

TILANÄKÖKULMA MAITOTILAN UE- RATKAISUIHIN

Niko Ilola

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2013

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala





Tekijä(t) ILOLA, Niko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 18.03.2013
	Sivumäärä 73	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi TILANÄKÖKULMA MAITOTILAN UE-RATKAISUIHIN		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja VERTAINEN, Laura		
Toimeksiantaja Pisara meressä -hanke/Jukka Konttinen, Jyväskylän yliopisto		
Tiivistelmä <p>Työssä selvitettiin Karstulassa sijaitsevan lypsyrobottilan vaihtoehtoja uusiutuvaan energiaan siirtymisessä. Pelkän taloudellisen näkökulman sijaan taustalla olivat huoli maatalan energiaomavaraisuudesta ja huoltovarmuudesta tulevaisuudessa ja poikkeustilanteissa.</p> <p>Tavoitteena oli löytää maitotilalle soveltuva energiantuotannon hybridimalli, jota voitaisiin käyttää myös muissa vastaavissa kohteissa. Työn tilaajana oli Pisara meressä -hanke, jossa Jyväskylän yliopisto, Vaasan energiainsituutti ja Metsähallitus tutkivat syrjäisten kohteiden energiahuoltoa. Karstulan tila oli yksi kolmesta hankkeen valikoidusta keskisuomalaisesta maatilasta. Opinnäytetyössä syvennyttiin tilatasolle Jorma Vallan pro gradun (2012) pohjalta, jossa selvitettiin myös tämän maitotilan vaihtoehtoja uusiutuviin energiamuotoihin.</p> <p>Työ toteutettiin yhteistyössä tilallisen sekä hankkeen puolesta Jukka Konttisen (JY) ja Jorma Vallan (JY) kanssa. Maatalan energiankäytön perusteissa apuna toimi Maaseudun energia-akatemia Jyrki Kataja (JAMK). Työ aloitettiin kesällä 2012 selvittämällä eri energiamuotojen mahdollisuudet tilalla. Vaihtoehtoina olivat metsäenergia, aurinkokeräimet, tuulivoima ja biokaasu, joista biokaasu valittiin soveltuvimmaksi.</p> <p>Biokaasun osalta tehtiin kannattavuuslaskelmat, joissa selvitettiin investoinnin takaisinmaksuaika, sisäinen korko (IRR) ja tasoitettu energiantuotantokustannus (LCOE). Laskelmat tehtiin 80 kW:n teholuokan laitokselle, jossa reaktorin tilavuus oli 250 m³ ja nettoenergiantuotanto 300 MWh/v. Tuetuksi kokonaisinvestoinniksi arvioitiin 221 000 €. Takaisinmaksuaika (23 v.) oli lähes sama kuin laitoksen tekninen käyttöikä (25 v.) ja investoinnin sisäinen korkokanta 4,7 %. Energiantuotantokustannus 25 vuoden ajalle oli 59,04 €/MWh.</p> <p>Tilan kokonaiskannattavuuden, huoltovarmuuden ja energiaomavaraisuuden kannalta parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui biokaasulaitos. Työn tulosten perusteella biokaasun tuotanto ja käyttö voivat mahdollistaa maitotilalle osittain energiaomavaraisen tuotantoketjun.</p>		
Avainsanat (asiasanat) maatalan energiaomavaraisuus, huoltovarmuus, biokaasu, sähköntuotanto		
Muut tiedot		



Author(s) ILOLA, Niko	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 18.03.2013
	Pages 73	Language finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title FARMERS' PERSPECTIVE ON THE RENEWABLE ENERGY OPTIONS ON A DAIRY FARM		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) VERTAINEN, Laura		
Assigned by Pisara meressä -project/Jukka Konttinen University of Jyväskylä		
Abstract The aim of this study was to discover options of renewable energy to <u>the</u> a robot dairy farm in Karstula. The Perspective was not only economical but there was also concern about the self-sufficiency and security of supply in the farm's energy matters. The Main purpose was to find out a hybrid model of energy production <u>to</u> for the farm. The study was commissioned by the Pisara meressä- project. In the project the University of Jyväskylä, Energy institute of Vaasa and Metsähallitus researched the energy supply of the isolated objects. This farm in Karstula was one of the three farms in the project. This study focused on a single farm and was based on Jorma Valla's pro gradu thesis (2012), which examined the different options regarding the use of renewable energy for this farm. The Study was executed in cooperation with the farmer and the project representatives and researchers (Jukka Konttinen & Jorma Valta, University of Jyväskylä). In the questions regarding agricultural energy consumption we got help from Jyrki Kataja (Maaseudun energia-akatemia, JAMK University of Applied Sciences). The Study was started in summer 2012 by examining the present energy options on the farm, which were forest energy, wind power, solar thermal and biogas. Profitability calculations were made for a biogas plant. These include the repayment period of the investment (y.), internal rate of return (IRR) and levelized cost of energy (LCOE). The Calculations were made for an 80 kW (CHP) biogas plant, where the capacity of the reactor was 250 m ³ and the net energy production was 300 MWh/a. Estimation of the total investment with public investment aid (15 %) was 221 000 €. Repayment period of the investment (23 a) was almost same as the plant's technical life (25 a). LCOE for a 25-year period was 59, 04 €/MWh and internal rate of return 4,7 %. Biogas was selected because a biogas plant with CHP-technology can produce heat, power and also fertilizers from process residues. That hybrid model can improve the total cost-effectiveness, energy supply and self-sufficiency of a dairy farm.		
Keywords self-sufficiency of a dairy farm, energy supply, biogas, electricity production		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	3
1 MAITOTILALLISEN ENERGIAHAASTEITA.....	4
1.1 Työn tausta	4
1.2 Tutkimusongelman esittely	5
1.3 Menetelmät	7
2 MAITOTILA ENERGIANKÄYTTÄJÄNÄ.....	8
2.1 Paavolan tilan esittely.....	8
2.2 Energiankulutus maataloustuotannossa	9
2.3 Energiankulutus Paavolan tilalla.....	10
3 PAAVOLAN TILAN UE-VAIHTOEHDOT.....	13
3.1 Maatilojen UE-vaihtoehtoja	13
3.2 Metsäenergia.....	14
3.3 Aurinkolämpökeräimet.....	18
3.4 Tuulivoima	20
3.5 Biokaasu.....	24
4 MAATILAKOKOLUOKAN BIOKAASULAITOS KARSTULASSA.....	28
4.1 Kokoluokka ja mitoitus	29
4.2 Laitostyyppi.....	29
4.3 Raaka-aineet	29
4.4 Biokaasuenergian käyttö	32
4.5 Energiansiirto.....	33
4.6 Lietelanta ravinteiden kierrätyksessä.....	34
5 ENERGIAOMAVARAISUUS JA HUOLTOVARMUUS TILOILLA.....	35
5.1 Sähköjakelun häiriöt.....	35
5.2 Polttoainehäiriöt.....	37
5.3 Mikroverkot	38
6 INVESTOINNIN KANNATTAVUUSLASKELMAT.....	40
6.1 Kannattavuus.....	40
6.2 Biokaasulaitoksen kannattavuuden herkkyyshanalyysi	51
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	52
7.1 Uusiutuvan energian hybridimalli Paavolan maitotilalle	52
7.2 Jatkokehitysideat.....	54
7.3 Pohdinta.....	56
7.4 Oma arvio	57
Liite 1 Kartta Paavolan tilasta.....	65
Liite 2 Kompakta Plug & Play aurinkolämmityspaketti 1/2.....	66
Liite 3 Kompakta Plug & Play aurinkolämmityspaketti 2/2.....	67
Liite 4 Tuulivoimayhdistys ry:n opas pientuulivoimaan investoijille	68
Liite 5 WPE 20 kW pientuuliturbiini Tuulivoimala.com-sivuilta.....	69
Liite 6 Maitotilan varavoiman mitoitustaulukko.....	70

KUVIOT

KUVIO 1. Aurinkolämpöinvestointeja Suomessa	19
KUVIO 2. Kaksi 10 kW Aeolos-tuuliturbiinia Turkissa.....	21

	2
KUVIO 3. Keskituulennopeuden vaikutus tuulivoimalan keskitehoon.....	23
KUVIO 4. Keskituulennopeuden vaikutus tuulivoimalan sähköntuotantoon	23
KUVIO 5. Hiilidioksidin hyödyntäminen CHP-menetelmässä. Loojie Tomaten BV, kauppapuutarha Hollannissa.....	25
KUVIO 6. Biokaasulaitoksen tukivaihtoehtoja Motivan sivuilla	43
KUVIO 7. Kuittilan maatilán 140 kW (CHP) puunkaasutuslaitos Nurmeksessa.....	56

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Paavolan tilán käytettävissä oleva konekanta 2012.....	8
TAULUKKO 2. Eri mautilojen energiankulutusmääriä Pisara meressä -hankkeessa (Valta 2012)	10
TAULUKKO 3. Mautilojen suurimpia energiankulutuskohteita	11
TAULUKKO 4. Mautilojen polttoaineiden ominaisuuksia ja hintoja.....	16
TAULUKKO 5. Eri tuulivoimalakokoluokkien sähköntuotantoa	22
TAULUKKO 6. Toteutuneita biokaasulaitoksia ja niiden teknisiä ominaisuuksia	27
TAULUKKO 7. Biokaasulaitoksen raaka-ainepotentiaaleja Saarijärvi-Karstulan seutukunnalla 2013	31
TAULUKKO 8. Vaihtoehtoja Paavolan tilán biokaasulaitoksen kokoluokaksi	32
TAULUKKO 9. Paavolan ympäristön arvioituja energiatarpeita	33
TAULUKKO 10. Traktoriaggregaatin ja verkkosähkön hintavertailu	37
TAULUKKO 11. Paavolan maitotilan raaka-aineet biokaasulaitokseen.....	41
TAULUKKO 12. Arvio Paavolan 80 kW/250 m ³ biokaasulaitosinvestoinnista	42
TAULUKKO 13. Kannattavuuslaskelmien lähtöarvoja	44
TAULUKKO 14. Lannoitus ennen biokaasutusta.....	46
TAULUKKO 15. Mädätysjäännöksen tasainen levitys säilörehulle ja nurmelle	46
TAULUKKO 16. Lannoitus biokaasutuksen jälkeen	47
TAULUKKO 17. Ostolannoitesäästö käytettäessä mädätysjäännöstä lannoituksessa	48
TAULUKKO 18. Viljasatotason nousu mädätysjäännöstä käytettäessä	48
TAULUKKO 19. Biokaasulaitoksen arvioituja vuosittaisia kustannuksia	49
TAULUKKO 20. Biokaasuenergian tasoitettu tuotantokustannus LCOE	50
TAULUKKO 21. Biokaasulaitoksen kannattavuuden tunnusluvut.....	50
TAULUKKO 22. Sähkön hinnan herkkyyshanalyysi biokaasulaitokselle	51
TAULUKKO 23. Puubrikettien hinnan herkkyyshanalyysi biokaasulaitokselle	52

KÄYTETYT LYHENTEET

p-m ³	pinokuutiometri
i-m ³	irtokuutiometri
h	tunti
MWh	megawattitunti
kWh	kilowattitunti
CHP (Combined Heat and Power)	yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto
CSTR (Continuous Stirred-Tank Reactor)	jatkuvatoiminen ja – sekoitteinen reaktori
IRR (Internal Rate of Return)	sisäinen korko
LCOE (Levelized Cost of Energy)	tasoitettu energian tuotantokustannus
JHA	jälleenhankintahinta

1 MAITOTILALLISEN ENERGIAHAASTEITA

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja ja tilaaja oli ELY-rahoitteinen Pisara meressä -hanke (kesto 1.1.2011–31.12.2013). Hankkeen rahoitus kulkee Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman kautta, ja siitä vastaavat yhteistyössä Pohjanmaan ja Keski-Suomen ELY-keskukset. Hankkeessa ovat toteuttajina Vaasan energiainstituutti (VEI), Jyväskylän yliopisto (JY) ja Metsähallitus. Hankkeen johdolla selvitetään erilaisen syrjäisten kohteiden energiaomavaraisuutta, energiahuoltoa ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöä fossiilisten sijaan. Tarkoituksena on löytää energiantuotantomalli, joka voitaisiin automatisoida ja ottaa käyttöön muissa vastaavissa kohteissa Suomessa tai muualla maailmassa. Tarkoituksena on myös lisätä paikallisten energialähteiden käyttöä ja vähentää riippuvuutta fossiilisista tuontipolttoaineista. Tutkimuksen taustalla ovat myös tilojen huoltovarmuusnäkökohdat, sekä kohteiden energiahuollon varmistaminen mahdollisina poikkeusaikoina.

Hankkeen tutkimuskohteita Keski-Suomessa ovat kolme maatilaa: Paavolan maitotila Karstulan Kimingillä (Tero Lahti), Jarkko Poikosen viljatila Äänekosken Huutomäellä ja Jari Valkolan viljatila Saarijärven Kalmarissa. Jyväskylän ammattikorkeakoulun Bioenergiakeskus on tehnyt samoilla tiloilla energiankulutukseen liittyvää tutkimusta Maaseudun energia-akatemian tutkijan Jyrki Katajan toimesta. Keväällä 2012 päätettiin, että Pisara meressä -hanke ja JAMK tekevät yhteistyötä Paavolan tilan jatkotutkimuksen osalta tämän opinnäytetyön muodossa.

Tämä opinnäytetyö jatkaa samasta aiheesta kuin syksyllä 2012 Jyväskylän yliopiston Kemian laitokselta valmistuneen Jorma Vallan (2012) pro gradu-tutkielma. Vallan pro gradun aiheena oli uusiutuvaan energiaan perustuvan hybridilämmitysjärjestelmän toteutettavuus maatilakohteissa. Kohteina olivat edellä mainitut kolme keskisuomalaisista tilaa. Työssä käytiin kattavasti läpi kaikki nykyiset varteenotettavat energiantuotantomuodot, jotka toimisivat maatilakokoluokassa ja olisivat ennen kaikkea taloudellisesti järkeviä energiavaihtoehtoja tilojen kannalta. Tutkimusalueeseen sisältyivät lämmitysjärjestelmät ja sähköntuotanto tilalla uusiutuvilla energiamuodoilla.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus keskittyä Paavolan lypsytilan energiakysymyksiin tarkemmin ja konkreettisemmin tilanäkökulmasta, tilan kokonaistalouden ja -hyödyn kannalta. Tavoitteena oli löytää tilalliselle vaihtoehtoja ja tietoa tulevaisuuden energiapäätöksiä varten. Pisara meressä -hankkeelle opinnäytetyön oli tarkoitus tuottaa yksittäisen maatilallisen näkökulma uusiutuvista energiamuodoista ja energiaomavaraisuudesta. Työn tulosten on tarkoitus hyödyttää hankkeessa kehitettävää palvelukonseptia, maatilallisen energiavaraista hybridimallia, jota voitaisiin käyttää myös laajemmassa mittakaavassa.

1.2 Tutkimusongelman esittely

Jorma Valta (2012) esittelee pro gradu -työssään biopolttoainekattilat, jotka toimivat hakkeella, pelleteillä ja pilkkeellä, eli kotimaisella, usein paikallisella metsäenergialla. Lisäksi hän käy läpi sähkökäyttöiset maalämpöpumput ja ilmalämpöpumput. Oman sähköntuotannon, lämmöntuotannon ja mahdollisen työkoneiden polttoaineen tuotannon osalta Vallan työssä esitellään biokaasulaitos ja biokaasun tuottaminen. Tuulivoiman osalta tarkastelussa ovat sähköä tuottavat pysty- ja vaaka-akseliset pientuuliturbiinit. Aurinkolämpöä on tarkasteltu lämmönkeräinten osalta ja aurinkosähkön tuotantomuotona ovat aurinkokennot. Näistä vaihtoehtoista on valittu sopivimmat kunkin tilan olosuhteisiin ja tuotantoon nähden.

Paavolan maitotilan osalta uusiutuvan lämpöenergian tuottamisen vaihtoehtona olivat uuden robottinavetan katolle asetettavat aurinkokeräimet, jotka tuottaisivat lämmintä käyttövettä navetan tarpeisiin (Valta 2012, 79). Uusiutuvaan energiamuotoon perustuvan sähköntuotannon osalta kaikilla kolmella maatilalla todettiin, että aurinkosähkö ja pientuuliturbiinit olisivat ainoat realistiset vaihtoehdot maatilakokoluokassa. Näin ollen yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto, ns. CHP-laitos (combined heat and power) pienessä kokoluokassa sekä biokaasulaitos sähköntuotantoon eivät tilallisten mielestä olleet tällä hetkellä realistisia ajatuksia (Valta 2012, 82). Tätä taustaa vasten Paavolan tilalle valittiin vertailuvaihtoehdoksi verkkosähkön kanssa pientuuliturbiini.

Jorma Vallan (2012) tulokset kertovat selvästi, että sekä tuulivoimaan että auringon lämpöön ja säteilyvoimaan perustuvat energiantuotantomuodot maksavat investointiaan takaisin hyvin hitaasti. Tämä tekee kyseisistä energiainvestoinneista kannattamattomia ja nostaa energiakustannuksia tilalla kohtuuttomasti. Toisaalta investoinnit omaan energiantuotantoon ja uusiutuviin energiamuotoihin lisäävät tilan energiamavaraisuutta. Jorma Valta toteaa johtopäätöksenä, että näiden kolmen tarkastelutilan kannattavin energianlähde on lähimetsä, josta saadaan haketta ja polttopuuta. Tätä ratkaisua voidaan täydentää hyväksi todetuilla lämpöpumpuilla ja aurinkokeräimillä (Valta 2012). Valta toteaaakin, että verkkosähkön alhainen hinta ei kannusta oman sähköntuotannon rakentamiseen tällä hetkellä (Valta 2012, 90).

Tein Jyrki Katajan kanssa vierailun Paavolan tilalle 25.10.2012. Haastattelin tilan isäntää, Tero Lahtea opinnäytetyötä varten. Hän kertoi, että sähkön hinta oli sillä hetkellä niin edullista, ettei oma sähköntuotanto olisi ollut järkevää juuri nyt. Tilalle ostettiin sähköä yhteispohjoismaisesta NordPool -sähköpörssistä. Keväällä 2012 sähköenergian hinta Paavolan tilalle oli 3,8 snt/kWh (siirtohintamuut kulut 4,48 snt/kWh) ja kokonaishinta 8,28 snt/kWh (Valta 2012, 55). Sähköllä on Nordpoolissa ns. spot-hinta, joka vaihtelee päivittäin. 15.11.2012 sähköenergian hinta oli 3,5 snt/kWh ja siirtohintamuut kulut 4,4 snt/kWh, eli sähkön hinta oli laskenut syksyllä entisestään, mikä on saattanut johtua mm. sateisesta kesästä 2012.

Suomessa sähkön hinta on edullisempaa verrattaessa yleiseen eurooppalaiseen hintatasoon. Eurostatin tilasto sähkön hinnasta kotitalouksille 2.4.2012 kertoo, että EU-maiden (27 kpl) sähkön keskihinta ilman veroja oli 13,2 snt/kWh, joten Suomen 10,9 snt/kWh jää keskitason alapuolelle. Kalleinta sähköenergia oli tuolla hetkellä Kyproksella (23,4 snt/kWh) ja halvinta Virossa (7,7 snt/kWh) (Energiankäytön ja hinnan tilastointia kotitalouksien osalta 2012). Hintoihin sisältyy sähkön siirto ja muut kulut. Entäpä jos sähkön hinta Suomessa jatkaisi nousukehitystään nykyistä nopeammin tai nousisi väliaikaisesti hyvin korkealle tasolle? Mihin ratkaisuihin suuret energiankäyttäjät, etenkin maatilat silloin päätyisivät? Samanlainen markkinoihin liittyvä riskitekijä sisältyy polttoaineiden hintaan, esimerkkinä tästä kevyt polttoöljy. Paljon käytettyjen energialähteiden hintaan vaikuttavat myös valtion toimet, kuten energiaverotus. Erityisesti fossiilisten polttoaineiden käyttöä on verotettu ja tullaan tulevaisuudessa

varmasti verottamaan lisää. Entä sitten jos verkkosähköä ei jostain syystä ole saatavilla maataloille esim. häiriötilan vuoksi? Tämän opinnäytetyön päätavoite oli löytää energiantuotannon ratkaisu ja tuotannon kokoluokka, joka turvaisi lypsykarjatilalla energiansaannin myös poikkeusaikoina ja lisäisi tilan energiaomavaraisuutta.

1.3 Menetelmät

Opinnäytetyö aloitettiin kesällä 2012 rajaamalla aihetta, keräämällä taustatietoa ja selvittämällä Paavolan tilan nykyisiä energiatarpeita ja energiantuotannonmahdollisuuksia Vallan (2012) tulosten pohjalta. Syksyllä teimme tilavierailun ja haastattelun. Eri UE-vaihtoehtojen tarkastelun jälkeen valitsimme biokaasulaitoksen syvempään tarkasteluun ja lisävaihtoehtoiksi pientuulivoimalan ja aurinkolämpökeräimet. Biokaasulaitoksen osalta kartoitettiin energiankäytön potentiaalit tilan lähistöllä, sekä biokaasulaitoksen raaka-ainepotentiaalit. Näiden pohjalta valittiin sopiva kokoluokka laitokselle ja arvioitiin kokonaisinvestoinnin suuruus eri selvitysten ja vertailujen pohjalta.

Biokaasulaitokselle päätettiin myös tehdä kannattavuuslaskelmat. Kannattavuusselvityksessä käytettiin tunnuslukuina investoinnin diskontattua takaisinmaksuaikaa ja investoinnin kannattavuutta nykyarvomenetelmän avulla, energian tasoitettua tuotantokustannusta (LCOE) ja sisäistä korkokantaa (IRR). Samoja kannattavuuden tunnuslukuja käytettiin myös Vallan (2012) tutkimuksessa, joten vertailukelpoisuuden vuoksi ne valittiin myös tähän opinnäytetyöhön. Tasoitettu energiantuotantokustannus lasketaan jakamalla tässä tapauksessa 25 vuoden energiantuotantokustannukset tuotetulla nettoenergiamäärällä. Kustannukset on diskontattu nykyhetkeen 4 %:n korolla. Luku kertoo, paljonko energia on keskimäärin maksanut biokaasulaitoksen teknisen iän aikana.

Hankkeen loppuraportin ja opinnäytetyön tulosten käsittely, analysointi ja kirjoitus-työ tehtiin talven 2012–2013 aikana. Lisäksi työssä etsittiin herkkyyssanalyysin avulla sitä pörssisähkön hintatasoa, jolloin oman sähkön tuottaminen olisi ostosähkön käyttöä kannattavampaa. Tällöin tilalla voitaisiin tuottaa omaa sähköä silloin, kun se markkinoilla on liian kallista, kuten huippukulutuksen aikaan.

2 MAITOTILA ENERGIANKÄYTTÄJÄNÄ

2.1 Paavolan tilan esittely

Paavolan tila sijaitsee Karstulan Kimingin kylässä, Keski-Suomen luoteisosassa, valtatie 13:n varrella (liite 1). Metsää tilalla on 28 ha ja viljeltävää peltoa 105 ha, josta vuokramaita 60 ha. Vuonna 2007 rakennettuun uuteen robottinavettaan on sijoitettu 70 lypsävää lehmää ja nuorkarja (n. 45 eläintä) on vanhassa navetassa (Valta 2012, 52). Uuden ja vanhan navetan lisäksi tilakokonaisuuteen kuuluvat asuinrakennus (160 m²), konehalli ja rehutorni. Uusi navetta (1500 m²) sijaitsee peltojen keskellä, n. 350 m:n päässä tilakeskuksesta. Paavolan konekanta on esitelty taulukossa 1.

