

ENERGIANKÄYTTÖ SEKÄ UUSIUTUVIEN ENERGIAMUOTOJEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIALI SUOMALAISILLA MAATILOILLA

Esiselvitys



**MTT
Ympäristöntutkimus**

**Hanna Virtanen
Rabbe Thun**

15.8.2005

Kannen kuva: Oiva Hakala 2002

TIIVISTELMÄ

Suomessa maatalouden osuus energian kulutuksesta on melko marginaalinen. Vaikka energian säästäminen maataloudessa on yhtä tärkeää kuin muillakin elinkeinotoiminnan alueilla, ei se vaikuta kovinkaan paljon koko maan energiankulutukseen. Kuitenkin maatalouden energiakysymykset kokonaisuudessaan ovat tärkeitä niin talouden kuin ympäristöpäästöjenkin näkökulmasta. Kun maatalouden kannattavuus on viime vuosien aikana laskenut huomattavasti, on myös energiahinnan vaikutus kannattavuuteen korostunut.

Energiakysymykset ovat maataloudessa tärkeitä niin bioenergian tuotannon kuin uusiutuvien energialähteiden käytön näkökulmasta. Maataloudessa syntyy sivutuotteina paljon raaka-ainetta, joita voidaan hyödyntää uusiutuvina energialuonnonvaroina ja samalla pienentää kasvihuonekaasupäästöjä. Toisaalta uudet tukijärjestelmät avaavat mahdollisuuksia energiakasvien laajamittaisempaan viljelyyn.

Maatilojen lämmitysratkaisuja on jo ohjattu määrätietoisesti niin, että yhä useammin lämmitykseen käytetään puuta tai haketta. Tilastojen mukaan noin 60-70 % maatiloista käyttävät lämmitykseen pääasiassa puuta ja joillakin alueilla puuenergian osuus on vieläkin korkeampi. Vaikka kehitys onkin ollut erittäin positiivista, maatiloilla on edelleen kotimaisen puuenergian käytön lisäämismahdollisuuksia.

Energiaa voidaan maatilalla rakennusten lämmityksen ohella säästää viljan kuivauksessa sekä työkonoiden polttoaineen kulutuksessa. Energiaa voidaan säästää myös viljelytekniikassa. Koneiden oikea mitoitus ja sopiva työleveys optimoivat käytettävän energian. Kevennetty muokkaus ja suorakylvö säästävät polttoainetta, kustannuksia ja viljelijän työaika.

Kotieläintaloudessa kulutetaan vielä suhteellisen paljon fossiilisia polttoaineita eläinsuojien lämmittämiseen ja lisäksi eri toimintoihin kulutetaan paljon sähköä. Sähkön kulutuksessa löytyy paljon säästökohteita erityisesti ilmastoinnin puolella ja lämmöntuotannossa erilaisia vaihtoehtoisia optioita uusiutuvien energiamuotojen käytölle. Erityisesti tulisi selvittää lannan hyötykäyttöä biokaasun muodossa.

Kokonaisuudessaan suurin potentiaali uusiutuvan energian käytön lisäämiselle suomalaisilla maatiloilla kuitenkin piilee peltoenergian tuotannossa. Ruokohelven lisäksi tulisi panostaa enemmän varoja biodieselin ja viljaetanolin tuotanto-edellytysten tutkimiseen. Uusiutuvista raaka-aineista tehdyillä neste- ja/tai kaasumaisilla polttoaineilla voisi teoriassa korvata hyvinkin suuren osuuden maatiloilla käytettävistä fossiilisista moottoripolttoaineista. Tärkeätä olisi myös tehdä tarkempaa maatilakohtaista selvitystä niin eri energiamuotojen käyttöpotentiaalista kuin energian säästöpotentiaalista.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 ENERGIANKÄYTTÖ SUOMALAISILLA MAATILOILLA	7
2.1 Maatilojen energiankäyttö tuotantosuunnittain	7
2.1.1 <u>Esimerkitilat</u>	8
2.1.2 <u>Maatilojen asuinrakennukset</u>	9
2.1.3 <u>Kasvinviljelytilat</u>	9
2.1.4 <u>Lypsykarjatilat</u>	12
2.1.5 <u>Sikatilat</u>	14
2.1.6 <u>Kananmunantuotanto</u>	16
2.1.7 <u>Broilerin kasvat</u>	17
3 MAATILOJEN UUSIUTUVIEN ENERGIAMUOTOJEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIALI	19
3.1 Puuenergia	19
3.1.1 <u>Metsähake</u>	20
3.1.2 <u>Pelletit ja briketit</u>	21
3.1.3 <u>Pilke</u>	22
3.2 Biokaasu	22
3.3 Peltobiomassa	25
3.3.1 <u>Ruokohelpi ja olki</u>	25
3.3.2 <u>Nestemäiset biopolttoaineet</u>	25
3.4 CHP-teknologia	27
3.5 Vesi-, aurinko- ja tuulivoima	28
3.6 Maalämpö	29
4 MAATILAT ENERGIAN TUOTTAJINA	31
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	32
6 KIRJALLISUUSVIITTEET	36

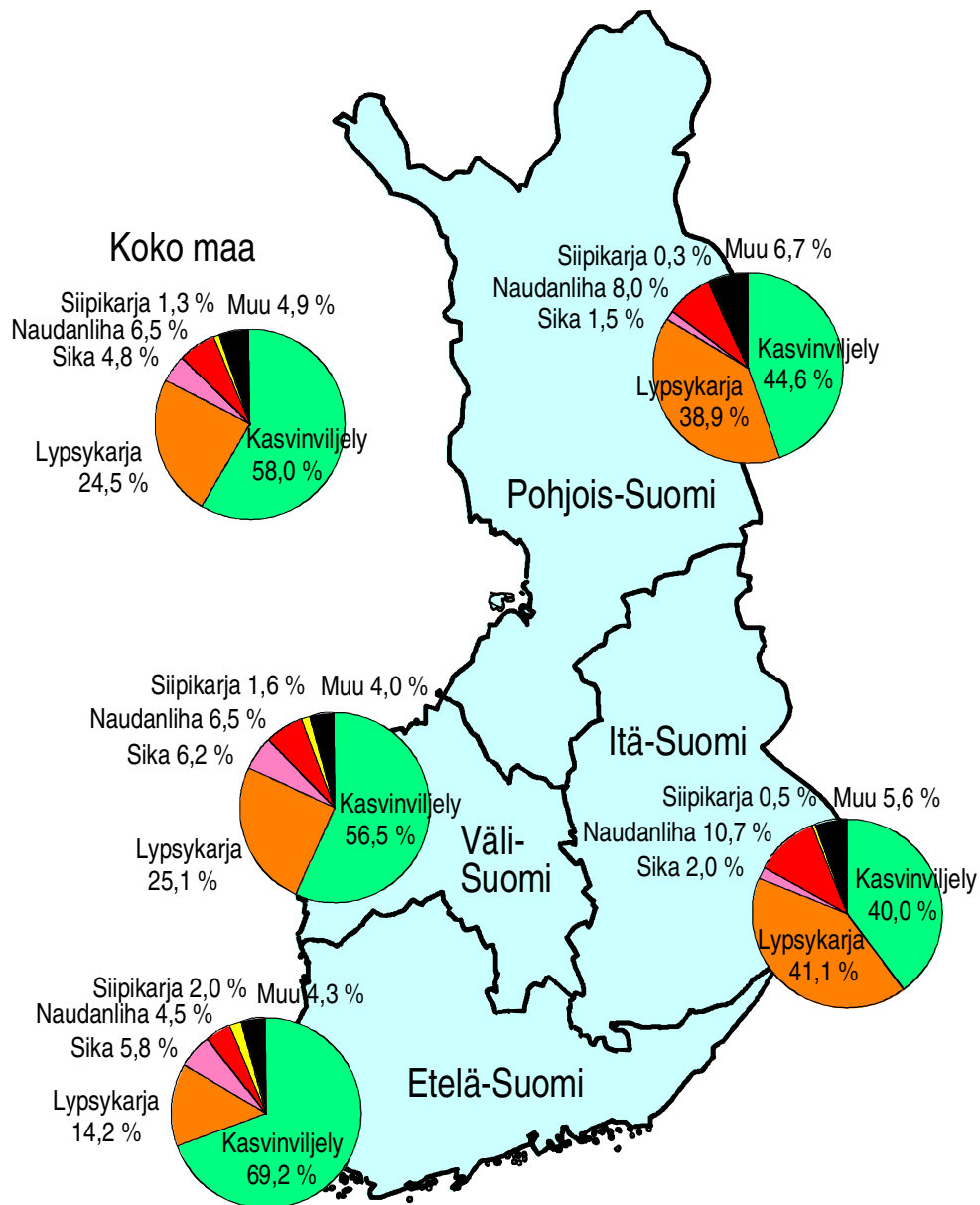
1 JOHDANTO

Tämän esiselvitystyön tavoitteena on kartoittaa energiankäyttöä, sen jakaumaa sekä uusiutuvien energiavarojen hyödyntämispotentiaalia suomalaisilla maatiloilla. Esiselvitystyö liittyy Motiva Oy:n 'Maatilojen energiaohjelman valmistelu' (MENO) –hankkeeseen.

Raportissa maatilan energiankäyttömuodoista tarkastellaan lämpöä, polttonesteitä sekä sähköä. Uusiutuvista energiamuodoista käsitellään puuenergiaa (metsähake, pelletit, brikitit sekä pilke), biokaasua, peltobiomassaa (ruokohelpi ja kasviöljypohjaiset biopolttoaineet), vesi-, aurinko- ja tuulivoimaa sekä maalämpöä. Epäsuora energiankulutus on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle, samoin kuin luonnonmukaisen tuotannon energiankulutus ja erilaiset kotieläintalouden pihatto- ja ulkokasvatusratkaisut. Myöskään kasvihuonetiloja tässä työssä ei tarkastella.

Suomessa on äskettäin julkaistu muutamia raportteja, joissa on tarkasteltu maaseudun ja maatalouden energiankäyttöä lähinnä uusiutuvien energiamuotojen kannalta (mm. *Huttunen, 2004; Nyholm & al., 2005* sekä *Rintamäki & Rouhunkoski, 2004*) sekä joitakin raportteja, joissa on tarkasteltu eri maatilatoimintojen ominaisenergiankulutusta ja ympäristöpäästöjä (mm. *Pipatti & al., 2003* ja *Puumala & Grönroos, 2004*). SYKEN julkaisussa kotieläintalouden parhaasta käytettävissä olevasta tekniikasta (*Mikkola & al., 2002*) on myös energiakysymyksiä sivuttu. Yksityiskohtaisempaa tietoa energiankäytöstä maatilatasolla on kuitenkin vaikeata löytää. Tässä esiselvityksessä on siten pyritty kartoittamaan **tilakohtaista energian kulutusta ja käyttökohteita eri tuotantosuuntien sisällä**. Tietoa on haettu niin kirjallisuudesta kuin tilakäynneilläkin. Tilakäynneillä haluttiin myös saada alustava käsitys siitä, kuinka hyvin maanviljelijät itse tuntevat tilansa energia-asiat.

Ennen EU-jäsenyyttä Suomessa oli yli 100 000 maatilaa, joiden keskikoko oli alle 23 hehtaaria. Vuonna 2004 Suomessa oli enää 71 000 maatilaa, joiden keskipinta-ala oli 31,5 hehtaaria. Näistä maatiloista 25 % (17 400 kpl) oli lypsykarjatiloihin, 5 % (3400 kpl) sianlihan tuotantoon erikoistuneita tiloihin, 6,5 % (4640 kpl) naudanlihantuotantoon erikoistuneita tiloihin ja 1 % (900 kpl) siipikarjatiloihin. Kasvinviljelytiloihin oli 41 200 kpl eli 58 % tukeista tiloista. Tilamäärä on siis EU-jäsenyyden aikana vähentynyt yli kolmen prosentin vuosivauhtia, kotieläintaloudessa vielä tätäkin nopeammin. Suhteellisesti eniten tilat ovat vähentyneet Itä-Suomessa ja vähiten Pohjois-Suomessa. Tilojen keskikoko on ns. aktiivitilojen osalta suurentunut 38 %, lähinnä peltoa vuokraamalla. Viljeltyä peltopinta-alaa (kesanto mukaan lukien) oli vuonna 2004 noin 2,2 milj. hehtaaria, ollen noin 7,3 % Suomen maapinta-alasta. (*Niemi & Ahlstedt, 2005*).



Kuva 1. Tuokea saaneiden tilojen tuotantosuuntajakauma vuonna 2004 (NUTS II mukaisen aluejaon suuralueet Uusimaa ja Ahvenanmaa on yhdistetty Etelä-Suomeen; MMM:n tukirekisteri, TIKE).

Tulevaisuudessa maataloustuotannon alueellisen keskittymisen odotetaan jatkuvan ja tilojen määrän vähenevän. Vuoteen 2016 mennessä tilojen määrän odotetaan puoliintuvan noin 39 000 tilaan. Jäljelle jäävien tilojen odotetaan panostavan uuteen teknologiaan ja mm. uusiutuvien energialähteiden osuuden oletetaan nousevan noin 30 prosenttiin. (Rikkonen, 2005). Näköpiirissä myös on, että moni tila siirtyy viljelemään energiakasveja viljan sijasta (MMM, 2004 sekä Mäkinen & al., 2005) ja, että tilat tulevat paremmin hyödyntämään maataloustoiminnassa syntyviä jätteitään omavaraiseen energiantuotantoon (Rintala, 2003).

2 ENERGIANKÄYTTÖ SUOMALAISILLA MAATILOILLA

Suomessa maaseudulla käytettiin 1900-luvun puoleen väliin saakka pääasiallisena energianlähteenä puuta. Tuontipolttoaineiden käyttö lisääntyi kuitenkin 1950-luvulla koko maassa. Syitä tähän oli monia: tuontipolttoaineet olivat suhteellisen edullisia ja puu alettiin nähdä teollisuuden raaka-aineena. Lisäksi etenkin nestemäisten polttoaineiden etuna oli helppokäyttöisyys, työvoimaa tarvittiin vähän ja polttoaineiden lämpöarvot olivat korkeita (*Massa & al., 1987*).

Sittemmin maatalouden tuotantorakenne Suomessa ja muissa länsimaissa on muuttunut yhä energiaintensiivisemmäksi ja satoa sekä eläintuotteita on ruvettu tuottamaan yhä suuremmilla panoksilla. Konetyö ja tuotantorakennusten lämmitys on pitkälti fossiilisten polttoaineiden varassa. Esimerkiksi vuonna 1989 maatalouden koneissa ja kuivureissa käytettiin kevyttä polttoöljyä 477 000 tonnia, kun vuonna 1970 sitä kulutettiin liki puolet vähemmän eli 250 000 tonnia. 1980-luvun lopulta lähtien kevyen polttoöljyn kulutus maataloudessa on kuitenkin ollut laskussa ja nykykäyttö on suurusluokaltaan 1970-luvun puolen välin käyttömääriä. Koko maa- ja metsätaloussektorilla energian loppukulutus oli vuonna 2003 Suomessa 27 197 TJ, josta 20 790 TJ (76 %) oli tuotettu öljytuotteilla. Loppukulutuksesta 4800 TJ (18 %) oli tuotettu puulla. (*Tilastokeskus, 2004*).

Fossiilisten polttoaineiden käyttö on nykyään kuitenkin suurennuslasin alla kahdestakin syystä: Toisaalta siksi, että fossiiliset polttoaineet tiedetään rajalliseksi luonnonvaraksi ja toisaalta siksi, että niiden käytöstä syntyy päästönä kasvihuoneilmiötä kiihdyttävää hiilidioksidia. Ympäristönsuojelun näkökulmasta fossiilisten polttoaineiden käyttöä tulisikin pyrkiä pienentämään. Myös maatalouden omavaraisuuden, huoltovarmuuden sekä maaseudun elinvoimaisuuden näkökulmasta maatilojen energiahuollossa tulisi suosia kotimaisia polttoaineita ja energialähteitä.

2.1 Maatilojen energiankäyttö tuotantosuunnittain

Maatiloilla energiaa tarvitaan asuin-, kotieläin- ja muiden tuotantorakennusten lämmittämiseen ja ylläpitoon, viljan ja rehun kuivaamiseen, peltotyöhön sekä muuhun tuotantoa tukevaan työhön kuten kasteluun, lypsykoneisiin, ilmastointiin, jäädytyslaitteisiin, ruokintalaitteisiin sekä lannanpoistojärjestelmiin.

Makrotasolla tarkasteltuna kuivureissa ja maatalouskoneissa Suomessa käytettiin kevyttä polttoöljyä vuonna 2002 yhteensä 317 000 t (13 % kokonaisymyynnistä) ja raskasta polttoöljyä yhteensä 53 000 t (3 % kokonaisymyynnistä). Metsätraktoreissa ja muissa metsäkoneissa kevyttä polttoöljyä käytettiin 91 000 t. Sähköä maataloustuotannossa vuonna 2003 käytettiin 860 GWh, joka oli noin yksi prosentti kokonaiskulutuksesta. Kaiken kaikkiaan energiankulutus maa- ja metsätaloudessa vuonna 2003 jakautuu seuraavasti (*Tilastokeskus, 2004*):

Taulukko 1. Maa- ja metsätalouden energiankulutus Suomessa vuosina 2002 ja 2003
(Tilastokeskus, 2004).

	Kevyt polttoöljy	Raskas polttoöljy	Moottori-bensiini	Maakaasu	Puun pienkäyttö ¹	Muut ¹	Yhteensä, TJ
2002	18 610	2 210	546	580	4 700	500	27 146
2003	18 650	2 140	547	540	4 800	520	27 197

Maatilatasolla energiankulutuksesta on vähän tilastoitua tietoa. Viime vuosina on kuitenkin tehty joitakin alueellisia kyselytutkimuksia, joissa maatalojen energian käyttöä ja energialähteitä on pyritty kartoittamaan (katso luku 3.1). Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalla toteutetussa kyselyssä pyydettiin vastaajia arvioimaan omaa sähkönkulutustaan. Vastanneista 93 tilasta 68 tilaa oli arvioinut sähkönkulutustaan. Tilat jaettiin kuuteen luokkaan sähkönkulutuksen perusteella: < 5000 kWh; 5000 – 10 000 kWh; 10 000 – 20 000 kWh; 20 000 – 40 000 kWh; 40 000 – 80 000 kWh sekä > 80 000 kWh vuodessa. Tiloista suurin osa (32 %) sijoittui keskimmaiseen luokkaan 10 000 – 20 000 kWh/a. Ensimmäiseen luokkaan sijoittui 17 % ja toiseen 20 % tiloista. Loput 30 % tiloista käytti enemmän kuin 20 000 kWh vuodessa. Omaa sähköntuotantoa ei ollut yhdelläkään tilalla. Varsinaista asuinrakennuksen lämmitykseen kulunutta sähköä ei tuloksia analysoidessa pystytty erottelamaan (Rintamäki & Rouhunkoski, 2004).

