

**BIODIESELIN, BIOKAASUN JA RUOKOHELVEN
TUOTANNON KANNATTAVUUS MAATILOILLA
KESKI-SUOMESSA**

Sanna Hämäläinen, Jaakko Tukia

Kesäkuu 2007



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU
Luonnonvarainstituutti

Jyväskylä
Innovation



Osaamiskeskus-
ohjelma



SISÄLTÖ

1 Johdanto.....	2
2 Mallitilat ja taustatiedot.....	4
2.1 Korvattavat energiat	4
2.2 Energiakasvien tuet	5
3 Biodiesel	6
3.1 Rypsin viljely	6
3.2 Tilatason energiakäyttö	7
3.3. Viljelykustannukset.....	7
3.4 Jalostus	8
4 Biokaasu.....	13
4.1 Tuoreena korjattu ruokohelpi	14
4.2 Karjanlanta	15
4.3 Biokaasun eri hyödyntämismvaihtoehdot.....	17
4.4 Kannattavuus.....	18
4.4.1. Sähkön- ja lämmöntuotannon kannattavuus.....	19
4.4.2 Liikenteen polttoainetuotannon kannattavuus.....	22
5 Ruokohelven viljely polttoon	23
5.1 Viljely	23
5.2 Kannattavuus	24
6 Johtopäätökset	25
Lähteet	28

1 JOHDANTO

Bioenergia on juuri nyt ajankohtainen aihe Suomessa ja maailmalla. Ilmastonmuutos, vähenevät fossiiliset energialähteet ja niiden kallistuminen ovat saaneet liikkeelle joukon bioenergiaan paneutuneita ihmisiä. Eri hankkeissa on tutkittu vaihtoehtoja ja saatu lupaavia tuloksia. Myös Suomen päättäjät ovat huomanneet mahdollisuuden vaihtoehtoihin energiantuotantomuotoihin ja etsivät keinoja uusiutuvien energiavarojen käyttämiseen.

Suomen maaseutu elää muutoksessa. Suurenevat tilakoot ovat vähentäneet merkittävästi pienien tilojen lukumäärää. Lopettavilla tiloilla mietitään, mitä pelloille tulevaisuudessa tehdään. Energiakasvien tuotanto on tiloille yksi uusi mahdollinen vaihtoehto.

Suomi on maailman kärkeä bioenergian hyödyntämisessä. Valtaosa tällä hetkellä tuotetusta ja käytetystä bioenergiasta on peräisin puusta, mutta myös maataloudesta peräisin olevan bioenergian tuotantoa ja käyttöä on edistetty viime aikoina aktiivisesti. Ruokohelpi on eniten viljelty energiakasvi Suomessa.

Ruokohelven viljelyalaa on tavoitteena kasvattaa nykyisestä 10 000 hehtaarista 17 000 hehtaariin vuoteen 2010 mennessä. Viljelypotentiaalia olisi tätäkin enemmän, mutta voimalaitosten vastaanottokapasiteetti ei ole riittävän suuri. Tämän lisäksi erityisesti sadonkorjuutekniikka vaatisi kehittämistä tulevaisuudessa korjuualan kasvaessa. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 6.)

Biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käyttöä liikenteessä pyritään kasvattamaan. Vuoteen 2010 mennessä tavoitteena on nostaa biopolttoaineiden osuus liikennepolttoaineiden kokonaismäärästä nykyisestä 0,1 prosentista 5,75 prosenttiin. Biokaasun tuotanto on vielä vähäistä maataloilla, mutta se on tullut yhä enemmän esille maatalojen energiakäytön ja jätteiden hyötykäytön mahdollisena muotona. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 7.)

Bioenergiatuotanto ja erityisesti jalostaminen vaatii usein merkittäviä laiteinvestointeja, vaikka myös perinteistä maatalouden konekalustoa voidaan käyttää energiakasvien viljelyyn. Tuotantoon täytyy sitoutua, joten investoinnit tulee harkita tarkkaan tässäkin

tuotantomuodossa. Bioenergian tuotannossa biomassan ja polttoaineiden kuljetusetäisyys vaikuttaa toiminnan kannattavuuteen merkittävästi. Kohtuullinen kuljetusetäisyys on tärkeä tekijä kannattavuudessa. Koneiden käyttökapasiteettia saadaan usein jopa nostettua bioenergiaan liittyvän urakoinnin kautta. Kuljetus ja jatkojalostus luovat myös uusia työpaikkoja, joten bioenergian merkitys maaseudulla on merkittävä. Energiatuotantoa tuetaan myös tuilla, jotka vaikuttavat olennaisesti sen kannattavuuteen. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 8.)

Kasvat tilat tarvitsevat yhä enemmän energiaa. Suurilla tiloilla tulee luultavasti kannattavaksi tuottaa energia itse. Energian hintojen ennustaminen on yhä vaikeampaa muuttuvien luonnonolosuhteiden ja maailmanpolitiikan vuoksi. Tilan omassa energiantuotannossa on huomioitava vain investointi ja käyttökustannukset. Siten energian hinnan arviointi on helpompaa ja riskittömämpää. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 20.)

Bioenergian hyödyntämisellä on myös positiivinen vaikutus ympäristöön. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on suurin syy vaihtoehtoisten energiamuotojen käyttämiseen. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 5.). Ruokohelven viljelyssä ja biokaasun tuotannossa ravinteet voidaan kierrättää tehokkaasti. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 47).

Tässä selvitystyössä paneudutaan ruokohelvin, biokaasun ja biodieselin tuotannon kannattavuuteen keskisuomalaisen maatilayrittäjän näkökulmasta. Työssä pyritään käyttämään hyväksi olemassa olevaa tietoa eri tuotantosuuntien kannattavuudesta. Tutkimustieto on hajallaan ja tuotantovaihtoehtoja ei ole vertailtu keskenään samantyyppisillä mallitiloilla. Tässä työssä pyritään kokoamaan tätä tietoa ja vertailemaan tuotantosuuntien kannattavuutta mallitiloilla.

2 MALLITILAT JA TAUSTATIEDOT

Tässä selvityksessä vertaillaan biodieselin, biokaasun ja ruokohelven tuotannon kannattavuutta mallitiloilla A ja B. Keski-Suomi jakautuu seuraaviin neljään tukialueeseen: B, C1, C2 ja C2 saaristo (Savolainen 2006.) Tässä esitetyt tilat on oletettu sijaitsevan Keski-Suomessa, C2-tukialueella ja III viljelyvyöhykkeellä, koska suurin osa Keski-Suomen pinta-alasta kuuluu C2-tukialueeseen. Tilalla A energiakasveja viljellään 25 hehtaarin ja tilalla B 250 hehtaarin alalla. Biokaasun tuotannossa on tarkasteltu myös vaihtoehtoja, joissa tilalla on lypsykarjaa.

Tarkastelussa kone- ym. kustannuksia ei ole muutettu vastaamaan aivan todellista tilakokoa. Näin ollen täytyy huomioida, että pienemmällä tilalla A (25 ha) konekustannukset jakaantuvat pienemmälle hehtaarimäärälle, ja ovat näin ollen hieman suuremmat kuin laskelmassa. Tilalla B tilanne on päinvastoin, kustannukset jakaantuvat suuremmalle alalle ja kustannus €/ha tai €/kg on pienempi. Kone-, rakennus- ja yleiskustannuksissa sekä työmäärissä esiintyy aina suuria eroja tilojen välillä. Lisäksi sato- tasolla, lannoituksella, kalkituksella ja pellolla on suuri merkitys saadun lopputuotteen määrään.

Tässä selvityksessä tarkastellaan vaihtoehtoja, joissa biokaasu tuotetaan lehmänlannasta ja ruokohelvestä ja toisessa vaihtoehdossa ainoastaan ruokohelvestä. Biodiesel tuotetaan rypsiä ja rypsirouhe myydään rehuksi. Kolmannessa tarkasteltavassa tapauksessa tilalla kasvatetaan ruokohelpeä, joka myydään voimalaitoksessa poltettavaksi.