Tilan päätuotantosuunta on maidontuotanto yhdellä lypsyrobotilla. Lisäksi tila kasvatkaa muutamia sonneja myyntiin. Rehu jaetaan lehmille sähkökäyttöisellä kuljettimella. Tällä hetkellä tilalla on lietelantajärjestelmä ja lietesäiliöt ovat navetan vieressä. Peltoviljely jakautuu seuraavasti: nurmea 35 ha, seosviljaa 42 ha, härkäpapua 10 ha kokeiluna ja 18 ha kokoviljasäilörehua. Viljapelloille laitetaan 100 kg/ha NK - hivenlannoitetta starttilannoitteena ja nurmille 400 kg/ha salpietaria. Tällä hetkellä tilalla on kokeiltavana sinimailasta ja härkäpapua, joista saadaan lannoitetta maaperään (Lahti 2012), palkokasveilla tapahtuvan biologisen typensidonnan avulla.

TAULUKKO 1. Paavolan tilan käytettävissä oleva konekanta 2012

Työkone	Merkki/malli	Vuosimalli	Teho kW
Pienkuormaaja	Avant 520	2007	14
Traktori	Valtra N141	2007	152
Traktori	Valtra T130	2005	140
Traktori	Valmet 705	1985	83
Lava-auto	Dodge Ram	1995	130
Naapurin puimuri	Sampo 2045	1992	92
Rehulietson moottori	Scania D9		176
Aggregaatti			63

2.2 Energiankulutus maataloustuotannossa

Energiankäyttö maataloustuotannossa on kasvanut merkittävästi ja nopeasti. Maataloustuotteita tarvitaan nykyään entistä enemmän ja työt tuotannossa koneellistuvat edelleen (Ahokas 2011a). Nykyaikaisessa maidontuotannossa, jota myös Paavolan tila edustaa, koneet ja robotit tekevät suuren osan suorittavasta työstä. Vaikka teknologisen kehityksen ansiosta koneet ovat aiempaa energiatehokkaampia, silti energiantarve on jatkanut kasvuaan. Esimerkkeinä karjan ruokintalaitteiden automaatio ja valvonta, maidon jäähdytys ja eläintilojen ilmastointi vaativat sähköä ja usein lisäksi polttoaineita. Karjamäärät ja tuotantovolyymit ovat suurilla tiloilla niin korkeat, ettei esim. käsilypsytyötä voitaisi enää kokonaisuudessaan ihmisvoimin tehdä. Maatilojen suurten energiatarpeiden lisäksi maataloustuotantoa leimaa usein energiariippuvuus. Riippuvuus keskittyy kahteen elintärkeään tuotantotekijään: polttoaineisiin ja lannoitteisiin. Niihin kahteen kuluu 70 % maataloustuotannon kuluttamasta energiasta (Ahokas 2011a). Energiankäytöstä muodostuu tiloille merkittävä kustannus. Energiankäytön tehostaminen ja energiakustannusten hillitseminen vaikuttavat yksittäisten tilojen taloudelliseen kannattavuuteen merkittävästi.

Keskimääräinen energiankulutuksen määrä tiloilla on 146 MWh/v. Tästä syntyy n. 10 000 €:n vuosikustannukset (Luoma, Peltonen, Helin, & Teräväinen 2006, 14). Tämä energiamäärä on suoraa energiankäyttöä tilan tuotannossa. Erikseen voidaan ottaa huomioon maatalouden epäsuora energiankäyttö, joka sisältää lannoitteiden, työkoneiden ja rakennusten valmistamiseen ja kuljettamiseen käytettävän energiamäärän. Epäsuora energiankäyttö voi olla moninkertainen suoraan energiankäyttöön verrattuna (Ahokas 2011b, 7). Suurin yksittäinen maataloustuotantoon syötetty ”energiaerä” ovat lannoitteet, joita nykyisessä kasvintuotannossa käytetään. Niiden valmistamiseen kuluva energia tilastoidaan kuitenkin teollisuuden energiankäyttöön. Lannoitteiden käyttö otetaan huomioon kasvintuotannon energiasuhteen laskennassa epäsuorana energiankäyttönä. Viljelyn energiasuhde paranisi, jos ravinteita saataisiin entistä enemmän omavaraisesti tilalta esim. typensitojakasvien avulla ja niitä kierrätettäisiin entistä tehokkaammin esim. biokaasulaitoksen avulla (Ahokas & Mik-

kola 2011, 2). Myös käytettävien lannoitteiden määrän tarkka optimointi parantaa tuotannon energiasuhdetta.

Taulukossa 2 on esitelty Vallan (2012) tulosten pohjalta yhteenvetona Pisara meressä -hankkeen tilojen energialukuja pyöristettynä. Tiedot perustuvat tilojen nykyisin käytössä olevaan energiaratkaisuun. Kolmen erilaisen maatilakohteen energiavertailussa voidaan huomata, että itse tehty metsäenergia tulee edulliseksi öljylämmitykseen verrattuna energiatarpeen ollessa 50–70 MWh/v. Jos viljatilalla 1 polttoaineena käytetty klapi ostettaisiin markkinoilta, lämmityskustannukset nousisivat. Ostosekapuun hinnan ollessa esim. 65 €/p-m³ (Polttopuut, klapit ja halot helposti netistä 2013) 40 p-m³:n lämmityskustannukset olisivat 2600 €/v, nykyisten 750 €/v sijaan. Näin viljatilalla 1:n energiakustannukset lähentyisivät selvästi viljatilalla 2:n öljylämmityskustannuksia. Taulukossa 2 maitotilan energiakustannuksia nostaa suuri sähkön osuus.

TAULUKKO 2. Eri mautilojen energiankulutusmääriä Pisara meressä -hankkeessa (Valta 2012)

Tilan pääenergiälähde	Sähkö MWh/v	Sähkö €/v	Lämmitys MWh/v	Lämmitys €/v	Energia yht. MWh/v	Energia-kustannus yht. €/v
Viljatilalla 1 (<i>itse tehty klapi</i>)	7,5	1 115	54	750	63	1 865
Viljatilalla 2 (<i>öljykattila</i>)	6,5	1 329	50	5 410	56,5	6 739
Paavolan maitotila (<i>briketti</i>)	120	11 708	96	2 112	216	13 820

2.3 Energiankulutus Paavolan tilalla

Paavolan tilalla energiaa kuluu mm. maidontuotannon järjestämiseen, tilojen ja käytöveden lämmittämiseen ja koneet kuluttavat polttoainetta peltotöissä (1000 h/v). Kevyttä polttoöljyä kuluu n. 14 300 l/v (143 MWh/v). Uudessa robottinavetassa on hihnaruoikkija. Vanhassa navetassa rehua jaetaan pienkuormaajalla ja pikkuvasikoilla on juoma-automaatit. Myös säilörehutorni kuluttaa paljon sähköä. Taulukossa 3 on arvioitu Paavolan kokoisen tilan energiankulutusmääriä Maatilayrityksen bioenergian

tuotanto-kirjan (Luoma ym. 2006) keskimääräisten kulutusarvojen pohjalta. Sähköä Paavolassa kuluu 120 MWh/v. Keskimäärin sähköä tarvitaan 10 000-12 000 kWh/kk, josta muodostuu nykyisellä sähkön hinnalla n. 11 000 €:n vuosikustannus.

TAULUKKO 3. Maatilojen suurimpia energiankulutuskohteita

Kulutuskohte	Keskimääräinen energiankulutus yksikköä kohti ¹	Arviot energian kokonaiskulutuksista Paavolassa 2012 kWh/v
Lämmitys		
- Talo	150 kWh/m ² /v	24 000
- Navetta	500 kWh/lehmäpaikka/v	35 000
Tuorerehun teko ja siirto varastoon	60–70 kWh/ha/v	2 200
Viljan korjuu 42 ha	80–120 kWh/tn/v	10 000
Lietelannan siirto varastoon, alkaen	2 kWh/m ³ /v	3 500
Ilmanvaihto navetassa	5-10 kWh/m ² /v	15 000
Valaistus navetassa	20 kWh/m ² /v	40 000
Viljan kuivaus 20 ha	300–400 kWh/tn/v	17 500
Lypsytyön koneet 50 lehmää	2 500–3 500	4 000
Lämmin vesi lehmille	-	14 000
Maitosäiliön ja lypsylaitteiden pesu	8 000–10 000	12 000
Kevyt polttoöljy (työkoneet)	-	143 000
YHTEENSÄ		320 000

¹ Luoma ym. 2006

Maatilan lämmitysmuotoa valittaessa on selvitettävä tilan energiantarpeet ja energiankäytön jakautuminen pitkin vuotta, sekä ennen kaikkea huippukulutus, eli suurin hetkellinen energiantarve (kulutuspiikit). Tammi-helmikuussa kovilla pakkasilla maitotilalla tarvitaan suuria määriä lämmintä vettä esimerkiksi tilanteessa, jossa sama lämmityslaite tuottaa lämpöä myös asuintaloon. Olennaista on myös lämmitysjärjestelmän automatisointi, sijoittaminen tilalla ja lämmönsiirron järjestäminen eri kohteisiin. Energiatarpeen mitoittamiseen on kehitetty laskureita (Kauppinen 2005).

Maitotilalle muodostuu sähkön kulutuspiikkejä lypsytyöiden aikana, tosin robottitilalla lypsy jakaantuu tasaisemmin pitkin vuorokautta. Katajan (2012) ohjeistuksen mukaan sähköntarpeen kapasiteettia mitoittaessa sähkön kulutuspiikkejä ei maitotilalla kannata säikähtää, koska ne saadaan teknologian avulla leikattua pois. Huippukuor-

man tarpeesta voidaan jopa 1/3 leikata pois ja tavoitteena maatalouden energiatutkimuksessa olisi leikata tulevaisuudessa 50 % sähkön kulutuksen huippukuormista pois. Vuorokautisen sähkönkulutuksen vaihtoehtona nykyiseen verrattuna voisi olla 12 h perustason kulutusta ja 12 h huippukulutusta, esim. yöllä talvella 24 kW ja lypsyaikaan 50 kW.

Paavolan uuden navetan lypsyrrobotti käyttää lämmintä vettä 300 l/maitotonni. Vesi lämmitetään +40 C:een tilatankin jäädytyksen lämmöntalteenottojärjestelmällä ja +80 C:een sähkövastuksella. Tästä kertyvät vuosittain suuret sähkökustannukset, ja riippuvuus sähkön häiriöttömästä saannista on suuri. Tilalla oltaisiin kiinnostuneita tuottamaan omaa sähköä uusiutuvista energialähteistä, jos se on taloudellisesti kannattavaa (Valta 2012, 53). Paavolan tilan nykyisessä tuotannossa voitaisiin saada säästöjä aikaan, jos työkoneiden polttoainetta kuluisi nykyistä vähemmän tai jos polttoaine olisi halvempaa. Peltopinta-alaa on tilalla käytettävissä keskivertomaitotilaa enemmän, joten traktoreille kertyy ajotunteja reilusti. Viljely- ja kosteusolosuhteitaan normaalina vuonna viljaa ei tilalla kuivata erikseen, vaan käytössä on ilmatiivisiilo. Sinne voidaan säilöä 20 %:n kosteudessa olevaa viljaa. Vuonna 2012 olosuhteet olivat kuitenkin niin kosteat korjuun aikaan, että osa tilan viljasadosta jouduttiin kuivaamaan naapurin kuivurissa, osa taas kuivattiin omassa kylmäilmakuivurissa (Lahti 2012).

Sähkön lisäksi Paavolassa tarvitaan lämmitysenergiaa, n. 96 MWh/v. Lämmitysmuotona on Alatalkkarin jousipurkaimella varustettu 80 kW:n hakelämmitysjärjestelmä (kiertovesi). Kattila on iäkäs, mutta käyttökelpoinen vielä useita vuosia. Pannuhuone on vanhan navetan yhteydessä, ja 80 kW:n kattila tuottaa lämmön vanhan navetan nuorkarjalle, vasikkaosastolle ja asuintalolle. Poltin on stokeripoltin, jolla voidaan polttaa biomassoja, kuten puuhaketta, turvetta ja pellettejä. Tällä hetkellä polttoaineena on puubriketti. Polttoainekustannus on alhainen (2 112 €/v), kun brikettejä kuluu 15–20 tn/v briketin tehollisen lämpöarvon ollessa 4,8 MWh/tn ja briketin hinnalla 100 €/tn (Alakangas 2000, 74; Valta 2012, 52.)

Eri tilojen energiankulutuksen vaihtelut johtuvat tuotantorakennuksien ominaisuuksista ja eroista, niiden ilmanvaihdosta, valaistuksesta, koneistuksesta ja lämmitykses-

tä. Tilojen väliset erot töiden toteutustavoissa voivat myös olla suuria. Osa maatilojen energiankulutuksesta kohdistuu myös yksityiskäyttöön (esim. suuri asuinrakennus). Päärakennuksen lämmitykseen kuluu yleensä 25–35 MWh/v kulutustottumuksista ja perheen koosta riippuen. Suurimpia energiankulutuskohteita on koottu taulukkoon 3 (Luoma ym. 2006, 14). Koska Paavolan tilan tarkkoja energiankulutusmääriä ei talvella 2013 ollut vielä käytettävissä, arviot tehtiin maatilojen energiatutkimusten (Luoma ym. 2006) ja tilan nykyisen tuotannon perusteella. Viljan korjuun osalta käytettiin seosviljan keskimääräistä satoa 2500 kg/ha. Viljan kuivauksen osalta oletettiin, että vain osa viljasta kuivataan vuosittain ja taulukossa 3 on laskettu 20 ha:n kuivausenergian kulutus. Maitotiloilla sähkönkulutus on muihin tuotantosuuntiin verrattuna korkeaa, koska lypsy, koneiden pesu, maidon pumppaus ja jäähdytys vaativat sähköä päivittäin (Luoma ym. 2006, s. 14). Lisäksi maidontuotannon energiantarve muodostaa kulutushuiput kaksi kertaa päivässä lypsyjen aikaan. Lypsykoneiden toiminta perustuu tyhjöpumppuun, joka on teholtaan 1-8 kW, lypsyjärjestelmän pesukoneiden teho vaihtelee välillä 3-24 kW. Maidon jäähdytys tarvitsee erityisen paljon energiaa, mutta samalla prosessissa vapautuu energiaa n. 40 kWh/1000 l maitoa. Tämä on osittain hyödynnettävää energiaa, jolla voidaan lämmittää lehmien juomavettä ja pesuvesiä (Luoma ym. 2006, 19).

3 PAAVOLAN TILAN UE-VAIHTOEHDOT

3.1 Maatilojen UE-vaihtoehtoja

Energiakysymykset nousevat tiloilla esille erityisesti tuotannonlaajennuksia ja remontteja suunnitellessa. Samalla myös energiamuoto ja -tarve usein muuttuvat. Energiakustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista, jotka tulisi selvittää mahdollisimman tarkkaan päätöksentekoa varten. (Luoma ym. 2006, 20). Sähkön ja työkoneiden polttoaineen lisäksi tilat tarvitsevat lämmitysenergiaa. Se tuotetaan Suomessa perinteisesti pääosin metsähakkeella, klapeilla, öljyllä, sähköllä tai pelleillä. Stokeripolttimissa voidaan käyttää myös turvetta ja kasvinviljelyn energiajakeita, kuten rypsinsemeniä tai viljaa (esim. kauran jyvät) (Viirimäki 2010).

Paavolan tilan energiavaihtoehtojen tarkastelussa turve on jätetty kokonaan pois. Turvetta käytetään tällä hetkellä tilalla kuivikkeena. Uudempia biopolttoaineita ja uudempaa teknologiaa Suomessa edustavat biokaasu, ruokohelppi, biodiesel ja energiapaju. Paavolan tilalla käytettävissä olevat bioenergiaresurssit ovat metsäenergia (hake), lietelanta ja peltobiomassat, joihin voidaan lukea varsinaisten energiakasvien lisäksi myös eri rehut. Kun yksi lypsylehmä tuottaa lietelantaa n. 24 m³/v, Paavolan tilan lehmät tuottaisivat biokaasuprosessissa metaania n. 25 000 m³/v. Metaanin energiasisällön ollessa 10 kWh/m³, voitaisiin Paavolan lietelannasta saada nettoenergiانا 80 %:n hyötysuhteella 200 MWh/v, josta CHP-tuotannossa (yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto) 131 MWh (65 %) olisi lämpöä ja 70 MWh (35 %) sähköä.

Paavolan tilan sähköntarpeen ollessa 120 MWh/v ja briketeillä tuotetun lämmitysenergian 96 MWh/v, voidaan laskea, että pelkällä lietelannan metaanilla ei pystytä koko tilan energiatarvetta täyttämään. Metaanintuottoa voitaisiin biokaasuprosessissa nostaa käyttämällä esim. ruokohelpeä ja nurmirehua lietteen seassa. Sähköntuotannon osalta on otettava huomioon lisäksi kulutushuiput, eli valitun sähkömoottorin kapasiteetin on oltava riittävän suuri, jotta kulutushuipuista selvitään.

3.2 Metsäenergia

Useat suomalaiset maatilat saavat lämmitysenergian tuottamiseen tarvittavan polttoaineen metsästä. Useassa tapauksessa energia tulee vielä omasta metsästä ja samassa prosessissa myös tilan metsiä hoidetaan. Energiapuu saattaa olla peltojen ympäriltä raivattua tai nuoren metsän kunnostuksen yhteydessä kerättyä. Energiapuu on usein sitä jaetta, joka ei mene kuitu- tai tukkipuiksi, mutta sopii hakkeen, halkojen tai pilkkeiden tuotantoon. Metsäenergia on uusiutuvaa, koska suuri osa metsistämme kasvaa tällä hetkellä enemmän (m³/ha/v) kuin niitä käytetään. Suomen puuston vuotuinen kasvu on tällä hetkellä n. 104 milj.m³/v ja keskimääräinen vuotuinen poistuma vuosina 2007–2011 69 milj.m³/v (Peltola, A. & Ihalainen, A.). Lisäksi lainsäädäntö ja metsien käytön ohjeistus varmistavat, ettei energiaa voida ottaa metsistä enempää kuin ne tuottavat. Energiapuiksi voidaan käyttää myös tietyissä tapauksissa hakkuutähteitä ja kantoja. Metsäenergia on yleensä myös hyvin paikallista, eli bio-

kattiloissa poltettava puuaines tulee tiloille lähialueelta. Tämä vähentää kuljetuskustannuksia ja parantaa energiantuotantomuodon hyötysuhdetta. Polttoaineen kuljetaminen pitkiä matkoja lisää tuotannon hiilidioksidipäästöjä. Paikallisten polttoaineiden käytössä energiakustannuksista jää suurempi osa paikkakunnalle. Lisäksi metsäenergian käyttöä ja nuorten metsien hoitoa tuetaan Kestävän metsätalouden rahoituslain avulla. Usein energiapuun korjuu edistää samalla nuorten metsien hoitoa.

Puulämmitys

Metsäenergian käyttö maatilan lämmitysenergian tuotannossa on edullista verrattuna muihin saatavilla oleviin vaihtoehtoihin. Taulukkoon 4 on koottu eri polttoaineiden ja lämmitysenergian muotojen hintoja ja ominaisuuksia. Puulämmityksen hintaan vaikuttaa suuresti se, tehdäänkö polttopuut itse omasta metsästä vai ostetaan ne valmiiksi kuivattuina ja pilkottuina. Juuri metsänomistajan ja tilallisen omatoimisuuden avulla puulämmitys ja polttopuun hankinta saadaan edulliseksi ja kannattavaksi (Gumse 2003, 36). Vallan (2012) tutkimuksessa viljatila 1:n polttopuiden hinta sisälsi vain polttoaine- ja konekustannukset hinnan ollessa 15 €/p-m³.

Taulukossa 4 sekapuupilkkeen hinnan lähteenä on käytetty Metsäkeskuksen Halkoliiteri-palvelinta. Esimerkkihauulla Äänekosken seudulla irtokuutio sekapuuta (pituus 33 cm) maksoi 3.1.2013 n. 40 €/i-m³. Sen pohjalta Halkoliiteri.com-sivuston laskurissa (Polttopuut, klapit ja halot helposti netistä 2013) polttopuuenergian hinnaksi tuli 62 €/MWh ja 65,60 €/p-m³. Polttopuita oli tarjolla myös huomattavasti halvemmalla tuoreena ja kalliimmalla kotiinkuljetettuna. Pilkkeiden hinta on noussut viime vuosiin kysynnän kasvaessa. Halkoliiteri-palvelimella (2013) on määritetty vuonna 2011 koivupilkkeelle (33 cm) keskihinnaksi 49,7 €/MWh ilman kuljetuskustannuksia, lämmön hinta laskettuna 80 %:n hyötysuhteella.

TAULUKKO 4. Maatilojen polttoaineiden ominaisuuksia ja hintoja

Polttoaine	MWh/ m ³ ¹	€/MWh	Hinnan vuosimuutos % ⁷ 2011-2012	Hyötysuhde % ²	Tarvittava määrä korvaamaan 1 m ³ öljyä ²
Sekapuupilke p-m ³	1,3	62,00	-	80	7,7 p-m ³
Metsähake i-m ³ alv 0 %	0,8 -0,9	19,30	+ 5,6 %	75–80	12–15 i-m ³
Puupelletti i-m ³ alv 23 %	3,2	54,60	- 5,1 %	85 ⁴	3,3 i-m ³
Palaturve i-m ³ alv 0 %	1,25	14,20	+ 13,2 %		8 i-m ³
Kaura i-m ³	2,1–3,3	19,4 ⁶	-	70–80	4-6 i-m ³
Rypsi ³ i-m ³	4,43	-	-		2,3 i-m ³
Ruokohelppi ³	0,37	-	-	-	27 i-m ³
Olki i-m ³	0,13	-	-	60–80 ⁵	76 i-m ³
Kaukolämpö, pientalot alv 23 %	-	70,10	+ 5,6 %	-	-
Sähkö alv 23 %	-	147,80	- 4,8 %	-	-
Kevyt polttoöljy alv 23 %	10	116,90	+ 9,5 %	85–90	-

1 Kirkkari, A-M. & Lehtinen, J. 2005

2 Mattila I. 2005,

3 Alakangas 2000, 105

4 Pellettilämmityksen kustannuslaskuri 2013

5 Ahokas 1983

6 Luoma ym. 2006, 56

7 Sähkön hinnat laskivat edelleen kolmannella vuosineljänneksellä 2012.

Puulämmitys klapeilla on sitovaa ja työlästä, minkä vuoksi useilla suurilla lämmitysenergiämääriä tarvitsevilla tiloilla on siirrytty automatisoituun lämmitysjärjestelmään, kuten hakkeen, turpeen tai pellettien (myös briketit) stokeripolttoon. Karjatiiloilla työmäärä ja energiantarve ovat usein niin suuria, että lämmityksen automatisointi on miltei välttämätöntä. Jos Paavolassa siirryttäisiin puulämmitykseen asuintalon ja vanhan, nuorkarjaa sisältävän navetan osalta, tarvittaisiin sekapuupilketä 73,8 p-m³/v. Tämä on kiintokuutioina puuta 48 m³/v. Puumäärän energiasisältö (96 MWh) vastaa nykyistä brikettien kulutusta, joka on 20 tn/v (Valta 2012, s. 55), eli 30,8 i-m³ (Alakangas 2000, 74). Lämmitykseen tarvittava työmäärä ja polttoainevaraston tila-

vuoden tarve kasvaisivat. Toisaalta polttoaine tulisi lähimetsistä eikä brikettitehtaalta. Omien ja lähimetsien energiapuukäyttö saattaisi työllistää lähipiiriä, sekä myös maatilaa itseään.

