



Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus

Anna-Mari Nyholm, Helmi Risku-Norja
ja Petri Kapuinen



MTT:n selvityksiä 89
33 s.

Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus

Esitutkimus

Anna-Mari Nyholm, Helmi Risku-Norja ja Petri Kapuinen

ISBN 951-729-950-8 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1458-5103 (Verkkojulkaisu)

<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts89.pdf>

Copyright

MTT

Anna-Mari Nyholm, Helmi Risku-Norja & Petri Kapuinen

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti:

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2005

Kannen kuva

Tapio Tuomela / MTT:n arkisto

Maaseudun uusiutuvien energiamuotojen kartoitus

Anna-Mari Nyholm¹⁾, Helmi Risku-Norja¹⁾ & Petri Kapuinen²⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöhallinta, 31600 Jokioinen, anna-mari.nyholm@mtt.fi

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti

Tiivistelmä

Energiankulutus on jatkuvasti kasvanut EU-maissa, ja fossiiliseen energiaan perustuva tuotanto ja kulutus ovat ristiriidassa kestävä kehityksen tavoitteiden kanssa. Riittävyys- ja ympäristöongelmien ohella energiapolitiikan keskiöön on nousemassa energian saatavuuden turvaaminen. Tämä on entisestään lisännyt kiinnostusta uusiutuvaan energiaan. EU onkin asettanut tavoitteeksi lisätä energiansaannin huoltovarmuutta ja kaksinkertaistaa uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta vuoteen 2010 mennessä. Keinoina tavoitteiden toteutumiseksi mainitaan energiatehokkuuden kohentaminen, uusiutuvien energianlähteiden käytön lisääminen ja energiansaannin monipuolistaminen.

Tässä esitutkimuksessa kartoitetaan maaseudun uusiutuvan energian käytön ja tuotannon tutkimuksen nykytilaa Suomessa, pyritään etsimään keinoja uusiutuvan energian käytön edistämiseksi ja paikantamaan kohteita, joissa on suurin potentiaali korvata fossiilista energiaa uusiutuvalla energialla. Lisäksi selvitetään, minkälaista tietoa maatalouden energiankulutuksesta on saatavilla ja miten olemassa olevaa tietoa tulisi täydentää, jotta kestävä energiankäytön toteutuminen voitaisiin seurata OECD:n ehdottamien maatalouden energiaiindikaattorien pohjalta.

OECD:llä on tällä hetkellä käytössä kaksi indikaattoria: maatalouden kokonaisenergiankulutus (*Total agricultural energy input*) ja energiankäytön tehokkuus maataloustuotannossa (*Energy efficiency of agricultural production*), joka kuvaa maatalouden bruttoarvonlisäyksen (*Gross Value Added; GVA*) suhdetta maatalouden suoraan energiankulutukseen. Lähtötiedot näiden jo käytössä olevien indikaattorien laskentaan ovat pääosin saatavilla, ja energiankulutuksen sekä energiatehokkuuden kehitys Suomessa esitetään niiden valossa 1990-luvun puolivälistä lähtien.

Lisäksi OECD:ssä on kehitteillä indikaattori kuvaamaan uusiutuvan energian tuotantoa. Tätäkin indikaattoria varten on Suomessa saatavilla tietoa, mutta indikaattori vaatii vielä laskennallista kehittämistä. Kansallisia erityistarpeita varten ehdotetaan vielä kahta indikaattoria: uusiutuvan energian käyttö maataloudessa (*Renewable energy use by agriculture*) ja maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöt suhteessa tuotannon volyymiin (*Gross greenhouse gas emission intensity of agricultural production*). Uusiutuvan energian käyttöä maataloudessa ei juurikaan ole tilastoitu, joten indikaattori vaatii tiedonkeruun järjestämistä. Perustiedot kasvihuonekaasupäästöjen määrästä suhteessa tuotantoon ovat sen sijaan olemassa, mutta laskennallista kehittämistä tarvitaan.

Indikaattorien normatiivisen käytön lisäksi pitäisi pystyä pureutumaan taustalla oleviin syihin. Kehitystrendien tulkinta vaatii pitkiä aikasarjoja ja ymmärrystä ilmiöiden keskinäisistä syy-seuraussuhteista. Esitutkimuksen tuloksia tulee tältä osin täydentää.

Asiasanat: uusiutuva energia: tuotanto ja kulutus, maaseutu, maatalouden energiankäyttö, indikaattorit

Sisällysluettelo

Osa I: Maaseutu ja energia	5
1 Johdanto	5
2 Maaseudun energiantuotanto ja -kulutus	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Uusiutuvien energianlähteiden käytön jakautuminen	7
2.3 Pienenergiantuotanto ja ympäristö	8
2.3.1 Puuperäiset polttoaineet	8
2.3.2 Öljy	8
2.3.3 Biokaasu	8
2.4 Uusiutuvan energiantuotannon ja -käytön edistäminen ja edistyminen	9
2.4.1 Puuenergia	9
2.4.1.1 Teknologia	9
2.4.1.2 Markkinointi	10
2.4.2 Peltoenergia	11
2.4.2.1 Korsibiomassat	11
2.4.2.2 Kasviöljyt	12
2.4.3 Biokaasun tuotanto	12
2.4.4 Kehittämistarpeet	13
2.5 Maaseudun energiantuotannon merkitys ympäristöön ja työllisyyteen	14
2.5.1 Ympäristö- ja terveysvaikutukset	14
2.5.1.1 Hiukkaspäästöt	14
2.5.1.2 Hiilidioksidipäästöt	14
2.5.1.3 Metaanipäästöt	14
2.5.2 Työllisyysvaikutukset	15
Osa II: Maatalouden energiaindikaattorit	17
1 OECD:n energiaindikaattorit maataloustuotannolle	17
2 Valmius energiaindikaattorien käyttöön Suomessa	18
3 Indikaattorien laskenta: alustavia tuloksia	21
3.1 Maatalouden kokonaisenergiankulutus	21
3.2 Energiankäytön tehokkuus maataloustuotannossa	22
4 Yhteenveto	23
Kirjallisuus	24
Liitteet	29

Osa I: Maaseutu ja energia

1 Johdanto

Teollistuneissa maissa tuotanto ja kulutus perustuvat pitkälti uusiutumattomaan energiaan. Kestävän kehityksen näkökulmasta energia on keskeisellä sijalla, sillä siihen liittyvät olennaisesti kysymykset luonnonvarojen riittävyydestä, ympäristökuormituksesta ja tuotannon jatkuvuudesta. Fossiilisen energian määrä maapallolla on rajallinen ja sen käyttö kuormittaa ympäristöä ilmakehän hiilidioksidipäästöinä, joita muodostuu energiantuotannon ohella fossiilisen polttoaineen palamisessa. Ympäristökuormitusta syntyy myös energiaketjun alkupäässä, jossa raaka-ainevarojen käyttöönotto muuttaa ekosysteemien toimintoja.

Energiankulutus on jatkuvasti kasvanut EU-maissa, ja energiapolitiikan keskiöön on viime aikoina riittävyys- ja ympäristöongelmien rinnalle noussut energian saatavuuden turvaaminen. EU:n tavoitteena onkin lisätä energiansaannin huoltovarmuutta, ja silloin kiinnostus kohdistuu väistämättä uusiutuvaan energiaan. Tavoitteena on kaksinkertaistaa uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta nykyisestä 6 %:sta 12 %:iin vuoteen 2010 mennessä. Bioenergian käytön lisäämisen uskotaan myötävaikuttavan ratkaisevasti tavoitteen toteutumiseen (KOM 1997). Erityisenä tavoitteena mainitaan energiatehokkuuden kohentaminen, uusiutuvien energianlähteiden käytön lisääminen ja energiansaannin monipuolistaminen. Samalla kehitetään menetelmiä tavoitteiden toteutumisen seurantaan ja energiankäytön ympäristövaikutusten arvioimiseen (KOM 2002).

Myös EU:n maatalouspolitiikka on uudistumassa. Perinteisen maataloustuotannon ohella kiinnitetään huomiota muihin maankäyttömahdollisuuksiin, ja tavoitteena on kehittää erityisesti monivaikutteisista maataloutta. Tällöin maatalousyrittäjä ei enää ole pelkästään elintarvikkeiden ja elintarviketeollisuuden raaka-aineen tuottaja, vaan maataloudella on laajempi merkitys yhteiskunnassa; se myötävaikuttaa maaseudun elinvoimaisuuteen ylläpitämällä kulttuurimaisemaa, tarjoamalla työpaikkoja ja muodostamalla merkittävän osan maaseutuyhteisöjen sosiaalisesta verkostosta. Luonnon virkistyskäyttö ja monimuotoisuus ovat myös vahvasti sidoksissa maatalouteen ja sen ympäristövaikutuksiin.

EU:n maataloustuen muutos tuotantoperusteisesta pinta-alaperusteiseksi tuo viljelijöille tietyn joustavuuden viljeltävien kasvien valinnassa, mikä on osaltaan herättänyt kiinnostusta uusiutuvaan energiaan. Energiakasvien tuotanto pelloilla tarjoaa uuden tulonlähteen perinteisen maataloustuotannon lisäksi. Samalla se tarjoaa mahdollisuuden sopeutua ilmastomuutoksen seurauksiin, sillä energiakasvituotanto ei ole herkkää tuholaisille, kuivuudelle tai liialliselle kosteudelle esimerkiksi viljakasvien tapaan. Ympäristövaikutusten ohella peltobiomassa- ja biokaasuenergiantuotanto voivat vaikuttaa myönteisesti aluetalouteen erityisesti syrjäseuduilla, missä työllisyysmahdollisuudet ovat niukat (Luonnonvarainneuvosto 2003).

Suomessa tilanne on hyvin erilainen useimpiin muihin OECD-maihin verrattuna, sillä runsaan puunkäytön ja vesivoiman ansiosta Suomessa uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta on 27 %, kun OECD-maiden keskiarvo on vain noin 6 %. Suomen Uusiutuvan energian edistämishjelmassa (UEO) 2003 – 2006 on asetettu tavoitteeksi lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä vuoden 2001 tasosta 30 % vuoteen 2010 ja 60 % vuoteen 2025 mennessä (KTM 2003). Maatalouden bioenergiatuotanto on herättänyt runsaasti kiinnostusta, vaikka se muodostaa vain osan uusiutuvista energialähteistä (esim. FAO 2000, *Suomi maailmantaloudessa 2004*, MMM 2004).

Uusiutuvien energianlähteiden käytön lisääntyminen edellyttää yksityisten ja yhteiskunnallisten tavoitteiden yhteensovittamista. Hinta, saatavuus ja käytön helppous sekä energiantuotannon yleinen kehityssuunta ohjaavat kuluttajien ja energian pientuottajien, kuten maaseudun asukkaiden valintoja. Yhteiskunnallisella tasolla ollaan sen sijaan kiinnostuneita polttoaineiden riittävydestä sekä energiantuotantomuotojen vaikutuksista talouskehitykseen, työllisyyteen ja ympäristön tilaan. Kansallisessa ilmastostrategiassa on mietitty toimenpiteitä, joilla Suomen kasvihuonekaasupäästöt saataisiin pysymään vuoden 1990 tasolla yhä 2010-luvun alussa. Tavoitteen taustalla on YK:n ilmastopöytäkirja ja sen alainen Kioton pöytäkirja. Kasvihuonekaasupäästöjä pyritään vähentämään mm. lisäämällä uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä. Kansallista ilmastostrategiaa uudistetaan parhaillaan ottamaan huomioon EU:n päästökauppadirektiivi ja Kioton mekanismit. Lisäksi uusiutuviin luonnonvaroihin perustuva energiantuotanto on mainittu alueellisen maaseudun kehittämisohjelmassa yhtenä maaseudun uusomavaraisuuden muotona. Erityisesti ohjelmassa korostetaan kotimaisen puuenergian käytön lisäämistä, mikä parantaisi työllisyyttä ja aluetaloutta sekä metsäympäristön laatua. 1990-luvulta lähtien puun energiakäyttöä on jo tuettu suosiollisella verotuksella sekä investointi- ja tuotantotuilla. (Hakkila 2001, KTM 2001a, MMM 2001, Tilastokeskus 2003, MMM 2004.)

Tällä esitutkimuksella oli kaksi tavoitetta. Ensinnäkin haluttiin kartoittaa maaseudun uusiutuvan energian käytön ja tuotannon tutkimuksen nykytilannetta ja tuottaa siten päättäjille ja tutkijoille tietoa siitä, mihin energiantuotannon osa-alueisiin tutkimukset keskittyvät tällä hetkellä ja minkälaiselle tutkimukselle olisi tarvetta. Tähän liittyen pyrittiin etsimään keinoja uusiutuvan energian käytön tehostamiseksi ja paikantamaan kohteita, joissa on suurin potentiaali korvata fossiilista energiaa uusiutuvalla energialla. Toiseksi haluttiin selvittää, minkälaista tietoa maaseudun uusiutuvan energian käytöstä on saatavilla ja miten olemassa olevaa tietoa tulisi täydentää, jotta kestävä energiankäytön toteutuminen maaseudulla voitaisiin seurata OECD:n ehdottamien maatalouden energiaindikaattorien pohjalta. Indikaattorien laskentaan käytetty tieto rajattiin maataloustuotantoon kuluvaan energiaan ja ulkopuolelle jäi maaseudun kotitalouksien energiankäyttö.

Esitutkimuksessa on perehdytty tutkimusaiheesta julkaistuihin raportteihin ja kirjallisuuteen. Lisäksi lehtitietojen, seminaariesitelmien ja henkilökohtaisten yhteydenottojen perusteella on kartoitettu yksityiskohtaisemmin maaseudun energiantuotannon nykytilaa.

2 Maaseudun energiantuotanto ja -kulutus

2.1 Yleistä

Maaseudulla energiaa tarvitaan mm. asuinrakennusten ja eläinsuojien lämmitykseen sekä maa- ja metsätaloukskoneiden, kasvihuoneiden ja sähkölaitteiden toimintaan. Sähkö hankitaan pääasiassa yleisestä sähköjakeluverkosta. Useimmat koneet käyttävät polttoaineenaan maaöljyperäisiä polttoaineita. Lämpöenergiaa tuotetaan sen sijaan useista eri energianlähteistä.