2.1 Korvattavat energiat

Valmistetulla biodieselillä korvataan oman tilan koneiden ostopolttoaineita (taulukko 1). Biokaasusta tuotetaan tilalla A sähköä ja lämpöä ja tilalla B joko sähköä ja lämpöä tai jalostetaan kaasu ajoneuvokäyttöön. Poltettavaksi viljeltävä ruokohelppi myydään voimalaitokselle eikä sitä hyödynnetä tilan omaan energiatuotantoon.

TAULUKKO 1. Korvattavat energiamuodot ja niiden hinnat 2006 (KTM:n energiakatsaus 03/2006).

Energia	hinta
Kevyt polttoöljy	67,8 c/l
Diesel	103,1 c/l
Maatilatalouden sähkö	9,59 c/kWh

2.2 Energiakasvien tuet

Tukien suhteen on valittava, hakeeko viljeltävästä energiakasvista energiakasvitukea vai viljeleekö sitä non food -kesantopalkkiojärjestelmässä. Non food -järjestelmässä viljelijä ei saa mitään erillisiä tukia, koska kasvia viljellään kesantovelvoitealalla. Käytännössä non food -sitoumuksia ei ole tehty. (Savolainen 2006.) Tässä selvityksessä on käytetty lähtökohtana energiakasvitukijärjestelmää, sillä siinä viljelijä saa enemmän tukea kuin non food-järjestelmässä. Tukien määrät on esitetty taulukosta 2.

Energiakasvin viljelystä tehdään sopimus ensijalostajan kanssa. Lisäksi jalostajan on asetettava sopimuksien toteuttamisesta Maa- ja metsätalousministeriölle vakuus, jonka arvo on 60 €/sopimushehtaari. Energiatuotteiden taloudellisen arvon on oltava suurempi kuin kyseisestä prosessista saatavien sivutuotteiden arvo, jotka ovat tarkoitettu muihin käyttötarkoituksiin. (Hakuopas 2006, 52-53.) Tähän asti energiakasvitukea ei ole myönnetty, mikäli raaka-aine käytetään omalla tilalla biokaasun tai biodieselin tuotantoon. Koska tukijärjestelmää ollaan muuttamassa niin, että myös omalla tilalla hyödynnettäville energiakasveille voi saada energiakasvituen, on tässä tarkastelussa oletettu, että kaikissa esimerkkitapauksissa saadaan energiakasvituki,

Energiakasvitueessa viljelijälle maksetaan hehtaarikohtaista energiakasvitukea, joka vuonna 2006 oli 43 €/ha (4 %:n tukileikkaus huomioituna). Lisäksi viljelijä voi hakea ja saada tilatukea (147 €/ha, 4 %:n tukileikkaus), kansallisia tukia (yleinen hehtaarituki 30 €/ha rypsilille ja 35 €/ha ruokohelvelle sekä pohjoinen hehtaarituki 27 €/ha rypsilille), EU-tuotantopalkkiota rypsilille (48 €/ha), ympäristötukea (perustuki 93,34 €/ha + lisätoimenpide enimmillään 23,55 €/ha), LFA-tukea ja sen lisäosaa, (210 + 23 €/ha kasvinviljelytilalla). Alle 40-vuotias viljelijä on myös oikeutettu saamaan nuoren viljelijän tukea 32 €/ha. (Mallilaskelmia maataloudesta 2006, 12, 24.)

TAULUKKO 2. Energiakasvien tuet (Mallilaskelmia maataloudesta 2006, 12, 24).

Rypsi		Ruokohelpi	
Tuki	€/ha	Tuki	€/ha
Tilatuki	147	Tilatuki	147
Energiakasvituki	43	Energiakasvituki	43
Ympäristötuki	117	Ympäristötuki	117
LFA-tuki	233	LFA-tuki	233
Kansalliset tuet	57	Yleinen hehtaarituki	35
EU-tuotantopalkkio	48		
Yhteensä	645	Yhteensä	575

3 BIODIESEL

Tässä selvityksessä tarkastellaan biodieselin valmistusta rypsistä. Rypsin viljely energiakasvina ei sinänsä poikkea perinteisestä viljelystä.

3.1 Rypsin viljely

Kevätrypsiä voidaan viljellä III viljelyvyöhykkeen edullisimmille alueille asti. Keski-Suomi kuuluu enemmänkin IV vyöhykkeelle, joten rypsin viljelyn onnistumista tulee miettiä kasvupaikan mukaan. Kylvö on tärkeää ajoittaa niin, että rypsin alkukehitys tapahtuu nopeasti. Rikkaruohoton maa on kaikista paras. Puinti kannattaa suorittaa mahdollisimman myöhään, jotta kasvustot ovat täysin tuleentuneita. Lehtivihreäpitoisuus tulisi saada mahdollisimman alas ja sato puiduina. Lajina rypsi on satoisa, siinä on korkea öljypitoisuus ja alhainen lehtivihreäpitoisuus. Suosituin lajike vuosina 1994-2003 on ollut Kulta, mutta Valo on nostattanut suosiotaan viime vuosina. (Pelto- ja kasvilajikkeet 2004, 56.)

Maaperän pH-luvun on oltava mielellään vähintään 6. Parhaita kasvupaikkoja ovat hieta- ja hietamultamaat sekä hieta- ja aitosavet. Rikkaruohojen lisäksi rapsikuoriaisen torjunta on tärkeää. Rypsin kasvu-aika on noin 105 päivää. Puimuri tulee säätää hie- man eri lailla kuin viljoille, jotteivät siemenet pääse varisemaan maahan. (Kevätrypsin ja -rapsin viljelytekniikka 2005).

3.2 Tilatason energiakäyttö

Jo edellä esitettyjen tukien lisäksi rypsilä on olemassa erityinen tilatason energiakäyttö –mahdollisuus. Se velvoittaa raaka-aineen koko energiakäytön ja jalostuksen tapahtumaan viljelytilalla. Tässä tapauksessa raaka-aineen tai jalosteen siirtely tai myyminen pois ei ole mahdollista. Sato pitää merkitä, jotta sen erottaa muista rypsieristä esimerkiksi sekoittamalla rypsin joukkoon sinapinsiementä. Myös tässä saatavan tuotteen arvon on oltava suurempi kuin sivutuotteiden arvon. Sivutuotteena syntyvän puristetun kakan voi käyttää rehuna tai myydä eteenpäin, jos sen arvo on laskettu pienemmäksi kuin rypsiöljyn. Sopimusta tai vakuutta ei tarvita, sato mitataan ja jatkojalostetaan tilalla eikä satoa liikuteta mihinkään. (Rypsin ja rapsin energian käyttö tilalla energiakasvituki- ja non food –velvoitekesantojärjestelmässä 2006, 2-4,7.)

3.3. Viljelykustannukset

Laskelmissa on käytetty rypsin suhteen ProAgrian Maaseutukeskusten Liiton kannattavuuslaskelmia, jotka on tehty 50 hehtaarin mallitiloille. ProAgrian laskelmat on tehty niiden tietojen mukaan, jotka ovat olleet käytettävissä lokakuun 2006 alussa. Tukien kohdalla on odotettavissa muutoksia vuonna 2007. Ostapanosten hintana on käytetty huhtikuun 2006 hintoja ja tuotot on laskettu ennakoitujen marraskuun 2006 hintojen perusteella. Lannoitteiden määrät perustuvat viljelysuunnitelmaan. Ihmistyön arvona on käytetty 12,95 €/h, josta 8,12 €/h on palkkaa ja loput välillisiä työvoimakustannuksia. Traktorin, leikkuupuimurin ja kuivauksen muuttuvissa kustannuksissa on otettu huomioon poltto- ja voiteluaineet sekä kuivurin sähkö. Kiinteissä kustannuksissa on kunnossapito, vakuutus, poisto ja korko. Traktorin kustannukset on laskettu 600 tunnin ja puimurin 100 tunnin vuotuisella käytöllä. Pellon kustannuksissa on korkovaatimus sekä salaojituksen poisto, korko ja kunnossapito. Pellon arvona on ollut 2100 €/ha ja salaojituksen 1205 €/ha. (Mallilaskelmia maataloudesta 2006, 2-3.)