Metsähake

Metsähakkeen tuotantoon on kehitetty useita eri vaihtoehtoja työkohteesta ja käytäjästä riippuen. Näitä ovat mm. palsta-, välivarasto- ja käyttöpaikkahaketusrjestelmät (Vesisenaho 2003). Metsähakkeeksi haketettavaa puuta saadaan pienkäyttäjille harvennushakkuiden latvahukkapuusta, nuorten metsien kunnostuskohteiden kokopuusta ja karsitusta rangasta. Poltettaessa haketta maatilalla hakkeen tavoitekosteus on 20 %, mutta käytännössä kosteudet ovat välillä 30–35 %. Tähän päästään vain oikeaoppisella puutavaran kuivauksella, varastoinnilla ja hakkeen säilytyksellä. Edullisinta kuivuminen on puun kaadon ja välivarastoinnin aikana (Luoma ym. 2006).

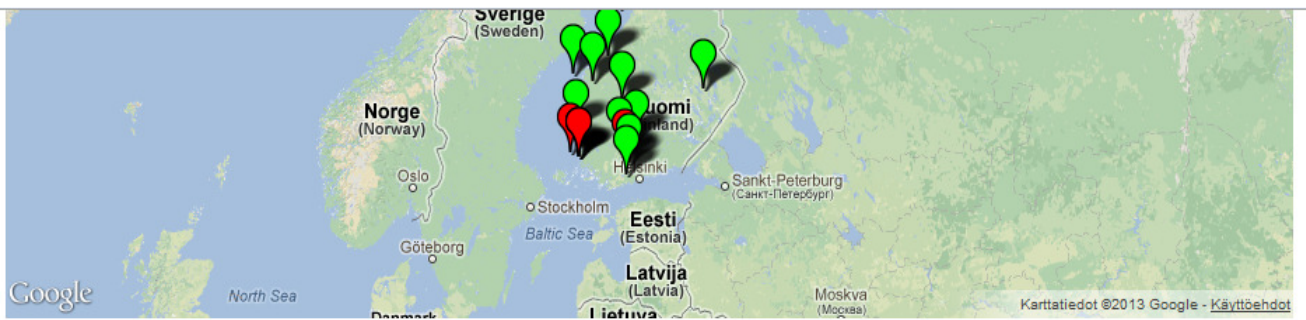
Kirkkarin ja Lehtisen hintavertailussa (2005, 21) hakkeen hinta 15 m³:n säiliössä oli 20 €/MWh (alv 0 %). Pöyry Oy:n puupolttoaineiden hintaseurannassa vuoden 2011 viimeisellä neljänneksellä metsähakkeen hinta oli 17,60 €/MWh (Puupolttoaineiden hintaseuranta 2011). Bioenergiapörssissä (Hakkeen ja metsäenergian hintatietoa 2012) hakkeen laitoshinta joulukuun 2012 toiselta viikolta oli 18,01 €/MWh, jossa oli nousua vuoden alusta 0,29 €/MWh. Taulukossa 4 metsähakkeen (alv 0 %), puupelletin (alv 23 %), jyrshinturpeen (alv 0 %), kevyen polttoöljyn (alv 23 %), kaukolämmön (alv 23 %) ja kotitaloussähkön (alv 23 %) hintoina on käytetty Tilastokeskuksen (Sähkön hinnat... 2012) tuloksia syyskuulta 2012.

Jos Paavolassa asuintalon ja vanhan navetan lämmitysenergia (96 MWh/v) tuotettaisiin brikettien sijaan hakkeella nykyisellä stokeripolttimella, haketta tarvittaisiin n. 112 i-m³/v, energiasisällön ollessa 0,85 MWh/i-m³. Jos oletetaan, että yhden hakeirtoisuuden tuottamiseen tarvitaan ~0,46 k-m³ kokopuuta tai rankaa (Verkasalo 1988), Paavolan hakemäärä saataisiin puumäärällä 51 k-m³/v.

3.3 Aurinkolämpökeräimet

Auringon uusiutuvaa ja puhdasta säteilyenergiaa voidaan maatilakokoluokassa nykyään hyödyntää kahdella tavalla: lämmönkeräimillä ja aurinkosähköpaneeleilla. Pisara meressä -hankkeen osalta Jorma Valta on pro gradussaan (2012) todennut, että aurinkopaneelien investointikustannukset ovat tällä hetkellä liian korkeita maatilakäyttöön. Auringon säteilytehon sähköksi muuttavien aurinkopaneelien hinnat ovat kuitenkin laskeneet nopeasti tekniikan kehittyessä (Tekniikka ja talous 2012). Myös Tero Lahti totesi haastattelussa lokakuussa 2012, että auringon säteilyenergian lämmitämälle vedelle olisi navetassa käyttöä. Aurinkolämmönkeräimistä on hyviä kokemuksia myös Suomen olosuhteissa. Suomen ympäristökeskus ylläpitää Hinkumappi-tietokantaa (Suomen ympäristökeskus 2011a), johon on koottu tietoa uusiutuvia energialähteitä käyttävistä investoinneista esim. kotitalouskäyttöön. Palvelusta löytyy useita esimerkkejä viime vuosina toteutetuista investoinneista, joissa enemmän tai vähemmän fossiilisista energialähteistä, kuten öljy- ja sähkölämmityksestä, on siirrytty käyttämään aurinkolämpökeräimiä ja mahdollisesti lisänä ilmalämpöpumppuja.

Lämpöpumppujen ja sähkövastuksen avulla lämmitysenergiaa voidaan tuottaa pimeänä ajanjaksona, kun säteilyteho on vähäistä. Aurinkolämpöä voidaan tuottaa helmi-syyskuun välisellä jaksolla esim. Seinäjoella 4,2 MWh 20 m²-keräinpinta-alalla (Suomen ympäristökeskus 2011a). Seinäjoen omakotitalokohteeseen oli asennettu v. 2010 neljä aurinkokeräintä, pinta-ala yhteensä 20 m². Järjestelmään oli integroitu ilma-vesilämpöpumppu, joka alkoi lämmittää vettä syksyn pimetessä. Lämpöpumppu kuluttaa sähköä viidenneksen vastaavasta sähkölämmitysjärjestelmästä. Käyttäjät olivat tyytyväisiä syntyneeseen kustannussäästöön ja järjestelmän helppohoitoisuuteen. Asennetun paketin hinta oli 11 500 € ja takaisinmaksuaika nykyisillä sähkön ja öljyn hinnoilla 20 vuotta. Öljyjärjestelmää ei tarvinnut investoinnin yhteydessä purkaa, vaan se jätettiin varalle (Suomen ympäristökeskus 2011, Seinäjoen omakotitalokohde). Kuviossa 1 on ympäristökeskuksen hankkeessa koottuja tietoja Suomessa viime vuosina toteutuneista aurinkolämpökohteista.



Lisäty	Otsikko	Kunta	Luokitus
10/18/2011	Energialähteinä ovat hake, pelletit ja aurinko	Keuruu	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö, Bioenergia (puu, pelletti, hake, olki, biojäte, ym.), Korjausrakentaminen ja kiinteistöt, Käyttötymisen muutos (asuminen, kulutus, ruoka, ym.)
11/8/2011	Pelletti- ja aurinkolämmitys omakotitalossa	Joensuu	Aurinkolämpö, Bioenergia (puu, pelletti, hake, olki, biojäte, ym.)
11/8/2011	Hiilineutraali Harakka	Helsinki	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö, Tuulivoima
11/8/2011	Aurinkokeräimet ja ilma-vesilämpöpumppu	Raahe	Aurinkolämpö
11/8/2011	Aurinkoenergiaa omakotitalossa	Hämeenlinna	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö
11/9/2011	Nollaenergiakerrostalo	Järvenpää	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö, Rakennukset
11/9/2011	Energiatehokas eläkeläismökki	Asikkala	Aurinkolämpö, Rakennukset
11/9/2011	Aurinkopaneeleita ja -keräimiä omakotitalossa	Veteli	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö
11/9/2011	Omakotitalon omavarainen sähkön- ja lämmöntuotanto	Pori	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö, Bioenergia (puu, pelletti, hake, olki, biojäte, ym.), Tuulivoima, Rakennukset
11/11/2011	Uusiuvaa energiaa Meteoriihessä	Vaasa	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö, Bioenergia (puu, pelletti, hake, olki, biojäte, ym.), Tuulivoima
11/14/2011	Itsevalmistettavat aurinkokeräimet	Vaasa	Aurinkolämpö
11/14/2011	Uimahallin aurinkoenergiaratkaisut	Pori	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö
11/14/2011	Aurinko- ja maalämpöä kerrostaloon	Vaasa	Aurinkolämpö, Maalämpö, Rakennukset
11/14/2011	Aurinkolämmönkeräin ja ilma-vesilämpöpumppu	Seinäjoki	Aurinkolämpö
11/14/2011	Aurinkolämmön ja -sähkön yhteisratkaisu	Vaasa	Aurinkolämpö, Aurinkosähkö
11/14/2011	Uusiutuvat energialähteet omakotitaloon	Vaasa	Aurinkolämpö, Maalämpö
11/18/2011	Kolmen rakennuksen yhteinen aurinkokeräin	Mynämäki	Aurinkolämpö
2/10/2012	Aurinkokeräin omakotitalossa	Hyvinkää	Aurinkolämpö
2/23/2012	5 asunnon energiatehokas rivitalo	Uusikaupunki	Aurinkolämpö, Rakennukset
2/28/2012	HaNi-Hallin aurinkokeräimet	Mynämäki	Aurinkolämpö
9/10/2012	Aurinkolämpö öljylämmityksen rinnalle omakotitaloon	Mynämäki	Aurinkolämpö

© 2011 Suomen ympäristökeskus – www.ymparisto.fi/hinkumappi |

[Palvelukuvaus](#) | [Käyttöehdot](#) | [Tietosuojakäytännöt](#) | [Usein kysytyt kysymykset](#) | [Jätä palautetta](#) |

KUVIO 1. Aurinkolämpöinvestointeja Suomessa

Suuremman kokoluokan kohde on Suomen aurinkoenergia oy:n toimittama aurinkokeräinjärjestelmä Hanin hallin katolle Mynämäelle. Kyseessä on urheiluhalli, joka lämmitetään kaukolämmöllä. Huhtikuusta lähtien hallin lämmin käyttövesi saadaan katolle asennetuista SolRose Eco-aurinkokeräimistä, joiden yhteispinta-ala on 28 m². Keräimet valmistaa itävaltalainen Solution Solartechnik. Järjestelmässä on kaksi 1 000 l varaajaa. Lämmin vesi syötetään erilliseen käyttövesiyksikköön, jonka hyö-

tysuhde on normaalia käyttövesikierukkaa korkeampi. Pelkkien keräinten hinta oli 16 000 € (Suomen aurinkoenergia oy 2012). Liitteissä 2 ja 3 on SolRose Eco-aurinkokeräinten teknisiä tietoja.

Paavolan tilalla aurinkovoimaa voitaisiin hyödyntää lämmönkeräinten avulla, joilla lämmitettäisiin käyttövettä uudessa navetassa. Pohjoisissa, kylmissä ja lyhytkesäisissä olosuhteissa lämmönkerääjäjärjestelmän on oltava tyypiltä aktiivinen. Pumpun avulla esim. vesi-glykoliseos kierrätetään vesivaraajan lämmönvaihtimen ja keräimen välillä. Omakotitalo-kokoluokassa aurinkokeräinten pinta-ala on 3 - 6 m², tarvittaessa yli 10 m² jos lämpimän veden lisäksi järjestelmällä lämmitetään taloa. Robotinavetan katolle mahtuisi useita aurinkokeräimiä. Lämmintä käyttövettä kuluu navetassa arviolta 300 m³/v. Sähköenergialla vastaavan vesimäärän lämmitys vaatii 14 MWh/v. Tästä energiamäärästä voitaisiin lähes neljännes (3,4 MWh) tuottaa NIBE Solar for Coil FP 215-aurinkokeräimillä (11,5 m²) ja 1 500 litran Capito-hybridivaraajalla (Valta 2012, s. 79).

3.4 Tuulivoima

Tuulivoiman hyödyntäminen tarjoaa uusiutuvaan energiaan perustuvan sähköntuotantomahdollisuuden. Tuulivoima on varteenotettava vaihtoehto, kun rakennetaan uutta sähkötuotantokapasiteettia. Voimala vaatii toimiakseen riittävät tuuliolosuhteet, mikä rajoittaa tuulivoiman käyttöä. Lisäksi voimaloiden rakentaminen edellyttää pitkän lupaprosessin erityisesti voimalan sijoittamista koskien. Tuulivoimaloiden aiheuttama melu ja ulkonäkö eivät miellytä kaikkia kansalaisia. Tuulivoimaloissa käytetään korkean teknologian tekniikkaa, mikä nostaa niiden investointikustannuksia. Pientuulivoimalat ovat järkeviä investointeja erityisesti kiinteistökohteissa, joihin verkkovirtaa ei ole saatavilla tai verkkoon liittyminen olisi liian kallista. Tällaisia kohteita ovat mm. vapaa-ajan asunnot, majakat ja muut syrjäiset kohteet, joissa keski-tuulennopeudet saattavat olla sisämaan metsäisiä oloja suuremmat. Sisämaassa tuulivoimaloiden toimintaa haittaavat myös maaston muodot ja metsäisyys, joista aiheutuu tuulen pyörteisyyttä. Tuulivoimayhdistys ry on julkaissut ”Pientuulivoiman ostajan oppaan” tuulivoimaan investoijille. Opasta on esitelty liitteessä 4.

Pientuuliturbiineista maatilakokoluokkaan soveltuvat vaaka-akseliset mallit (Valta 2012 s. 36). Niiden nimellistehot voivat olla suurimmillaan 10–30 kW, jolloin sähköä voidaan tuottaa kiinteistön omaan sähköverkkoon tai varastoida akkuihin. Ylijäämä-sähkö voidaan myydä valtakunnan verkkoon (Kodin energia 2011). Syöttötariffijärjestelmä koskee Suomessa myös pientuulisähköä, mutta ei aurinkosähköä. Suuren kokoluokan esimerkkikohde tuulisähkön tuotannosta löytyy Jalasjärveltä (Suomen ympäristökeskus 2011b). Alkoholituotteita valmistava yritys on hankkinut Saksasta 750 kW tuulivoimalan, jonka tuotanto käynnistyi vuonna 2011. Hankkeen investointikulut olivat 650 000 €. Sähkön vuosituotanto on 1-1,2 GWh. Takaisinmaksuajan on laskettu vaihtelevan 11–15 vuoden välillä. Sähköä hyödynnetään tehokkaasti paikallisesti tuotantotiloissa ja omistajan talossa, ylijäämä toimitetaan verkkoon. Yrityksen tuotanto kuluttaa paljon sähköä, joten omalle sähköntuotannolle on tarve. Kuviossa 2 on kaksi 10 kW Aeolos-tuuliturbiinia korkeassa maastossa Turkissa.



KUVIO 2. Kaksi 10 kW Aeolos-tuuliturbiinia Turkissa.

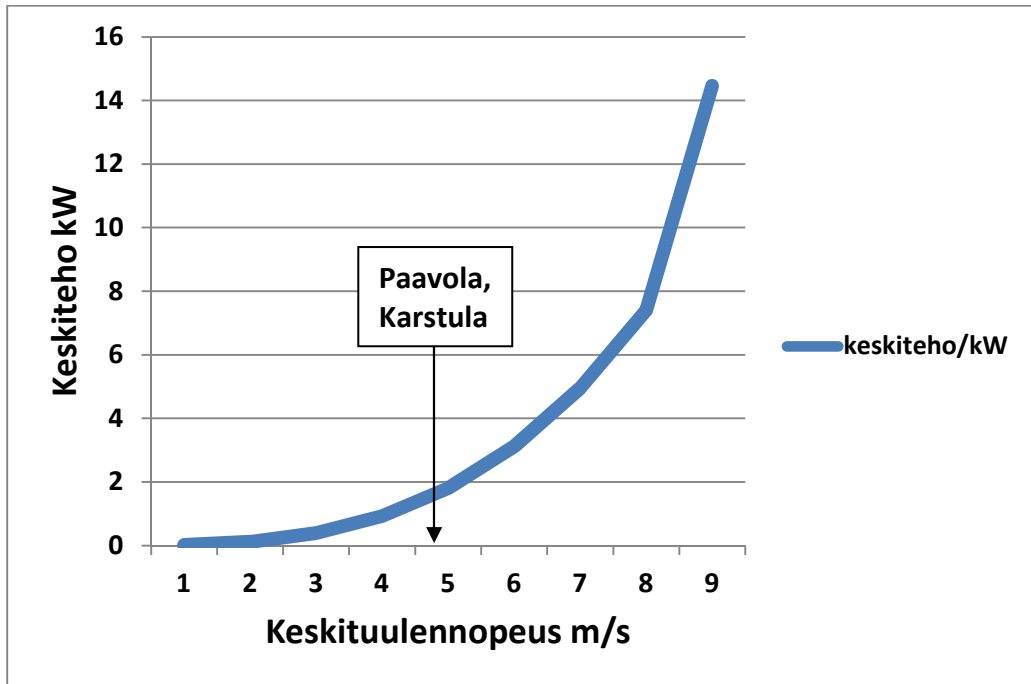
Tuulivoiman rooli Paavolan kaltaisella maatilalla olisi pieni. Vaaka-akselinen tuuliturbiini tuottaisi hyvin pienen osan esim. navetassa tarvittavasta sähkömäärästä ja toimisi lähinnä apuvoimana. Kuten Vallan tutkimuksessa (2012) käy ilmi, tuuliolosuhteiden tulisi olla nykyistä rajummat Karstulassa, jotta tuulivoimainvestointi olisi kannattava. Tuulivoimaloita Suomessa toimittava Tuulivoimala.com tarjoaa tuulivoimaa suunnitteleville nettisivuillaan excel-laskurin, jolla voi laskea tietyn kohteen ja tuuli-

voimalakokoluokan vuosittaisen sähköntuotantomäärän. Taulukossa 5 on vertailtu saman valmistajan eri kokoluokkien tuulivoimaloiden sähköntuotantoa ja tehoa, keskituulennopeuden ollessa 5 m/s, keskimääräisellä maston korkeudella 12 m. Kuvioissa 3 ja 4 on laskettu Tuulivoimala.comin excel-laskurin avulla, miten keskituulennopeuden vaihtelu vaikuttaa WPE20kW-pientuulivoimalan sähköntuotantoon (valmistajan tekniset tiedot liitteessä 5). Laskelmat perustuvat seuraaviin lähtöarvoihin:

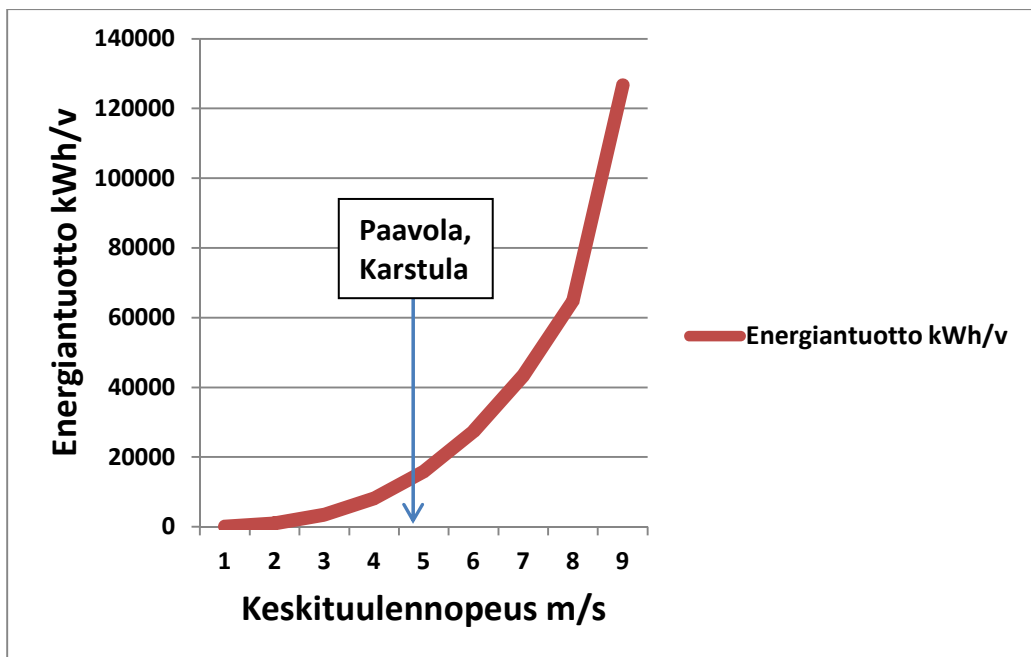
- maston korkeus 18 m
- ilmantiheys 1,225 kg/m³
- Hellman eksponentti 0,27 (kuvaava maaston karkeutta, tasaisella rannikolla 0,11)
- Paavolan tilan keskituulennopeus Tuuliatlaksen mukaan 4,91 m/s 50 m korkeudessa (Valta2012)

TAULUKKO 5. Eri tuulivoimalakokoluokkien sähköntuotantoa

Tuulivoimala	Keskituulennopeus m/s	Energiantuotto kWh/v	Keskiteho kW
WPE 1 kW	5	1 167	0,13
WPE 10 kW	5	7 296	0,83
WPE 20 kW	5	11 400	1,30



KUVIO 3. Keskituulennopeuden vaikutus tuulivoimalan keskitehoon



KUVIO 4. Keskituulennopeuden vaikutus tuulivoimalan sähköntuotantoon

Kuviot 3 ja 4 osoittavat selvästi, että tuulivoimalan toimiminen halutulla tavalla edellyttää riittävän voimakkaita tuuliolosuhteita, käytännössä reilusti yli 5 m/s keskituulennopeutta, jollaisia löytyy huomattavasti helpommin rannikolta kuin sisämaasta.