Myös toisen Keski-Suomessa tehdyn alueellisen selvityksen perusteella suurin osa tiloista, yli 35 % vastanneista, kulutti sähköä 10 000 – 20 000 kWh/a. Kaiken kaikkiaan noin neljä viidesosaa vastanneista tiloista kulutti yli 5 000 kWh mutta alle 80 000 kWh sähköä vuodessa (Huttunen, 2003). Hajonta on siis melko suuri ja suomalaista maataloutta kuvaakin nykyään toiminnan skaala pienistä perheviljelmistä suuriin, EU-ajan tuotantoyksiköihin.

Eläintaloudessa suuria sähkönkulutuskohteita ovat ilmastointi ja valaistus. Karjasuojan sisäilman laadulla on suuri merkitys eläinten ja työntekijöiden hyvinvointiin, joten lantakaasujen muodostuminen kannattaisi minimoida jo karjasuojassa. Tähän voidaan vaikuttaa jo tuotantorakennusten suunnitteluvaiheessa mitoittamalla rakennukset ja eri alueet rakennuksessa oikein (MMM, 2001). Ilmanvaihtoa tehostamalla sisäilman laatu paranee, mutta se lisää oleellisesti energian kulutusta. Ilmanvaihdon energiankulutusta voidaan kuitenkin vähentää mitoittamalla ja säätämällä ilmanvaihtojärjestelmä oikein ja käyttämällä laitteita, joiden ominaisenergiankulutus on pieni (Mikkola & al., 2002).

2.1.1 Esimerkkitalat

Esiselvityksen aikana käytiin haastattelemassa eri tuotantosuuntia edustavien tilojen omistajia. Näiden tilakäyntien ensisijaisena tavoitteena oli saada todellista kuvaa siitä, paljonko ja missä muodossa energiaa maataloilla käytetään. Tilakäyntien toisena tavoitteena oli muodostaa käsitys siitä, kuinka paljon viljelijät kiinnittävät huomiota tilansa energianhuoltoon ja toisaalta, missä määrin he ovat tietoisia energian kulutuskohteista tilan sisällä.

Esimerkkitalat sijaitsevat Etelä-Suomessa ja kooltaan ne edustavat hivenen keskimääräistä isompaa tilakokoa, suurta sika-tilaa lukuun ottamatta, joka on esimerkki uudentyypisistä, mittavan kokoluokan kotieläinyksiköistä EU-Suomessa.

¹ Käyttö vain maatalousrakennusten lämmityksessä. Muiden energialähteiden kohdalla lämmitys ei sisälly lukuihin.

Kaikilla esimerkkituloilla oli koko tilan energiankulutus kohtalaisen hyvin tiedossa. Kevyen polttoöljyn sekä sähkön kulutus voitiin tarkistaa sähkö- ja öljylaskuista. Vaikka sähkönkulutus oli helppo tarkistaa laskusta, tuntui se kuitenkin olevan tiloilla se energiamuoto, jonka kulutus tiedettiin kaikkein huonoimmin.

Tarkempia kulutuskohteita sähkölle oli tiloilla vaikeampi erotella. Saman mittarin takana oli usein sekä asuinrakennus että tuotantotilat. Esimerkiksi kuivurin sähkönkulutusta voitiin haarukoida vain taulukkoarvojen avulla. Myös lannan tuotantoa arvioitiin virkamiesten asettamien taulukkoarvojen perusteella, tai taulukkoarvoihin perustuvan lantalan koon perusteella.

Öljylaskut muistettiin usein ulkoa euromääräisinä, josta öljyn litrahinnan avulla laskettiin kulutus. Öljynkulutus myös käyttökohteittain oli tiloilla hyvin tiedossa. Se, että tarkistettiinkö öljynkulutus taulukkoarvoista, vai muistettiinkö tilatankin täytöt ulkoa, jäi epäselväksi.

Puuenergian kulutus oli isännillä erityisen hyvin tiedossa. Tämä ehkä siksi, että puutalokista on muodostunut rutiini, joka liittyy kiinteästi vuodenkiertoon ja toisaalta siksi, että puuenergialla on maaseudulla hyvin pitkät perinteet.

2.1.2 Maatilojen asuinrakennukset

Maatilojen asuinrakennuksissa yleisin lämmitysmuoto on puulämmitys (68 % tiloista) ja seuraavaksi suosituin öljylämmitys (17 % maatiloista). Sähkölämmitys on 13 %:lla tiloista (*Solmio & Valkonen, 2002*). MMM:n rakentamismääräysten ja ohjeiden mukaan maatilakiinteistöjen lämmityksessä on pyrittävä uusiutuvien energialähteiden ja ensisijaisesti tilan omien polttoaineiden käyttöön. Investoinneissa on pyrittävä taloudellisiin, tekniikaltaan yksinkertaisiin ja käyttövarmoin ratkaisuihin. Jos vuotuinen energiantarve on pieni, ei laitteiston hyötysuhteella tai lämpöenergian hinnalla ole yhtä suurta merkitystä kuin hankintakustannuksilla. Kotieläin- tai muun tuotantorakennuksen lämmityksen yhdistäminen maatilalan asuinrakennuksen lämpökeskukseen voi olla tarkoituksenmukaista, jos tarvittava lämpömäärä on huomattava (MMM, 1998).

Esimerkkituloilla, joilla vierailtiin, vuotuinen energiankulutus 100 – 450 m²:n kokoisten asuinrakennusten lämmitykseen vaihteli 10 – 100 m³:iin pilkettä ja 2 - 4 m³:iin polttoöljyä, sähkönkulutuksen vaihdeltaessa 6 300 - 10 000 kWh:iin. Asuinpinta-alaa kohden energiankulutus, mukaan lukien valaistus, oli 160 – 300 kWh/m². Luvut vastaavat hyvin MMM:n ohjeellisia energiankulutusarvoja, jotka ovat 7 – 44 MWh/a 100 – 200 m²:n suuruisille kiinteistöille Etelä-Suomessa (*MMM, 1988*).

2.1.3 Kasvinviljelytilat

Kasvinviljelytilalla suoraa energiaa tarvitaan lähinnä peltotyöhön, johon sisältyy maanmuokkaus, kylvö, lannoitus, kalkitseminen, kasvinsuojelu, leikkuupuinti, paalaus, kuljetukset, kuormaukset ja muu viljan ym. käsittely. Lisäksi energiaa tarvitaan pellon keinokasteluun sekä sadon kuivaukseen (*Dalgaard & al., 2001*).

Peltotyö

Peltotyön osuus tilan energiankulutuksesta korostuu viljailuilla. Esimerkiksi kevätohran viljelyssä peltotyö jakautuu seuraavasti: syksyllä pelto kynnetään, seuraavana keväänä pelto äestetään, yleensä kahdesti. Tämän jälkeen siemenet ja keinolannoitteet levitetään pellolle, joko yhdessä ns. kylvölannoittimen avulla, tai erikseen. Kylvön jälkeen pelto saatetaan jyrätä kosteuden säilyttämiseksi maassa.

Kesän aikana ohra ruiskutetaan kasvinsuojeluaineilla. Syksyllä ohra puidaan, ja mahdollisesti oljet paalataan (*Palonen & Oksanen, 1993*).

Syysviljoilla ns. kevätyöt tehdään jo syksyllä ja keväällä pelto lannoitetaan uudelleen. Syysviljat lannoitetaan kevätiljoihin verrattuna yhden kerran enemmän, mutta toisaalta syksyllä ei tarvitse peltoa jyrätä kylvön jälkeen. (*Palonen & Oksanen, 1993*).

Palosen ja Oksasen mukaan (1993) polttoaineen kulutus peltotyössä viljakasveilla jakautuu seuraavasti:

Taulukko 2. Polttoaineenkulutus viljanviljelyssä toiminnoittain (*Palonen & Oksanen, 1993*).

Toiminto	Traktorin teho, kW	Kapasiteetti, h/ha	Polttoaine, l/ha
Kyntö	45 – 100	1,5 – 3,3	20,2 – 31,6
Äestys	35 – 85	0,3 – 0,6	4,5 – 6,1
Jyräys, kultivointi	45 – 80	0,2 - 4,1	0,8 – 26,3
Kylvö	45 – 65	0,5 – 1,4	3,3 – 22,0
Kasvinsuojelu	45 – 55	0,4	1,8
Lannoitus	45	0,4 – 0,6	1,6 – 2,5
Puinti	50 – 100	0,9 – 1,4	12,6 – 15,8
Paalaus	45 – 55	0,6 – 0,9	2,9 – 4,7

Tämän lisäksi polttoainetta kuluu sadon kuljetukseen ja lastaukseen.

Suureen suosioon tullut suorakylvö vähentää peltotyötä huomattavasti. Suorakylvössä kasvusto perustuu edellisen kasvin sänkeen ilman, että maata muokataan välillä. Tämän suppean esiselvityksen puitteissa ei kuitenkaan ole ollut mahdollista tarkastella suorakylvön energiankulutusta tarkemmin.

Urakointi

Vuonna 2003 maatalouden ohella muuta yritystoimintaa harjoitettiin 32 %:lla tiloista. Näistä monialaisten maatilojen yrityksistä 45 % perustui koneurakointiin (*Niemi & Ahlstedt, 2005*). Tilatasolla urakointi muuttaa siis tilan omaa energiankulutusta peltoviljelyssä joko energiankulutusta lisääntyvästi tai vähentyvästi. Tilakokojen kasvaessa urakoinnin osuus tulee lisääntymään.

Viljankuivaus

Suomessa viljan puintikosteus on pääsääntöisesti niin korkea, että vilja on kuivattava sen säilyvyyden takaamiseksi. Suomalaisen toimintatavan mukaisesti viljaa ei myydä puintituoreena edelleen, vaan vastuu viljan kuivaamisesta on tuottajalla. Vaikka suurin osa viljasta menee tuotantoeläinten rehuksi, eivät vaihtoehtoiset säilöntämenetelmät, kuten esimerkiksi viljan tuoresäilöntä, ole saaneet kannatusta. Näin ollen vilja kuivataan useimmiten siilotyyppisissä lämminilmakuivaamoissa. (Suomi & al., 2003). Polttoaineena lämminilmakuivureissa on lähes aina öljy (MMM, 2001b).

Kuivurin lämmönkulutus riippuu kuivattavasta viljamäärästä sekä viljan kosteudesta. Kuivausilman lämpötilalla on olennaisin merkitys kuivausprosessissa (Peltola, 1997). Suomessa kuivausilman lämpötila on pidetty maksimissaan 80 °C paloturvallisuuden vuoksi, mutta ulkomailla lämpötilat ovat olleet jopa 160 – 170 °C. Maa- ja metsätalousministeriön tuettavaa rakentamista koskevissa rakentamismääräyksissä ja -ohjeissa kuivausilman lämpötilan tulisi olla 50 - 70 °C (MMM, 2001a). Kuivausilman liian korkea lämpötila voi kuitenkin alentaa viljan itävyyttä ja heikentää leipä- ja siemenviljan sekä mallasohran laatua. (Suomi & al., 2003).

Työtehoseuran 1980-luvulla tehtyjen mittausten mukaan eteläsuomalaiset lämminilmakuivurit kuluttavat öljyä 141 g haihdutettua vesikiloa kohti, kun viljan lähtökosteus on 20 – 24 % ja 164 g vesikiloa kohti kun lähtökosteus on 15 – 19 % (Suomi & al., 2003).

Suomalaisella maatilalla tehdyt mittaukset osoittavat kuitenkin, että viljan kuivaaminen 30 °C tavanomaista korkeammassa lämpötilassa vähentää kuivurin polttoaineenkulutusta 10 – 15 % sekä lisää kuivauskapasiteettia 7 %. Varsinkin rehuviljan kuivauksessa kuivauksen energiankulutusta voitaisiin vähentää korkeampia lämpötiloja käyttämällä, koska rehuvilja ei ole niin herkkä kuumen kuivausilman aiheuttamille vaurioille. Toisaalta kuivausilman nostaminen yli 80°C:een vähentää paloturvallisuutta ja siten vaatii konsultointia palotarkastajan ja vakuutusyhtiön kanssa. Paloturvallisuuden edistämiseksi myös pölyn leviäminen uunin lämmönvaihtopinnoille tulisi minimoida poistoilmapuhaltimia käyttämällä (Suomi & al., 2003). Myös Peltolan (1989) mukaan kuivausilman lämpötilaa nostamalla 10 – 15 % kuivauksen energiankulutus voi pienentyä noin 5 %. Toisaalta tämäntyyppinen muutos saattaa tulla taloudelliseksi kannattavaksi vasta silloin, kun kuivuriuuni tai koko kuivaamo vaihdetaan uuteen. (Suomi & al., 2003).

Polttoaineen lisäksi kuivurissa tarvitaan myös sähköä. Sähköä kuluu öljynpolttimen lisäksi myös kuivaamon kiinteissä laitteissa, joita ovat mm. kuljettimet, esipuhdistin, puhallin, savukaasumuri, pölynimuri ja valaistus. (MMM, 2001b).

Esimerkkitala

Lounais-Suomessa sijaitsevalla viljatilalla energiaa käytetään lähinnä hakkeen, kevyen polttoöljyn ja sähköän muodossa. Tilalla on 112 hehtaaria peltoa ja 50 hehtaaria metsää. Konekantaan kuuluu mm. kuusi traktoria, puimuri sekä lisäksi kahdet 'puhalluskärryt' kylmäilmakuivausta varten. Puhalluskärryt on alun perin hankittu siemenviljan kuivaukseen. Tilalla on myös kaksi kuivuria, joiden yhteistilavuus on 380 hehtolitraa. Lisäksi tilalla on kylmää konehallitilaa.

Kevyttä polttoöljyä tilalla kuluu 18 000 l vuodessa, josta viljan kuivaamiseen kuluu 11 000 l. Loput 7 000 l kuluvat traktoreissa ja puimurissa. Tilalla käy suorakylvöurakoitsija ja tilan pelloista jo noin 40 % on suorakylvön piirissä. Isännän arvion mukaan siinä vaiheessa, kun tilan kaikki pellot ovat suorakylvössä,

peltotyöhön kuuluva polttoöljy on puolet siitä, mitä se oli ennen suorakylvöön siirtymistä.

Sähköä tilalla kuluu lähinnä asuinrakennuksessa ja kuivureissa. Asuinrakennuksessa ja pihapiirissä kuluu vuosittain sähköä 8 400 kWh. Tästä sähköstä osa kuluu myös maataloudessa konehallissa, viljelijän arvion mukaan noin neljännes. Kuivureissa sähköä kuluu noin 9 500 kWh/v.

Asuinrakennus lämmitetään hakkeella. Tilalla on uudehko, kuusi vuotta toiminnassa ollut lämpökeskus, joka asuinrakennuksen lisäksi lämmittää vanhaa navettaa. Lämmitettävää tilaa on noin 450 m². Navetassa pidetään ainoastaan peruslämpö. Hake on omasta metsästä tulevaa hakkuutähdettä, jota kuivataan puhalluskärryillä ennen juhannusta ja poltetaan marras-huhtikuussa. Itse haketuksen tekee urakoitsija. Muuna kuin talvisaikaan lämpökeskuksessa poltetaan pilkettä veden lämmittämiseksi. Haketta kuluu kaksi isoa ja kolme pientä peräkärryllistä talvessa (noin 100 m³/v).

Tilalla ei synny hyödynnettävää biomassaa yli oman tarpeen: oljet kynnetään maahan ja hakkuutähde käytetään itse hyväksi. Energiankulutushuiput ovat syksyllä viljankuivaus sekä talvella asuinrakennuksen lämmitys.

2.1.4 Lypsykarjatilat

Nautakarjatilalla energiamenekki on viljatilalla tyypinen peltoviljelyn osalta, mutta tämän lisäksi nautakarjatilalla on navetassa runsaasti energiaa vaativaa konekantaa. Rakenneratkaisunsa perusteella maidontuotantonavetat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, parsinavettoihin ja pihattoihin. Suomessa oli vuonna 2000 tuotantokäytössä 21 500 navettaa, joista vajaat 20 000 oli parsinavettoja, runsaat 2 000 lämminpihattoja ja alle 200 kylmäpihattoja. Tilakokoluokittain jaoteltuna pienimmän kokoluokan tiloilla lehmät ovat joko parsinavetassa tai pihatossa. Suuremmissa kokoluokissa lypsylehmät ovat pihatossa. Koska kylmien pihattojen osuus tuotantorakennuksista on huomattavan pieni, niitä ei tässä selvityksessä oteta huomioon. Parsinavetoissa lanta käsitellään usein kuivalantana, kun taas pihatossa lietelantajärjestelmä on yleisin (SYKE, 2004).

Naudanlihan tuotannossa käytettävät tilat jaetaan kylmiin ja lämpimiin kasvattamoihin. Kylmäkasvattamoissa käytetään täys- tai osakuivikepohjaa, joissa kummassakin vaihtoehdossa lanta käsitellään kuivalantana. Lämpimissä kasvattamoissa järjestelmät ovat myös täys- tai osakuivikepohjia, mutta osakuivikepohjien kohdalla karsinan alasta noin 40 % on rakolattiaa, jossa lanta polkeutuu raoista ritiläpalkkien alle ja kulkeutuu lietelantana säiliöön. Jälkimmäisissä lantaa käsitellään siten sekä kuivana että lietteenä (SYKE, 2004).

Maidontuotannossa esikuivatun säilörehun osuus on kasvattanut suosiotaan verrattuna tuoreeseen säilörehuun. Myös pyöröpaalaus on lisääntynyt. ProAgria Maaseutukeskusten liiton mukaan kolmannes rehusta on tuoretta, kolmannes kääritään paaliin ja kolmannes tehdään muuten esikuivatuna. Eri korjuumenetelmien välille ei ole saatu merkitseviä kustannuseroja. Paalirehun hinnanero irtokorjattuun verrattuna on käytännössä muovikustannuksen suuruinen. Pyöröpaalauksessa käytettävän muovin asianmukaisesta talteenotosta ja jatkokäsittelystä on arvioitu aiheutuvan lisäkustannuksia noin 0,16 euroa/kg (SYKE, 2004).