Rypsin viljelyn muuttuvat kustannukset, työkustannukset ja kone-, rakennus- ja yleiskustannukset näkyvät taulukossa 3. Lähteessä kevätrypsin tuotantokustannus on laskettu kuvitteelliselle 50 hehtaarin tilalle. Tässä selvityksessä tarkastellaan noin 25 hehtaarin tilaa ja 250 hehtaarin tilaa, joten aivan suoraan kustannuksia ei voi verrata. On selvää, että konekustannukset jakaantuvat isommalla tilalla isommalle määrälle

rypsiä ja kannattavuuden tulisi näin parantua. 25 hehtaarin tilalla rypsin vuotuista viljelyalaa on kiertokasvatusvaatimuksen (5 vuoden kiertoaika) vuoksi vain 5 ha, joten kustannukset nousevat suuriksi. Lannoitusta nostamalla ja maata kalkitseamalla rypsin siemenen satotaso on mahdollista nostaa hieman. Esimerkkilaskelmassa siemensatona on käytetty 1500 kg/ha, joka on keskimääräinen sato Keski-Suomessa.

TAULUKKO 3. Rypsin viljelykustannukset (Mallilaskelmia maataloudesta 2006, 12).

Viljelykustannukset	€/ha	€/t
Muuttuvat kustannukset	331	221
Työkustannukset	155	104
Kone-, rakennus- ja yleiskustannukset	644	429
Pellon kustannukset	239	159
Yhteensä	1 369	913

3.4 Jalostus

Biodieselin valmistuksessa raaka-aineena käytetään perinteisesti öljykasvien siemenistä puristettua öljyä, eläinrasvoja tai käytettyjä kasviöljyjä. Suomessa viljeltäviä öljykasveja ovat esimerkiksi rypsi, rapsi, sinappi ja pellava. Kasviöljy ei suoraan sovellu käytettäväksi nykyisissä dieselmoottoreissa.

Rypsin siemen sisältää 40 - 43 % öljyä. Tyypillisellä maatilakohtaisella pienpuristamolla öljysaanto kylmäpuristamalla jää noin 20 %:iin siemenen kuivapainosta. (Maatilarityksen bioenergian tuotanto 2006, 60-62.) Kuumapuristamalla saavutetaan parempi öljysaanto, mutta menetetään rypsirouheen rehuarvo. Rypsirouheen rehukäytöllä on oleellinen merkitys biodieselin valmistuksen taloudessa. Tarkastelussa rypsirouheen arvoksi on arvioitu 170 €/t.

Esteröimällä kasviöljy metanolilla saadaan rypsimetyyliesteriä (RME) eli biodieseliä. Esteröinnin sivutuotteena prosessissa syntyy glyserolia. (Maatilarityksen bioenergian tuotanto 2006, 61.) Glyserolille ei ole tässä tarkastelussa laskettu taloudellista arvoa. Biodieseliä voidaan valmistaa myös tehokkaampien prosessien kautta (esimerkiksi

NExBTL), mutta korkeiden investointikustannusten vuoksi nämä prosessit soveltuvat huonosti maatilakokoluokkaan.

Tässä tarkastelussa raaka-aineena käytetään rypsin siementä, josta kylmäpuristetaan rypsiöljyä. Öljystä valmistetaan esteröimällä RME-dieseliä. Rypsin viljelyala tilalla A on 5 ha ja tilalla B 50 ha, koska rypsi on vuoroviljelykasvi ja samalla lohkolla voidaan rypsiä viljellä vain joka viides vuosi tautiriskien vuoksi. Taulukossa 4 ei ole huomioitu mahdollisia investointitukia. 20 %:n investointituki laskisi tuotantokustannusta tilalla A 10 senttiä ja tilalla B yhden sentin. Puristimelle ja esteröintilaitteille on arvioitu 10 vuoden käyttöikä.

TAULUKKO 4. Biodieselin (RME) valmistuskustannukset.

Lähtötiedot	Tila A	Tila B
Peltopinta-ala (ha)	25	250
Rypsin maksimi osuus viljelyalasta	20 %	20 %
Rypsin pinta-ala (ha/v)	5	50
Satotaso (kg/ha)	1 500	1 500
Rypsin siementä yhteensä (kg)	7 500	75 000
Biodieseliä (l)	1 541	15 408
Puristus		
€	327	1 180
€/l	0,21	0,08
Esteröinti		
€	748	4 169
€/l	0,49	0,27
Yhteensä	Tila A	Tila B
€/v	1 234	5 984
€/l	0,70	0,35



KUVA 1. Rypsinpuristin (Kuva: Uusisalo).

Tyypptilojen investointikustannukset koostuvat puristimesta sekä panostoimisesta esteröintilaitteesta. Puristimen investointikustannuksen on arvioitu olevan 3000 € (Uusisalo 2006) ja esteröintilaitteen tilalla A 4 000 € (kuva 2) ja tilalla B 25 000 € (kuva 3) (Solio 2006). Tilan B laitteessa on enemmän automatiikkaa, ja suurempi panoskoko, joten se vähentää työkustannuksia tilalla B. Pienemmälle tilalle A investointikustannukset ovat korkeat. Kustannuksissa ei ole otettu huomioon tuotantorakennuksia. Puristin ja esteröintilaitte voisivat käsitellä kummallakin tyypptilalla huomattavasti suuremman rypsimäärän. Tuotantolaitteiden kapasiteettia pienentämällä ei saavuteta kustannussäästöä, koska panostoimisessa esteröinnissä työmäärä tuotettua biodiesellit-
raa kohden lisääntyisi merkittävästi.



KUVA 2. Tilan A esteröintilaitteisto FuelMeister 150 LE (Kuva: JAMK/Bioenergiakeskus).



KUVA 3. Tilan B esteröintilaitteisto SOL10 (Kuva: Uusisalo).

Merkittävimmät kustannukset biodieselin kokonaistuotantokustannuksissa ovat viljelykustannukset (taulukko 3). Tuotantokustannukset nousevat molemmilla tyyppitiloilla huomattavasti ostopolttoaineita kalliimmiksi. Valmistuskustannusten (öljyn puristus ja esteröinti) osuus tuotantokustannuksista on vain 19 %. Mahdollisilla valmistuslaitteiden investointituilla ei siis ole merkittävää vaikutusta biodieselin valmistuksen kannattavuuteen. Taulukossa 6 on laskettu tuotantokustannukset tyyppitiloille niin, että sama määrä rypsiä ostettaisiin markkinahintaan. Laskelmasta on viljelykustannukset ja tuet korvattu ostetulla rypsilä. Muut kustannukset ovat samat kuin taulukossa 5. Ostetulla rypsilä biodieseltuotannon kannattavuus on tämän laskelman mu-

kaan parempi kuin omalla tilalla viljellyllä rypsilä. Tämä johtuu siitä, että tiloilla ei lasketa aina omille työtunneille palkkakustannuksia samalla tavalla kuin tuotantokustannusten mallilaskelmissa.

TAULUKKO 5. Biodieselin tuotantokustannukset.

		Tila A	€/l	Tila B	€/l
Viljelykustannukset	€	6 847	4,44	68 470	4,44
Tuet	€	-3 235	-2,10	-32 350	-2,10
Valmistuskustannukset	€	1 234	0,70	5 984	0,35
Myyntitulot (rouhe)	€	-1 007	-0,65	-10 073	-0,65
Yhteensä	€	3 839	2,39	32 031	2,04

TAULUKKO 6. Biodieselin tuotantokustannukset ostorypsillä.

		Tila A	€/l	Tila B	€/l
Rypsi	260 €/t	1 950	1,27	19 500	1,27
Valmistuskustannukset	€	1 234	0,70	5 984	0,35
Myyntitulot (rouhe)	€	- 1 007	- 0,65	- 10 073	- 0,65
Yhteensä	€	2 177	1,31	15 411	0,97

Taulukossa 7 on tuotantokustannuksiin lisätty verot eri käyttötarkoituksissa. Kaikissa tapauksissa tyyppitiloilla itse tuotettu biodiesel on huomattavasti kalliimpaa kuin vastaava ostopolttoaine.

TAULUKKO 7. Biodieselin kustannukset eri käyttövaihtoehdoissa.