3.5 Biokaasu

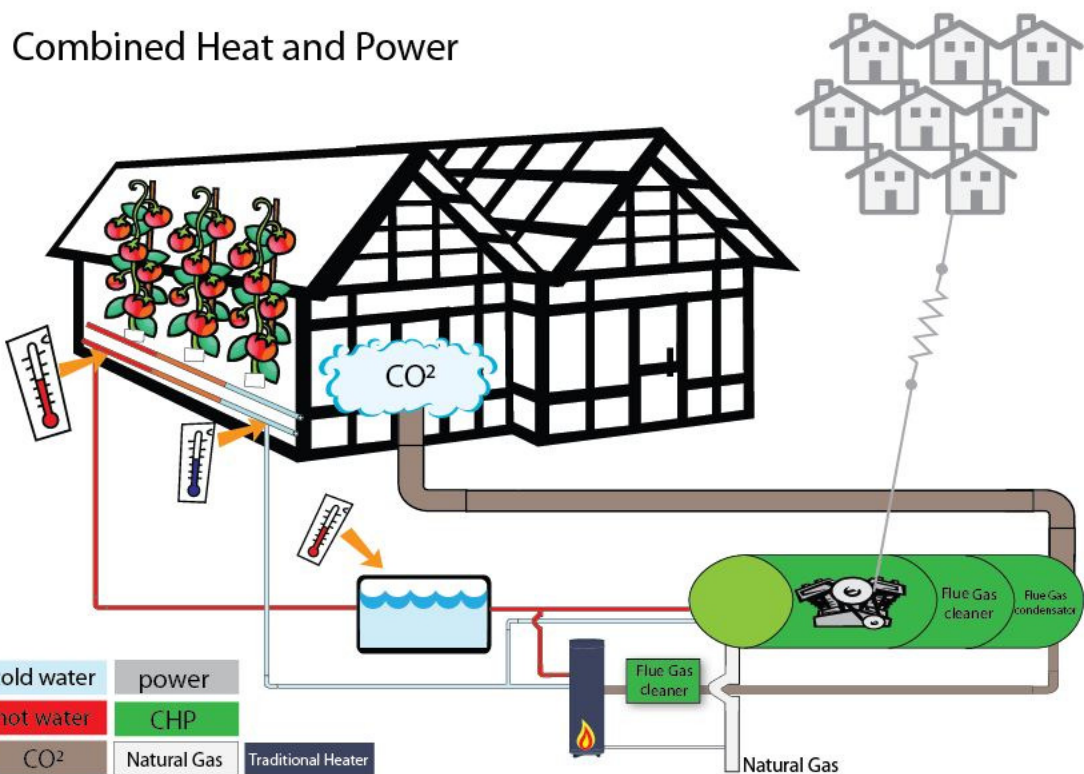
Biokaasu on uusiutuvaa energiaa, jonka käyttö vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja pienentää maatalojen vaikutuksia ympäristöön suoraan ja epäsuorasti (Lehtomäki, Paavola, Luostarinen, & Rintala 2007, 2). Biokaasulaitoksia on Suomessa vielä Keski-Eurooppaan ja erityisesti Saksaan verrattuna hyvin vähän. Vuonna 2007 biokaasulaitoksia oli Suomessa 59 kpl (Biokaasulaitokset Suomessa 2013). Biokaasu on energiamuoto, joka tuo ratkaisun useaan energia- ja ympäristöongelmaan samalla kertaa. Maataloustuotanto ja maaseudun yhdyskunnat tuottavat orgaanista jätettä ja sivutuotteita ympärivuotisesti. Näiden oikeaoppisesta käsittelystä syntyy kustannuksia ja edelleen uusia ympäristöhaasteita ja – riskejä. Biokaasuteknologian avulla orgaaniset jätteet ja ylijäämämassat muuttuvat uusiutuvaksi energialähteeksi, joka voidaan muuttaa tehokkaasti energiaksi – sähköksi, lämmöksi, liikennepolttoaineeksi ja lannoitteeksi tai maanparannusaineeksi.

Biokaasun avulla energiaa voidaan tuottaa paikallisesti ja samalla ratkaista erilaisten jätteiden käsittely- ja varastointiongelmat. Mädätysprosessissa jäljelle jäävät kiintoaineet on mahdollista jalostaa uudelleen lannoitteeksi esim. pelloille, jolloin ravinteet saadaan kiertoon. Tämän avulla tilojen ostolannoituskustannukset pienenevät, mikä lisää viljelyn kannattavuutta. Biokaasun käyttö liikennepolttoaineena vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Tämä vähentää kasvihuonepäästöjä ja ilmansaasteita. Kun työkoneiden polttoaine tuotetaan paikallisesti, kasvavat tilan energiaomavaraisuus ja huoltovarmuus. Biokaasun tuotanto soveltuu hyvin maaseudulle, koska tilojen läheisyydessä raaka-aine ja energian käyttökohde sijaitsevat lähellä. Toimivista ja kannattavista maatilakokoluokan biokaasulaitosinvestoinneista löytyy runsaasti esimerkkejä mm. Saksasta (Biokaasufoorumi.fi).

Biokaasun tuotantoprosessi

Maatilakokoluokan biokaasulaitokset ovat yleisiä biokaasun tuottajia maailmalla. Ne tuottavat kaasun lisäksi mädätysjäännöksen, joka voidaan hyödyntää lannoitteena (Luoma ym. 2006, s. 68). Biokaasua syntyy, kun orgaanista ainesta mätäneen hapettomissa tiloissa. Biokaasu koostuu metaanista (CH₄), hiilidioksidista (CO₂) ja pienestä osasta rikkiä, hääkää, typpeä ym. (Tukia 2011). Metaania voidaan käyttää polttoaine-

na ja hiilidioksidi voidaan erottaa prosessissa erilleen ja hyödyntää esim. kasvihuoneviljelyssä lisähiilidioksidina kasvien kasvua edistämässä. Tästä esimerkkinä toimii Loojie Tomaten BV, kauppapuutarha Hollannissa, joka toimittaa tomaatteja mm. Pohjoismaihin. Yritys tuottaa kasvihuoneissa tarvittavan lämmön ja sähkön (CHP-menetelmä) vesijäähdytteisellä kaasuturbiinimoottorilla, jossa käytetään polttoaineena biokaasua. Ylimääräinen sähkö myydään valtakunnan verkkoon, josta kertyy lisätuloja. Yritys pystyy näin ollen hyödyntämään lähes kaiken, mitä CHP-laitos biokaasulla tuottaa (Loojie Tomaten BV 2011). Prosessista on kuvaus kuviossa 5. Hiilidioksidin osuus biokaasussa riippuu prosessiin syötettyjen raaka-aineiden ominaisuuksista (Tukia 2011).



KUVIO 5. Hiilidioksidin hyödyntäminen CHP-menetelmässä. Loojie Tomaten BV, kauppapuutarha Hollannissa.

Biokaasulaitoksessa orgaanisen aineen mädätys tapahtuu hapettomissa olosuhteissa ja raaka-aineena voidaan käyttää lähestulkoon kaikkea orgaanista ainesta, kuten karjanlantaa, kotitalouksien ja suurtalouksien biojätteitä, peltobiomassoja, puhdistamolietteitä ja elintarviketeollisuuden ylijäämiä. Maaseudulla käytettävissä olevien raaka-aineiden metaanintuottopotentialit vaihtelevat paljon. Märkäpainon mukaan laskeutena lehmänlannalla kaasuntuotto on 15–25 m³/tn, peltobiomassoilla 50–250

m^3/tn , biojätteillä 150–250 m^3/tn (Luoma ym. 2006). Rasvoilla, hiilihydraateilla ja proteiineilla tuotto on huomattavasti korkeampi (Lehtomäki ym. 2007), jonka vuoksi esim. leipomoiden ja makeistehtaiden ylijäämämassat ja -sivutuotteet ovat erittäin kustannustehokkaita ja tiiviitä lisäeriä kaasuntuotantoseoksissa, lehmän lannan toimissa perusmateriaalina. Kasvibiomassat soveltuvat mädätykseen paremmin, jos ne korjataan aikaisin vihermassana (Luoma ym. 2006). Tämän vuoksi Suomessa voidaan viljellä biokaasuntuotantoon soveltuvia kasveja, jotka eivät ehtisi lyhyessä kasvukaudessa tuleentua ruuan- tai rehuntuotantoon.

Ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä saadut sivutuotteet tulee biokaasulaitoksessa hygienisoida 60 min. ajan $+70\text{ }^\circ\text{C}$:ssa ja jauhaa partikkelikokoon $<12\text{ mm}$. Lannan ja teurastamojätteen käyttö mädätyksessä vaativat steriloinnin, koska ne sisältävät eläintautien ja eläinlääkejäämien riskin. Sterilointi tapahtuu $133\text{ }^\circ\text{C}$:ssa, paineessa 3 bar 20 min. ajan ja massan jauhatus on tehtävä partikkelikokoon $<50\text{ mm}$ (Sivutuoteasetus 1774/2002/EY). Hygienisointi -vaihe voidaan lannan osalta ohittaa, jos lopputuote täyttää asetuksessa 208/2006/EY määritellyt tarkennetut laatuvaatimukset (Luoma ym. 2006). Yleensä maatilakokoluokan laitokset ovat yksinkertaisia täyssekoitteisia lietereaktoreita, joissa käsiteltävät ainekset viipyvät 20 päivää ja kuiva-ainepitoisuus on alle 15 %. Käsitteilylämpötilan tulisi olla vähintään $35\text{ }^\circ\text{C}$ (Luoma ym. 2006).

Biokaasusta n. 60 % on energiakäyttöön soveltuvaa metaania, jonka energiasisältö on $10\text{ kWh}/\text{m}^3$ (Luoma ym. 2006). Yhden kaasukuution energiasisällön vastatessa yhtä polttoöljylitraa, tarvitaan biokaasulaitokseen suuri kaasun varastointitilavuus. Metaanin energiakäyttöön on ainakin kaksi vaihtoehtoa: 1) poltto lämmityskattilassa kaasupolttimella (boileri), lämpö johdetaan lämpöverkkoon, hyötysuhde 90 % ja investointikustannukset alhaiset, 2) yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP), jossa on kaasuturbiini ja sähkögeneraattorin ja otto- tai dieselmoottorin avulla tuotetaan lämpöä ja sähköä, sähkö voidaan syöttää kansalliseen sähköverkkoon, hyötysuhde n. 70 - 80 %. CHP-tuotannossa syntyvän sähkön osuus on $1/3$ ja lämmön osuus $2/3$ kokonaisenergiasta.

Biokaasu voidaan myös puhdistaa ja jalostaa liikennepolttoaineeksi tai työkoneiden polttoaineeksi maatiloilla biokaasulaitoksen yhteydessä. Valmis kaasupolttoaine voidaan myydä eteenpäin rakentamalla kaasulaitoksen ja tilan yhteyteen, vaikkapa pihapiiriin polttoaineen jakeluasema. Paavolan tilaa lähinnä oleva biokaasun tankkausasema on tällä hetkellä Laukaassa, Erkki Kalmarin tilalla. Kalmarin maatilakokoluokan biokaasulaitos tuottaa biokaasua oman tilan lehmänlannasta, teollisuuden sivutuotteista ja peltobiomassoista (Luoma ym. 2006). Biokaasubisnestä, kaasun puhdistusta ja jalostusta on Laukaassa lähtenyt viemään eteenpäin myös Metener Oy, joka tarjoaa konttirakenteisia kaasuasemia kokoluokassa 30–100 m³ (Biokaasun puhdistin 2012). Taulukkoon 6 on koottu Suomesta ja Saksasta esimerkkejä toteutuneista biokaasulaitoksista.

TAULUKKO 6. Toteutuneita biokaasulaitoksia ja niiden teknisiä ominaisuuksia

Yritys	Maa	Paikkakunta	Vuosi	Teho	Kapasiteetti	Raaka-aine	Hinta, €
Biovakka Oy	FI	Vehmaa	2005	4 MW	120 000 tn/v	sianlanta, elintarviketeol.sivuvirrat	7 000 000 €
VamBio Oy	FI	Huittinen	2010	3,5 MW	60 000 tn/v	alkutuotannon, kotitalouksien, elintarviketeollisuuden biolietteet	7 000 000 €
Krieg & Fischer Ingenieure Gmbh	DE	Thomas Fakler farm	2005	250 kW	1045 m ³ säiliö	maissi-, vehnä- ja nurmirehu	580 000 €
Krieg & Fischer Ingenieure Gmbh	DE	Ochsenhausen, Hofgut Holland farm	2005	60 kW	350 m ³ säiliö	sian ja kalkkunan lanta, nurmi- ja maissirehu	285 000 €
Krieg & Fischer Ingenieure Gmbh	DE	Körber-Harriehausen farm, Obernjesa	2003	160 kW	680 m ³	energiakasveja, mm. maissia, nurmea	680 000 €

Biokaasuntuotannon energiatasetta on tutkittu mm. timoteinurmen avulla (Luostari-
nen, J. 2007). Tutkimuksessa kaasun raaka-aineena käytettiin timoteita ja laitos oli
suurempaa maatilakokoluokkaa (1 000 m³). Biokaasun tuotanto kulutti primääriener-
giaa 16,4 % tuotetusta energiasta, suurimpien tuotannon energiankuluttajien ollessa
reaktorin ja syötteen lämmitys.

4 MAATILAKOKOLUOKAN BIOKAASULAITOS KARSTULASSA

Tero Lahti kertoi haastattelussa syksyllä 2012, että biokaasu olisi mielenkiintoinen
tapa tuottaa tilalle lämpöä, sähköä ja polttoainetta työkoneisiin. Samalla voitaisiin
hyödyntää omaa peltopinta-alaa vihermassan tuotantoon, jota käytettäisiin biokaa-
sun raaka-aineena. Biodieselin raaka-ainetta tuottavat kasvit eivät tuottaisi alueella
riittävän kannattavaa satoa, mutta energiakasvit ja muu peltobiomassa sopisivat mä-
dätysprosessiin, vaikka eivät ehtisi tuleentua. Biokaasua pohdittaessa tilan isäntä
nosti esille kuitenkin muutamia tosiasioita, jotka on otettava huomioon suunnittelus-
sa. Kimingin kylällä on useita nautatiloja, mutta siirtoetäisyydet tilojen välillä vaihte-
levat suuresti.

Optimitilanne biokaasulaitoksen kannalta Tero Lahden ja Jyrki Katajan mukaan olisi,
jos 20 km etäisyydellä Paavolasta olisi 1000 eläinyksikköä nautoja. Tällä hetkellä ky-
seinen eläinmäärä ei aivan täyty. Eläinmäärä saattaisi tulevaisuudessa kylläkin kas-
vaa. Tämä on olennaista myös mahdollisen energianjakelun kannalta. Tällä hetkellä
Paavolan uudessa navetassa on lietelantasysteemit valmiina, joten lähtökohdat bio-
kaasulaitokselle olisivat olemassa. Jos biokaasuntuotannon avulla tilalle tulisi oman
sähköenergian, lämmitysenergian, työkoneiden polttoaineen, myyntisähköstä saata-
vien tulojen ja porttimaksujen lisäksi lannoitetta pellolle, ratkaisu olisi hyvä (Lahti, T.
2012). Sopivan biokaasulaitoskokoluokan valitseminen on olennaista investoinnin
pitkän ajan kannattavuudelle ja käytettävyydelle tilanäkökulmasta.

4.1 Kokoluokka ja mitoitus

Jos biokaasua tuotetaan lannasta lämmityspolttoaineeksi maitotilalla, tilan tuotannon kokoluokan olisi oltava vähintään 100 lypsylehmää. Tätä pienemmissä yksiköissä tuotanto ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa (Luoma ym. 2006, s. 9). Paavolan tilalla on 70 lypsävää lehmää. Karstulan kunnassa oli 1.5.2012 lypsylehmiä 798 kpl, emolehmiä 132, hiehoja 445, sonneja 399, alle 1 vuoden ikäisiä vasikoita 1026, nautaeläimiä yhteensä 2 800 kpl. Eläimet jakautuvat Karstulassa 49 tilalle, maitotilojen määrän ollessa 28 (Tike 2012). Paavolan tilalla sijaitsevaan biokaasulaitokseen voitaisiin tuoda lehmänlantaa naapuritiloilta. Reaktorin mitoituksessa voidaan käyttää seuraavaa kaavaa (Junttila, H. 2012):

reaktorin vähimmäistilavuus (m^3): $30 \times$ päivittäin syntyvä lantamäärä (m^3)

Paavolan tilan 70 lehmää tuottavat vuodessa n. $1700 m^3$ lantaa, eli päivässä n. $5 m^3$, jolloin reaktorin minimi-tilavuus lietelannan osalta on oltava $150 m^3$. Jos oletetaan, että lannan seassa käytetään lisäsyötteitä ja tilan ulkopuolista lantaa, on reaktorin mitoituksen oltava vähintään $200\text{--}400 m^3$. Jos kokoluokaksi valitaan keskitetty biokaasulaitos Karstulaan, jonka raaka-aineista valtaosa tulisi tilan ulkopuolelta, olisi reaktorin tilavuuden oltava vähintään $500\text{--}700 m^3$.

4.2 Laitostyyppi

Maatilojen biokaasureaktorit ovat yleensä jatkuvatoimisia ja –sekoitteisia (CSTR) reaktoreita. Näissä syöttö voidaan automatisoida ja kaasua tulee tasaisesti (Weiland 2006). Kokonaisuus koostuu yleensä maatiloilla seuraavista osista: navetta, raakalieteallas, biokaasureaktori ja kaasun jälkivarasto. Kun raaka-aineita oletetaan tulevan myös tilan ulkopuolelta, tarvitaan lisävarasto, hygienisointiyksikkö, jätteen murskauslaitteisto ja syöttösäiliö, sekä turvallisuus- ja käsittelylaitteistot (Lehtomäki ym. 2007).

4.3 Raaka-aineet

Paavolan tilalla biokaasun raaka-aineita tulisi kasvinviljelystä ja lypsylehmien lannasta. Muita jakeita voisivat olla jätevedenpuhdistamon lietteet ja elintarviketeollisuus-

den sivutuotteet lähikunnista. Kotitalousjätteen hyödyntäminen olisi myös yksi vaihtoehto, mutta siihen tarvittava esikäsittelylaitteisto ja – prosessi ovat maatilakokoluokassa hankalia, joten kotitalousjäte ei tässä tapauksessa sovellu raaka-aineeksi (Lehtomäki ym. 2007) Lähialueen tilojen pellonkäytössä voitaisiin painottaa entistä enemmän energiakasvien tuotantoa. Peltobiomassoja ei tarvitse kuivattaa erikseen kun niitä syötetään mädätysprosessiin. Maatilalla kannattaa käyttää seosta, jossa on lannan ja peltobiomassan lisäksi jotain muuta orgaanista biomassaa. Tällaisen seoksen käyttö tasapainottaa mädätettävän massan ravinne- ja kosteuspitoisuuksia, nostaa metaanintuottoa ja nopeuttaa orgaanisen aineksen hajoamista (Lehtomäki ym. 2007).

Erilaisten jakeiden yhteiskäsittely saattaa lisätä haitta-aineiden ja patogeenien leviämistä, koska jätteet sisältävät loisia ja viruksia. Sivutuoteasetuksen mukaisella hygienisoinnilla patogeenit saadaan kuriin (Lehtomäki ym. 2007) ja paljon haitta-aineita sisältävät mädätysjännökset tai käsittelyjätteet voidaan polttaa tai sijoittaa kaatopaikalle (Valta 2012, s. 30). Biokaasun tuotantoprosessia voidaan säädellä juuri raaka-aineiden avulla. Jos energiaa tarvitaan kaasun muodossa enemmän, voidaan raaka-aineena käyttää runsaasti energiaa sisältäviä jakeita, kuten sokeria ja rasvamassoja. Näin voidaan myös halutessa tuottaa enemmän sähköä myyntiin, kun sähkön hinta on korkealla. Tällaisia raaka-aineita voidaan varastoida suurempaa kaasuntarvetta varten (Lehtomäki ym. 2007). Taulukon 7 laskelmissa on oletettu biokaasun metaanipitoisuuden olevan keskimäärin 60 %. Kun metaanin energiasisältö on 10 kWh/m^3 , tulee kuutiosta lietalantaa energiaa n. 120–150 kWh ja vuodessa (24 m^3) 2,9–3,6 MWh (Tukia 2011). Heinän ja ruokohelven kaasusaanto on Lehtomäen ym. (2007) tutkimuksesta.

Saarijärven kaupungin sivuilla kerrotaan, että kuivattua jäteveden puhdistamolietettä syntyy Saarilammen puhdistamossa n. $24 \text{ m}^3/\text{vk}$, eli n. $1200 \text{ m}^3/\text{v}$ (Saarijärven kaupungin jätevedenpuhdistamot 2012). Puhdistamolietteestä saadaan biokaasua keskimäärin $16,57 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ja metaania keskimäärin $10,22 \text{ m}^3/\text{m}^3$, mikä perustuu laskelmaan (Kuittinen, Huttunen, & Leinonen 2008) yhdeksän suomalaisen kaupungin jätevedenpuhdistamolietteiden mädätyslaitosten kaasusaannoista. Myös Karstulan kunnassa syntyy jätevedenpuhdistamolietettä, toimintakertomuksen mukaan vuonna

2010 (Karstulan kunnan toimintakertomus 2010) Peränevan aumakompostointialueelle otettiin vastaan kuivattua lietettä Karstulasta 639 m³ ja naapurikunta Kyyjärveltä 240 m³. Karstulan kunnan vesi- ja viemärlaitokselle myönnettyssä ympäristöluvassa (Ympäristölupapäätös Karstulan kunnan vesi- ja viemärlaitokselle 2005) arvioidaan, että kuivattua lietettä syntyy n. 10 m³/vk, eli n. 520 m³/v. Taulukkoon 7 on arvioitu keskimääräiseksi (520–639 m³/v) kuivatun lietteen potentiaaliksi Karstulasta 579 m³/v.

TAULUKKO 7. Biokaasulaitoksen raaka-ainepotentiaaleja Saarijärvi-Karstulan seutukunnalla 2013

Raaka-aine	Raaka-ainemäärä m ³ /v.	Kaasuntuotto m ³ /v	Metaania m ³ /v	Bruttoenergiantuotto MWh/v
Lehmänlantakuutio	1	25	15	0,15
1 lehmä	24	600	360	3,6
Paavolan lypsylehmät 70 kpl	1 680	42 000	25 200	252
1 ha nurmiheinää, 8 tn/ka/ha	-	3 300–6 600	2 000–4 000	20–40
1 ha ruokohelpeä, 9-10 tn/ka/ha	-	-	3 800–4 200	37–41
Jätevedenpuhdistamo- liete, Saarijärvi	1 200	19 884	12 264	122
Jätevedenpuhdistamo- liete, Karstula	579	9 594	5 922	59

Malli 1

Taulukkoon 8 on laskettu arviot metaanintuotantopotentiaalista mallissa 1, jossa Paavolan tilan lisäksi seitsemän keskimäärin 50 lehmän lypsykarjatilaa tulisi biokaasulaitoshankkeeseen mukaan, Karstulan jätevesilietteet otettaisiin käyttöön ja Saarijärveltä jätevesilietteisestä tulisi esim. 60 %.

Malli 2

Malli 2 on potentiaailtaan suurempi. Siinä Paavolan tilan lisäksi olisi mukana 500 lypsylehmää, kaikki Saarijärvi-Karstulan jätevesiliete, sekä energiakasveja peltovilje-

lystä seuraavasti: 10 ha ruokohelpeä ja 10 ha heinää, kasvien kaasusaannot laskettuna taulukon 6 arvoista keskimääräisinä arvoina (nurmiheinällä 3 000 m³ CH₄/ha/v, ruokohelvellä 4 000 m³ CH₄/ha/v).

Malli 3

Malli 3 on kokoluokaltaan pienin vaihtoehto. Siinä biokaasulaitokseen tulisi mukaan ainoastaan Paavolan omat raaka-aineet. Mallissa 3 oletetaan, että Paavolan tilan tuotanto (peltopinta-ala ja maitomäärä) on 10 vuoden päästä kasvanut nykyisestä 30 % ja lypsäviä olisi 91 kpl. Peltobiomassaa olisi käytettävissä energiantuotantoon esimerkiksi 5 ha ruokohelpeä ja 5 ha nurmisäilörehua. Peltobiomassan keskimääräisen tilavuuspainon ollessa 500 kg/m³, keskimääräisellä satotasolla peltobiomassoja oletetaan kertyvän biokaasulaitokseen 400–500 m³/v.

