pitäisi sähkön hinnan olla yli 50 % laskelmassa oletettua nykytasoa korkeampi, jotta investointia kannattaisi harkita. Jos maatilakokoisen laitoksen olisi mahdollista päästä takuuhinnan (0,0835 €/kWh) piiriin, investoinnin kannattavuus paranisi huomattavasti. Silloinkin kannattavuusehto täytyisi vain, jos tämän takuuhinnan lisäksi investointia tuettaisiin merkittävästi (suuruusluokka 40 %). Tällä hetkellä tämä ei ole mahdollista.

Jos biokaasulla tuotetun energian pystyisi hyödyntämään omalla tilalla, investoinnin kannattavuus paranisi huomattavasti. Käytännössä tämä lienee mahdollista kuitenkin vain harvoissa tapauksissa. Yhdistetyssä lämmön ja sähköntuotannossa laitoksen hyötysuhde kasvaa selvästi. Saman kokoluokan laitoksella pystytään tuottamaan noin kolminkertainen määrä energiaa. Samalla tosin myös investointikustannus kasvaa jonkin verran. Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti se, millä hinnalla lämpö (kaasu) voidaan myydä tilan ulkopuolelle tai mikä on sen vaihtoehtoiskustannus tilan omassa käytössä. Jos vaihtoehtoiskustannuksena käytetään hakkeen hintaa, eivät investoinnin kannattavuusedellytykset täyty. Jos vaihtoehtoiskustannuksena käytetään öljyn hintaa, investoinnin kannattavuus paranee huomattavasti. Ongelma on kuitenkin se, että näin suurta määrää lämpöenergiaa (noin 1 400 MWh) ei pystytä käyttämään omalla tilalla normaalioloissa. Käytännössä investoinnin kannattavuus nojaisi siihen, että tilalla olisi jotain muuta tuotantoa, joka vaatisi lämpöenergiaa. Vaihtoehtona olisi, että lähellä olisi joku muu lämpöenergian käyttäjä, joka voisi hyödyntää tuotetun lämpöenergian. Siirtomatka ei voi kuitenkaan olla kovin pitkä, koska lämmön siirto pitkille etäisyyksille heikentää nopeasti investoinnin kannattavuutta.

Ottaen huomioon EU:n 2020 tavoitteet ja Suomen veloitteet lisätä uusiutuvan energian käyttöä, hajautettujen ja olemassa olevien energialähteiden hyödyntäminen olisi tärkeää. Nykyisellä politiikalla kotieläintuotannossa syntyvästä bioenergiasta vain pieni murtoosa tulee hyödynnetyksi. Pelkkä investointituki ei riitä investointien kannustimeksi. Sen takia tarvitaan nykyisen politiikan muutosta ja todennäköisesti myös uusia instrumentteja.

Politiikkasuositukset

1. Tukiehtoja höllennetään, jotta myös pienet maatilakokoluokan laitokset pääsevät takuuhinnan piiriin. Samalla pitää pohtia, voisiko takuuhinta olla maatilakokoluokan laitoksissa jopa korkeampi kuin isommissa laitoksissa, joilla on laajem-

mat mahdollisuudet esimerkiksi lämmön ja sähkön yhteistuotantoon ja myös laajemmat markkinat.