Suomessa kulutettiin Tilastokeskuksen (2003) mukaan vuonna 2002 energiaa 1 400 000 TJ, josta uusiutuvien energiantuotantomuotojen osuus oli 23 %. Pientalojen, vapaa-ajan asuntojen ja maatalousrakennusten lämpöenergiankulutus – kaupunkien pientalot mukaan luettuna – oli 130 000 TJ, josta puun osuus oli n. 35 % ja öljyn osuus hieman alle 30 %¹.

¹ Prosenttiosuudet kuvaavat primäärienergianlähteiden käyttöä. Hyötyenergiana öljyn osuus kasvaisi puuhun verrattuna paremman hyötysuhteensa perusteella.

Viime vuosina suosioon nousseilla lämpöpumpuilla tuotettiin muutama prosentti lämpöenergiasta. Maa- ja metsätaloustekoneet ja -laitteet käyttivät energiaa 22 000 TJ, josta polttoöljyn osuus oli yli 90 %. Maataloustuotannon osuus koko Suomen sähkönkulutuksesta oli 1 % (3 000 TJ).

Maaseudulla käytettiin 1900-luvun puoliväliin saakka energianlähteenä pääasiassa puuta. Tuontipolttoaineiden käyttö lisääntyi kuitenkin 1950-luvulla koko maassa useasta eri syystä; puu alettiin nähdä teollisuuden raaka-aineena ja tuontipolttoaineet olivat kotimaisia edullisempia. Lisäksi erityisesti nestemäisten polttoaineiden etuna oli käytön helppous, sillä työvoimaa tarvittiin vähän ja polttoaineiden lämpöarvot olivat korkeita. Nykyiset energiansäästökampanjat ja uusiutuvien energianlähteiden uusi tuleminen juontavat juurensa 1970-luvulta, jolloin nk. öljykriisi nosti öljyn hintaa ja korosti uusiutumattomien energianlähdevarantojen rajallisuutta (Massa ym. 1987).

Työteho-seura on selvittänyt maatilojen lämmitystapoja vuonna 2000. Selvitys perustui 1 %:n eli n. 800 tilan otokseen aktiivikäytössä olevista, yli 5 ha:n tiloista. Puulämmitys oli ensisijaisena lämmitystapana vajaalla 70 %:lla tiloista, öljylämmitys vajaalla 20 %:lla ja sähkölämmitys runsaalla 10 %:lla. Yleisin puupolttoaine oli pilke eli klapi (n. 75 %), hakkojen ja hakkeen osuudet olivat molemmat hieman yli 10 % (Solmio 2002). Puulämmityksen suosio maataloilla perustuu omavaraisuuteen; monet tilalliset omistavat peltojen lisäksi metsää, josta riittää puuta lämmitykseen (Haaparanta 2004).

Saatavilla olevan aineiston perusteella energiantuotannon ja -kulutuksen rajaaminen alueellisesti koko maaseutuun tai maataloutta harjoittaviin tiloihin on vaikeaa. Varsinaisen maataloustuotannon osuus energiankulutuksesta on mahdollista selvittää, ja se on esitetty indikaattorilaskennan yhteydessä raportin toisessa osassa. Tässä raportin ensimmäisessä osassa käsitellään rinnakkain maaseudun ja maatilojen energiantuotantoa. Termejä ”maaseutu” ja ”maatilat” on pyritty käyttämään johdonmukaisesti; maaseudulla tarkoitetaan taajamien ulkopuolisia alueita, kun taas maatilat ovat maataloutta harjoittavia yksiköitä. Maaseudun teollisuus- ja yritystoiminnan energiankäyttö on maataloutta lukuun ottamatta rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Energiankulutuksella tarkoitetaan primäärienergiankulutusta ellei toisin ole mainittu.

2.2 Uusiutuvien energianlähteiden käytön jakautuminen

Maaseudulla uusiutuvia energianlähteitä käytettiin lähes yksinomaan rakennusten, erityisesti asuinrakennusten lämmitykseen. Kuten edellisessä kohdassa mainittiin, puuta käytettiin Tilastokeskuksen (2003) mukaan vuonna 2002 n. 45 000 TJ. Aurinkoenergiaa käytettiin 9 TJ ja lämpöpumpuilla tuotettua energiaa 3 060 TJ. Kaupunkien pientaloja ei näistä luvuista ole erotettu, joten ne ovat, erityisesti puun osalta, jonkin verran suurempia kuin maaseudun todellinen kulutus. Peltobiomassan tuotannossa ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) on hallitsevassa asemassa. Ruokohelpeä tuotettiin vuonna 2002 1 450 ha:lla (TIKE 2004). Kun ruokohelven keskisato on 7 t/ha ja energiasisältö 4,5 MWh/t (Pahkala ym. 2002), saadaan energiamääräksi 45 000 MWh eli 170 TJ. Biokaasua tuotettiin maataloilla Kuittisen ym. (2003) mukaan vuonna 2002 n. 150 000 m³. Biokaasun energiasisältö on keskimäärin 5 kWh/m³, joten energiamääräksi saadaan 750 MWh eli 3 TJ. Uusiutuvien energianlähteiden käytön jakautuminen on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Uusiutuvien energianlähteiden pienkäytön jakautuminen vuonna 2002.

Energianlähde	Käyttö vuonna 2002	
Puuenergia, sisältää myös kaupunkien pienkäytön	45 000	TJ
Peltobiomassa	170	TJ
Biokaasu	3	TJ
Aurinkoenergia, sisältää myös kaupunkien pienkäytön	9	TJ
Lämpöpumput, sisältää myös kaupunkien pienkäytön, käyttö vaatii sähköä	3 060	TJ
Yhteensä	48 242	TJ

2.3 Pienenergiantuotanto ja ympäristö

2.3.1 Puuperäiset polttoaineet

Hiilidioksidipäästöjä ajatellen puu on ympäristöystävällinen energianlähde, sillä puun polton tuottama hiilidioksidi voidaan päästöjä laskettaessa jättää huomioimatta. Laskentatapa perustuu siihen, että puu on uusiutuva energianlähde ja sen poltossa vapautuva hiilidioksidi sitoutuu takaisin kasvavaan metsään. (Savolainen ym. 2003.) Puuenergian pientuotannolla on kuitenkin ympäristöterveydellisiä haittavaikutuksia. Poltettaessa puusta erottuu pienhiukkasia, joihin on sitoutunut polton yhteydessä syntyneitä polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH). Sekä itse hiukkaset että PAH-yhdisteet ovat terveydelle haitallisia (Haaparanta 2004, Salonen 2004). PAH-yhdisteitä syntyy eniten silloin, kun palamisilman määrä on riittämätön ja pyrolyysikaasujen viipymä tulipesässä liian lyhyt (Haaparanta ym. 2003). Puun pienpolttoa varten on laadittu opas (Savumerkit... 2003), jossa neuvotaan, miten puuta poltetaan ympäristöystävällisellä tavalla. Opas on suunnattu ensisijaisesti taajamien pientaloalueiden asukkaille, mutta sen ohjeet soveltuvat myös haja-asutusalueella noudatettaviksi. Pienpolton ympäristövaikutuksia selvitetään parhaillaan myös TEKES:n Puuenergian teknologiaohjelmassa (kts luku 2.4).

2.3.2 Öljy

Öljyn polton hyötysuhde on puun polton hyötysuhdetta parempi. Polttamalla yhtä suuret primäärienergiämäärät polttoainetta saadaan öljyllä siten tuotettua enemmän lämpöä. Öljy on kuitenkin uusiutumaton energianlähde, joten sen polttaminen kuormittaa ilmakehää hiilidioksidipäästöillä. Lisäksi öljyn poltossa syntyy rikin ja typen oksideja sekä erilaisia orgaanisia yhdisteitä. Erityisesti vanhoissa kattiloissa päästöt ovat suuria (Haaparanta ym. 2003).

2.3.3 Biokaasu

Biokaasun polton hiilidioksidipäästöjä voidaan käsitellä samaan tapaan kuin puunpoltonkin. Lisäksi karjasuojissa ja lantavarastoissa sekä mahdollisesti pellolla vapautuvan metaanin polttaminen hiilidioksidiksi ja vedeksi on kasvihuoneilmiön kannalta hyödyllistä, sillä hiilidioksidin kasvihuonevaikutus on metaania huomattavasti lievempi ilmastonlämmityspotentiaalin avulla mitattuna. Kasvihuonekaasun ilmastonlämmityspotentiaalilla (GWP,

Global Warming Potential) ilmaistaan kunkin kaasun lämmitysvaikutuksen suhdetta hiilidioksidin (CO₂) lämmitysvaikutukseen. Hiilidioksidin GWP on siten yksi. Sadan vuoden tarkastelujaksolla metaanin (CH₄) GWP on 23 ja dityppioksidin (N₂O) 296. (Suomen ympäristökeskus 2003.)

2.4 Uusiutuvan energiantuotannon ja -käytön edistäminen ja edistyminen

Maaseudulla sekä tuotetaan että käytetään uusiutuvaa energiaa. Energianlähteistä puu on ylivoimaisesti tärkein, kun taas maataloustuotantoon läheisesti liittyvät biokaasu ja peltoenergia ovat lähinnä tutkimusasteella ja käytännön sovelluksia on vielä vähän. Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä pyritään lisäämään Suomessa kauppa- ja teollisuusministeriön laatiman edistämishojelman mukaisesti (KTM 2003). Vuonna 2002 päivitettyssä ohjelmassa tavoitellaan 21 %:n lisäystä bioenergian pienkäytössä vuodesta 2001 vuoteen 2005. Toimenpiteinä mainitaan mm. asuin- ja maatalouskiinteistöille myönnettävä tuki uusiutuvan energian hyödyntämiseen sekä peltoenergian tuotannon ja käytön edistämissuunnitelman laatiminen.

Tässä kappaleessa on esitelty tärkeimpiä uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämiseen liittyviä tutkimuksia jaoteltuna kolmeen osa-alueeseen: puuenergiaan, peltoenergiaan ja biokaasuun. Muutamissa tutkimuksissa on sivuttu kaikkia em. osa-alueita.

2.4.1 Puuenergia

Puuenergian elinkaaren voidaan ajatella alkavan taimien istuttamisesta ja päättyvän puun polttoon. Seuraavassa on kuvattu elinkaaren loppupään vaiheisiin (puun hakkuu, keräys, kuljetus ja poltto sekä markkinointi) liittyvää tutkimus- ja kehittämistyötä.

2.4.1.1 Teknologia

Puuenergia on uusiutuvista, pienkäyttöön tarkoitetuista energiamuodoista tutkituin. Bioenergian tutkimusohjelmassa perehdyttiin vuosina 1993–1998 puupolttoaineiden, turpeen ja peltobiomassan tuotantoon ja käyttöön. Ohjelmassa rahoitettujen tuotekehityshankkeiden tuloksena oli mm. laitteita puun karsintaan, katkontaan ja pilkontaan sekä menetelmiä pilkkeen laadun, jakelun ja markkinoinnin parantamiseen (Asplund ym. 1999). Puuenergian pientuotannon kannalta mielenkiintoisimpia saavutuksia olivat:

- maataloustraktorin vedettäväksi sopivat, tilavuudeltaan suuret perävaunu-prototyypit,
- puiden kaato- ja karsintalaitteet sekä pilkontalaite,
- polttopuukustannuslaskentaohjelma,
- pilkkeiden laatuluokitus ja
- pilkkeen käsittely- ja jakeluyksiköiden kehittäminen.

Hankkeen saavutusten myötä pilkkeen korjuu- ja valmistuskustannusten arveltiin vähenevän 15 – 20 %.

Puuenergian teknologiaohjelmassa vuosina 1999-2003 keskityttiin puupolttoaineisiin, pääasiassa hakkeeseen (Hakkila 2004). Omana kokonaisuutenaan ohjelmassa oli puupolttoaineiden pientuotanto ja -käyttö. Tämä osio aloitettiin vasta vuonna 2002, ja se jatkuu vuoden 2006 loppuun. Osahankkeissa tutkitaan ja kehitetään polttoaineiden tuotantoa ja laatua, tulipesien ominaisuuksia sekä pienpolton ympäristövaikutuksia (TEKES 2003a).

Vuonna 2003 aloitettiin nelivuotinen hajautettujen energiajärjestelmien tekniikkaan liittyvä tutkimusohjelma (TEKES 2003b). Ohjelmassa keskitytään paikallisiin, pienen teholuokan energian muunto-, tuotanto- ja varastointijärjestelmiin sekä niihin liittyviin palveluihin. Merkittävä osa hajautetuista energiajärjestelmistä perustuu uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämiseen.

Koska kaksi viimeisintä ohjelmaa on vasta hiljattain käynnistetty, ei niistä ole saatavilla tuloksia. Molemmilla ohjelmilla on kuitenkin omat kotisivut. Puupolttoaineiden pientuotanto ja -käyttö -panostusalueen osahankkeiden etenemistä voi seurata osoitteessa <http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/Pienpuu/fi/etusivu.html> ja Hajautettujen energiajärjestelmien teknologiat -ohjelman osahankkeiden etenemistä osoitteessa <http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/DENSY/fi/etusivu.html>.

Laajojen ohjelmien lisäksi viime vuosina on käynnistetty lukuisia alueellisia ja paikallisia hankkeita. Eri puolille Suomea on perustettu paikallisia puuvaroja hyödyntäviä lämpöosuuskuntia, ja uusia pienyrittäjiä lämmöntuotantoon etsitään jatkuvasti (Motiva 2004a). Hankkeiden koordinaattoreina ovat toimineet pääasiassa metsä- ja maaseutukeskukset sekä ammattikorkeakoulut.