TAULUKKO 8. Vaihtoehtoja Paavolan tilan biokaasulaitoksen kokoluokaksi

Tuotantomalli/ generaattorin teholuokka	Raaka-ainemäärä m ³ /v.	Kaasuntuotto m ³ /v	CH ₄ m ³ /v	Bruttoenergiantuotto GWh/v	Nettoenergia, hyötysuhde 80 %, GWh/v	Lämpö 65 %, GWh/v	Sähkö 35 %, GWh/v
Malli 1 120 kW	11 379	273 527	126 000	1,3	1,0	0,65	0,35
Malli 2 270 kW	15 459 +peltomassat	371 478	293 386	2,93	2,35	1,53	0,82
Malli 3 80 kW	2184 +peltomassat	54 600	67 760	0,7	0,54	0,35	0,19

4.4 Biokaasuenergian käyttö

Paavolan tilan naapureina on maatiloja ja useita omakotitaloja, jotka voisivat käyttää biokaasulaitoksessa tuotettua lämpöä ja sähköä. Ylimääräistä sähköä voitaisiin myydä valtakunnan verkkoon syöttötariffijärjestelmän avulla, jos laitoksen kokonaisni-

mellisteho ylittää 100 kVA (Biokaasulaitoksen tukijärjestelmät Suomessa 2011).

Energiantarve saattaa tulevaisuudessa, esim. 10 vuoden päästä kasvaa, jos lähellä sijaitsevien tilojen koko kasvaa tai muuttuu enemmän energiaa tarvitseväksi. Taulukossa 9 on laskemalla arvioitu Paavolan tilan lähiympäristön energiantarvepotentiaaleja lähitulevaisuudessa. Omakotitalojen ja esimerkkimaatilojen energiankulutusarvot on laskettu Keski-Suomen metsäkeskuksen bioenergianeuvoja Veli-Pekka Kauppinen kehittämällä Lämmityskohteen mitoitus-excel-laskentapohjalla.

TAULUKKO 9. Paavolan ympäristön arvioituja energiatarpeita

Kohde	Määrä	Sähköä MWh/v/kohde	Lämpöä MWh/v/kohde	Yhteensä MWh/v
Paavola	1	120	96	216
Omakotitalo 4 as. 120 m ²	4	7	25	128
Omakotitalo 2 as. 70 m ²	7	4	17	147
Maatilat naapurissa	3	70	80	450
Siirtotehohäviö 1 000 m kauko- lämpöputki	20 W/m ¹	-	-	175
Yhteensä		386	730	1 116

1 Logstor 2008, 20 W/m jos Twins-teräsputken dimensio 2*80 mm

4.5 Energiansiirto

Lämmitysenergian siirto lähitaloihin ja tiloille vaatisi lämmönsiirtoverkoston. Tämä voidaan toteuttaa aivan Paavolan vieressä oleviin kiinteistöihin, mutta pidemmillä matkoilla lämmönsiirtohäviöt kasvavat olennaisesti. Esimerkiksi 200 m:n lämpökanaali (DN25) kuluttaa lämpöhäviönä energiaa 35 MWh/v ja Paavolan lähikiinteistöihin kertyisi lämpökanaalille matkaa yli 1 km. Tämän vuoksi kaukaisempiin kohteisiin biokaasulaitoksesta kannattaa energia siirtää kaasuna kaasuputkella käyttökohteisiin. Öljy- tai puulämmityskattilat voidaan muuttaa kaasulla toimiviksi, maakaasun tapaan (Harju, P. 2010, s. 10). Kaasuverkon rakentaminen biokaasulaitoksen ja lähikiinteistöjen välillä on mahdollista tiettyyn paine- ja teholuokkaan asti (Maakaasuasetus 1058/1993). Biokaasun valmistukseen ja siirtoon valmistuspaikalla sovelletaan Ase-

tusta vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999). Luopa verkolle anotaan TUKES:lta (Hintikka 2005, s. 27).

4.6 Lietelanta ravinteiden kierrätyksessä

Jos liotelanta käsitellään biokaasulaitoksessa mädättämällä siitä biokaasua, vähenee lopputuotoksen haitallisten mikrobien, rikkakasvien siementen ja erilaisten haitta-aineiden ja taudinaiheuttajien määrä. Samalla mädätysjäännöksen käyttöominaisuudet paranevat (juoksevuus, imeytyvyys) ja maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöt (CH₄) sekä hajuhaitat pienenevät. Mädätyksessä syntyy humusta vastaavaa kiintoainesta, joka voidaan käyttää hyvänä peltolannoitteena ja maanparannusaineena, koska lannan orgaaninen tyyppi on osittain muuttunut ammoniumtypeksi. Lietelanta ei tarvitse esikäsittelyä ennen mädätystä ja se voidaan syöttää reaktoriin suoraan lietealtaasta. Väkilannoitteiden valmistus maailmalla vähenevästä fosforista ym. raaka-aineista kuluttaa energiaa paljon. Tämä nostaa viljelyyn sitoutunutta energiämäärää ja ostolannoitteiden hintojen nousu syö viljelijän tulosta yhä enemmän.

Lannan käyttö biokaasun tuotannossa ja käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena nostavat biokaasuprosessin tuotos-panossuhteen 5,9:ään (Harmoinen, T. ym. 2009). Lannan uudelleenkäyttö lannoitteena samalla tilalla muodostaa lähes suljetun ravinnekierron (Lehtomäki ym. 2007, s. 44). Jos käsittelyjäännös halutaan jalostaa eteenpäin myytäväksi lannoitteeksi, tulee se jatkokäsitellä lannoitevalmisteeksi. Vaihtoehtoina ovat kompostointi, pelletointi ja rakeistus (Vilkkilä 2007a., s. 35). Sivutuoteasetus määrittää käsiteltyjen jätteiden laatuvaatimukset (A 3.10.2002/1774). Mädätysjäännöksen käytöstä lannoitteena on positiivisia kokemuksia ja sen käytöstä on etua viljelyssä verrattuna pelkkään liotelantaan (Partanen, T. 2012). Myös Paavolan tilalla mädätysjäännöstä voitaisiin käyttää lannoitteena esim. nurmille ja ohralle, sekä mahdollisille energiakasveille, kuten ruokohelvelle.

Tällä hetkellä Paavolassa käytetään keskimäärin yhteensä 4 tn lannoitetta viljoille ja 18 tn nurmelle. Tästä ostolannoitemäärästä merkittävän osan voisi korvata biokaasuprosessin mädätysjäännöksellä, riippuen biokaasulaitoksen kokoluokasta ja syötteen laadusta. Tarkempia lähteitä ja laskelmia muiden tilojen lannoitesäästöistä mädätysjäännöstä käytettäessä ei juuri löytynyt.

5 ENERGIAOMAVARAISUUS JA HUOLTOVARMUUS TILOILLA

Maatilan huoltovarmuus koostuu useasta tekijästä. Riittävä ennakointi ja suunnittelu säästävät poikkeustilanteissa aikaa ja kustannuksia. Uusi maatalousteknologia ja automatiikka tarvitsevat usein tietokoneita ja muita sähköä tarvitsevia laitteita toimiakseen. Ukkoset ja muut häiriöt voivat hajottaa kalliita laitteita ja aiheuttaa toimintakatkoja elintärkeille laitteistoille.

5.1 Sähkönjakelun häiriöt

Elintarviketuotannon ketjun pelloilta pöytään täytyy toimia myös mahdollisten kriisien ja sähkökatkojen aikana. Maataloustarvikkeiden tuotanto on nykyään riippuvaista sähkönsaannista, joten sähkönsaannin varajärjestelmien toimivuuteen on tiloilla perehdyttävä ja valmistauduttava hyvissä ajoin. Yleensä sähkökatkot ja muut häiriöt tulevat arvaamattoman nopeasti ja vaikuttavat tilan arjen lisäksi koko tuotanto- ja jakeluketjuun. Jos sähkönjakelun häiriöihin on valmistauduttu puutteellisesti, saattavat taloudelliset ja inhimilliset menetykset olla suuria. Maitotilalla sähkökatkon aikana on huolehdittava normaaliin tapaan mm. lypsyn järjestämisestä, rehunjaosta, valaistuksesta, maidon hygieniasta, lääkityksestä, vasikoiden juottamisesta ja lämmityksestä. Tuotannon kokoluokkien kasvaessa ja tuotantoteknologian kehittyessä sähköriippuvaiseksi kyseessä ovat myös ihmisten ja eläinten hyvinvointi ja turvallisuus. Esimerkiksi ilmanvaihdon on suurissa tuotantoyksiköissä toimittava riittävästi myös poikkeustilanteissa, koska riittämätön ilmanvaihto aiheuttaa vaarallisten kaasujen kerääntymistä tiloihin nopeasti varsinkin sika- ja siipikarjatiloihin. Säätilojen ääri-ilmiöt, kuten myrskyt, lumikuormat, helteet, kuivuudet, tulvat, ukkoset ja pitkät pakkasjaksot aiheuttavat uhkia ja lisätyötä etenkin maatiloilla. Sähkönsaannin lisäksi on poikkeustilanteissa huolehdittava vesi- ja jätehuollosta (Kallioniemi, M., Tertsunen, S., Tertsunen, V., Jauhiainen, P., Liskola, K., Arosilta, A., & Haapala, H. 2005, s. 3).

Sähkön osalta tuotantorakennuksissa on huolehdittava mm. sulakkeiden kapasiteetista, ylijännitesuojista, ukkossuojaimista, maadoituksista, hälyttimistä ja hälytyskeskuksen akkuvarmennuksesta, UPS-laitteista, salamanvangitsijoista, sähkönsyöttökaapeleista, vikavirtasuojauksesta, vaihtokytkimistä, dataverkon suojauksesta ja ennen

kaikkea varavoimasta ja sen toimivuudesta tai automatiikasta kaikkina vuoden ja vuorokauden aikana. Tilallisen matkapuhelimeen tulisi tulla hälytys sähkökatkon satuessa. Asiantuntevien sähkömiesten, huollon ja varaosien saatavuus on myös poikkeusaikoina turvattava ja varmistettava. Lisäksi sähkölaitteistoa on huollettava ja testattava asianmukaisesti ja säännöllisesti (Kallioniemi ym. 2005).

Maatilan oman sähkönjakelun ilmajohtojen ympäristö on pidettävä raivattuna ja turvaetäisyyksien on oltava riittävän pitkät. Maatilan metsissä kulkevien sähkölinjojen ympäristöt on myös raivattava. Maakaapeloinnin mahdollisuus kannattaa selvittää erityisen riskialttiilla myrskyalueella (Kallioniemi, M. ym. 2005, s. 8). Sähkökatkon aiheuttamat taloudelliset tappiot saattavat maitotilalla nousta useisiin tuhansiin euroihin, jotka olisi voitu sen sijaan sijoittaa huoltovarmuuteen ja omavaraisuuteen. Kallioniemen ym. (2005) esimerkkimaitotilalla sähkökatko kesti 2 vrk, tuotostappio oli 8 268 litraa maitoa, ylimääräiset lääkintäkulut utaretulehduksiin 960 €, suoria kustannuksia yhteensä 5 062 €. Tämän lisäksi huonosti varauduttu sähkökatko aiheutti paljon ylimääräistä työtä ja seurantaa 3 viikon ajan (Kallioniemi, M. ym. 2005, s. 10.)

Varavoiman vaihtoehtoja ovat mm. siirrettävät traktorikäyttöiset aggregaatit ja kiinteät dieselaggregaatit. Sähkön laadun ja tehon on vastattava tilan tarpeita ja aggregaattia pyörittävän traktorin tulee olla riittävän tehokas. Pääkeskukseen kytketystä varavoimalähteestä tulee sähköä myös tilan muihin tarpeisiin. Rakennusten uudet ja vanhat sähköjärjestelmät on sovitettava valitulle varavoimalla sopiviksi (Kallioniemi, M. ym. 2005, s. 11). Kaikissa sähkötöissä ja sähkölaitteiden työympäristöissä on muistettava työturvallisuus. Uudet, varavoimaan liittyvät laitteet ja kytkennät kannattaa testata sähkömiehen kanssa jo ennen sähkökatkoja. Maitotilan varavoiman tarpeesta on Korpelan Voima-kuntayhtymän laatima mitoituslaskelma liitteessä 6.

Pientuulivoimalat ja aurinkolämmönkeräimet voisivat parantaa maitotilan energiaomavaraisuutta ja huoltovarmuutta myös pohjoisen Keski-Suomen olosuhteissa. Jos aurinkopaneelien investointikustannukset jatkavat laskukehitystään, voidaan tulevaisuudessa nykyistä edullisemmin myös maatiloilla turvautua omavaraiseen aurinkosähköön. Aurinkopaneelit voitaisiin sijoittaa navetoiden, konehallien ja asuinrakennusten katoille, josta ne tuottaisivat varasähköä myös sähkökatkojen aikaan.

Vaikka niiden nimellisteho on alhainen, niillä voidaan tuottaa sähköä esim. asumisen perustoimintoihin. Paavolan tilalla 10–20 kW:n tuulivoimala voisi toimia varasähkön-tuottajana, eli pienentää nykyistä sähkölaskua ja tuottaa sähköä mahdollisesti myös sähkökatkon aikana, jos tuulta on vähintään 4-6 m/s.

Yleensä maitotiloilta löytyy varavoimageneraattori sähkökatkoja varten. Tehokapasiteetiltään riittävän kokoisia, muutamien kymmenien kilowattien aggregaatteja voitaisiin käyttää sähköntuotannossa myös silloin, kun sähkö on kalliimpaa kuin polttoöljy tai diesel tai tilanteessa, jossa sähkön kulutus muuttuu hetkellisesti (Kataja 2013a). Taulukossa 10 on vertailtu traktorikäyttöisen aggregaatin ja verkkosähkön käytön tuntikustannusta. Paavolan aggregaatin teho on 63 kW ja sen oletetaan kuluttavan n. 19 l/h täydellä tehokäytöllä. Tuloksista voidaan nähdä, että normaalitilanteessa verkkosähkö on voimanlähteenä huomattavasti traktoriaggregaatin varavoimaa edullisempaa ja vaivattomampaa. Sähkön ja polttoöljyllä käyvän aggregaatin tuntikustannus on sama vasta tilanteessa, jossa polttoöljyn hinta laskee nykyisestä 46 % ja sähkön hinta nousee nykyisestä 97 %.

TAULUKKO 10. Traktoriaggregaatin ja verkkosähkön hintavertailu

63 kWh	Energian hinta	Tuntikustannus €/h
Polttoöljy 19 l/h	1,1 €/l	20,90
Sähkö 63 kWh	0,079 €/kWh	5,80
Polttoöljy 19 l/h	0,60 €/l	11,40
Sähkö 63 kWh	0,156 €/kWh	11,40

5.2 Polttoainehäiriöt

Sähkölämmitystä, kaukolämpöä ja muutamia uusiutuvia energiamuotoja lukuun ottamatta kiinteistöjen energiahuolto on riippuvaista jostain polttoaineesta. Polttoaineesta johtuvat häiriöt kohteen energianhuollossa saattavat johtua polttoaineen toimituksesta, logistiikasta, saatavuudesta tai laatueroista. Talvi on haastavaa aikaa esim. metsähakkeen, peltobiomassojen ja turpeen osalta, kun kosteat massat jäätyvät. Öljyn suosio erikokoisten kohteiden lämmityksessä maaseudulla on pitkään johtunut juuri polttoaineen tasalaatuisuudesta, pienestä tilantarpeesta ja toimivasta

jakeluverkostosta. Öljyn käytöstä kilpailevat monet tahot ja öljyn hinta muodostuu kuluttajan kannalta epävarmoista ja kaukaisista tekijöistä. Tämän vuoksi öljyn hinnan nousu ja saatavuus tekevät öljystä jo nyt epävarman energialähteen, jonka poltto lisää kasvihuonekaasupäästöjä, huonontaa maatalouden energiatehokkuutta ja – tasetta, sekä lisää maatalouden ympäristövaikutuksia.

Metsäenergian hyviä puolia ovat sen läheisyys ja paikallisuus, sekä hinnan ja saatavuuden ennustettavuus. Haketta ja klapeja on saatavilla Suomessa laajalti ja metsäenergia on uusiutuvaa. Laitteistoa ja korjuuketjuja löytyy maaseudulta, joten metsäenergiaan perustuva lämmitysjärjestelmä on paikallisesti suhteellisen omavarainen ja huoltovarmuutta parantava vaihtoehto. Metsäenergian hintaan toki vaikuttaa myös työkoneiden polttoaineiden hinnannousu. Eivätkä metsäenergialla toimivat keskuslämmitysjärjestelmät toimi ilman sähköä, joten omavaraisuuteen on vaikea päästä pelkän metsäenergian turvin maatilakokoluokassa. Brikettien ja pellettien hintaan vaikuttavat mm. metsäteollisuuden suhdanteet, teollisuuden energiakustannukset ja kuljetuskustannukset. Pellettien hintakehitys on pitkään ollut maltillista. Puupelletti- ja brikettituotanto on korkeasti jalostettua ja keskittyneyttä suuriin tuotantolaitoksiin, joten näiden polttoaineiden hinta ja saatavuus ovat riippuvaisia muun teollisuuden suhdanteista ja tuotannosta.

5.3 Mikroverkot

Energiantuotannon keskittäminen suuriin yksiköihin heikentää maaseudun omavaraisuutta ja huoltovarmuutta. Suuret energiantuotantolaitokset rannikolla ovat riippuvaisia tuontiraaka-aineista (esim. uraani, kivihili, öljy, maakaasu) ja sähkönjakelu tuotantopisteestä käyttöpisteeseen joudutaan järjestämään pitkien yhteyksien päähän, mikä tekee energiajärjestelmästä haavoittuvasen ja kuluttajan kannalta epävarman. Hajautettu energiantuotanto maaseudulla, lähellä käyttökohteita, nostaisi ruuantuotannosta vastaavien maatilojen omavaraisuutta ja huoltovarmuutta. Sähköä ja lämpöä voitaisiin tuottaa nykyistä enemmän eri kokoluokan paikallisissa CHP-laitoksissa. EU:ssa tuotettiin CHP-menetelmällä sähköä vuonna 2010 keskimäärin 11,7 % kokonaissähköntuotannosta. 27 maasta Suomessa tuotettiin 36,2 % sähköstä

CHP:llä. Korkein osuus oli Tanskalla (49,2 %) ja matalin Norjalla (0,2 %) (Energiankäytön ja hinnan tilastointia kotitalouksien osalta 2012).

Sähkönsiirto

Uusiutuviin energialähteisiin perustuvien sähköntuotantolaitteiden teknologia kehittyy ja yleistyy vääjäämättä. Maatiloilla ja loma-asuntokäytössä on entistä enemmän pieniä tuulivoimaloita ja auringon säteilyä hyväksikäyttäviä sähköntuottajia. Piensähköntuottajilla on nykyään mahdollisuus liittyä valtakunnalliseen sähköverkkoon, mutta kankea ja hidas byrokratia ja lupa- ja sopimusmenettely nostavat kynnystä ja hidastavat hajautetun sähköntuotannon kehitystä. Kaikkea lupamenettelyä ei voida perustella sähkönjakelun turvallisuuden ja luotettavuuden nimissä. Suomessa energiapolitiikka ja energianjakelu ovat pitkään toimineet ylhäältä alaspäin. Maatilalla, omakotitalossa tai paikallisesti tuotetun sähkön osalta valtio menettää sähkövero- ja arvonlisäverotuloja. Ympäristötietoisuus, omavaraisuudesta huolehtiminen ja sähkön hinnan nousu muuttavat kuluttajien käyttäytymistä ja luovat markkinoita, tarvetta ja toimijoita sähkön paikalliselle pientuotannolle. Energiategollisuus ry (Hajautettu pientuotanto 2012) on viime vuosina tuottanut paljon opasmateriaalia sähkön pientuottajille ja sähköverkon suunnittelijoille.

Paavolan tilanteessa biokaasulaitoksen mahdollisesti tuottamaa ylijäämäsähköä voitaisiin jakaa kahdella eri tavalla (Kataja 2013b). Lähiyhteisö ja sähkönkäyttäjät, erityisesti tilalliset voisivat yhdessä rakentaa paikallisen mikroverkon. Mikroverkkojen käytön voidaan olettaa tulevaisuudessa kasvavan. Hyvänä esimerkkinä mikroverkkojen kasvavasta määrästä on Intia. Intiassa kehitystä on vauhdittanut mm. heinäkuussa 2012 tapahtunut suursähkökatko, jolloin 370 miljoona ihmistä jäi vaille sähköä (Asmus, P. 2012). Mikroverkot ovat varteenotettava tapa jakaa sähköä haja-asutusalueilla myös Suomen olosuhteissa.

Toinen vaihtoehto vaatii riittävän suuren sähköntuotannon. Esimerkiksi biokaasulaitos voi sähköntuottajana vuokrata jo olemassa olevaa verkkoa tai ostaa sitä nykyiseltä jakeluyhtiöltä. Näin menetellään nykyään erikoissähkön (esim. tuuli-, norppa- ja vesisähkö) tuottajien osalta. Sähköä ostava asiakas voi näin valita vaikka Paavolassa tuotetun biokaasusähkön ja asiakas voi sijaita kaukana tuotantokohteesta. Näille

markkinoille suuret sähköyhtiöt eivät tietenkään uusia, ekologisempia kilpailijoita kaipaa. Liittyminen on silti mahdollista (Kataja 2013b).

Mikroverkot paikallisten sähkölaitosten ympärillä voisivat olla vaihtoehto nykyiselle suurten siirtoetäisyyksien mallille. Suomessa sähkölinjat ja –verkot ovat nykyään metsien ja puustojen keskellä, mikä tekee niistä hyvin haavoittuvaisia. Ongelma ei ole ajankohtainen pelkästään harvaan asutuilla seuduilla, vaan myös taajamissa ja asutuskeskustoissa tikittää aikapommi. Suomalaiset ovat metsäkansaa ja haluavat asua puiden ympäröimänä, myös keskustoissa. Puita on joka puolella paljon, ne ovat suuri- ja linjojen läheisyydessä. Kiinteistöjen omistajilla ei ole resursseja tai taitoa puiden poistamiseen. Liian usein asiaan kiinnitetään huomiota vasta pelastuslaitoksen ja sähköyhtiön raivatessa myrskyn kaatamia puita sähkölinjan päältä. Toimintamuodossa ei ole ainakaan selvää voittajaa, mutta paljon häviäjiä.

6 INVESTOINNIN KANNATTAVUUSLASKELMAT

6.1 Kannattavuus

Lähtökohta biokaasuvaihtoehdon valinnalle kannattavuuslaskelmia varten on tilatason huoltovarmuusajattelu, eli tilalla voitaisiin tuottaa lämpöä ja sähköä omiin tarpeisiin omista raaka-aineista, jonka ansiosta tila olisi ainakin osittain energiaomavarainen.

Biokaasulaitos Paavolan tilalle

Tässä vaihtoehdossa lasketaan maatilakokoluokan biokaasulaitoksen investoinnin kannattavuutta Paavolan tilalla, jossa oletetaan investoinnin tapahtuvan 5-10 vuoden kuluttua. Laskelmassa oletetaan, että käytettävissä olevat, vuosittaiset bruttoenergiantuotantopotentialit saatavilla olevista raaka-aineista vaihtelevat välillä 300–400 MWh/v (Taulukko 11). Raaka-aineena laitoksessa käytettäisiin kaikki tilalla syntyvä lietelanta ja 5 hehtaarin kasvisato vuosittain.