Palosen & Oksasen (1993) mukaan nurmirehun korjuu kuluttaa polttoainetta seuraavasti:

Taulukko 3. Polttoaineen kulutus nurmirehun korjuussa (Palonen & Oksanen, 1993).

Toiminto	Traktorin teho, kW	Kapasiteetti, h/ha	Polttoaine, l/ha
Heinän niitto	35 - 45	1,2 – 1,6	7,1 – 7,5
Heinän pöyhintä	45	0,6 – 0,7	2,2 – 2,5
Heinän paalaus	45 - 55	0,7 – 0,9	4,0 – 5,4
Säilörehun niitto ja lastaus	45 - 55	2,2 – 2,5	23,5 – 36,5

Grönroosin ja Voutilaisen tekemien laskelmien mukaan navetassa kuluu arviolta 0,08 – 0,12 kWh sähköä tuotettua raakamaitokiloa kohti (Grönroos, J. & Voutilainen, P., 2001).

Esimerkkitali

Lounaisessa Suomessa sijaitseva lypsykarjatila on 45 peltohehtaarin kokoinen tila, jossa karjaa on 28 lypsävän ja 36 nuorkarjasonnin verran. Omaa metsää on kolme hehtaaria. Pellostaa 33 hehtaaria on viljanviljelyssä ja loput 12 hehtaaria nurmella. Navetta jakautuu kahteen osaan: lypsykarjapuoleen (318 m²) sekä nuorkarjapuoleen (120 m²). Viljaa viljellään myös myyntiin. Tilalla on 110 hehtolitrin kuivaamo vuokralla. Lisäksi traktoreita on neljä ja puimureita yksi.

Kevyttä polttoöljyä tilalla kuluu kuivurissa ja maataloustraktoreissa. Kuivuri kuluttaa keskimäärin 4000 l polttoöljyä vuodessa, mutta puintikosteudesta ja sadoista riippuen kuivurin tarvitsema öljymäärä voi viljelijän mukaan vaihdella jopa 2 000 – 8 000 l. Tuntitasolla kuivurin öljynkulutus on maksimissaan 25 l/h. Traktoreissa ja puimurissa kevyttä polttoöljyä käytetään vuositasolla noin 8 000 l. Tähän kuuluu oman peltotyön lisäksi myös urakointia (mm. teiden linkousta). Viljelijän arvion mukaan urakoinnin osuus polttoöljyn kulutuksesta olisi noin puolet.

Tuntitasolla tarkasteltuna viljelijä arvioi, että kevyttä polttoöljyä kuluu muokkauksessa noin 20 l/h ja puinnissa 10 l/h. Nurmea niitettäessä öljyä kuluu noin 15 l/h.

Sähköä tilalla kulutetaan noin 34 000 kWh vuodessa, josta suurin osa menee navetassa. Eläintä kohti sähkönkulutus on 422 kWh/a. Viljelijä ei kuitenkaan osannut tarkemmin erotella asuinrakennuksen osuutta sähkönkulutuksesta. Sähköä kuluu navetassa eniten vedenlämmitykseen (lypsykoneen pesuvesi ja muu pesuvesi sekä vasikoiden juottovesi), lypsykoneeseen ja sen pesuun sekä maidon jäähdytykseen tankissa. Lisäksi navetassa tarvitaan sähköä lähinnä ilmastointiin, valaistukseen ja lantakoneeseen. Myös pihan ja kylmien konehallien valaistukseen sähköä käytetään jonkin verran. Vuokrakuivurin käyttöön kuluu sähköä vuositasolla 3000 kWh. Kylminä talvina voidaan tuottaa sähköllä lisälämpöä maito huoneeseen. Navettarakennuksia ei lämmitetä, koska lehmät luovuttavat lämpöä sisäilmaan.

Tilan asuinrakennusta lämmitetään keskuslämmityksellä puoliiksi puilla ja puoliiksi öljyllä. Pilkettä kuluu noin 10 m³ talvessa, öljyä noin 1800 l. Puu ostetaan tilan ulkopuolelta ja pilketyö tehdään itse.

Energiankulutushuiput ovat syksyllä kuivausajana. Navetassa ei kulutushuippuja ole: talvella vettä ja mahdollisesti maito huonetta joudutaan lämmittämään enemmän, mutta vastaavasti kesällä maitoa joudutaan jäähdyttämään enemmän ja ilmastointia pitämään kovemmalla.

Tilalla syntyy kuivalantaa noin 500 m³, joka käytetään lannoitteena pellolla. Oljista osa kynnetään peltoon ja osa tuodaan navettaan kuivikkeeksi. Metsästä tulee jonkin verran rankaa, mutta sekin hyödynnetään itse. Varsinainen energianhyödyntämispotentiaali olisi lannassa, mutta biokaasun talteenotto kuivalannasta on lietalantaan verrattuna vaikeampaa (Rintala, 2002). Lisäksi tilalla syntyy jätteenä rehupaalimuovia, josta voitaisiin saada energia talteen.

Viljelijä arvioi, että tilan energiankulutus pysyy tulevaisuudessa suunnilleen samana. Uusiin energiaratkaisuihin investoiminen ei viljelijän mukaan juuri kannata, koska investointiin liittyvän konsultointityön kalleus syö investoinnin kannattavuutta investointituista huolimatta.

2.1.5 Sikatilat

Sianlihan tuotanto voidaan jakaa porsastuotantoon ja lihantuotantoon. Porsastuotannossa emakoita porsitetaan lihasikojen saamiseksi ja lihantuotannossa lihasikoja kasvatetaan teuraksi. Porsas- ja lihantuotantoa voidaan harjoittaa yhdessä tai erikseen.

Sikalat rakennetaan yleensä betonirakenteisena ja niitä lämmitetään. Eri eläinryhmillä on omanlaisensa lämpötila- ym. olosuhdetarpeet, joten tuotantorakennuksessa tarvitaan eri osastot porsitukseen, porsaiden ja lihasikojen kasvatukseen, astutettaville ja tiineille emakoille sekä siitossioille. Porsitussikalassa peruslämpö tuotetaan keskuslämmityksellä, putkipattereiden sijoituessa seinille. Porsituskarjassa käytetään lattialämmitystä. Yleisvalaistus on 100 luksia, mutta porsitus- ja astutusosastoilla valaistukseksi tarvitaan 300 – 400 luksia emakoiden tiinehtyvyyden takaamiseksi. Yleisin lantajärjestelmä sikaloissa on lietalantajärjestelmä ja yleisin ilmanvaihtojärjestelmä alipaineilmanvaihto. (Mikkola & al., 2002). Vaihdeettavat ilmamäärät ovat suuria. Lämmön talteenotto ei ole yleisesti käytössä, joskin sitäkin käytetään. Myös tuloilman esilämmitystä käytetään esim. ottamalla tuloilma välikaton kautta tai lattian alta (SYKE, 2004).

Suomessa on pariin sikalaan rakennettu hollantilainen ilmanvaihtoratkaisu, jossa ilma otetaan sisään esilämmitettynä rakenteiden alta. Sisään tuleva ilma ei sekoitu sikalassa jo olevaan ilmaan yhtä paljon kuin perinteisissä ratkaisuissa, vaan ohjautuu suoraan eläinten käytettäväksi. Kesäaikana maaperä ja rakenteet toimivat ilman jäähdyttäjinä. Näin ollen kokonaisilmamäärät pienenevät tavanomaisiin ratkaisuihin verrattuna. Laitetoimittajien arvioiden mukaan ilmamäärät ovat noin 30 % pienemmät kuin tavallisessa ratkaisussa ja hajupäästöt 30 – 50 % pienemmät normaalipäästöön verrattuna. Hajureduktioon vaikuttaa vielä osarakarsinan kupera lattia, joka pysyy tavallista paremmin puhtaana. Hollantilaisen arvion mukaan järjestelmän energiakulutus on 25 - 50 % pienempi kuin tavanomaisen ilmanvaihdon (SYKE, 2004).

Sikojen yleisin ruokinta-automaatti on liemiruokkija. Liemiruokkijassa rehut sekoitetaan sekoitussäiliössä veteen ja jaetaan putkistoa pitkin eläimille. (Mikkola & al., 2002).

MTT:n tekemässä tutkimuksessa on selvitetty joulukinkun tuotannon ekologista selkäreppua, jolloin on myös arvioitu sikaloiden energiankulutusta. Tavanomaisen sikalan kokonaisenergiankulutukseksi on saatu 710 GJ/v., josta 55% on lämmityksen osuus, 20% rakentamisen osuus ja loput (25%) muihin toimintoihin tarvittava energia (Aro-Heinilä, 2002)

Esimerkkitala

Etelä-Suomessa sijaitseva, vuoden toiminnassa ollut 3 300 lihasian sikala on esimerkki yhä suurentuvista maatalouden tuotantoyksiköistä Suomessa. Tilalla on peltoalaa vuokrateltoineen yhteensä 240 hehtaaria sekä tämän lisäksi 70 hehtaaria metsää. Pelloilla viljellään rehuviljaa sioille sekä vehnää. Tilan konekantaan kuuluu kolme traktoria, puimuri sekä kaksi kuivuria, joiden yhteistilavuus on 535 hehtolitraa. Sianlihan tuotannon lisäksi tilan isäntä tekee muille tiloille koneurakointia (kasvinsuojeluruiskutuksia, puintia ja maanmuokkausta) sekä viljelysuunnitelmia.

Tilan nykyinen asuinrakennus on pinta-alaltaan noin 100 m². Asuinrakennusta lämmitetään sähköllä sekä puulla. Sähköä kuluu talon lämmitykseen noin 6 000 kWh vuodessa, puuta käytetään pilkkeenä noin 16 m³ vuodessa. Pilke poltetaan leivinuunissa ja kakluunissa ja sitä tuotetaan omasta metsästä. Tämän lisäksi asuinrakennuksessa kulutetaan sähköä 3000 – 4000 kWh valaistukseen, ruoanlaittoon yms. Tilalla ollaan rakentamassa uutta asuinrakennusta, jossa päälämmönlähteeksi on tulossa maalämpö.

Itse sikala on pinta-alaltaan noin 5 000 m². Sikalaa lämmitetään öljyllä ja lietteestä kerättävällä lämmöllä. Öljyä kuluu sikalan lämmitykseen 15 000 – 18 000 l vuodessa, loput lämmöstä saadaan lämpöpumpun avulla lietekuilujen alla kulkevasta keruuputkistosta. Koska lämmönkeräys lietteestä on ollut vasta muutaman kuukauden toiminnassa, ei isäntä osannut arvioida vielä tarkemmin, kuinka paljon sikalan lämmöstä siitä saadaan. Pyrkimys on kuitenkin saada 40 % tuotavasta lämmöstä tästä lähteestä. Tämän lisäksi tilalla on suunnitelmissa biokaasureaktorin tilaaminen ja sähkön ja lämmön tuotanto sekä omiin tarpeisiin että myytäväksi. Isäntä suunnittelee myös päästökaupan aloittamista biokaasureaktorin ylösajon jälkeen. Lietettä sikalassa syntyy noin 7 000 m³ vuodessa.

Sähköä sikalassa kuluu 360 000 kWh vuodessa (109 kWh/eläin/a), josta ilmastointi on suurin kuluttaja. Seuraavaksi eniten sähköä kuluu rehuviljan jauhamiseen ja tämän lisäksi vielä ruokintalaitteisiin sekä valaistukseen. Osa sähköstä ja lämmityksestä käytetään sikalan yhteydessä olevissa toimisto- ja sosiaalityloissa, jotka ovat pinta-alaltaan noin 75 m².

Tilalla tullaan polttamaan myös sianraatoja omassa polttolaitoksessa, joka jakautuu etu- ja jälkipolttoon. Polttolaitoksesta saatava lämpö ohjataan öljypolttimeen.

Tilalla on kaksi kuivuria, joissa kuluu vuosittain keskimäärin 15 000 l kevyttä polttoöljyä. Isännän mukaan puintikosteudesta riippuen polttoöljyn kulutus vaihtelee 5000 – 30 000 l/v. Koska suurin osa kuivattavasta viljasta menee sikojen rehuksi, isäntä suunnittelee aloittavansa tuoreviljasäilönnän, joten polttoöljyn kulutus viljankuivauksessa tulee vähenemään tulevaisuudessa huomattavasti. Sähköä kuivureissa kuluu noin 30 000 kWh/v.

Edellä mainittujen rakennusten lisäksi tilalla on myös vanha sikala, korjaamopaja ja kaksi konehallia, joista toista lämmitetään puulla. Puuta hallin lämmittämiseen kuluu noin 70 m³ vuodessa ja lämmitettävä ala on noin 700 m². Sähköä näissä rakennuksissa kuluu keskimäärin 10 000 kWh/v.

Tämän lisäksi tilalla kuluu kevyttä polttoöljyä traktoreissa sekä puimurissa keskimäärin 15 000 l/v. Koneurakoinnissa kuluu tämän lisäksi polttoöljyä noin 1500 l/v.

2.1.6 Kanamunantuotanto

Munivia kanoja voidaan kasvattaa vuoteen 2012 saakka ns. häkkikanaloissa. Lisäksi kanoja kasvatetaan lattiakanaloissa. Kanalarakennukset tyypistä huolimatta ovat aina lämpöeristettyjä ja niissä tarvitaan kiinteät lämmitysjärjestelmät. Yleensä kanalan lämmitys on vesikeskuslämmitys ja lämmönlähteenä sähkö, öljy tai puu. (Mikkola & al., 2002).

Häkkikanalassa häkit ovat yleensä kolmessa kerroksessa, joiden alla kulkevat lantamatot. Lantamatoilla kuivalanta kuljetetaan häkkirivin päähän ja sieltä edelleen raappa- tai ruuvikuljettimella joko lantalaan tai perävaunuun. Häkkien ulkopuolella sijaitsevaan rehukaukaloon rehu jaetaan yleensä ketjukuljettimella. Vesi tulee kanoille nippajuomalaitteista. (Mikkola & al., 2002).

Lattiakanalassa ruokintalaitteina on ketju- tai spiraaliruokkijat ritilän päällä. Vesi tulee nippajuomalaitteista häkkikanalan tapaan. Lanta poistetaan kanaerien välissä lantalaan tai aumaan. (Mikkola & al., 2002).

Yleisin ilmanvaihtomenetelmä munituskanaloissa on alipaineilmanvaihto. Ilma poistetaan koneellisesti ja korvausilma otetaan seinissä tai katossa olevien venttiilien kautta. Ilmanvaihto vaihtaa normaalisti 6 – 8 kuutiota ilmaa kanaa kohden tunnissa. (Mikkola & al., 2002).

Energiankulutus munivaa kanaa kohti on 5 kWh sähköä ja 0,7 l kevyttä polttoöljyä vuodessa. Kanala pestään painepesurilla kanaerien välillä, eli 13–16 kuukauden välein. Itse pesu tapahtuu pelkällä vedellä, mutta liuotukseen käytetään joskus pesuaineita (Mikkola & al., 2002).

Esimerkkitala

Eteläisessä Suomessa sijaitsevalla siipikarjatilalla on 11 500 munivaa kanaa kahdessa rakennuksessa, joista toinen on ns. lattiakanala ja toinen häkkikanala. Kooltaan kanalat ovat noin 450 m² kumpikin. Peltoa tilalla on 31 hehtaaria ja metsäpinta-alaa 7 hehtaaria. Tilan pelloilla kasvatetaan viljaa omiin tarpeisiin eli kanojen rehuksi. Tilalla on 170 hehtolitrin viljankuivaamo.

Sähköä tilalla menee yhteensä 37 200 kWh vuodessa. Viljelijä arvioi, että ainakin 30 000 kWh tästä kuluu maataloudessa ja loput asuinrakennuksessa. Kanaloissa sähköä menee lähinnä kanaloiden ilmastointiin ja valaistukseen. Lisäksi sähköä kuluu rehun jakoon, lannan keräykseen ja koneelliseen munankeräykseen. Tilalla ei ole rehumyllyä enää käytössä. Tilalla on myös polttoöljyllä toimiva varageneraattori sähkökatkojen varalta – sähkökatkoksen sattuessa kanaloiden lämpötila nousisi nopeasti, mikä olisi vaarallista kanoille. Kanaa kohti laskettuna sähkönkulutus vuodessa on 2,6 kWh/eläin ja lämmön kulutus 1,8 kWh/eläin.

Kanalat sekä kanaloissa käytettävä lämmin vesi lämmitetään pilkkeellä. Pilkettä kuluu arviolta 15 – 20 irtokuutiometriä vuodessa. Pilke tulee omasta metsästä.

Polttoöljyä tilalla kuluu kuivurissa ja traktoreissa noin 4000 l vuodessa. Tilan omistaja arvioi, että neljä viidesosaa käytetystä polttoöljystä menisi viljan kuivaamiseen, ja yksi viidesosa kuluisi peltotyössä traktoreissa.

Asuinrakennuksen koko on 300 m² ja se lämmitetään pääasiassa öljyllä. Kevyttä polttoöljyä käytetään noin 4000 l vuodessa. Pieni osa lämmöstä, viljelijän mukaan noin 5 %, tuotetaan pilkkeellä. Talossa on keskuslämmitys kahdella kattilalla, josta toisessa voidaan polttaa öljyä ja toisessa puuta.

Viljelijä arvioi, että itse kanaloissa ei varsinaista energiakulutushuippua ole. Kesällä ilmastointi on kovemmalla, ja toisaalta talvella kanaloita lämmitetään. Syksyinen energiankulutushuippu on viljan kuivaus.

Biomassaa tilalla tulee lähinnä kananlannan muodossa, noin 300 m³ vuodessa. Lanta käytetään omilla pelloilla. Peltoviljelyssä syntyy myös olkea, mutta se kynnetään peltoon.