Jyväskylän yliopistossa selvitettiin keskisuomalaisten viljelijöiden kiinnostusta uusiutuvaan energiantuotantoon. Tutkimuksessa kävi ilmi, että viljelijät olisivat valmiita suosimaan omia tai lähialueilta saatavia energianlähteitä erityisesti investointi- ja lainsäädännöllisten tukien sekä energiayrittäjyyden tukemisen kannustamina. Usean tilan yhteiset investoinnit kiinnostivat tilakohtaisia investointeja enemmän. Myönteisimmin uusiutuvaan energiaan suhtautuivat nuoret, koulutetut viljelijät (Huttunen 2004). Vastaava kysely tehtiin myös eteläpohjalaisille viljelijöille. Keskisuomalaisten tavoin investointi- ja lainsäädännölliset tuet sekä energiayrittäjyyden tukeminen kannustaisivat myös eteläpohjalaisia viljelijöitä omien tai lähialueilta saatavien energioresurssien käyttöön. Lämmöntuotanto omista energianlähteistä ja energiakasvien viljely koettiin kiinnostavimmiksi paikallista energiantuotantoa lisääviksi toimiksi (Rintamäki & Rouhunkoski 2004).

2.4.1.2 Markkinointi

Työtehoseura on selvittänyt puupolttoaineiden kysynnän ja tarjonnan kohtaamista pientalonomistajan näkökulmasta. Tuomen ja Peltolan (2002) selvityksen mukaan pientalonomistajat ovat tyytyväisiä ostopolttopuun tarjontaan ja tyytyväisyys on kymmenessä vuodessa lisääntynyt merkittävästi. Tähän on vaikuttanut ainakin niin sanottujen polttopuupörssien perustaminen eri puolille maata. Yksi moderneimmista polttopuupörsseistä on internetin kautta toimiva MottiNetti (Pohjois-Karjalan metsäkeskus 2003). Osoitteessa www.mottinetti.com Pohjois-Karjalan, Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Kymenlaakson polttopuun myyjät tarjoavat tuotteitaan alueen omien sähköyhtiöiden asiakkaille. Suunnitteilla on MottiNetin laajentaminen ainakin Päijät- ja Kanta-Hämeeseen (Anttila 2004).

Teknisten sovellusten ja toimintajärjestelmien siirtäminen käytäntöön on usein vaikeaa. Ongelmaa yritetään ratkaista uusiutuvan energiantuotannon viestintäsuunnitelmalla. Suunnitelman mukaan viestinnässä priorisoidaan puupolttoaineita ja lämpöpumppuja. Pienikiinteistöjen uusiutuvien energianlähteiden käyttöä pyritään lisäämään verkkotiedotuksen ja mediajulkisuuden sekä koulutuksen ja messujen kautta (Motiva 2004b).

2.4.2 Peltoenergia

Suomessa peltobiomassoihin luetaan korsibiomassoista viljojen oljet ja ruokohelpi, biopolttonestetuotannon öljykasvit ja vilja sekä energiapajut (Finbio 2003). Lisäksi korsibiomassoihin kuuluvat muutkin nurmikasvit kuin ruokohelpi. Peltoenergian tuotanto- ja käytötavoitteeksi on asetettu 2,5 TWh peltoenergiaa oljesta ja ruokohelvestä vuonna 2010 (Finbio 2003). Ruoan ja rehun tuotannon ulkopuolisella pellolla (530 000 ha), 80 %:lla viljojen oljesta sekä turvetuotannosta poistuneella alalla (15 000 ha) voitaisiin teoriassa tuottaa 22 TWh peltoenergiaa vuodessa. Käytännössä energiantuotannossa hyödynnettävissä oleva ala vastaisi kuitenkin vain 9,4 TWh:n tuotantoa. Ruokohelven osuus tästä olisi 4,6 TWh (155 000 ha pellolla ja 15 000 ha suolla), oljen 1,6 TWh, rypsin 0,6 TWh (90 000 ha), energiavilja, 1,1 TWh (55 000 ha) ja biokaasunurmen 1,5 TWh (58 000 ha). Ruokohelpi ja viljan olki ovat mielekkäitä kuivan poltettavan biomassan, rypsi dieselpolttonesteen, energiavilja ottomoottoreiden polttonesteen ja biokaasunurmi kostean biokaasutuotannossa käytettävän biomassan tuotannossa.

2.4.2.1 Korsibiomassat

Korsibiomassatutkimus on viime vuosina keskittynyt ruokohelpeen. Ruokohelven viljelyala onkin lähes kolminkertaistunut muutamassa vuodessa ja oli vuonna 2004 noin 4000 ha. Ruokohelpeä suositellaan poltettavaksi sekoitettuna turpeeseen, hakkeeseen tai kuoren ja purun seokseen. Korjuuajankohdaksi sopii parhaiten kevät (Pahkala ym. 2002). Ruokohelven viljelyä on ehdotettu vaihtoehdoksi viherkesannoille, jotka saattavat lisätä helppoliukoisen fosforin kuormitusta vesistöihin (Jansson & Närvänen 2004). Näin ruokohelven viljelystä olisi hyötyä myös ravinnekuormituksen vähentämisessä.

Nykyiset ruokohelpilajikkeet on tarkoitettu pääasiassa rehukäyttöön. Lajikkeet sopivat kuitenkin melko hyvin myös non-food –tuotantoon kuten energianlähteiksi (Sahramaa 2004). Ensimmäisen kotimaisen ruokohelven non food –lajikkeen arvioidaan tulevan markkinoille vuoteen 2010 mennessä. Jalostuksesta vastaa Boreal Kasvinjalostus Oy. (Haavisto 2000).

Koskimies & Uola (2001) selvittivät ruokohelven viljelymahdollisuuksia Pohjanmaalla. Todennäköisimmiksi ruokohelven viljelijöiksi he arvioivat 1) suuret tilat, jotka viljelisivät ruokohelpeä osin täyttääkseen kesantovelvoitteensa, 2) pienet sivutoimiset tilat, jotka viljelisivät ruokohelpeä tilanteissa, joissa viljanviljely ei ole mielekäästä, 3) kokeilunhaluiset tilat, joilla on viljelykiertoon sopivia maalajeja ja lohkoja nimenomaan ruokohelvelle sekä 4) entiset turvetuotantoalueet.

Olkea syntyy viljanviljelyn sivutuotteena. Pääosa korjatusta oljesta käytetään kuivikkeena, pienempi osuus ruokinnassa ja polttoaineena. Olkea on aikaisemmin pidetty vain viljan ja öljykasvien viljelyssä syntyvänä jätteenä, mutta nykyään sitä arvostetaan tärkeänä energialähteenä (Nilsson 1991). Oljen hyväksikäytön suurin ongelma on sen tilavuus, joka hankaloittaa varastointia ja tekee kuljetuksen kalliiksi. Tuore olki on useimmiten myös niin kostea, että sen lämpöarvo ja säilyvyys alenevat.

Märän, biokaasutuotannossa käytettävän biomassan tuotanto ja tutkiminen on ollut vähäistä, koska maatilojen biokaasulaitoksiakin on ollut vähän. Periaatteessa sitä tuotetaan kuitenkin aivan samalla tavalla kuin säilörehua. Keski-Euroopassa vastaavaan tarkoitukseen käytetään yleensä maissisäilörehua, mutta se menestyy Suomessa huonosti.

2.4.2.2 Kasviöljyt

Öljykasveista, kuten rypsiä, sinapista ja soijasta voidaan esteröimällä valmistaa polttoainetta. Kasviöljyesterit soveltuvat polttoaineeksi sellaisenaan sekä esim. dieseliin sekoitettuna. Jälkimmäisiä suositetaan alhaisen hintansa vuoksi (Motiva 2004c). Myös eläinrasvoja voi käyttää polttoaineen valmistukseen, tosin niiden kylmäominaisuudet ovat huonommat kuin kasviöljystä valmistettujen estereiden (TEKES 2004a). Biodiesel soveltuu tällä hetkellä mm. traktorien polttoaineeksi (Motiva 2004c), mutta biodieselin käytöstä dieselautoissa joutuu maksamaan dieselöljyn valmisteveron (Laki polttoainemaksusta 1280/2003). Pienkäyttöön tarkoitettuja esteröintilaitteitakin on jo olemassa (Limetti Oy, 2004).

2.4.3 Biokaasun tuotanto

Karjatiloilta lanta on perinteisesti levitetty lannoitteeksi pelloille. Mädätysprosessin seurauksena orgaanisesta aineksesta kuten lannasta tai peltobiomassasta voidaan tuottaa myös biokaasua energianlähteeksi. Anaerobiprosessit vaativat yleensä vähän tilaa ja soveltuvat erityisesti märkien jätteiden kuten lannan käsittelyyn (Luostarinen 2001). Anaerobiprosessissa useat bakteeriryhmät toimivat yhteistyössä. Ensimmäisessä vaiheessa haponmuodostajabakteerit hydrolysoivat mädätettävän materiaalin hiilihydraatit, valkuaisaineet ja rasvat yksinkertaisiksi liukoiksi yhdisteiksi kuten yksinkertaisiksi sokereiksi, ammoniakiksi ja pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Nämä hajotetaan edelleen happokäymisessä haihtuviksi rasvahapoiksi. Seuraavassa vaiheessa, asetogeneesissä, rasvahapot hajotetaan asetaatiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Lopuksi metanogeneesissä tuotetaan asetaatista, vedystä ja hiilidioksidista metaania. Lopputuloksena syntyvä biokaasu sisältää n. 35-80 % metaania ja n. 20-65 % hiilidioksidia sekä pieniä määriä muita kaasuja (Alakangas 2000).

Biokaasua voi käyttää sellaisenaan sähkö- ja lämmitysenergianlähteenä, mutta liikennepolttoainekäyttöä varten se pitää puhdistaa. Biokaasun käyttö maatilojen energianlähteenä on vielä erittäin harvinaista. Vuonna 2002 Suomessa oli käytössä tai rakenteilla kuusi maatilatason biokaasulaitosta. (Kuittinen ym. 2003.)

Tällä hetkellä biokaasututkimus on pilottivaiheessa ja yksittäisiä tilatason demonstraatiokohteita on jo olemassa. Tutkimus on keskittynyt Joensuun ja Jyväskylän yliopistoihin, MTT:hen ja Työtehoseuraan. Joensuun yliopistossa ylläpidetään lisäksi Suomen biokaasulaitosrekisteriä. Jyväskylän yliopistossa tutkitaan sekä maatalouden jätteiden että peltoenergian hyödyntämistä biokaasun tuotannossa. TEKES:n STREAMS-ohjelmassa on tutkittu anaerobitekniologiaa. Ohjelma on alkanut vuoden 2001 alussa ja se jatkuu vuoden 2004 loppuun. Ohjelmassa tutkitaan mm. mädätykseen käytettävän massan esikäsittelytarpeita sekä esikäsittelymenetelmien vaikutuksia mädätysprosessiin, käsiteltäviin jätteisiin ja lopputuotteen laatuun (TEKES 2004b). Myös MTT:ssä selvitetään vuonna 2004 alkaneessa hankkeessa mädätyksen vaikutusta lannan ravinnepitoisuuksiin, sadontuotantoon ja kasvihuonekaasupäästöihin nurmilla ja viljoilla sekä lannan hygienisoitumiseen.

Pohjois-Savon ammattikorkeakoulun vetämässä MaLLa-hankkeessa tutkittiin maaseudun keskitettyjä biokaasulaitoksia sekä niihin liittyvää lannankuljetusten logistiikkaa. Hankkeen loppuraportissa on kirjallisuuteen perustuen selvitetty seikkaperäisesti tilatason biokaasutuotannon vaatimuksia ja käytännön ongelmia. Hankkeessa selvisi, että usealta maati-

lalta kerättävän lannan mädättäminen ei ollut nykyisillä energian hinnoilla taloudellisesti kannattavaa ilman investointiavustusta (Taavitsainen ym. 2002).

2.4.4 Kehittämistarpeet

- 1) Puuenergia on perinteinen maaseudun energiantuotantomuoto ja sen käyttö on vakiintunutta. Tämä näkyy myös tutkimus- ja kehittämistoiminnassa. Puuenergiaa on tutkittu viime vuosina laajoissa tutkimusohjelmissa, jotka ovat keskittyneet puuenergian hyödyntämisen teknisiin näkökohtiin. Markkinointia on edistetty paikallisissa kehittämissankkeissa. Jos puun osuutta haluttaisiin vielä lisätä, olisi syytä keskittyä entistä automatisoidumpien menetelmien kehittämiseen. Puupellettien pienpolton automaatioaste on verrattain korkea. Hinnaltaan pelletit ovat erittäin kilpailukykyisiä esim. öljyyn verrattuna (Koljonen 2004), ja markkinatutkimuksen mukaan neljännes öljylämmittäjistä olisi kiinnostunut siirtymään pellettilämmitykseen (Kakkinen 2000 ref. Halonen ym. 2003). Maaseudun kannalta olisi tärkeää, että biopolttoaineen pelletöintiteknologiaa kehitettäisiin myös maatilamittakaavaan.
- 2) Jokaisessa maakunnassa on useita puu- tai bioenergianeuvoja, joiden tehtävänä on edistää uusiutuvien polttoaineiden tuotantoa ja pienkäyttöä. Neuvojen työ on keskittynyt puuperäisiin polttoaineisiin, ja toimenkuvaa tulisi laajentaa myös peltobiomassaenergian ja biokaasun tuotantoon. Tämän lisäksi työ on pääasiassa projektiluontoista, joten koko maan kattavia, yhtenäisiä toimintatapoja neuvonnan järjestämiseksi ei ole onnistuttu kehittämään (Pohjois-Karjalan metsäkeskus 2003). Siksi neuvonta olisikin syytä vakinaistaa.
- 3) Peltoenergian ja biokaasun tuotanto on kovin vähäistä, joten kehittämispotentiaali on suuri. Biokaasun kohdalla kyse ei ole ainoastaan uusiutuvan energian tuotannosta, vaan myös kasvihuonekaasupäästön vähentämisestä. Suomalaisten karjatilojen eläinmäärä keskittyy jatkuvasti, ja syntyvällä lantamäärällä voidaan tuottaa huomattavia määriä biokaasua. Kotieläintalouden lietalannan tuotanto on vuodessa yli 10 miljoonaa tonnia ja energiana n. 2 milj. MWh (n. 7 000 TJ) (Alakangas 2000). Tilat ovat edelleen kuitenkin niin pieniä, että pääasiassa vain useamman tilan yhteiset biokaasulaitokset ovat kannattavia. Tällöinkin tilojen tulee sijaita riittävän lähellä toisiaan. Peltoenergian ja biokaasun tuotantoa tulisikin kehittää kokonaisvaltaisesti osana alueellista hajautettua energianhuoltojärjestelmää. Valtion riittävä tuki on elinehto niin menetelmien kehitystyölle kuin niiden käytöllekin. Biopolttoaineiden tutkimuksen ja käytön kehittämiseen asetettu työryhmä on esittänyt väliraportissaan mm. erillistä tukea maatalan biokaasutuotannolle sekä kannattavuustutkimuksia erikokoisille biokaasulaitoksille (MMM 2004).
- 4) Eri energianlähteiden käytöstä ja käytön aikaisista päästöistä on lähes mahdotonta saada vertailukelpoista tietoa. Siksi tulisikin selvittää kattavalla vertailulla tasa-arvoisissa olosuhteissa, miltä osin uusiutuvat energianlähteet olisivat erityisen hyviä mm. ympäristö- ja työllisyysvaikutusten kannalta ja mitä niissä vielä pitäisi kehittää.
- 5) Uusia uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön liittyviä hankkeita käynnistetään jatkuvasti. Erityisesti paikallisten ja alueellisten hankkeiden tuloksista on hyvin vaihtelevasti tietoa saatavilla. Olisi hyvä, jos rahoittajat pystyisivät yhtenäistämään julkaisukäytäntöjä niin, että saavutetut tulokset olisivat helposti saatavilla esimerkiksi internetissä. Ainoastaan näin tuloksia pystytään laajemmin hyödyntämään. Lisäksi laajojen tutkimusohjelmien ja paikallisten kehittämishankkeiden välillä tulee olla yhteys niin, että uusia tutkimustuloksia voidaan siirtää käytännön sovelluksiin. Tiedon keskittäminen