TAULUKKO 11. Paavolan maitotilan raaka-aineet biokaasulaitokseen

Raaka-aine	Tuotanto	Bio-kaasua m ³ /v	Me-taania m ³ /v	Brut-toener-gian-tuotto MWh/v	Net-toe-ner-gia 75 %	Teho net-toenergi-asta gene-raattori-käytössä kW	Läm-pöte-ho kW, 65 %	Sähkäte-ho kW, 35 %
Liete-lanta	70 nau-taa	42 000	25 200	252	189	21,6	-	-
Nur-mire-hu	5 ha	22 500	15 000	150	112,5	12,8	-	-
Yh-teensä		64 500	40 200	402	301,5	34,4	22,4	12,04

Biokaasulaitoksen tuottaman nettoenergian ollessa tässä tuotantomallissa vähintään 301 MWh/v (CHP), lämmön osuus olisi 195 MWh/v ja sähkön osuus 105 MWh/v, mikä riittäisi kattamaan suuren osan tilalla käytettävästä sähköstä. Huippukuormilla apuna voitaisiin käyttää aggregaattia tai ostosähköä. Reaktorin minimi-ilavuuden on oltava 150 m³, jotta se riittäisi päivittäiselle lantamäärälle. Reaktori kannattaa kuitenkin kerralla mitoittaa suuremmaksi, jotta mahdollisia lisäyötteitä voidaan käyttää tulevaisuudessa, jos laitoksen sähköntuotantoa halutaan nostaa.

Metener Oy on tehnyt kannattavuuslaskelmia ja toteutus selvityksiä mm. Oulun seudun ammattiopiston Koivikon opetusmaatilalle (Kalmari & Luostarinen n.d.). Selvityksessä todettiin, että biokaasulaitoksen energian oma käyttö maatilakokoluokassa (energiapotentiaali 550–800 MWh/v) oli arvioitu 10 MWh/v sähköä ja 99–165 MWh/v lämpöä, keskitetyn kokoluokan biokaasulaitoksessa (energiantuottopotentiaali 1100–1500 MWh/v) sähköä 35 MWh/v ja lämpöä 310–515 MWh/v.

Kalmarin ja Luostarisen selvityksen perusteella valitsin Paavolan tilalle 250 m³-reaktorin, jos vuosittainen syötemäärä on n. 2 000 tn. Biokaasun energiantuotantoon valitsin kaasukäyttöisen CHP-ottogeneraattorin, jonka kokonaisteho olisi 80 kW, josta sähkötehoa 26 kW_e ja lämpötehoa 53 kW_{th}. Varalaitteeksi CHP-laitteen huoltokatkoja

ja muuta häiriötä varten tarvitaan 80 kW_{th} lämpökattila+kaasupoltin turvaamaan lämmöntarve.

Investointi

Maatilakokoluokan biokaasulaitosinvestointien kokonaiskustannukset vaihtelevat välillä 100 000 € - 500 000 €. Maaseudun voima – teoksessa (Peura 2007) arvioitu investointikustannus sikalietettä ja ruokohelpeä käyttävälle maatilan biokaasulaitokselle oli 250 000 €. Raaka-ainepotentiaali oli n. 700 MWh/v, josta sähköä tuotettaisiin 150 MWh/v ja lämpöä 350 MWh/v. MTT:n Maaningan biokaasulaitoksen arvioitu investointikustannus taas oli 350 000 € (Imppola, R & Keikko, K. 2011). Vuosittainen energiantuotanto Maaningan laitoksessa on 700 MWh/v, josta sähköä 225 MWh/v. Laitoksessa on 300 m³-reaktori ja 300 m³ jälkikaasuallas. Kaasu käytetään 63 kW CHP-kaasumootorissa ja varalämmönlähteenä on 80 kW-kattila.

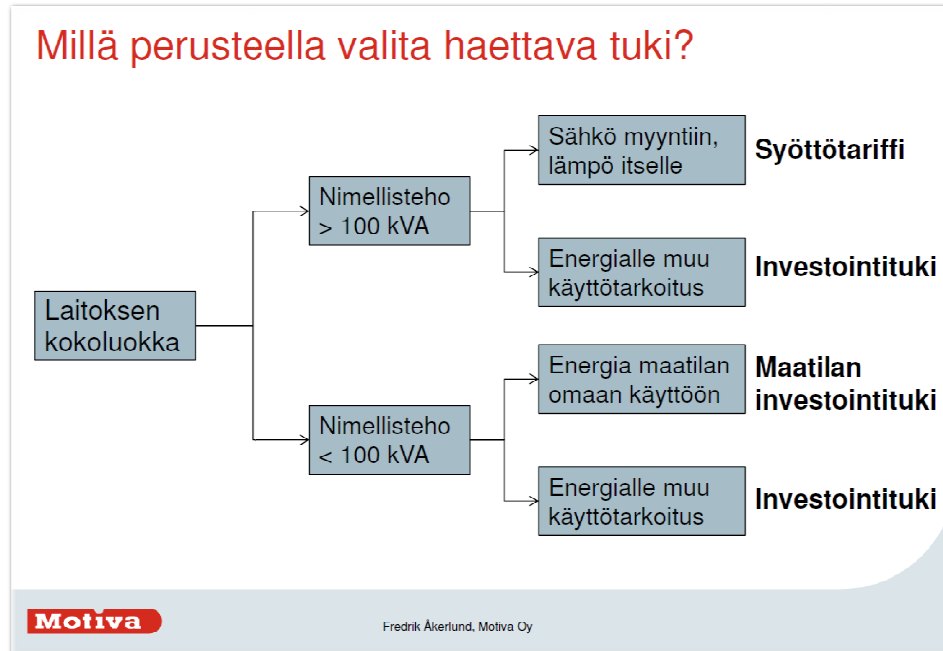
Paavolan tilan investoinnissa CHP-laitteen hinnan arvioinnissa on käytetty apuna Kalmarin & Luostarisen ohjearvoa ottomootorin hinnalle 900–1 500 €/kWe. Taulukoon 12 on koottu biokaasuinvestoinnin kustannuserät, joista kertyy yhteensä 261 000 € (alv 0 %). Omaa työtä käyttämällä voi säästää asennus- ja pohjatöissä. On kuitenkin varmistettava, että maatilan vakuutus korvaa mahdollisessa tulipalossa tai muussa kiinteistövahingossa myös itse asennetut laitteet. Käytettyjä laitteita ei voida käyttää, jos halutaan hakea maatalouden investointitukea investoinnille.

TAULUKKO 12. Arvio Paavolan 80 kW/250 m³ biokaasulaitosinvestoinnista

Kustannuserä	Arvioitu kustannus, alv 0 %	Osuus investoinnista %
Separointitila	15 000 ¹ €	6 %
Biokaasureaktori 250 m ³	137 000 ¹ €	52 %
Kuivalannan käsittely	25 000 €	10 %
80 kW ottogeneraattori CHP	39 000 €	15 %
Varalaitte 80 kW kaasukattila	5 000 €	2 %
Muut laitteistot	20 000 €	8 %
Asennustyö	20 000 €	8 %
Yhteensä	261 000 €	100 %
Maatilan investointiavustus – 15 %	39 150 €	
Tuettu kokonaiskustannus	221 850 €	

1 Kalmari & Luostarinen

Koska suunnitellun biokaasulaitoksen nimellisteho jää alle 100 kVA, ei laitos pääse syöttötariffijärjestelmän piiriin (Laki uusiutuville energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 1396/2010 § 10). Kuviossa 6 (Motiva) on esitetty alle 100 kVA:n biokaasulaitosten tukijärjestelmä.



KUVIO 6. Biokaasulaitoksen tukivaihtoehtoja Motivan sivuilla

Arvioitujen kustannusten pohjalta laskettiin excel-taulukolla Paavolan biokaasulaitoksen kannattavuusselvitys, joka perustuu taulukon 13 lähtöarvoihin. Kannattavuusselvityksessä käytettiin tunnuslukuina investoinnin diskontattua takaisinmaksuaikaa nykyarvomenetelmän avulla, sisäistä korkokantaa (IRR) ja energian tasoitettua tuotantokustannusta (LCOE). Nykyarvomenetelmässä lasketaan investoinnin kustannukset ja tuotot, ne diskontataan nykyhetkeen ja investointi on kannattava, jos tuottojen nykyarvo on kustannusten nykyarvoa suurempi. Sisäinen korkokanta tässä investoinnissa kertoo, kuinka monen prosentin vuotuisen tuoton se tuottaa pääomalle. Investointia voidaan pitää kannattavana, jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin investoinnille asetettu tuottovaatimus, tässä laskelmassa laskentakorkokanta oli 4 % (Koltola, Pösö, Saaranen 2010). Tasoitettu tuotantokustannus lasketaan jakamalla tässä tapauksessa 25 vuoden energiantuotantokustannukset tuotetulla nettoenergiamäärällä. Kustannukset on diskontattu nykyhetkeen 4 %:n korolla. Luku kertoo, paljonko energia on keskimäärin maksanut biokaasulaitoksen teknisen iän aikana. Taulukon

13 käyttökuluihin ja työkustannukseen ei ole sisällytetty energiakasvien viljelyn kustannusta.

TAULUKKO 13. Kannattavuuslaskelmien lähtöarvoja

Biokaasusähkön tuotto tilalle, MWh/v	95
Biokaasulämmön tuotto tilalle, MWh/v	95
Reaktorin oma lämmön käyttö, MWh/v	100
Reaktorin oma sähkön käyttö, MWh/v	10
Nettoenergia yhteensä, MWh/v	300
Investoinnin kestoikä, v	25
Sähkön ostohinta syksyllä 2012, €/kWh	0,079
Lämmityspolttoaineen hinta tilalla (briketti) €/MWh	22
Kiinteän prosessijäännöksen myyntihinta €/m ³ (maanparannusaine) ¹	10
Laskentakorko %	4
Investoinnin tuettu kokonaiskustannus €	221 850 €
Maatilan investointituki 2013 (MAVI)	
- Avustus 15 %	39 150 €
Vuosittaiset tuotot yhteensä	14 626 €
- Viljasatotason nousu ²	2 286 €
- Ostolannoitekulusäästö ³	1 745 €
- Maanparannusaineen myynti 100 m ³ /v	1 000 €
- Ostosähkön säästö 95 MWh/v	7 505 €
- Lämmityskulusäästö 95 MWh/v	2 090 €
Vuosittaiset kulut	4 906 €
- Käyttökustannukset	4 906 €
Vuotuinen nettotuotto 1. vuonna	9 719 €
Jäännösarvo	47 940 €
Jäännösarvon nykyarvo	17 983,10 €
Kulujen vuosimuutos %	3,6
Tuottojen vuosimuutos %	3,6

1 Kalmari & Luostarinen n.d.

2 Partanen, T. 2012

3 Taavitsainen, 2011.

Biokaasulaitoksen jäännösarvo on arvioitu jakamalla laitoksen osat rakennuksina ja koneina poistettaviin osiin. Rakennusten osalta menojäännöspoisto on 6 %, 25 v. kuluttua jäännösarvo 26 % JHA:sta. Koneiden osalta menojäännöspoisto on 15 %, 25 v. kuluttua jäännösarvo 3 % JHA:sta. Näistä painotettu jäännösarvo laitokselle on 47 940 € ja sen nykyarvo 17 983,10 €. Kulujen vuosimuutoksen arvio on tehty Tilastokeskuksen vuoden 2012 kiinteistöjen ylläpidon kustannusten ja maatalouden tuotantovälineiden ostohintojen muutoksen avulla (Kiinteistön ylläpidon kustannusindeksi

2013, Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi 2013). Molemmat kustannukset nousivat ja näistä laskettu keskiarvo on 3,6 %. Tuottojen on oletettu nousevan samaan tahtiin kustannusten kanssa. Laskentakorko 4 % on valittu vertailukelpoisuuden vuoksi samaksi kuin Jorma Vallan pro gradussa samalta maitotilalta. Vallan mukaan 4 %:n diskonttokoron voidaan olettaa kattavan nykyiset korkokustannukset (Valta 2012 s. 59).

Taulukon 13 vuotuiset tuotot on selvitetty laskemalla nykyisistä energiakustannuksista biokaasulaitoksen tuottamat säästöt nykyisillä energianhinnoilla ja kulutusmäärillä. Kiinteää prosessijäännöstä oletettiin tilalta myytävän hintaan 10 €/m³ n. 100 m³/v. Apuna maanparannusaineen hyödyn mitoituksessa on käytetty Kalmarin ja Luostarisen selvitystä (Kalmari & Luostarinen n.d.). Kannattavuuslaskelmassa oletetaan, että Paavolan tilalla biokaasulaitoksen kiinteää prosessijäännöstä, eli mädätysjäännöstä käytetään tilan pelloilla lannoitteena. Tästä oletetaan syntyvän ostolannoitesäästöjä. Lannoitesäästön arvioinnissa on käytetty lähteenä Taavitsaisen (2011, s.11) loppuraporttia. Ravinnelaskelmat perustuvat Jaana Auerin työnohjaukseen ja laskelmaa on avattu seuraavasti:

”Ennen biokaasutusta tilan peltojen lannoitukseen on käytetty karjan tuottama lietelanta 1700 m³ sekä ostoväkilannoitteita täydentämään karjanlannasta saatavia ravinteita (ks. Taulukko 14). Täydennystarve koskee erityisesti liukoista typpeä, sillä lietelanta sisältää niukasti typpeä suhteessa fosforiin, joten sitä ei voi käyttää riittävän suurina määriä kasvien typen tarpeen tyydyttämiseksi ilman että fosforin ympäristönsallimat enimmäismäärät ylittyvät. Lisäksi tilan lantamäärä ei riitä ravinneomavaraisuuteen.

TAULUKKO 14 Lannoitus ennen biokaasutusta

Naudan lietelantaa		1700 m³/v
Naudan lietelanta sisältää	Liukoinen typpi	1,8 kg/m³
Liuk. Typeä yht. lietelannasta		3060 kg/v
Ostolannoitteita käytetään tilalla täydennyslannoituksessa seuraavasti		
Suomen salpietari		400 kg/ha
Nurmiala		35 ha
Salpietaria ostetaan		14 000 kg/v
Typeä salpietarissa		27 %
Typeä ostetaan salpietarissa		3780 kg N/v
Viljoille NK-lannoitetta		100 kg/ha
Vilja-ala		60 ha
NK-lannoitetta ostetaan		6 000 kg
Typeä NK-lannoitteessa		25 %
Typeä ostetaan NK-lannoitteessa		1500 kg N/v
Liukoisen typen kokonaiskäyttö		8340 kg N/v

Jos mädätysjäännös levitetään tasaisesti viljalle ja nurmille, tulee peltoon 7,59 kg P/v (ks. taulukko 15). Mädätysjäännös voidaan siten levittää peltoon ilman, että fosforin sallitut käyttömäärät ylittyvät, sillä sallittu fosforimäärä ohralle ympäristötuen ehtojen mukaan on 10 kg ha/v ja säilörehunurmella 8 kg/ha viljavuusluokassa hyvä ja fosforimäärä saa olla tätä suurempi, jos viljavuusluokka on hyvää heikompi. Jos pelton fosforin viljavuusluokka on korkea tai arveluttavan korkea, fosforia ei saa levittää lainkaan (Nummela & Tuononen 2009). Kaliumin mahdollista lisätarvetta ei ole huomioitu

TAULUKKO 15. Mädätysjäännöksen tasainen levitys säilörehulle ja nurmelle

Mädätysjäännöstä/ha	16,84 t/ha	
Fosforia/tn	0,53 P kg/tn	Taavitsainen 2011
Liukoisen fosforin osuus ympäristötuen mukaan	85 %	Nummela & Tuononen 2009
Liukoisen fosforin määrä	7,59 kg P/ha	

Biokaasutuksen lannoitussäästö on laskettu siis huomioiden pelkästään liukoisen typen ostotarpeessa tapahtuva vähentyminen. Tutkimustulosten perusteella biokaasutuksen seurauksena biomassan sisältämän typen liukoisuus lisääntyy. Laskelmassa on käytetty Taavitsaisen (2011, s. 12) tutkimuksessa analysoitua mädätysjäännöksen liukoisen typen määrää, joka oli 2,29 kg/t (ks. Taulukko 16). Kun lietteen liukoisen typen määrä on 1,8 kg/m³ ja jos oletetaan että lietteen kuiva-ainepitoisuus on alle 15 %, jolloin kuutiopaino on 1 tn/m³, niin liukoisen typen määrä lisääntyy kaasutuksessa tässä tapauksessa 28 %. Typpilannoitesäästö on hinnoiteltu laskemalla typen hinta CEMAGRO Oy:n Agro N46-lannoitteessa 6.5.2013 Maaseudun tulevaisuus-lehden hintanoteerauksen perusteella. Tuolloin lannoitteen hinta oli 459 €/t (alv 0 %) ja lannoite sisältää typpeä 46 %. Typen kilohinnaksi saatiin 0,998 €/kg. Typen ostotarve pienenee laskelman mukaan 1749 kg vuodessa ja kaasutuksella saavutettu ostolannoitesäästö on 1745 €/v (ks. Taulukko 17).

TAULUKKO 16. Lannoitus biokaasutuksen jälkeen

Mädätysjäännöksen määrä	2 100 m³/v (liete 1 700m³+nurmimassa 500 m³- hävikki 100 m³)
Mädätysjäännöksen myynti	100 m³/v
Peltoon levitettävän mädätysjäännöksen määrä	2 000 m³/v
Kuutiopaino	0,8 t/m³ (arvio)
Massa tonneina	1 600 t
Liukoinen typpi	2,29 kg/t
Liukoista typpeä yhteensä	4 809 kg N/v

TAULUKKO 17. Ostolannoitesäästö käytettäessä mädätysjäännöstä lannoituksessa

Liukoisen typen kokonaiskäyttö ennen kaasutusta	8 340 kg/N/v
Mädätysjäännöksestä saadaan typpeä	4 809 kg/N/v
Liukoisen typen ostotarve kaasutuksen jälkeen	3 531 kg/N/v
Liukoista typpeä ostettu ennen kaasutusta	5 280 kg/N/v
Lannoitteen ostotarve pienenee	1 749 kg/N/v
Typnikilon hinta lannoituksessa	0,998 €/kg
Lannoitussäästön arvo	1 745 €/v

Mädätysjäännöksen käyttö viljoilla voi edesauttaa satotason nousua. Partasen (2012) tutkimuksessa keskisato oli lähes 800 kg suurempi kuin raakalannan avulla saavutettu. Tutkimuksessa mainitaan myös hieman yli 300 kg keskimääräistä korkeammat sadot mädätysjäännöksen ansiosta. Arvioimme varovasti, että viljasatotaso saattaisi alkuvuosina nousta Paavolassa 200 kg/ha. Taulukossa 18 on esitetty kuinka viljasatotason nousun arvo on määritetty. Mädätysjäännösmäärän oletetaan olevan vuosittain sama 2 000 m³, josta riittää keskimäärin 57 viljahehtaarille.

TAULUKKO 18. Viljasatotason nousu mädätysjäännöstä käytettäessä

Ohran hinta 2013	0,2 €/kg (Vyr.fi 03/2013)
Viljasadon nousuarvio	200 kg/ha
Sadon arvonlisäys	40 €/ha
Mädätysjäännösannos	35 m³/ha
Mädätysjäännösvaranto tilalla	2000 m³/v
Mädätysjäännöksen levitysala	57,14 ha
Satotason nousun kokonaishyöty	2285,71 €/v

1 Partanen 2012

Taulukossa 19 on eritelty biokaasulaitoksen vuosittaiset käyttökulut.

TAULUKKO 19. Biokaasulaitoksen arvioituja vuosittaisia kustannuksia

Kustannuserä	Kustannus	€/v
Käyttökustannukset sähköntuotannossa 105 MWh/v (Hämäläinen & Tukka 2007)	15 €/MWh	1 575 €
Muut käyttökustannukset sähköntuotannossa 105 MWh/v (Hämäläinen & Tukka 2007)	1 €/MWh + 1 000 €/v	1 105 €
Työkustannus 100 h/v (Enroth 2009)	14,5 €/h	1 450 €
Vakuutukset ja ulkopuoliset palvelut (JHA 221 850 €), (Tuppurainen 2012)	0,25 % JHA:sta	555 €
Puhtaanapito, toimisto ja kirjapitokulut (JHA 221 850), (Tuppurainen 2012)	0,10 % JHA:sta	222 €
Yhteensä		4 906 €

Biokaasulla tuotetun energian tasoitettun energiakustannuksen (LCOE) lähtötiedot ja tulokset ovat taulukossa 20. Vuotuiset pääomakustannukset, korko ja poisto, on laskettu Excelin MAKSU-funktiolla, kun investointimenosta (221 850 €) on vähennetty jäännösarvon nykyarvo. Käyttökustannus on laskettu jakamalla laitoksen tuottama vuotuinen bruttoenergia vuotuisilla käyttökustannuksilla. Tasoitettu energiantuotantokustannus oli 59,04 €/MWh, joka on selvästi korkeampi verrattuna nykyiseen lämmitysmuotoon, mutta samalla alhaisempi kuin aurinkokeräimillä tai pientuuliturbiinilla (Valta 2012). Tasoitettun energiantuotantokustannuksen laskenta oli vaativaa, joten yrittäjyyden lehtori Jaana Auer ohjasi siinä.

TAULUKKO 20. Biokaasuenergian tasoitettu tuotantokustannus LCOE

Kokonaisinvestointi	221 850 €
Nettoenergian tuotanto	310 MWh/v
Huolto, kunnossapito ym. kustannukset	4 906€/v
Investointimeno-jäännösarvon nykyarvo	173 910 €
Vuotuiset annuiteetit korko (4 %) ja poisto annuiteettina	11 132,32 €/v
Käyttökustannus	12,30 €/MWh
Tasoitettu energian tuotantokustannus 25 v. (LCOE)	59,04 €/MWh

Investoinnin kannattavuuden muut tunnusluvut on koottu taulukkoon 21, jossa biokaasulaitosinvestointia on vertailtu Paavolan tilan muihin uusiutuviin energialähteisiin perustuviin ratkaisuihin, joita Pisara meressä-hankkeessa on tutkittu (Valta 2012). Takaisinmaksuajaksi laskettiin Excelin NNA-funktiolla n. 23 vuotta. Sisäiseksi korkokannaksi investoinnille muodostui 25 vuoden kestoajalla 4,7 %, joka on suurempi kuin laskentakorkokanta 4 %. Investointia voidaan siis pitää kannattavana.