Valmistevero €	Tila A	Tila B	
0,00	2,39	2,04	Lämmityskäyttö
0,07	2,46	2,11	Työkonekäyttö
0,35	2,74	2,39	Liikennekäyttö

Taulukossa 8 on verrattu polttoöljyä työkonekäyttöön tuotettuun biodieseliin. Biodieselin tuottaminen on näiden laskelmien valossa kannattamatonta, koska tilalla A ostettu polttoöljy on 1,78 €/l ja tilalla B 1,43 €/l halvempaa. Tilakoko vaikuttaa osaltaan

lopputulokseen, suuremmissa yksiköissä päästään edullisimpiin tuotantokustannuksiin.

TAULUKKO 8. Biodieselin tuottaminen verrattuna ostettuun polttoöljyyn.

	Tila A	Tila B
Kevyt polttoöljy (€/l)	0,68	0,68
Omasta rypsiä tuotettu biodiesel (€/l)	2,46	2,11
Diesel saanto (l)	1 541	15 408
Erotus (€)	- 2 912	-22 650
Erotus (€/l)	-1,78	-1,43

4 BIOKAASU

Biokaasuntuotanto perustuu mikrobiologiseen prosessiin, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Biokaasuprosessin lopputuotteena saadaan biokaasua, joka koostuu pääosin hiilidioksidista ja metaanista, sekä lannoitteeksi hyvin soveltuvaa jäännöstä. Biokaasulaitoksessa on yleensä täyssekoitteinen lietereaktori, joissa kuiva-aine-pitoisuus (ka) on alle 15 % ja käsiteltävien aineiden viipymä noin 20 päivää. Laitokset toimivat yleensä 35-37 asteen lämpötilassa, mutta kiristyvien hygieniavaatimusten vuoksi käytetään usein noin 55 asteen lämpötilaa. Biokaasulaitosten toimintaa säätelee mm. sivutuoteasetus, jossa määritellään laitoksissa käsiteltäviksi soveltuvat raaka-aineet, käsittelymenetelmät ja lopputuotteen mikrobiologiset laatuvaatimukset. (Maatilyrityksen bioenergian tuotanto 2006, 68-69.).

Eläinten lanta sopii hyvin anaerobiseen käsittelyyn, koska se sisältää suuren osan mikrobien tarvitsemista ravinteista ja sillä on hyvä puskurikyky. Biokaasun tuotannossa käytettävä peltobiomassa kannattaa korjata vihermassana nk. tuorekorjuussa ja varastoida esimerkiksi säilörehumenetelmällä, minkä on havaittu jopa parantavan kaasuntuottoa. Elintarviketeollisuuden jätteitä ja sivutuotteita voidaan käyttää lisämateriaalina biokaasun tuotannossa. Niiden metaanintuotantopotentiaali on 2-4 kertaa eläinten lantaa suurempi. Eri materiaalien yhteiskäsittelyssä laitoksen energiatasapaino paranee ja investointikustannukset pienenevät tuotettua energiayksikköä kohti. Laitoksen kokonaisinvestoinnit kuitenkin nousevat, koska jätteiden käsittely vaatii yleensä esikäsit-

telyä, esimerkiksi murskausta ja hygienisointia. Jätteiden ja sivutuotteiden vastaanottamisesta on mahdollista saada porttimaksuja. Käytettävän materiaalin valinnassa tulee kuitenkin muistaa lopputuotteen hyödyntämisen vaikutukset maanparannusaineena ja lannoitteena pelloilla. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 69-70.) Porttimaksun suuruudeksi Keski-Suomessa on arvioitu keskimäärin 47 € (Palmroth & Kalmari 2005.) Porttimaksujen suuruus kuitenkin vaihtelee suuresti eri materiaaleilla.

Biokaasuntuotannon kannattavuutta vertaillaan energiantuotannon lähtökohdasta eri mallitiloilla ja energiamuodoilla. Tarkastelussa ei ole laskettu taloudellista arvoa muille biokaasuntuotannon hyödyille, kuten lietteen hygienisoitumiselle ja lannoitearvon paranemiselle.

4.1 Tuoreena korjattu ruokohelpi

Ruokohelven tuoreena korjaaminen ei ole vielä yleistynyt. Tuoreena korjuu poikkeaa tavanomaisesta ruokohelven viljelystä siten, että sato korjataan kaksi kertaa kesässä ja kasvusto uudistetaan noin viiden vuoden välein. Perustamisvuonna satoa ei korjata. Vesterisen, Laitisen ja Sirosen esiselvityksessä (2006, 21-22) ruokohelpisato oli 10 t (ka) ja energiasisältö 32 MWh/ha. Tähän työhön laskelmat on tehty 9 tonnin satotasolla. (Sankari 1993.) Taulukossa 9 hehtaarikustannuksia ei ole suhteutettu mallitilojen peltopinta-alaan.

TAULUKKO 9. Tuoreena korjatun ruokohelven tuotantokustannukset (Sironen 2006, 21).

Kustannus	€/ha	€/ha/viljelyvuosi	€/t ka
Perustamiskustannus	340	68	9
Viljelyn lopettaminen	27	5	0,70
Hoitotyöt	288	231	32
Korjuukustannukset	875	700	145
Pellon kustannukset	237	296	41
Yhteensä	1767	1300	228

Irtokorjuumenetelmä urakointina on edullisin vaihtoehto varsinkin pienellä tilalla, jossa korjuukalustoa ei ole ennestään. Kun hehtaarimäärä kasvaa, tulee kannattavam-

maksi suorittaa irtokorjuu omilla koneilla. (Laitinen 2006, 24). Tässä tapauksessa tilalla A korjuu kannattaa tehdä urakointina, jolloin korjuukustannukset tilakokoon suhteutettuna ovat 236 €/ha. Kiinteät kustannukset ovat suuret pienemmällä tilalla. Tilalla B tulee kannattavammaksi tehdä irtokorjuu omilla koneilla, korjuukustannukset ovat tuolloin 222 €/ha. Vaikka urakointi onkin samoissa hinnoissa, on järkevämpää käyttää omia koneita, jolloin säästetään esimerkiksi siirtokustannuksissa. (Vesterinen, Laitinen, Sironen 2006, 27.)

Ruokohelpi saa tukia edellä esitettyjen tietojen mukaisesti 575 €/ha. Seuraavassa taulukossa tuotantokustannukset on laskettu viljelyvuotta kohti mallitiloille kannattavimpien vaihtoehtojen mukaisesti.

TAULUKKO 10. Tuoreena korjatun ruokohelven tuotantokustannukset mallitiloilla

	Tila A (25 ha)	Tila A (€/MWh)	Tila B (250 ha)	Tila B (€/MWh)
Tuotantokustannus	20 900	29,9	205 500	29,4
Tuet	-14 375	- 20,5	-143 750	- 20,5
Yhteensä	6 525	9,4	61 750	8,9

4.2 Karjanlanta

Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvityksessä (Hagström ym. 2005, 75) biokaasun tuotannon kannattavuuden rajana pidetään 100 lypsylehmän tilaa, joka vastaa noin 140 nautayksikköä. Tällainen karja tuottaa lantaa noin $24 \text{ m}^3 \times 140$ nautayksikköä eli $3\,300 \text{ m}^3$ vuodessa. Biokaasua tästä saadaan vuodessa $67\,200 \text{ m}^3$, josta metaania $40\,320 \text{ m}^3$ metaania vuodessa, biokaasun metaanipitoisuuden ollessa 60 %. Tyypitila Suomessa on 26 nautayksikön tila. Tällä tilalla vastaavat luvut olisivat: lantaa 624 m^3 , biokaasua $12\,480 \text{ m}^3$ ja metaania 7488 m^3 (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 70.). On huomioitava, että lannan määrä vaihtelee esimerkiksi laiduntamisen vuoksi. Myös lannan koostumus vaihtelee ja reaktorin olosuhteet muuttavat saatavan biokaasun määrää. (Karunen 2006, 12.) Metaanin lämpöarvo on $9,9 \text{ kWh} / \text{m}^3$. Alla olevissa laskelmissa on verrattu 140 ja 26 nautayksikön tiloja, sekä otettu tilan A

ja tilan B peltoalat mukaan tarkasteluun. Laskelmissa on oletettu että kaikki lanta saadaan talteen.