2.1.7 Broilerin kasvatus

Broilereita tuotetaan lattialla useimmiten noin 15 000 linnun kasvatusyksiköissä. Kasvattamoissa on yleensä vesikiertoinen keskuslämmitys, jossa käytetään putkipattereita. Uusien untuvikoiden tullessa noin kahden päivän ajan lämpötila pyritään pitämään metrin korkeudella hallissa 34°C-asteessa, jonka jälkeen lämpötilaa pudotetaan noin 0,5 astetta päivässä kunnes saavutetaan 21°C. Lämmityspolttoaineena on yleensä öljy, hake, turve tai pelletit. Hallit rakennetaan sisäpuolelta sellaisiksi, että ne on helppo pestä broilerierien välissä. Munituskanaloiden tapaan yleisin ilmanvaihtojärjestelmä on alipaineilmanvaihto ilmanvaihtotarpeen vaihdella 0,6 – 6 m³ elopainokiloa kohden tunnissa. (*Mikkola & al., 2002*).

Energiankulutus broilerinkasvatuksessa untuvikkoa kohden on 0,5 kWh sähköä ja 0,28 l kevyttä polttoöljyä (*Mikkola & al., 2002*). Vuodessa kasvatetaan 5 – 8 broilerierää. Kasvatustilojen pesuun käytetään yleensä kuumavesipesuria (höyrypesuria), jossa veden lämpötila on > 70 °C.

Siipikarjatilalla raatojen hävittäminen polttamalla on sallittua (*Asetus eläinjätteen käsittelystä, 2000*). Kun polttaminen tapahtuu lämmitysenergian tuottamisen yhteydessä, polttamisessa syntyvä lämpö voidaan käyttää hyödyksi. Polttaminen voi kuitenkin tapahtua vain tätä tarkoitusta varten valmistetuissa polttolaitteistoissa.

Esimerkkitala

Etelä-Suomessa sijaitsevalla broileritalalla kasvatetaan kahdessa rakennuksessa yhteensä 31 200 broileria. Yhteensä tilalla on 125 hehtaaria peltopinta-alaa, jolla viljellään leipäviljaa, mallasohraa, timotein siementä sekä rypsiä. Broilereiden rehut tuodaan tilan ulkopuolelta. Metsäpinta-alaa tilalla on 113 hehtaaria.

Tilan konekantaan kuuluu kolme traktoria, puimuri sekä kuorma-auto. Kuorma-autolla viljelijä kuljettaa rehuja, viljaa ja pellettejä. Viljelijä tekee vähäisissä määrin myös koneurakointia, lähinnä kasvinsuojeluruiskutusta muille tiloille. Lannanlevitys on

ulkoistettu siten, että urakoitsija tulee levittämään puolet tilan broilerinlannasta tilan pelloille.

Asuinrakennuksen koko on 250 m² ja sitä lämmitetään öljyllä. Kevyttä polttoöljyä lämmitykseen kuluu 3000 l/v. Sähköä asuinrakennuksessa kuluu viljelijän arvion mukaan 10 000 kWh/v.

Broilereita kasvatetaan kahdessa hallissa, joiden yhteistilavuus on 1720 m³. Viljelijä siirtyi hakelämmitykseen noin viisi kuukautta sitten, joten hän ei osannut vielä kertoa kuluvan hakkeen määrää. Taulukkoarvojen perusteella hän arvioi hakkeen kulutuksen olevan noin 500 m³/v. Lisäksi hakekattilassa poltetaan puupellettiä ja viljan lajittelujätettä. Viljan lajittelujätettä ja muuta epäkuranttia viljaa on tilalta sekä kahdelta naapuritilalta tullut jo kymmenen tuhatta kiloa poltettavaksi. Hake tuodaan tilalle pääasiassa lähitöillä sijaitsevalta sahalta. Viljelijän tarkoituksena on myös tuottaa haketta omasta metsästä hakeurakoitsijan avulla.

Ennen hakelämmitykseen siirtymistä viljelijä lämmitti halleja kevyellä polttoöljyllä, jota kului vuodessa keskimäärin 4000 l.

Sähköä broilerihalleissa kuluu noin 55 000 kWh vuodessa, vastaten 1,8 kWh/eläin. Suurin sähkönkuluttaja halleissa on ilmastointi. Tämän lisäksi sähköä kuluu valaistukseen ja ruokintalaitteisiin.

Kuivureita tilalla on kolme ja niiden yhteistilavuus on 390 hehtolitraa. Vuositasolla kuivureissa poltetaan 10 000 l kevyttä polttoöljyä. Sähköä kuivureissa kuluu 10 000 kWh/v.

Edellä mainittujen rakennusten lisäksi tilalla on kylmää konehallitilaa noin 700 m². Lisäksi rakenteilla on 200 m² lämmin konehalli, jota tullaan lämmittämään polttoöljyllä. Sähköä kylmissä halleissa kuluu tällä hetkellä keskimäärin 5000 kWh/v.

Energiankulutushuipuksi viljelijä mainitsee uusien untuvikkojen tulon kuusi kertaa vuodessa. Tällöin kasvatushallien lämpötila nostetaan 35 °C saakka reiluksi viikoksi, jonka jälkeen lämpötila lasketaan takaisin 21 C -asteeseen.

Viljanviljelyssä sivutuotteena syntyvä olki kynnetään peltoon, koska sitä ei tarvita kuivikkeeksi ja oljen orgaaninen aines on tärkeää saada jäämään savimaille. Kuivikelantaa tilalla syntyy 500 m³ vuodessa, josta puolet käytetään tilan omilla pelloilla ja puolet luovutetaan naapuritiloille. Kuivikkeena broilerinkasvatuksessa käytetään turvetta.

3 MAATILOJEN UUSIUTUVIEN ENERGIAMUOTOJEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIALI

Maatiloilla Suomessa käytetään energiaa lähinnä kevyen polttoöljyn, puuenergian ja sähkön muodossa. Polttoöljyä käytetään maataloustraktoreissa ja –koneissa sekä viljan kuivaamiseen kuivureissa. Myös tuotantorakennusten lämmittämiseen käytetään melko yleisesti polttoöljyä. Puuenergiaa puolestaan käytetään lähinnä asuinrakennusten lämmittämiseen. Tämän lisäksi käytetään sähköä lähinnä kotieläinsuojien valaistuksessa sekä sähkökäyttöisissä koneissa, joilla siirretään rehua, poistetaan lantaa, kerätään eläintuotteita ja huolehditaan ilmastoinnista. Sähköä käytetään myös kuivureissa ja asuinrakennuksissa.

Tärkein tekijä, joka vaikuttaa energialähteen ja lämmitysjärjestelmän valintaan on järjestelmän toimintavarmuus (*Rintamäki & Rouhunkoski, 2004*). Melkein yhtä tärkeänä tekijänä pidetään käytön edullisuutta. Toisen selvityksen perusteella viljelijät arvostavat eniten energialähteen saatavuutta ja käytön edullisuutta (*Huttunen, 2003*). Myös järjestelmän toimintavarmuus, hintatason vakaus ja riskittömyys nousivat kyseisessä selvityksessä tärkeiksi tekijöiksi. Uusiutuvien energiamuotojen käytölle olevia esteitä ovat mm. investoinnin kalleus ja toisaalta nykyisen energiajärjestelmän toimivuus.

3.1 Puuenergia

Puun pienkäyttö asuinrakennusten lämmitykseen on yleisin uusiutuvien energiamuotojen käyttömuoto maatiloilla. Kun vuonna 2002 maatalousrakennusten lämmitykseen käytetty energiamäärä oli yhteensä 11 440 TJ, kattoi puun pienkäyttö tästä 4700 TJ eli 41 %. (*Tilastokeskus, 2003*).

Puuenergian käyttöä on tarkasteltu useissa tutkimuksissa Suomessa. Esimerkiksi Solmio ja Valkonen (2002) tutkivat hakkeen käyttöä ja haketekniikan kehitystarpeita maatiloilla. Tutkimus toteutettiin valtakunnallisilla ja alueellisilla osatutkimuksilla kirjekselyynä sekä puhelinhaastatteluina. Kirjekselyyn vastasi 820 tilaa (54 % alkuperäisestä otostilamäärästä) ja hakkeen käyttöä koskeviin kysymyksiin 120 tilaa.

Tutkimuksen mukaan yli viiden hehtaarin maatiloista yhteensä 66 % käytti lämmitykseen puuenergiaa. Vastanneista 48 %:lla oli puulla toimiva keskuslämmitys ja 18 %:lla uuni, takka tai muu puulämmitys. Öljylämmitystä käytti 17 % tiloista ja sähkölämmitystä 13 %. Yleisintä puukeskuslämmitys oli Pohjois-Suomessa, missä se oli käytetyin lämmitystapa kahdella kolmasosalla kyselyyn vastanneista tiloista. Pääasiallinen käyttömuoto tiloilla oli pilke eli klapi, jota käytti 68 % puulämmitystä käyttävistä tiloista. Halkoa (pituus 0,6 - 1,2 m) käytti 12 % ja haketta 11 % tiloista. (*Solmio & Valkonen, 2002*).

Huttunen (2003) tarkasteli työssään saarijärveläisten ja viitasaarelaisten maatilojen energiankäyttöä sekä viljelijöiden energia-asenteita. Työ toteutettiin kirjekselyynä ja siihen vastasi 188 viljelijää. Vastaajina olivat lähinnä viljatilat (41 % vastaajista) sekä maitotilat (28 % vastaajista). Tilojen keskimääräinen peltoala oli 24 ha. Työn tarkoituksena oli selvittää uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksia sekä käytön esteenä olevia seikkoja viljelijöiden näkökulmasta.

Huttunen (2003) ei löytänyt paikallisista energiaresursseista tai inhimillisistä resursseista merkittäviä uusiutuvien energiamuotojen esteitä. Selvityksen perusteella pääasiallisena lämmitysenergian lähteenä tiloilla oli puu. Puukeskuslämmitys oli päälämmitysjärjestelmänä 52 %:lla ja puu-uuni 26 %:lla tiloista (yhteensä 78 %).

Luku on korkeampi kuin Solmion ja Valkosen (2002) saama koko Suomea koskeva luku.

Myös Etelä-Pohjanmaalla toteutettiin samanlainen, Huttusen (2003) tutkimukseen verrattava kysely. Vaasan yliopiston Seinäjoen yksikkö lähetti postikyselynä 393 kpl lomakkeita Lapuan, Nurmon ja Ylihärmän kuntien maataloille. Kyselyyn vastasi 93 tilaa (24 % otoksesta). (Rintamäki & Rouhunkoski, 2004).

Yleisin lämmitysjärjestelmä Lapuan, Nurmon ja Ylihärmän kunnissa oli puukeskuslämmitys (39 % vastaajista) ja seuraavaksi yleisin öljykeskuslämmitys (20 % vastaajista). Suora sähkölämmitys oli 16 %:lla tiloista. Puu-uunilämmitys oli kolmella tilalla (3 % vastaajista). Lisäksi tiloilla oli erilaisia yhdistettyjä ja rinnakkaisia lämmitysjärjestelmiä. Kyselyn mukaan kiinteistä polttoaineista lämmönlähteenä eniten käytettiin puuhalkoja ja pilkettä (70 % vastaajista). Puupolttoaineen vuosittainen käyttömäärä vaihteli kolmesta (3) sataan (100) kiintokuutiometriin vuodessa, yleisimmin ilmoitetun määrän ollessa 10 kiintokuutiometriä. Halkoja käytettiin keskimäärin 21 kiintokuutiometriä vuodessa. Kaikista vastaajista 20 ilmoitti käyttävänsä haketta lämmitykseen (15 – 200 m³/v, keskimääräinen kulutus 74 m³). Turvetta lämmitykseen käytti vastaajista kahdeksan tilaa (9 % vastaajista). Keskimäärin turvetta kulutettiin 76 m³. Vain yksi vastaajista käytti lämmitykseen puupellettejä. (Rintamäki & Rouhunkoski, 2004).

Nestemäisistä polttoaineista kevyttä polttoainetta lämmitykseen ilmoitti käyttävänsä 32 % kyselyyn vastanneista, käyttömäärien vaihdellessa vuositasolla 200 litran ja 15 000 litran välillä. Keskimäärin polttoöljyä kulutettiin 1730 litraa/vuodessa. (Rintamäki & Rouhunkoski, 2004).

3.1.1 Metsähake

Metsähaketta ryhdyttiin käyttämään maataloilla 1950-luvun lopulla. Työtehoseuran vuonna 1960 tekemän inventoinnin mukaan haketta käytti tuolloin 227 yksityistaloutta, joista valtaosa oli maataloja. (Kantola, 1961). Myöhemmin 1960-luvulla hakkeen käyttö taantui, kunnes vuoden 1973 öljykriisin jälkeen se elpyi taas. Työtehoseuran postikyselyyn perustuvan arvion mukaan vuonna 1977 haketta käyttäviä tiloja oli alle sata (Mäkelä & Simsiö, 1978). Sittemmin metsähakkeen käyttö on yleistynyt huomattavasti.

Metsähakkeen pääraaka-aineita ovat karsittu puu (ranka), oksineen haketettu puu (kokopuu tai osittain karsittu puu), hakkuutähde (oksat, latvat, kannot) sekä yllilaho kuitupuu. Solmion ja Valkosen (2002) kyselyn mukaan 74 % tiloista käytti rankoja pääraaka-aineena ja oksineen haketettua puuta 18 % tiloista. Hakkuutähdettä käytti ainoastaan 6 % tiloista hakkeen pääraaka-aineena. Keskimäärin haketta käytettiin 79 i-m³ vuodessa.

Metsähake tarvitsee suuren varaston, johon maataloilla on usein mahdollisuus. Varastona voidaan käyttää esimerkiksi käyttämättömiä tuotantorakennuksia. Maatilalla tulisi olla myös kuivausmahdollisuus hakkeelle. Ulkona luonnon energialla kuivatusta ylivuotisesta puusta tehdystä hakekuutiosta saadaan energiaa 600 - 700 kWh, mutta tuoreesta puusta tehdystä ja koneellisesti kuivatusta hakemotista noin 800 - 850 kWh. Tuoreen hakkeen kuivaaminen potkuripuhaltimella kuluttaa sähköä noin 10 kWh/m³ haketta. Haketus ja kuivaus tulisikin tehdä keväällä tai alkukesästä, jolloin kuivaukseen on parhaiten soveltuvat ilmat, koska ulkolämpötilan laskiessa kylmäilmakuivurin kuivausteho alenee. (Maatilan Pirkka, 4/2003).

Metsähaketta käyttävät tilat olivat Solmion ja Valkosen (2002) mukaan peltoalaltaan keskimääristä suurempia. Myös metsäala oli haketiloilla suurempi kuin tutkimuksen muilla tiloilla keskimäärin, samoin kuin maataloustulon määrä tilan kokonaistuloista. Tuloksista voitaneen päätellä, että hakelämmitykseen investoineet tilat ovat kehittyviä aktiivituloja, joilla yksi syy hakelämmitykseen on oma raaka-aine. Kyselyn mukaan hake tehtiinkin useimmiten markkinakelvottomasta puusta. Toisaalta isoilla tiloilla on todennäköisesti iso konekanta, joka mahdollistaa hakeketjun metsästä polttimeen ja näin ollen alentaa polttoaineen hintaa. Huttunen (2003) raportoi tuloksissaan, että polttopuu ja metsähake saadaan pääosin omista metsistä.

3.1.2 Pelletit ja brikitit

Puupelletintuotanto on Suomessa nopeasti kasvava ala. Kun vuonna 1998 pellettien vuosituotanto oli vain noin 10 000 t, niin vuonna 2003 pellettejä tuotettiin jo noin 170 000 t yli 15 pellettitehtaassa. (Suomen pellettienergiayhdistys, 2005). Pellettien raaka-aineena käytetään höylänlastua, purua ja hiontapölyä. Raaka-aine on pääosin havupuuta, koska sen lehtipuuta korkeampi ligniinipitoisuus helpottaa pelletointia. Asiakkaalle puupelletit toimitetaan irtotavarana, pien- tai suursäkeissä. Pellettijakeluverkosto kattaa nykyään koko maan ja se tapahtuu lähinnä rauta- ja maatalouskauppaketjun kautta. (Tuomi & Kouki, 2001).

Maatilalla pellettilämmitykseen siirtyminen on helppoa, koska tiloilla on yleensä tilaa varastointiin sekä usein myös puupolttojärjestelmä ja kokemusta puunpoltosta. Esimerkiksi Tuomi ja Kouki (2001) testasivat pellettien polttoa hakepolttimessa hyvin tuloksin. Ongelmaksi muodostui ainoastaan hakepoltinten syöttökapasiteetti, joka oli moninkertainen palopään polttotehoon verrattuna. Näin ollen polttinten ohjauskeskusten säätöalueet eivät olleet aivan optimaalisia pelleteille ja pellettien syöttömäärien säätäminen riittävän pieneksi oli vaikeaa.

Pellettien parhaita ominaisuuksia ovat suuri energiasisältö, helppo logistinen hallittavuus ja käsiteltävyys, homogeenisuus sekä pölyttömyys. Pelletti eroaa positiivisesti metsähakkeesta siinä, että se vie vähemmän varastointitilaa ja on helppo varastoida, koska kuivana sitä voi varastoida ilman homehtumisen tai jäätymisen vaaraa. (Puumies, 8/1999).

Brikettejä tuotettiin Suomessa vuonna 2002 sahateollisuuden sivutuotteista 35 000 tonnia noin kahdessakymmenessä eri tuotantolaitoksessa ympäri Suomea. Pääasiassa brikettejä käytettiin lämpö- sekä voimalaitoksissa. Koska brikitit joudutaan syöttämään pientulisijaan käsin, pienkäyttö on pysynyt vähäisenä. Sen sijaan pellettien syöttö polttimeen on automatisoivissa. Koska brikettien lämpöarvo on korkea (yli 4,5 kWh/kg), sen kanssa käytetään usein muita polttoaineita seoksena. (Kallio & Alakangas, 2002).

Brikettien käytöstä lämmitykseen on kokemusta esimerkiksi yhdellä maatilalla Hollolassa, jossa viljelijä lämmittää 100 emakon porsitussikalaa sekä tilan asuinrakennusta briketeillä. Asuinrakennuksen ja porsitussikalaa yhteistilavuus tilalla on 3 600m³. Brikettejä välivarastoidaan kuivaamon yhteydessä ja varastointitilan vähäinen tilantarve muihin puupolttoaineisiin verrattuna on viljelijän mukaan iso etu. Briketteihin viljelijä siirtyi, kun oma hake loppui ja puubrikitit osoittautuivat ostettua haketta halvemmaksi vaihtoehdoksi. (Koneviesti, 9/1999).

Sekä Solmion ja Valkosen (2002) että Rintamäen ja Rouhunkosken (2004) kyselyyn vastanneista tiloista yhdellä käytettiin puupellettejä lämmönlähteenä. Brikettejä ei käyttänyt yksikään tiloista. Huttunen (2003) puolestaan sanoo raportissaan:

"Ainoastaan muutama ilmoittaa ostavansa polttopuuta ja tällöinkin on kyse purusta tms., jota poltetaan pilkkeen tai hakkeen ohella."

3.1.3 Pilke

Maaseudulla polttopuuta on perinteisesti käytetty pilkkeenä ja halkoina. Yhä edelleen pilke ja halot ovat maatilojen yleisin puupolttoaine asuinrakennusten lämmityksessä (Huttunen, 2003; Rintamäki & Rouhunkoski, 2004; Solmio & Valkonen, 2002). Myös maatalouden tuotantorakennuksia lämmitetään pilkkeellä.

Pilkkeen käyttöä kaupallisena toimintana leimaa pienimuotoisuus. Seppänen & al. (2003) selvittivät pilkekaupan laajuutta sekä pilkekauppioiden toimintatapoja ja tuotantomenetelmiä. Selvityksen mukaan vuonna 2001 yksi kauppias myi pilkettä keskimäärin 151 m³ vuodessa. Noin puolet kauppiasta myi pilkettä enintään 50 m³ vuodessa. Polttopuukauppa oli ainoa tulonlähde vain kolmelle prosentille kauppiasta. Myös Helysen ja al. (2003) mukaan pilkkeen käyttö on pienimuotoista ja työvoimavaltaista ja valtaosa pienkäyttöön menevästä polttopuusta hankitaan omatoimisesti, ostopolttoaineen ollessa noin viidennes.

Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman tavoitteena on lisätä bioenergian pienkäyttöä 45 % vuodesta 1995 vuoteen 2010 mennessä, joka polttopuun osalta tarkoittaisi 8,1 miljoonan m³:n käyttöä vuonna 2010. Kärhän & al. (2003) mukaan pilkkeelle tarkoitettujen tulisijain ja polttouunit mahdollistavat ohjelman tavoitetason vastaavan käytön, mutta pilkkeen tuotantokustannuksia pitäisi pystyä laskemaan ja laatua nostamaan.

Koska mautiloilla on pitkät perinteet puun poltosta, tilaa pilkkeen varastointiin ja tarvittava konekanta pilkkeen tuotantoon, pilkkeen käyttö säilyy suosittuna lämmitysmuotona tulevaisuudessakin. Hakkeeseen verrattuna pilkkeen suosiota selittää edellä mainittujen seikkojen lisäksi se, että pilkettä ei tarvitse koneellisesti kuivata. Pilkkeen tuotannon ajankohtaa voidaan myös siirrellä muiden työhuippujen mukaan, säistä välittämättä. Toisaalta pilkkeen tuotanto vaatii runsaasti työtä ja niin pilkkeen tuotanto kuin käyttökin on vaikeasti automatisoitavissa.

3.2 Biokaasu

Biokaasu on suomalaisessa maataloudessa pitkälti vielä hyödyntämätön energialähde. Ensimmäiset maatilakohtaiset biokaasulaitokset perustettiin 1980-luvulla, mutta useimpien toiminta lopetettiin mm. toimintahäiriöiden vuoksi. (Rintala & al., 2002). Nytemmin kiinnostus maatilakohtaisiin biokaasulaitoksiin on jälleen noussut ja vuoden 2003 lopussa Suomessa oli toiminnassa ainakin kuusi maatilakohtaista biokaasulaitosta (Kuittinen & Huttunen, 2004). Näiden laitosten yhteenlaskettu tuotantomäärä oli vuonna 2002 0,15 miljoonaa m³ biokaasua. (MMM, 2004). Tämän lisäksi Vehmaalla toimii iso biokaasulaitos, jossa käsitellään lähinnä sikaloista tulevaa lietettä. Suomessa lannan kokonaisbiokaasupotentiaali on arvioitu 7 000 MJ:ksi, kun vastaava luku Saksassa on 96,5 PJ. Biokaasulaitoksia Saksassa on jo 1800 ja lukumäärän ennustetaan kasvavan 4000:een lähitulevaisuudessa. Suomen osalta on arvioitu, että biokaasulaitoksia voisi olla toiminnassa noin 750 vuonna 2010 (MMM, 2004).

Biokaasuteknologiassa eli anaerobisessa käsittelyssä lannan tai kasvibiomassan orgaaninen aines hajotetaan biokaasuksi, eli lähinnä metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Metaani voidaan hyödyntää sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä moottoripolttoaineena. Maatilalla biokaasulaitoksen metaanintuottoa voidaan pyrkiä lisäämään käsittelemällä laitoksessa lannan lisäksi muita orgaanisia materiaaleja, kuten yhdyskuntien ja teollisuuden biojätteitä, puhdistamolietteitä ja peltobiomassoja.

Mikäli reaktorissa käsitellään eri lähteistä tulevia materiaaleja, yhteiskäytön vaikutus loppumateriaalin hyödynnettävyyteen on huomioitava (*Rintala & al., 2002*).

Biokaasun edut maatilalle ovat moninaiset: Maatila voi biokaasun avulla olla täysin omavarainen sähkön, lämmön ja työkoneiden polttoaineiden suhteen. Biokaasusta saatua energiaa voi riittää jopa myyntiin tilan ulkopuolelle. Tämän lisäksi biokaasutusprosessin läpikäyneen lannan laatu paranee, koska prosessissa lannan ravinteita muuttuu liukoiseen muotoon. Lisäksi lannan hygieninen laatu paranee, kasvitoksiset yhdisteet vähenevät ja lannan haju vähenee huomattavasti. (*Rintala & al., 2002*).

Suomessa suurin osa karjatalouden tuottamasta lannasta on naudantalantaa, jonka kaasuntuotto kyky on pieni sianlantaan verrattuna. Kun lehmänlannan metaanintuottopotentiaali on 10 – 20 m³/t 'tyypillisessä kosteudessa', niin sianlannan potentiaali on 20 – 25 m³/t. Erilliskerätyn biojätteen metaanintuottopotentiaali taas voi olla jopa 100 – 150 m³/t. (*Rintala & al., 2002*). Lisäksi tuotantoyksiköt nautakarjataloudessa ovat vielä kohtalaisen pieniä. Jotta biokaasuntuotanto olisi taloudellisesti kannattavaa, tulisi biokaasureaktorissa käsitellä ainakin 100 naudanta tuottama lanta. Tällaisia nautakarjatilajoja oli Suomessa vain noin 280 kappaletta vuonna 2004. Huomattavasti kannattavammaksi toiminta muuttuisi, mikäli käsiteltävä lietemäärä olisi 5000 – 15 000 m³ (200 – 600 naudanta lanta). Sikataloudessa sen sijaan biokaasun tuotantopotentiaalia löytyy enemmän. Vähintään 5000 m³ lantaa tuottavia sikatiloja (vähintään 2000 lihasikaa) oli v. 2004 noin 450 kappaletta. (*MMM, 2004*).

Viime vuosina kiinnostusta maatilakohtaisiin biokaasulaitoksiin on lisännyt energian hinnannousu, tavoitteet lisätä hajautetun energian käyttöä sekä tavoitteet vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Karjatilojen koon kasvu on luomassa valmiuksia investointeihin ja tiloille on rakennettu myös biokaasujärjestelmässä hyödynnettävää allastilavuutta, joka alentaa sekä kustannuksia että kynnystä biokaasuinvestointiin. Esteitä biokaasun tuotannolle mautiloilla on biokaasuteknologian yleisen tuntemuksen vähäisyys ja valtion nihkeä suhtautuminen pienen mittakaavan biokaasulaitosten tukemiseen. (*Rintala & al., 2002*). Kannattavaa biokaasulaitosta suunniteltaessa tulisikin kiinnittää huomiota lisämateriaalien käyttömahdollisuuteen metaanintuotannon nostamiseksi (esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteet, tilan omat määrät biomassat), reaktorin mittakaava ja logistiset kysymykset. Esimerkiksi liian kaukana toisistaan sijaitsevat tilat syövät kannattavuutta yhteislaitokselta. Investoinnin kannattavuutta lisää toisaalta mautilan runsas energiantarve. Biokaasutuotannon kannattavuutta voi lisätä myös myymällä tuotettua energiaa tilan ulkopuolelle, keräämällä ns. porttimaksuja käytettyjen jäteraaka-aineiden käsittelystä ja myymällä syntyntä prosessin lopputuotetta lannoitteeksi. (*MMM, 2004*).

Esimerkkitala

Yksi Suomen pioneereista biokaasuteknologian hyödyntämisessä mautiloilla on Kalmarin maatila, joka sijaitsee Leppävedellä, Keski-Suomessa. Seuraavassa esitellään tilan biokaasuteknologian käyttöä (*Rintala & al., 2002*)

Tilalla on 40 lypsävää lehmää ja lisäksi nuorkarja, yhteensä n. 80 nautayksikköä. Navetta on makuuparsipihatto, eikä kuivikkeita käytetä. Lannantuotanto on 2000 m³ vuodessa sisältäen navetan pesuvedet sekä kahden talon jätevedet.

Kalmarin tilalla lanta varastoidaan aluksi betoniseen raakalietealtaaseen (tilavuus 760 m³). Lantaa sekoitetaan ajoittain traktorikäyttöisellä pumppusekoittimella. Allas on katettu. Raakalietettä pumpataan syöttösäiliöön (90 m³) pumpulla 1-2 viikon välein. Säiliön sisältöä sekoitetaan sähkökäyttöisellä pumppusekoittimella.

Syöttösäiliössä lannan joukkoon voidaan sekoittaa muuta orgaanista materiaalia yhteiskäsittelyksi biokaasureaktorissa. Tilalla yhteiskäsittelyssä on hyödynnetty läheisen makeistehtaan jätettä sekä tilan omaa rehua. Jäte ja rehu murskataan ja lisätään lannan sekaan tarpeen mukaan. Pilkkominen parantaa lisättävän jätteen sekoittumista ja pysymistä lannan seassa. Syöttösäiliön ilmanvaihtoputkessa on turvepohjainen biosuodin hajuhaittojen minimoimiseksi.

Biokaasureaktori on mesofiilinen (toimii lämpötila-alueella 30-37 °C) 150 m³ :n säiliö (nestetilavuus 120 m³). Nestepinnan pysyminen vakiona varmistetaan siten, että pumpattaessa lantaa reaktoriin saman verran käsiteltyä lantaa pumpataan pois. Reaktoria syötetään 2-3 kertaa päivässä, noin 15 minuuttia ja 6 m³ kerrallaan. Reaktoriin syötetään myös ilmaa (alle 2 %) rikkiyhdisteiden vähentämiseksi. Talvisin kaasuntuotanto pyritään maksimoimaan suuremman energiantarpeen vuoksi.

Käsitelty liete pumpataan biokaasureaktorista varastosäiliöön (tilavuus 1500 m³, yhdessä raakalietesäiliön kanssa vastaa koko vuoden lannantuotantoa). Säiliö on katettu suojakuvulla, jonka alle varastoidaan myös reaktorissa muodostuvaa kaasua sekä säiliössä muodostuva jälkikaasu. Liettevarasto on erotettu kaasuvälikammarista nailonkankaalla ja kaasuvälikammarin päällä oleva suojakuppu pysyy kuperana pienipaineisella ilmalla. Säiliö tyhjenetään kahdesti vuodessa, jolloin käsitelty lanta levitetään letkulevittimellä varustetulla lietevaunulla pelloille lannoitteeksi.

Muodostuvan biokaasun ja sitä kautta myös metaanin määrä vaihtelee syötön mukaan. Biokaasu pestään ja kuivataan kerran reaktorista tullessaan. Tämän jälkeen se johdetaan joko varastoon tai otetaan välittömästi käyttöön. Ennen hyödyntämistä kaasu (reaktorista tai varastosta) pestään ja kuivataan toisen kerran, jottei kosteutta eikä rikinyhdisteitä pääsisi laitteistoihin. Tilalla on aggregaatti, jolla tuotetaan sähköä, sekä kaasupoltin, jolla tuotetaan lämpöä. Tila on omavarainen lämmön suhteen ja melko omavarainen sähkön suhteen. Ylijäämäenergia myydään sähköyhtiölle.

Tutkittu lehmänlanta tuotti biokaasua keskimäärin 120 m³/d. Biokaasun metaanipitoisuus oli keskimäärin 60 %, joten vuorokaudessa tuotetun biokaasun lämpöarvo oli 0,71 MWh. Tämän mukaan sähkön ja lämmön yhteistuotannossa saataisiin vuorokaudessa energiaa 0,60 MWh (hyötysuhde 85 %), lämmön tuotannossa 0,64 MWh (hyötysuhde 90 %) ja sähkön tuotannossa 0,25 MWh (hyötysuhde 35 %). Tutkitulla maatilalla muodostuu vuodessa noin 2000 m³ lantaa ja jokainen lanta-m³ tuottaa 24 m³ biokaasua, joten sähköä ja lämpöä voitaisiin tuottaa vuodessa 242 MWh, pelkkää lämpöä 256 MWh ja pelkkää sähköä 100 MWh.

Energiantuottoa voidaan lisätä makeistehtaan jätettä ja lantaa käsittelemällä. Tutkittu biokaasulaitos tuottaa siis maatalan tarvitseman energian, mikä tuo tilalle säästöjä sähkön- ja lämmönhankinnassa. Muita menetelmiä ei yleensä tarvita, pikemminkin tila voi myydä sähköä verkkoon. Samalla tilan kasvihuonekaasujen päästöt vähenevät olennaisesti. Metaani otetaan talteen ja katetut säiliöt vähentävät typpioksiduulin päästöjä. Kun sähkö ja lämpö tuotetaan uusiutuvasta energiasta (biokaasu), vähennetään myös fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja täten niiden tuottamia kasvihuonekaasuja.

Tila säästää myös lannoitteissa. Laitoksessa käsitelty materiaali vastaa ravinnearvoiltaan pitkälti kemiallisia lannoitteita, joiden tarve on tilalla vähäinen. Kasville suoraan käyttökelpoisen ammoniumtyypen pitoisuus nousee anaerobisessa käsittelyssä ja muiden ravinteiden määrät pysyvät suurelta osin ennallaan tai jopa nousevat. Käsitelty materiaali myös tuo uutta humusainesta pelloille.

Lähde: *Rintala & al., 2002*

3.3 Peltobiomassa

3.3.1 Ruukohelpi ja olki

Ruukohelpi on energiakasvi, jota on Suomessa tutkittu kiivaasti 1990 –luvulta lähtien. Ruukohelpitutkimusta on siivittänyt sen satoisuus, soveltuvuus seospoltoon kattiloissa sekä sopivaa polttotekniikkaa omaavien polttolaitosten yleisyys Suomessa. (*Pahkala & al., 2005*). Ruukohelvestä voidaan tuottaa myös biokaasua (*MMM, 2004*). Viljelijöiden keskuudessa ruukohelpi on herättänyt suurta kiinnostusta. Kasvi on helppo viljellä, se tuottaa taloudellista voittoa yhtä paljon kuin rehuvilja ja on lisäksi vähätöinen. (*Käytännön Maamies 8/2005*). Tällä hetkellä ruukohelven energiakäyttö Suomessa on noin 0,15 PJ (40 500 MWh) (*Halonen & al., 2003*).

Keveytensä vuoksi ruukohelpeä poltetaan seoksena muiden kiinteiden polttoaineiden kanssa siten, että enintään 10 % polttoaineen energiasisällöstä tulee ruukohelvestä. Seoksen tasaisuus vaikuttaa olennaisesti polttoaineen käytettävyyteen. (*Pahkala & al., 2005*). Koska ruukohelpi poltetaan seoksena muiden polttoaineiden kanssa, ei sen viljely pelkästään omaan käyttöön liene kannattavaa, vaan mahdollisuudet löytyvät ruukohelven myynnistä tilan ulkopuolelle.

Olki on ruukohelpeä huonompi energiakasvi polttoteknisten ongelmien takia sekä kolme kertaa huonomman viljelyhehtaarikohtaisen energiasaantonsa takia (*MMM, 2004*). Tällä hetkellä oljen energiakäyttö on noin 0,10 PJ (27 000 MWh) (*Halonen & al., 2003*). Olkea voidaan polttaa myös sellaisenaan, mutta se vaatii erityisesti oljen polttoon suunnitellun kattilan. Maatiloilla olkea ja viljan lajittelujätettä tulisi polttaa esim. hakkeen kanssa seoksena, koska yksinään poltettuna oljen ja lajittelutähteen tuhkan matala sulamislämpö aiheuttaa sintraantumista palopäähän (*Koneviesti 9/2000*).

Oljentuotanto eroaa ruukohelven tuotannosta siinä, että olkea syntyy viljanviljelyn sivutuotteena. Oljen korjuuseen liittyy kuitenkin useita ongelmia: se tulisi korjata syksyllä, jolloin maatilalla on muutoinkin kiireinen työsesonki. Lisäksi syksy on usein sateinen, eikä olkea saada korjattua kuivana. (*MMM, 2004*).

3.3.2 Nestemäiset biopolttoaineet

Suomessa öljykasveista viljellään lähinnä kevätrypsiä. Vuonna 2002 Suomessa tuotettiin rypsiä ja rapsia 102 800 tonnia. Suomessa toimii tällä hetkellä kaksi suurta öljynpuristamoa, Raisio Yhtymän ja Mildola Oy. Lisäksi toimii useita paikallispuuristamoita. Puristamoiden yhteenlaskettu vuosikapasiteetti on noin 320 000 tonnia siementä. Viime vuosina puristumäärät ovat olleet noin 300 000 tonnia, joista 50 % soijapapua ja 50 % rypsiä tai rapsia. Tuontiraaka-aineen osuus on ollut 75 %. Öljynpuristusteollisuuden lopputuotteet, kasviöljy ja kasvivalkuaisrehu, menevät pääosin raaka-aineeksi rehu- ja elintarviketeollisuudelle. (*MMM, 2003*)

Kotimainen öljynpuristusteollisuus joutuu nykyään tuomaan suuren osan rypsin ja rapsin tarpeestaan ulkomailta. Öljykasvistrategian (*MMM, 2003*) mukaan suomalaisen öljykasvituotannon perusongelma onkin tällä hetkellä se, kuinka elintarviketeollisuuden raaka-aineen kotimaisuusastetta voidaan korottaa. Suomessa öljykasvien aiempaa laajempaa viljelyä puolustaisivat mm. huoltovarmuusnäkökohdat ja viljelykierron monipuolistaminen.

Biodieselillä tarkoitetaan yleensä kasviöljyjen estereitä (FAME). Yleisimmät raaka-aineet biodieselille ovat rypsi-, rapsi- ja soijaöljy, mutta myös muita kasviöljyjä sekä kasvirasvajätteitä on tutkittu. Esteröidyt kasviöljyt ovat raaka-aineesta riippumatta ominaisuuksiltaan hyvin samanlaisia ja soveltuvat tietyn varauksin diesel-

moottoreihin polttoaineeksi. Niitä voidaan käyttää myös seoksena tavallisen dieselöljyn kanssa. Sen sijaan kasviöljyjä sellaisenaan ei voi käyttää dieselmoottorissa polttoaineena. (MMM, 2004).

Koska kasviöljyesterit sisältävät happea, niiden lämpöarvo on dieseliä alhaisempi. Tästä johtuen polttoaineenkulutus on biodieseliä käytettäessä korkeampi. Kasviöljyestereiden viskositeetti on dieseliä suurempi ja tämä vaikuttaa heikentävästi niiden ruiskutus- ja kylmäkäynnistysominaisuuksiin (Lampinen, A., 2004). Tämä on suurin yksittäinen tekninen syy, mikä rajoittaa biodieselin käyttöä Suomessa. Tärkein biodieselin käyttöä rajoittava syy Suomessa on kuitenkin taloudellinen: kasviöljyesterit ovat vielä mineraaliöljyperäisiin polttoaineisiin verrattuna kalliita. (MMM, 2004). Toisaalta mikäli öljyn hinta jatkaa nousuaan ja esimerkiksi rypsin hinta laskee, biodieselin valmistus lähenee kannattavuusrajaa ilman julkista tukeakin. Lisäksi kasviöljyn puristejäte voidaan käyttää valkuaisrehuna karjalle, joten myös valkuaisrehun hinta vaikuttaa biodieselin valmistuksen kannattavuuteen.

Biodieselin käyttöä ei juurikaan tueta verohelpoituksin. Biodieselin käyttö lämmityksessä ja konekäytössä on valmisteverovapaata, mutta liikenne- ja maatalouskonekäytössä biodiesel on edelleen valmisteveron piirissä (Mäkinen & al., 2005).

Suomessa kehitys- ja testaustyötä maatilatasolla on tehnyt Ekolaiho Oy Pöytyällä sinapinsiemenöljyllä (www.ekolaiho.fi) sekä Elimäellä sijaitseva Limetti Oy, joka tuo maahan ja kehittää maatilatason öljypuristimia ja esteröintilaitteita (www.biodiesel.fi). Molemmissa yrityksissä on hyviä kokemuksia biodieselin käytöstä myös pakkasoloissa, jopa -20 °C lämpötilassa. Näiden yritysten lisäksi Ab Vegoleum Oy Karjaalla valmistaa biodieseliä metyyliesteristä ja fossiilipohjaisesta dieselistä (www.vegoleum.fi). Myös Neste Oil tuottaa biodieseliä Suomessa ja Portugalissa. Neste Oil on lisäksi rakentamassa vuonna 2007 valmistuvaa isoa 'toisen sukupolven' biodieselin tuotantolaitosta Porvooseen (Neste Oil 2005).

Osana VTT:n vetämää ns. Biofuture-hanketta on vertailtu alustavasti eri biopolttoaineiden tuotantokustannuksia pohjoismaisissa olosuhteissa. Tuotantokapasiteettina on käytetty raaka-ainehuollon kannalta tyypillisiä laitoskokoja. Tämän vertailun perusteella biopohjaisista dieseltuotteista rypsipohjaisen biodieselin (RME:n) tuotantokustannukset olisivat korkeimmat. Uusilla tekniikoilla tuotetun Fischer-Tropsch-dieselin tuotantokustannukset on VTT:n tekemien laskelmien mukaan arvioitu hieman alemmiksi. Bensiinin eetterikomponenttien raaka-aineista metanoli näyttäisi olevan tuotantokustannuksiltaan edullisin vaihtoehto tässä kokoluokassa. Kaupallinen viljapohjainen etanoli olisi tuotantokustannuksiltaan RME:n tasolla (Mäkinen & al., 2005).

Kehitysvaiheessa olevista etanoliprosesseista metsätähde- ja jätepaperipohjaiset vaihtoehdot olisivat metanolia kalliimpia. Biokaasun hinta puhdistettuna ja paineistettuna ajoneuvossa olisi samaa suuruusluokkaa kuin synteetikaasupohjaisten polttonesteiden hinta, mutta biokaasun käyttöä rasittaa kaasujoneuvojen ja jakelujärjestelmien lisäkustannukset (Mäkinen & al., 2005)

Teknisesti olisi mahdollista rakentaa Suomeen peltopohjaisiin raaka-aineisiin perustuvat uudet etanoli- tai biodieseltehtaat. Suomessa voitaisiin kesantopeltoja hyödyntäen tuottaa joko viljaetanolia tai RME:tä. Tuotantomääriä rajoittaa suurien tukitarpeiden lisäksi viljelytekniset rajoitukset, esim. rypsin vuoroviljely. Viljelyalojen perusteella arvioituna tuotanto voisi olla 50 000 - 100 000 toe/a. Peltokasvien tuotantokustannukset ovat Suomessa Euroopan korkeimpia. Maataloustuella rypsinsementen ja viljojen kauppa kuitenkin tapahtuu maailmanmarkkinahinnoin.

Etanoli- tai biodieseltehtaissa ei käytettäisi vain kotimaista raaka-ainetta, vaan todennäköisesti pääosa tuotannosta perustuisi kansainvälisiltä markkinoilta ostettuun raaka-aineeseen (Mäkinen & al., 2005).

Viljelykasvipohjaisen etanolin ja biodieselin tuotantomahdollisuuksien kotimaisista raaka-aineista arvioitiinkin VTT:n selvityksissä olevan vähäinen käsittelyllä tarkkuudella. Kustannustehokkaampi peltojen "non-food"-vaihtoehto olisi ruokohelven viljely kiinteäksi polttoaineeksi sähkön ja lämmön tuotantoon kuin peltokasvien viljely liikenteen polttoaineiden tuotantoon (Mäkinen & al., 2005).

Maatalouden strategiaprosessin yhteydessä Suomessa valmisteltiin öljykasvien osalta sektorikohtainen strategia vuosille 2002 - 2010 (MMM, 2003). Jotta biodieselin tuotannolla olisi kaupallista merkitystä liikenteen biopolttoainedirektiivin kannalta, tarvittavat viljelypinta-alat nousisivat huomattavan suuriksi. Öljykasvistrategian mukaan laajamittaisen tuotannon sivutuotteena syntyvällä kasvivalkuaisella voisi olla merkitystä valkuaisrehuvajeen korvaamisessa ja huoltovarmuudessa. Suomi on eläinrehuna käytettävän täydennysvalkuaisen alituotantomaa, kuten koko EU:kin. EU:n komissio toteaa, että lihaluujauhon käyttökiellosta aiheutuva valkuaisvaje on edullista kattaa pääasiassa soijan lisätuonnilla. Tarvittava määrä on helposti saatavilla maailmanmarkkinoilta. Loput vajeesta voidaan kattaa lisäämällä viljan osuutta rehuissa.

3.4 CHP-teknologia

Mikro-CHP-yksikkö on lämpövoimakone, jolla tuotetaan sähköä generaattorin avulla ja jonka hukkalämpö otetaan talteen ja voidaan käyttää esim. biokaasureaktorin lämmittämiseen, tilan sisälämmitykseen ja tilan lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Lämpöä voidaan käyttää myös kuivaukseen, viilennykseen, veden puhdistukseen ja kosteuden säätöön, jolloin korvataan sähkön käyttöä kyseisissä sovellutuksissa.

Lämpövoimakone voi olla tavallinen sisäisesti lämmitettävä mäntämoottori, joita autoissa käytetään (tosin hieman muunneltu), siis otto-, diesel- tai wankel-moottori. Se voi olla myös ulkoisesti lämmitettävä mäntämoottori, kuten stirling- tai höyrykone, tai se voi olla mikroturbiini eli pieni kaasuturbiini, pieni höyryturbiini, pieni ORC-turbiini tai polttokenno, joiden kehitys ja kaupallistaminen on tällä hetkellä kovassa vauhdissa (Vartiainen & al., 2002).

Ulkomailla on markkinoilla lukuisia erilaisia mikro-CHP-laitoksia, jotka soveltuvat maatilakokoluokkaan. Suomen markkinoille ne ovat parhaillaan tulossa. Myös biokaasulla käyviä autoja on runsaasti ulkomaisten markkinoilla. Niitä on myyty yhteensä noin 2 miljoonaa kappaletta (pääosin maakaasukäyttöön). Esimerkiksi Ruotsissa on markkinoilla n. 20 erimerkkistä biokaasuautoa ja mm. Volvo valmistaa niitä. Nykyinen Suomen verotus tekee niiden hankinnasta ja käytöstä kalliin, vaikka ne ovat ympäristöllisesti ja päästökustannuksiltaan huomattavasti muita vaihtoehtoja edullisempia. EU:n kahden liikenteen biopolttoaineiden käyttöä edistävän direktiivin vuoksi Suomen on luovuttava nykyisistä veroesteistä niin biokaasun kuin kaikkien muidenkin liikenteen biopolttoaineiden tapauksessa (Rintala & al., 2002).

CHP-teknologioista tällä hetkellä kilpailukykyisimpiä ovat kaasu- ja dieselmoottorit. Myös mikroturbiinit ovat varteenotettava teknologia pienessä (alle 100 kW) kokoluokassa. Polttokennojen odotetaan nousevan merkittäväksi teknologiaksi pitkällä aikavälillä, jolloin niiden hinnan oletetaan laskevan kaupallisten sovellutusten mahdollistaessa massatuotannon. Kaikkien CHP-teknologioiden kasvukehitystä rajoittaa polttoaineen saatavuus ja hinta. Suomen oloissa merkittäväksi nousevat tulevaisuudessa biomassapohjaiset CHP-ratkaisut (Vartiainen, E. & al., 2002).

3.5 Vesi-, aurinko- ja tuulivoima

Vesivoiman yhteenlaskettu nimellisteho Suomessa oli vuoden 2001 alussa noin 3000 MW (*Tilastokeskus, 2001*). Tästä alle 1 MW:n minivesivoimaa oli noin 40 MW ja 1-10 MW:n pienvesivoimaa noin 284 MW (*Helynen & al., 1999*). Vuonna 2000 tuotettiin pien- ja minivesivoimaloissa yhteensä 1174 GWh, mikä vastaa suunnilleen vuosien 1990-1999 keskituotantoa (*Tilastokeskus, 2001*).

Suojelemattomissa vesistöissä on pien- ja minivesivoiman uudisrakennuspotentiaalia noin 460 MW. Lisäksi on vanhojen voimaloiden rakennusasteen noston sekä generaattorien ja turbiinien kunnostuksen ja uusimisen avulla saatavissa lisäkapasiteettia noin 320 MW. Vesivoimaloita joudutaan uusimaan keskimäärin noin 30 vuoden välein. (*Helynen & al., 1999*)

Vesivoimalan hyötysuhde riippuu jonkin verran käytettävästä tekniikasta. 1970-luvulta lähtien pienvesivoimaloissa on pääsääntöisesti käytetty vaak akselista Kaplan-putkiturbiinia, jonka hyötysuhde on noin 87-93 % (kun joen virtaama on 30-100 % maksimivirtaamasta) (*Oksanen, 1992*). Generaattorin hyötysuhteen ollessa 93-95 %, päästään noin 80-85 %:n kokonaishyötysuhteeseen. Kaplan-turbiinin hyvä hyötysuhde perustuu hyvään säädettävyyteen.

Pien- ja minivesivoiman kustannuksiin vaikuttaa ratkaisevasti sijoituskohte eli ovatko pato ja kanavat valmiiksi rakennettu vai ei. Vuosina 1980 - 1990 valmistuneiden laitosten kokonaiskustannuksista keskimäärin lähes 40 % muodostui padosta ja kanavista. Koneasemat ja rakenteet muodostivat noin neljänneksen kokonaiskustannuksista, niiden osuus on tosin laskenut ns. pakettiturbiinien myötä, jotka yksinkertaistavat rakennustöitä ja vähentävät kustannuksia. Turbiinin osuus kokonaiskustannuksista on 30-70 %. Pien- ja minivesivoiman investointikustannukset ovat luokkaa 1200 – 2000 eur/kW, käyttö- ja kunnossapitokustannukset 0,4-1,0 c/kWh ja tuotantokustannukset 2,5 – 4 c/kWh. Tällöin huipunkäyttöajaksi on arvioitu 4000 h:ksi ja käyttöikä 30 vuodeksi (*Oksanen, 1992*).

Aurinkoenergian avulla pystytään säästämään tyypillisessä pientalossa kolmasosa lämmitysöljyn kulutuksesta. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa onkin otettu tavoitteeksi vaatimaton 50 GWh:n vuosituotanto, joka edellyttää järjestelmän asentamista noin 16 000 asuntoon. Teoreettiseksi potentiaaliksi Suomessa arvioidaan kuitenkin 9–12 TWh. Aurinkosähkön tuotannossa käytetään aurinkopaneeleja sekä termisiä aurinkovoimaloita. Aurinkosähkön tuotanto sähköverkkoon on toistaiseksi Suomessa erittäin kallista, mutta sähköverkon ulkopuolella olevissa kohteissa kuten mökeillä aurinkopaneelit ovat usein jo nyt edullisin ratkaisu. Yli 40 000 suomalaista kesämökkiä onkin varustettu aurinkopaneelien.

Aurinkosähkö kehittyy ja halpenee nopeasti. Kapasiteetin kaksinkertaistamisen arvioidaan alentavan tuotantokustannuksia noin 20 %. Teollisuusmaiden aurinkosähkön tuotantokapasiteetti kymmenkertaistui vuosina 1992 – 2001 ja kasvuvauhdin arvioidaan pysyvän tulevaisuudessakin huikassa 30 %:ssa vuosittain. Alan teollisuuden oman arvion mukaan vuonna 2040 aurinkosähköllä voitaisiin kattaa neljännes maailman sähkökulutuksesta (*Vartiainen & al., 2002*).

Aurinkolämpöjärjestelmää voidaan maatilalla käyttää puulämmityksen rinnalla. Investointi aurinkojärjestelmään tulee sitä kannattavammaksi, mitä enemmän lämpöenergiaa maatilalla kesällä tarvitaan. Esimerkkejä käyttökohteista kesällä ovat pitkät maakanaalit yhdistettynä lämpimän käyttöveden kiertoön sekä karjan juomaveden lämmitys. (*Koneviesti 9/2000*).

Tuulivoima on investointivaltainen sähköntuotantomuoto. Vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat ainoastaan 2 %:n luokkaa investointikustannuksista. Investointikustannukset koostuvat tuulivoimalan hankintahinnasta, infrastruktuurista (tie, sähköverkko), voimalan kuljetus- ja pystytyskustannuksista sekä suunnittelukustannuksista. Käyttö- ja kunnossapitokustannukset koostuvat huolto- ja korjauskustannuksista, vakuutuksista sekä hallinta- ja valvontakustannuksista (Peltola & Holttinen, 2001).

Käytännössä tuulivoimalan roottorihyötysuhteet ovat maksimissaan 50 %:n luokkaa. Häviöitä syntyy mm. virtauksen turbulentsuudesta sekä lapaprofiiliin ja roottorin pyörimisnopeuden epäoptimaalisuudesta. Roottorin lisäksi hyötysuhdehäviöitä syntyy mekaanisessa voimansiirrossa, generaattorissa, muuntajassa ja kaapeleissa, mutta nämä eivät ole kovin merkittäviä. Vuositasolla tuulivoimalan keskihyötysuhteen ratkaisee, kuinka hyvin voimala on optimoitu kyseiseen sijoituspaikkaan. Koska tuulivoimalan tuottama teho riippuu voimakkaasti tuulen nopeudesta, on voimalan tuotantoa arvioitaessa oleellista selvittää tuulen nopeuksien tilastollinen jakauma ja ajalliset vaihtelut kyseisessä kohteessa.

Tuotantokustannukset riippuvat ratkaisevasti voimalan teknisestä käytettävyydestä sekä tuulisuusoloista. Yleensä 2-5 vuoden takuuajalle taataan 95-97 %:n käytettävyys, joka todennäköisesti alenee voimalan ikääntyessä. Useissa kansainvälisissä tutkimuksissa 20 vuoden käyttöikää pidetään realistisena, vanhimmat tanskalaiset voimalat ovat jo ylittäneet tämän. Voimalan tuottamaa sähkömäärää tarkastellaan yleensä huipunkäyttöajan (vuosituotanto/nimellisteho) avulla. Suomen oloissa huipunkäyttöaika on rannikoilla ja saaristossa hyvissä kohteissa 1800-2500 h/a, tuntureilla ja merellä voidaan päästä jopa 3000 h/a tasolle. (Motiva, 1999). Maatilasovelluksissa huipunkäyttöaika olisi selvästi alhaisempi.

Suomessa 1990-luvun alussa rakennettujen ensimmäisten tuulivoimaloiden nimellisteho oli vain 200-300 kW. Uusimpien Suomessa rakennettujen tuulivoimalayksiköiden nimellisteho on vaihdellut 600 ja 1300 kW:n välillä (Peltola & Holttinen, 2001). Kehitys on kulkenut jatkuvasti kohti suurempia yksikkökokoja, koska investointikustannukset/kW pienenevät yksikkökoon kasvaessa. Lisää kustannussäästöjä saadaan rakentamalla useamman voimalan tuulipuistoja. Tällä hetkellä Euroopassa rakennetaan yleisesti jo 2 MW:n voimaloita ja markkinoiden suurin voimala on 2,5 MW. Toistaiseksi kiinnostus yksittäisiin maatilakohtaisiin tuulimyllyihin on ollut hyvin laimeata, vaikkakin sellaisia käytettiin jo muinoin mm. kastelutarkoituksiin ja viljan jauhatukseen.

3.6 Maalämpö

Lämpöpumpulla otetaan energiaa maasta, vedestä, kalliosta tai ilmasta. Pumppu kuluttaa sähköä, mutta tuottaa lämpöä suunnilleen kolme yksikköä jokaista käytettyä sähköyksikköä kohti. Parhaimmillaan ilmalämpöpumpulla voi vähentää lämmitys-sähkön kulutusta 40 % ja maalämpöpumpuilla päästään jo 60 – 80 %:iin. Maalämpöpumput sopivat erityisesti uusien talojen lämmitysratkaisuksi, kun taas ilmalämpöpumput ovat edullisin ratkaisu suoraa sähkölämmitystä käyttäville vanhoille taloille (Motiva, 2004)

Maalämpöjärjestelmän maaputkiston suunnittelu vaatii ammattitaitoa. Oikein mitoitettu ja asennettu maaputkisto ei häiritse kasvillisuutta asentamisen jälkeen. Nykyisin lämpöpumpuissa käytetään ympäristöystävällisiä kylmäaineita, jotka eivät tuhoa ilmakehän otsonikerrosta. Lämmön siirtoaineena käytetään teollisuusalkoholia.

Järjestelmän nestekierto on suljettu, minkä ansiosta se ei aiheuta päästöjä ympäristöön.

Lämpöpumppua ei normaalisti mitoiteta kattamaan rakennuksen koko lämmitysenergiantarvetta, koska tällöin käyttöaste jäisi liian alhaiseksi, jotta investointi olisi kannattava. Lämpöpumpun tehon ylittävä osa tuotetaan jollakin lisälämmönlähteellä, kuten sähkövastuksella, öljykattilalla tai tulisijalla.

Lämpöpumppu kannattaa mitoittaa noin 40-60 % rakennuksen mitoitustehosta, jolloin pystytään tuottamaan 80-90 % vuotuisesta lämmitysenergiantarpeesta. Koska lämpöpumpun investointikustannus lämmitysteknologiaa kohti kasvaa merkittävästi lämpöpumpun tehon pienentyessä, on investointi sitä kannattavampi mitä suurempi on rakennuksen vuotuinen lämmitysenergiantarve. Pinta-alaltaan 100 - 150 m²:n talossa lämpöpumpun teho on 3,5 - 5,0 kW. Pintamaa-asennuksessa tarvitaan 200 - 400 m keruuputkistoa, joka mahtuu 300 - 1000 m²:n pinta-alalle. Tyypillisesti talon ja käyttöveden lämmitykseen kuluu sähköä vuodessa 5000 - 9000 kWh eli kolmannes siitä, mitä vastaavassa sähkölämmitteisessä talossa kulutetaan (*Motiva, 2004*).

Lämpöpumppujen tyypilliset investointikustannukset ovat 900 – 1800 eur/kW, käyttö- ja kunnossapitokustannukset 0,2 – 0,6 c/kWh ja tuotantokustannukset 4 – 8 c/kWh. Investointi on tällöin laskettu lämpöteholle, josta noin kolmannes on lämpöpumpun tarvitsemaa ulkopuolista tehoa. Käyttö- ja ylläpito- sekä tuotantokustannukset on laskettu saadulle nettoenergialle .

Suomessa maalämmön käyttö on toistaiseksi vähäistä. Vuonna 2001 Suomessa myytiin 2866 lämpöpumppua, joista maalämpöpumppuja oli 1477 kpl. Lämpöpumppuyhdistykseen kuulumattomat toimittajat huomioiden lämpöpumppujen kokonaisyntymäärä oli yli 3 000 kpl. Suomessa oli käytössä vuoden 2000 lopussa 27 500 lämpöpumppua. Omakotitalorakentajista jo yli 15 % valitsi vuonna 2001 talonsa lämmitysmuodoksi joko maa- tai poistoilmalämpöpumpun. Öljylämmityksen valitsi enää 5 %. Vuoden 1996 omakotitalon rakentajista öljylämmityksen valitsi yli 20 % ja lämpöpumppulämmityksen vajaan 2 % (*SULPU, 2004*).

Ruotsissa korvataan sähkö tai öljylämmitystä vuosittain 15 000 lämpöpumpulla. Viime vuonna maalämpöpumppuja oli jo yli 400 000 ja ne tuottivat lämpöä yhteensä 27 TWh, mikä vastaa kolmen ydinvoimalan vuosituotantoa. Jo 90 %:iin ruotsalaisista omakotitaloista rakennetaan lämpöpumppu, puoleen niistä maalämpöpumppu. EU:n ”SAVE”-tutkimusohjelmassa lämpöpumppujen käytölle on asetettu verrattain korkeat tavoitteet: alueen 150 miljoonasta asunnosta tulee lämmittää lämpöpumpuilla 4 % vuonna 2010 ja jo yli 10 % vuonna 2020. Tästä koitua energiansäästö olisi 40 TWh vuonna 2010 ja 100 TWh vuonna 2020 (*Motiva, 2004*).

Miten yleisessä käytössä lämpöpumput maataloilla ovat ei voitu kartoittaa tämän esiselvityksen puitteissa, mutta potentiaalia löytyy niin asuintalojen kuin eläintilojen lämmitykseen. Eläinten lannasta ja muista maatalousjätteistä kehittyvää lämpöä pitäisi hyödyntää tehokkaasti lämpöpumppujen avulla.

4 MAATILAT ENERGIAN TUOTTAJINA

Vaikka maatalous energiankuluttajana on koko maan mittakaavassa pieni, voi se nousta merkittäväksi energiantuottajaksi perustuen juuri uusiutuviin energialähteisiin. Tällöin energiaa voitaisiin myydä myös kaupunkien tarpeisiin, esimerkiksi taajamien läheisyydessä sijaitsevien tilojen tuottamaa energiaa voitaisiin hyödyntää kaukolämpönä. Maataloustuotantoon kohdistuvien paineiden edessä viljelijät joutuvat kehittämään uusia selviytymiskeinoja ja elinkeinomahdollisuuksia, joiden seassa uusiutuvan energiantuotannon asema voi muodostua merkittäväksi. (Huttunen, 2003).

Maaseudun energiantuotannon vaihtoehdot liittyvät kiinteästi yleiseen valtakunnassa harjoitettuun energia- ja maaseutupolitiikkaan. Jotta uudet tuotantomuodot saataisiin kannattaviksi, vaaditaan tukitoimia ja panostusta. Näin saataisiin myös huomioitua ulkoiskustannuksia, fossiilisten energialähteiden aiheuttamia ympäristö- ja terveyshaittoja, jotka nykyisillä energiamarkkinoilla pitkälti jäävät huomioimatta. (Huttunen, 2003).

Peltopohjaisten biopolttoaineiden tuotannon kannattavuuteen vaikuttavat merkittävästi viljeltävien kasvien saamat tuotantotuet, jotka vaikuttavat suoraan näiden kasvien viljelystä saataviin tuloihin ja edelleen kasvin kilpailukykyyn verrattuna muihin viljelykasveihin. (MMM, 2004)

Maataloustuotannon nykyinen tukijärjestelmä Suomessa jakaantuu kolmenlaisiin tukiin: EU:n kokonaan rahoittamiin tukiin, EU:n osin rahoittamiin tukiin sekä kokonaan kansallisin varoin rahoitettaviin tukiin. Tärkein käytössä olevista Euroopan unionin kokonaan rahoittamista tukimuodoista on n.s. CAP-tuki. Vuoden 2006 alusta Suomessa voimaan astuvan tilatukiuudistuksen seurauksena tilanne EU-tukien saannissa muuttuu oleellisesti. Tuotannon harjoittamisvaatimus tuen saamisen ehtona poistuu. Tuen saadakseen viljelijän tulee jatkossa täyttää tietyt perusvaatimukset, joihin kuuluvat mm. viljelylohkon viljelykunnan ylläpito sekä tiettyjen ympäristönhoitomääräysten noudattaminen. Viljelykasvin viljelijä voi valita suhteellisen vapaasti. Tukeen liittyy velvoitekesannointi. EU:n osittain rahoittamia tukia ovat luonnonhaittakorvaus (LFA) sekä maatalouden ympäristötuki (MMM, 2004)

Kansalliset tuet maksetaan kokonaan kansallisista varoista, mutta niiden tukijärjestelmille ja maksuperusteille on haettava hyväksyntä Euroopan unionilta ennen tukijärjestelmän täytäntöönpanoa. Maataloustuotannolle maksettavia kansallisia tukia ovat mm. pohjoinen hehtaarituki, yleinen hehtaarituki ja nuorten viljelijöiden tuki. Tuet ovat yksikkökohtaisia, ne siis maksetaan tietyn suuruisina tuotantohehtaaria kohden. (MMM, 2004)

Energiakasvien tuotannolle on vuoden 2004 alusta alkaen maksettu pinta-alaperusteista lisätukea 45 euroa/ha ja EU:n maksimituotantoalaksi on asetettu 1,5 milj. hehtaaria. Tukea maksetaan vain tuotannolle, josta on tehty sopimus energiantuotantolaitoksen kanssa. Lisätuen ja pienemmän laaturiskin vuoksi öljykasvien tuotanto energiataroituksiin voisi olla viljelijälle houkuttelevampi vaihtoehto kuin viljely elintarvikekäyttöön. Mikäli öljykasveille avautuu Suomessa laajempia markkinoita esimerkiksi biodieselin tuotannossa, saattaa tuotanto elintarvikekäyttöön kuitenkin vaarantua. (MMM 2003, 2004)

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän esiselvitystyön tavoitteena on ollut kartoittaa energiankäyttöä, sen jakaumaa sekä uusiutuvien energiavarojen hyödyntämispotentiaalia suomalaisilla maatiloilla. Ensisijaisesti on pyritty kartoittamaan tilakohtaista energian kulutusta ja käyttökohteita eri tuotantosuurteiden sisällä. Tietoa on haettu niin kirjallisuudesta kuin tilakäynneilläkin. Tilakäynneillä haluttiin myös saada alustava käsitys siitä, kuinka hyvin maanviljelijät itse tuntevat tilansa energia-asiat.

Raportissa maatilan energiankäyttömuodoista on tarkasteltu lämpöä, polttonesteitä sekä sähköä. Uusiutuvista energiamuodoista on käsitelty puuenergiaa (metsähake, pelletit, brikitit sekä pilke), biokaasua, peltobiomassaa (ruokohelpi ja kasviöljypohjaiset biopolttoaineet), vesi-, aurinko- ja tuulivoimaa sekä maalämpöä. Epäsuora energiankulutus on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle, samoin kuin luonnonmukaisen tuotannon energiankulutus ja erilaiset kotieläintalouden pihatto- ja ulkokasvatusratkaisut. Myöskään kasvihuonetiloja tässä työssä ei tarkasteltu.

Suomessa maatilojen lukumäärä on EU-jäsenyyden aikana vähentynyt yli kolmen prosentin vuosivauhtia, kotieläintaloudessa vielä tätäkin nopeammin. Suhteellisesti eniten tilat ovat vähentyneet Itä-Suomessa ja vähiten Pohjois-Suomessa. Tilojen keskip koko on ns. aktiivitilojen osalta suurentunut 38 %, lähinnä peltoa vuokraamalla. Viljeltyä peltopinta-alaa (kesanto mukaan lukien) oli vuonna 2004 noin 2,2 miljoonaa hehtaaria, ollen noin 7,3 % Suomen maapinta-alasta. Ennen EU-jäsenyyttä Suomessa oli yli 100 000 maatilaa, joiden keskip koko oli alle 23 hehtaaria. Vuonna 2004 Suomessa oli enää 71 000 maatilaa, joiden keskipinta-ala oli 31,5 hehtaaria. Näistä maatiloista 25 % (17 400 kpl) oli lypsykarjatiloja, 5 % (3400 kpl) sianlihan tuotantoon erikoistuneita tiloja, 6,5 % (4640 kpl) naudanlihantuotantoon erikoistuneita tiloja ja 1 % (900 kpl) siipikarjatiloja. Kasvinviljelytiloja oli 41 200 kpl eli noin 58 % tukeaa saaneista tiloista.

Koko maa- ja metsätalouseläntaloudella energian loppukulutus oli Suomessa vuonna 2003 27 197 TJ, josta 20 790 TJ (76 %) oli tuotettu öljytuotteilla. Loppukulutuksesta 4800 TJ (18 %) oli tuotettu puulla. (Tilastokeskus, 2004). Makrotasolla tarkasteltuna kuivureissa ja maatalouskoneissa käytettiin kevyttä polttoöljyä vuonna 2003 yhteensä 317 000 t ja raskasta polttoöljyä yhteensä 53 000 t. Sähköä maataloustuotannossa vuonna 2003 käytettiin 860 GWh, joka oli noin yksi prosentti Suomen kokonaiskulutuksesta.

Maatiloilla energiaa tarvitaan asuin-, kotieläin- ja muiden tuotantorakennusten lämmittämiseen ja ylläpitoon, viljan ja rehun kuivaamiseen, peltotyöhön sekä muuhun tuotantoon tukevaan työhön kuten kasteluun, lypsykoneisiin, ilmastointiin, jäähdytyslaitteisiin, ruokintalaitteisiin sekä lannanpoistojärjestelmiin. Polttoöljyä käytetään maataloustraktoreissa ja -koneissa sekä viljan kuivaamiseen kuivureissa. Myös tuotantorakennusten lämmittämiseen käytetään melko yleisesti polttoöljyä. Puuenergiaa puolestaan käytetään lähinnä asuinrakennusten lämmittämiseen. Joskin puuenergian käyttö jo nyt on melko yleistä vaikuttaa siltä, että lisäysoientiaalia vielä löytyy. Tärkein tekijä, joka vaikuttaa energialähteen ja lämmitysjärjestelmän valintaan näyttää olevan järjestelmän toimintavarmuus.

Maatilatasaolla energiankulutuksesta löytyy melko vähän tilastoitua tietoa. Viime vuosina on kuitenkin tehty joitakin alueellisia kyselytutkimuksia, joiden perusteella maatilojen energian käyttöä ja energialähteitä on kartoitettu. Keskimääräiseksi vuotuiseksi tilakohtaiseksi sähkönkulutukseksi on arvioitu 10 000 – 20 000 kWh/v, hajonnan kuitenkin ollessa melko suuri.

Peltotyön osuus maatilan energiankulutuksesta korostuu **viljailloilla**. Arvioitu polttoöljyn kulutus hehtaaria kohti on 45 – 110 l/ha sisältäen kaikki toiminnot kynnöstä viljan paalaukseen. Kyntämiseen menee suhteessa eniten energiaa, mutta suorakynnöllä energiankulutusta voidaan pienentää merkittävästi. Nurmirehun korjuuseen on arvioitu kuluvan yhteensä 35 – 50 l polttoöljyä/ha.

Vaikka suurin osa viljasta menee tuotantoeläinten rehuksi, eivät vaihtoehtoiset säilöntämenetelmät, kuten esimerkiksi viljan tuoresäilöntä, ole saaneet kannatusta. Näin ollen vilja kuivataan useimmiten siilotyyppisissä lämminilmakuivaamoissa. Polttoaineena lämminilmakuivureissa on lähes aina öljy. Kuivurin lämmönkulutus riippuu kuivattavasta viljamäärästä sekä viljan kosteudesta. Suomalaisella maatilalla tehdyt mittaukset osoittavat, että viljan kuivaaminen 30 °C tavanomaista korkeammassa lämpötilassa vähentää kuivurin polttoaineenkulutusta 10 – 15 % sekä lisää kuivauskapasiteettia 7 %. Kuivurin polttoaineena voisi öljyn sijasta hyvin käyttää joku uusiutuva energianlähde. Polttoaineen lisäksi kuivurissa tarvitaan kuitenkin myös sähköä. Sähköä kuluu myös kuivaamon kiinteissä laitteissa, joita ovat mm. kuljettimet, esipuhdistin, puhallin, savukaasuimuri, pölynimuri ja valaistus.

Nautakarjatilalla energiamenekki on viljatilain tyyppinen peltoviljelyn osalta, mutta tämän lisäksi nautakarjatilalla on navetassa runsaasti energiaa vaativaa konekantaa. Sähköä kuluu navetassa eniten veden lämmitykseen, lypsykoneeseen ja sen pesuun sekä maidon jäähdytykseen tankissa. Lisäksi navetassa tarvitaan sähköä lähinnä ilmastointiin, valaistukseen ja lantakoneeseen. Eräiden laskelmien mukaan navetassa kuluu arviolta 0,08 – 0,12 kWh sähköä tuotettua raakamaitokiloa kohti.

Sikalat rakennetaan yleensä betonirakenteisena ja niitä lämmitetään. Porsitussikalassa peruslämpö tuotetaan keskuslämmityksellä, putkipattereiden sijoituessa seinille. Porsituskarsinassa käytetään lattialämmitystä. Yleisvalaistus on 100 luksia, mutta porsitus- ja astutusosastoilla valaistukseksi tarvitaan 300 – 400 luksia emakoiden tiinehtyvyyden takaamiseksi. Yleisin lantajärjestelmä sikaloissa on lietelantajärjestelmä ja yleisin ilmanvaihtojärjestelmä alipaineilmanvaihto. Lämmön talteenotto ei ole yleisesti käytössä, joskin sitäkin käytetään. Myös tuloilman esilämmitystä käytetään esim. ottamalla tuloilma välikaton kautta tai lattian alta ja tällä järjestelmällä energiansäästö-potentiaali on arvioitu 25 – 50 %:ksi. MTT on arvioinut tyyppillisen sikalan kokonaisenergiankulutukseksi 710 GJ/a, josta 55% on lämmityksen osuus, 20% rakentamisen osuus ja loput on muihin toimintoihin tarvittava energia

Kanalarakennukset ovat aina lämpöeristettyjä ja niissä tarvitaan kiinteät lämmitysjärjestelmät. Yleensä kanalan lämmitys on vesikeskuslämmitys ja lämmönlähteenä käytetään sähköä, öljyä tai puuta. Yleisin ilmanvaihtomenetelmä munituskanaloissa on alipaineilmanvaihto. Ilmanvaihtoteho on tyyppillisesti 6 – 8 m³/h kanaa kohden. Energiankulutus munivaa kanaa kohti on arvioitu olevan 5 kWh sähköä ja 0,7 l kevyttä polttoöljyä vuodessa. Vastaava energiankulutus **broilerin-kasvatuksessa** on 0,5 kWh sähköä ja 0,28 l kevyttä polttoöljyä untuvikkoa kohden. Suurimmat energiansäästöpotentiaalit näyttävät olevan ilmastointijärjestelmässä.

Kaikilla eri tuotantosuuntia edustavilla esimerkkituloilla, joissa vierailtiin oli koko tilan energiankulutus kohtalaisen hyvin tiedossa. Tarkempia kulutuskohteita sähkölle oli tiloilla kuitenkin vaikeampi erotella. Saman mittarin takana olivat usein sekä asuinrakennus että tuotantotilat. Esimerkiksi kuivurin sähkönkulutusta voitiin haarukoida vain taulukkoarvojen avulla. Myös lannan tuotantoa arvioitiin virkamiesten asettamien taulukkoarvojen perusteella, tai taulukkoarvoihin perustuvan lantalan koon perusteella. Öljynkulutus myös käyttökohteittain oli kuitenkin hyvin tiedossa. Samaten isännillä oli erityisen hyvin tiedossa puuenergian kulutus. Tämä ehkä siksi,

että puutalkoista on muodostunut rutiini, joka liittyy kiinteästi vuodenvaihtoon ja toisaalta siksi, että puuenergiolla on maaseudulla hyvin pitkät perinteet.

Taulukossa 4 esitetään kyseisten tilojen energiankäyttötietoja sekä eri energiankulutuskohteiden tunnuslukuja. Liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä energiankulutuksesta ei voida tehdä näiden yksittäisten esimerkkitulojen tietojen perusteella, mutta ne antavat hyviä osviittoja suurimmista energiankulutuskohteista, joihin tulisi panostaa etsittäessä fossiilisen energian korvaus- ja/tai säästökohteita. Taulukossa esitetyt luvut ovat hyvässä sopusoinnussa kirjallisuudessa julkaistuihin energiankulutuslukuihin.

Taulukko 4: Esimerkkitulojen energiankulutus

Tilatyypin / Energiakulutuskohteiden ja -määrä	Kokonais- energiakulutus MWh/a	Sähkön kulutus MWh/a (osuus)	Sähkön kulutus (MWh/ha/a)	Asuinrakennuksen lämmitys kWh/m ² /a	Peltotyö kWh/ha/a	Viljan kuivaus MWh/a (sähkön osuus)	Eläinsuojat kWh/m ² /a (sähkön osuus)	Muu energiakulutus MWh/a
Viljatalo	290	12 (4%)	1,7	215	620	120 (9%)		2
Lypsykarjatalo	150	30 (20%)	2,4	250	890	43 (8%)	61 (100%)	
Sikatila	975	400 (40%)	3,9	300	620	180 (20%)	105 (70%)	98
Kanatalo	180	30 (17%)	2,9	300	260	32 (0)	57 (60%)	
Broilitalo	305	65 (21%)	2,1	160	480	110 (10%)	55 (60%)	

Biokaasu on suomalaisessa maataloudessa pitkälti vielä hyödyntämätön energialähde. Ensimmäiset maatilakohtaiset biokaasulaitokset perustettiin 1980-luvulla, mutta useimpien toiminta lopetettiin mm. toimintahäiriöiden vuoksi. Nyttemmin kiinnostus maatilakohtaisiin biokaasulaitoksiin on jälleen noussut ja vuoden 2003 lopussa Suomessa oli toiminnassa ainakin kuusi maatilakohtaista biokaasulaitosta. Näiden laitosten yhteenlaskettu tuotantomäärä oli vuonna 2002 0,15 miljoonaa m³ biokaasua. Suomessa lannan kokonaisbiokaasupotentiaali on arvioitu 7 000 MJ:ksi, kun vastaava luku Saksassa on 96,5 PJ. Biokaasulaitoksia Saksassa on jo 1800.

Biokaasun edut maatilalle ovat moninaiset: Maatalo voi biokaasun avulla olla täysin omavarainen sähkön, lämmön ja työkoneiden polttoaineiden suhteen. Biokaasusta saatua energiaa voi riittää jopa myyntiin tilan ulkopuolelle. Tämän lisäksi biokaasutusprosessin läpikäyneen lannan laatu paranee, koska prosessissa lannan ravinteita muuttuu liukoiseen muotoon. Lisäksi lannan hygieninen laatu paranee, kasvitoksiset yhdisteet ja metaanipäästöt vähenevät ja lannan haju vähenee huomattavasti.

Suomessa kuitenkin suurin osa karjatalouden tuottamasta lannasta on nautanlantaa, jonka kaasuntuotokyky on pieni sianlantaa verrattuna. Kun lehmänlannan metaanintuotopotentiaali on 10 – 20 m³/t 'tyypillisessä kosteudessa', niin sianlannan potentiaali on 20 – 25 m³/t. Erilliskerätyn biojätteen metaanintuotopotentiaali taas voi olla jopa 100 – 150 m³/t. Lisäksi tuotantoyksiköt nautakarjataloudessa ovat vielä kohtalaisen pieniä. Jotta biokaasuntuotanto olisi taloudellisesti kannattavaa, tulisi biokaasureaktorissa käsitellä ainakin 100 nautan tuottama lanta. Tällaisia nautakarjataloja oli Suomessa vain noin 280 kappaletta vuonna 2004. Huomattavasti kannattavammaksi toiminta muuttuisi, mikäli käsiteltävä lietemäärä olisi 5000 – 15 000 m³ (200 – 600 nautan lanta). Sikataloudessa sen sijaan biokaasun tuotantopotentiaalia löytyy enemmän. Vähintään 5000 m³ lantaa tuottavia sikataloja (vähintään 2000 lihasikaa) oli vuonna 2004 noin 450 kappaletta.

Vaikka maatalous energiankuluttajana on koko maan mittakaavassa pieni, voi se nousta merkittäväksi energiantuottajaksi perustuen juuri uusiutuviin energialähteisiin. Tällöin energiaa voitaisiin myydä myös kaupunkien tarpeisiin, esimerkiksi taajamien

läheisyydessä sijaitsevien tilojen tuottamaa energiaa voitaisiin hyödyntää kaukolämpönä.

Teknisesti olisi mahdollista rakentaa Suomeen peltopohjaisiin raaka-aineisiin perustuvat uudet **etanoli- tai biodiesel**tehtaat. Suomessa voitaisiin kesantopeltoja hyödyntäen tuottaa joko viljaetanolia tai RME:tä. Tuotantomääriä rajoittaa suurien tukitarpeiden lisäksi viljelytekniset rajoitukset, esim. rypsin vuoroviljely. Viljelyalojen perusteella arvioituna tuotanto voisi olla 50 000 - 100 000 toe/a. Viljelykasvi-pohjaisen etanolin ja biodieselin taloudellisia tuotantomahdollisuuksia kotimaisista raaka-aineista pidetään kuitenkin aika huonoina. Kustannustehokkaampi peltojen "non-food"-vaihtoehto olisi todennäköisesti ruokohelven viljely kiinteäksi polttoaineeksi sähkön ja lämmön tuotantoon.

CHP-teknologioista (yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto) tällä hetkellä kilpailukykyisimpiä ovat kaasu- ja dieselmoottorit. Myös mikroturbiinit ovat varteenotettava teknologia pienessä (alle 100 kW) kokoluokassa. Polttokennojen odotetaan nousevan merkittäväksi teknologiaksi pitkällä aikavälillä, jolloin niiden hinnan oletetaan laskevan kaupallisten sovellutusten mahdollistaessa massatuotannon.

Tulevaisuudessa maataloustuotannon alueellisen keskittymisen odotetaan jatkuvan ja tilojen määrän vähenevän. Vuoteen 2016 mennessä tilojen määrän odotetaan puoliintuvan noin 39 000 tilaan. Jäljelle jäävien tilojen odotetaan panostavan uuteen teknologiaan ja mm. uusiutuvien energialähteiden osuuden oletetaan nousevan noin 30 prosenttiin. Näköpiirissä myös on, että moni tila siirtyy viljelemään energiakasveja viljan sijasta ja tilat tulevat paremmin hyödyntämään maataloustoiminnassa syntyviä jätteitä omavaraiseen energiantuotantonsa.

Maaseudun energiantuotannon vaihtoehdot liittyvät kiinteästi yleiseen valtakunnassa harjoitettuun energia- ja maaseutupolitiikkaan. Jotta uudet tuotantomuodot saataisiin kannattaviksi, vaaditaan tukitoimia ja panostusta. Näin saataisiin myös huomioitua ulkoiskustannuksia, fossiilisten energialähteiden aiheuttamia ympäristö- ja terveyshaittoja, jotka nykyisillä energiamarkkinoilla pitkälti jäävät huomioimatta.

6 KIRJALLISUUSVIITTEET

- Aro-Heinilä, E. 2002.** Joulukinkun ekotehokkuus – Tavanomaisen ja luonnonmukaisen tuotannon ekologinen selkäreppu sekä energiankulutus Etelä-Suomessa ja Tanskassa. MTT:n selvityksiä, nro 25, 85 s.
- Conforti, P. & Giampietro, M. 1997.** Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65 (1997), p. 231-243
- Dalgaard, T., Halberg, N. & Porter, J.R. 2001:** A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 51-65.
- Grönroos, J. & Voutilainen, P. 2001.** Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö – Inventaarioanalyysin tulokset. Suomen Ympäristökeskus 231, 65 s.
- Halonen, P., Helynen, S., Flyktman, M., Kallio, E., Kallio, M., Paappanen, T. & Vesterinen, P. 2003:** Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset. VTT Tiedotteita 2219. Espoo. 57 s.
- Huttunen, S. 2003:** Paikallista kestäväää energiaa – uusituvan energian mahdollisuudet maataloilla. Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 80. 64 s. Saatavilla osoitteessa: http://www.chem.jyu.fi/ue/frame_left/Maataraportti.pdf
- Hytönen, J. 2005.** Use of agricultural plant based biomasses and residues in energy production in Scandinavian area. 16 s.
- Jouhiaho, A. (toim.): 2004:** Pilkkeen kaupallinen tuotanto. Työtehoseuran julkaisuja 392. Helsinki. 115 s.
- Kallio, M. & Alakangas, E. 2002:** Puubrikettien tuotanto ja käyttö Suomessa. OPET Finland raportti 8. Jyväskylä. 39 s.
- Kantola, M. 1961:** Polttohakkeen nykykäyttö keskuslämmitysrakennuksissa. Työtehoseuran julkaisuja 93. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu 129.
- Koneviesti 9/1999.** Puubriketti palaa maatilan lämpökeskuksessa.
- Koneviesti 9/2000.** Puuenergia myötätulessa.
- Kuittinen, V. & Huttunen, M. 2004:** Suomen biokaasulaitosrekisteri VII. 28 s. Saatavilla osoitteessa: <http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/docs/rek7.pdf>
- Kärhä, K., Jouhiaho, A. & Mutikainen, A. 2003:** Pilkekonetyön tuottavuus, kustannukset ja kuormittavuus. Työtehoseuran raportteja ja oppaita 4. Helsinki. 51 s.
- Käytännön Maamies 8/2005.** Viljelijät innostuivat helpistä.
- Lampinen, A. 2004.** Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen perusteet. *Dimensio* 3/2004, 6 s.

- Maatilan Pirkka 4/2003.** Kuivattu hake säästää energiaa.
- Massa, I. Sairinen, R. & Itkonen, L.** 1987: Energiahuollon vaihtoehdot ja maaseutu. Kolme näkökulmaa. Helsingin yliopiston Sosiaalipolitiikan laitoksen työraportteja 6. 125 s.
- Mikkola, H., Puumala, M., Kallioniemi, M. Grönroos, J., Nikander, A. & Holma, M.** 2002: Paras käytettävissä oleva tekniikka kotieläintaloudessa. Suomen ympäristö 564. Helsinki. 163 s.
- MMM** 1998: Maatilan lämpöhuolto, asuinrakennusten lämmitys ja ilmanvaihto C2.1. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja –ohjeet. Liite 9 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01). Saatavilla osoitteessa: http://www.mmm.fi/maatalous_maaseudun_kehittaminen/maaseudun_rakentaminen/maatilarakentaminen/Uudet/L10-rmoC22-01.pdf
- MMM** 1998: Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto C2.2. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja –ohjeet. Liite 10 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01). Saatavilla osoitteessa: http://www.mmm.fi/maatalous_maaseudun_kehittaminen/maaseudun_rakentaminen/maatilarakentaminen/Uudet/L10-rmoC22-01.pdf
- MMM** 2001a: Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja ohjeet, MMM-RMO-C2.2, Liite 10: Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Saatavilla osoitteessa: http://www.mmm.fi/maatalous_maaseudun_kehittaminen/maaseudun_rakentaminen/maatilarakentaminen/Uudet/L10-rmoC22-01.pdf
- MMM** 2001b: Maatalouden kehitysarvio kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Työryhmämuistio MMM2001:2. Helsinki. 48 s. Saatavilla osoitteessa: http://www.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuistiot/2001/tr2001_2.pdf Viitattu 27/7/2005
- MMM** 2003. Öljykasvistrategia. Työryhmämuistio, MMM 2003:8, Helsinki
- MMM** 2004: Peltobiomassa, liikenteen biopoltonesteet ja biokaasu –jaosto, väliraportti. Työryhmämuistio 2004:11. Helsinki. 53 s. Saatavilla osoitteessa: http://www.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuistiot/2004/trm2004_11.pdf
- Motiva.** 1999 & 2004. Motivan tiedotteita. <http://www.motiva.fi>
- Mäkelä, J. & Simsiö, M.** 1978: Maatilat vastaavat hakekyselyyn. Teho 3/1978.
- Mäkinen, T., Nylund, N-O. & Sipilä, K.** 2005. Liikenteen biopoltoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa - taustaselvitys. VTT Tiedotteita 2288, VTT Prosessit, Espoo, 2005. 102 s.
- Neste Oil** 2005. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,63,310,3718> Viitattu 2/8/2005
- Niemi, J. & Ahlstedt, J.** (toim.) 2005: Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2005 – kymmenen vuotta Euroopan Unionissa. MTT Taloustutkimus. Julkaisuja 105. 94 s.

- Nyholm, A.-M., Risku-Norja, H. & Kapuinen, P.** 2005: Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus. MTT:n selvityksiä 89. Verkkojulkaisu. Saatavilla osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts89.pdf>
- Palonen, J. & Oksanen, E.** 1993: Labour, machinery and energy data bases in plant production. Työtehoseuran julkaisuja 330. 106 s.
- Peltola, A.** 1989: Viljankuivauksen energiankulutus ja sen vähentämismahdollisuudet. Työtehoseuran maataloustiedote 11/1989. Helsinki. 5 s.
- Peltola, A.** 1997: Viljaa kierrättävän lämminilmakuivurin säädöt. Kuivausilman lämpötilan ja massavirtauksen sekä viljan kierrätyksen vaikutus viljaa kierrättävän sekavirtaustyyppisen lämminilmakuivurin tehoon ja kuivauksen energiankulutukseen. Työtehoseuran julkaisuja 355. Helsinki. 156 s.
- Peltola, E. & Holttinen, H.** , 2001. Tuulivoimanmarkkinat suomalaisen teknologuviennin kannalta. VTT Energia raportteja 45/2001.
- Pervanchon, F., Bockstaller, C. & Girardin, P.** 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems* 72 (2002), pp 149 -172
- Pipatti, R., Tuhkanen, S., Mälkiä, P. & Pietilä, R.** 2000. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus. VTT Julkaisuja 841, 75 s.
- Puumala, M. & Grönroos, J.** 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen – Toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Suomen ympäristökeskus (SYKE), 708, 156 s.
- Puumies 8/1999.** Vientipellettituotannon kannattavuus epävarmaa Pohjois-Karjalassa.
- Rikkonen, P.** 2005: Tulevaisuudenkuvia Suomen maataloudesta vuoteen 2025. Teoksessa: Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.) 2005: *Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2005 – kymmenen vuotta Euroopan Unionissa*. MTT Taloustutkimus. Julkaisuja 105. ss. 14-15.
- Rintala, J., Lampinen, A., Luostarinen, S. & Lehtomäki, A.** 2002: Biokaasusta uusiutuvaa energiaa maatiloilla. Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto. 55 s. Saatavilla osoitteessa: <http://www.cc.jyu.fi/~ala/biokaasukirjanen.pdf>
- Rintamäki, H. & Rouhunkoski, T.** 2004: Uusiutuvien energialähteiden käyttö ja hyödyntäminen Etelä-Pohjanmaalla. Vaasan yliopisto, Seinäjoen yksikkö. 28 s. Saatavilla osoitteessa: <http://sjoki.uwasa.fi/UE/kyselyraportti.doc>
- Seppänen, A., Kärhä, K & Jouhiahho, A.** 2003: Kaupallisen pilkkeen tuotanto ja pilkekauppa Suomessa. Teoksessa: Jouhiahho, A. (toim.): *Pilkkeen kaupallinen tuotanto*. Työtehoseuran julkaisuja 392. Helsinki. 115 s.
- Solmio, H. & Valkonen, J.** 2002: Hakkeen käyttö ja haketekniikan kehitystarpeet maatiloilla. Työtehoseuran raportteja ja oppaita 3. Helsinki. 58 s.

- Sulpu, Suomen Lämpöpumppuyhdistys, 2005.** <http://www.sulpu.fi>
- Suodenniemen maaseudun kehittämishanke SUMAKE 2002.** Tutkimusraportti. 63 s. Saatavilla osoitteessa:
<http://www.pirkanmaaseutu.fi/julkaisut/Suodenniemi.PDF>
- Suomen pellettienergiayhdistys 2005.** www.pelletforum.com Viitattu 22/7/2005
- Suomi, P., Lötjönen, T., Mikkola, H., Kirkkari, A-M. & Palva, R.** 2003: Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. Maa- ja elintarviketalous 31. Teknologia. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- Tilastokeskus 2003:** Energiatilasto 2002. Yliopistopaino, Helsinki. 152 s.
- Tilastokeskus 2004:** Energiatilasto 2003. Yliopistopaino, Helsinki. XXX s.
- Tuomi, S. & Kouki, J. 2001:** Puupellettien käyttö kiinteistöjen lämmityksessä. Työtehoseuran julkaisuja 383. Helsinki. 61 s.
- Uhlen, H-E.** 1999. Energy productivity of technological agriculture-lessons from the transition of Swedish agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 73 (1999), pp 63-81.
- Vartiainen, E., Luoma, P., Hiltunen, J. & Vanhanen, J.** 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO2-päästöt. Gaia Group.