TAULUKKO 21. Biokaasulaitoksen kannattavuuden tunnusluvut

Tuotantomuoto Paavolassa	Lämpöä MWh/v	Sähköä MWh/v	Sisäinen korkokanta % IRR	Diskontattu takaisinmaksuaika (NNA nykyarvo)	Suora takaisinmaksuaika ¹	Energian tasoitettu tuotantokustannus €/MWh (LCOE 25 v)
Nykyinen briketti ¹	96	-	-	-	-	30,53
Biokaasulaitos 80kW/250 m³	195	105	4,7	23	-	59,04
Aurinkokehäimet Ni-be 6 kpl+varaaja ¹	3,4	-	-	-	56	286,45
Pientuuliturbiini WPE 10 kW ¹	-	19,3	-	-	55,2	210,69

1 Valta 2012


6.2 Biokaasulaitoksen kannattavuuden herkkyyshanalyysi

Nykyisellä sähkön edullisella hintatasolla Paavolaan tässä työssä hahmoteltu 80 kW/250 m³ (400 MWh bruttoenergia) biokaasulaitosinvestointi on taloudellisesti kannattava, jos sitä tarkastellaan sisäisen koron ja energiaomavaraisuuden kannalta. Takaisinmaksuaika (23 v.) on kuitenkin lähellä laitoksen teknistä käyttöikää (25 v.). Vuotuista nettotuottoa voitaisiin nostaa esim. porttimaksuilla ja vuotuisten nettotuottojen kasvaessa nykyisestä, myös takaisinmaksuaika lyhenisi. Seuraavassa Paavolan biokaasulaitoksen herkkyyshanalyysissä selvitettiin:

- 1) Miten sähkön hinnan nousu vaikuttaa biokaasulaitoksen kannattavuuteen? (taulukko 22)
- 2) Miten brikettien hinnan nousu vaikuttaa biokaasulaitoksen kannattavuuteen? (taulukko 23)


Sähkön hinnan nousun vaikutusta kannattavuuteen on kuvattu taulukossa 22. Kaikki muut lähtöarvot ovat samat kuin taulukossa 13, mutta sähkön hintaa on mallinnettu eri vaihtoehdoilla, joissa edellä mainitut kannattavuuden tunnusluvut on laskettu korkeammilla energiakustannuksilla, eli energian hinnan noustessa biokaasulaitoksen nettotuotot ovat analyysissä nousseet, koska säästöä syntyy enemmän.

TAULUKKO 22. Sähkön hinnan herkkyyshanalyysi biokaasulaitokselle

	SÄHKÖN HINNAN NOUSU NYKYISESTÄ		
	Nykytilanne 79 €/MWh	+ 25 % 98,75 €/MWh	+ 75 % 138,30 €/MWh
Investoinnin diskontattu takaisinmaksuaika v.	23	20	15
Sisäinen korko % IRR	4,7	6,3	8,9
Biokaasulaitoksen nettotuotot €/v 1. vuonna	9 719	11 596	15 353

Koska brikettilämmityksen kustannus on tällä hetkellä tilalla verraten alhainen (100 €/tn), päätettiin työssä laskea biokaasulla tuotetun lämmön kannattavuutta, jos brikettien hinta nousisi nykyisestä huomattavasti. Puubrikettien ja – pellettien hinnat ovat nousseet toistaiseksi maltillisesti, mutta aina on mahdollista, että raaka-aine-, kuljetus- ja tuotantokustannukset nousevat äkillisesti, mikä vaikuttaisi myös Paavolan tilan lämmityskustannuksiin merkittävästi. Savenmaan verkkokaupassa puubriketit maksoivat 20.2.2013 225,90 €/tn (Joka kodin kauppakulma Savenmaa). Oivarautealiike myy Vapon brikettiä tarjoushintaan 300 €/tn (Vapo-puubriketit Oivaraudasta). Taulukossa 23 on vertailtu briketin hinnan nousun vaikutusta biokaasulaitoksen kannattavuuteen.

TAULUKKO 23. Puubrikettien hinnan herkkyysoanalyysi biokaasulaitokselle

	BRIKETTIEN HINNANNOUSU NYKYISESTÄ		
	Nykytilanne 22/MWh 100 €/tn	+ 50 % 33 €/MWh 150 €/tn	+ 250 % 73 €/MWh 350 €/tn
Investoinnin diskontattu takaisinmaksuaika v.	23	21	15
Sisäinen korko % IRR	4,7	5,6	8,7
Biokaasulaitoksen nettotuotot €/v 1. vuonna	9 719	10 764	14 944

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Uusiutuvan energian hybridimalli Paavolan maitotilalle

Tämän tutkimuksen ja Vallan pro gradun (2012) tulosten perusteella on Paavolassa vaihtoehtoina kolme energiakonseptia:

- 1) Nykyinen malli: lämpöä briketeistä ja lämmöntalteenotosta navetassa, sähköä verkosta, investointi 0 €

- 2) Nykyinen malli + 10/20 kW-pientuuliturbiini + aurinkolämmönkeräimet navetan katolle veden lämmitykseen, investointiarvio 73 000 – 86 000 €
- 3) Biokaasulaitos 80 kW/250 m³, josta sähköä ja lämpöä yht. nettoenergiana vähintään 300 MWh/v + verkkosähkö sähkötehon tarpeen mukaan, tuettu investointiarvio 221 850 €

Näistä kolmesta konseptista maatalan energiaomavaraisuutta ja huoltovarmuutta, sekä kestävä, resurssiviisasta maataloutta (Kirkinen 2013) tukee parhaiten malli 3. Biokaasulaitos tulee sitä kannattavammaksi, mitä enemmän verkkosähkön ja puubrikettien hinnat tulevaisuudessa mahdollisesti nousevat nykyisestä. Jos pörssisähkön hinnanvaihtelut lisääntyvät tulevaisuudessa, kannattaa sähköä tuottaa CHP-kaasugeneraattorilla enemmän silloin kun sähkö on kallista. Sähkön ollessa edullisempaa, voidaan käyttää enemmän verkkosähköä. Energiaomavaraisuuden kannalta biokaasulaitos on hyvä ratkaisu, koska sillä voidaan tuottaa lämpöä, sähköä ja lannoitetta tilan omiin tarpeisiin.

Pelkkänä taloudellisena energiainvestointina tämän mallin biokaasulaitos on pitkän takaisinmaksuaikansa vuoksi hyvin pitkän aikavälin investointi, jota pitää perustella taloudellisen kannattavuuden lisäksi energiaomavaraisuuden ja huoltovarmuuden kannalta. Lisäksi on otettava huomioon, että sähköenergian ja kiinteiden polttoainesten hintojen muutokset vaikuttavat myös biokaasulaitoksen kannattavuuteen. Tämä voidaan todeta taulukosta 22. Jos sähkön hinta nousee Paavolassa nykyisestä 25 %, takaisinmaksuaika investoinnille on enää 20 v. ja investoinnin sisäinen korkokanta (6,25 %) ylittää selvästi investoinnille annetun 4 %:n oletuskoron.

Kyseisen CHP-laitteiston sähköteho (n. 12 kW) jää myös alimitoitetuksi tuolla kaasupotentiaalilla. 80 kW-laitteistosta saa kuitenkin sähkötehoa tarvittaessa 20 kW. Robottinavetan laitteet vaativat huomattavasti suurempia hetkellisiä tehokuormia. Jos tuotettu nettoenergia on 300 MWh/v, jatkuvaa tehoa saadaan n. 34 kW, mikä ei riitä pitkällä pakkasjaksoilla tilan sähkön ja lämmöntarpeeseen. Näissä tilanteissa joudutaan käyttämään brikettikattilaa ja ostosähköä tällä mitoituksella. 250 m³ reaktori pystyy kuitenkin tuottamaan kaasua enemmän kuin 400 MWh_{brutto}, jos käyttöön otetaan lisäsyötteet, esim. lisää kasvimassaa ja naapurien lietelantaa. Kesällä läm-

möntarve on pienempi ja reaktorin syötteenä voidaan käyttää enimmäkseen lietelantaa. Syksyn mittaan kaasuntuottoa voidaan talvea kohti nostaa käyttämällä enemmän kaasua tuottavia syötteitä (Tukia 2013).

7.2 Jatkokehitysideat

Paavolan maitotilalle laskettu ja arvioitu biokaasulaitos edustaa pienen kokoluokan laitosta, jonka kannattavuus perustuu paljolti siihen, kuinka suuri säästö investoinnin myötä tilalla vuosittain syntyy. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuutta voidaan parantaa tai varmistaa usealla keinolla. Yksi on syöttötariffi. Jos laitos pääsee sähkönsyöttötariffin piiriin, myytävästä ylijäämästä saadaan parempi hintatakuu. Saksassa biokaasulaitosten suuri määrä, niiden hyvä menestys ja taloudellinen kannattavuus johtuvat suurelta osin kannustavammasta ja kestävämmästä lainsäädännöstä uusiutuvien energiamuotojen ja hajautetun sähköntuotannon suhteen (Planning and Construction of Biogas Plant 2001). Keskeisimmät bioenergiaa edistävät lait Saksassa ovat Uusiutuvan energian laki (Renewable Energy Law 2000) ja ”Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources” (EEG) (Legal Sources on Renewable Energy 2012). Syöttötariffi takaa Saksassa sähkön myyntihinnaksi parhaimmillaan 21 snt/kWh, kun hinta jää Suomessa 3-7 snt:iin (Tukia 2011). Saksassa syöttötariffi on korkeampi pienille laitoksille, koska hajautettua sähköntuotantoa halutaan edistää, varsinkin kun Saksa luopuu ydinvoimastaan (Biokaasun syöttötariffeissa suuri vaihteluväli 2012). Jotta 100 kVA:n nimellistehovaatimus tariffilaissa toteutuisi, tulisi investoitavan laitoksen teholuokan olla vähintään 300 kW, mikä taas on liian suuri yksittäisille mautiloille.

Toinen mahdollinen lisätulon lähde on biokaasun jalostaminen liikennepolttoaineeksi. Paavolan tilalla on paljon peltotöitä ja työkonekantaa voitaisiin muuttaa metaania käyttäväksi. Tällä tavalla säästyisi fossiilisia polttoaineita jopa 14 300 l/v, eli 143 MWh/v, jos kaikki työkoneiden polttoöljy korvattaisiin. Tästä tulisi myös yli 10 000 €:n säästö polttoainekuluissa, riippuen polttoöljyn hinnasta. Koska tila sijaitsee lähellä valtatieä 13, kaasun jakeluasemalla olisi hyvä sijainti tilan lähetyvillä. Läheisin jakeluasema sijaitsee Laukaassa Erkki Kalmarin tilalla. Ennen liikennepolttoainease-

maan investointia tulisi kuitenkin perusteellisesti selvittää ja varmistaa, että seutukunnalla olisi kaasukäyttöisten autojen kanta ja potentiaali esim. julkisissa kulkuneuvoissa, kuljetusyrittäjissä, traktoreissa ja takseissa. Toisaalta varma tieto polttoainemasinan investoinnista voisi herättää innostuksen siirtyä metaaniautokantaan.

Sekä sähköntuotanto valtakunnan verkkoon liiketoimintana, että kaasun myynti liikennepolttoaineena vaatisivat molemmat suurempaa biokaasulaitosta kuin tässä vaihtoehdossa on esitelty. Myös tilan oman tuotannon pitäisi vielä laajentua nykyisestä. Toisena vaihtoehtona olisi lähiseudun tilojen yhteinen laitos. Suurempiin yhteislaitoksiin voitaisiin myös helpommin ottaa vastaan yhteiskuntien jätteitä ja puhdistamolietteitä. Tämä toisi liiketoimintaan porttimaksuja, joiden tärkeydestä biokaasun kannattavuudelle kirjoitti jo Vilkkilä (2007b).

CHP-teknoologiaan tutustuminen tämän työn yhteydessä tutustutti minut myös puukaasutukseen. Uuden teknologian avulla metsähakkeesta voidaan kaasuttamalla saada polttoainetta CHP-laitteelle ja tuottaa sillä sähköä ja lämpöä (Wallin 2012). Yhtenä alan edelläkävijöistä voi mainita Volter Oy:n, joka on kehittänyt laitoksia myös maatilakokoluokkaan. Kuviossa 7 on kuva Volter Oy:n 140 kW tehoisesta CHP-laitoksesta, jonka polttoaine on metsähake. Laitos tuottaa täydellä teholla energiaa 1 200 MWh/v, josta sähkötehoa 40 kW ja lämpötehoa 100 kW (Huikuri & Okkonen 2012). Puukaasutuksen avulla syrjäiset ja sähkönjakelulle häiriöalttiit kohteet, sekä maatilat pystyisivät siirtymään lämmön ja sähkön osalta täysin omavaraisiksi. Metsähaketta on saatavilla raaka-aineeksi lähestulkoon joka puolella Suomea ja usein maatioilta itseltään, jolloin huoltovarmuus polttoaineen suhteen paranisi nykyisestä sähkö- ja öljyriippuvuudesta. Tämä saattaisi olla varteenotettava vaihtoehto myös pohjoisessa Keski-Suomessa.

Maatilan kokonaiskannattavuuden ja – talouden kannalta olennainen kysymys on, kuinka paljon kuluu tulevaisuudessa ostolannoitteita ja paljonko ne maksavat. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen lannoitushyödyistä on tutkimustuloksia, mutta paljonko mädätysjäännöksen käytöstä syntyy euro- ja energiasäästöjä maitotilalla, jäi tässä työssä selvittämättä. Kysymys on viljelijän kannalta olennainen ja sitä tulisi selvittää pikimmiten lisää.



KUVIO 7. Kuittilan maatilalla 140 kW (CHP) puunkaasutuslaitos Nurmeksessä

7.3 Pohdinta

Kuljetaanko Suomessa ydinvoimahankkeista huolimatta kohti sähköpulaa? Näin ennustetaan Kustaa Hulkon ja Teppo Tiilikaisen sähköä koskevassa artikkelissa Suomen kuvalehdessä 18.1.2013. Artikkelin mukaan sähköpulaa on jo paikoitellen nyt, mutta pula kärjistyy 2020-luvulla, kun nykyiset sähkömyllyt suljetaan ikääntyneinä. Aalto-yliopiston energiatekniikan professori Sanna Syri peräänkuuluttaa pikaisia investointeja sähköntuotantoon. Suomen oma sähköntuotanto ei riitä kattamaan kylmien pakkaspäivien energiantarvehuippuja. Silloin sähkö tuodaan naapurivaltioista huikean kalliilla hinnalla, 5.12.2012 jopa 300 €/MWh. Tuolloin sähkötehon tarve nousi -15 pakkasasteen vuoksi 13 GW:iin ja Suomen oma tuotanto pystyi kattamaan vain 10 GW. Ruotsi auttoi, mutta ongelmana vastaavissa tilanteissa alkaa olla sähkönsiirto-kapasiteetti. Tämä jarruttaa myös pohjoismaisten sähkömarkkinoiden toimintaa.

Myös Energiategollisuus ry:n Jukka Leskelän (2008) mukaan sähkön huippukulutustilanteissa Suomi on yli 2 GW:n verran tuontisähkövoiman varassa, eikä Venäjän sähköntuontiin (n. 1,4 GW) voida enää luottaa entiseen tapaan. Olkiluoto 3 (Areva NP) tuo toki valmistuessaan 1,6 GW sähkötehoa, keskitetysti rannikolle. Vaikka kokonaisenergian kulutusta on saatu Suomessa laskettua viime vuosina, silti sähkön kulutus

kasvaa. Uudet lämpöpumput, sähköautot ja muut polttoöljyä korvaavat teknologiat kasvattavat sähkön tarvetta (Hulkko & Tiilikainen 2013).

Suurella todennäköisyydellä Suomessa tulee olemaan sähköpulaa tulevina vuosikymmeninä. Siihen ongelmaan vastaa hyvin paikallistason pienimuotoinen, hajautettu energiantuotanto, kuten maaseudun biokaasulaitokset. Investoinnit sähköntuotantoon ovat siis perusteltuja.

7.4 Oma arvio

Työ oli vaativa lähinnä kahdesta syystä: tietoa oli etenkin biokaasusta ja CHP-teknologiasta tarjolla todella paljon. Ongelmana oli etsiä olennainen maatilakokoluokkaa koskeva tieto. Maatilojen biokaasulaitosselvityksiä valmistuu ympäri Suomea kovaa vauhtia, mutta ne eivät näytä konkretisoituvan. Toinen ongelma oli nykyinen edullinen energianhinta, niin sähkön kuin brikettien osalta. On vaikeaa taloudellisesti perustella viljelijälle uutta investointia, joka ei ole kannattava juuri nyt. Tilojen taloudet ovat navettalaajennusten jälkeen niin kireälle vedettyjä, että uusiin satojen tuhansien eurojen investointeihin ei suurta innostusta ymmärrettävästi löydy. Biokaasulaitoksien osalta aika alkaa olla kypsä investointeihin, mutta tapauskohtaisesti voi olla viisasta siirtää investointeja ja suunnitella kokoluokka kerralla oikeaksi, koko tilan tuotantoon ja energiatarpeisiin sopivaksi.

Työn aikataulun suhteen voin olla tyytyväinen. Työ aloitettiin kesällä 2012. Suunnitelman mukaan raportti olisi pitänyt palauttaa hankkeelle 31.12.2012 mennessä, mutta kaksi lisäkuukautta varmasti selkeyttivät lopputulosta. Alkuperäisestä sisällöstä jouduttiin jättämään pois mm. ravinteiden kierrätyksen lisäarvo, sekä tuuli- ja aurinkoenergian kannattavuuslaskelmat. Lisäksi tämän työn ja Vallan (2012) pro gradu työn tuloksia olisi voinut analysoida ja vertailla tässä työssä enemmän. Työ keskittyi paljolti biokaasuun tekijän omaa mielenkiintoa palvelleen.

Kiitokset kuuluvat työn ohjaajille Laura Vertaiselle ja Jyrki Katajalle JAMK:sta, Pisara meressä-hankkeen Jukka Konttiselle ja Jorma Vallalle Jyväskylän yliopistosta, Jaana Auerille talous- ja ravinnelaskelmien ohjauksessa, kanssaopiskelijoille hyvästä palaut-

teesta, Tero Lahdelle haastattelu- ja tietomateriaalista opinnäytetyötä varten, sekä ennen kaikkea omalle perheelle, sukulaisille ja vaimolle korvaamattomasta tuesta.

LÄHTEET

A 3.10.2002/1774. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä.

Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. L 273. Viitattu 17.1.2013.

http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/oj/2002/l_273/l_27320021010fi00010095.pdf.

Ahokas, J. 1983. Olki polttoaineena. Vakolan tutkimusselostus No. 30.

Ahokas, J. 2011a. Maatalous ja energia. Energia-akatemia julkaisuja. Viitattu 25.11.2012. http://www.energia-akatemia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=56.

Ahokas, J. 2011b. ENPOS and Rural Energy Academy. PowerPoint-materiaali. Viitattu 26.11.2012. <http://www.energia-akate-mia.fi/attachments/article/48/ENPOS%20and%20Rural%20Energy%20Academy.pdf>.

Ahokas, J. & Mikkola, H. 2011. Maatalouden energiankäyttö ja säästäminen. Energia-akatemia. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos, Agroteknologia. Viitattu 26.11.2012. http://www.energia-akatemia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=57.

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Energia. Espoo: Otamedia Oy.

Asmus, P. 2012. India's Microgrid Moment. Pike Research Joins Navigant. Navigant Consulting Inc. Viitattu 18.1.2013. <http://www.pikeresearch.com/blog/india%E2%80%99s-microgrid-moment>.

Biokaasufoorumi. 2013. Ajankohtaista-osio. Jyväskylä Innovation Oy. Viitattu 11.3.2013. <http://www.biokaasufoorumi.fi/>.

Biokaasulaitoksen tukijärjestelmät Suomessa. 2011. Motivan verkkosivut. Viitattu 16.1.2013. http://www.motiva.fi/files/5160/Biokaasun_tukiratkaisut.pdf.

Biokaasulaitokset Suomessa. 2013. Biovakka Oy:n verkkosivut. Viitattu 8.1.2013. <http://www.biovakka.fi/Biokaasulaitokset+Suomessa>.

Biokaasun puhdistin. 2012. Metener Oy:n verkkosivut. Viitattu 8.1.2013. <http://www.metener.fi/6>.

Biokaasun syöttötariffeissa suuri vaihteluväli. 2012. Suomen biokaasuyhdistyksen jäsenlehti 02/2012. Painokanava Oy, Joensuu. Viitattu 21.2.2013. http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulehti_syyskuu2012.pdf.

Energiankäytön ja hinnan tilastointia kotitalouksien osalta. 2012. Eurostat (www-tilastotiedostot). Viitattu 22.11.2012.

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables.

Enroth, A. 2009. Mallilaskelmia maataloudesta 2009. Pro Agria keskusten liiton julkaisu nro 1081. Hakapaino Oy, Helsinki.

Gumse, S-I. 2003. Puuperäiset polttoaineet. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuuttila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologiakeskus Oy, BENET Bioenergiaverkosto.

Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan käsikirja. Penan Tieto-Opus Ky. Viitattu 16.1.2013.

http://www.penantieto-opus.fi/files/lammitystekniikan_oppikirja.pdf. ISBN: 978-952-67003-4-2.

Hajautettu pientuotanto. 2012. Energiateollisuus ry:n verkkosivut. Viitattu 18.1.2013.

<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto>

Hakkeen ja metsäenergian hintatietoa. 2012. Bioenergiaporssi. Viitattu 3.1.2013.

<http://www.bioenergiaporssi.fi/k%C3%A4sitteet-ja-laskurit/hakkeen-ja-mets%C3%A4energian-hintatietoa>.

Harmoinen, T., Alasuutari, S. & Palva, R. 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottaa 128. ProAgria-keskusten liitto. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu 2009.

Hintikka, J. 2005. Biokaasuko Peltokylälle? Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja Nro 10.

Huikuri, N. & Okkonen, L. 2012. Bioenergiaa Pielisen Karjalaan. Energiaomavarainen maatila Nurmeuksessa – Puunkaasutuksella sähköä ja lämpöä. Bioenergiaverkostot ja –virrat – hankkeen vuosiraportti 2012. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

Hulkko, K. & Tiilikainen, T. 2013. Sähkö. Suomen kuvalehti 02/2013. Otavamedia.

Hämäläinen, S. & Tukia, J. 2007. Biodieselin, biokaasun ja ruokohelven tuotannon kannattavuus maatiloilla Keski-Suomessa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti. Jyväskylä Innovation.

Impola, R & Keikko, K. 2011. Opintomatka Itä-Suomen biokaasulaitoksiin. Matkareportti. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 4.3.2013.

http://www.oamk.fi/hankkeet/bioenergia/biog/docs/opintomatka_ita_suomi_biog.pdf.

Junttila, H. 2012. Lannasta sähköä, lämpöä ja polttoainetta. ProAgria Etelä-Pohjanmaa. Maatilan ekotehokkuushanke. Energialiite.

Joka kodin kauppakulma Savenmaa. Savenmaa-firman verkkokauppa. Puubriketit 10 kg. Viitattu 20.2.2013.

<http://kauppa.savenmaa.fi/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=puubriketti>.

Kallioniemi, M., Tertsunen, S., Tertsunen, V., Jauhiainen, P., Liskola, K., Arosilta, A., & Haapala, H. 2005. Kotieläintilojen huoltovarmuus. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. MTT:n selvityksiä 99. 35 s.

Kalmari, E. & Luostarinen, J. n.d. Maatilatason biokaasulaitoksen toteutus selvitys, Koivikon opetustila. Metener Oy. Ely-keskus. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. 17 s.

Karstulan kunnan toimintakertomus 2010. 2010. Karstulan kunnan verkkosivut. Viitattu 11.1.2013. <http://www.karstula.fi/binary/file/-/id/17/fid/1061/>.

Kataja, J. 2012. Asiantuntija, Maaseudun energia-akatemia. JAMK. Opinnäytetyön ohjauspalaveri 29.11.2012.

Kataja, J. 2013a. Asiantuntija, Maaseudun energia-akatemia. JAMK. Sähköntuotanto aggregaatilla. Sähköpostiviesti 15.2.2013. jyrki.kataja@jamk.fi.

Kataja, J. 2013b. Asiantuntija, Maaseudun energia-akatemia. JAMK. Sähkön siirto-ongelma. Sähköpostiviesti 17.1.2013. jyrki.kataja@jamk.fi.