Tilalla A saadaan ruokohelpisatoa viiden vuoden kiertoajalla keskimäärin 7,2 t/ha eli yhteensä 180 t vuodessa. Tästä sadosta tuotetun biokaasun energiasisältö on n. 560 MWh. Tilalla B saadaan satoa yhteensä 1800 t ja kaasun energiasisältö on n. 5600 MWh.

Tarkastellut tilavaihtoehdot:

Tila A	25 ha ruokohelpeä
Tila B	250 ha pinta-ala ruokohelpeä
Tila C	26 nautayksikön karjatila + 25 ha ruokohelpeä
Tila D	140 nautayksikön karjatila + 250 ha ruokohelpeä

TAULUKKO 11. Tyyppitiloilla tuotetun biokaasun energiasisältö eri tilavaihtoehdoissa MWh/v.

	Tila A (MWh/v)	Tila B (MWh/v)	Tila C (MWh/v)	Tila D (MWh/v)
Ruokohelppi	560	5 600	560	5 600
Lanta			74	399
Yhteensä	560	5 600	634	5 999

Biokaasulaitosinvestoinnin todellista hintaa on vaikea määrittää. Pelkälle kasvibiomasalle pohjautuvaa biokaasulaitosta ei ole Suomeen vielä rakennettu. Kasvibiomasalle suunnitellun reaktorin investointikustannuksia nostaa se, että laitoksen tarvitsemaa rakennus- ja laitekantaa ei välttämättä ole olemassa valmiina. Karjatiloille laitosta rakennettaessa voidaan esimerkiksi lietesäiliö hyödyntää jälkikaasuuntumisaltaina ja kaasuvälikampana. Laitosten investointikustannusten arviointi on vaikeaa myös siksi, että laitoksissa käytetään hyvin erilaisia tekniikoita kaasun hyödyntämiseen. Esimerkiksi jätteiden käyttö lisäsyötteinä lisää laitoksen teknisiä vaatimuksia ja nostaa investointeja. Taulukossa 12 on tarkasteltu investointikustannuksia eri tilavaihtoehdoille. Investointikustannusarviot ovat hyvin karkeita. Laitosinvestointi sisältää kaikissa tapauksissa sähkön ja lämmöntuotantoyksikön (kaasumoottori), jonka arvo laitospöytä

riippuen on noin 30 000 – 60 000 €. (E. Kalmari 20.12) Lisäksi tiloilla B ja C on huomioitu kaasun mahdollinen jalostaminen liikennekäyttöön.

TAULUKKO 12. Investointikustannukset eri tilavaihtoehdoille (Hagström ym. 2006, 68 & Kalmari 2006).

	Tila A (€)	Tila B (€)	Tila C (€)	Tila D (€)
Biokaasulaitos	250 000	350 000	250 000	350 000
Kaasun puhdistus		160 000		160 000
Kaasun jakelu ja paineistus		150 000		150 000
Yhteensä	250 000	660 000	250 000	660 000

4.3 Biokaasun eri hyödyntämismuutokset

Biokaasua on perinteisesti käytetty lämmöntuotannossa, sähköntuotannossa sekä yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa (CHP). Taulukossa 13 on laskettu mallitilojen energiasaannot eri tuotantomuotojen hyötysuhteilla.

TAULUKKO 13. Hyötysuhteet ja energiasaannot (MWh) tyyppitiloilla (Hagström ym. 2006, 67 & Kalmari 2006).

	Hyötysuhde	Tila A	Tila B	Tila C	Tila D
Lämpö	90 %	504	5 040	571	5 399
Sähkö	35 %	196	1 960	222	1 680
CHP Lämpö	52 %	291	2 912	334	3 119
Sähkö	35 %	196	1 960	222	1 680

Biokaasusta voidaan puhdistamalla jalostaa myös liikenteen polttoainetta (biometaanin). Liikenteen polttoaineeksi jalostetusta biokaasusta saa energiayksikköä kohden korkeamman hinnan kuin lämmön- tai sähköntuotannosta. Maakaasun kuluttajahinta on noin 65 €/MWh (sis. alv 22 %). Kun arvonlisävero vähennetään, on liikennepolttoaineen arvo noin 53 €/MWh eli 53 €/m³ maakaasua (Hagström ym. 2005, 43). Alla olevissa katelaskelmissa on käytetty tätä arvoa. Yksi kuutio liikennekäyttöön puhdistettua biokaasua vastaa noin yhtä litraa kevyttä polttoöljyä ja sisältää energiaa noin 10 kWh. Biokaasun jalostaminen ajoneuvokäyttöön vaatii merkittäviä investointeja kaa-

sunpuhdistukseen ja paineistukseen ja jakeluun. Taulukossa 12 on arvioitu näiden investointikustannusten suuruutta.

4.4 Kannattavuus

Tyypitilojen katelaskelmissa ei ole huomioitu ruokohelven kuljetus- ja käsittelykustannuksia pellolta reaktoriin. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollisia kuormitus- huippuja vaan on oletettu, että energiantuotanto riittää aina kattamaan tilan oman energiankulutuksen. Kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi laitosinvestoinneille mahdollisesti saatava investointituki. Maa- ja metsätalousministeriön ennakkotietojen mukaan tilakohtaiselle biokaasulaitokselle voidaan tulevaisuudessa myöntää 20 - 35 % investointitukea. (Alm M, 2007) Näissä laskelmissa investointitukea ei ole huomioitu. Kannattavuutta on esimerkkituloilla vertailtu kolmella eri energianhyödyntämistavalla:

1. Lämmön- ja sähköntuotanto, jossa lämpö tuotetaan pelkästään tilan omaan käyttöön ja ylijäämä sähkö myydään verkkoon. Ylijäämälämpöä ei hyödynnetä (taulukko 15)
2. Lämmön- ja sähköntuotanto, jossa kaikki tuotettava energia saadaan hyödynnettyä. Tilan oman tarpeen ylittävä osuus sähköstä ja lämmöstä saadaan myytyä tilan ulkopuolelle. (taulukko 16)
3. Tilan oman energiatarpeen (sähkö ja lämpö) ylittävä osuus biokaasusta jalostetaan liikenteenpolttoaineeksi. (taulukko 17)

Kannattavuuslaskelmien lähtöarvoja:

• Lämmöntuotannon hyötysuhde (CHP)	52 % ¹
• Sähköntuotannon hyötysuhde (CHP)	35 %
• Tilan oma sähköntarve	2 MWh/nauta ¹ + 20 MWh/a
• Tilan oma lämmöntarve	0,6 MWh/nauta ¹ + 40 MWh/a
• Sähkön myyntihinta	30 €/MWh ¹
• Lämmön myyntihinta	50 €/MWh ²
• Liikenteenpolttoaineeksi jalostetun kaasun myyntihinta (liikenne)	53 €/MWh ¹
• Korvattavan lämmön hinta (öljy)	67,8 €/MWh ³
• Korvattavan sähkön hinta	95,9 €/MWh ³
• Porttimaksu	47 €/t ⁴
• Laitoksen oma energiankulutus	10 % kaasun energiasisällöstä
• Laitoksen käyttöikä	15 vuotta
• Laitoksen jäännösarvo	20 %
• Korkokanta	4 %
• Käyttökustannukset, sähköntuotanto	15 €/MWh ¹
• Käyttökustannukset, kaasun puhdistus ja paineistus liikennekäyttöä varten	1000 €/a + 2 €/MWh
• Muut käyttökustannukset	1000 €/a + 1 €/MWh ¹

4.4.1. Sähkön- ja lämmöntuotannon kannattavuus

¹ Hagström ym. 2005.

² Sauranen 2006.

³ Energiakatsaus 3/2006.

⁴ Palmroth & Kalmari 2005.

Taulukossa 14 on laskettu lähtöarvojen perusteella tyyppitilojen oma energiantarve (lämpö ja sähkö). Karjatiloiilla C ja D tilan oma energiantarve on huomattavasti suurempi kuin kasvinviljelytiloilla.