2. Takuuhinnan piiriin pitäisi päästä, vaikka investointiin saisikin investointitukea.
3. Olisi selvitettävä millaiset mahdollisuudet ympäristötuen puitteissa olisi tukea yhtäältä biokaasulaitoksiin investoijia, biokaasulaitosten raaka-aineen tuottajia ja biokaasulaitosten fermentoidun lannan loppukäyttäjiä.
4. Olisi myös selvitettävä mahdollisuudet, joilla raaka-ainetta tuottavien maatilojen yhteisinvestoinnit olisivat mahdollisia niin, että omaan käyttöön voisi hankkia omasta laitoksesta sähköä, vaikka se ei omalla kiinteistöllä sijaitsisikaan.
5. Edelliseen liittyen yhteisinvestointien osalta pitäisi selvittää mahdollisuudet myös maatilojen ulkopuolisten kiinteistöjen tai henkilöiden (esim. omakotitaloasukkaiden mahdollisuudet ja insentiivit) mukaantuloon ”energiayritykseen” vastaavilla sähkön omaan käyttöön liittyvillä muutoksilla.
6. Maatilakokoluokan investoinneissa pitäisi olla mahdollista käyttää myös muita kuin täysin uusia osia. Tällöin investointikustannus voisi pienentyä ja yrittäjän oma osuus kasvaa.
7. Maatilakokoluokan (ja muiden pienten biokaasulaitosten) hallinnollisia maksuja koskevia käytäntöjä pitäisi uudistaa siten, että kustannusrasitus pienenesi. Tällä hetkellä lupa- ja tarkastuskäytäntöön liittyvät valvontamaksut voivat muodostaa suhteessa myytävään energiaan varsin korkeat kustannukset.

Tilatason biokaasulaitos merkitsee lisätyötä ja lisäksi – jos biokaasulaitoksen toimintaa halutaan tehostaa bionurmen avulla – myös lisääntyvää nurmipinta-alan tarvetta. Nämä molemmat lisäävät laajentavan tilan haasteita, jotka muutoinkin kohdistuvat juuri sekä oman työvoiman riittävyyteen että lisäpellon saatavuuteen. Myös tämän kokonaisuuden hallintaan pitäisi miettiä politiikkakeinoja, jotta biokaasutuotantoinvestoinnit olisivat mahdollisia.

LÄHTEET

- Anttonen, K. 2010. Biokaasu pienen kokoluokan sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan kandidaatintyö.
- Ek, F. 2007. Produktion av biogas på gården. ProAgria Svenska lantbrukssällskapens förbund.
- Erjava, A. 2009. Biokaasulaitoksen perustaminen kasvihuonetilalla – Taustatietojen selvitys. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti. Opinnäytetyö. 83 s.
- Foged, H.L. 2012. Livestock manure to energy – Status, technologies and innovation in Denmark. Agro Business Park A/S. 39 s.
- Foged, H.L. 2011. Biokaasutuksen ja muiden lannankäsittelytekniikoiden käyttö kotieläintiloilla EU-alueella – parhaat käytännöt ja menestymisen edellytykset. Seminaari ”Lannasta moneksi - ravinteita ja energiaa”, Liedon kunnantalo, Suomi, 7 marraskuuta 2011. Viitattu 7.7.2013.
- Gronbach, G. 2009. Biogasanlagen im Veredelungsbetrieb. Novatech GmbH.
- Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuus selvitys – loppuraportti. Gaia Group Oy:n selvitys. Helsinki. Viitattu 16.5.2013. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5AvoD1wwP/Biokaasun_maatilatuotannon_kannattavuus selvitys_julkinen.pdf
- Hietala, P. 2013. Navettaan lämpöä maasta, lannasta ja maidosta. Käytännön maamies 4: 60–62.
- Kaila, E. & Tuure, V-M. 2007. Maatilan kokonaistyömäärän hallinta – TTS-Manager työmäärän laskentaohjelma. TTS tutkimuksen tiedote, luonnonvara-ala: maatalous 6(600): 1–8.
- Kalmari, E. & Luostarinen, J. 2011. Maatilatason biokaasulaitoksen toteutus selvitys. BioG – Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla –hanke. OAMK. Saatavissa URL: http://www.oamk.fi/hankkeet/bioenergia/biog/docs/biokaasun_tuotannon_toteutus selvitys.pdf
- Kalmari, J. 2006. Maatilakohtaisen biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus suomalaisella sika-tilalla. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, Selvityksiä 42: 1–70. Pro Gradu –työ.
- Kari, M. (toim.) 2009. Energiguide för lantbrukare. ProAgria & MTT. Forskning för framåt 27: 1–96.
- Karttunen, J., Lätti, M. & Puttonen, S. 2012. Työmäärän hallinta maatalousyrittäjän hyvinvoinnin turvaamisessa. TTS:n tiedote, maataloustyö ja tuottavuus 2(637): 1–8.
- Kauppinen, R. (toim.) 2012. Hiehonkasvatuksen ulkoistaminen – opas kasvattajalle ja ulkoistajalle. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja E2/3/2011: 1–74. Juvenes Print – Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Kivinen, T., Kaustell, K.O., Hakkarainen, K., Tuure, V-M., Karttunen, J. & Hurme, T. 2007. Lypsykarjapihatoiden toiminnalliset mitoitusvaihtoehdot. MTT:n selvityksiä 137: 1–149.