Kauppinen, V-P. 2005. Lämmityskohteen mitoitus-laskentapohja. Maaseudun bio-energianeuvoja-hanke. Keski-Suomen metsäkeskus.

Kiinteistön ylläpidon kustannusindeksi. 2013. Tilastokeskus. Helsinki. Verkkójulkaisu. Viitattu 23.4.2013. <http://www.stat.fi/til/kyki/index.html>.

Kirkinen, J. 2013. Resurssiviisas maatalous turvaa tulevien sukupolvien mahdollisuuksia. Maaseudun Tulevaisuus 5.2.2013.

Kirkkari, A-M. & Lehtinen, J. 2005. Energiankäyttö maito-, nauta- ja sikatiloilla. Työtehoseuran maataloustiedote 585.

Kodin energia. 2011. Tekniikan Maailma – lehti nro 18E/2011. Erikoisnumero. Otavamedia Oy.

Kolttola, E., Pösö, J. & Saaranen, P. 2010. Liike-elämän matematiikka. Edita Publishing Oy. Edita Prima Oy, Helsinki.

Kuittinen, V., Huttunen, M. & Leinonen, S. 2008. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 11 Tiedot vuodelta 2007. Joensuun yliopisto, Ekologian tutkimusinstituutin raportteja N:o 4. Yliopistopaino, Joensuu 2008. 77 s.

Lahti, T. 2012. Haastattelu 25.10.2012 tilavierailun yhteydessä. Tiedonkeruu opinnäytetyötä varten. Paavolan maitotilan isäntä.

Legal Sources on Renewable Energy. 2012. RES LEGAL Europe. Germany: Overall Summary. Viitattu 4.1.2013. <http://176.9.160.135/search-by-country/germany/>.

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen- raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä Innovation Oy.

Leskelä, J. 2008. Uusiutuvan energian edistäminen ja energiatehokkuus. Energiateollisuuden näkemyksiä. Energiateollisuus ry. Pdf-julkaisu. Viitattu 22.2.2013. http://www.tem.fi/files/19380/Energiateollisuuden_teesit_Jukka_Leskela_29.2.2008.pdf.

Logstor. 2008. Kaukolämpökäsikirja. Logstor Finland Oyn verkkojulkaisu. Viitattu 4.3.2013. <http://www.logstor.com/showpage.php?lang=FI&pageid=3203721>.

Loojie Tomaten BV. 2013. Cogeneration (CHP). Using CO₂ surplus in the tomat cultivation. Viitattu 8.1.2013. http://www.looijetomaten.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=146&Itemid=199&lang=en.

Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J. & Teräväinen, H. 2006. Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 1027. Tieto tuottamaan 115. Keuruu: Otava.

Luostarinen, J. 2007. Energiakasveista tuotetun biokaasun energiatase suomalaisessa maatilakokoluokan biokaasulaitoksessa. Pro gradu-tutkielma, Jyväskylän yliopisto.

Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi. 2013. Tilastokeskus. Helsinki. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.4.2013. <http://www.stat.fi/til/ttohi/index.html>.

Mattila, I. 2005. Erilaisten polttoaineiden ominaisuuksien vertailu. Teoksessa: Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 1027. Tieto tuottamaan 115. Kirjapaino Otava Oy, Keuruu.

Nummela, P. & Tuononen, N. 2009. Opas ympäristötuen ehtojen mukaiseen lannoitukseen 2007-2013. Maaseutuvirasto. ProAgria Satakunta ry. Helsinki.

Partanen, T. 2012. Biokaasulaitoksen mädätysjännöksen käyttö ohran lannoitteena. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti.

Pellettilämmityksen kustannuslaskuri. 2013. Pellettienergia.fi-sivusto. Viitattu 3.1.2013. <http://www.pellettienergia.fi/laskuri/index.html>.

Peltola, A. & Ihalainen, A. 2012. Metsävarat. Teoksessa: Metsätalastollinen vuosikirja 2012. Metsätutkimuslaitos. Vammalan Kirjapaino Oy, Sastamala.

Peura, P. toim. 2007. Maaseudun voima. Liiketoiminta hajautetussa energiantuotannossa. Levón-instituutti. Vaasan yliopisto.

Planning and Construction of Biogas Plant. 2001. n.d. Artikkele Krieg & Fischerin sivuilla. Krieg & Fischer Ingenieure GmbH. Viitattu 4.1.2013.
<http://www.kriegfischer.de/basics.html>.

Polttopuut, klapit ja halot helposti netistä. 2013. Halkoliiteri.com-palvelin. Suomen Metsäkeskus. Viitattu 3.1.2013.
<http://www.halkoliiteri.com/haku/?init=1&maakunta=9>

Puupolttoaineiden hintaseuranta. 2011. Pöyry Oy: verkkosivut. Viitattu 3.1.2013.
<http://www.puunhinta.fi/tilastot.htm?graph=fi-all-main>.

Saarijärven kaupungin jätevedenpuhdistamot. 2012. Saarijärven kaupungin verkkosivut. Viitattu 11.1.2013.
<http://www.saarijarvi.fi/fi/palvelut/kaupunkisuunnittelu/kunnallistekniikkapalvelut/kaupungin-vesi-ja-viemarilaitos/jateveden-puhdistamot/?id=1976>.

Sivutuoteasetus. 2002. Sivutuoteasetuksen mukainen eläinperäisten sivutuotteiden luokittelu. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus A1774/2002/EY.

Suomen aurinkoenergia oy. 2012. Mynämäen aurinkolämpökeräinjärjestelmä. Viitattu 22.1.2013. <http://www.suomenaurinkoenergia.fi/data/hanihalli.pdf>.

Suomen ympäristökeskus. 2011a. Aurinkolämmönkeräin ja ilma-vesilämpöpumppu omakotitalossa Seinäjoella. Hinkumappi-kohteet. Viitattu 22.1.2013.
<https://www.p5.ymparisto.fi/hinku/Kohteet/Tiedot.aspx?Id=82>.

Suomen ympäristökeskus. 2011b. Käytetty 750 kW:n tuulivoimala jalasjärveläisessä yrityksessä. Hinkumappi-kohteet. Viitattu 24.1.2013.
<https://www.p5.ymparisto.fi/hinku/Kohteet/Tiedot.aspx?Id=73>.

Sähkön hinnat laskivat edelleen kolmannella neljänneksellä. 2012. Tilastokeskus. Viitattu 3.1.2013. http://www.stat.fi/til/ehi/2012/03/ehi_2012_03_2012-12-18_tie_001_fi.html.

Taavitsainen, T. 2011. Biokaasuteknologian edistäminen Pohjois-Karjalassa – BIOTILA-hanke. Liiketoimintaosa-alueen loppuraportti. Envitecpolis. MTT. Viitattu 4.3.2013.
http://www.envitecpolis.fi/userfiles/file/Biokaasulaitoksen_kannattavuustarkastelut_03102011.pdf.

Tekniikka ja talous. 2012. Talouslehti. Energia. Talous-lehden teemaliite-verkkosivusto. Talentum Oyj. 02/2012.

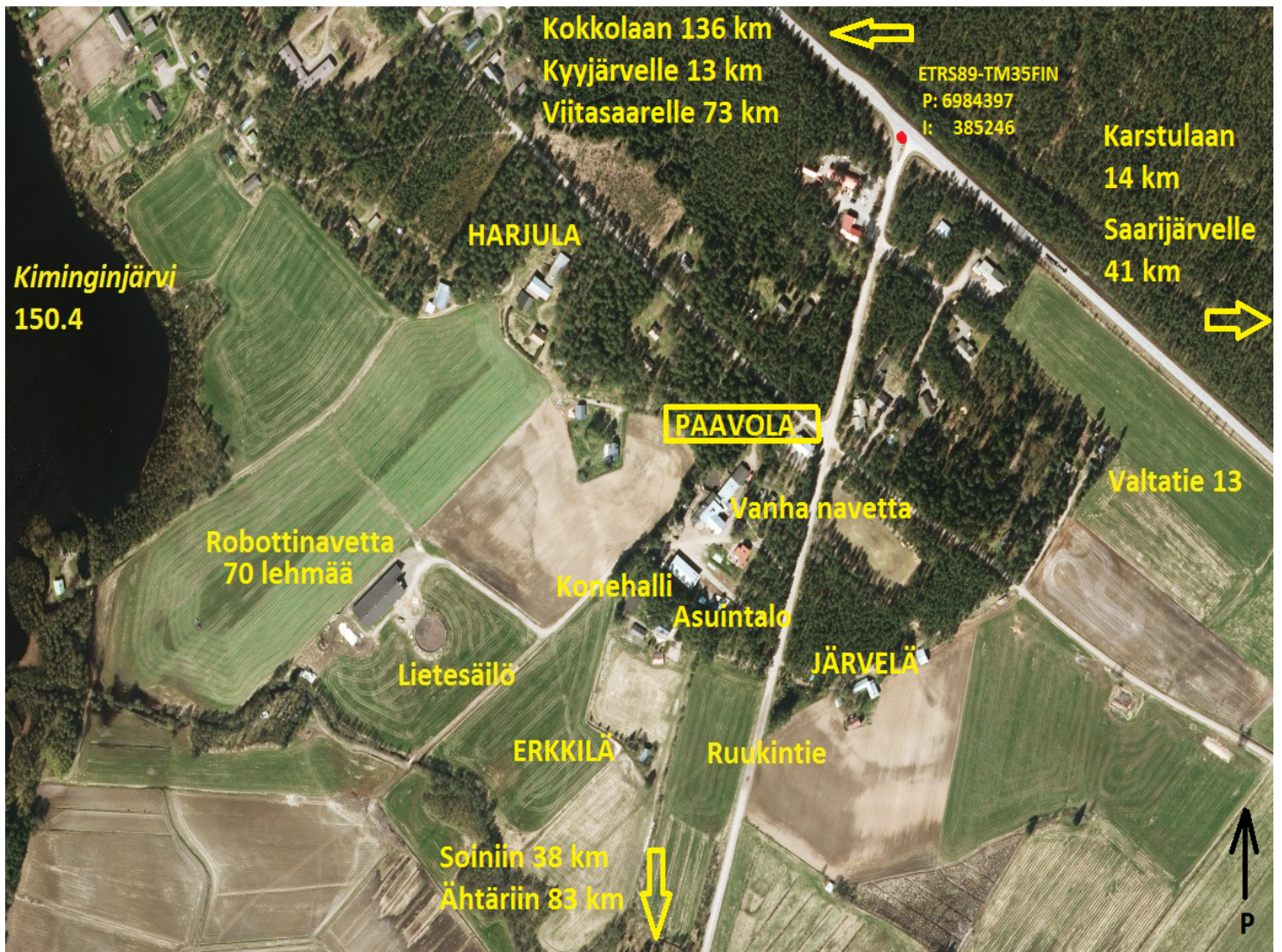
Tike. 2012. Nautojen lukumäärä kunnittain 1.5.2012. Maa- ja metsätalousministeriön tilastokeskus. Viitattu 9.1.2013.
www.maataloustilastot.fi/.../nautojen_lukumaarat_kunnittain_2012.xl...

Tukia, J. 2011. Biokaasun johdanto. Biomassan jatkojalostus-kurssin luentomateriaali 16.9.2011. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti.

- Tukia, J. 2013. Biokaasulaitoksen mitoitus. Haastattelu 8.3.2013. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Bioenergiakeskus.
- Valta, J. 2012. Uusiutuvaan energiaan perustuvan hybridilämmitysjärjestelmän toteuttavuus maatilakohteissa. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos.
- Vapo-puubrikitit Oivaraudasta. Oivarauta-liikkeen verkkosivut. Viitattu 20.2.2013. <http://oivarauta.palvelut.ilkka.fi/2012/09/21/vapo-puubrikitit-oivaraudasta/>.
- Verkasalo, E. 1988. Polttohakkeen ja hakepuun mittaus. Työtehoseuran metsätiedote 447.
- Vesisenaho, T. 2003. Metsähakkeet. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuuttila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologiateollisuus Oy, BENET Bioenergiaverkosto.
- Viirimäki, J. 2010. Maatilan hakelämmitys-opas. Metsäkeskukset. Sastamala: Vammaspaino.
- Vilkkilä, T. 2007a. Keskitetyn biokaasulaitoksen kannattavuus Pohjoisen Keski-Suomen biohajoavien jätteiden käsittelyssä. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti.
- Vilkkilä, T. 2007b. Biokaasulaitos esimerkkimaatilalle. Asiantuntijuushanke. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti.
- Wallin, M. 2012. Pienen kokoluokan CHP-tuotannon kannattavuus kunnallisen lämpölaitoksen yhteydessä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan koulutusohjelma.
- Weiland, P. 2006. Anaerobic digestion of agricultural waste and selected biomass. – Teoksessa: Proceedings Venice 2006, Biomass and Waste to Energy Symposium, Venetsia, Italia 29.11.–1.12.2006, cd-rom.
- Ympäristölupapäätös Karstulan kunnan vesi- ja viemärlaitokselle. 2005. Keski-Suomen ympäristökeskus. Dnro KSU-2004-y-318/121. Jyväskylä.

LIITTEET

Liite 1 Kartta Paavolan tilasta



Liite 2 Kompakta Plug & Play aurinkolämmityspaketti 1/2



Kompakta Plug&play Aurinkolämmitys- paketit



Kaikki tuotteemme ovat tyyppihyväksytyjä



www.suomenaurinkoenergia.fi

Puhtaamman luonnon puolesta

SOLution
Solartechnik

Liite 3 Kompakta Plug & Play aurinkolämmityspaketti 2/2

Tekniset tiedot Kompakta300/500 SL

- ✓ Kompakti aurinkovaraaja integroiduilla komponenteilla; pumppu, automatiikka, paisunta-astia
- ✓ Korrosionkestävä 2-kerrosemalointi
- ✓ Suoja-anodi
- ✓ Sähkövastus termostaatilla
- ✓ Sähköt pistokkeella → Plug & Play

- ✓ 2 – 4 henkilön taloihin, suosittelemme n.6m² Solrose ECO tasokeräintä + kompakta 300 varaajasäiliön
- ✓ 5 – 6 henkilön kiinteistöihin, suosittelemme , 8m² Solrose ECO tasokeräintä, + kompakta 500 varaajasäiliön.

Tekniset tiedot:

		KOMPAKTA	
		300-SL	500-SL
Tilavuus	l	289	475
Halkaisija D2	mm	700	750
Korkeus H	mm	1610	2050
Kippausmitta	mm	1780	2085
Sähköpatruuna	kW	2	3
Paino	kg	205	230
Käyttöpaine varaaja	bar	10	10
Käyttöpaine lämmityskierukka	bar	12	12
Käyttöpaine aurinkopiirin kierukka	bar	6	6
Max. lämpötila varaaja	°C	95	95
Max. lämpötila kierukka ylä/ala	°C	130/ 120	130/ 120
Teholuku N ₁ ylä*	-	1,5	7,2
Teholuku N ₂ ala*	-	9,3	21
Aurinkopiirin kierukka	m ²	1,45	2,12
Aurinkopiirin kierukka tilavuus	l	9,5	13,7
Lämmityskierukka	m ²	0,85	1,62
Lämmityskierukka tilavuus	l	5,7	10,4

* Lämmityksen meno 90°C, 3000l/h, KW / WW 10°C



Solrose ECO tasokeräin

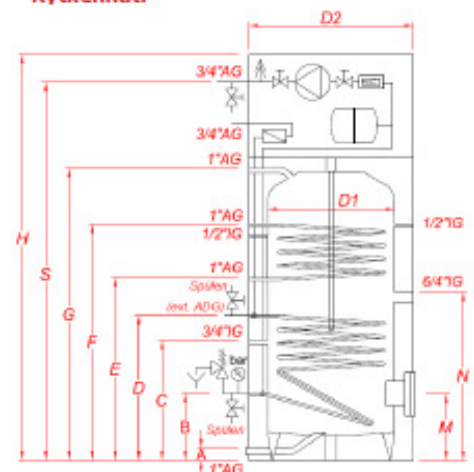
Valmiiksi kytketyt komponentit



Mitat

			KOMPAKTA	
			300-SL	500-SL
A	Kylmävesi	mm	77	56
B	Kierukka paluu	mm	323	278
C	Kierto	mm	593	750
D	Kierukka meno	mm	763	850
E	Lämmitys paluu	mm	848	979
F	Lämmitys meno	mm	1112	1419
G	Lämmin k.vesi	mm	1289	1685
S	Paneli meno ja paluu	mm	1514	1919
M	Laippa	mm	323	293
N	Sähköpatruuna	mm	805	923

Kytkennät



Pientuulivoiman ostajan opas:

Ennen voimalan hankintaa kannattaa tarkistaa:

1. Tarvitseeko voimalasi toimenpide- vai asennusluvan? Lopullinen investointipäätös kannattaa tehdä vasta, kun lupa on hankittu
2. Oletko hankkinut sähköverkkoon liitettävälle voimalalle verkkoyhtiön luvan?
3. Toimittaako myyjä laitteen käyttö- ja asennusohjeen?
4. Sisältyykö asennusohjeisiin tieto perustuksen rakentamisesta ja maston pystytyksestä? Tarkista myös mitä suosituksia myyjä voi antaa laitteen turvallisesta asennuspaikasta.
5. Sisältyykö asennusohjeisiin laitteiden sähkökaaviot akku- tai verkkokytkennästä? Huomaathan, että verkkokytkennän tekeminen on aina luvanvaraista toimintaa.
6. Jos tuulivoimala kytketään akkuihin, onko järjestelmä suunniteltu asianmukaisesti ottaen huomioon kaapelin pituudet ym.?
7. Sisältyvätkö ohjeisiin myös huolto-ohjeet? Tuulivoimala vaatii säännöllistä huoltoa. Kannattaa tarkistaa myös varaosien toimitusaika.
8. Mitkä ovat laitteen takuuehdot ja takuu aika?
9. Oletko keskustellut asennuspaikan soveltuvuudesta myyjän kanssa?
10. Voiko myyjä tarjota teknistä tukea laitteen asennukseen?
11. Jos voimalasta esitetään tuottolupaus, onko myyjällä osoittaa sertifioitu tuottokäyrä tai muita mittauksia lupauksen takeeksi? Onko asennuspaikan tuuliolosuhteita mitattu, jotta tuottolupaus perustuu mitattuihin faktoihin?
12. Onko tuulivoimalan kestävyys ja luotettavuus tarkastettu tutkimuslaitoksessa? Tällöin tarkastuksesta tulee olla osoittaa katsastustodistus, esim. MCS tai IEC 61400-2.
13. Onko myyjällä osoittaa myymästään voimalasta toimivia käyttöesimerkkejä Suomesta?

Liite 5 WPE 20 kW pientuuliturbiini Tuulivoimala.com-sivuilta

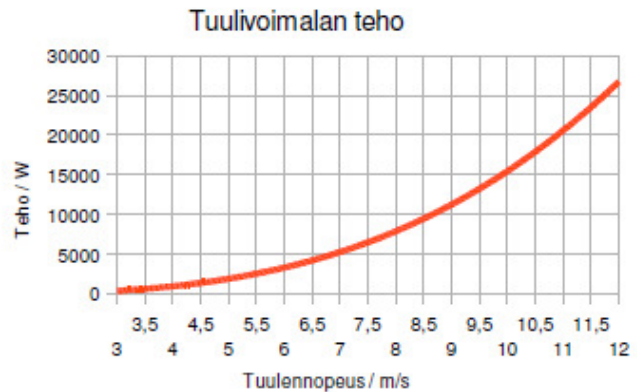


WPE20KW Tekniset tiedot

Sähköverkko-, varaaja-, tai akkukytkenä



- Korroosiosuojattu, säänkestävä metallirunko.
- Varmatoiminen ohjaus ja myrskysuojaus peräsimellä.
- Alhainen tuoton aloitustuulennopeus.
- Kaapelin kiertymisenesto liukurenkaalla.
- Hiljainen äänitaso.
- Arvioitu vuosituotanto 20000-50000 kWh.



Malli	WPE20KW
Lapojen halkaisija	10,0 m
Lapojen rakenne	Lasikuitu
Lapojen lukumäärä	3
Nimellisteho / maksimiteho	20 kW / 25 kW
Nimelliskierrosnopeus	160 RPM
Nimellistuulennopeus	11 m/s
Aloitustuulennopeus	3 m/s
Toimintatuulennopeus	3-30 m/s
Maksimituulennopeus	50 m/s
Jännite	DC 500 V
Generaattorin tyyppi	Kolmivaiheinen kestmagnetoitu generaattori
Myrskysuojaus	Tuulesta pois kääntyminen ja jarrutus
Suosittelun maston korkeus	min.12 m
Paino	1300 kg

Oikeudet muutoksiin pidätetään.

Tuulivoimala.com Finland Oy
Kutojantie 3
02630 Espoo

Tel/fax: (09) 4259 8898 / 8893
sähköposti: info@tuulivoimala.com
<http://www.tuulivoimala.com>

Alv rek.FI 20927751
VAT reg.FI 20927751

Liite 6 Maitotilan varavoiman mitoitusaulukko

Esimerkkejä varavoimalaitteista Taulukossa esitellyjen aggregaattien hinnat vaihtelevat noin 1800–5000 euroa.

SÄHKÖKESKUS		GENERAATTORI	ESIMERKKEJÄ
Sulakkeet	Vastaava sähköteho	Sulaketta vastaava aggregaatti	Suurin moottori
3 x 25 A	17 kW	21 kVA	Lehmiäärä ja sähkölaitteet
3 x 35 A	24 kW	30 kVA	Perusnavetta, 20 lehmää, lypsy, pesuautomaatti, tilatankki, lannanpoisto, lattialämmitys, käytövesi, ilmanvaihto, valaistus
3 x 50 A	34 kW	43 kVA	Peruskorjattu porsinavetta, 30 lehmää, lypsy, pesuautomaatti, tilatankki, mylly, spiraalit, ruokintarootti, lattialämmitys rehun sulatukseen ja maitohuoneessa, lannanpoisto, ilmanvaihto, valaistus
3 x 63 A	43 kW	54 kVA	Pihatto 50-70 lehmää, autotandem asema, pesuautomaatti, kaksi tilatankkia, iso varaaja, mylly, spiraalit, ruokintakioskit, säteilylämmitystä asemalle ja vasikoilla, vasikoiden juottoautomaatti, ilmanvaihto, valaistus
3 x 80 A	55 kW	69 kVA	Pihatto 50-70 lehmää, autotandem asema, pesuautomaatti, kaksi tilatankkia, iso varaaja, mylly, spiraalit, ruokintakioskit, säteilylämmitystä asemalle ja vasikoilla, vasikoiden juottoautomaatti, ilmanvaihto, valaistus
3 x 125 A	86 kW	108 kVA	Pihatto 80-100 lehmää, karuselliasema, pesuautomaatti, tilatankki + pesuri, varaaja, LTO, huone- ja vasikkalämmitystä, vasikoiden juottoautomaatti, kioskit ja spiraalit, säilörehun repijäpöytä ja mattoruokinta, isoja lieteputtipuja, ajolaitte, ilmanvaihto, valaistus.
			Lysoyrobotti, 50 lehmää (yht. 180 eläintä), pesuautomaatti, 2 tilatankkia, iso emailitorni täyttötietso (37 kW), ruokintamatto, spiraalit, väkirehukioskit 7 kpl, vasikoiden juottoautomaatti, huone- ja vasikkalämmitys, lantakone.