Taulukko 14. Tyyppitilojen oma energiantarve

	Tila A (MWh/a)	Tila B (MWh/a)	Tila C (MWh/a)	Tila D (MWh/a)
Lämpö	40	40	56	142
Sähkö	20	20	72	300

Taulukossa 15 on esitetty katelaskelma mallitiloille. Laskelmassa kaikilla tiloilla tuotetaan sähköä ja lämpöä omaan käyttöön ja ylijäämä sähkö myydään tilan ulkopuolelle. Ylijäämälämpöä ei hyödynnetä.

TAULUKKO 15. Katelaskelmat mallitiloille. Biokaasusta tuotetaan lämpöä ja sähköä. Lämmöntuotanto vain tilan omaan käyttöön

	Tila A	Tila B	Tila C	Tila D
Sähkö oma käyttö	1 918	1 918	6 905	28 770
Sähkönmyynti	4 692	52 320	3 833	36 354
Lämpö oma käyttö	2 712	2 712	3 770	8 407
Muuttuvat kustannukset	- 4 139	- 32 360	-4 551	-27 870
Kiinteät kustannukset	-20 583	- 28 817	-20 583	-28 817
Ruokohelven tuotantokustannukset	- 6 525	- 61 750	-6525	-61750
Kate €/v	-21 609	-62 841	-16 797	-42 224

Mikäli yhdistetystä sähkön ja lämmöntuotannosta syntynyttä ylijäämälämpöä ei saada myytyä tilan ulkopuolelle tai ylijäämäkaasua myytyä liikenteen polttoaineeksi, jää kaikissa mallitiloissa vuosikate negatiiviseksi. Tilan B vuosikate on mallitilojen huonoin. Mikäli tällä tilalla olisi mahdollista käsitellä jätteitä (porttimaksu 47 €/t), vaatisi se noin 1500 jätetonnin vastaanottamista vuosittain, jotta vuosikate saataisiin positiiviseksi. Jätteiden sisältämä energia voitaisiin hyödyntää vain sähköntuotannossa. Jätteiden käsittelyn vaatimia lisäinvestointeja ei ole huomioitu tässä tarkastelussa.

Taulukossa 16 on tarkasteltu mallitilojen kannattavuutta, jos kaikki tilan tuottama lämpö saadaan myytyä. Myydylä lämmöllä korvataan öljylämmitystä, jolloin lämmön myyntihintana on käytetty 50 €/MWh. Laskelmassa ei ole arvioitu lämmönsiirron investointikustannuksia eikä lämpöhävikkiä verkossa. Lämmön myynti tilan ulkopuolelle on mahdollista, jos tilan läheisyydessä on lämpöä tarvitsevia tuotantolaitoksia tai muita kiinteistöjä.

TAULUKKO 16. Katelaskelma mallitiloille, kun kaikki tuotettu lämpö ja sähkö voidaan hyödyntää. Tilan oman tarpeen ylittävä osuus saadaan myytyä tilan ulkopuolelle.

	Tila A	Tila B	Tila C	Tila D
Sähkö oma käyttö	1 918	1 918	6 905	28 770
Sähkönmyynti	4 692	52 320	3 883	36 354
Lämpö oma käyttö	2 712	2 712	3 770	8 407
Lämpö myynti	11 104	123 040	12 059	134 181
Muuttuvat kustannukset	-3 822	-29 224	-4 196	-25 189
Kiinteät kustannukset	-20 583	-28 817	-20 583	-28 817
Ruokohelven tuotantokustannukset	- 6525	-61 750	-6 525	-61 750
Kate €/v	-10 505	66 199	-4 739	115 755

Jos kaikki lämpö saadaan myytyä, syntyy tilalle B noin 66 000 € vuotuinen kate. Tilalle D vuosikate 116 000 euroa. Tiloilla A ja C kate jää negatiiviseksi. Myös tiloilla A ja C päästäisiin jo varsin pienillä jätteenkäsittelymäärillä positiiviseen vuosikatteeseen. Esimerkiksi tilalla A tähän riittäisi jo noin 250 – 300 tonnia jätettä vuodessa.

4.4.2 Liikenteen polttoainetuotannon kannattavuus

Korkeimman hinnan myytävälle energialle saa jalostamalla biokaasu liikennekäyttöön. Jalostaminen nostaa laitoksen investointikustannuksia merkittävästi, mikä näkyy katelaskelman kiinteiden kulujen nousemisena. Taulukossa 17 on laskettu katelaskelma tiloille B ja D kahdella eri polttoaineen myyntihinnalla. Polttoaineen myyntihintoina on käytetty maakaasun ja dieselin hintoja. Laskelmissa ei ole otettu huomioon kaasun siirtokustannuksia tilalta jakeluasemalle vaan oletettu jakelun tapahtuvan suoraan tilalla. Kaasun myyntihintana on käytetty 53 €/MWh eli bensiinilitraan suhteutettuna 53 c/l. Tämä on maakaasun myyntihinta jakeluasemilla ilman arvonlisäveroa.

Vertailuhintana on käytetty dieselin hintaa 80 c/l (alv 0%) ja kaasun hintana 80 c/m³. Maakaasuverkkoa eikä -jakelupisteitä ole suunnitteilla Keski-Suomeen ja siksi liikennekäyttöön myytävästä biokaasusta voidaan saada korkeampi myyntihinta kuin maakaasusta. Laskelmassa on oletettu, että kaasusta tuotetaan tilan tarvitsema sähkö ja lämpö ja ylijäämäkaasu jalostetaan liikenteen polttoaineeksi.

TAULUKKO 17. Liikenteen polttoaineentuotannon katelaskelma mallitiloille B ja D.

	Tila B (€/v) 53 c/m³	Tila D (€/v) 53 c/m³	Tila B (€/v) 80 c/m³	Tila D (€/v) 80 c/m³
Sähkö oma käyttö	1 918	28 770	1 918	28 770
Lämpö oma käyttö	2 712	8 407	2 712	8 407
Liikenteen polttoaine	263 357	229 384	263 357	229 384
Muuttuvat kustannukset	-13 649	-16 668	-13 649	-16 668
Kiinteät kustannukset	-54 340	-54 340	-54 340	-54 340
Ruokohelven tuotanto- kustannukset	-61 750	-61 750	-61 750	-61 750
Kate €/v	135 537	126 792	268 994	243 648

Molemmilla tiloilla päästään laskennallisesti kaasun 53 c/m³ myyntihinnalla yli 100 000 euron vuosittaisiin katteisiin, olettaen että kaikki biokaasu saadaan myytyä liikennekäyttöön suoraan maatilalta. 80 eurosentin kuutiohinnalla vuosittaiseksi katteeksi saadaan jo noin 250 000 euroa. Etelä-Suomeen ollaan rakentamassa maakaasun tankkausverkostoa, ja on mahdollista että kaasua polttoaineena käyttävät autot yleistyvät myös Suomessa. Molemmat tilat tuottavat kaasu yli 200 auton vuosittaisen polttoainetarpeen (30 000 km/a, 7 m³/100km). Kannattavuus saavutetaan, jos saadaan myytävä noin 100 auton vuosittainen polttoaineen tarve 53 eurosentin kuutiohintaan.

Biometaanin tuotantokustannukset ovat laskennallisesti 26 c/m³. Epävarmuustekijänä laskelmassa ovat biokaasun puhdistuksen ja paineistuksen käyttö- ja huoltokustannukset. Suomessa toistaiseksi vähäisen biometaanin tuotannon vuoksi näistä kustannuksista ei ole tarkkaa tietoa saatavissa, ja laskelmassa biometaanin tuotannon käyttö- ja huoltokustannuksina on käytetty yhtä suuria kustannuksia kuin yhdistetyssä sähkön- ja lämmön tuotannossa.