- KTBL. 2010. Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 22. Auflage 2010.
- Laine, A. 1996. Konekapasiteetin mitoitus ja konekustannukset viljan ja nurmirehu tuotannossa – säärisiin perustuva tarkastelu. Työtehoseuran julkaisuja 349: 1–80.
- Lillunen, A. & Yli-Renko, M. (toim.). 2011. Teho-hankkeen raportteja, osa 3: fosforin kerrostuminen, lietteenlevitys sokerijuurikkaalle, lannan levityskokeilut, separointi, typen poisto. Teho-hankkeen julkaisuja 6: 1–81.
- Luostarinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Sipilä, I. & Rintala, J. 2011. Lannan ja muun eloperäisen materiaalin käsittelyteknologiat. MTT raportti 27.
- Marttinen, S., Luostarinen, S., Rasi, S. & Lehtonen, H. 2013. Biokaasuyrittäjän toimintaympäristö Suomessa. Kokemuksia MMM:n investointiavustusjärjestelmästä 2008–2010. MTT raportti 103.
- MMM. 2001. MMM-RMO C4 Kotieläinrakennusten ympäristönhuolto.
- Motiva. 2011. Maatilojen energiaohjelma – energiaa viisaasti maatilalla. Libris. 19 s.
- Plogsties, V. & Linke, B. 2010. Bewertung landwirtschaftlicher Biogasanlagen im Rahmen des Biogassprogramm II. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB).
- Plogsties, V. 2013. Suullinen tiedonanto saksalaisten biokaasulaitosten viikottaisista työmääristä ja niiden jakautumisesta eri töihin.
- Pyykkönen, P., Bäckman, S. & Puttaa, E. 2013. Rakennemuutos suomen kotieläintaloudessa. PTT työpapereita 143. 51 s
- Pyykkönen, P., Seppälä, T. & Yrjölä, T. 2011. Rehun sopimustuotannon mahdollisuudet Kainuussa. PTT työpapereita 130. 48 s.
- Rasi, S., Lehtonen, E., Aro-Heinilä, E., Höhn, J., Ojanen, H., Havukainen, J., Uusitalo, V., Manninen, K., Heino, E., Teerioja, N., Anderson, R., Pyykkönen, V., Ahonen, S., Marttinen, S., Pitkänen, S., Hellstedt, M. & Rintala, J. 2012. From waste to traffic fuel – projects – Final report. MTT Report 50: 1–73.
- Rönkkö, J. 2012. Lannan separointi kannattaa. Maaseudun Tulevaisuus 18.4.2012. Ref. Reiskone Oy: <http://reiskone.fi/lannan-separointi-kannattaa-maaseudun-tulevaisuudessa/>
- Steiner, B. 2009. Biogas – Chancen, Risiken und Probleme. BBV-UnternehmerBeratung. Saatavissa URL: <http://media.repro-mayr.de/42/94842.pdf>
- Tietosarka. 2013. Maatalouden energiankulutus vajaa kolme prosenttia. Tiken uutiskirje Tietosarka 2/2013. Saatavissa URL: <http://www.mmmtike.fi/tike/tietosarka/2013/huhtikuu/paakirjoitus.php>
- Tike. 2013. Maatalouslaskenta 2010 – Kastelu avomaalla ja energia. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Suomen virallinen tilasto, verkkojulkaisu. 16 s. Saatavissa URL: <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti-kastelu-energia/>

- Tuure, V-M. 2012. Työn fyysinen kuormitus ja kuormituksen vähentäminen ajettavien maatalouskoneiden käytössä. Loppuraportti rahoittajalle (Maatalousyrittäjien eläkelaitos). 39 s. Julkaisematon.
- Tuure, V-M., Lähti, M. & Karttunen, J. 2013. Työn tehokkuus isoilla pihattotiloilla: työmäärä, koettu kuormittavuus ja tyytyväisyys. Valion navettaseminaari 24.1.2013 Vantaa – Rantasipi Airport. Esitelmä.
- Tölli, H. 2012. Maidontuottajien kokemuksia robottilypsystä. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, maaseudun kehittämisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. 52 s.
- Walla, C. & Schneeberger, W. 2005. Farm biogas plants in Austria – An economic analysis. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, Vol. 13, pp. 107-120. Available on-line: www.boku.ac.at/oega.]
- Vänttinen, V-H., Tähti, H., Rasi, S. & Rintala, J. 2009. Biokaasuteknologian alueellinen hyödyntämispotentiaali Keski-Suomessa. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos, ympäristötiede ja –teknologia. 38 s.

LIITE 1. LP MALLIEN LASKENTAPERUSTEET

	Hinta	Yksikkö
Maito	0,43	€/l
Liha	1,90	€/kg
Vasikka	115	€
Hieho	välituote	€/kpl
Tiiviste	0,35	€/kg
Kivennäinen	0,55	€/kg
Työ	15,50	€/h Inkl.välilliset tvk
Lannoite1 (27-2-3)	0,457	€/kg
Lannoite 2 (27-0-1)	0,374	€/kg
Lannoite 3 KS (0-0-45-13)	0,600	€/kg
Raato yli 6kk	94	€/kpl
Raato vasikka	59	€/kpl
Kasvinsuojelu nurmi	30	€/ha
Kasvinsuojelu viljat	50	€/ha
Laskentakorko	5	%
Maidont koneet	209	€/lehmä
Maidont rakennukset	377	€/lehmä
Maidont yleiskust.	110	€/lehmä
Eläinlääkintä	100	€/lehmä
Siemennys	20	€/lehmä

Satotasot ja tuotokset

Aktiviteetti	Sato/ha
Ohra	4500 kg/ha (14 %)
Kaura	4500 kg/ha (14 %)
Heinä	5000 kg/ha ka-sato
Säilörehu	22000 kg/ha (36 %) 7920 kg/ha (ka-sato)
Laidun	14000 kg/ha
Maito	9000 kg/lehmä
Lanta Lypsylehmä	24 m ³
Lanta Hieho	15 m ³
Lanta- Vasikka	4 m ³

Lypsylehmien muut parametrit

Uudistus	30	%
Kuolleisuus	1,5	%

PTT julkaisuja, PTT publikationer, PTT publications

22. Hanna Karikallio. 2010. Dynamic Dividend Behaviour of Finnish Firms and Dividend Decision under Dual Income Taxation
21. Satu Nivalainen. 2010. Essays on family migration and geographical mobility in Finland
20. Terhi Latvala. 2009. Information, risk and trust in the food chain: Ex-ante valuation of consumer willingness to pay for beef quality information using the contingent valuation method.
19. Perttu Pyykkönen. 2006. Factors affecting farmland prices in Finland
18. Vesa Silaskivi. 2004. Tutkimus kilpailuoikeuden ja maatalouden sääntelyn yhteensovittamisesta.

PTT raportteja, PTT forskningsrapporter, PTT reports

241. Anna-Kaisa Rämö – Paula Horne – Eeva Primmer. 2013. Yksityismetsänomistajien näkemykset metsistä saatavista hyödyistä.

Monien hyötyjen metsä. Ekosysteemipalvelut metsänomistajan näkökulmasta.

240. Leena Kerkelä. 2012. Suhdanteiden ja rakennemuutoksen aluetaloudelliset vaikutukset.
239. Lauri Esala – Jyri Hietala – Janne Huovari. 2012. Puurakentamisen yhteiskunnalliset vaikutukset.
238. Perttu Pyykkönen – Janne Huovari. 2012. Turkisalan tuottamat verot.
237. Anna-Kaisa Rämö – Paula Horne – Jussi Leppänen. 2012. Yksityismetsänomistajien suhtautuminen metsälakiin.
236. Matleena Kniivilä – Leena Kerkelä – Kalle Laaksonen. 2012. Vaihtoehtoja Suomen perushyödykkeisiin liittyvälle kehityspolitiikalle.
235. Janne Huovari. 2012. Globalisaatio ja tuotannon sijoittuminen.
234. Anna-Kaisa Rämö – Valtteri Härmälä – Jyri Hietala – Paula Horne. 2012. Nuoret ja puupohjaisten tuotteiden kuluttaminen.
233. Pasi Holm – Veera Laiho – Iikko B. Voipio. 2012. III-olut Alkoon ja II-olut kauppoihin

PTT työpapereita, PTT diskussionsunderlag, PTT Working Papers

148. Pasi Holm – Anneli Hopponen. 2013. Yritysten edustuskulut ja matkailu- ja ravintolapalvelut erityisesti Lapissa
147. Jyri Hietala – Signe Jauhiainen. 2013. Haja-asutusalueelle rakentaminen ja kunnan talous.
146. Pasi Holm. 2013. Suomalaisomisteiset yritykset Virossa.
145. Pasi Holm - Janne Huovari - Sami Pakarinen. 2013. Apteekkien kokonaistaloudellinen tilanne.
144. Eeva Alho – Lauri Esala – Veera Holappa – Markus Lahtinen – Sami Pakarinen. 2013. Alueellisten asuntomarkkinoiden kehitys vuoteen 2015.
143. Perttu Pyykkönen – Stefan Bäckman – Erik Puttaa. 2013. Rakennemuutos Suomen kotieläintaloudessa.
142. Jyri Hietala. 2013. Metsäliiketoiminnan kannattavuuslaskuri.
141. Jyri Hietala. 2012. Metsätelijärjestelmän taloudelliset vaikutukset.
140. Anna-Kaisa Rämö – Paula Horne – Eeva Primmer. 2012. Ekosysteemipalveluiden tuotanto yhteistoimintaverkostoissa. Asiantuntijahaastatteluiden tuloksia.
139. Perttu Pyykkönen Tapani Yrjölä Erik Puttaa. 2012. Tuottaja- ja toimialaorganisaatiot Suomessa.
138. Emmi Haltia – Pasi Holm – Kaisa Hämäläinen. 2012. Kaivostoiminnan taloudellisten hyötyjen ja ympäristö- ja hyvinvointivaikutusten arvottaminen.
137. Matleena Kniivilä – Stefan Bäckman – Paula Horne – Javier Martinez-Vega – Samir Mili – Perttu Pyykkönen. 2012. Frameworks for sustainable agriculture and forestry: applications to Finland and Spain.
136. Leena Kerkelä. 2012. Maatalous- ja ympäristöalan muutosvoimat ja osaamistarpeet.
135. Pasi Holm – Veera Laiho. 2012. Alkoholijuomien optimiverotus Suomessa.
134. Markus Lahtinen – Veera Laiho – Sami Pakarinen – Lauri Esala. 2011. Alueellisten asuntomarkkinoiden kehitys vuoteen 2014.
133. Markus Lahtinen – Veera Laiho – Sami Pakarinen. 2011. Kotitalouksien asumismenot Suomessa 2011-2015.