tutkimus- ja viitetietokantoihin voisi olla ratkaisu tiedonvälityksen ongelmaan. Rekisterien kokoaminen ja ylläpito tulisi järjestää rahoittajatahojen yhteistyönä.

- 6) Markkinointi lähtee liikkeelle kuluttajan tarpeista. Tuote, joka ei ratkaise kuluttajan ongelmaa, ei saavuta hyväksyntää kuluttajien keskuudessa, vaikka muut markkinoinnin kilpailukeinot – hinta, saatavuus ja viestintä – olisivatkin kunnossa (Haverila & Saarikorpi 1994). Päättelyä voi jatkaa eteenpäin: jos kuluttajalla ei ole ongelmaa, johon tarvitaan ratkaisua, tuote ei mene kaupaksi. Markkinointia on kohdistettava, sillä on liian optimistista ajatella, että markkinointi suunnattaisiin kaikille nykyisille ja tuleville pientaloasukkaille. Tästä ryhmästä uuden talon rakentajat ovat varma kohderyhmä, jonka tavoittanee parhaiten messuilla ja internetistä. Lämmitysjärjestelmää uusivat talon omistajat ovat toinen mahdollinen kohderyhmä. Heidän tavoittamisena on huomattavasti vaikeampaa erityisesti, jos he ovat olleet tyytyväisiä aiemmin käytössä olleeseen lämmitysjärjestelmään.

2.5 Maaseudun energiantuotannon merkitys ympäristöön ja työeläisyyteen

2.5.1 Ympäristö- ja terveysvaikutukset

2.5.1.1 Hiukkaspäästöt

Puun pienpoltto aiheuttaa merkittäviä hiukkaspäästöjä (kts. luku 2.3). Jos puupolttoaineet korvaavat öljyn käyttöä Uusiutuvan energian edistämishjelman mukaisesti 54 000 TJ:een vuoteen 2010 mennessä, lisäystä vuoden 2002 hiukkaspäästöihin tulisi 1 200 t (liite 1). Laskelmat on tehty samoilla päästökertoimilla sekä vuodelle 2002 että vuodelle 2010. On toivottavaa ja oletettavaakin, että pienpoltto on vuonna 2010 vähäpäästöisempää kuin vuosituhannen alussa.

2.5.1.2 Hiilidioksidipäästöt

Puun poltossa hiilidioksidipäästöt voidaan jättää huomioimatta ympäristövaikutusta arvioitaessa (kts. luku 2.3). Öljyn poltto aiheutti vuonna 2002 (37 080 TJ:a) 2,14 milj. tonnin hiilidioksidipäästön (liite 1). Jos puupolttoaineet korvaisivat öljyn käyttöä Uusiutuvan energian edistämishjelman mukaisesti, päästöt vähenisivät 0,4 milj. tonnia vuoteen 2010 mennessä. Tämän ansiosta Suomen kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät 0,49 %.

2.5.1.3 Metaanipäästöt

Maatalouden metaanipäästöt olivat vuonna 2002 84 000 t eli yksi kolmasosa koko maan metaanipäästöistä (Tilastokeskus 2004a). Maataloudessa metaanipäästöjä syntyy mm. kotieläinten ruuansulatuksessa ja lannan käsittelyn yhteydessä. Lannan käsittelyn osuus on hieman yli 10 % eli n. 9 000 t (Perälä ym. 2004). Jos oletetaan, että lannan käsittelyssä syntyvästä metaanista voitaisiin hyödyntää 70 % polttamalla, kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät n. 0,14 milj. tonnia CO₂-ev (0,18 %) (liite 1). Käytännössä näin suuri lannankäsittelyssä syntyvän metaanin hyödyntäminen edellyttää, että metaani kerätään talteen biokaasuna kaikista lantavarastoista kattamalla ne sopivalla tavalla ja että kerätty metaani hyödynnetään kaiken syntyvän lannan mädätyksen yhteydessä syntyvän biokaasun kanssa sähkön- ja/tai lämmöntuotannossa. Mainittu kasvihuonekaasupäästön vähennys edellyttää lisäksi, että tuotetulla energialla korvataan kokonaisuudessaan uusiutumattomien energialähteiden käyttöä. Em. vähennys riittäisi saavuttamaan Agenda 2007:ssä vuodelle 2010

asetetun tavoitteen maatalouden metaani- ja dityppioksidipäästöjen vähenemiselle (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001b).

2.5.2 Työllisyysvaikutukset

Halonen ym. (2003) ovat arvioineet, miten suuri työllistämisaikutus lisääntyneellä uusiutuvan energian käytöllä olisi, jos Uusiutuvan energian edistämishjelmassa ehdotetut tavoitteet täyttyisivät. Puun pienkäytön toivotaan lisääntyvään vuoden 2001 45 800 TJ:stä vuonna 2010 54 000 TJ:een. Työllistävyys kasvaisi tämän muutoksen myötä 430 htv:sta (henkilötyövuosi) 780 htv:een. Pellettien tuotannon arvioidaan lähes viisinkertaistuvan vuoden 2001 80 000 t:sta vuoteen 2010 mennessä. Myös uusien tehtaiden pystyttäminen sekä pellettien kuljetus ja jakelu lisääisivät työllisyyttä. Tällöin työllistävyys kasvaisi noin sadasta htv:sta kaksin- tai jopa nelinkertaiseksi. Peltoenergian suora työllistymisaikutus oli vuonna 2001 5-6 htv:ta, mutta sen oletetaan nousevan n. 50 htv:een vuonna 2010. Biopolttoaineita ei raportin mukaan Suomessa vielä tuoteta, mutta niiden arvellaan työllistävän 140 htv:ta vuonna 2010. Maaseudun biokaasun tuotannon arvellaan yli satakertaistuvan, kun tavoitteena on lisätä biokaasua energianlähteenä hyödyntävien tilojen lukumäärää 5:stä 750:een. Taulukkoon 2 on koottu uusiutuvan energian käytön lisääntymisestä seuraavat työllisyysvaikutukset Halosen ym. (2003) mukaan.

Taulukko 2. Uusiutuvan energian käytön lisääntymisen työllisyysvaikutukset.

Energianlähde	Työllisyyden lisäys (htv) vuodesta 2001 vuoteen 2010
Polttopuu	350
Pelletti	100-300
Peltoenergia	5-6
Biopolttoaine	140
Biokaasu	37
Yhteensä	632-833

Ainakin osa lisääntyneeseen biokaasun tuotantoon liittyvästä työstä siirtynee viljelijöiden tehtäväksi oman työnsä ohella, mutta täysin uusia työpaikkojakin syntyy useita satoja, jos ohjelman tavoitteet saavutetaan. Erityisesti syrjäseuduille nämä työpaikat olisivat erittäin tarpeellisia. Myös Lahtinen (2003) esittää, että jos Suomen maatalojen sikojen ja turkiseläinten lannasta mädätettäisiin 50 %, yli 2-vuotiaiden nautojen 30 %, alle 2-vuotiaiden nautojen 25 % sekä kanojen ja lampaiden 10 %, maatalojen biokaasulaitosten määrä olisi noin 750. Arvio toteutuvasta hyödyntämisaasteesta on melkoisen korkea ja näkyy vastaavasti myös taulukossa 2 esitetyissä työllisyysvaikutuksissa tältä osin.

Saksassa lannan biokaasupotentiaali kokonaan hyödynnettynä on 96,5 PJ (BIZ 2003), kun vastaava luku Suomessa on 7,0 PJ (Lahtinen 2003). Lisäksi maatalouden muu biokaasupotentiaali Saksassa on 334 PJ (BIZ 2003) Suomen 0,5 PJ:een verrattuna (Lahtinen 2003). Saksan noin 14-kertaisessa maatalouden lannantuotannon laajuudessa syntyi noin 1800 biokaasulaitosta maataloille kymmenessä vuodessa.

Saksassa oli maataloilla ensimmäisen biokaasulta tuotetun sähkön ostovelvoitetta koskevan lain tullessa voimaan vuoden 1992 alussa vajaa 200 biokaasulaitosta (Bundestag 1990, Wagner 2004). Lakia muutettiin osittain 1998 (Bundestag 1998). Lain voimassa ollessa maatalojen biokaasulaitosten määrä kasvoi noin 1000:een vuoteen 2000 mennessä viljelijöille biomassasta tuotetusta sähköstä maksettavan hinnan ollessa sidottu sähkön kuluttajahintaan. Se oli 80 % kuluttajahinnasta eli 6 – 7 snt/kWh.

Seuraavassa laissa (Bundestag 2000), joka tuli voimaan huhtikuun alussa 2000, viljelijöille maksettava sähkön hinta määriteltiin laissa, ja se oli noin 10 snt/kWh. Tämä johti biokaasulaitosten lukumäärän nopeaan kasvuun, ja niiden määrä oli noin 2000 vuonna 2002. Tällä tasolla se säilyi aina uusimman lain (Bundestag 2004) voimaan tulon elokuun alkuun 2004 saakka. Uusimmassa laissa, joka tuli voimaan elokuun 2004 alusta, korkeintaan 150 kW:n sähkötehon omaavien eli tyypillisten maatalojen laitosten tuottamasta sähköstä maksetaan enimmillään 21,5 snt/kWh, kun raaka-aineena käytetään vain eläinten lantaa, kasvimassaa tai mäskiä, sekä lämpö että sähkö hyödynnetään ja käytetään eräitä uusia teknologioita. Tämän lain takia maatalojen biokaasulaitosten määrän arvellaan Saksassa nousevan 4000:een. Maatalojen biokaasulaitosten lukumäärän kasvu on voimakkaasti riippuvainen niillä tuotetusta sähköstä saatavan hinnan kehityksestä. Myös ns. porttimaksujen kehitys edistää omalta osaltaan biokaasulaitosten kannattavuutta. On kuitenkin huomattava, että viimeisimmän lain (Bundestag 2004) perusteella sähkön hintaa tuetaan 6 snt/kWh sillä perusteella, että prosessin raaka-aineena ei käytetä sellaisia materiaaleja, joista voisi kuvitella saatavan ns. porttimaksuja.

Saksassa uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön korkean tuottajahinnan aiheuttamat kustannukset jaetaan kaikelle sähköyhtiöiden tuottamalle sähkölle, jolloin sen vaikutus sähkön kuluttajahintaan ei ole suuri näin tuotetun sähkön osuuden ollessa pieni. Vastaavalla taloudellisella kiihokkeella kuin Saksassa voitaisiin Suomessa olettaa syntyvän maatalojen biokaasulaitoskanta, joka on noin 14-osa Saksan vastaavasta. Esimerkiksi biokaasusähköstä maksettavan sähkön hinnan ollessa 10 snt/kWh laitosten määrä voisi olla runsaat 140.

Nykyiselläkin maatilalla samalla kiinteistöryhmällä käytetyn biokaasusähkön arvo Suomessa on noin 7 snt/kWh eli sähkön kuluttajahinta, koska tästä sähköstä ei tarvitse maksaa sähkön siirtomaksua eikä sähköveroa (teho < 1 MW). Sähkön tuotannon ja kulutuksen samanaikaistaminen tilatasolla ei yleensä kuitenkaan ole täysin mahdollista, joten tätä etua ei voi täysimääräisesti hyödyntää. Tilanne vastaa kuitenkin paljolti Saksan tilannetta vuoden 1992 jälkeen, joten nykyisessäkin toimintaympäristössä maatalojen biokaasulaitosten määrä voisi nousta noin 70:een huomioimatta mahdollisten porttimaksujen vaikutusta.

Osa II: Maatalouden energiaindikaattorit

1 OECD:n energiaindikaattorit maataloustuotannolle

OECD on asettanut jäsenmailleen tavoitteita kestävä kehityksen edistämiseksi. Tavoitteiden toteutumista seurataan mm. maatalouden energiankäytön ja –tuotannon indikaattorien avulla. Maatalous kuluttaa energiaa sekä suoraan omassa tuotannossaan että epäsuorasti tuotantopanosten sekä maatalouskoneiden ja –rakennusten valmistuksessa. Maatalous pysyy myös tuottamaan uusiutuvaa energiaa peltobiomassana, biokaasuna ja biopolttonesteinä. Indikaattorien kehittämisen taustalla ovat mm. huoli energiantuotannon ympäristövaikutuksista, tarve tehokkaampaan ja ympäristöystävällisempään energiantuotantoon ja energian tehokkaampaan käyttöön sekä kiinnostus poliittisten päätösten vaikutusten seurantaan. OECD:n ehdottamilla kolmella indikaattorilla seurataan maatalouden käyttämää kokonaisenergiaa, energiankäytön tehokkuutta sekä uusiutuvien primäärienergianlähteiden tuotantoa maataloudessa (OECD 2002). Seuraavassa on kuvattu kunkin indikaattorin sisältö.

1) Maatalouden kokonaisenergiankulutus (*Total agricultural energy input*)

Indikaattori kertoo maataloustuotannossa käytetyn kokonaisenergiamäärän. Tämä indikaattori on aiheuttaja-indikaattori (Driving Force), joka kuvaa kuormituksen aiheuttajaa. Syöttötietoina käytetään suoraa ja epäsuoraa energiankulutusta: maatalousrakennusten lämmitykseen ja koneiden käyttöön tarvittavaa energiaa ja sähkön kulutusta, maatalouskemikaalien valmistukseen käytettyä energiaa sekä pääoman sisältämää energiaa (esim. maatalousrakennusten ja –koneiden sekä niiden varaosien rakentamiseen kulunut energia). Indikaattorin perusteella voidaan vertailla kokonaisenergiankulutuksen muutosten lisäksi maataloustuotannon eri vaiheissa tarvittavia energiamääriä. Tiedot esitetään ölytonniekvivalentteina (Mtoe). Indikaattorin kuvauksessa ei mainita ostorehujen valmistusta tai muita karjan hoitoon liittyviä panoksia, joten hieman epäselvää on, halutaanko indikaattorilla selvittää ainoastaan peltoviljelyn energiankulutusta. Tässä työssä on päädytty ottamaan laskelmiin mukaan myös karjatalouden energiankulutus.

2) Energiankäytön tehokkuus maataloustuotannossa (*Energy efficiency of agricultural production*)

Indikaattori kuvaa maatalouden bruttoarvonlisäyksen (*Gross Value Added; GVA*) suhdetta maatalouden suoraan energiankulutukseen. Indikaattori on paine-indikaattori (Pressure), jonka avulla voidaan arvioida, missä määrin maatalouden energiatehokkuus on kohentunut. Syöttötietoina käytetään maatalouden tuottamaa rahallista bruttoarvonlisäystä ja suoran energiankulutuksen määrää indikaattorista 1. Arvonlisäyksellä tarkoitetaan tuotteesta tai palvelusta saatavan hinnan ja tuotteen tai palvelun tuottamiseen kuluihin kustannusten välistä erotusta. Vaihtoehtoiseksi energiankäytön tehokkuutta kuvaavaksi indikaattoriksi on ehdotettu energiaksi muutettujen maataloustuotteiden ja maatalouden suoran energiankulutuksen suhdetta. Tällöin maataloustuotteiden massa tai tilavuus kerrotaan tuotteille ominaisilla muuntokertoimilla. Tämä indikaattori on kuitenkin sekä laskennallisesti että tulkinnallisesti hankala.

3) Uusiutuvan energian tuottaminen maataloudessa (*Production of renewable energy in agriculture*)

Indikaattorin avulla halutaan selvittää uusiutuvan energian, lähinnä biomassan tuotantoa maataloudessa. Koska uusiutuvalla energialla voidaan korvata fossiilista energiaa ja siten vähentää fossiilisen energian käytöstä aiheutuvaa ympäristökuormitusta, on kysymyksessä vaste-indikaattori (Response). Syöttötietoina käytetään maatalouden sivutuotteiden (esim. olki), energiakasvien (esim. ruokohelpi), biopolttonesteiden (esim. rypsimetyyliesteri) sekä biokaasun määriä. Jäsenmaita on kehoitettu tätä indikaattoria varten keräämään lisätietoa maataloudessa tuotettavien uusiutuvien energianlähteiden määrästä ja rahallisesta arvosta. Indikaattori on jätetty pois energiatyöryhmän uusimmasta ehdotuksesta (OECD 2003).

Kolmen edellä mainitun indikaattorin avulla voidaan seurata, miten yleiset, pitkän tähtäimen poliittiset tavoitteet toteutuvat maataloussektorin sisällä. Näiden lisäksi ehdotetaan kahta indikaattoria edelleen kehitettäväksi:

4) Uusiutuvan energian käyttö maataloudessa (*Renewable energy use in agriculture*)

Indikaattorilla seurattaisiin uusiutuvan energian käyttöä maataloudessa ja sen osuuden kehittymistä maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta. Tämä indikaattori kuvaisi nimenomaan maataloustuotannon vastetta energiankulutuksesta aiheutuvaan ympäristökuormitukseen. Indikaattori 3) puolestaan on yleisempi kuvatessaan uusiutuvan energian tuotantoa, jolloin käyttö ei rajoitu välttämättä maatalouteen.

5) Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöt suhteessa tuotannon volyymiin (Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöintensiteetti) (*Gross greenhouse gas emission intensity of agricultural production*)

Indikaattorilla seurattaisiin maataloustuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä – mukaan lukien suora ja epäsuora energiankulutus - tuotannon kokonaisvolyymia kohden. Kyseessä on vaikutusindikaattori (Impact). Tätä varten tulisi olemassa olevaa maatalouden kasvihuonekaasujen seurantajärjestelmää täydentää epäsuorasta energiankulutuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen osalta ja yhdistää aineisto tuotantotietoihin. Jos puolestaan tarkastellaan tuotannon kokonaisvolyymien suhdetta kasvihuonekaasupäästöihin, voidaan puhua ekotehokkuusindikaattorista.

2 Valmius energiaindikaattorien käyttöön Suomessa

Säännöllisesti laadittavat tilastot ovat tärkeitä erilaisten mittareiden laadinnassa ja indikaatiovaikutusten seurannassa. Etuna tilastojen käytössä on tilastointikäytäntöjen vakaus; samoja menetelmiä sovelletaan vuodesta toiseen ja mahdolliset muutokset on tilastoissa mainittu. Tilastot eivät kuitenkaan anna täysin absoluuttisia tietoja, sillä ne perustuvat usein otantatietoihin ja esimerkiksi osa Tilastokeskuksen energiatilastoista perustuu mallinnettuun arvioon.

Taulukkoon 3 on koottu tietolähteitä indikaattorin laskentaan tarvittavista tiedoista.

Taulukko 3. Maaseudun energiantuotantoon ja -käyttöön liittyvien tilastotietojen lähteitä.

* Tiedot julkaistaan vuosittain Maatilatilastollisessa vuosikirjassa

Tieto	Lähde	Tarkennus
Indikaattori 1		
<i>Direct energy:</i> Maatalouden energiankulutus vuosittain	Tilastokeskus: Energiatilasto Tiedot saatu useasta eri lähteestä	Osassa tietoja maatalouden energiankulutukseen on yhdistetty metsätalouden energiankulutus
Sähkönkulutus	Adato Energia Tilastokeskus: Energiatilasto Tieto saatu Adato Energialta	Tilastokeskuksen Energiatilastossa sähkönkulutustilastossa on huomioitu ainoastaan maataloustuotanto. Adato Energian tilastossa on mukana myös tilojen taloussähkö (Adato Energia 2002).
<i>Energy embodied in fertilisers:</i> Ostettujen lannoitteiden määrä	Kemira Agro Oy: myyntitilastot ja Tullin tuontitilastot *	
<i>Energy embodied in pesticides</i> Ostettujen torjunta-aineiden määrä	KTTK ja MTT*	
<i>Energy embodied in farm machinery and buildings</i> Maatalouskoneiden ym. hankintamäärät	MTT Maatalousteknologian tutkimus *	
Maatalouskoneiden painot	Valmistajien tiedot	
Indikaattori 2		
<i>Energy efficiency of agricultural production</i> Maatalouden bruttoarvonlisäys	Tilastokeskus: Kansantalouden tilinpito *	
Indikaattori 3		
<i>Production of renewable energy in agriculture:</i> Maaseudun tilakohtainen biokaasun käyttö (tuotanto)	Suomen Biokaasukeskus ry: Biokaasulaitosrekisteri	
Ruokohelven ym. peltobiomassan viljelyalat	MMM (TIKE): Peltolohkorekisteri	
Sivutuotteiden määrä	1) Mäenpää ym. 2000 2) MMM (TIKE): Maatilatilastollinen vuosikirja	1) kasvinviljelyn osalta päivitetty vuoteen 1998 2) teurasjäte arvioidaan teuraseläinten lukumäärän perusteella 2) lannan määrä arvioidaan kotieläinten lukumäärän perusteella
- kasvinviljelyn sivubiomassa		
- teurasjäte		
- lanta		

Tieto	Lähde	Tarkennus
Biopolttoaineita varten tuotetut kasvit	MMM (TIKE): Peltolohkorekisteri	
<u>Indikaattori 4</u> <i>Uusiutuvan energian käyttö maataloudessa</i> Biokaasu	Suomen Biokaasukeskus ry Biokaasulaitosrekisteri	
<u>Indikaattori 5</u> <i>Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöt suhteessa tuotannon volyymiin</i>		
Maataloustuotannon kokonaisvolyyymi	MMM (TIKE)	
Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöt	MTT	
Indikaattori 1)	Maataloustuotannon suora energiakulutus selviää Tilastokeskuksen Energiatilasto-julkaisusta. Käytettyjen lannoitteiden ja torjunta-aineiden määrien sijasta voitaneen käyttää Kemira Agro Oy:n tietoja ja Tullin tuontitilastoja vuosittaisista lannoitteiden ostomääristä. Torjunta-aineiden myynti on tilastoitu Kasvintuotantotarkastuskeskuksessa ja MTT:ssä. Nämä tiedot koottaan vuosittain Maatilatilastolliseen vuosikirjaan Lannoitteiden tuotantoon kuluva energiamäärä on tiedossa lannoitevalmistajalla (Katajajuuri ym. 2003), vaikkakin tässä työssä käytettiin Dalgaardin ym. (2001) kokoamia tietoja. Sen sijaan torjunta-aineiden valmistukseen kuluva energia ei ole tietoa saatavilla. Indikaattorin laskentaohjeissa kuitenkin mainitaan, että mikäli saatavilla ei ole kansallista tietoa elinkaarenaikaisesta energiankulutuksesta, laskennassa voidaan käyttää myös kirjallisuudesta löytyviä muuntokertoimia. Traktorien ja leikkupuimurien määrät vuodelta 1999 löytyvät kansallista ilmastostrategiaa varten laaditusta taustaselvityksestä (KTM 2001b). Muihin maatalouskoneisiin ja -laitteisiin sitoutunut energia lasketaan hankintamäärien avulla; oletetaan, että kukin maatalouskone uusitaan 10 vuoden välein, joten hankintamäärät kerrotaan luvulla 10. Kunkin koneen ja laitteen lukumäärä kerrotaan keskimääräisellä massalla sekä kirjallisuudesta löytyvällä energiakertoimella. Maatalousrakennuksiin sitoutuneen energian laskemiseen ei ole löytynyt tarvittavia tietoja.	
Indikaattori 2)	Maatilatilastollisessa vuosikirjassa ilmoitetaan vuosittain maatalouden bruttoarvonlisäys perushintaan. Energiakulutus saadaan indikaattorin 1) tiedoista.	
Indikaattori 3)	Bioenergian tuotannosta on jo olemassa aineistoa, mutta se on koottava eri lähteistä ja sitä on täydennettävä. Peltoviljelyn sivutuottebiomassan määrät on arvioitu vuosilta 1970-1998 osana Suomen luonnonvarojen kokonaiskäyttöä (Mäenpää ym. 2000). Samaa laskentatapaa noudattaen aineisto on verrattain helppo päivittää. Teurasjätteen määrää voidaan arvioida teurastettujen eläinten lukumäärän perusteella, mistä MMM:n tietopalvelu-	

keskus kerää tiedot vuosittain. Suomen Biokaasukeskus ry tilastoi biokaasun tuotantoa ja käyttöä maatiloilla ja MMM:n tietopalvelukeskus kerää vuosittain tiedot biopolttoaineeksi ja pelto-biomassaenergiaksi tuotettavien kasvien viljelyaloista.

Indikaattori 4)

Maatalous tuottaa jo nykyisellään bioenergiaa jonkin verran yli oman käytön. Maatalouden kuluttamasta bioenergiasta ei toistaiseksi ole kovin kattavaa tietoa saatavilla. Em. Biokaasukeskuksen rekisteristä saadaan tilakohtaista tietoa biokaasun käytöstä.

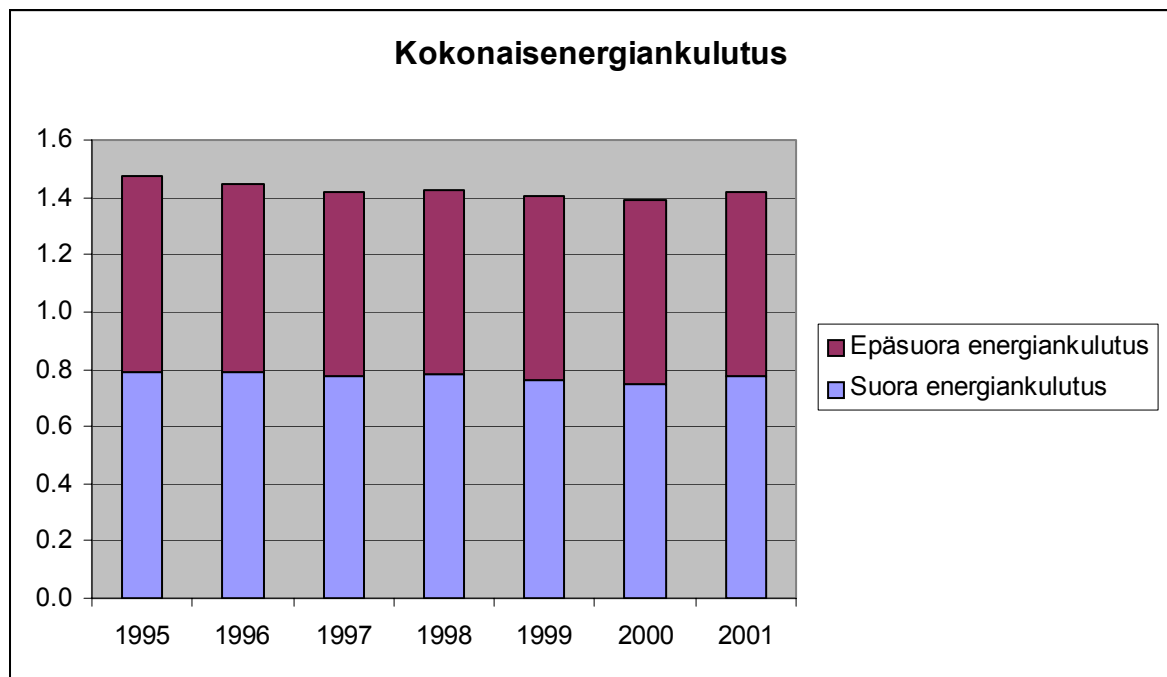
Indikaattori 5)

MTT tuottaa vuosittain seurantatiedot maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Maatalouden epäsuorasta energiankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt voidaan laskea ensimmäisen indikaattorin tietojen pohjalta. Tuotannon kokonaisvolyymi voidaan laskea MMM:n tietopalvelukeskuksen ylläpitämien vuosittaisten tuotantotilastojen pohjalta.

3 Indikaattorien laskenta: alustavia tuloksia

3.1 Maatalouden kokonaisenergiankulutus

Kuvassa 1 on esitetty indikaattori 1 olemassa olevan tilastoaineiston perusteella vuosille 1995-2001. Indikaattorin laskenta on esitetty tarkemmin liitteessä 2.



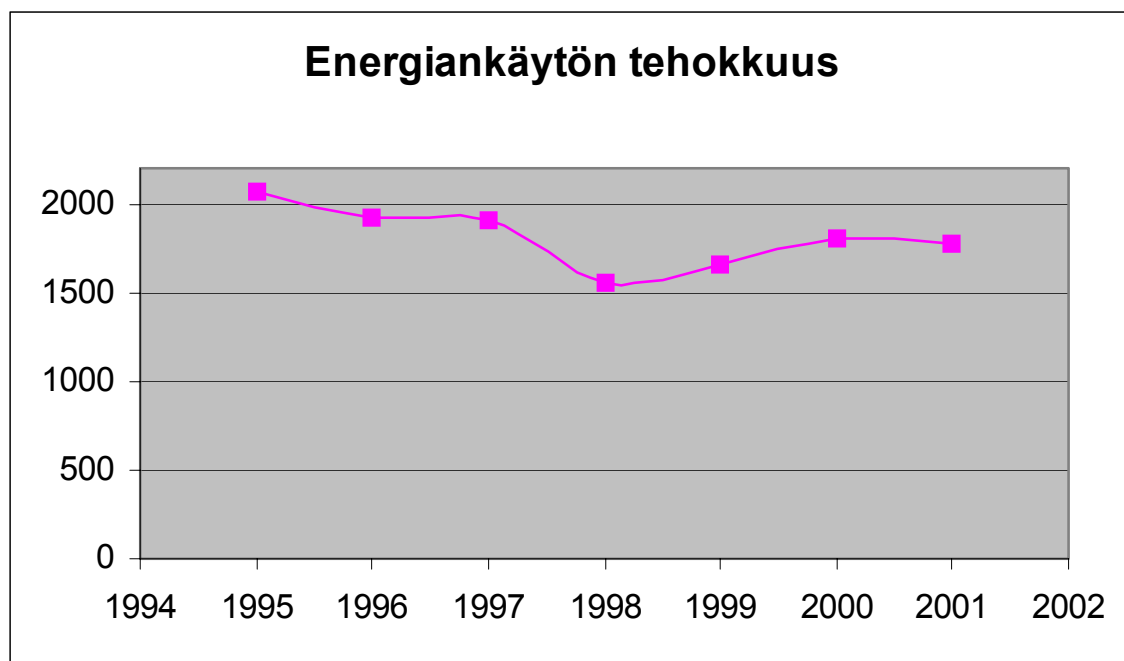
Kuva 1. Maatalouden kokonaisenergiankulutus Suomessa 1995-2001, Mtoe (miljoona tonnia öljykvivalenttia).

Maatalouden kokonaisenergiankulutuksessa ei ole juurikaan tapahtunut muutoksia tarkastelujakson aikana. Se on vähentynyt 4 % 1,47 Mtoe:sta 1,42 Mtoe:iin tarkastelujakson aikana, ja ero johtuu lannoitteiden käytön vähenemisestä. Suora energiankulutus oli sen sijaan vuonna 2001 lähes kuuden vuoden takaisissa lukemissa.

Suora energiankulutus koostuu lähes yksinomaan uusiutumattomista energianlähteistä. Asuinrakennusten lämmitysenergiaa ei ole otettu huomioon laskennassa, koska se ei liity maataloustuotannon energiankulutukseen. Maaseudulla paljon lämmitykseen käytetty puuenergia ei siis näy kovin selvästi indikaattorin tuloksissa. Epäsuoran energiankulutuksen arviointiin liittyy huomattavasti enemmän epävarmuustekijöitä kuin suoran energiankulutuksen laskentaan, jossa määritelmä sulkee polttoaineiden valmistukseen ja sähköntuotantoon kuluvan energian tarkastelun ulkopuolelle. Osa kirjallisuudessa mainituista lannoitteiden ja torjunta-aineiden valmistukseen kuluvista energiamääristä sisältää myös valmistusprosessissa käytettyjen polttoaineiden valmistukseen ja sähkön tuotantoon kuluvan energian, joissakin tapauksissa näitä energiamääriä ei ole sisällytetty mukaan. Tämä aiheuttaa vertailtavuusongelmia. Maatilan rakennuksiin sekä laitteisiin ja koneisiin sitoutuneen energian arvioiminen on erityisen vaikeaa. Rakennuksiin sitoutuneen energian laskenta vaatii erillisen menetelmän kehittämisen. Maatalouskoneisiin ja -laitteisiin sitoutuneen energian laskentaa vaikeuttavat koneiden ja laitteiden lukumäärien arvioinnin lisäksi mm. valmistusvaiheiden suuri määrä ja energiankäytön vaihtelut yritysten välillä. Lisäksi laitteiden käyttöasteet vaihtelevat eri tiloilla, jolloin niitä on vaikea kohdistaa tietylle vuodelle (Doe-ring 1980).

3.2 Energiankäytön tehokkuus maataloustuotannossa

Maatalouden energiankäytön tehokkuutta kuvataan aikasarjana, jossa tarkastellaan maatalouden bruttoarvonlisäyksen (*Gross Value Added; GVA*) suhdetta maatalouden suoraan energiankulutukseen. Kuvassa 2 tämä indikaattori on esitetty vuosille 1995-2001 olemassa olevan tilastoaineiston perusteella.



Kuva 2. Energiankäytön tehokkuus Suomessa vuosina 1995-2001, milj.euroa/Mtoe.

Tarkastelujakson aikana energiankäytön tehokkuus on vaihdellut jonkin verran. Vuoden 1998 notkahduksen selittää huono satovuosi, sillä mm. viljasato supistui kolmanneksen edelliseen vuoteen verrattuna (Tilastokeskus 1998). Tämän jälkeen energiatehokkuus on jonkin verran kohentunut, mutta se ei ole palautunut vielä vuoden 1994 tasolle. Kokonaisuudessaan energiankäytön tehokkuus on laskenut 15 %. Koska epäsuora energiankulutus

on samanaikaisesti vähentynyt, suoran energiankulutuksen hyötysuhde on heikentynyt tuntuvasti. Vajaan 10 vuoden tarkastelujakso on kuitenkin liian lyhyt, jotta pitkälle meneviä johtopäätöksiä kehityksen suunnasta ja taustalla vaikuttavista tekijöistä voitaisiin tehdä.

4 Yhteenveto

Hankkeen ensimmäisenä tavoitteena oli *kartoittaa maaseudun uusiutuvan energian käytön ja tuotannon tutkimuksen nykytilannetta, pyrkiä etsimään keinoja uusiutuvan energian käytön edistämiseksi ja paikantaa niitä kohteita, joissa on suurin potentiaali korvata fossiilista energiaa uusiutuvalla energialla*. Puun vahva asema maaseudun energianlähteiden käytössä yllätti, koska tutkimusyhteisössä myös peltobiomassaenergian, biopolttoöljyjen ja biokaasun tuotannon tutkimukset ovat olleet näkyvästi esillä. Niiden osalta tutkimus on kuitenkin sen verran alkuvaiheessa, että uusia, merkittäviä tuloksia saavutetaan jatkuvasti ja ne saavat näkyvyyttä. Biopolttonesteistä toivotaan korvaajaa kevyelle polttoöljylle traktorien käyttöön ja biokaasusta sähköön ja lämmön lähdettä verkkosähköön ja lämmitysöljyn tilalle. Puun asema lämmön lähteenä on vakaa, ja siihen liittyen kehitetään lähinnä entistä tehokkaampia ratkaisuja vanhojen, sinänsä toimivien tilalle. Uusiutuvan energian tuotannon edistämiseksi on laadittu runsaasti yleisiä suunnitelmia ja suosituksia. Lisäksi uusiutuvan energiantuotantoa on viime vuosina ryhdytty tukemaan myös konkreettisesti alueellisten ohjelmien ja kehittämishankkeiden avulla. Uusiutuvaa energiaa hyödyntäville asuin- ja maatalouskiinteistöille on myös ehdotettu taloudellista tukea, mikä toteutuessaan lisänee runsaasti kiinnostusta. Biopolttonesteiden käyttöä voitaisiin edistää verotuksellisin keinoin ja biokaasutuotantoa siitä tuotetun sähköön hinnan tukemisella esimerkiksi Saksan mallin mukaisesti.

Lähes kaikki maatalouden energiankulutusta koskeva tieto on kohdistettu yleisesti maataloussektorille; tietoja energiankulutuksen jakautumista maatalouden eri tuotantosuuntien (kasvinviljely, kotieläintalous, kasvihuonetuotanto) kesken ei ole toistaiseksi saatavilla. Olemassa olevan tiedon perusteella eri tuotantosuuntien mahdollisuuksia korvata fossiilista energiaa uusiutuvalla energialla on siten vaikea arvioida.

Toinen tavoite liittyi *kestävän kehityksen edistämiseen kohdistamalla tarkastelu maatalouden energiakysymyksiin*. Hankkeessa haluttiin selvittää, minkälaista tietoa maaseudun uusiutuvan energian käytöstä on saatavilla ja miten olemassa olevaa tietoa tulisi täydentää, jotta maatalouden energiankulutus olisi linjassa kestävän kehityksen tavoitteiden kanssa ja jotta tavoitteiden toteutumista voitaisiin seurata. Seurantaa varten OECD on ehdottanut kahta indikaattoria: maatalouden kokonaisenergiankulutus ja energiankäytön tehokkuus. Kokonaisenergiankulutus ja sen painottuminen uusiutumattomilla energianlähteillä tuotettuun energiaan on eräs syy maatalouden aiheuttamaan ympäristökuormitukseen ja indikaattorina se edustaa aiheuttajaa (Driving Force). Energiankäytön tehokkuus on puolestaan paineindikaattori (Pressure), joka ilmaisee, mihin suuntaan maatalouden energiankäyttö on kehittymässä. Indikaattorilaskennan yhteydessä kerätyistä tiedoista ilmeni, että kevyen polttoöljyn osuus maatalouden suorasta energiankulutuksesta on suuri. Suoraan energiankulutukseen liittyen pitäisi selvittää mahdollisuuksia korvata nimenomaan kevyen polttoöljyn käyttöä rakennusten lämmityksessä ja ajoneuvoissa uusiutuvilla energialähteillä. Epäsuora energia kului pääasiassa typpilannoitteiden ja traktoreiden valmistamiseen. Välillisessä energiankäytössä suurin vaikutus saataisiin aikaan lisäämällä uusiutuvien energiavarojen käyttöä traktoreiden ja typpilannoitteiden valmistuksessa. Perustiedot näiden indikaattorien laskentaan löytyivät tilastoista ja kirjallisuudesta. Ainoastaan maatalousrakennusten tuotantoon kuluva energia ei pystytty arvioimaan olemassa olevien tietojen perusteella.

OECD:ssä on kehitteillä myös indikaattori kuvaamaan maatalouden uusiutuvaa energiantuotantoa. Mikäli uusiutuvan energian tuotannolla korvataan fossiilista energiaa, se vähentää osaltaan maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Indikaattori kuvaa siten pyrkimyksiä vähentää ympäristökuormitusta ja se edustaa vasteindikaattoria (Response). Vastetta voidaan tarkastella myös uusiutuvan energian osuutena maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta. Tätäkin indikaattoria varten ovat tiedot pääosin olemassa, mutta ne on kerättävä useasta eri lähteestä. Lisäksi indikaattori vaatii vielä laskennallista kehittämistä.

Yhteisten, kansainvälisesti hyväksytyjen tavoitteiden lisäksi tarvitaan kansallisia tavoitteita, joissa voidaan ottaa huomioon alueelliset erityispiirteet. Näiden tavoitteiden toteutumisen seurantaan tarvitaan tarkempia indikaattoreita, kuten OECD:n jatkokehiteltäviksi esittämät 1) uusiutuvan energian osuus maatalouden kokonaisenergiankulutuksesta, joka ilmaisee energiankulutuksesta aiheutuvan ympäristökuormituksen vähenemistä ja 2) maataloustuotannon kokonaisvolyymin suhde maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin, joka puolestaan olisi eräs tapa kuvata tuotannon ekotehokkuutta. Uusiutuvan energian tuotantoa tai kulutusta kuvaavaa indikaattoria olisi syytä kehittää kansallisesti siksikin, että OECD:n indikaattorimuistiossa viitataan tässä yhteydessä suomalaiseen Yli-Viikarin ym. (2002) tutkimukseen. Maatalouden uusiutuvan energian käyttöä ei juurikaan ole tilastoitu, joten indikaattorin käyttöönotto vaatii perustiedon keräämistä. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat vuosittain päivitettävää seurantatietoa, joten ne ovat helposti saatavilla. Sen sijaan maataloustuotannon kokonaisvolyymi on arvioitava vuosittaisten tuotantotilastojen perusteella. Tämän indikaattorin käyttöönotto vaatii siten laskentamenetelmän kehittämistä.

Indikaattoreilla seurataan tarkasteltavaa ilmiötä mittarin lukuarvojen muutoksina. Joissakin tapauksissa voidaan jopa asettaa tavoitetasot, joihin toimenpiteillä pyritään. EU:ssa on yleisenä tavoitteena kaksinkertaistaa uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta vuoteen 2010 mennessä. Suomessa puolestaan tavoitellaan 21 %:n lisäystä nykyisessä bioenergian käytössä vuoteen 2005 mennessä. Yksityiskohtaisen tavoitetason asettaminen kullekin indikaattorille erikseen voi kuitenkin olla hankalaa, ja yleensä indikaattorien avulla tyydytään seuraamaan, mihin suuntaan kehitys on menossa suhteessa yleiseen tavoitteeseen. Indikaattorien normatiivisen käytön lisäksi olisi hyvä, jos muutosten toteutuksen ohella voitaisiin pureutua niiden syihin. Myönteistä kehitystä pystytään vahvistamaan ja kielteistä kehityssuuntaa voidaan korjata, kun ymmärretään ilmiöiden taustalla olevia mekanismeja. Analyttisempi indikaattorien käyttö ja indikaattorin välittämän viestin tulkinta vaatiikin ymmärrystä ilmiöiden keskinäisistä syy-seuraussuhteista. Kehitystrendien tulkinta puolestaan edellyttää huomattavasti pitempää tarkastelujaksoa kuin mitä tässä on esitetty.

Kirjallisuus

Adato Energia 2002. Sähkön käyttötietoja käyttäjäryhmittäin. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.energia.fi/page.asp?Section=2707> Viitattu 21.9.2004.

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. 172 s. + 17 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf> Viitattu 19.8.2004.

Anttila, K. 2004. Kipinää klapikauppaan. Forssan lehti 29.5.2004, s. 6.

Asplund, D., Nikku, P. ja Savolainen, M. 1999. Bioenergian tutkimusohjelman loppuraportti 1993 – 1998. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 29. Jyväskylän Teknologiakeskus, Jyväskylä. 193 s. + 51 liites.

- BIZ 2003. Basisdaten Biogas Deutschland. Aktuelle Informationen und Daten zum Thema Biogas. Stand August 2003. Biomasse-Information-Zentrum. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.. Saatavana osoitteessa: http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_93biogas2auflage.pdf. Viitattu 5.1.2005.
- Bundestag 1990. Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energie in das öffentliche Netz. Laki annettu 7.12.1990.
- Bundestag 1998. Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energie in das öffentliche Netz. Laki annettu 24.4.1998.
- Bundestag 2000. Erneuerbare_Energien-Gesetz. Laki annettu 25.2.2000.
- Bundestag 2004. Gesetz zur Neureglung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich. Laki annettu 21.7.2004.
- Doering, O. 1980. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: Pimentel, D. (ed.) Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press, pp. 9-14.
- Finbio 2003. Esitys kansalliseksi peltoenergia –ohjelmaksi 2003 – 2010. FINBIO – Suomen Bioenergiayhdistys ry. ISBN 952-5135-24-1.
- Haavisto, P. 2004. Villi ruokohelpi versoo bioenergiaa. Koelypsy nro 2, s. 20.
- Haaparanta, S., Myllynen, M. & Koskentalo, T. 2003. Pienpoltto pääkaupunkiseudulla. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:18. 38 s. + 6 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.ytv.fi/ilmanl/aineisto/pienpoltto.pdf>
- Haaparanta, S. 2004. Pienpoltto ilmanlaatuongelmana. Ympäristö ja terveys nro 4, ss. 10-14.
- Hakkila, P. 2001. Metsähakkeen käyttö. Työtehoseuran metsätiedote nro 629. 4 s.
- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003, metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti. TEKES, Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. 108 s. + 37 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa http://www.tekes.fi/julkaisut/puuenergian_teknologiaohjelma.pdf
- 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 – Research notes 2219. 57 2.
- Haverila, M. & Saarikorpi, J. 1994. Markkinointi. Infacs Johtamistekniikka Oy, Jämsänkoski. 374 s.
- Helynen, S. & Oravainen, H. Polttopuun pientuotannon ja –käytön kehitystarpeet. TEKES, Teknologia katsaus 124/2002. 27 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.tekes.fi/julkaisut/polttopuu.pdf>
- Huttunen, S. 2004. Paikallista kestäväää energiaa – uusiutuvan energian mahdollisuudet maataloilla. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 80. 63 s. + 13 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa http://www.chem.jyu.fi/ue/frame_left/Mautilaraportti.pdf
- Jansson, H. & Närvänen, A. 2004. Viherkesannoilta liukenee fosforia vesistöihin. Koetoiminta ja käytäntö. 15.3.2004, s. 4.
- Katajajuuri, J.-M., Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R. & Honkasalo, N. 2003. Elovenakaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous 33, 47 s. + 1 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.mtt.fi/met/pdf/met33.pdf>
- Koljonen, K. 2004. Pelletti päihittää öljyn hintavertailussa. Maaseudun tulevaisuus 3.11.2004, s. 12.

- KOM 1997 Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energianlähteet. Yhteisön strategia ja toimintasuunnitelmaa koskeva valkoinen kirja. KOM 97/599.
- KOM 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös energia-alan toimien monivuotisesta ohjelmasta - Euroopan älykäs energiahuolto (2003-2006). KOM 2002/162. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa: <http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/fi/200211/p104057.htm>.
- Koskimies, H. & Uola, J. 2001. Ruokohelven viljely energiaksi Etelä-Pohjanmaalla, Keski-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla. Esiselvitys. Saatavana osoitteessa http://213.28.240.222/maaseutukeskus/site.jsessionid=pmt0lgg5l1?node_id=220 Viitattu 17.5.2004.
- KTM 2001a. Kansallinen ilmastostrategia: valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 2. 96 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/58DF3F554AE83273C2256A1C00240943/\\$file/selonteko_1503_lopullinen.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/58DF3F554AE83273C2256A1C00240943/$file/selonteko_1503_lopullinen.pdf)
- KTM 2001b. Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja mahdollisuudet Suomessa: Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys. 171 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/D0B6A3CF89178AE3C2256A25001CA366/\\$file/Taustaraportti.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/D0B6A3CF89178AE3C2256A25001CA366/$file/Taustaraportti.pdf)
- KTM 2003. Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003 – 2006. Työryhmän ehdotus. 56 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/4B1BDE137F9B5121C2256CE5002B3AC1/\\$file/tyto5eos.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/4B1BDE137F9B5121C2256CE5002B3AC1/$file/tyto5eos.pdf)
- Kuittinen, V., Huttunen, M. & Leinonen, S. 2003. Biokaasulaitosrekisteri VI – Tiedot vuodelta 2002. 46 s. Saatavana osoitteessa <http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/rek6.pdf> Viitattu 24.6.2004.
- Lahtinen, P. 2003. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman arviointi. Kauppa- ja Teollisuusministeriön raportti. 62 s. + 4 liitettä.
- Laki polttoainemaksusta 1280/2003.
- Limetti Oy. Kauppa. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.limetti.fi/biodiesel/index.php?id=15> Viitattu 15.11.2004.
- Luonnonvarainneuvosto 2003. Kannanotto peltoenergian tuotantoedellytysten parantamiseksi. Lausunto, 10.4.2003.
- Luostarinen S. 2001. Maatilakohtainen biokaasulaitos. Jyväskylän yliopisto, Bio-ja ympäristötieteiden laitos. Pro-gradu tutkielma 69 s.
- MMM 2001. Alueellinen maaseudun kehittämisselma tavoite 1 –ohjelman ulkopuoliselle alueelle vuosille 2000 – 2006. MMM:n julkaisuja 11/2001. 146 s. + 26 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa http://www.mmm.fi/julkaisut/julkaisusarja/MMMjulkaisu2002_11.pdf
- MMM 2004. Peltobiomassa, liikenteen biopoltonesteet ja biokaasu –jaosto. Väliaportti. Työryhmämuistio MMM 2004:11. 43 s. + 8 liites.
- Massa, I., Sairinen, R & Itkonen, L. 1987. Energiahuollon vaihtoehdot ja maaseutu. Kolme näkökulmaa. Helsingin yliopiston Sosiaalipolitiikan laitoksen työraportteja 6:1987. 125 s.
- Motiva 2004a. Lämpöyrittäisyys. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.motiva.fi/fi/julkaisut/uusiutuvatenergialahteet/lampoyrittajyyys/> Viitattu 10.8.2004.
- Motiva 2004b. Viestintäsuunnitelma, uusiutuva energia. Sähkönen dokumentti, saatavana osoitteessa

http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/5a705643146cdd8071680e3a94728413/Uusiutuvien_viestint%E4suunnitelma_9.0_screen.pdf Viitattu 12.8.2004.

Motiva 2004c. Biodiesel (kasviöljyesterit). Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/biodieselkasvioljyesterit.html> Viitattu 13.8.2004, päivitetty 12.4.2004.

Motiva 2004d. Biokaasu. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.motiva.fi/fi/kirjasto/uusiutuvatenergia/lahteetsuomessa/muutbiomassaenergianlahteet/biokaasu.html> Viitattu 6.9.2004, päivitetty 12.4.2004.

Mäenpää, I., Juutinen, A., Puustinen, K., Rintala, J., Risku-Norja, H., Veijalainen, S. & Viitanen, M. 2000a. TMRFIN The data base of the natural resources use in Finland. (elektroninen julkaisu; CD-ROM).

Nilsson, D. 1991. Bärgring, transport, lagring och förädling av halm till bränsle – metoder, energibehov, kostnader. Rapport 150 98 p. Institut. för Lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

OECD. 2002. Developing agricultural energy indicators – a proposal joint working party on agriculture and the environment. Paris, 16 - 18 December 2002. 41 p. Saatavana vain viralliseen käyttöön.

OECD. 2003. Developing agricultural energy indicators – a proposal joint working party on agriculture and the environment. Paris, 16 - 18 June 2003. 41 p. Saatavana vain viralliseen käyttöön.

Pahkala, K., Partala, A., Suokannas, A., Klemola, E., Kalliomäki, T., Kirkkari, A.-M., Sahramaa, M., Isolahti, M., Lindh, T. ja Flyktman, M. 2002. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. Maa- ja elintarviketalous 1. 20 s. + 6 liites. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.mtt.fi/met/pdf/met1.pdf>

Perälä, P., Regina, K. & Esala, M. 2004. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt. Teoksessa Hopponen, A. & Rinne, M. Maataloustieteen Päivät 2004, 12.-13.1.2004 Viikki, Helsinki, esitelmät ja posterit. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 19. 4 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura/julkaisut/esi04/ti71.pdf> Viitattu 24.9.2004.

Pohjois-Karjalan metsäkeskus 2003. Puuenergianeuvoituksen kehittämishanke ROIHU. Loppuraportti. 56 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.metsakeskus.fi/pk/Tiedostot/Roihun%20loppuraportti%20.pdf>

Rintamäki, H. & Rouhunkoski, T. 2004. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö ja hyödyntäminen Etelä-Pohjanmaalla. Vaasan yliopisto, Seinäjoen yksikkö. 28 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://sjoki.uwasa.fi/UE/kyselyraportti.doc> Viitattu 15.11.2004.

Sahramaa, M. 2004. Evaluating germplasm of reed canary grass, *Phalaris arundinacea* L. Academic dissertation. University of Helsinki, Department of Applied Biology. 47 p.

Salonen, R. 2004. Puun pienpolton terveyshaitat. Ympäristö ja terveys nro 4, ss. 4-9.

Savolainen, I., Ohlström, M. & Kärkkäinen, A. 2003. Ilmasto - Haaste teknologialle. Näkemyksiä ja tuloksia Climtech-ohjelmasta. Edita, Helsinki, 208 s. Saatavana sähköisenä dokumenttina osoitteessa <http://www.vtt.fi/pro/climtech/material/kirja/>

Savumerkit – opas puun pienpolttoon. 2003. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Ympäristöministeriö, Hengitysliitto Heli ry & Sosiaali- ja terveysministeriö. 12 s. Saatavana osoitteessa http://www.ytv.fi/ilmanl/aineisto/opas_puun_pienpolttoon.pdf Viitattu 19.8.2004.

Solmio, H. 2002. Hakelämmityksen nykytila maataloilla. Työtehoseuran metsätiedote nro 652. 4 s.

- Suomen ympäristökeskus 2003. (GWP-taulukko) Internet-dokumentti. Saatavana osoitteesta <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1353&lan=fi> Päivitetty 16.3.2003. Viitattu 13.5.2004.
- Taavitsainen, T., Kapuinen, P. & Survo, K. 2002. MaLLa-hankkeen loppuraportti; maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn ja käsittelyn mallinnus. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. 139 s. + 55 liites. <http://kokoeko.pspt.fi/MaLLa.shtml> Viitattu 20.8.2004.
- TEKES 2003a. Puupolttoaineiden pientuotanto ja –käyttö 2002–2006. Internet-dokumentti. Saatavana osoitteessa <http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/Pienpuu/fi/etusivu.html> Viitattu 20.12.2004
- TEKES 2003b. DENSITY – Hajautettujen energiajärjestelmien teknologiaohjelma 2003–2007. Internet-dokumentti. Saatavana osoitteessa <http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/DENSITY/fi/etusivu.html> Viitattu 20.12.2004.
- TEKES 2004a. Moottoritekniikan teknologiaohjelma ProMOTOR 1999-2003. Loppuraportti. 121 s. Saatavana osoitteessa <http://www.tekes.fi/julkaisut/ProMotor.pdf>
- TEKES 2004b. STREAMS - Yhdyskuntien jätevirroista liiketoimintaa. Teknologiaohjelman vuosikirja 2004. 224 s. Saatavana osoitteessa <http://akseli.tekes.fi/dman/Document.phx/~sig-streams/Julkinen/Seminaarit/25-5-2004/Vuosikirja-2004?folderId=%7Esig-streams%2FJulkinen%2FSeminaarit%2F25-5-2004&cmd=download> Viitattu 6.9.2004.
- Tilastokeskus 1998. Bruttokansantuotteen kasvu jatkui voimakkaana heinä-syyskuussa. Tilastouutisia 1998:214. Saatavana osoitteessa <http://www.stat.fi/tup/tiedotteet/v98/1214tos.html> Viitattu 3.12.2004.
- Tilastokeskus 2003. Energiatilasto 2002. 152 s.
- Tilastokeskus 2004a. Metaani vuosina 1990-2002. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.stat.fi/tk/yr/ye4.html> Viitattu 24.9.2004, päivitetty 31.5.2004.
- Tilastokeskus 2004b. Hiilidioksidipäästöt nousivat huippulukemiin viime vuonna. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://tilastokeskus.fi/tup/tiedotteet/v2004/034enes.html> Viitattu 16.11.2004.
- TIKE 2004. Peltolohkorekisteri.
- Tuomi, S. & Peltola, A. 2002. Polttopuun käytön nykytila pientaloissa. Työtehoseuran metsätiedote nro 658. 4 s.
- Wagner, R. 2004. Haben Biogasanlagen in einer nachhaltigen Energieversorgung Platz? – Aktueller Stand, Trends und Ausblick, 22.10.04. Tagungszentrum Novuum, C.A.R.M.E.N.
<http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/biogassanlagen2.pdf>; luettu 19.1.2005
- www.ilmasto.org 2004. Kasvihuonekaasut. Sähköinen dokumentti, saatavana osoitteessa <http://www.iti.fi/ilmasto/i2b3.htm> Viitattu 29.11.2004.
- Yli-Viikari, A., Risku-Norja, H., Nuutinen, V., Heinonen, E., Hietala-Koivu, R., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Kantanen, J., Raussi, S., Rikkinen, P., Seppälä, A. & Vehmasto, E. 2002. Agri-environmental and rural development indicators: a proposal. Agrifood Research Reports 5. MTT Agrifood Research Finland. 102 p. + 3 appendix. Saatavana osoitteessa <http://www.mtt.fi/met/pdf/met5.pdf> Viitattu 8.10.2004.

Liitteet

Liite 1

Hiukkaset:

Vuosi 2002:

Puun pienpolton hiukkaspäästöt ovat Haaparannan ym. (2003) mukaan 300 mg/MJ ja kevyen polttoöljyn polton hiukkaspäästöt Lükewillen ym. (2001) mukaan 0,5 mg/MJ. Oletetaan, että hiukkaspäästömäärät on esitetty hyötyenergiayksikköä kohden. Puun pienkäyttö oli vuonna 2002 46 600 TJ ja öljyn pienkäyttö 37 080 TJ. Hyötyenergiana em. määrät ovat 25 630 TJ ja 28 920 TJ, kun puun pienpolton hyötysuhde on 0,55 ja öljyn polton hyötysuhde on 0,78. (Tilastokeskus 2003.) Puun hiukkaspäästömääräksi saadaan $300 \text{ mg/MJ} * 25 630 \text{ TJ} \rightarrow 7 690 \text{ t}$ ja öljyn hiukkaspäästömääräksi $0,5 \text{ mg/MJ} * 28 920 \text{ TJ} \rightarrow 14 \text{ t}$. Kokonaispäästöt olisivat tällöin n. 7 700 t.

Vuosi 2010:

Uusiutuvan energian edistämishjelmassa tavoitteena on lisätä puun pienkäyttöä 54 000 TJ:een vuoteen 2010 mennessä. Oletetaan, että puun lisäys merkitsee öljyn käytön vähenemistä, jolloin öljyn käyttömäärä on vuonna 2010 29 680 TJ. Vastaavat hyötyenergiämäärät ovat 29 700 TJ ja 23 150 TJ. Tällöin puun polton hiukkaspäästöt olisivat 8 910 t, öljyn polton hiukkaspäästöt 12 t ja kokonaispäästöt n. 8 920 t.

Hiilidioksidi:

Öljyn polton hiilidioksidipäästöt ovat 74 kg/GJ (www.ilmasto.org, 2004). Vuonna 2002 öljyä käytettiin 37 080 TJ ja hyötyenergian määrä oli 28 920 TJ. Tällöin öljyn polton hiilidioksidipäästöt olivat yhteensä 2,14 milj. tonnia. Jos oletetaan, että puun pienkäyttö lisääntyy Uusiutuvan energian edistämishjelman mukaisesti (vuonna 2010 54 000 TJ) ja puu korvaa nimenomaan öljyn käyttöä, vähenevät hiilidioksidipäästöt 1,71 milj. tonniin. Vuonna 2002 Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat 81,7 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia (Tilastokeskus 2004b). Tavoitteiden mukainen puun polton lisääntyminen vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä 0,49 %.

Metaani:

Lannan käsittelyssä syntyvä metaanipäästö: 9000 t

Oletus: lannan käsittelyssä syntyvästä metaanipäästöstä voidaan hyödyntää 70 % $\rightarrow 0,7 * 9000 \text{ t} = 6300 \text{ t}$

Metaanin kasvihuoneilmiövaikutus on 23-kertainen hiilidioksidiin verrattuna (kts. luku 2.3.3), joten 6300 t metaania aiheuttaa 144900 hiilidioksidiekvivalenttitonnin kasvihuonevaikutuksen.

Vuonna 2002 Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat 81,7 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia (Tilastokeskus 2004b). Lannan käsittelyssä syntyvän metaanin poltto olisi vähentänyt päästöjä 0,18 %.

Liite 2

Taulukoissa on eritelty maatalouden kokonaisenergiankulutusta kuvaavan indikaattorin lähtötiedot ja laskenta vuodelle 2001 jaoteltuna suoraan ja epäsuoraan energiankulutukseen. Epäsuorasta energiankulutuksesta puuttuu maatalousrakennusten rakentamiseen kulunut energia.

Energianlähde	Määrä lähdeteoksen yksikössä		Määrä yksikössä Mtoe	Osuus
Sähkö (verkko)	850	GWh	0,073	9 %
Sähkö (biokaasu)	72	MWh	0,00001	< 0,1 %
POR	74951	t	0,073	9 %
POK	477217	t	0,482	62 %
Moottoribensiini	548	TJ	0,013	2 %
Maa-/nestekaasu	680	TJ	0,016	2 %
Puu	4500	TJ	0,107	14 %
Turve	470	TJ	0,011	1 %
Maalämpö	10	TJ	0,0002	< 0,1 %
Kaukolämpö	110	GWh	0,009	1 %
Biokaasu (lämmitys)	200	MWh	0,00002	< 0,1 %
Yhteensä			0,776 Mtoe	100 %

Lähteet: Sähkö (biokaasu): Kuittinen, V., Leinonen, S. & Huttunen, M. 2002. Biokaasulaitosrekisteri V – Tiedot vuodelta 2001. 48 s.

Muut: Tilastokeskus 2003. Energiatilasto 2002. 152 s.

Aine tai esine	Määrä		Muuntokerroin		Määrä yksikössä Mtoe	Osuus
Lannoitteiden ja maanparannusaineiden tuotanto						34 %
Typpi	165621	t	50	MJ kg ^{-1 2}	0,198	
Fosfori	21393	t	12	MJ kg ^{-1 2}	0,006	
Kalium	61877	t	7	MJ kg ^{-1 2}	0,010	

² Dalgaard, T., Halberg, N & Porter, J. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol87, pp. 51-65.

Aine tai esine	Määrä		Muuntokerroin		Määrä yksikössä Mtoe	Osuus
Kalkki	752	milj. kg	0,2	MJ kg ^{-1 3}	0,004	
Rehuseosten tuotanto						2 %
Nauta	611193	t	470	MJ t ^{-1 4}	0,007	
Vasikka	40357	t	470	MJ t ⁻¹	0,0005	
Sika	292872	t	470	MJ t ⁻¹	0,003	
Siipikarja	279207	t	470	MJ t ⁻¹	0,003	
Kivennäisrehu	31504	t	470	MJ t ⁻¹	0,0004	
Lisäainevalm.	38817	t	470	MJ t ⁻¹	0,0004	
Turkiseläin	46067	t	470	MJ t ⁻¹	0,001	
Muut	34616	t	470	MJ t ⁻¹	0,0004	
Torjunta-aineiden tuotanto (tehoaine)						2 %
Kasvitaudit	192	t	360	MJ kg ^{-1 4}	0,002	
Tuhoeläimet	42	t	360	MJ kg ⁻¹	0,0004	
Rikkakasvit	1120	t	360	MJ kg ⁻¹	0,010	
Kasvunsäätteet	69	t	360	MJ kg ⁻¹	0,0006	
Maatalouskoneiden ja –laitteiden tuotanto	Määrä /kpl	Paino t/kpl				62 %
Traktori	170000	5	14000	MJ t ^{-1 5}	0,284	
Leikkuupuimuri	29000	7	14000	MJ t ⁻¹	0,068	
Aura	13000	2	14000	MJ t ⁻¹	0,009	
Äes	17000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,003	
Lannoitelevitin	6000	0,2	14000	MJ t ⁻¹	0,0004	
Kylvö-lannoituskone	8000	4	14000	MJ t ⁻¹	0,011	
Niittokone	14000	0,4	14000	MJ t ⁻¹	0,002	
Silppuri	3000	0,8	14000	MJ t ⁻¹	0,0008	

³ Grönroos, J., Voutilainen, P. 2001. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö; Inventaarioanalyysin tulokset. Suomen ympäristökeskuksen moniste 231: 63 p.

⁴ <http://www.lannen.fi/ymparisto/maatalousryhma.html>

⁵ Conforti, P. & Giampietro, M. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol 65, pp. 231-243.

Aine tai esine	Määrä		Muuntokerroin		Määrä yksikössä Mtoe	Osuus
Paalain	4000	2	14000	MJ t ⁻¹	0,003	
Lämminilmakuivuri	3000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,0005	
Lypsykone	2000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,0003	
Tilasäiliö	5000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,0008	
Ruokintalaite	15000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,003	
Lannanpoistolaite	5000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,0008	
Perävaunu	19000	1	14000	MJ t ⁻¹	0,006	
Maan- ja lumensiirto-levyt	17000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,003	
Etukuormaimet	31000	0,5	14000	MJ t ⁻¹	0,005	
Yhteensä					0,641 Mtoe	100 %

Aineiden tai esineiden määrien lähteet:

Lannoitteet ja maaparannusaineet, torjunta-aineet sekä rehut:

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2002. Maatilatilastollinen vuosikirja 2002. 266 s.

Koneet ja laitteet:

Traktorien ja leikkuupuimurien lukumäärä: KTM 2001b. Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja mahdollisuudet Suomessa: Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys. 171 s.

Muiden koneiden ja laitteiden lukumäärä: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2002. Maatilatilastollinen vuosikirja 2002. 266 s. (käytetty ostomääriä sivulla 19 esitettyjen periaatteiden mukaan)

Koneiden ja laitteiden painot: Laitevalmistajat

MTT:n selvityksiä –sarjan Ympäristö -teemassa ilmestyneitä julkaisuja

- 89 Maaseudun uusiutuvien energiamuotojenkartoitus. Esitutkimus. 2005. *Nyholm, Risku-Norja & Kapuinen*. 33 s. Verkkojulkaisu osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts89.pdf>.
- 82 Rural LIFE Design – Maaseutuyritysten ympäristöarvoja tuotteistamassa. 2004. *Seppänen & Pesonen. (toim.)*. 55 s. Verkkojulkaisu osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts82.pdf>.
- 70 Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. 2004. *Hallinen & Tontti*. 62 s. Hinta 20 euroa.
- 69 Ympäristöystävällinen elintarvike - palvikinkun ja kurkun tuotantoketjujen toimijoiden näkemyksiä. 2004. *Seppälä, A.* 56 s. Verkkojulkaisu osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts69.pdf>.
- 51 Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannuslaskennan soveltaminen maaseudun pienyrityksiin. 2003. *Pesonen, I.* 69 s. Hinta 20 euroa.
- 49 Peltogis - MTT:n peltotietojärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Talkkari, A. ym. 2003. 37 s. Hinta 15 euroa.
- 41 Vesistökuormituskartoitus Etelä-Pirkanmaan alueella. Närvänen, A. ym. 2003. 28 s. Hinta 15 euroa.
- 44 Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 pilottihanke. Yli-Halla, M. ym. 2003. 52 s. Hinta 20 euroa.
- 28 Jokihelmisimpukan suojelua edistävät viljelytoimet Pirkanmaalla . Nykänen, A. 2002. 22 s. Verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts28.pdf>
- 11 Ympäristö ja eettisyys elintarviketuotannossa - todentamisen ja tuotteistamisen haasteet. Seppälä, A. ym. 2002. 72 s. Hinta 20 euroa.
- 6 Kokemäenjoen maatalousalueiden luonnonvaraselvitys Ernie-projekti 1999-2002. Yli-Viikari, A. ym. 2002. 143 s. Verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts6.pdf>.
- 3 Niittykasvien kasvupaikkavaatimukset maaperän suhteen. Jylhäkangas, T. 2002. 58 s. Hinta 20 euroa.

Verkkojulkaisut osoitteessa <http://www.mtt.fi/julkaisut/mtts.html>