5 RUOKOHELVEN VILJELY POLTTOON

Ruokohelpi on monivuotinen heinäkasvi, jota on viljelty myös rehukasvina. Suomessa ruokohelven viljely energiakäyttöön on lisääntynyt huomattavasti 2000-luvulla, kun voimalaitokset ja varsinkin Vapo Oy ovat lisänneet sopimustuotantoa. Myös valtiovalta on tukenut toimintaa. (Maatilyrityksen bioenergian tuotanto 2006, 35.) Viljelykasvina ruokohelpi on pitkäikäinen, talvenkestävä ja satoisa. Viljelykset voivat tuottaa kevätkorjuussa satoa jopa 15 vuotta. Se menestyy kaikilla maalajeilla, mutta kevätkuivuus ja maan tiivistyminen saattavat olla haitallisia. Lohkojen tulee olla tasaisia, jotta korjuu onnistuu lyhyeen sänkeen. Kasvi kasvattaa juuristoaan kaksi kesää ja suurimmat sadot saadaan vasta yli kolmen vuoden ikäisistä nurmista. (Maatilyrityksen bioenergian tuotanto 2006, 35-36).

5.1 Ruokohelven viljely

Ruokohelven viljely ei juuri poikkea tavallisesta heinän viljelystä. Siemenet ovat pieniä ja ne kylvetään noin 1-2 cm:n syvyyteen keväällä. Rikkakasvien torjunta tehdään tarvittaessa, kun ruokohelvessä on 2-4 lehteä. Kylvön yhteydessä peltoa lannoitetaan hieman tyvellä ja satovuosina hieman enemmän korjuun jälkeen (60-90 kg/ha). (Maatilyrityksen bioenergian tuotanto 2006, 36.) Juolavehänä ja nurmi tulisi hävittää jo kylvöä edeltävänä vuonna. Polttoon tarkoitettua ruokohelven korjuu tapahtuu keväällä kuloheinänä. Ensimmäisen kerran sato korjataan vasta kahden vuoden päästä kylvöstä. Kylvöjen väli voi olla jopa 15 vuotta, laskelmissa käytetään yleensä 10 vuotta. Korjuun aikajänne on noin 10-15 päivää, kun korjuu tapahtuu roudan sulamisen jälkeen. Korjuun voi tehdä turvemaidilla myös kovassa roudassa, kun kasvusto on kuivaa ja lumetonta. Keväällä korjatun biomassan kosteus on 10-15 prosenttia. Matalaan sänkeen korjaamalla saadaan suurin sato. Jos vihreiden versojen pituus on suurempi kuin korjattavan kasvuston, kosteus lisääntyy ja luokokuivaus on tarpeen. (Maatilyrityksen bioenergian tuotanto 2006, 38.)

Viljelyn lopettamisessa ruokohelven juurakko on hävitettävä huolellisesti, jotta estetään sen jääminen rikkakasviksi. Sato niitetään heinäkuussa ja käytetään esimerkiksi biokaasun tuotantoon. Odelman kasvettua 30cm:n korkeuteen, hävitetään se glyfosaa-

tilla. Kasvusto kynnetään vielä syksyllä ja kahtena seuraavana vuonna viljellään esimerkiksi kevätviljaa tai perunaa, jotka ovat hyvin kilpailukykyisiä. Näiden toimenpiteiden ja syyskynnön avulla hävitetään ruokohelven siementaimet. (Maatilayrityksen bioenergian tuotanto 2006, 40.)

5.2 Kannattavuus

Ruokohelven viljelyssä perustamiskustannukset ovat 318 €/ha, ja kun se jaetaan viljelyvuosille (10), perustamiskustannukset ovat 32 €/ha/v. Viljelyn lopettaminen maksaa 2,7 €/ha (jaettu viljelyvuosille). Hoitotyöt koostuvat lannoitteiden, koneiden ja ihmistyön kustannuksista, ja ovat siksi melkein samat vuosittain. Korjuukustannukset ovat 191 €/ha, joten kaikkiaan ruokohelven viljelykustannukseksi saadaan 589 €/ha. (MTT Ruokohelven viljely energiantuotantoa varten –opasta 2005)

TAULUKKO 18. Ruokohelven viljelykustannukset (Pahkala ym. 2005.)

Kustannus	€/ha	€/ha/satovuosi	€/t
Perustamiskustannukset	318	32	5,9
Viljelyn lopettaminen	27	2,7	0,5
Hoitotyöt	90	100	18,5
Korjuukustannukset	172	191	35
Pellon kustannukset	237	263	49
Yhteensä	844	589	109

Satotasona on käytetty satovuosien keskimääräistä satotasoa 5,40 t (ka)/ha ja sadon energiasisällöksi oletetaan 4,5 MWh/t (ka). Sato toimitetaan voimalaitokselle, jonka kanssa tuotantosopimus on tehty. Koneketjun valintaan vaikuttaa tilakoko. Ruokohelven tuotantokustannuksia laskettaessa urakointivaihtoehdot ovat kannattavimpia.

Ruokohelven viljelijä saa energiakasvien tukia kuten edellä on esitetty. Lisäksi ruokohelpi, jonka kasvuston perustamisesta on kulunut viisi vuotta tai enemmän, on pysyvä kasvi tilatukijärjestelmässä. Pysyvä kasvi saa tilatuen vain, jos tukioikeuteen liittyy energiakasvitukisopimus. (Hakuopas 2006, 54.)

Ruokohelven hinta vaihtelee paljon muun muassa kuljetusmatkan vuoksi. Tässä on käytetty 20 €/t, jolloin sato sijaitsee pellon reunassa ja voimalaitokselle on matkaa noin 60 km. (Mallilaskelmia maataloudesta 2006, 24.)

Taulukossa 19 on esitetty katelaskelma mallitiloille A ja B. Molemmilla tiloilla päästään positiiviseen vuosikatteeseen. Tilalla A satoa saadaan 135 t, josta saadaan tuloa vuosittain 2700 €. Tilalla B satoa saadaan 1350 t, josta saadaan tuloa 27 000 €/v. Vuosikate hehtaaria kohden molemmilla tiloilla on 94 €.

TAULUKKO 19. Ruokohelvenviljelyn kannattavuus mallitiloilla.

	Tila A €/v	Tila B €/v
Tuet	14 375	143 750
Tulot	2 700	27 000
Viljelykustannukset	-14 725	-147 250
Kate €/v	2 350	23 500

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Näiden laskelmien perusteella keskikokoisilla keskisuomalaisilla maatiloilla (peltopinta-ala noin 25 ha) bioenergian tuotanto saadaan tarkastelluista vaihtoehdoista kannattavaksi ainoastaan viljelemällä voimalaitoksessa poltettavaksi myytävää ruokohelpeä. Tilakoon kasvaessa kannattavuus paranee. Jos tilalla tuotetulle energialle, lämmölle, sähkölle tai liikenteen polttoaineille on kysyntää, voidaan 250 ha peltopinta-alalla saavuttaa hyvä kannattavuus. Biokaasun ja biodieselin valmistuksessa investoinnit näyttelevät suurta osuutta ja kannattavuutta parantavat oleellisesti mahdolliset investointituet. Tässä tarkastelussa kannattavuutta vertailtiin erilaisilla mallitiloilla. Tilalla A energiakasveja viljeltiin 25 hehtaarin ja tilalla B 250 hehtaarin alalla. Biokaasun tuotannossa on tarkasteltu myös vaihtoehtoja C ja D, joissa tiloilla on lisäksi lypsykarjaa.

Biokaasun tuotannossa kaasua tuotettiin kaikilla mallitiloilla yli oman tilan energian tarpeen. Biokaasun tuotanto peltobiomassoista ei taloudellisesti kannata pelkästään tilan omaan energiantuotantoon. Laskelmissa ei arvioitu biokaasulaitoksen tuomia

muita hyötyjä kuten lannoitearvon paraneminen ja lietteen hygienisoituminen. Näillä hyödyillä on kuitenkin myös taloudellista arvoa.

Pienemmillä mallitiloilla (25 ha) A ja C tilakoko osoittautui kaikissa energiantuotantovaihtoehtoissa kannattavuuden kannalta liian pieneksi. Isommilla tiloilla tuotannosta saadaan helpommin kannattavaa. Tiloilla B ja D (250 ha) korostui erityisesti lämmön hyödyntämisen taloudellinen merkitys. Jos kaikki ylijäämälämpö myydään, saavutetaan tilalla D yli 100 000 € vuosikate. Tilalla B kate jää hieman pienemmäksi n. 65 000 €/v. Karjatiloiilla kannattavuus on helpompi saavuttaa, koska energiantuotannolla voidaan korvata kasvinviljelytilaa enemmän oman tilan energiankulutusta. Keski-suomalainen maatilayritys sijaitsee usein alueella, jossa lämmön myynti tilan ulkopuolelle on vaikeaa. Lämmön siirtämisestä tilan ulkopuolelle aiheutuu myös merkittäviä investointikustannuksia, joita tässä työssä ei ole arvioitu.

Paras kannattavuus isoilla mallitiloilla (tilat B ja D) saavutetaan kun biokaasu jalostetaan liikenteen polttoaineeksi. Tässä laskelmassa molemmilla tiloilla päästiin yli 100 000 euron vuosikatteeseen. Laskelmissa ei huomioitu kaasun siirtokustannusta, vaan tankkauspisteen oletettiin sijaitsevan mallitilalla. Molemmat tilat tuottivat kaasua yli 200 auton vuosittaisen polttoainetarpeen. Parhaiten edellä mainittu toimintamalli voisi sopia valtateiden varressa tai niiden läheisyydessä sijaitseville maatilayrityksille.

Polttoon myytävän ruokohelven tuotanto oli kannattavaa kaikilla mallitiloilla, tilalla A vuosikate oli 2350 € ja tilalla B 23 500 €. Kannattavuuslaskelman epävarmuustekijänä on ruokohelvestä maksettava hinta. Ruokohelven hintana käytettiin keskimääräistä pellonvarsihintaa. Kuljetusmatka voimalaitokselle on keskeinen kustannustekijä pellonvarsihintaa määritettäessä. Tämän vuoksi hinta vaihtelee suuresti jo Keski-Suomen alueella. Ruokohelven viljely on kannattavaa jo varsin pienillä peltopinta-aloilla, koska suuria investointeja ei tarvitse tehdä ja korjuu-urakoitsijoita on helposti saatavilla.

Biodieselin kannattavuus oli huono näiden laskelmien perusteella. Mallitilalla A biodieselin litrahinta oli 1,78 € ja mallitilalla B 1,43 € kalliimpaa kuin kevyellä polttoöljyllä. Laskelmia arvioitaessa on otettava huomioon, että ne eivät täysin vastaa maatalousyrittäjän arkipäivän todellista toimintamallia. Maatiloilla ei lasketa omille työtunneille yleensä palkkakustannuksia. Lähtökohtana usein on myös se, että pellot on päätetty pitää viljeltyinä joka tapauksessa. Tällöin vertaillaan eri tuotantosuuntia keske-

nään ja valitaan niistä kannattavin (tai mallilaskelmia käytettäessä vähiten tappiollinen). Viime vuosina mielenkiinto esimerkiksi rypsin tuotantoon on lisääntynyt myös Keski-Suomessa. Maanviljelijät ovat valmiita myymään rypsin siementä laskelmassa käytettävään hintaan. Rypsin markkinahinta onkin todennäköisesti totuudenmukaisempi lähtökohta biodieselin raaka-ainekustannuksena kuin koko viljelyketjun kiinteät ja muuttuvat kulut huomioiva mallilaskelma.

Sekä biokaasutuotannon että biodieselin tuotannon kannattavuutta parantaa merkittävästi tilan ulkopuolisten jätemateriaalien käsittely. Molemmissa prosesseissa voidaan peltobiomassojen lisäksi käyttää jätemateriaaleja biopolttoaineiden tuotantoon. Biodieselin tuotannossa jätteiden käsittelyvaihtoehtoa ja sen vaikutusta talouteen ei tässä työssä arvioitu.

Jätteiden käyttö biokaasulaitoksessa lisää investointikustannuksia, koska jätemateriaalin käyttö vaatii usein erityiskäsittelyä (murskaus ja hygienisointi). Kaikelle reaktorista tulevalle ravinnepitoiselle jäännökselle on myös oltava riittävä peltolevityspinta-ala. Jo varsin pienillä jätevirroilla parannetaan laitoksen kannattavuutta olennaisesti.

Jätteiden käsittelyn vaatimukset ovat tiukentumassa ja jätteiden käsittelyn kustannukset ovat nousseet viime vuosina. Jatkossa tulisi tarkemmin selvittää mitä eri vaihtoehtoja maatilayrittäjällä on hyödyntää jätemateriaaleja energiatuotannossa.

LÄHTEET

Alm, M. 2007. Maa- ja metsätalousministeriö, Suullinen tiedoksianto 17.1.2007

Energiakatsaus 3/2006. 2006. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiaosasto. Viitattu 18.12.2006. http://www.ktm.fi/files/16844/KTM_ekatsaus0306_www.pdf.

Enroth, A. 2006. Mallilaskelmia maataloudesta 2006. ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. Kurikka: Painotalo Casper.

Hagström, M., Vartiainen & E., Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys. Loppuraportti 2005 verkkojulkaisuna. Viitattu 14.12.2006. http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2006/siirto/trm2006_1_Biokaasun%20maatilatuotannon%20kannattavuusselvitys_julkinen.pdf.

Hakuopas 2006. Maa- ja metsätalousministeriö. Joensuu: PunaMusta.

Kalmari, E. 2006. Metener Oy. Suullinen tiedoksianto 20.12.2006.

Karunen, L. 2006. Biokaasun tuotantomahdollisuudet eläinten lannasta Pohjoisen Keski-Suomen alueella. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma.

Kevätrypsin ja –rapsin viljelytekniikka. 2005. Viitattu 13.12.2006. <http://www.agronet.fi/rypsi2000/viljelytekniikka.htm>.

Maa- ja metsätalousministeriön tiedote, 07321 energiat. 21.3.2007 Viitattu 7.4.2007. http://www.mmm.fi/fi/index/ministerio/tiedotteet/070321_energiat.html

Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. Tieto tuottamaan 115. Toim. Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J. & Teräväinen, H. 2006. ProAgria Maaseutukeskusten liitto. Keuruu: Kirjapaino Otava.

Pahkala, K., Isolahti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A-M., Peltonen, M., Sahramaa, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E. & Flyktman, E. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. MTT:n verkkojulkaisu 2005. Viitattu 18.12.2006. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met1b.pdf>.

Palmroth, A. & Kalmari, E. 2005. Biojätteiden ja peltobiomassojen arvon lisäys. Äänekosken seutukunnan biokaasuliiketoimintakonsepti. Viitattu 21.12.2006. <http://www.atk.fi/materiaali/Biokaasu.pdf>

Peltokasvilajikkeet 2004. Tieto tuottamaan 105. Toim. Kangas, A. & Teräväinen, H. ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. Keuruu: Kirjapaino Otava.

Rypsin ja rapsin energian käyttö tilalla energiakasvituki- ja non food –velvoitekesantojärjestelmässä. Ohjeet viljelijöille 2006. Maa- ja metsätalousministeriö. Viitattu 13.12.2006.

[Http://www.mmm.fi/attachments/5haWWRrWp/5hSMmlQYh/Files/CurrentFile/Biiorypsiohje.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/5haWWRrWp/5hSMmlQYh/Files/CurrentFile/Biiorypsiohje.pdf)

Sankari, H. 1993. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit : kirjallisuuskatsaus

Sankari. Jokioinen : Maatalouden tutkimuskeskus, kasvintuotannon tutkimuslaitos, kasvinviljelyn tutkimusala.

Sauranen, T. 2006. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Bioenergiakeskus. Puhelinhaastattelu 19.12.2006.

Savolainen, P. 2006. Tarkastaja, Keski-Suomen TE-keskus. Vs: Energiakasvituista. Sähköpostiviesti 15.12.2006. Vastaanottaja S. Hämäläinen.

Solio, J. 2006. Preseco Oy. Suullinen tiedoksianto 19.12.2006.

Uusisalo, J. 2006. Suullinen tiedoksianto 15.12.2006.

Vesterinen, T., Laitinen A. & Sironen J. 2006. Ruokohelven tuorekorjuun tekniikka ja talous. Esiselvitys. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti.