

Kanta-Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa

– kestävästi, taloudellisesti
ja paikallisesti työllistäen



Lauri Kaivosoja, Jaana Kivikko & Antti Peltola



Kanta-Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa

– kestävästi, taloudellisesti ja paikallisesti työllistäen

Lauri Kaivosoja, Jaana Kivikko & Antti Peltola

Kestävää energiaa Hämeestä -hanke

Osa 1. Kanta-Hämeen kestävä energiaprogramma

Osa 2. Energiatase ja tekniset taustaselvitykset

Lauri Kaivosoja, Jaana Kivikko & Antti Peltola
Kanta-Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa
– kestävästi, taloudellisesti ja paikallisesti työllistään

painettu

ISBN 978-951-784-558-8

ISSN 1795-4231

HAMKin julkaisuja 9/2011

sähköinen

ISBN 978-951-784-553-3 (PDF)

ISSN 1795-424X

HAMKin julkaisuja 10/2011

© Hämeen ammattikorkeakoulu ja kirjoittajat

JULKAISIJA – PUBLISHER

Hämeen ammattikorkeakoulu

PL 230

13101 HÄMEENLINNA

puh. (03) 6461

julkaisut@hamk.fi

www.hamk.fi/julkaisut

Ulkoasu ja taitto: HAMK Julkaisut

Hämeenlinna, marraskuu 2011

Sisällys

ALKUSANAT	5
OSA 1. KANTA-HÄMEEN KESTÄVÄN ENERGIAN OHJELMA	8
1 Kestävän energian ohjelman tausta ja tarve	9
2 Kestävän energian ohjelman laadintaprosessi	15
3 Kanta-Hämeen kestävän energian ohjelma	17
3.1 Nykyiset tavoitteet.....	17
3.2 Kestävän energian visio ja tavoitetila	19
3.3 Energiantuotannon tulevaisuuden skenaariot Kanta-Hämeessä.....	20
3.4 Kehittämisen painopistealueet.....	24
3.5 Kestävän energian ohjelman seuranta ja arviointi.....	34
3.6 Ohjelman toteutumisen edellytykset ja energia-alan tukimuodot.....	35
4 Kestävän energian ohjelman yhteenveto	37
OSA 2. ENERGIATASE JA TEKNISET TAUSTASELVITYKSET	40
5 Kanta-Hämeen nykytila ja alueellisia ominaispiirteitä	41
6 Kanta-Hämeen energiantuotanto ja -käyttö vuonna 2008	45
6.1 Määritelmät, tiedot ja rajaukset	45
6.2 Kanta-Hämeen energiantuotannon ja -käytön taseen tulokset	46
6.3 Kanta-Hämeen energiaperusteiset päätöt.....	61
KESTÄVÄN ENERGIAN TUOTANTO- JA KÄYTTÖPOTENTIAALI.....	64
7 Metsäbiomassat.....	65
7.1 Puupolttoaineet.....	65
7.2 Hämeen metsät puuenergian lähteenä	68
7.3 Metsäenergian hyödyntämisen aluetaloudelliset vaikutukset.....	75
7.4 Metsäenergian käytön ympäristövaikutukset	75
8 Peltobiomassat	81
8.1 Peltenergia ja sen tuotanto	81
8.2 Ruokohelven hyödyntäminen energiantuotannossa	83
8.3 Oljen hyödyntäminen energiantuotannossa	86
8.4 Öljykasvien hyödyntäminen energiantuotannossa	88
8.5 Viljan hyödyntäminen energiantuotannossa.....	89
8.6 Nurmibiomassan hyödyntäminen energiantuotannossa.....	90
8.7 Peltenergian hyödyntämisen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset	91
8.8 Johtopäätökset peltobiomassoista	91
Liikennebiopolttoaineet ja biokaasu.....	95
9.1 Bioetanoli.....	96
9.2 Biodiesel.....	103
9.3 Biokaasu.....	108
9.4 Liikennebiopolttoaineiden vertailu.....	113

9.5 Liikennebiopolttoaineiden tuotantopotentiaali.....	116
9.6 Liikennebiopolttoaineiden aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset.....	117
10 Energiantuotantoon soveltuvat jätteet	119
10.1 Energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämisen taustaa	120
10.2 Yhdyskuntajätteet Kanta-Hämeessä	121
10.3 Teollisuuden jätteet.....	125
10.4 Jätteiden käsittelylaitokset ja loppusijoituspaikat	126
10.5 Jätteitä energianlähteenä käyttävät laitokset.....	127
10.6 Jätteiden hyödyntämisen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset	129
10.7 Johtopäätökset.....	130
11 Tuulivoima	131
11.1 Tuulivoima ja tuuliolosuhteet	132
11.2 Selvitys tuulivoimapuistoille soveltuvista alueista Hämeessä.....	134
11.3 Pienet ja keski-suuret tuulivoimalat	141
11.4 Tuulivoiman haasteet ja nykytila Kanta-Hämeessä.....	144
11.5 Tuulivoiman aluetaloudelliset vaikutukset	145
11.6 Tuulivoiman ympäristövaikutukset.....	145
12 Aurinkoenergia.....	147
12.1 Auringon säteilyintensiteetti Etelä-Suomessa	148
12.2 Aurinkolämmitys	149
12.3 Aurinkosähkö	152
12.4 Aurinkovoimalat	154
12.5 Aurinkoenergian aluetaloudelliset vaikutukset	155
12.6 Aurinkoenergian ympäristövaikutukset.....	155
13 Lämpöpumput	157
13.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate	158
13.2 Lämpöpumppujärjestelmät	160
13.3 Lämpöpumppujen hyödyntäminen lämmitysmuotona	162
13.4 Lämpöpumppujen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset.....	164
14 Muita kestävän energian muotoja sekä kehitteillä olevia menetelmiä	165
ENERGIANSÄÄSTÖN MAHDOLLISUUDET	168
15 Energian säästö ja energiatehokkuus.....	169
15.1 Maatilat	169
15.2 Puutarhat	179
15.3 Maaseudun pienyritykset.....	183
LÄHTEET	186
LIITTEET	198

ALKUSANAT

Hämeen ammattikorkeakoulun aloitteesta pidettiin marraskuussa 2008 pienimuotoinen seminaari, jonka tavoitteena oli kartoittaa Kanta-Hämeen energian käytön ja tuotannon tilannetta valtakunnallisia tavoitteita vasten ja määrittää yhteinen tahtotila kestävän kehityksen mukaisen energiankäytön ja tuotannon edistämiseksi. Seminaarin osallistujat pitivät alueen oman energiaohjelman laatimista tärkeänä, ja Hämeen ammattikorkeakoululle annettiin valtuutus valmistella asiaa eteenpäin. Alustavaa projektisuunnitelmaa käsiteltiin työryhmässä, jossa oli edustus Hämeen TE-keskuksesta, ProAgria Hämeestä, Häme-Uusimaa Metsäkeskuksesta, Hämeen liitosta, Hämeen ympäristökeskuksesta ja Hämeen ammattikorkeakoulusta. Suunnittelutyön loppuvaiheessa kommentteja saatiin myös Päijät-Hämeen liitosta ja Lahden ammattikorkeakoulusta.

Valmistelutyön tuloksena syntyi hankesuunnitelma ”Kestävää energiaa Hämeestä”. Kestävällä energialla tarkoitetaan tässä hankkeessa uusiutuvaa energiaa, joka on tuotettu huomioiden luonnonvarojen kestävän käytön periaatteet, kuljetusmatkat ja tuotannon ympäristövaikutukset sekä se, että energiantuotanto ei kilpaile elintarviketuotannon kanssa. Lisäksi pyritään mahdollisimman tehokkaaseen energian tuotantoon ja käyttöön korostamalla energiatehokkuutta ja energian säästön mahdollisuuksia. Hankkeen taustaselvityksen teki ja hankesuunnitelman laati projektisuunnittelija Jaana Kivikko.

Hämeen työ- ja elinkeinokeskus myönsi rahoituksen hankkeeseen 3.11.2009 päivätyllä päätöksellä Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman 2007 – 2013 varoista. Hankkeen kohdealueeksi tuli rahoittajan toivomuksesta Hämeen TE-keskuksen alue, joka kattaa Kanta- ja Päijät-Hämeen maakunnat. Hankkeen ohjausryhmän jäsenet olivat Timo Kukkonen Hämeen TE-keskuksesta (myöhemmin ELY-keskus), Heikki Pusa Hämeen liitosta, Arto Laine ProAgria Hämeestä, Mirja Lumiaho-Suomi Hämeen ympäristökeskuksesta (myöhemmin ELY-keskus), Esa Ekholm Lahden tiede- ja yrityspuistosta, Erkki Rope Päijät-Hämeen liitosta, Silja Kostia Lahden ammattikorkeakoulusta, Matti Kymäläinen Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistyksestä, Antero Ollila Teknillisen korkeakoulun Lahden toimipisteestä sekä Tapani Pöykkö ja Antti Peltola Hämeen ammattikorkeakoulusta. Ohjausryhmä täydensi kokoonpanoa myöhemmin kutsumalla asiantuntijoiksi Aki Haimin Hämeen ammattikorkeakoulun hankepalveluyksiköstä, Jouni Rantalan Häme-Uusimaa met-

säkeskuksesta sekä Tapio Ojasen Päijät-Hämeen liitosta. Hankkeen projektipäälliköksi valittiin DI Lauri Kaivosoja. Ohjausryhmän sihteereinä toimivat projektipäällikkö Kaivosoja ja projektisuunnittelija Jaana Kivikko Hämeen ammattikorkeakoulusta.

Hankkeessa tehtyjen selvitysten painopistealue oli maa- ja metsätaloudessa tuotetussa bioenergiassa. Jätteiden osalta tarkastelu rajoitettiin energiantuotantoon soveltuvien jätesivuvirtojen käytön ja potentiaalin selvittämiseen. Muita uusiutuvan energian muotoja kuten aurinko-, tuuli- ja vesienergiaa sekä lämpöpumpujen hyödyntämistä käsiteltiin pääasiassa kirjallisuuden pohjalta. Energiatasetta ja energijätėjakeita käsittelevät osaselvitykset tehtiin ostopalveluina. Selvityksen metsä- ja peltobiomassoista luovutti hankkeen käyttöön Hämeen Bioenergiahanke II.

Kanta- ja Päijät-Hämeen energiaohjelmien nyt valmistuessa kiitän ohjausryhmää aktiivisuudesta kokouksissa, asiantuntemuksesta ja hyvästä ohjauksesta. Aivan erityinen kiitos kuuluu Lauri Kaivosojalle ja Jaana Kivikolle hyvästä ja hankkeen kohdealueella uraa uurtavasta työstä!

Hämeenlinnassa 30 .9.2011

Antti Peltola
Hankkeen johtaja
Hämeen ammattikorkeakoulu
Biotalouden koulutus- ja tutkimuskeskus

Määritelmät ja lyhenteet

Kestävä kehitys Ekologisia, sosiaalisia, kulttuurisia ja taloudellisia näkökulmia tasapainotavaa kehitystä, jossa tavoitteena on sopeuttaa yhteiskunnallinen ja taloudellinen kehitys luonnon asettamiin reunaehtoihin.

Kestävä energia Uusiutuvaa energiaa, joka on tuotettu huomioiden luonnonvarojen kestävän käytön periaatteet, kuljetusmatkat ja tuotannon ympäristövaikutukset sekä se, että energiantuotanto ei kilpaile elintarviketuotannon kanssa.

Wh Wattitunti, energian yksikkö, joka vastaa watin tehoa tunnin ajan

Monikerrat	kilo (k) 1 000	mega (M) 1 000 000
	giga (G) 1 000 000 000	tera (T) 1 000 000 000 000

CHP Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto (Combined Heat and Power)

COP Lämpöpumpun lämpökerroin (Coefficient of Performance)

ELSU Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma ja jätesuunnittelualaue

ESCO Motivan koordinoimaa palveluliiketoimintaa, jossa ulkopuolinen energia-asiantuntija toteuttaa asiakasyrityksessä investointeja ja toimenpiteitä energian säästämiseksi

HINKU Kohti hiilineutraalia kuntaa -hanke

KEMERA Kestävän metsätalouden rahoitustuki

LHV Polttoaineen alempi lämpöarvo (Lower Heating Value)

LIISA Suomen tieliikenteen pakokaasujen laskentajärjestelmä

LIPASTO Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä

Matilda Maataloustilastopalvelu

PETU Pienpuun energiatuki

REF Polttokelpoisista kuivista ja kiinteistä jätteistä, kuten kuitupakkauksista, puusta ja muovista, mekaanisesti prosessoimalla valmistettu kierrätyspolttoaine

RES-direktiivi Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisen direktiivi

SULPU Suomen lämpöpumppuyhdistys ry

Tuuliatlas Suomen tuulienergiakartasto

TYKO LIPASTON alamalli työkoneiden päästöjen ja energiankulutuksen laskentaan

VAHTI Ympäristöhallinnon lupa- ja ilmoitusvelvollisten, ympäristöä kuormittavien asiakkaiden seurantaan tarkoitettu asiakastietojärjestelmä.

VALTSU Valtakunnallinen jätesuunnitelma

VMI Valtakunnan metsien inventointi

YVA Ympäristövaikutusten arviointi

OSA 1.

KANTA-HÄMEEN KESTÄVÄN ENERGIAN OHJELMA

1 Kestävän energian ohjelman tausta ja tarve

Viime vuosina uusiutuva energia ja kestävä kehitys¹ ovat nousseet yhteiskunnallisesti merkittäväksi teemaksi. Syinä ovat mm. huoli fossiilisten polttoainoiden riittävyydestä, päästökauppa, energian hinnan nousu ja merkit ilmastolon lämpenemisestä. Suomessa toteutettavaa ilmasto- ja energiapolitiikkaa ohjaavat sekä kansalliset että kansainväliset sopimukset ja strategiat. EU:n komissio on asettanut Suomelle haastavan tavoitteen, vuonna 2020 uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta tulisi olla 38 % ja liikenne-polttoaineissa pitäisi olla 10 % biokomponentteja. Energiatohokkuuden pitäisi parantua 20 % ja myös kasvihuonepäästöjen vähenemiselle on asetettu sama tavoite, 20 %. Vuonna 2008 Suomessa uusiutuvan energian osuus oli 28 % kokonaiskulutuksesta (Tilastokeskus 2009).

Loppuvuodesta 2008 Suomen hallitus julkaisi pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian, jossa määritellään kymmeniksi vuosiksi eteenpäin pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Asiakirjan mukaan nykytoimet eivät riitä tavoitteiden saavuttamiseen (perusura) vaan tarvitaan lisää voimakkaita keinoja (tavoiteura). Uusiutuvan energian käyttöä olisi lisättävä 30 TWh. Lisäys perustuu ennen kaikkea metsäpohjaiseen bioenergiaan, tuulivoimaan, maalämpöön, jätteiden energiakäyttöön sekä pieneltä osin vesivoiman lisäkäyttöön. Tärkeinä tavoitteina pidetään myös energiatohokkuuden parantumista, energiansäästön lisääntymistä sekä kasvihuonepäästöjen pysyvää vähentymistä. Kuvassa 1 on esitetty energian kokonaiskulutuksen ja loppukulutuksen kehittyminen perusurassa. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty energianloppukulutuksen sekä sähkönkulutuksen kehittyminen perusurassa sekä tavoiteurassa. Työ- ja elinkeinoministeriön asettaman tavoiteuran mukaisesti energian loppukulutus kääntyisi laskuun 2010-luvun aikana. Sähkönkulutuksen osalta tavoitteena on, että kulutuksen kasvu hidastuu 2010 luvulla ja kääntyy laskuun vasta 2020 luvulla. Kuvaajien perusteella voidaan todeta, että perusuran mukaan uusiutuvan energian käytön lisäämistarve on merkittävästi suurempi kuin tavoiteurassa, jotta Suomi saavuttaisi EU:n asettaman 38 % uusiutuvien energialähteiden osuuden vuoteen 2020 mennessä.

¹ **Kestävä kehitys** on ekologisia, sosiaalisia, kulttuurisia ja taloudellisia näkökulmia tasapainottavaa kehitystä, jossa tavoitteena on sopeuttaa yhteiskunnallinen ja taloudellinen kehitys luonnon asettamiin reunaehtoihin. **Kestävällä energialla** tarkoitetaan tässä hankkeessa uusiutuvaa energiaa, joka on tuotettu huomioiden luonnonvarojen kestävä käytön periaatteet, kuljetusmatkat ja tuotannon ympäristövaikutukset sekä se, että energiantuotanto ei kilpaile elintarviketuotannon kanssa.

Kanta- ja Päijät-Hämeen maakuntia koskevat tavoitteet on määritelty yksityiskohtaisimmin Hämeen ympäristökeskuksen julkaisemassa Hämeen uudistetussa ympäristöstrategiassa (Hämeen ympäristökeskuksen www-sivut), jossa uusiutuvan energian ja energian säästön mahdollisuudet nostettiin vahvasti esille. Tavoitteiksi vuoteen 2020 mennessä asetettiin, että uusiutuvan kotimaisen energian osuus on vähintään 20 % Hämeen energiankulutuksesta ja -tuotannosta, energiatehokkuus kasvaa 20 % sekä että kasvihuonepäästöt vähenevät 20 % vuoden 1990 tasosta. Päijät-Hämeessä on maakuntaliiton toimesta tämän jälkeen asetettu uusia tavoitteita. Maakuntakohtaisista tavoitteista on enemmän tietoa kappaleessa 3.1.

Uusiutuvan kotimaisen energian käytön edistäminen on mainittu myös molempien maakuntien maakuntasuunnitelmissa. Lahden seudun elinkeinostrategiassa ympäristöosaaminen on nostettu yhdeksi vahvaksi osaamisen kärkeksi. Alueellisen bioenergiastrategian laatimista puolestaan pidettiin tärkeänä jo vuonna 2006 laadituissa Hämeen alueellisessa maaseudun kehittämissuunnitelmassa ja valtakunnallisessa Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelmassa. Hämeen suunnitelmassa asetettiin seuraavat tavoitteet: kahdella kolmesta maatilasta on hakelämpökeskus ja alueelle on perustettu 50 uutta biolämpölaitosta vuoden 2013 loppuun mennessä ja lisäksi alueella toimivat biodiesel, bioetanoli ja biokaasulaitokset. Valtakunnallisessa suunnitelmassa esitetään, että bioenergiastrategiaan tulisi sisältyä analyysi mm. bioenergiantuotannon raaka-aineiden saatavuudesta ja bioenergian potentiaalisista käyttäjistä alueella huomioiden erityisesti raaka-aineiden ja lopputuotteiden kuljetusmatkat sekä tuotannon eri vaiheiden ympäristö- ja työllisyysvaikutukset.

Kanta- ja Päijät-Hämeen maakunnilta ovat puuttuneet omat ohjelmat uusiutuvan energian käytön edistämiseksi. Valtakunnallisesti tarkasteltuna ko. ohjelmia on laadittu viime vuosina useimmissa Suomen maakunnissa. Vuonna 2008 julkaistiin mm. Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämissuunnitelma, Keski-Pohjanmaan bioenergiaohjelma ja Itä-Suomen bioenergiaohjelma. Etelä-Pohjanmaalla tavoitteeksi asetettiin vuoteen 2020 mennessä vähintään 75 %:n omavaraisuus kaikesta energian käytöstä (42 % v. 2005) ja uusiutuvan energian osuuden tulisi olla vähintään 35 % koko polttoainekäytöstä (15 % v. 2005). Energia-alalle toivottiin syntyvän 1200 työpaikkaa ja alan kone- ja laitteellisuuden liikevaihdon arvioitiin kolminkertaistuvan vuoteen 2020 mennessä. Kehittämistyön strategisiksi painopisteiksi valittiin viisi toisiaan tukevaa osa-aluetta, mm. uusiutuvien energiavarojen monipuolinen ja innovatiivinen hyödyntäminen ja energia-alan kone- ja laitteellisuuden kehityksen ja kasvun edellytyksien vahvistaminen (ANON 2008). Itä-Suomen suunnitelmassa esiin nostettiin energiaomavaraisuuden kasvattaminen, koulutuksen, tutkimuksen ja liiketoimintaosaamisen vahvistaminen sekä itäsuomalaisen bioenergiateknologian, -osaamisen ja toimintamallien kehittäminen ja vienti. Keski-Pohjanmaan suunnitelmassa kehittämistoimenpiteet luokiteltiin neljän eri kokonaisuuden alle: maakunnan energiaomavaraisuuden lisääminen, koulutuksen, tutkimuksen ja neuvonnan vahvistaminen, yritystoiminnan kehittäminen ja energia-alan neuvottelukunnan perustaminen (Härkönen 2008).

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella aiemmin toteutetuissa ja meneillään olevissa hankkeissa pääpaino on ollut metsäenergian käytön edistämisessä, lämpöyrittäjyystoiminnan aikaansaamisessa sekä metsäenergian korjuu- ja kuljetusketjujen kehittämisessä. Vuonna 2005 valmistuneen puuenergiaselvityksen mukaan alueen maakunnissa on huomattavat mahdollisuudet lisätä metsäenergian käyttöä (Rantala ym. 2005). Alueen peltobiomassojen tuotantopotentiaalista ei hanketta suunniteltaessa löytynyt arvioita kirjallisuudesta. Biokaasupotentiaalia selvittäneen tutkimuksen mukaan Kanta-Hämeeseen kannattaisi harkita 5–9 biokaasulaitoksen perustamista (Hatsala 2004). Maatilmittakaavan laitoksia alueella ei tiettävästi ole rakenteilla.

Alueen energian tuotantoa ja käyttöä koskeva tieto on joko vanhentunutta tai hajallaan yksittäisissä tilastoissa ja selvityksissä, ja kokonaiskuvaa on mahdoton muodostaa ilman lisäselvityksiä.

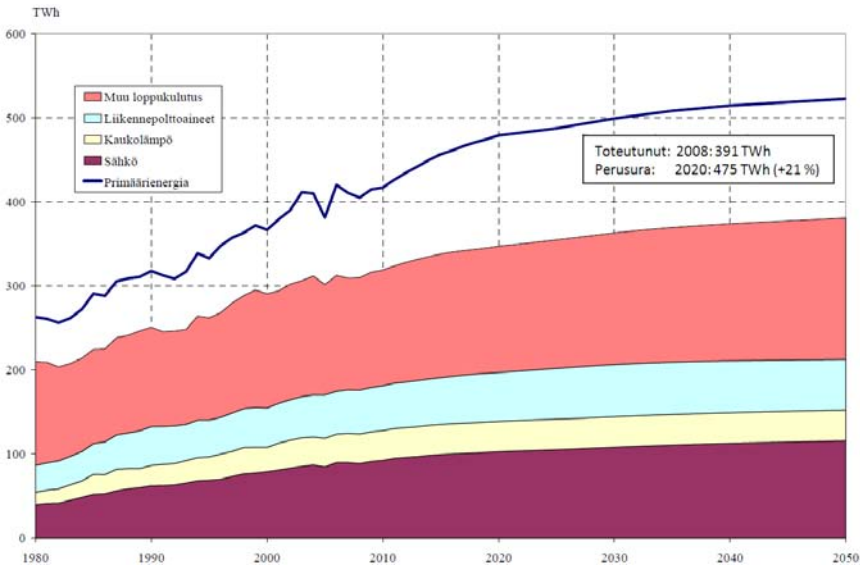
Tilastokeskuksen toimialarekisterin mukaan bioenergia-alan pk-yritystoiminta alueella on vähäistä muihin maakuntiin verrattuna lukuun ottamatta energiapuuryhmän yrityksiä, joita on rekisterissä seitsemän (ALM 2008). Lämpö- ja hakealan yrityksiä oli molempia kolme. Todellisuudessa yritysten määrä lienee suurempi, sillä maatilatuotannon ohessa toimivat yritykset eivät kuulu ko. rekisteriin. Näitä yrityksiä ei ole luetteloitu eikä tilastoitu kattavasti. Alan yritysten osaamista ja yhteistoimintaa kehittävää klusteritoimintaa on ainakin Forssan ja Lahden seudulla. Sen sijaan Hämeenlinnan ja Riihimäen alueella tällaista toimintaa ei toistaiseksi ole. Forssassa toimintaa organisoii Forssan seudun kehittämiskeskus ja Lahdessa tiede- ja yrityspuisto, jolla on myös valtakunnallisen ympäristötekniikan klusterin vetovastuu.

Hajanaisen, yksittäisen ja pääosin vanhentuneen tiedon vuoksi on mahdotonta muodostaa selvää kuvaa siitä, mikä on hankealueella energiantuotannon ja -käytön nykytila ja kehityssuunta. Siksi oli tärkeää selvittää, mitä relevantteja vaihtoehtoja alueella on ja mihin suuntaan ja millä toimenpiteillä kehitystä halutaan ohjata. Alueellisen kestävän energian ohjelman laatiminen todettiin ilmeisen välttämättömäksi, jotta pystymme hoitamaan oman osuutemme energia- ja ilmastotalkoissa.

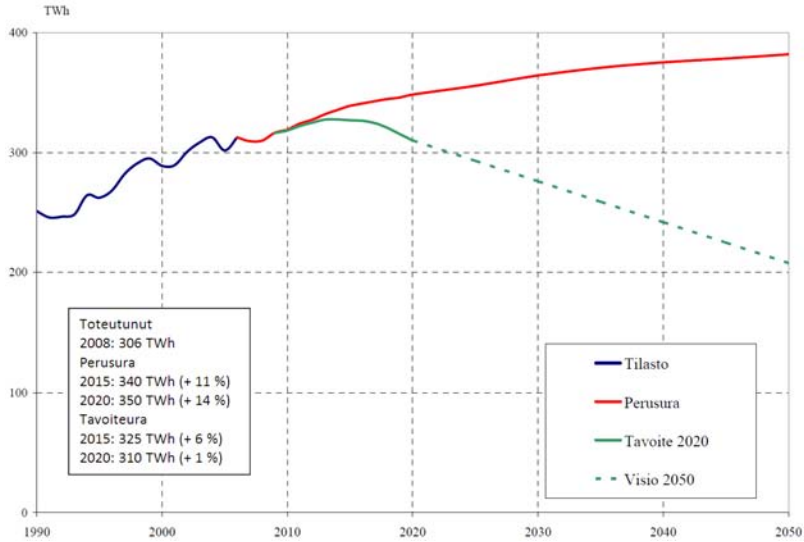
Ohjelmasta hyötyvät ensisijaisesti alueen kuntien ja maakuntien päättäjät sekä rahoittajat. Tieto paikallisesti tuotetun kestävän energian riittävydestä ja saatavuudesta on välttämätöntä, kun arvioidaan mahdollisuuksia fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen. Rahoittajille tulokset antavat tietoa siitä, mihin osa-alueille kehittämishankkeita ja investointirahoitusta kannattaa suunnata. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvalla energialla vaikuttaa positiivisesti aluetalouteen ja säilyttää tai luo uusia työpaikkoja alueelle. Alueen maanviljelijöille, metsänomistajille ja yrittäjille fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kestävällä energialla tarjoaa lisää tulomahdollisuuksia biomassojen tuottajina, jalostajina tai uusiutuvaan energiaan perustuvien muiden palvelujen tuottajina.

Biomassojen lisääntyvä kysyntä tarjoaa alueelle mahdollisuuksia tuottaa ja myydä biomassoja sähkön- ja lämmöntuotannon, biokaasutuotannon tai bio-

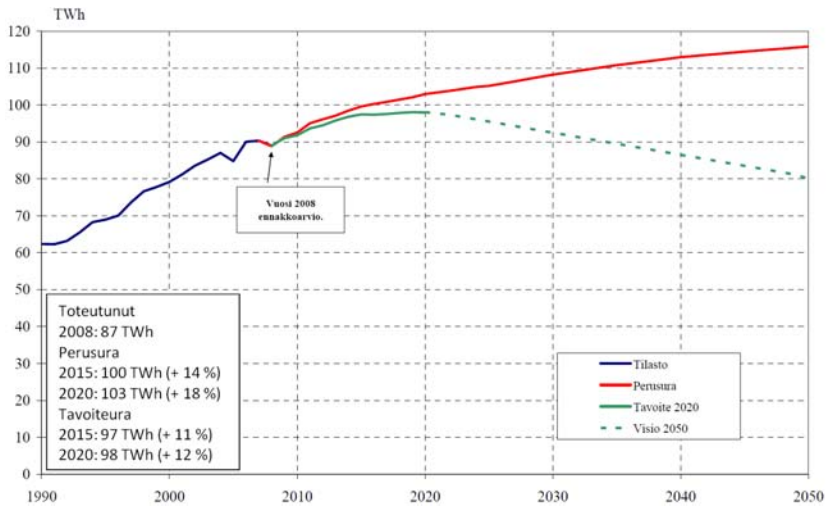
polttoaineiden raaka-aineiksi. Korjuu ja kuljetus työllistävät alan pää- ja sivutoimisia yrittäjiä. Biomassojen jalostaminen myytäviksi tuotteiksi kuten pelleteiksi, briketeiksi, biokaasuksi tai liikennebiopolttoaineeksi lisää yritystoiminnan mahdollisuuksia erityisesti maaseutualueilla. Kaiken kaikkiaan fossiilisten polttoaineiden korvaaminen lähialueella hajautetusti tuotetulla energialla hyödyttää monella tavalla maaseutualueita. Se ylläpitää vanhoja ja luo uusia työpaikkoja, lisää alueen energiaomavaraisuutta ja vaikuttaa positiivisesti aluetalouteen vähentämällä rahavirtojen kulkeutumista alueen ulkopuolelle.



Kuva 1. Energian toteutunut loppukulutus ja primäärienergia Suomessa vuosina 1980–2007 sekä perusuran mukainen ennuste vuosille 2008–2050, TWh (Pitkän aikavälin ilmasto ja energiastратегia, s. 28)



Kuva 2. Energian toteutunut loppukulutus vuosina 1990–2006 sekä perusuran ja tavoiteuran mukaiset ennusteet vuosille 2007–2050, TWh. (Pitkän aikavälin energia ja ilmastostrategia, s. 35)



Kuva 3. Sähkönenergian toteutunut kulutus 1990–2007 ja perus- ja tavoiteuran mukaiset ennusteet vuosille 2008–2050, TWh. (Pitkän aikavälin energia ja ilmastostrategia, s. 45)

2 Kestävän energian ohjelman laadintaprosessi

Nykytilanteen kartoituksessa selvitettiin energiantuotannon ja käytön nykytila erityisesti huomioiden kestävän energian käyttö sekä alan tärkeimmät toimijat. Energiantuotannon ja -käytön taseiden laadinnan toteuttajaksi valittiin tarjouskilpailun perusteella Tampereen kaupungin energiatoimisto Ekokumppanit Oy. Taseiden laadinta toteutettiin siten, että Ekokumppanit Oy vastasi pääasiassa energiataseiden laskennasta sekä raportin laadinnasta ja Hämeen ammattikorkeakoulu vastasi laskennassa tarvittavien tietojen kokoamisesta. Taseista on julkaistu hankkeen verkkosivuilla erillinen raportti, joka sisältää Kanta- ja Päijät-Hämeen energiataseet.

Hankkeessa selvitettiin lisäksi kestävän energiantuotannon ja -käytön potentiaali. Metsä- ja peltobiomassojen selvitysten tietojen tuottamisesta vastasi Hämeen bioenergia II -hanke. Metsäenergian tuotantopotentiaalnin selvityksen toteutti Jouni Rantala ja puunenergiajakeiden käyttökohdeselvityksen Olli-Pekka Koisti, molemmat Metsäkeskus Häme-Uusimaasta. Metsäbiomassan potentiaalnin tarkastelussa huomioidaan nopeasti muuttuvan puun markkinatilanteen sekä päätehakkuiden vähenemisen vaikutus metsäbiomassojen saatavuuteen ja tarjontaan. Peltoenergiaa koskevan selvityksen toteutti Arto Laine ProAgria Hämeestä. Tarkastelun yhtenä lähtökohdana peltoenergiantuotannossa on hyödyntää kesantoalueita, joita on Kanta-Hämeessä 9 000 ha eli noin 8 % viljelyalasta.

Liikennebiopolttoaineita ja biokaasua koskevan selvityksen laati Lauri Kaiwoja. Selvityksessä vertaillaan eri liikennebiopolttoaineiden valmistusmenetelmien energiatehokkuutta ja polttoaineiden saantoa maakunnassa saatavilla olevista raaka-aineista.

Energiantuotantoon soveltuvia jätteitä koskevan selvityksen tekijäksi valittiin tarjouskilpailun perusteella konsulttitoimisto WSP Group Oy. Selvityksessä kerättiin tietoa Kanta- ja Päijät-Hämeen yhdyskunta- ja teollisuusjätteiden määristä ja niiden käsittelyn nykytilasta. Tämän perusteella arvioitiin energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyötykäytön lisäämismahdollisuuksia.

Suuren mittakaavan tuulivoiman tuotantopotentiaalia on arvioitu Etelä-Suomen yhteistoiminta-alueen tuulivoimaes selvityksen tietojen perusteella. Tapio Ojanen Päijät-Hämeen liitosta on toiminut yhteishenkilönä ja asiantuntu-

jana selvitykseen pohjautuvien laskelmien laadinnassa. Selvitykset pientuotannon, aurinkoenergian sekä lämpöpumppujen hyödyntämisestä toteuttivat hankkeessa työskennelleet Hämeen ammattikorkeakoulun kestävä kehityksen koulutusohjelman opiskelijat Johanna Lehtiö, Aino Toivio ja Sanna Torvinen.

Lisäksi kestävä energian tuotanto- ja käyttöpotentiaalin lopuksi on kirjattu uusia ja heikosti tunnetut tekniikkoja, joilla voi olla merkitystä tulevaisuuden energiantuotannon ja -käytön paletissa.

Jaana Kivikko on toteuttanut kartoituksen energiansäästön mahdollisuuksista eri tuotantosuuntia edustavilla maatiloilla, puutarhoilla ja muissa maaseudun pienyrityksissä. Kartoitus tehtiin kirjallisuuden ja asiantuntija-arvioiden perusteella.

Energia-alan kehittämiseen liittyen hankkeessa toteutettiin kartoitus alan yrityksistä, tutkimuslaitoksista ja neuvonnasta Kanta- ja Päijät-Hämeessä. Lisäksi alan toimijoille toteutettiin kysely energiatoimialan nykytilanteesta, tulevaisuuden näkymistä ja kiinnostuksesta alueellisen yhteistyön lisäämiseen. Kysely on julkaistu osaraporttina hankkeen Internet-sivuilla. Kartoituksen ja kyselyn tekivät Hämeen ammattikorkeakoulun kestävä kehityksen koulutusohjelman opiskelijat Johanna Lehtiö, Aino Toivio ja Sanna Torvinen yhteistyössä projektipäällikkö Lauri Kaivosojan kanssa.

Hankkeen selvitysten tarkoituksena oli muodostaa mahdollisimman selkeä kuva Kanta- ja Päijät-Hämeen energia-asioista sekä arvioida tulevaisuutta alueellisten vahvuuksien, heikkouksien, mahdollisuuksien ja uhkien näkökulmasta. Toteutettuihin selvityksiin ja kartoituksiin pohjautuen laadittiin Kanta- ja Päijät-Hämeen kestävä energian ohjelmat. Ensin laadittiin kestävä energian ohjelmaluonnokset, joita esiteltiin seutukunnittain järjestetyissä tilaisuuksissa. Tilaisuuksissa kerätyn palautteen perusteella viimeisteltiin ohjelmaluonnoksia. Ohjelmien valmistelutyön tuloksena on muodostettu visio, tavoitetila ja kehittämisen painopistealueet maakunnallisille jatkotoimenpiteille ja käytännön toimille. Ohjelmissa on esitetty myös karkealla tasolla vaihtoehtoja työllisyyteen, aluetalouteen ja kasvihuonepäästöihin sekä ehdotus kuinka energiaohjelman vaikutuksia arvioidaan ja seurataan.

3 Kanta-Hämeen kestävän energian ohjelma

3.1 Nykyiset tavoitteet

EU:n ilmasto- ja energiapaketissa on määritetty tavoitteet vuodelle 2020. EU-maissa uusiutuvien energianlähteiden osuus energian loppukulutuksesta tulee olla keskimäärin 20 % ja Suomen kansalliseksi tavoitteeksi on asetettu 38 %. Energiatehokkuutta lisätään 20 % lähtötasoon verrattuna. Kasviuonekaasupäästöt vähenevät 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Suomelle asetettu tavoite ei-päästökaupparektorille on 16 % vuoden 2005 tasosta. Liikennekäytössä biopolttoaineiden osuuden tavoite on 10 %. Uusiutuvan energian velvoitepaketissa Suomi on asettanut tavoitteeksi, että liikennekäytössä biopolttoaineiden osuus on vuoteen 2015 mennessä 10 % ja vuoteen 2020 mennessä 20 %.

Loppuvuodesta 2008 Suomen hallitus julkaisi pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian, jossa määritellään kymmeniksi vuosiksi eteenpäin pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Asiakirjan mukaan nykytoimet eivät riitä tavoitteiden saavuttamiseen (perusura) vaan tarvitaan lisää voimakkaita keinoja (tavoiteura). Uusiutuvan energian käyttöä olisi lisättävä 30 TWh. Lisäys perustuu ennen kaikkea metsäpohjaiseen bioenergiaan, tuulivoimaan, maalämpöön, jätteiden energiakäyttöön sekä pieneltä osin vesivoiman lisäkäyttöön. Tärkeinä tavoitteina pidetään myös energiategokkuuden parantumista, energiansäästön lisääntymistä sekä kasviuonepäästöjen pysyvää vähentymistä.

Hämeen tarkistetun ympäristöstrategian tavoitteet vuoteen 2020 mennessä edellyttävät, että uusiutuvan kotimaisen energian osuus on vähintään 20 % Hämeen energian kulutuksesta ja tuotannosta, energiategokkuus kasvaa 20 % ja kasviuonepäästöt vähenevät 20 % vuoden 1990 tasosta.

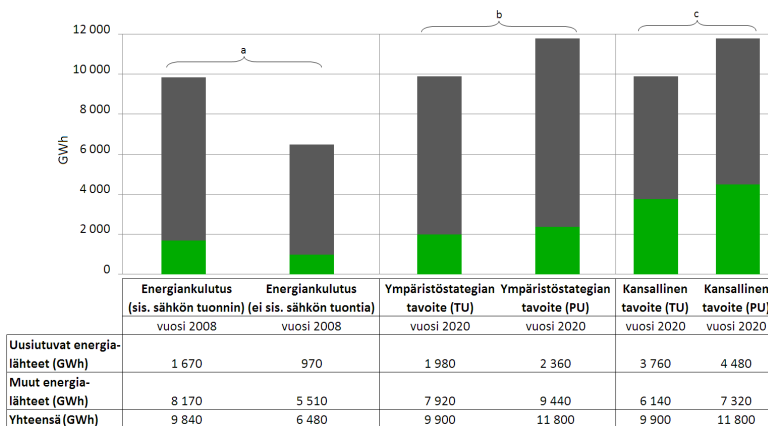
Päijät-Hämeen maakuntavaltuusto on asettanut maakunnalle Hämeen ympäristöstrategiaa tiukempia tavoitteita. Tavoitteena on, että kasviuonepäästöt vähenevät 70 % vuoteen 2035 mennessä verrattuna vuoteen 2008. Välitavoitteena vuoteen 2020 mennessä on 30 % päästövähennys. Valmis-teilla olevassa **Päijät-Hämeen ilmasto- ja energiaohjelmassa** etsitään keinoja maakuntavaltuuston tavoitteen saavuttamiseksi. Keskeisimpänä toimenpiteenä tavoitteiden saavuttamiseksi on fossiilisten polttoaineiden kor-

vaaminen uusiutuvilla energiamuodoilla. Lisäksi sähkön ja lämmön kulutusta vähennetään 30 %, jotta uusiutuvat energialähteet riittävät. Myös liikenteen energiankäytön kasvu pitää pysäyttää ja kääntää laskuun. Liikenteen polttoaineista 30 % tulee olla uusiutuvia vuoteen 2035 mennessä.

Kanta-Hämeen energianlähteiden käyttö sisältäen maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön energialähteet oli 9 840 GWh vuonna 2008, josta uusiutuvien energialähteiden osuus on 17 % (1 670 GWh). Maakunnan sisällä tapahtuva energialähteiden käyttö oli 6 480 GWh ja tästä uusiutuvien energialähteiden osuus on 15 % (970 GWh). (kuva 4)

TEM:n arvioiden mukaan perusurassa energiankulutus lisääntyy vuoden 2008 tasosta 14 % vuoteen 2020 mennessä ja tavoiteurassa energiankulutus lisääntyy vain yhden prosentin (1 %). Perusurassa Kanta-Hämeen energiankulutus on noussut vuoteen 2020 mennessä 11 800 GWh:in. Silloin uusiutuvien energialähteiden käytön tulisi olla 2 360 GWh (20 %), jotta saavutettaisiin Hämeen ympäristöstrategian mukainen tavoite. Jos energiankulutuksen kasvu saadaan TEM:n tavoiteuran mukaisesti hidastumaan, olisi Kanta-Hämeen energiankulutus vuonna 2020 noin 9 900 GWh. Tällöin ympäristöstrategian tavoitteen saavuttamiseksi uusiutuvien energialähteiden osuuden tulisi olla 1 980 GWh. (kuva 4)

Jos maakunnassa otetaan tavoitteeksi saavuttaa uusiutuvan energiankäytön kansallinen tavoite 38 %, tulisi uusiutuvien energialähteiden käytön olla perusurassa vuoteen 2020 mennessä 4 480 GWh. Jos energiankulutuksen kasvu hidastuisi tavoiteuran mukaisesti, tulisi uusiutuvien energialähteiden käytön olla 3 760 GWh. (kuva 4) Edellä mainituista luvuista käy ilmi, että kansallisen tavoitteen saavuttamiseksi uusiutuvan energian käyttö tulee yli kaksinkertaistaa. Lisäksi huomataan, että energiankulutuksen kehittymisellä ja energiansäästötoimenpiteiden onnistumisella on suuri merkitys uusiutuvan energian käytön lisäämistarpeeseen.



Kuva 4. Energiankulutuksen kehittyminen ja uusiutuvan energian käytön lisäämistavoitteet Kanta-Hämeessä (TU = tavoiteura, PU = perusura). Tavoitteet on laskettu sekä kansallisen tavoitteen että Hämeen ympäristöstrategian tavoitteen mukaisesti.

Tieliikenteen polttoaineiden käyttö oli Kanta-Hämeessä 1840 GWh vuonna 2008. Suomen kansallisen tavoitteen täyttämiseksi liikenteen biopolttoaineiden osuus Kanta-Hämeessä tulisi vuonna 2015 olla 184 GWh (10 %) ja vuoteen 2020 mennessä 368 GWh (20 %).

3.2 Kestävän energian visio ja tavoitetila

Kestävän energian vision muodostaminen:

Visio on yhteinen tahtotila, johon eri tahot voivat sitoutua. Visiota seutukuntatilaisuuksissa muodostettaessa esiin nousi adjektiiveja kuten kestävä, vastuullinen, järkevä, säästävä.

Kestävää energia Hämeestä hankkeen seutukuntatilaisuuksissa kerättyjen ideoiden perusteella laatima Kanta-Hämeen maakunnallinen energia-alan visio on

”Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa – kestävästi, taloudellisesti ja paikallisesti työllistäen”.

Energialähteisiin ja niiden hyödyntämiseen liittyen tuli esiin ympäristökijöiden ja päästönäkökulmien huomioiminen sekä fossiilisten energialähteiden korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä. Tämän rinnalla huoltovarmuuden huomiointi nähtiin myös tärkeäksi ja tämän vuoksi erilaisia energialähteitä tulisi hyödyntää laajasti. Myös energiantuotannon rakenteen tulisi olla monipuolinen ja muodostua sekä pienen, keski-suuren että suuren mitakaavan ratkaisuksista.

Energiantuotantoon ja -käyttöön liittyen pidettiin tärkeänä että koko ketjun aikana toimitaan ympäristöystävällisesti ja energiatehokkaasti siten, että energiantuotannon raaka-aineet tuotetaan kestäväällä tavalla mahdollisimman läheltä käyttöpaikkoja, energiantuotanto tapahtuu hyvällä hyötysuhteella, energiansiirto on tehokasta ja loppukulutus on säästävää.

Talouden näkökulmasta nähtiin tärkeänä että toiminnan tulee olla taloudellisesti kannattavaa ja lisätä alueella yrittäjyyttä sekä työllisyyttä. Kuluttajan näkökulmasta nähtiin tärkeäksi, että energia on kohtuullisen hintaista, sillä energiansaanti perustarpeena tulee turvata kaikille.

Muita ilmauksia ohjelman jatkotoimia varten olivat mm. kestävä energian Häme, lähienergian voimin kestävästi Hämeessä, pienistä virroista kestävä kokonaisuus.

Kestävän energian tavoitetilan muodostaminen

Tavoitetilaa muodostettaessa nähtiin tärkeänä, että tavoitteet vuoteen 2020 asetetaan vastaamaan kansallista tavoitetilaa. Siltä pohjalta määritettiin tavoitetila seuraavasti:

Vuonna 2020 Kanta-Hämeessä uusiutuvien energialähteiden osuus loppukulutuksesta on 38 % ja liikenteen energialähteistä 20 % on biopolttoaineita. Kanta-Hämeen energiankulutus kehittyy Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian tavoitteen mukaisesti siten, että energian loppukulutus kasvaa yhden prosentin ja sähkönkulutus 12 % vuoden 2008 tasosta.

Maakunnan sähköntuotannon omavaraisuus pyritään nostamaan vuoden 2008 tasosta (17 %) vuoteen 2020 mennessä 40 prosenttiin.

Vuonna 2020 kuluttajat, yritykset ja kunnat ovat tietoisia omasta energiakulutuksestaan ja käyttämistään energialähteistä sekä vaikuttavat tietoisesti valinnoillaan toimintansa muuttamiseen kestävämpään suuntaan.

Tästä eteenpäin vuoteen 2035 tähtäävät tavoitteet suuntaavat Kanta-Hämettä tehokkaampaan energiankäyttöön sekä energiaomavaraisuuteen.

2035 mennessä 70 % maakunnan energialähteistä on alueellisesti työllistävää uusiutuvaa energiaa ja 50 % maakunnan sähkönkulutuksesta katetaan maakunnassa tuotetuilla uusiutuvilla energialähteillä ja jätepohjaisia polttoaineita hyödyntävällä sähköntuotannolla. Maakunnan pyrkimyksenä on mahdollisimman korkea energiaomavaraisuus.

Maakunnan energiantuotannon rakenne perustuu eri kokoluokan energiantuotantolaitoksiin ja myös talokohtaiset sähköjärjestelmät tuottavat sähköä valtakunnan verkkoon.

Vuoteen 2035 mennessä Kanta-Hämeessä on uusiutuviin energialähteisiin perustuva sähköautojen latausverkosto. Maakunnan nestemäisistä ja kaasumaisista liikennepolttoaineista 50 % on tuotettu kotimaisista raaka-aineista. Maakunnassa on maakasuverkkoon biometaania tuottavia eri kokoluokan laitoksia. Maakunnan rautatieverkostoa on laajennettu siten, että henkilö- ja tavaraliikenteestä 40 % on siirtynyt teiltä rautateille.

3.3 Energiantuotannon tulevaisuuden skenaariot Kanta-Hämeessä

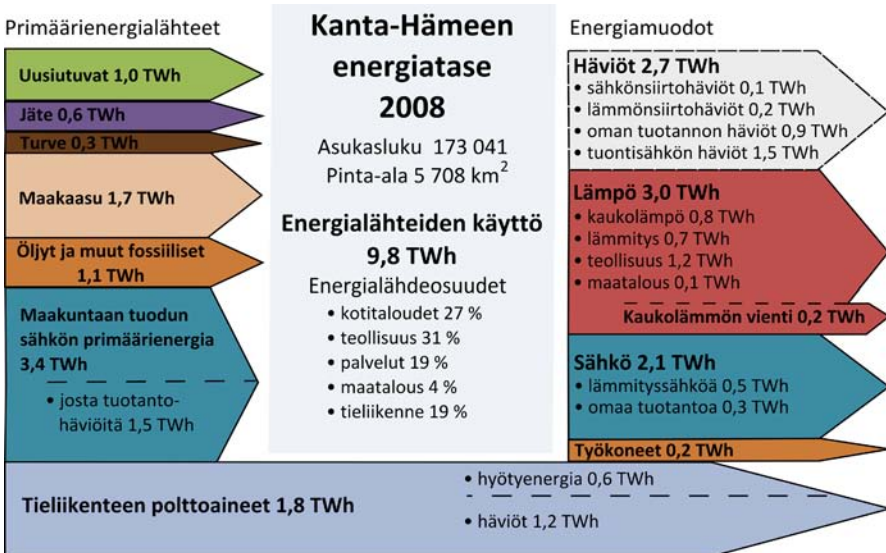
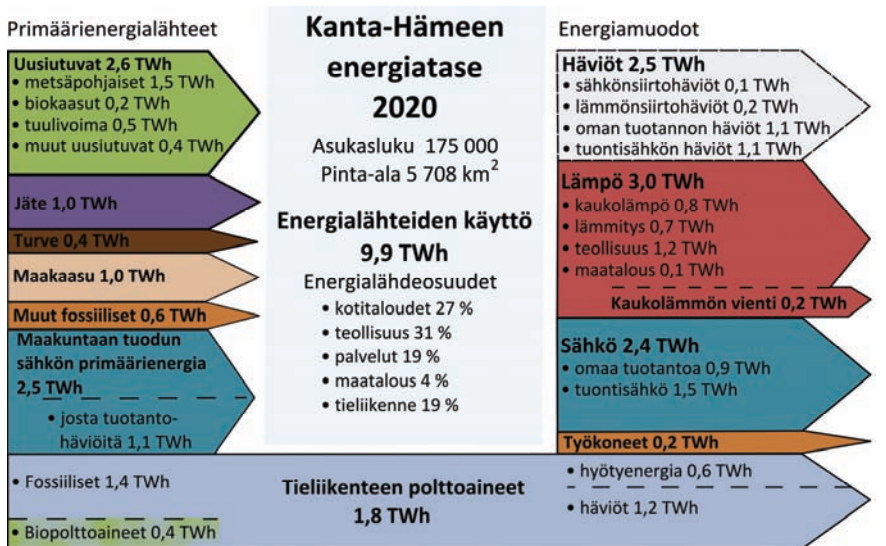
Kanta-Hämeessä merkittävin kestävä energian käytön potentiaali on metsäenergiassa eli hakkuutähteiden, kantojen ja pieniläpimittaisen energiapuun hyödyntämisessä. Oletuksena on lisäksi, että tulevaisuudessa myös pieni osa kuitupuusta tulee päätyään energiakäyttöön. Tällä hetkellä ulkomaan vientiin päätyvän pelletin hyödyntämistä kannattaisi lisätä Hämeessä. Maatalousalueilla olki, kesantojen viljely energiantuotantoa varten sekä karjalouden lannat ovat tärkeä osa hajautetun energiantuotannon kehittämisessä. Tuulivoima on maakunnan sähköntuotannon lisäämisen kannalta kohde,

jolla voidaan jo tällä vuosikymmenelle tuottaa merkittävä määrä maakunnan sähköstä. Maakunnassa on myös jonkin verran hyödyntämättömiä energiantuotantoon soveltuvia jätejakeita.

Kuvassa 5 on esitetty Kanta-Hämeen kestävän energian potentiaali ja maakunnan uusiutuvan energian käytön lisäämistarve, jotta saavutetaan uusiutuvan energian käytön kansallinen tavoite 38 % vuoteen 2020 mennessä. Ensimmäinen pylväs kuvastaa hankkeen selvityksien perusteella arvioitua teoreettista kestävän energian lisäämispotentiaalia (5 330 GWh). Toisessa pylväässä on arvioitu realistista lisäämispotentiaalia, kuinka suuri osa teoreettisesta potentiaalista olisi mahdollista ottaa käyttöön vuoteen 2020 mennessä. Realistinen lisäämispotentiaali muodostuu teoreettisesta potentiaalista seuraavalla tavalla:

- 30 % tuulivoimapuistoille soveltuvista alueista hyödynnetään eli pysytetään 100 kpl 3 MW:n tuulivoimalaa.
- 50 % lannasta hyödynnetään energian tuotannossa
- kesannoista 70 % on energiakasvien viljelyssä
- oljesta hyödynnetään keskimäärin 50 % korjuuajan sääriskin johdosta
- energiantuotantoon soveltuvat yhdyskuntajätteet hyödynnetään täysimääräisesti
- 80 % aiemmin vientiin päätyneestä pelletistä hyödynnetään maakunnassa
- kuitupuusta 20 % ohjautuu energiakäyttöön selluteollisuuden puun tarpeen pienentyessä
- metsätähteiden ja harvennushakkuiden kestävästä energiasta hyödynnetään 80 %

Yhteensä realistinen lisäämispotentiaali olisi 2 170 GWh. Kolmas pylväs kuvastaa uusiutuvan energian käytön lisäämistarvetta (2 090 GWh) vuoteen 2020 mennessä, jos energiankulutus kehittyy TEM:n tavoiteuran (TU) mukaisesti ja neljäs pylväs uusiutuvan energian käytön lisäämistarvetta (2 810 TWh), jos energiankulutus kehittyy perusurassa (PU). Kaikissa pylväissä on esitetty alimmaisena nykyinen uusiutuvien energialähteiden osuus (1 670 GWh) maakunnan energialähteistä vuonna 2008. Merkille pantavaa on, että energiankulutuksen kasvaessa perusurassa uusiutuvien energialähteiden lisäämistarve on noin 35 % suurempi kuin energiakulutuksen kasvaessa tavoiteuran mukaisesti.



Kuva 6. Kanta-Hämeen tavoite vuoden 2020 energiantuotannon ja -käytön taseeksi, joka täyttää kansallisen veloitteen uusiutuvien energialähteiden 38 %:n osuudesta. Kuvassa on esitetty lisäksi vertailukohtana vuoden 2008 vastaava tase.

3.4 Kehittämisen painopistealueet

Kanta-Hämeessä on laajat ja monipuoliset mahdollisuudet hyödyntää uusiutuvia energialähteitä. Raaka-aineita tulee ensisijaisesti käyttää aineena ja vasta tämän jälkeen energianlähteenä. Kanta-Hämeen tulee pyrkiä hyödyntämään alueen luonnonvaroja paikallisesti lähienergiana alueen energiaomavaraisuutta kehittäen, jotta ne ovat hyödyksi alueen taloudelle ja vältetään pitkiä kuljetusmatkoja. Eri energialähteitä ja energian tuotantomuotoja ei ole hyvä asettaa vastakkain, jotta voidaan kehittää ja hyödyntää laajasti erilaisia mahdollisuuksia.

Ympäristönäkökulmien laaja-alainen huomioiminen kestävän energian käytön edistämässä on ensisijaisen tärkeää. Myös uusiutuvien energialähteiden käytöstä voi seurata ympäristölle erilaisia haittavaikutuksia, jos ympäristönäkökulmia ei huomioida huolellisesti. Kestävää energiankäyttöä edistettäessä ympäristönäkökulmat tulisi huomioida tasapainoisella tavalla, jossa ei aiheuteta ympäristölle suuria haittavaikutuksia, mutta mahdollistetaan energiamuotojen asteittainen kehittyminen ympäristöystävällisempään suuntaan. Kestävän kehityksen toteutuminen vaatii eri tahojen toimijoilta joustavaa yhteistyötä ja avoimia toimintatapoja.

Kestävän energian ohjelman lähtökohtana on fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen. Suomi on fossiilisten polttoaineiden osalta täysin riippuvainen polttoaineiden tuonnista, joka on myös riski energian huoltovarmuuden kannalta. Riippuvuus tuontiraaka-aineesta voi hidastaa paikallisten kestävän energian tuotantoa ja käyttöä koskevien innovaatioiden syntymistä. Kanta-Hämeessä haasteena energiayrittäjyyden näkökulmasta ovat olleet kilpailevat fossiiliset polttoaineet, erityisesti maakaasu. Fossiilisten polttoaineiden käytön kustannukset tulevat kuitenkin kasvamaan merkittävästi kuluvalle vuosikymmenellä päästökaupan ja fossiiliselle energialle kohdistuvien ympäristöverojen ja muiden maksujen vuoksi. Lahti Energian Oy:n mukaan vuoden 2016 jälkeen kivihiilen käyttö ei ole kannattavaa suhteessa uusiutuviin energialähteisiin. Fossiiliset polttoaineet tulevat kuitenkin pitkään olemaan tärkeä osa Suomen energiantuotannon rakennetta ja niitä tulee pyrkiä käyttämään tehokkaasti. Vielä pidemmälle tulevaisuuteen fossiiliset polttoaineet säilyvät uusiutuvan energian vara- ja varmuusvarastopolttoaineina, koska niillä ei ole moniin uusiutuviin energianlähteisiin liittyviä säilyvyysongelmia.

Metsäenergia

Metsäenergia on suurin yksittäinen uusiutuvan energian lähde, jonka käyttöä voidaan lähitulevaisuudessa lisätä sähkön ja lämmön tuotannossa. Puuvarojen hyödyntämisessä on kuitenkin tärkeää toteuttaa hierarkiaa, jossa ensisijaisesti puuta käytetään ainespuuna ja toissijaisesti energianlähteenä. Yhtenä tärkeänä näkökulmana metsäenergian käytön kehittämisessä on, että lämmöntuotannon lisäksi metsäenergiaa tullaan jatkossa hyödyntämään enem-

män myös yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa eri kokoluokan laitoksissa. Myös metsäenergiaan pohjautuvan synteettisten polttoaineiden ja liikennebiopolttoaineiden tuotannon mahdollisuuksia on hyvä tarkastella tulevaisuudessa pienemmässäkin mittakaavassa. Tähän mennessä tuotantoa on suunniteltu vain suuressa mittakaavassa metsäteollisuuden integraattien yhteyteen. Hämeessä ProAgria Hämeen, Metsäkeskus Häme-Uusimaan sekä Kanta- ja Päijät-Hämeen metsänhoitoyhdistysten toimesta on tehty merkittäviä toimia metsäenergian käytön lisäämiseksi.

Haasteet

Metsäenergian hyödyntämisessä ensisijaisen tärkeää on, että metsät säilyvät elinvoimaisina eikä metsien ravinnetasapaino järky. Metsäenergian hyödyntämisessä kantojen energiakäyttöön liittyy monia kysymyksiä ja siihen liittyvälle tutkimukselle on tarvetta jatkossa.

Koko metsäenergian hyödyntämisketjussa on paljon kehitettävää. Ketjun merkittävä haaste on polttoaineen varastoiminen ja säilyttäminen hyvälaatuisena. Tällä on merkitystä myös varastointialueita ympäröivien metsien terveydelle. Lisäksi polttoaineen laatu vaikuttaa energiantuotannossa lämpöarvoon sekä tuotannossa syntyviin ilmanlaatua heikentäviin päästöihin.

Käytännön toimenpiteet

- Metsäenergian käytön lisääminen sähkön ja lämmön yhteistuotannossa eri kokoluokan laitoksissa
- Öljykattiloiden korvaaminen pellettilämmityksellä. Uusien öljy- ja maakaasukäyttöisten huippulämpölaitosten rakentamisesta siirrytään pellettikäyttöisiin huippulämpölaitoksiin.
- Tehdään lisäselvityksiä kannonnoston vaikutuksista metsän monimuotoisuuteen ja ravinnetasapainoon.
- Kehitetään puun poltossa syntyvän tuhkan palauttamista ravinnekiertoon.

Energiantuotantoon soveltuvat jätteet

Yhdyskunnan ja teollisuuden jätehuollossa on tärkeää parantaa materiaali-tehokkuutta kokonaisuudessaan sekä kehittää edelleen jätteiden hyödyntämistä energiantuotannossa. Jätteitä ja sivuvirtoja hyödynnettäessä on tärkeää toteuttaa hierarkiaa, jossa ensisijainen hyödyntäminen tapahtuu materiaalina, toissijaisesti energianlähteenä ja viimeisenä vaihtoehtona on loppusijoitus kaatopaikalle. Jätteen laajamittaisessa energiakäytössä tuhkan loppusijoitus nousee ongelmaksi.

Käytännön toimenpiteet

- Yritysten materiaalivirtojen selvittäminen, jotta erilaiset sivutuotteet ja jätteet hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti
- Maaseudun pienyritysten materiaali- ja energiavirtojen selvittäminen

- Kehitystyötä erilaisten materiaalivirtojen hyödyntämiseksi
- Alueella toteutetun energijäteselvityksen syventäminen tietyin osin

Peltoenergia ja lanta

Peltoenergian ja lannan hyödyntämisessä on paljon käyttämättömiä mahdollisuuksia. Peltoenergian hyödyntämisen kehittämisessä on tärkeää huomioida, että ei synny kilpailutilannetta ruoantuotannon ja energiantuotannon välille. Viljanviljelyn sivutuotteena syntyvän oljen hyödyntäminen polttoaineena, kesantoalueiden ottaminen peltoenergian tuotantoon ja suurten kotieläintilojen lannan hyödyntäminen ovat suurimmat potentiaalit. Maakunnassa on 9 000 hehtaaria viljelykäytöstä poistettua peltoa ja ohrasta on ylituotantoa. Peltoenergian ja lannan hyödyntämisessä tärkeä näkökulma on, että ravinteet saadaan kierrätettyä mahdollisimman tehokkaasti. Tällöin voitaisiin vähentää keinolannoitteiden käyttöä, joiden valmistuksessa käytetään runsaasti fossiilisia polttoaineita. Ravinteiden kierrättämisen haasteena on, että lannoitteiden valmistaminen on luvanaalaista toimintaa.

Käytännön toimenpiteet

- Ruokohelven ja erityisesti oljen käytön lisääminen lämpölaitoksissa sekä niiden kustannustehokkaiden pelletöintimenetelmien kehittäminen
- Peltobiomassojen teknisen hyödyntämisen kehittäminen energiantuotannossa eri kokoluokan laitoksissa (mukaan luettuna biokaasu lannasta ja nurmesta)
- Hevosennannan energiakäytön edistäminen
- Alueellisen ravinneomavaraisuuden parantaminen ravinteiden kierrätystä kehittämällä

Tuulivoima

Tulevaisuudessa tuulivoimalla tulee olemaan suuri merkitys myös Hämeessä. Etelä- ja Länsi-Suomen yhteistoiminta-alueen tuulivoimaesiselvityksen perusteella Hämeessä on alueita, jotka soveltuvat tuulivoimapuistojen sijoituskohteiksi.

Käytännön toimenpiteet

- Maakuntakaavan merkitään selvitysalueita tuulivoimapuistoille (Kanta-Hämeen maakuntakaavaan Hausjärvelle, Lammille ja Forssaan tuossa selvitysaluemerkinnät)
- Tiedotusta ja pilottihankkeita maatila- ja kyläkohtaisten voimaloiden perustamiseksi
- Tuulivoimaan liittyvien käytäntöjen kehittäminen siten, että viranomaisten, yritysten, maanomistajien sekä asukkaiden välillä tiedonvaihto on toimivaa, jotta lupaprosessit eivät pitkity

Liikennebiopolttoaineet

Kanta-Hämeessä mahdollisia liikennebiopolttoaineiden raaka-aineita ovat peltobiomassat, metsäenergia ja erilaiset jätteet ja sivuvirrat. Kanta-Hämeessä on etanolin tuotantoa biojätteistä ja rakenteilla jätteistä biodieseliä tuottava laitos. Lisäksi Kanta-Hämeessä on suunnitteilla viljapohjaisen ja sivuvirtapohjaisen etanolin sekä rypsipohjaisen biodieselin valmistamista. Tällä hetkellä Suomen olosuhteissa viljasta ja rypsistä valmistetut liikennebiopolttoaineet eivät täytä EU:n komission asettamia kestävyyskriteereitä. Teollisuuden sivuvirtoihin ja biojätteisiin pohjautuva liikennebiopolttoaineiden tuotanto sen sijaan täyttää kestävyyskriteerit. Liikennebiopolttoaineisiin liittyen on tärkeää jatkaa selvitystä, jotta uusia tuotantolaitoksia syntyy lisää ja nykyisten laitosten tuotantoa lisätään. Sekä mädättämällä että synteettisesti tuotetun biokaasun tuotannon laajentaminen nähdään järkeväksi, sillä maakunnassa kulkee maakaasuverkko, jota voidaan hyödyntää puhdistetun biokaasun siirtämiseen. Liikennebiopolttoaineiden energiataseiden, päästöjen ja kestävyyskriteerien tarkastelu kokonaisuutena nähdään tärkeänä.

Käytännön toimenpiteet

- Otetaan tavoitteeksi että Kanta-Hämeeseen tulee sekä etanolia, dieseliä että metaania liikennepolttoaineiksi tuottavia laitoksia.
- Selvitetään synteettisen biodieselin ja maakaasuverkkoon syötettävän synteettisen biometaanin valmistuksen mahdollisuuksia Kanta-Hämeessä
- Selvitetään levien kasvatukseen perustuvaa biodieselin tuotantoa Kanta-Hämeen alueella
- Määritetään puukaasua hyödyntäville ajoneuvoille pakokaasujen päästörajojen rajat, jolloin puukaasuttimia voidaan kehittämistarkoituksessa asentaa myös vuoden 1987 jälkeen käyttöön otettuihin ajoneuvoihin.

Aurinkoenergia

Etelä-Suomessa auringon säteily määrä vastaa vuositasolla Keski-Euroopan olosuhteita, mutta säteily keskittyy pääasiassa kesäaikaan. Suomessa aurinkoenergia soveltuu täydentäväksi energiamuodoksi, jolla voidaan tuottaa keväällä, kesällä ja syksyllä merkittäviä määriä lämpöä ja myös sähköä. Aurinkoenergian hyödyntämisen kehittäminen nähdään tärkeäksi, sillä tulevaisuudessa aurinkoenergialla on nykyistä suurempi merkitys myös Hämeessä.

Käytännön toimenpiteet

- Selvitetään lämpölaitosten kesäajan lämmöntuotannon mahdollisuuksia aurinkolämmöllä
- Kehitetään aurinkosähkön käyttöä sähköautojen lataamisessa
- Lisätään tutkimusta ja tiedotusta aurinkoenergiaratkaisujen hyödyntämiseksi rakennuksissa
- Kehitetään aurinkosähkön käyttöä vapaa-ajan asunnoissa

Lämpöpumput

Lämpöpumppuja hyödyntämällä saadaan asuntojen lämmitysenergian kulutusta pienennettyä, sillä tekniikka hyödyntää ilmassa tai maaperässä olevaa lämpöä. Lämpöpumppu tarvitsee kuitenkin toimiakseen sähköä, joten siirryttäessä polttoainetta käyttävästä lämmitysjärjestelmästä lämpöpumppujärjestelmään riippuvuus sähköstä lisääntyy. Maalämpökaivojen vaikutus pohjavesialueilla on myös noussut esiin lämpöpumppujen yleistyessä.

Käytännön toimenpiteet

- Tiedotetaan lämpöpumppujen hyödyistä lämmitysenergian säästämiseksi
- Selvitetään maalämpökaivojen vaikutusta pohjavesialueilla
- Selvitetään lämpöpumpputeknologian yhdistämistä muihin lämmitystekniikoihin

Turve

Turve on kotimainen polttoaine, joka soveltuu hyvin metsä- ja peltoenergian tukipolttoaineeksi. Turpeen asema energianlähteenä on kuitenkin hankala tuotannossa syntyvien ympäristöhaittojen sekä hiilidioksidipäästöjen vuoksi. Turpeen käytön hyödyistä ja haitoista tarvitaan puolueetonta tietoa.

Käytännön toimenpiteet

- Selvitetään turpeen energiakäytön hyödyt ja haitat monitieteisenä alueellisena selvityksenä

Energiantuotannon rakenne

Tulevaisuudessa energiatuotannon rakenne tulee kehittymään siten, että suurten keskitettyjen tuotantolaitosten ohella pienen ja keskisuuren mittakaavan ratkaisut yleistyvät. Tällä hetkellä kestävä energiantuotannon lisäämiseksi ei ole näköpiirissä yhtä suurta ratkaisua, vaan on pyrittävä eteneeseen kaikilla rintamilla, jotta nähdään mitkä alat tulevat lopulta kehittymään. Meneillään oleva muutos synnyttää uusia työpaikkoja tuotantoketjun eri vaiheisiin, mutta aiheuttaa myös riskejä, sillä vasta ajan kuluessa käy ilmi mitkä toimialueet tulevat pysyvästi tarjoamaan työtä. Muutos voidaan nähdä myös positiivisena siitä näkökulmasta, että suurten toimijoiden tarjoamien energiaratkaisujen rinnalle tulee uusia vaihtoehtoja. Energiantuotannon rakenteen kehittyessä on kuitenkin tärkeää, että energian tuotanto ja siirto toteutetaan mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella.

Energiantuotannon rakenteen muutosta hidastaa se, että vanhat investoinnit tulee yritysten näkökulmasta käyttää ensin loppuun ja vasta tämän jälkeen siirtyä uusiutuviin energialähteisiin perustuvaan tuotantoon. Vanhoissa laitoksissa on kuitenkin tärkeää pyrkiä tekemään muutoksia, jotta voidaan

siirtyä ainakin osittaiseen biopolttoaineiden käyttöön. Kun energiantuotannon rakennetta kehitetään, on olennaista, että ratkaisut ovat jollakin aikavälillä taloudellisesti kannattavia. Hintatason kehittyminen ja valtion tukitoimet ovat vaikuttamassa merkittävästi siihen, mitkä osa-alueet tulevat menestymään, mutta kehittyvässä tilanteessa niillä ei tulisi sulkea mitään vaihtoehtoja pois. Hajautetun energiantuotannon kehittyminen tarjoaa kuluttajille vaihtoehtoisia energiaratkaisuja, joka lisää alalla kilpailua ja voi hillitä hintojen nousua

Käytännön toimenpiteet

- Poistetaan rakenteellisia esteitä pienen ja keskisuuren mittakaavan sähkön- ja lämmöntuotannon lisääntymiselle suuren mittakaavan ratkaisujen rinnalla
- Toteutetaan toimia, joilla edistetään lämmön- ja sähkön yhteistuotantoa myös keskisuurissa ja pienissä energialaitoksissa.
- Kehitetään pienen mittakaavan hajautetun energiantuotannon hyötysuhdetta
- Lisätään Kanta-Hämeen omaa sähköntuotantoa
- Alueen sähköverkkoa ja sähköntuotannon ohjausta kehitetään hajautetun sähköntuotannon lisäämiseksi
- Rakennetaan pilottilaitoksia oppilaitosten yhteyteen tutkimus- ja oppimisympäristöiksi
- Kehitetään uusiutuvan energian pientuottajien yhteistyötä
- Selvitetään lähien energian aluetaloudellisia vaikutuksia
- Selvitetään laitoskohtaisesti kestävän energian käyttömahdollisuudet ja potentiaali
- Toteutetaan alueellinen pienvesivoimaselvitys

Logistiikka ja energiansiirto

Tehokkaan logistiikan ja energiansiirron perusta on paikallinen energiantuotanto, jolloin energiaraaka-aineita joudutaan siirtämään mahdollisimman vähän. Logistiikka tulee järjestää ekotehokkaasti, jotta siitä ei synny negatiivisia vaikutuksia ympäristöön. Hämeen etuna on se, että metsää ja peltoa on kulutuspaikkoihin nähden kohtuullisella etäisyydellä. Haasteena lähien energian hyödyntämisessä on raaka-aineiden hintakilpailu, jolloin raaka-aineen tuottajalle voi osoittautua kannattavammaksi myydä raaka-aine kauemmaksi.

Energiaraaka-aineiden siirrossa suositeltavaa on, että rekkoja ja kuorma-autoja hyödynnetään vain lyhyillä etäisyyksillä. Rautatieverkon kehittäminen itä-länsi suunnassa parantaisi Hämeen logistista tilannetta merkittävästi. Energiaa siirrettäessä on huomioitava, että korkeammin jalostetun energian siirto on ympäristöystävällisempää ja energiatehokkaampaa. Pidemmällä

matkoilla suosittavia energiansiirtomuotoja ovat siten sähkö, kaasu ja nestemäiset polttoaineet sekä kiinteistä biopolttoaineista pelletit

Biomassojen siirrossa merkittäviä tekijöitä ovat raaka-aineiden laadun säilyminen ja varastoinnista seuraavat vaikutukset lähiympäristölle.

Käytännön toimenpiteet

- Biomassojen ja biopolttoaineiden logistiikkaa ja jakelujärjestelmiä kehitetään
- Kehitetään uusia logistisia järjestelmiä, joita hyödyntämällä omakotitalojen on vaivattomampaa siirtyä biopolttoaineiden käyttöön
- Kehitetään kauko- ja lähilämmön siirtoa siinä syntyvien lämpöhäviöiden vähentämiseksi
- Kehitetään biomassojen kuljetusta koskeva sertifikaatti, jolla vähennetään pitkiä kuljetusmatkoja

Energiansäästö ja energiatehokkuus

Energiansäästöllä ja energiatehokkuudella on suurimmat vaikutukset energialähteiden kulutukseen. Käyttötottumuksiin vaikuttamalla voidaan saavuttaa merkittäviä suoria energiansäästöjä. Energiatehokkuudessa merkittävää on prosessien sulkeminen, hukkalämmön hyödyntäminen ja erilaisten lämmöntarpeiden integroiminen.

Yleiset käytännön toimenpiteet

- Energiansäästön mahdollisuuksista ja tuista tiedottaminen eri osa-alueilla
- Poistetaan yhteiskunnassa ja teollisuudessa kohteet, joissa syntyy hukkalämpöä
- Teknologiset innovaatiot paikallisissa yrityksissä
- Klusteritoiminta yli maakuntien

Energiansäästöjen toteuttamiseen ja energiatehokkuuteen liittyy vahvasti neuvonnan ja tiedotuksen tarve, jota käsitellään kohdassa ”Neuvonta, tiedotus, koulutus ja tutkimus”

Energiansäästö ja energiatehokkuus maatiloilla, kasvihuoneissa ja maaseudun pienyrityksissä

Energiansäästöön tähtäävien toimien lisäksi tarvitaan energiatehokkuuden parantamista. Helposti toteutettavia toimia ovat käyttötottumuksiin liittyvät muutokset sekä laitteiden käytön optimointi. Koneisiin, laitteisiin ja tuotantomenetelmiin muutoksia vaativat toimenpiteet aiheuttavat kustannuksia, mutta syntyvän energiansäästön vuoksi takaisinmaksuajat ovat usein lyhyitä. Pk-

yrittäjien seuranta- ja tutkimusten mukaan noin 70 % energiakatselmuksissa ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä on käyttökäytännöllisiä tai muutoksia, joilla on alle 2 vuoden takaisinmaksuaika. Tiedotukselle, neuvonnalle ja koulutukselle on suurta tarvetta, jotta tietoisuus energiansäästöstä ja energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista lisääntyy.

Käytännön toimenpiteet maataloilla

- Maatilojen energiatehokkuuden ja energiansäästön kehittäminen
- Maatilojen energiasuunnitelmien markkinointi ja laatiminen (MENO-ohjelma)
- Uusiutuvan energian käytön lisääminen
- Maatilojen energiatehokkaan logistiikan kehittäminen
- Energiaomavaraisen maatalon tutkimus- ja kehittämishanke
- Selvitetään lämpöpumppujen hyödyntämistä viljankuivureiden hukkalämmön talteenotossa
- Tiedotetaan kotieläintiloille viljasadon kuivausta korvaavista viljan säilöntämenetelmistä

Käytännön toimenpiteet kasvihuoneissa

- Nykyaikaisten viljelytekniikoiden käyttöönotto
- Lämmöntuotannon hyötysuhteen parantaminen tai siirtyminen yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon
- Uusiutuvan energian käytön lisääminen
- Uuden energiaa säästävän valaistustekniikan neuvonta

Käytännön toimenpiteet maaseudun pienyrityksissä

- Maaseudun pienyrityksien energiankäytön kartoittaminen ja energiansäästämismahdollisuuksista tiedottaminen – aloitetaan toiminta kouluttajien energianeuvonnan rinnalla
- Edistetään pienyritysten energiakatselmuksia, energiatehokkuussopimuksia ja energia-avustuksien hyödyntämistä
- Energiakatselmusten yleisimmät toimenpide-ehdotukset liittyvät ilmanvaihdon oikeaan käyttöön, hukkalämmön talteenottoon ja valaistuksen käyttötottumuksiin.

Liikenne

On oletettavaa että liikenteessä tapahtuu tulevien vuosikymmenten aikana huomattavia muutoksia. Raideliikenteen kehittäminen, polttomootoreihin perustuvan liikenteen määrän vähentäminen sekä sähköautojen hybridi- ja polttokennotekniikan kehittyminen ovat merkittäviä tekijöitä ympäristö-

tävällisemmän ja energiatehokkaamman liikkumisen kehittämiseksi. Yhdyskuntarakennetta ja tietoverkkoja kehittämällä voidaan myös vähentää liikennemääriä.

Käytännön toimenpiteet

- Sähköautojen latausverkoston kehittäminen
- Liikennebiopolttoaineiden tankkauspisteiden lisääminen
- Haja-asutusalueiden palvelubussiliikenteen kehittäminen
- Alueen raideliikenneyhteyksien kehittäminen ja biopolttoaineiden käyttö raideosuuksilla, joilla ei ole sähköä
- Selvitetään raideliikenneverkoston laajentamisen tarve ja mahdollisuudet

Asuminen

Asumisen energiankulutukseen vaikuttaa ihmisten tietoisuus energiankulutuksesta ja rakennusten energiatekniikka. Näitä kehittämällä voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä energiankulutuksessa.

Käytännön toimenpiteet

- Perustetaan pilottiasuinalue, jossa kehitetään energiansäästöä sekä erilaisia kestäviä hajautetun energiantuotannon ratkaisuja
- Kehitetään maaseudun kyläyhteisöihin sopivia energiantuotantomalleja paikallisista energialähteistä
- Toteutetaan käytännön kokeiluja ja havaintoesimerkkejä aurinkoenergian käytöstä asunnoissa

Yhteistyö ja maankäytön suunnittelu

Kun maakuntien ilmasto- ja energiaohjelmia valmistellaan, yhteistyön merkitys Kanta- ja Päijät-Hämeen välillä on suuri. Siten voidaan hyötyä olemassa olevasta laajasta asiantuntemuksesta ja saavuttaa synergiaetuja. Yrittäjien huomiointi ohjelmien ja strategioiden laadinnassa on tärkeää, jotta tavoitteiden saavuttamiseksi on olemassa todellisia edellytyksiä. Maaseutunäkökulma on kokonaisuudessaan merkittävässä roolissa ilmasto- ja energiaohjelmien laadinnassa. Huomioimalla eri intressiryhmiä voidaan myös löytää yhteinen tahtotila tavoitteiden saavuttamiseksi. Asetettavien tavoitteiden haastavuus luo innovaatioita, jolloin voidaan saavuttaa alueellisesti etuja muihin maakuntiin nähden. Maakunnan energiapolitiikka suunniteltaessa myös energiantuotannon huoltovarmuus on pystyttävä todentamaan.

Maakuntien ilmasto- ja energiaohjelmien valmistelussa on tärkeää suunnitella huolellisesti vastuukysymykset eri tasoilla, jotta ohjelmat pystytään käy-

tännössä toteuttamaan. Puhdas, kestävä ja taloudellinen lähienergia pitää huomioida maakuntatason strategian lisäksi myös kuntatasolle saakka.

Ilmasto- ja energiaohjelmien laadinnassa on myös tärkeää että kaavoitusasiat kulkevat mukana suunnitelmissa. Päijät-Hämeessä uudessa maakuntakaavassa varataan alueet energiantuotannolle, Kaavoitus ja rakentamisratkaisut ovat merkittäviä lähienergian kehittämiseksi, sillä yhdistettyä sähkön ja lämmöntuotantoa lisättäessä on tärkeää löytää lämmön käyttökohteita riittävän läheltä.

Käytännön toimenpiteet

- Maakuntarajat ylittävän yhteistyön lisääminen ilmasto- ja energiaohjelmien laadinnassa
- Yhdyskuntaratkaisulla laaja-alainen vaikuttaminen energia-asioihin
- Kaavoituksella ohjataan asutuksen sijoittumista siten, että se edistää energiatehokkuutta
- Energia-asioden huomiointi kaavoituksessa, myös kyläkaavoissa
- Bioenergiaterminaalien tarvekartoitus ja sijoituksen suunnittelu suuralueittain

Neuvonta, tiedotus, koulutus ja tutkimus

Energia-asioihin liittyvän neuvonnan, tiedotuksen, koulutuksen ja tutkimuksen tarve on ilmeinen.

Energianeuvonnan tulisi olla hyvin ja tehokkaasti organisoitua ja siinä tulisi hyödyntää olemassa olevien rakenteita. Lahden ammattikorkeakoulu teki selvitys Päijät-Hämeen ilmasto- ja energianeuvonnan organisoimisesta valmistui keväällä 2011. Selvityksessä neuvonnan toteuttamisen haasteiksi todetaan pitkäjärteisen rahoituksen saaminen sekä neuvonnan tarpeen laajuus, jolloin tietoa tulisi saada välitettyä myös kaupunki- ja kuntakeskusten ulkopuolelle maaseudulle. Hämeen ammattikorkeakoulussa aloitettiin vuoden 2011 aikana energianeuvonta Hämeen energiatoimisto BioPoint:ssa, jossa Motivan rahoittamana pilotoidaan kuluttajien energianeuvonnan toteuttamista osana opetusta.

Energianeuvonnan haasteena on luotettavan ja puolueettoman tiedon tarjoaminen. Neuvonnan pohjana olevat arvot ja intressit vaikuttavat esitettyyn tietoon. Neuvonnan ja tiedotuksen haasteena on myös tiedon esittäminen ymmärrettävästi ja riittävällä tarkkuudella, jotta sen perusteella pystytään muodostamaan kannanottoja esimerkiksi kunnissa. Kuluttajien ja yritysten neuvonnassa on tärkeää, että tiedon perusteella syntyy tietoisuus nykytilasta ja vaihtoehtoista ja valinnoista, joita voidaan tehdä energia-asioiden suhteen. Asenteet, käyttötottumukset ja mielikuvat voivat olla esteinä toimenpiteiden toteuttamiseksi, vaikka takaisinmaksuajat ovat lyhyitä ja muutoksista koituu toimijalle hyötyä säästyneiden energiakustannusten muodossa.

Energia-asioiden huomioiminen on tärkeää kaikkien alojen koulutuksessa. Energia-alan koulutuksessa on erityisesti tarvetta käytännönläheiselle energiayrittäjyyteen tähtäävälle koulutukselle. Vastaavasta toiminnasta on hyvä esimerkki Kouvolan seudun ammattiopistossa, jossa BioSampo hankkeen puitteissa on järjestetty energia-alan käyttäjä-, käyttöpäällikkö- ja yrittäjäkoulutusta. Hämeen ammattikorkeakoulun Evon yksikössä on järjestetty energia-yrittäjyyteen erikoistuvaa maaseutuyrittäjien aikuiskoulutusta.

Käytännön toimenpiteet

- Kuluttajien ja yrittäjien energianeuvonnan laajentaminen koko Kanta-Hämeeseen
- Toteutetaan hanke, jossa tiedotetaan kuntakohtaisesti kestävän energian käytön lisäämismahdollisuuksista sekä energiatehokkuudesta ja energian säästöstä
- Käytännönläheisten energia-alan yrittäjyyteen tähtäävien lyhytkoulutusten toteuttaminen
- Nykyisten energiaselvitys-palveluiden ja energiatukijärjestelmien tiedottaminen ja markkinointi (maatilojen energiasuunnitelmat, kuntien energiakatselmukset ja yritysten energia-avustukset)

Kestävän energian teknologian ja yrittäjyyden edistäminen

Energia-alaan liittyvä perustutkimus on tärkeää. Sitä kautta saadaan alueelle spin-off-asiantuntijayrityksiä ja edistetään kaikin tavoin energia-alaan liittyvää osaamisperustaista yrittäjyyttä. Energia-alan teknologioita ja laitevalmistusta tulisi kehittää esimerkiksi alan klusteritoiminnalla.

Käytännön toimenpiteet

- Muiden alueellisten osaamiskeskittymien tuottaman tiedon hyödyntäminen
- Tulevien ja olemassa olevien alueella syntyneiden innovaatioiden tuotteistaminen ja markkinointi globaalisti laajenevilla energia-alan markkinoilla
- Energia-alan klusteritoiminnan käynnistäminen yhdessä Päijät-Hämeen kanssa

3.5 Kestävän energian ohjelman seuranta ja arviointi

Kestävän energian ohjelma on asiantuntijaohjelma, joka toimii pohjana kuntien ja maakuntien ilmasto- ja energia-asioiden kehittämiseksi. Kestävän energian ohjelman vaikutusten arviointi ja seuranta ehdotetaan liitettäväksi nykyisten ympäristö-, energia- ja ilmastostrategioiden laadinnan ja seurannan osaksi.

Tärkeä seurantatoimenpide on, että maakunnallinen energiantuotannon ja -käytön tase päivitetään 3–5 vuoden välein. Energiataseen avulla voidaan seurata mm. alueen energian kulutusta ja energialähteiden käyttöä sekä energiaomavaraisuuden kehittymistä.

Energiataseen lisäksi jatkossa energia-asioiden kehittymistä voitaisiin seurata 1–2 vuoden välein Jallinojan (2010) Hämeen ympäristöstrategian seuranta varten esittämiä helposti seurattavia indikaattoreita hyödyntäen. Jallinojan selvityksessä ehdotetut indikaattorit ovat esitety tarkemmin liitteessä 5.

Selvitys ”Hämeen jätteet indikaattorien valossa” (valtion ympäristöhallinnon www-sivut) antaa myös vuosittain hyvää tietoa jätteiden hyödyntämisen tilasta. Kyseistä selvitystä olisi tarpeen laajentaa koskemaan myös elintarviketeollisuuden ja metsäteollisuuden jätteitä, jolloin se antaisi kokonaisvaltaisen kuvan myös energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämisen laajuudesta.

Energia-alan yritysten määrän ja työllistävyyden kehittymisen seuraaminen nähdään myös tärkeäksi. Seurannassa voidaan käyttää jaottelua:

- energiantuotanto, siirto ja jakelu
- rakennuksien energiaratkaisut
- energiantuotannon raaka-aineiden hankinta ja jalostus
- energiateknologian laitevalmistus
- suunnittelu ja konsultointi
- koulutus ja neuvonta

Kansalaisten näkökulmasta on tärkeää, että seurantaa ja asetettuja tavoitteita pystytään esittämään asukasta kohden laskettuina tunnuslukuina. Seurannan rinnalle olisi silloin yksinkertaista kehittää sovellus, jolla kansalaiset voisivat seurata henkilökohtaisesti omaa toimintaansa suhteessa asetettuihin tavoitteisiin.

Kestävän energian ohjelman seurantaan liittyen olisi paikallaan järjestää kerran vuodessa maakunnallinen kestävän energian teemapäivä ajankohtaisista aiheista.

3.6 Ohjelman toteutumisen edellytykset ja energia-alan tukimuodot

Kestävän energian ohjelman toteuttamiseen vaikuttavat maakuntatasolla tehtävät päätökset ja toimet, kansallisella tasolla valtion ohjaukset ja tuet sekä kansainvälisellä tasolla Euroopan unionin direktiivit, asetukset ja päätökset sekä kansainvälinen päästökauppa ja ilmastositoumukset.

Kestävän energian ohjelman toteutumisen edellytyksenä maakuntatasolla on yhteinen tahtotila ja tavoitteet ilmasto- ja energia-asioiden kehittämiseksi. Tärkeitä yhteistyötahoja ovat

- ELY-keskus hankkeiden rahoittajana, erilaisten avustuksien sekä ympäristölupien myöntäjänä
- Maakuntaliitot mm. kaavoittajina sekä strategioiden laatijoina
- Kuntien päättäjät ja virkamiehet
- Kehittämiskeskukset ja maaseudun kehittämissyhdystykset
- Yritykset sekä eri toimialojen klusterit
- Oppilaitokset ja tutkimuskeskukset

Kansallisella tasolla kestävä energiaohjelmaan ja sen toteuttamiseen vaikuttavat lainsäädäntö ja valtion ohjaukset. Valtion toimissa on tärkeää, että ne mahdollistaisivat laajalla rintamalla eri energiamuotojen kehittämistä ja käyttöönottoa. Toisaalta haasteena on ohjauksen riittävä määrätietoisuus, jotta yritykset ja rahoittajat uskaltavat tehdä investointipäätöksiä vuoteen 2020 tähtäävien ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamiseksi. Valtion tulisi selkeästi tukea kehittyneiden energiamuotojen tuotantoa, mutta ohjata samanaikaisesti tukea myös kehittyvien tekniikoiden koe- ja testauslaitosten rakentamiseen.

Valtion taloudellisia ohjauksia ovat tuet ja verotus. Lisäksi erilaisilla kehittämis- ja tutkimusohjelmilla tuetaan energiatoimialan kehittämistä. Liitteeseen 6 on koottu valtion tukimuotoja uusiutuvan energian käytön edistämiseksi sekä energian säästön ja energiankäytön tehostamiseksi. Ohjauksien välityksellä on tavoitteena lisätä uusiutuvan energian käyttöä 38 TWh vuoteen 2020 mennessä. Samanaikaisesti tuilla on arvioitu olevan merkittäviä työllistäviä vaikutuksia.

Kestävä energia Hämeestä -hankkeen alue tilaisuuksissa nousi esiin seuraavia näkökulmia valtion ohjauksien kehittämiseksi

- Lainsäädäntöä tulee edelleen kehittää linjassa uusiutuvan energian käytön lisäämistavoitteiden kanssa. Esteitä ja rajoitteita sekä tulkintavaikkeitä tulee poistaa.
- Hajautetun energiantuotannon ja yksityisten henkilöiden energiantuotannon asemaa tulee parantaa. Yhteiskunnallista ajattelua tulee muuttaa yksityishenkilöiden sähköntuotannon edistämiseksi ja velvoittaa sähköyhtiöitä ostamaan tai tasaamaan kotitalouksien ylituotantona verkkoon syöttämä sähkö.
- Tukijärjestelmät ovat ohjauksia, mutta energiaratkaisujen on oltava itsessään kannattavia.
- Lähienergian asemaa tulee parantaa esimerkiksi kehittämällä uusiutuvan energian kestävyyskriteerejä siten, että ne huomioivat raaka-ainneiden kuljetusmatkat.
- Energia-alan tukitoimia olisi hyvä tarkastella kriittisesti esim. 20 viime vuoden ajalta ja arvioida niiden vaikutuksia

4 Kestävän energian ohjelman yhteenveto

Visio:

Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa – kestävästi, taloudellisesti ja paikallisesti työllistäen

Kanta-Hämeen kestävä energian ohjelma on asiantuntijaohjelma, joka tuosiin energiankäytön nykytilanteen ja mahdollisuudet lisätä kestävä energian käyttöä. Keskeistä kestävä energian ohjelman tavoitteissa on alueen energiaomavaraisuuden kehittäminen ja riippuvuuden vähentäminen fossiilisesta tuontienergiasta. Energiantuotannon rakenteen kehittämisessä nähdään tärkeäksi sähkön, lämmön ja liikennebiopolttoaineiden tuottaminen alueella eri kokoluokan laitoksissa. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laajempi soveltaminen biolämpölaitoksissa nähdään erityisen tärkeäksi. Hämeessä on myös tärkeää toteuttaa uuden teknologian pilottikohteita esimerkiksi rakentamalla energiatehokas asuinalue, jossa itse tuotetaan lämpöenergiaa ja sähköä lähienergialla alueen omaan tarpeeseen.

Kanta-Hämeessä uusiutuvien energialähteiden osuus tulee kaksinkertaistaa vuoden 2008 tasosta vuoteen 2020 mennessä, jotta saavutetaan kansallisesti määritetty uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitetaso (38 %). Lisäys on mahdollista toteuttaa kestävästi (kuvat 5 ja 6), mutta tavoitetason saavuttaminen vaatii paljon toimenpiteitä. Kanta-Hämeessä ei ole lyhyellä aikavälillä hyviä mahdollisuuksia ylittää kansallista tavoitetasoa, sillä alueen uusiutuvien energialähteiden käytön lähtötaso on matala (17 %). Liian nopea pyrkimys lisätä uusiutuvan energian käyttöä saattaisi lisäksi aiheuttaa sen, että ei pystyttäisi huomioimaan kestävä energiantuotannon periaatteita ja ympäristövaikutukset nousisivat suuriksi.

Uusiutuvan energian käytön kansallisen tavoitetason saavuttamiseksi tulee monipuolisesti hyödyntää uusiutuvan energian muotoja, sillä mikään energialähteistä ei kata yksinään lisäystarvetta. Metsäenergian käytön lisäämisessä on suurin yksittäinen potentiaali, sen kestävä tuotantopotentiaali on noin kolminkertainen nykykäyttöön verrattuna. Tulevaisuudessa myös pieni osa kuitupuusta voi ohjautua energiantuotannon raaka-aineeksi, jos Suomen selluntuotanto edelleen vähenee.

Peltoenergiassa on runsaasti lisäämispotentiaalia erityisesti kesannoilla tuotetun biomassan ja viljelyn sivuvirtana syntyvän oljen osalta. Peltoenergiaa voidaan hyödyntää mm. polttoaineena, biokaasun tuotannon raaka-aineena ja nestemäisten liikennebiopolttoaineiden raaka-aineena.

Tuulivoiman hyödyntämisessä on paljon mahdollisuuksia, mutta se on vahvasti sidoksissa maankäytön suunnitteluun ja kansalaisten yleiseen mielipiteeseen, jotka voivat hidastaa hankkeiden toteutumista lähivuosina.

Lisäyspotentiaalia on myös jätteiden, erilaisten teollisuuden sivuvirtojen ja lannan hyödyntämisessä. Jätteitä hyödynnetään jo nykyään energian tuotannossa Kanta-Hämeessä valtakunnallista keskiarvoa enemmän.

Aurinkoenergian ja lämpöpumppujen potentiaalia uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi on vaikea arvioida, mutta tulevaisuudessa erilaisten teknikoiden kehittyessä niillä voi olla suurikin merkitys sekä energialähteinä että energiatehokkuuden parantamisessa. Vesivoiman lisäämispotentiaali on Kanta-Hämeessä pieni. Sen merkitys jäänee paikalliselle kylä- tai kuntatasolle..

Suomen tavoite biopolttoaineiden osuudelle liikenteen polttoaineista on 20 % vuoteen 2020 mennessä. Hämeen alueella on etanolintuotantoa liikennebiopolttoaineeksi pienissä laitoksissa. Lisäksi suunnitteilla tai rakenteilla on uusia laitoksia sekä etanolin, biodieselin että biokaasun tuottamiseksi liikennebiopolttoaineeksi. Liikennebiopolttoaineiden 20 %:n osuuden saavuttamiseksi tarvitaan kuitenkin myös valtakunnallisen mittakaavan tuotannon käynnistymistä. Maatiloilla on mahdollista korvata pääosa maataloustuotannon työkalu- ja koneiden fossiilisista polttoaineista biopolttoaineilla.

Valtakunnallinen maakaasun jakeluverkko kulkee alueen läpi ja tarjoaa siten valmiin jakeluverkon myös alueella tuotettavan biokaasun jakeluun kulutus- ja jakelupisteisiin. Biokaasuautojen tankkausverkko on näin ollen myös helppo laajentaa alueella.

Kestävän energian ohjelman tavoitteeseen pääsemiseksi tarvitaan ehdottomasti myös energian säästöä ja energiatehokkuutta lisääviä toimia. Energiankulutuksen kääntäminen laskuun 2010-luvun aikana on työ- ja elinkeinoministeriön määrittämässä tavoiteurassa.

Alueella on selkeä tarve energianneuvonnan aloittamiselle. Eri kohderyhmille pitää tarjota energiatehokkuutta lisäävää tietoa, neuvontaa ja koulutusta. Energiatoimisto tai muu mahdollinen toimintamuoto voitaisiin toteuttaa myös yhteistyössä Päijät-Hämeen kanssa.

Kestävän energian alan yritystoiminta tarjoaa mahdollisuuksia palveluyrittäjille ja biomassan tuottajille sekä alan teknologiayrityksille. Erityisesti alan kehittyminen lisää mahdollisuuksia maaseudulla. Energia-alan yrittäjyyden toimintaedellytyksiä ja verkottumista olisi vahvistettava ja huolehdittava alan koulutuksen tarjonnasta alueella kaikilla koulutuksen tasoilla.

Kestävän energian tuottamisessa pitää aina huomioida luonnonvarojen kestävä käytön periaatteet, kuljetusten ja tuotannon ympäristövaikutukset sekä se, että energiantuotanto ei kilpaile elintarviketuotannon kanssa. Biomassaan pohjautuvan uusiutuvan energian tuotannon merkittävä haaste on energiaräätä-aineiden mukana kulkeutuvien ravinteiden palauttaminen maaperään uuden biomassan kasvun lähteeksi.

Energiantuotannossa ja -käytössä on tärkeää, että koko ketjussa toimitaan ympäristöystävällisesti ja energiatehokkaasti. Energiantuotannon raaka-aineet pitää tuottaa kestäväällä tavalla mahdollisimman läheltä käyttöpaikkoja, energiantuotannon tulee tapahtua kannattavasti hyvällä hyötysuhteella, energiansiirron on oltava tehokasta ja loppukulutuksen säästävää.

OSA 2.

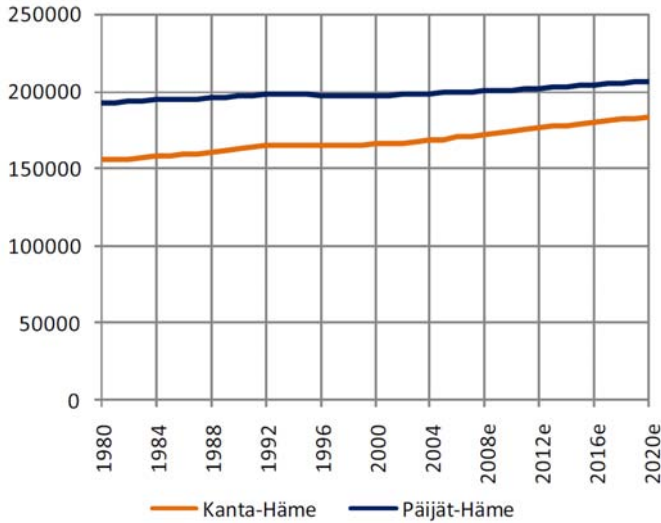
ENERGIATASE JA TEKNISET TAUSTASELVITYKSET

5 Kanta-Hämeen nykytila ja alueellisia ominaispiirteitä

Kanta-Hämeen maakuntaan kuuluu 11 kuntaa, joista kaupunkeja ovat Forssa, Hämeenlinna ja Riihimäki. Kanta-Hämeeseen kuuluvat lisäksi kunnat Hattula, Hausjärvi, Humppila, Janakkala, Jokioinen, Loppi, Tammela ja Ypäjä. Kanta-Häme jakautuu kolmeen seutukuntaan jotka ovat Forssan seutukunta, Hämeenlinnan seutukunta ja Riihimäen seutukunta. Alueen kunnat ja seutukunnat on esitetty kuvassa 7. Kanta-Hämeen kokonaispinta-ala on 5 706 km² ja asukasmäärä noin 174 000. Kanta-Hämeen asukasluku on ollut pitkään lievässä kasvussa ja alueella on muuttovoittoa Uudeltamaalta (kuva 8). Kanta- ja Päijät-Hämeen maakunnan kunnat kuuluvat Hämeen ELY-keskuksen alueeseen.



Kuva 7. Kanta- ja Päijät-Hämeen kunnat ja seutukunnat



Kuva 8. Hämeen maakuntien väkiluvun kehitys vuosina 1980–2006 ja ennuste vuoteen 2020. (Tilastokeskus – Väestöennuste, 2007)

Kanta-Hämeen primäärienergiankulutus on 55 MWh/as, joka on matalampi kuin Suomen keskiarvo 74 MWh/as. Yhdyskuntajätettä Kanta-Hämeessä syntyy 397 kg/as, joka on matalampi kuin Etelä- ja Länsi-Suomen alueen keskiarvo 471 kg/as. Lisäksi Kanta-Hämeessä 55 % yhdyskuntajätteistä hyödynnetään energiana, kun Etelä- ja Länsi-Suomen alueen keskiarvo on 20 %.

Kanta-Hämeen energiantuotannossa maakaasun ja öljyn osuus energiantuotannossa on merkittävä. Maakaasua on saatavilla Riihimäellä, Janakkalassa, Hämeenlinnassa ja Hattulassa (Kuva 9). Kivihiilen käyttö loppui Kanta-Hämeessä, kun Vattenfallin Vanajan voimalaitoksella se korvattiin puupohjaisten polttoaineiden käytöllä. Uusiutuvien energianlähteiden osuus energialähteistä oli 17 % vuonna 2008. Tämä on huomattavasti matalampi kuin Suomen keskiarvo 28 %. Lämmöntuotannossa uusiutuvan energian osuus oli kaukolämmössä 17 % ja teollisuuslämmössä 9 %.

Kanta-Hämeessä on vähän omaa sähköntuotantoa. Sähköntuotanto on pääasiassa yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa ja se kattaa vain noin 17 % maakunnan sähkönkulutuksesta. Maakunnan sähköntuotannossa uusiutuvan energian osuus on 20 % (Suomi 21 %). Kanta-Hämeen rakennuksista kaukolämmön piirissä on 40 %, kun koko Suomessa vastaava osuus on 43 %. Öljylämmitys on 17 % rakennuksista (Suomi 22 %) ja suora sähkölämmitys 23 % asunnoista (Suomi 22 %).

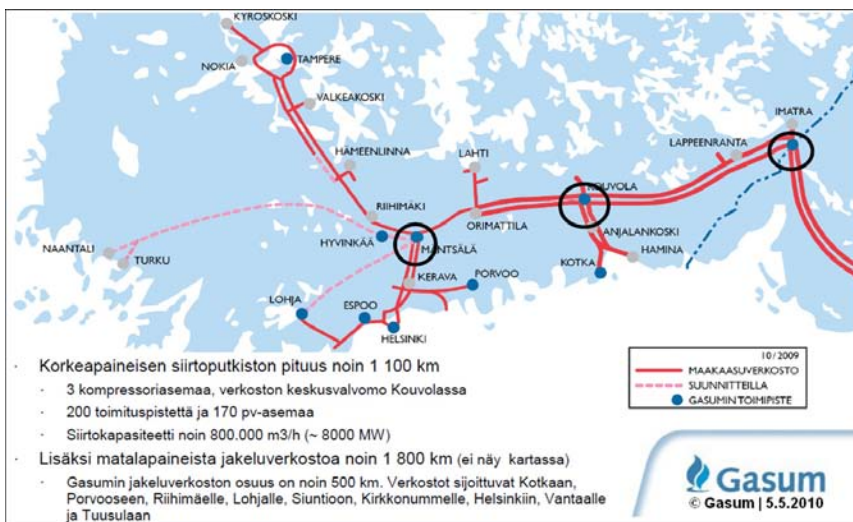
Kanta-Hämeessä kuntien energiatehokkuussopimukseen on liittynyt vain Riihimäen kaupunki sekä Jokioisten kunta. (Motivan www-sivut 2011) Koh-ti hiilineutraalia kuntaa hankkeessa (HINKU) ovat mukana vain Padasjoki

sekä Asikkala Päijät-Hämeestä, mutta myös Lahden kaupunki on liittymässä mukaan hankkeeseen. Hankkeessa ei ole mukana Kanta-Hämeen kuntia.

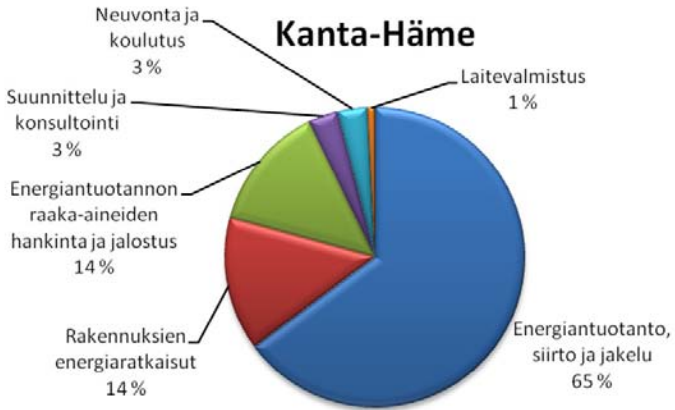
Kanta-Hämeen elinkeinorakenteesta voidaan todeta, että tärkeitä toimialoja ovat metalliteollisuus, osaamis- ja koulutuspalvelut, elintarviketeollisuus, taide- ja kulttuuriteollisuus, matkailu sekä mekaaninen puuteollisuus (Hämeen ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön strategia 2004). Kanta-Hämeessä kartoitettiin yhteensä 125 organisaatiota ja yritystä, joiden toiminta liittyy energiatoimialaan (kuva 10). Yrityksistä suurimman osan toiminta liittyy energiantuotantoon, siirtoon ja jakeluun sekä energiantuotannon raaka-aineiden hankintaan ja jalostukseen.

Kanta-Hämeessä Forssan seutukunta on lähtenyt voimakkaasti kehittämään ympäristöalan toimintaa, jolla on myös vahvat sidokset energia-alaan. Ympäristöalan yrityksiensä ja julkisten organisaatioiden muodostama yhteisö En- vitech on monipuolinen ympäristöosaamisen keskittymä. Toiminnan yhteisenä nimenä on ”Järkivihreä Forssan seutu” ja sen tavoitteena on erilaisten materiaalivirtojen tehokas hyödyntäminen siten, että toiminta on kannattavaa sekä ympäristön että talouden lähtökohdista. Toiminnan ansioista uusiutuvien energialähteiden käyttö on lisääntynyt Forssan seudulla (Järkivihreä Forssan seutu www-sivut 2011)

Riihimäen kaupunki on liittynyt kuntien energiatehokkuussopimukseen ja lisäksi Riihimäki on jo vuodesta 1994 ollut mukana eurooppalaisessa kestävä kehityksen kaupunki -kampanjassa. Riihimäen kaupungin ympäristönsuojeluyksikön hallinnoimassa energiatehokkuusprojektissa vuonna 2002 valmistui esiselvitys energiatehokkuuden lisäämistöistä ja uusiutuvien energialähteiden käytöstä Hämeessä. Riihimäen seutukunnassa vahva ominaispiirre energiantuotannon näkökulmasta on jätteiden hyödyntäminen energialähteenä Ekovoima Oy:n toimesta. (Riihimäen kaupungin www-sivut 2011)



Kuva 9. Maakaasuverkko Suomessa (Gasum Oy 2010)



Kuva 10. Kanta-Hämeen energiatoimialaan liittyvien yritysten ja organisaatioiden määrä maakunnassa on yhteensä 125 toimijaa Energiatoimialakartoituksen mukaan.

6 Kanta-Hämeen energiantuotanto ja -käyttö vuonna 2008

Tässä osiossa on esitelty Kanta-Hämeen maakunnan energiantuotantoa ja käyttöä vuonna 2008 pohjautuen Ekokumppanit Oy:n ja HAMKIn laatimaan raporttiin ”Kanta- ja Päijät-Hämeen energiantuotannon ja -käytön ta-seeet vuonna 2008”. Energiataseet tarjoavat tausta-aineistoa pohdinnoille, miten maakunnallisilla päätöksillä ja toimenpiteillä voidaan vaikuttaa energian- tuotannon rakenteeseen ja sen ohjaamiseen kestävämpään suuntaan.

6.1 Määritelmät, tiedot ja rajaukset

Energiatase koostuu vuoden 2008 aikana maakuntaan tulleista ja maakun- nasta poistuneista energiavirroista. Energiatase koostuu primäärienergiäläh- teistä, joilla tuotetaan sähköä ja lämpöä maakunnan tarpeisiin sekä tieliik- kenteen polttoaineiden sisältämästä primäärienergiasta. Mikään energian- tuotanto ja -siirtotapa ei ole häviötöntä, vaan tuotannossa jää aina hyödyntä- mättä osa energialähteiden energiasisällöstä. Kulutussektorien hyödyksi saa- ma hyötyenergia on pienempi kuin energiamuotojen tuotannossa käytetty- jen energialähteiden energiasisältöä kuvaava primääri-energia. Häviöt laske- taan energiamuodon tuottamiseen käytetyn energialähteiden primääriener- gija-määrän ja loppukuluttajien hyödyksi saaman hyötyenergian erotuksena. Häviöt muodostuvat tuotantoprosessissa ja siirrossa kuluneesta ja hyödyntä- mättä jääneestä primäärienergian osasta.

Hyödynnettäviä primäärienergianlähteitä ovat fossiiliset polttoaineet, uusiutu- vat energialähteet, tieliikenteen polttoaineet ja lisäksi osa sähkön loppuku- lutuksesta joudutaan kattamaan maakunnan ulkopuolelta hankittavalla säh- köllä, koska oma sähköntuotanto on alueen sähkönkulutusta pienempi. Pri- määrienergiamääräinen tuontisähkö on jaoteltu energiatasekuvaajissa lop- pu-kulutuksessa hyödyksi saatavaan sähkөөn ja sähkön tuottamisesta aiheu- tuviin häviöihin.

Kotitaloudet, teollisuus, palvelut, maatalous, työkoneet ja liikenne hyödyn- tävät energian-loppukuluttajina maakunnan sisällä eri energiamuodoiksi muuntuvia energialähteitä.

Energiatase auttaa kuvaamaan maakuntien energiankäytön nykytilaa ja olemassa olevia voimavaroja. Taseen avulla voidaan kohdentaa maakunnan energialinjauksia tehokkaammin ja arvioida toimenpiteiden vaikuttavuutta. Energiatase on päivitettävissä, joten sitä voi hyödyntää myös kehityksen seurannassa. Skenaariomaisempaa tasetulosten tulkintatapaa ja taselaskentaa hyödyntämällä energiataseesta kasvaa työkalu tulevien energiankäytön kehitysurien ennakointiin.

Kanta- ja Päijät-Hämeen energiataseiden laskennassa hyödynnettiin Kasvener-mallia. Se on Kuntaliiton maksuton laskentasovellus, jolla voidaan selvittää kunnan, seutukunnan tai maakunnan energiatase ja laskea energiankäytöstä, jätehuollosta sekä teollisuuden ja maatalouden tuotantotoiminnasta tarkasteluvuoden aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt.

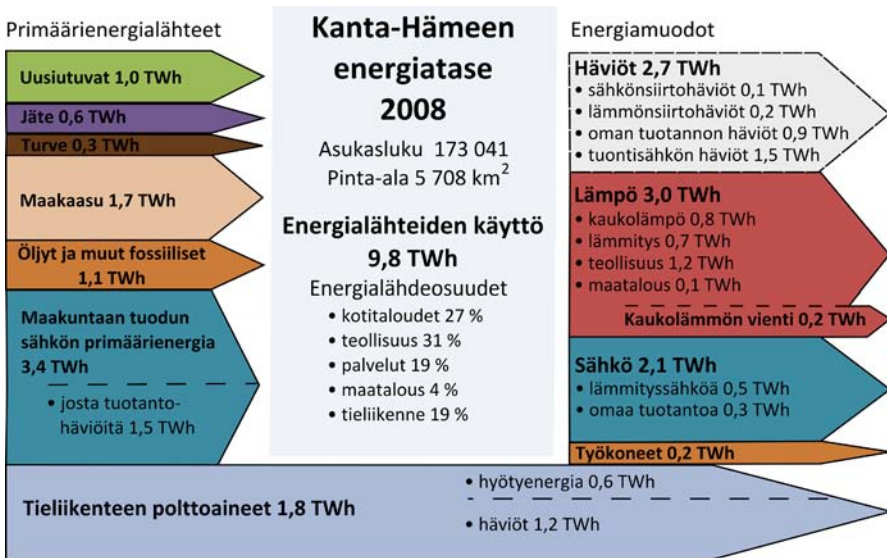
Laskenta on toteutettu maakuntatasolla ja sen vuoksi energiataseen tulosten avulla ei voi luotettavasti tehdä seutukuntia ja yksittäisiä kuntia koskevia johtopäätöksiä. Tarkasteluvuodeksi valittiin vuosi 2008, koska vuotta pidettiin tuoreimpana keskimääräistä maakunnallista energiankäyttöä kuvaavana vuotena, jossa ei vielä näy vahvasti vuoden 2008 loppupuolella alkanut taloudellinen taantuma.

Laskentaa varten kerättiin tietoja useista eri lähteistä. Tuotantolaitoskohtaiset tiedot perustuvat toimijakyselyihin, VAHTI-ympäristökuormitusjärjestelmän ja ympäristölupapäätösten tietoihin sekä kohdeyritysten julkistamiin aineistoihin. Kulutussektori- ja energiamuotokohtaisia tietoja kerättiin Tilastokeskuksen ja maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen tietokannoista, Energia-teollisuus ry:n sähkön ja kaukolämmön vuositilastoista, Öljyalan keskusliiton polttoöljyjen myyntitiedoista, VTT:n liikenteen pako kaasujen ja energiankulutuksen LIPASTO-laskentajärjestelmän tieliikenteen LIISA-mallin ja työkoneiden TYKO-mallin tuloksista sekä muista kansallisista selvityksistä.

6.2 Kanta-Hämeen energiantuotannon ja -käytön taseen tulokset

Kanta-Hämeessä käytettiin vuoden 2008 aikana primäärimääräisiä energia-lähteitä 9 840 GWh. Kanta-Hämeen energiataseen loppusumman virhemarginaali on ± 300 GWh energiataselaskelmien arvioidun virheprosentin ollessa 3 prosenttia. Kyseisenä vuonna Kanta-Hämeessä oli 173 041 asukasta, joten primäärienergiankäyttö asukasta kohden on 57 MWh/as. Koko Suomea koskeva vastaava luku on 74 MWh/as². Kanta-Hämeen vuoden 2008 energiatase on esitetty kuvassa 11.

² Energiatasekuvaajassa ja tekstissä käytetty yksi terawattitunti (TWh) energiaa vastaa tuhatta gigawattituntia (GWh) ja miljoonaa kilowattituntia (kWh).

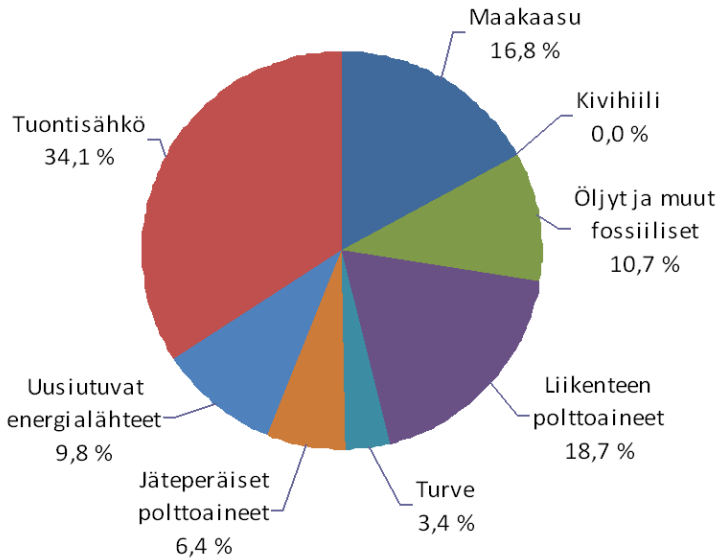


Kuva 11. Kanta-Hämeen vuoden 2008 energiantuotannon- ja käytön tase

Maakunnan sisällä tapahtuvaa primäärienergiälähteiden käyttöä on 6 480 GWh (66 %). Primäärienergiälähteiden käytöstä 3 360 GWh (34 %) tapahtuu maakunnan ulkopuolella, jossa tuotetaan sähköä Kanta-Hämeen tarpeisiin.

Kanta-Hämeen omassa tuotannossa käytettyjen uusiutuvien energialähteiden osuus maakunnan primäärienergiälähteistä on 10 % (970 GWh). Uusiutuvia energialähteitä maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön energialähteistä on Suomen sähköntuotantorakenteen mukaisesti 21 % (700 GWh). Yhteensä uusiutuvien energialähteiden osuus primäärienergian käytöstä Kanta-Hämeessä on 1 670 GWh (17 %).

Kuvassa 12 on esitetty Kanta-Hämeen primäärienergiälähteet vuonna 2008. Maakaasun osuus primäärienergiälähteistä on 17 % (1 660 GWh), öljyt ja muut fossiiliset polttoaineet muodostivat 11 % (1 050 GWh). Liikennepolttoaineiden eli bensiinin ja dieselöljyn osuus primäärienergiälähteistä on 19 % (1 840 GWh). Lisäksi maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön energialähteistä 21 % (690 GWh) on fossiilisia polttoaineita. Näin ollen fossiilisten polttoaineiden kokonaisosuus primäärienergiälähteistä on 53 % (5 240 GWh). Turpeen osuus primäärienergiälähteistä oli 3 % (340 GWh) ja jätteperäisillä polttoaineilla katettiin 6 % (630 GWh) alueen energianlähdetarpeesta.



Kuva 12. Kanta-Hämeen energialähteet primäärienergiana vuonna 2008

Maakunnan kotitalouksien, teollisuuden, palveluiden ja maatalouden **lämmönkulutus** oli yhteensä **2,8 TWh**. Lämmön tuottamiseen käytettiin 3,8 TWh primäärienergiaa, joka oli 39 prosenttia primääri-energian kokonaiskäytöstä. Kanta-Hämeen alueella hyödynnetystä lämmöstä oli teollisuuslämpöä 42 prosenttia, kaukolämpöä 30 prosenttia, kiinteistökohtaisten lämmitysjärjestelmien tuottamaa lämpöä 25 prosenttia ja maataloustuotantoon tarvittua lämpöä kolme prosenttia. Maakunnassa tuotetusta kaukolämpömäärästä myytiin viidennes maakunnan ulkopuolelle Hyvinkäälle.

Kanta-Hämeen **sähkönkulutus** oli yhteensä **2,1 TWh**. Kulutuksen tyydyttämiseksi tarvittiin yhteensä 4,0 TWh energialähteitä, joka vastaa 41 prosenttia Kanta-Hämeen primäärienergian kokonaiskäytöstä. Kanta-Hämeen oma sähköntuotanto pystyi kattamaan loppukulutuksesta 17 prosenttia ja loppu 83 prosentin osuus katettiin maakunnan ulkopuolella tuotetulla tuontisähköllä.³

Tieliikenteessä kului Kanta-Hämeen alueella bensiiniä ja dieselöljyä yhteensä **1,8 TWh**. Määrä vastasi 19 prosenttia maakunnan primäärienergian kokonaiskäytöstä. **Teollisuuden, maatalouden ja muiden sektorien työkoneiden 0,2 TWh:n** suuruinen suora polttoainekäyttö muodosti alle kaksi prosenttia Kanta-Hämeessä käytetystä primäärienergiämäärästä.

³ Vuonna 2008 Suomessa kulutettu sähkö tuotettiin 19 prosenttisesti vesi- ja tuulivoimalla, 25 prosenttisesti ydinvoimalla, 10 prosenttisesti lauhdevoimalla, 12 prosenttisesti teollisuuden yhteistuotannolla ja 18 prosenttisesti kaukolämmön yhteistuotannolla. Loppu 15 prosenttia muodostui sähkön ulkomaisesta nettotuonnista. (Tilastokeskus 2009)

Teollisuus käytti 31 prosenttia Kanta-Hämeen primäärienergiasta. Kotitalouksien osuus oli 27 prosenttia. Yksityiset ja julkiset palvelut käyttivät vajaan 19 prosentin edestä primäärienergiaa⁴. Maataloussektorin osuus oli neljä prosenttia. Loppu 19 prosenttia muodostui alueen tieliikenteen polttoaineista. Hyötyenergiämääräisesti tarkasteltuna sektorien kulutusosuudet olivat seuraavat: teollisuus 37 prosenttia, kotitaloudet 30 prosenttia, palvelut 19 prosenttia, maatalous kolme prosenttia ja tieliikenne 11 prosenttia.⁵

Energiantuotantoon ja lämmitykseen liittyneessä energialähteiden käytössä syntyi 2,7 TWh (28 %) häviöitä. Kanta-Hämeen omassa sähkön- ja lämmön-tuotannossa ja kiinteistöjen lämmityksessä syntyi 0,9 TWh:n verran häviöitä⁶. Maakuntaan tuodun sähkön tuottamiseen liittyvät häviöt olivat 1,5 TWh. Lisäksi sähkönsiirrossa syntyi 0,1 TWh häviöitä ja lämmönsiirrossa 0,2 TWh.

6.2.1 Energiantuotanto ja energialähteiden käyttö

Taulukko 1. Energialähteet Kanta-Hämeessä vuonna 2008⁷

Energiälähteet	Kanta-Häme	
	GWh primääri-energiasta	Osuus primääri-energiasta
Maakaasu	1 656	16,8 %
Kivihiili	0	0,0 %
Öljyt ja muut fossiiliset	1 051	10,7 %
Liikenteen polttoaineet	1 840	18,7 %
Turve	336	3,4 %
Jäteperäiset polttoaineet	629	6,4 %
Uusiutuvat energialähteet	968	9,8 %
Tuontisähkö	3 359	34,1 %
Yhteensä	9 838	100,0 %

Taulukossa 1 on esitetty Kanta-Hämeen energialähteet vuonna 2008. Maakaasulla on tärkeä rooli Kanta-Hämeen energiahuollossa. Kantahämäläinen teollisuus kulutti yli puolet maakaasusta. Sillä katettiinkin 2/3 teollisuuslaitosten lämmitys- ja prosessilämmön tarpeesta vuonna 2008. Maakaasun teollisuuskäyttö keskittyi erityisesti hämeenlinalaisiin ja janakkalalaisiin suuryrityksiin. Kauko-lämmön tuotannossa kului 30 prosenttia maakaasusta. Kaasumäärällä tuotettiin noin kolmannes kantahämäläisestä kaukolämmöstä.

⁴ Yksityisistä ja julkisista palveluista muodostuvan sektorin osuudessa on tässä luvussa lisätty sektoreittain erittelemättömiksi jääneiden työkonien puolen prosentin primäärienergiaosuus.

⁵ Tieliikenteen primääri- ja hyötyenergiaosuuksien välinen ero johtuu taselaskennan oletuksesta, jonka mukaan ajoneuvojen ja työkonien hyötysuhde on keskimäärin 35 prosenttia.

⁶ Sähkön ja lämmöntuotannon häviöt sisältävät jonkin verran energiantuotantolaitosten omakäyttöä ja energia-taselaskentaan liittyvistä epätarkkuuksista johtuvaa virhettä. Niiden osuus on arviolta 0,2 TWh.

⁷ Raportin lopusta löytyvästä liitetaulukosta 1 löytyy taulukkoa 1 tarkempi energialähte-erittely.

Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa hyödynnetystä maakaasusta käytettiin 14 prosenttia sähkön tuottamiseen. Loppu nelisen prosenttia maakaasusta kului erillisissä kiinteistöjen maakaasukattiloissa. Maakunnassa käytettyjen fossiilisten polttoaineiden kokonaisprimäärienergiämäärä oli 4,5 TWh, joka oli 46 prosenttia Kanta-Hämeessä vuonna 2008 käytetyistä energialähteistä. Lisäksi maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön energialähteistä 21 % (690 GWh) on fossiilisia polttoaineita. Näin ollen fossiilisten polttoaineiden kokonaisuus primäärienergiälähteistä on 53 % (5 240 GWh).

Turvetta käytettiin pääasiassa kaukolämpökattiloissa. Tämä vastasi noin 2/3 turpeen 0,3 TWh:n kokonaismäärästä. Erityispiirteen kantahämäläiseen energiahuoltoon tuovat Riihimäellä lämmön ja sähkön yhteistuotannossa käytetyt jättepohjaiset polttoaineet. Jättepolttoaineilla katettiin 28 prosenttia kaukolämmön tuotannon polttoainetarpeesta maakunnassa. Primäärienergian käytön kokonaismäärästä oli kuutisen prosenttia jättepohjaisia polttoaineita.

Uusiutuvat energialähteet muodostivat kymmenen prosenttia Kanta-Hämeessä vuonna 2008 käytetystä primäärienergiämäärästä. Tästä noin 1,0 TWh:n energiämäärästä oli yli 90 prosenttia suurelta osin kaukolämmön tuotannossa ja rakennusten kiinteistökohtaisessa lämmityksessä käytettyjä puupolttoaineita. Taulukossa 2 on esitetty eri energiamuotojen tuottamiseen käytetyt primäärienergiämäärät sekä saadut hyötyenergiämäärät.

Taulukko 2. Energiamuodot Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Energiamuodot	Kanta-Häme			
	GWh primääri- energiaa	Osuus hyöty- energiasta	GWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta
Kaukolämpö	1 489	15,1 %	1 036	17,7 %
<i>josta kaukolämmön vientiä</i>	278	2,8 %	203	3,5 %
Kiinteistöjen erillislämmitys	839	8,5 %	691	11,8 %
Sähkölämmitys ja lämpöpumput	955	9,7 %	521	8,9 %
Muu kuin lämmityssähkö	3 105	31,6 %	1 636	28,0 %
Maatalouden lämmöntuotanto	105	1,1 %	84	1,4 %
Teollisuuslämpö	1 336	13,6 %	1 166	20,0 %
Tieliikenne	1 840	18,7 %	644	11,0 %
Työkoneet	170	1,7 %	59	1,0 %
Yhteensä	9 838	100,0 %	5 837	100,0 %

6.2.2 Energiankäyttö

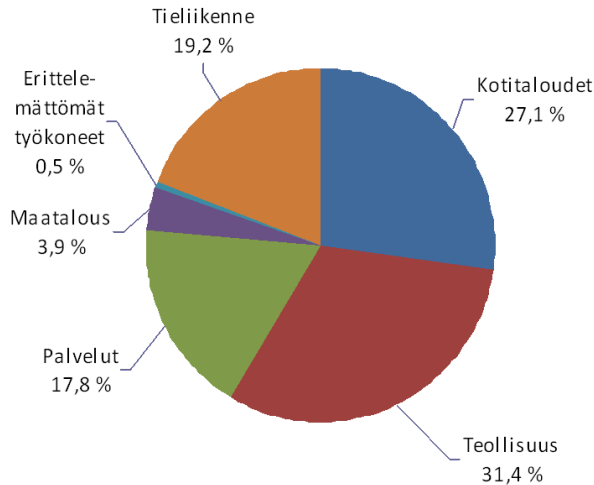
Taulukon 3 mukaisesti kantahämäläisten kotitalouksien tarpeisiin kului 2,6 TWh primäärienergiaa. Määrä vastasi 28 prosenttia maakunnan yhteenlasketusta energiankäytöstä. Yli 30 prosenttia kotitalouksien primäärienergiämäärästä tarvittiin lämmitykseen käytetyn sähkön tuotantoon⁸. Reilu neljännes liittyi kiinteistöjen erillislämmitykseen puulla, öljyllä tai maakaasulla. Kaukolämmön osuus oli reilu viidennes, kun taas muuhun kuin lämmi-

tykseen kulutetun sähkön osuus kotitaloussektorin energiankäytöstä oli vajaa viidennes. Hyödyksi saatuna lämpönä ja sähkönä tarkasteltuna kotitaloussektori kulutti energiaa 1,7 TWh.

Taulukko 3. Energialähteiden käyttö Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Energian käyttäjät	Kanta-Häme			
	GWh primääri-energiaa*	Osuus hyöty-energiasta	GWh hyöty-energiaa*	Osuus hyöty-energiasta
Kotitaloudet	2 595	27,1 %	1 676	29,7 %
Teollisuus	3 005	31,4 %	2 079	36,9 %
Palvelut	1 703	17,8 %	1 027	18,2 %
Maatalous	369	3,9 %	192	3,4 %
Erittelemättömät työkonet	47	0,5 %	16	0,3 %
Tieliikenne	1 840	19,2 %	644	11,4 %
Yhteensä	9 560	100,0 %	5 634	100,0 %

* Tarkasteluista on vähennetty Hyvinkäälle myydyn kaukolämmön osuudet.



Kuva 13. Kanta-Hämeen loppukulutussektorit primäärienergiana vuonna 2008

Teollisuus ja siihen sisältyvä rakentaminen käyttivät 31 prosenttia primäärimääräisistä energianlähteistä vuonna 2008. Teollisuudelle tuotettiin 2,1 TWh:n edestä lämpöä ja sähköä käyttämällä 3,0 TWh primäärienergiaa. Primäärienergiasta käytettiin 44 prosenttia prosessien ja teollisuusrakennusten tarvitseman teollisuuslämmön tuotantoon. Sähkön primäärienergiaosuus oli 48 prosenttia. Teollisuuden kuluttaman kaukolämmön tuotantoon kului kuutisen prosenttia sektorin primäärienergian käytöstä. Loppu vajaa kaksi prosenttia oli teollisuuteen ja rakentamiseen liittyvien työkonien arvioitua polttoainekäyttöä.

⁸ Sähkölämmitys sisältää suoran sähkölämmityksen ja maalämpöpumppusähkön. Tuli- ja lämmitysmuotona hyödynnettävät ilmalämpöpumput sisältyvät energiatarkastelussa muuhun kuin lämmitykseen käytettyyn sähkөөn. Ilmalämpöpumpuilla on alle prosentin osuus muusta sähkönkulutuksesta.

Palvelusektori kulutti Kanta-Hämeen energialähteistä 18 prosenttia. Yli puolet palvelujen 1,7 TWh:n primäärienergiasta kului yksityisten palvelujen tuottamiseen. Kunnissa käytettiin energiasta kolmannes ja loppuosa oli muun julkisen sektorin kulutusta. Kokonaisuudessaan sektorin energiankäytöstä liittyi reilut 60 prosenttia sektorilla kulutetun sähkön tuottamiseen. Kaukolämmöllä oli viidenneksen osuus ja loppu kymmenisen prosenttia palvelujen energiankäytöstä liittyi palvelu-rakennusten erillislämmitykseen.

Kanta-Häme on varsin maatalousvaltainen maakunta. Maataloustuotantoon liittynyt lämmön-tuotanto ja sektorin työkoneet käyttivät vuonna 2008 arviolta 0,4 TWh primäärienergiaa. Kuvan 13 mukaisesti määrä oli nelisen prosenttia maakunnan kokonaisenergiämäärästä. Primäärienergiämäärällä tuotettiin yhteensä 0,2 TWh hyötyenergiaa maatalouden tarpeisiin. Sektorin energiankäyttö jakaantui karkeasti siten, että viidennes meni työkoneille, yli puolet sähkölle ja neljännos maatalouden tuotantorakennusten kiinteistökohtaiseen erillislämmitykseen.

Kanta-Hämeen alueen tieliikenteen primäärienergiaosuus oli 19 prosenttia. Ajoneuvojen polttoaine-käyttö jakautui siten, että 40 prosenttia oli bensiiniä ja 60 prosenttia dieselöljyä. Taulukon 3 ja kuvion 13 Erittelemättömät työkoneet -ryhmä sisältää muut kuin teollisuuden, rakentamisen ja maatalouden työkoneet. Niiden kuluttamasta 0,05 TWh:n polttoainemäärästä oli 2/3 kevyttä polttoöljyä ja 1/3 bensiiniä ja dieselöljyä. Erittelemättömien työkoneiden polttoaineet muodostivat puolisen prosenttia Kanta-Hämeessä käytetyistä primäärienergiälähteistä. Jos tarkasteluun otetaan kaikki alueen työkoneet, kuten taulukossa 2 on tehty, työkoneisiin kulunut vajaan 0,2 TWh:n energiamäärä oli pari prosenttia Kanta-Hämeen maakunnan energiankäytöstä vuonna 2008.

6.2.3 Sähkön tuotanto ja käyttö

Vuonna 2008 Kanta-Hämeessä kulutettiin 2 120 GWh sähköä eli noin 12 MWh asukasta kohti. Taulukossa 4 on esitetty Kanta-Hämeen sähkönhankinta. Paikalliset voimalaitokset tuottivat 350 GWh sähköä 660 GWh:n primäärienergiämäärästä. Oma tuotanto kattoi sähkönkulutuksesta 17 prosenttia. Kulutuksen ja alueen oman tuotannon välinen reilun 1 700 GWh:n suuruinen vaje katettiin maassamme vuonna 2008 valtakunnan verkosta tuodulla sähköllä. Sen tuottamiseen käytettiin valtakunnallisen tuotantojakauman mukaan 3 360 TWh:n edestä energialähteitä. Sähkön-tuotannon primäärienergian käyttö oli yhteensä 4 020 GWh, joka vastasi 41 prosenttia Kanta-Hämeen primäärienergian kulutuksesta.

Taulukko 4. Kanta-Hämeen sähkönhankinta vuonna 2008

Sähkönhankinta	Kanta-Häme			
	GWh primääri- energiaa	Osuus energia- lähteistä	GWh sähkön- tuotantoa	Osuus sähkön- tuotannosta
Kaukolämpövoimalaitokset	562	84,7 %	287	81,8 %
Kaukolämpö- ja prosessi- voimalaitokset	61	9,2 %	48	13,7 %
Prosessivoimalaitokset	36	5,5 %	12	3,5 %
Vesi- ja tuulivoimalaitokset	3	0,5 %	3	0,9 %
Muut voimalaitokset	1	0,2 %	0	0,1 %
Paikallinen tuotanto	664	16,5 %	350	15,7 %
Maakuntaan tuotu sähkö	3 359	83,5 %	1 876	84,3 %
Sähkönhankinta	4 022	100,0 %	2 226	100,0 %
	Tuotanto- ja siirtohäviöt		Siirtohäviöt	
Häviöt	1 902	47,3 %	106	4,8 %
Hyötyenergia	2 120	52,7 %	2 120	95,2 %

Kanta-Hämeen oma sähköntuotanto perustuu sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksiin. Muiden sähköntuotantolaitostyyppien merkitys jäi maakunnassa suhteellisen pieneksi. Vuonna 2008 kauko-lämpövoimalaitosten osuus sähköntuotannon energiankäytöstä oli 85 prosenttia. Teollisuuden prosessi-voimalaitokset ja sähköä, kaukolämpöä sekä prosessihöyryä tuottavat kauko-lämpö- ja prosessivoimalaitokset vastasivat noin kymmenesosasta maakunnan primäärienergiämääräisestä sähköntuotannosta. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto keskittyi Kanta-Hämeessä Forssaan, Hämeenlinnaan, Janakkalaan ja Riihimäelle.

Taulukko 5. Kanta-Hämeen sähköntuotannon energialähteet vuonna 2008

Paikallisen sähköntuotannon energiälähteet	Kanta-Häme			
	GWh primääri- energiaa	Osuus energia- lähteistä	GWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta
Maakaasu	224	33,8 %	131	37,5 %
Muut fossiiliset	9	1,3 %	4	1,2 %
Puuperäiset polttoaineet	122	18,4 %	55	15,7 %
Muut biopolttoaineet	9	1,4 %	6	1,6 %
Vesi- ja tuulivoima	3	0,5 %	3	0,9 %
Muut polttoaineet*	296	44,7 %	151	43,2 %
Yhteensä	664	100,0 %	350	100,0 %

* Muut polttoaineet sisältävät turpeen ja jäteperäiset polttoaineet.

Vajaa puolet Kanta-Hämeen sähköntuotannossa hyödynnetyistä energialähteistä oli turpeesta ja jäteperäisistä polttoaineista muodostuvia taulukon 5 muita polttoaineita. Fossiilisten polttoaineiden osalta maakaasun osuus oli 34 prosenttia ja muiden fossiilisten, lähinnä polttoöljyjen, osuuden jäädessä reiluun prosenttiin. Uusituville energialähteillä oli viidenneksen osuus sähköntuotannon primäärienergiälähteistä vuonna 2008. Uusiutuvasta energi-

asta oli 91 prosenttia puuperäisiä polttoaineita ja seitsemän prosenttia lähinä ruokohelvestä ja biokaasusta koostuvia muita bio-polttoaineita. Loput kaksi prosenttia sähköntuotannon uusiutuvista energialähteistä oli vesivoimaa.

Taulukko 6. Sähkönkulutus Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Sähkönkulutus	Kanta-Häme			
	GWh primääri- energiaa	Osuus energia- lähteistä	GWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta
Kotitaloudet	1 304	32,4 %	687	32,4 %
Teollisuus	1 446	36,0 %	762	36,0 %
Palvelut	1 084	26,9 %	571	26,9 %
Maatalous	188	4,7 %	99	4,7 %
Yhteensä	4 022	100,0 %	2 120	100,0 %

Taulukossa 6 on esitelty sähkönkulutuksen sektorijakauma Kanta-Hämeessä vuonna 2008 sekä primääri- että hyötyenergiamääräisenä. Suurimmat kuluttajaryhmät olivat teollisuus (36 %) ja kotitaloudet (32 %). Yksityiset ja julkiset palvelut käyttivät 27 prosenttia sähköstä ja maataloussektorilla kului viisi prosenttia sähköstä. Sähkön loppukäytöstä meni 24 prosenttia sähkö-lämmityksen ja maalämpöpumppujen käyttöön⁹.

Kanta-Hämeen alueen sähkönkäyttöön liittyi taulukon 4 mukaisesti 1,9 TWh:n verran tuotanto- ja siirtohäviöitä. Niistä 15 prosenttia eli 0,3 TWh syntyi paikallisessa sähköntuotannossa. Tuontisähkö-osuuden häviöiden kokonaismäärä oli yli 1,5 TWh. Sähkön siirrossa häviöitä syntyi 0,1 TWh. Siirtohäviöt olivat vajaa viisi prosenttia sähkön kokonaishäviöistä.

6.2.4 Lämmön tuotanto ja käyttö

Lämmön tuottamiseen käytettiin Kanta-Hämeessä vuonna 2008 yhteensä 3,8 TWh primäärienergiaa. Määrä oli 39 prosenttia maakunnassa käytetystä primäärienergiasta. Lämmöntuotannon polttoaineista 21 % oli uusiutuvia energialähteitä, 62 % fossiilisia polttoaineita sekä lisäksi turvetta ja jäteperäisiä polttoaineita (taulukko 7). Lämpöä tuotettiin yhteensä 3,3 TWh kotitalouksien, teollisuuden, palvelujen ja maatalouden tarpeisiin, josta 0,2 TWh vietiin kaukolämpönä maakunnan rajojen ulkopuolelle Hyvinkäälle. Maakunnan lämmönhankinnan primääri- ja hyötyenergian välinen yhden terawattitunnin ero kuvaa lämmöntuotannossa ja siirrossa syntyviä häviöitä.

⁹ Muuhun lämmitykseen käytettyyn sähkөөn sisältyvät ilmalämpöpumput kuluttivat muusta sähköstä 0,7 prosenttia. Niiden osuus sähkön kokonaiskulutuksesta oli 0,5 prosenttia.

Taulukko 7. Lämmön energialähteet Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Lämmöntuotannon polttoaineet	Kanta-Häme	
	GWh primääri- energiaa	GWh primääri- energiaa
Maakaasu	1 432	37,6 %
Kivihiili	0	0,0 %
Öljyt ja muut fossiiliset	912	24,0 %
Turve	247	6,5 %
Jäteperäiset polttoaineet	421	11,1 %
Uusiutuvat energialähteet	794	20,9 %
Yhteensä	3 806	100,0 %

Taulukko 8. Kanta-Hämeen lämmönhankinta vuonna 2008

Lämmönhankinta	Kanta-Häme			
	GWh primääri- energiaa	Osuus energia- lähteistä	GWh tuotettu lämpöä	Osuus tuotetusta lämmöstä
Kaukolämpölaitokset	323	8,5 %	283	8,5 %
Kaukolämpövoimalaitokset	1 144	30,0 %	1 029	31,1 %
Teollisuuslämpölaitokset	912	24,0 %	774	23,4 %
Kaukolämpö- ja prosessi- voimalaitokset	365	9,6 %	336	10,1 %
Prosessivoimalaitokset	81	2,1 %	77	2,3 %
Kiinteistöjen erillislämmitys	839	22,0 %	691	20,9 %
Maatalouden lämmöntuotanto	105	2,7 %	84	2,5 %
Lämpöpumppujen lämpö	38	1,0 %	38	1,1 %
Lämmönhankinta	3 806	100,0 %	3 310	100,0 %
Kaukolämmön vienti	278	7,3 %	203	6,1 %
Maakunnan lämmönhankinta	3 528	92,7 %	3 108	93,9 %
Häviöt	Tuotanto- ja siirtohäviöt		Siirto- ym. häviöt*	
	717	20,3 %	297	9,5 %
Hyötyenergia	2 811	79,7 %	2 811	90,5 %

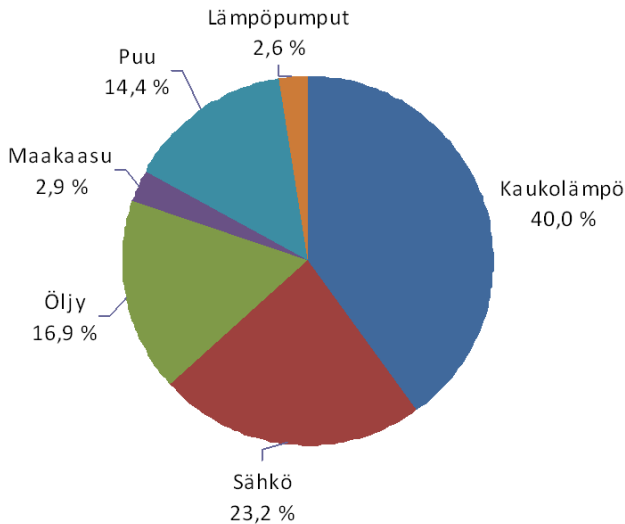
Taulukossa 8 on esitetty Kanta-Hämeen lämmönhankinta. Kanta-Hämeen lämmöntuotannon polttoaineista käytettiin 39 prosenttia kaukolämpöön, 35 prosenttia teollisuuslämpöön ja 22 prosenttia kiinteistökohtaiseen erillislämmitykseen. Lisäksi kahden prosentin verran primäärienergiasta käytettiin maataloustuotannon lämmöntarpeen kattamiseen. Prosentin osuuden muodostivat maa- ja ilmalämpöpumpuilla maasta ja ilmasta saatu hyötyenergiämäärä¹⁰.

10 Maa- ja ilmalämpöpumppujen tarvitsema sähkö huomioidaan sähkötarkastelujen yhteydessä.

Teollisuuslämmön tuotannon energialähteistä 3/4 käytettiin teollisuuden lämpölaitoksissa ja loppu neljäsnes hyödynnettiin prosessi- ja kaukolämpövoimalaitoksissa. Maakaasulla katettiin noin 70 prosenttia teollisuuden lämmöntarpeesta. Öljyjen ja muiden fossiilisten polttoaineiden osuus oli 13 prosenttia, teollisuuden jätelämmön kymmenen prosenttia ja turpeen kaksi prosenttia. Loput viitisen prosenttia olivat uusiutuvia energialähteitä.

Forssan, Hämeenlinnan ja Riihimäen kaukolämpövoimalaitosten polttoainekäyttö muodosti 73 prosenttia Kanta-Hämeen kaukolämmön tuotannosta vuonna 2008. Teollisuuden lämmön-tuotannon yhteydessä tuotettiin kaksi prosenttia kaukolämmön tuotannosta ja loppu reilut 24 prosenttia tuotettiin yhdyskuntien kaukolämpölaitoksissa. Kaukolämmön tuotantoon käytetyistä 1,4 TWh:n primäärienergiämäärästä kului 0,3 TWh tarkastelumaakunnan ulkopuolelle myydyin kauko-lämmön tuottamiseen.

Kiinteistöjen erillislämmitykseen käytettiin 0,8 TWh energialähteitä. Energiämäärällä tuotettiin yhteensä 0,7 TWh lämpöä asuin-, palvelu- ja vapaa-ajan asumiseen. Erillislämmityksen primäärienergiasta käytettiin öljylämmitteisissä rakennuksissa 47 prosenttia. Puulämmitteisten talojen osuus oli 46 prosenttia, kun taas maakaasua käyttävien talojen kulutusosuus jäi seitsemään prosenttiin. Puun pienkäyttöä kasvattaa puulämmitteisten tulisijojen tukilämmitys-käyttö, joka lisää tasetarkastelussa polttopuun käyttöä samalla kun takkojen ja uunien käyttö supistaa muiden päälämmönlähteenä käytettyjen energialähteiden kulutusta.

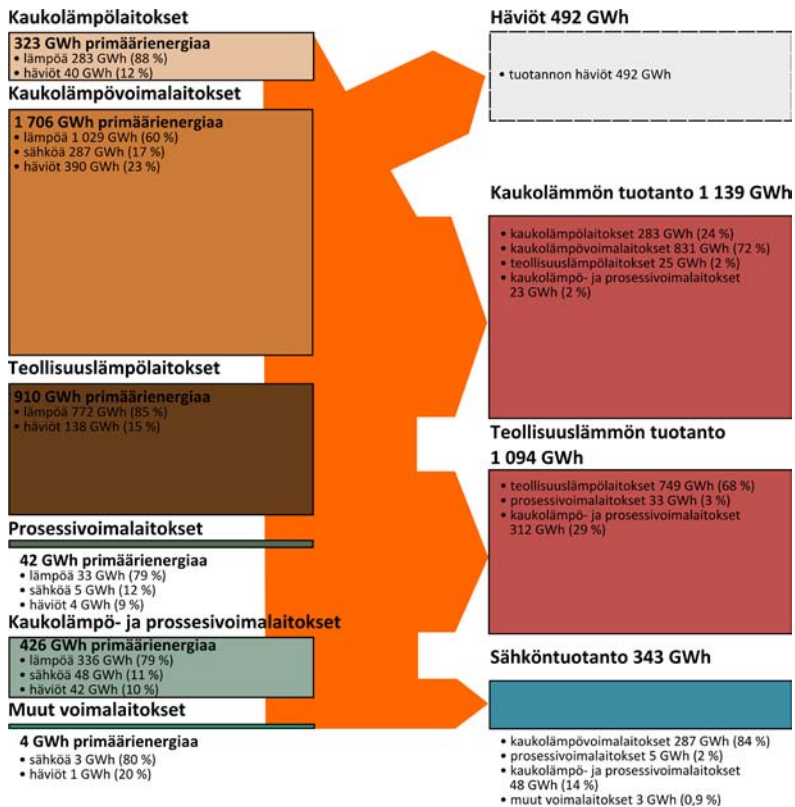


Kuva 14. Eri lämmönlähteiden osuudet muiden kuin teollisuusrakennusten lämmityksestä Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Vuonna 2008 rakennusten (ei sisällä teollisuusrakennuksia) 2,0 TWh:n lämmöntarpeesta katettiin 40 prosenttia kaukolämmöllä (kuva 14). Suoran sähkölämmityksen osuus oli 23 prosenttia. Kiinteistökohtaisella erillislämmityksellä katettiin 34 prosenttia lämmönkulutuksesta. Maa- ja ilmalämpöpumpuilla oli kolmen prosentin kulutusosuus. Liitteessä 1 liitetaulukossa 2 on esitetty lämmitystapojen kuluttamat energiamäärät.

Energiataselaskelmien mukaan Kanta-Hämeen lämmöntuotannossa ja -siirrossa syntyi arviolta yhden terawattitunnin verran häviöitä (taulukko 8). Tästä määrästä 57 prosenttia liittyi kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon, 24 prosenttia teollisuuslämmön tuotantoon, 18 prosenttia kiinteistö-kohtaiseen lämmitykseen ja yhden prosentin verran maatalouteen liittyvään lämmöntuotantoon. Kaukolämmön siirtohäviöiden suuruus on arviolta vajaa 0,2 TWh.

6.2.5 Paikallisen sähkön- ja lämmöntuotannon tase



Kuva 15. Paikallisen sähkön- ja lämmöntuotannon tase Kanta-Hämeessä vuonna 2008 ¹¹

11 Taseen laskentamallin epätarkkuuksien takia jotkin kuvion energiamääristä voivat erota energiataseraportin taulukoissa esitetyistä määristä. Häviöihin saattaa sisältyä jonkin verran laitosten omakäyttöön ja prosesseihin kulunutta lämpöä ja sähköä. Erot ovat kokonaistarkastelun kannalta merkityksettömiä.

Kuvassa 15 on esitetty Kanta-Hämeen paikallinen sähkön- ja lämmöntuotannon rakenne. Kuvan vasemmassa laidassa on esitetty Kanta-Hämeessä sijaitsevat lämpöä ja sähköä tuottavat eri laitostyyppit sekä niiden primäärienergiämääräinen energialähteiden kulutus vuonna 2008 sekä energiantuotantolaitostyyppien lämmön- ja sähköntuotannon määrät sekä tuotantoon liittyvät häviöt. Kuvion oikealla puolella on kuvattu kantahämäläisten energiantuotantolaitosten kaukolämmön, teollisuuslämmön ja sähkön kokonaistuotantomäärät ja tuotannon kokonaishäviöt. Oikeanpuoleisten nelikulmioiden sisällä on esitetty maakunnan erityyppisten energiantuotantolaitosten osuudet tuotetun kaukolämmön, teollisuuslämmön ja sähkön määristä. Lämmön ja sähkön yhteistuotanto parantaa kokonaishyötysuhdetta ja pienentää tuotannon häviöitä, jotka ovat taselaskelmien mukaan 18 prosenttia käytetyistä energialähteistä.

6.2.6 Uusiutuvat energialähteet

Kanta-Hämeessä käytettiin vuoden 2008 aikana yhden terawattitunnin edestä uusiutuvia energia-lähteitä, joka on 15 prosenttia maakunnan omassa energiantuotannossa käytetyistä energialähteistä. Huomioitaessa tuontisähkön tuotannossa käytetyt uusiutuvat energialähteet saadaan primäärienergian käytön uusiutuvien osuudeksi 17 prosenttia.

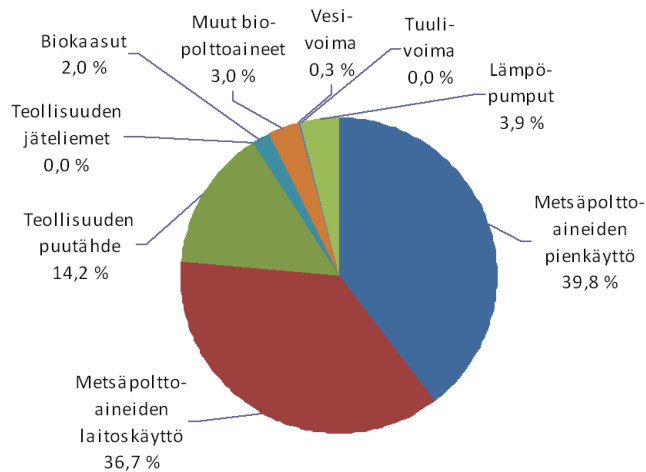
Taulukko 9. Uusiutuvat energialähteet Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Paikallisesti käytetyt uusiutuvat energialähteet	Kanta-Häme	
	GWh primääri-energiaa	Osuus primääri-energiasta
Metsäpolttoaineiden pienkäyttö	385	39.8 %
Metsäpolttoaineiden laitoskäyttö	356	36.7 %
Teollisuuden puutähdde	137	14.2 %
Jäteliemet	0	0.0 %
Biokaasut	20	2.0 %
Muut biopolttoaineet	29	3.0 %
Vesivoima	3	0.3 %
Tuulivoima	0	0.0 %
Lämpöpumput	38	3.9 %
Yhteensä	968	100.0 %

Taulukossa 9 ja kuvassa 16 on esitetty uusiutuvien energialähteiden käyttömäärät. Kanta-Hämeessä käytetyistä uusiutuvista energialähteistä 40 % oli metsäpolttoaineiden pienkäyttöä, 37 % metsä-polttoaineiden laitospolttoa. Metsäpolttoaineiden pienkäyttö on kiinteistöjen pää- ja tukilämmitystä polttopuilla¹². Teollisuuden puutähteiksi tulkittavia puupolttoaineita käytettiin reilun 0,1 TWh:n verran pääosin teollisuuden voimalaitoksissa. Kun laskeetaan yhteen kaikki puupohjaiset polttoaineet, niiden osuus käytetyistä uusiutuvista energialähteistä on 91 %. Vuonna 2008 Kanta-Hämeen kauko-lämmöstä tuotettiin 15 prosenttia metsäpolttoaineilla. Valtaosa poltettiin hakkeena Forssan ja Hämeenlinnan kaukolämpövoimalaitoksissa.

12 Arviolaskelmat metsäpolttoaineiden pienkäytöstä perustuvat Tilastokeskuksen rakennustilastoihin

Jätevedenpuhdistuksen ja jätteidenkäsittelyn yhteydessä kerättyä biokaasua käytettiin laitosten oman käytön lisäksi teollisuusprosesseissa ja kaukolämmön tuotannossa. Biokaasulla ja lähinnä ruokohelvestä muodostuvilla muilla biopolttoaineilla oli viiden prosentin kokonaisuus uusiutuvien energialähteiden primäärienergiämääräisestä käytöstä. Tuuli- ja vesivoimalla oli vähäinen rooli Kanta-Hämeen sähköntuotannossa.



Kuva 16. Kanta-Hämeen uusiutuvat energialähteet primäärienergiانا vuonna 2008

Energiataseisiin on sisällytetty myös maa- ja ilmalämpöpumpuilla tuotettu hyötylämpö. Kanta-Hämeessä lämpöpumput tuottivat 0,04 TWh energiaa ja ne muodostivat neljä prosenttia uusiutuvista energialähteistä. Lämpöpumpuihin sisältyy epävarmuuksia, sillä niiden osalta energiataselaskelmat perustuvat tilastopohjaisiin arvioihin.

Taulukko 10. Uusiutuvien energialähteiden käyttö Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Uusiutuvien energialähteiden käyttö	Kanta-Häme			
	GWh käytettyä primäärienergiaa yhteensä	GWh käytettyä uusiutuvaa primäärienergiaa	Uusiutuva energia Osuus kokonaisprimäärienergiasta	Osuus uusiutuvista energialähteistä
Kaukolämmön tuotanto	1 489	248	16,7 %	25,6 %
Kiinteistöjen erillislämmitys	839	385	45,8 %	39,8 %
Lämpöpumput*	38	38	100,0 %	3,9 %
Maakunnan sähkön tuotanto	664	134	20,2 %	13,9 %
Teollisuuslämmöntuotanto	1 336	114	8,6 %	11,8 %
Maatalouden lämmöntuotanto	105	48	46,2 %	5,0 %
Tieliikenne	1 840	0	0,0 %	0,0 %
Työkoneet	170	0	0,0 %	0,0 %
Yhteensä	6 480	968	14,9 %	100,0 %
Tuontisähkö	3 359	705	21,0 %	
Yhteensä	9 838	1 673	17,0 %	

* Sisältää ainoastaan lämpöpumpujen tuottaman ilmaislämmön.

Taulukossa 10 on esitetty uusiutuvien energialähteiden käyttöä erilaisissa käyttökohteissa. Kanta-Hämeen uusiutuvista energialähteistä oli 40 prosenttia tulisijoissa ja muissa rakennusten kiinteistökohtaisissa lämmitysjärjestelmissä pää- tai tukilämmön lähteenä käytettyä puupolttoainetta. Uusiutuvien kokonaisuudesta käytettiin kaukolämmön tuotannossa 26 prosenttia. Paikalliseen sähköntuotantoon kului 14 prosenttia uusiutuvista energialähteistä, teollisuuden tarvitsemaan lämmöntuotantoon 12 prosenttia ja maataloustuotantoon viisi prosenttia. Maa- ja ilmalämpöpumppujen tuottaman lämmön osuus maakunnan uusiutuvista energialähteistä oli neljä prosenttia.

Taulukon 10 jaottelutavan vuoksi uusiutuvien energialähteiden merkitys kiinteistöjen erillislämmityksessä näyttäytyy suurena, sillä erillislämmitys ei sisällä sähkölämmitystä. Tarkasteltaessa asuin-, palvelu- ja vapaa-ajan rakennusten erillis-, kauko- ja sähkölämmitystä siten, että mukana lasketaan lämmitys- ja lämpöpumppusähkön tuotannossa tarvittavat energialähteet, uusiutuvien osuus supistuu alle kolmasosaan Kanta-Hämeen rakennusten lämmitykseen käytetyistä energialähteistä.

Kotimaisiksi tai paikallisiksi energialähteiksi määriteltävissä olevien energialähteiden, turpeen ja jäte-peräisten polttoaineiden 1, OTWh:n primäärienergiamäärä muodosti viidenneksen Kanta-Hämeessä käytetyistä energialähteistä. Vuonna 2008 käytettiin turvetta 0,3 TWh:n edestä lähinnä Forsan ja Hämeenlinnan yhdyskuntien kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa. Jäteperäisillä polttoaineilla oli kuuden prosentin osuus Kanta-Hämeen kokonaisenergiakäytöstä vuonna 2008. Energiataselaskennan yhteydessä ei ole otettu kantaa jäteperäisten polttoaineiden luokitteluun biohajoavaan ja ei-biohajoavaan osaan. Jos osa poltettavasta jätteestä tulkittaisiin biohajoavaksi tai uusiutuvan energian kaltaiseksi, kasvaisi uusiutuvaksi katsottavan energian osuus maakunnan primäärienergiakäytöstä Kanta-Hämeessä usealla prosenttiyksiköllä.

6.2.7 Fossiiliset polttoaineet

Kanta-Hämeen alueen energiankäytöstä oli 4,5 TWh fossiilipohjaista. Määrä vastasi 46 prosenttia maakunnan primäärienergian kokonaisuudesta vuonna 2008. Lisäksi maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön energialähteistä 21 % (690 GWh) on fossiilisia polttoaineita. Näin ollen fossiilisten polttoaineiden kokonaisuus primäärienergianlähteistä on 53 % (5 240 GWh).

Yli kolmannes Kanta-Hämeessä käytetyistä fossiilisista polttoaineista oli maakaasua (taulukko 11). Reilut 80 prosenttia kaasusta käytettiin teollisuus- ja kaukolämmön tuotantoon. Noin 2/3 nestemäisistä fossiilisista polttoaineista kului tieliikenteen bensiininä ja dieselöljynä. Kevyttä ja raskasta polttoöljyä käytettiin kiinteistöjen erillislämmityksessä, teollisuuden lämmöntuotannossa ja työkohteissa, mutta myös jonkin verran maatalouden tuotantotoiminnassa. Taulukon 11 Muut fossiiliset polttoaineet -ryhmä sisältää lähinnä teollisuudessa käytetyn fossiiliseksi luokiteltavan teollisuuden jätelämmön ja nestekaasun.

Taulukko 11. Fossiiliset polttoaineet Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Paikallisesti käytetyt fossiiliset energialähteet	Kanta-Häme	
	GWh primääri-energiaa	Osuus energia lähteistä
Maakaasu	1 656	36,4 %
Kivihiili	0	0,0 %
Kevyt polttoöljy	599	13,2 %
Raskas polttoöljy	190	4,2 %
Bensiini	797	17,5 %
<i>josta tieliikennekäyttöä</i>	773	97,0 %
Diesel	1 111	24,4 %
<i>josta tieliikennekäyttöä</i>	1 067	96,0 %
Muut fossiiliset polttoaineet	194	4,3 %
Yhteensä	4 547	100,0 %

Taulukossa 12 on esitetty fossiilisten energialähteiden käyttöä erilaisissa käyttökohteissa. Tieliikenteen bensiini ja dieselöljy muodostivat 41 prosenttia fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Teollisuudella oli neljänneksen osuus. Kaukolämmön tuotannossa käytettiin puolestaan 13 prosenttia ja kiinteistöjen erillislämmityksessä 10 prosenttia fossiilisia polttoaineita. Loppuosa fossiilisten käytöstä muodostui sähköntuotannon viidestä prosentista, työkoneiden neljän ja maatalouden kahden prosentista.

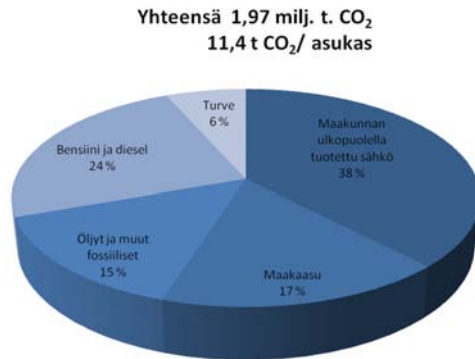
Taulukko 12. Fossiilisten polttoaineiden käyttö Kanta-Hämeessä vuonna 2008

Fossiiliset polttoaineiden käyttö	Kanta-Häme	
	GWh primääri-energiaa	Osuus energia lähteistä
Kaukolämmön tuotanto	605	13,3 %
Kiinteistöjen erillislämmitys	455	10,0 %
Sähköntuotanto	233	5,1 %
Teollisuuslämpö	1 148	25,3 %
Maatalouden lämmöntuotanto	96	2,1 %
Tieliikenne	1 840	40,5 %
Työkoneet	170	3,7 %
Yhteensä	4 547	100,0 %

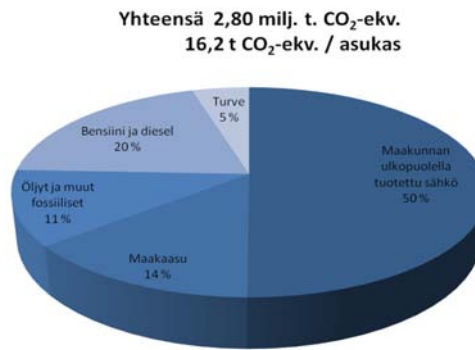
6.3 Kanta-Hämeen energiaperusteiset päästöt

Kuvassa 17 on esitetty Kanta-Hämeen energialähteiden käytöstä seuraavat hiilidioksidipäästöt ja kuvassa 18 on esitetty energialähteiden käytöstä seuraavat elinkaari-päästöt hiilidioksidin ekvivalentteina. Taulukossa 13 on esitetty laskennassa käytetyt hiilidioksidin- ja elinkaari-päästökertoimet. Uusiutuville energialähteille ei ole määritetty ominaispäästökertoimia. Energiantuotannon hiilidioksidipäästöistä maakunnassa käytettävät fossiiliset polttoai-

neet muodostavat 56 prosenttia ja turve 6 %. Maakunnan ulkopuolella tuotetun sähkön osuus energiantuotannon hiilidioksidipäästöistä on 38 prosenttia ja elinkaaripäästöistä sen osuus on peräti 50 prosenttia. Lisäämällä uusiutuvaan energiaan perustuvaa sähköntuotantoa ja vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä maakunnan omassa energiantuotannossa voidaan vähentää merkittävästi energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä.



Kuva 17. Kanta-Hämeen energiaperusteiset CO₂-päästöt vuonna 2008



Kuva 18. Kanta-Hämeen energiaperusteiset elinkaaripäästöt vuonna 2008

Taulukko 13. Hiilidioksi- ja elinkaaripäästökertoimet (Ojanen 2011)

Energialähde	hiilidioksi- päästökertoimen kgCO ₂ /MWh	elinkaari- päästökertoimen kgCO ₂ -ekv/MWh
Ostosähkö	221,6	418
Maakaasu	202	237
Kivihiili	341	380
Öljyt	273	308
Diesel ja bensiini	256	301
Turve	382	382

KESTÄVÄN ENERGIAN TUOTANTO- JA KÄYTTÖPOTENTIAALI

7 Metsäbiomassat

Metsäbiomassoja koskeva osio pohjautuu selvityksiin ”Käyttökohdeselvitys puun energijakeiden käytöstä Kanta- ja Päijät-Hämeessä 2009” ja ”Energia- puuselvitys”, jotka on toteutettu Hämeen bioenergia II -hankkeessa. Selvityksen laadinnasta ovat vastanneet Metsäkeskus Häme-Uusimaan metsänhoito-päällikkö Jouni Rantala ja bioenergianeuvoja Olli-Pekka Koisti.

Hämeen alueen energiapuuselvityksessä on tarkasteltu alueen metsien energiapuuvarantoa, joka on mahdollista hyödyntää sekä markkinahakkuiden että hoitotöiden yhteydessä. Tarkasteltava metsäenergiapotentiaali muodostuu metsätähteistä, kannoista ja harvennushakkuista saatavasta puuaineksesta. Viime vuosina energiapuun korjuumäärät ovat kohonneet voimakkaasti Hämeen alueella paikallisen ja alueellisen käytön seurauksena. Kanta-Hämeen maakunnan alueella hyödynnetään energiapuuta runsaasti etenkin Vattenfallin Vanajan voimalaitoksessa ja Vapon omistamassa Forssan Kiimasuon voimalaitoksessa. Myös teollisuuden prosesseista vapautuu merkittävästi energiapuuta, mutta se hyödynnetään nykyään lähes täysimääräisesti laitosten omassa lämmöntuotannossa tai alueen isoissa lämpövoimaloissa.

Hämeen puuenergiaselvitys on laadittu hyödyntämällä alueellisen metsäkeskuksen luonnonvaratietokannan kuviotason aineistoa, mikä on kerätty valtaosin alueen yksityismetsistä metsäsuunnittelun yhteydessä. Lisäksi on käytetty metsäkeskuksen viranomaistoiminnon metsätietojärjestelmiä ja Metsäntutkimuslaitoksen viimeisimpiä julkaistuja metsävaratietoja mitkä pohjautuvat VMI 9 ja 10 inventoinnin maastotyöhön. Energiapuumäärien laskennoissa on huomioitu myös kestävä metsätalouden periaatteiden mukaisesti toimittaessa vuositasolla realistiset ja toteuttamiskelpoiset hakkuu ja hoitopinta-alat seuraavalle 5-vuotiskaudelle.

7.1 Puupolttoaineet

Energiantuotannossa käytetään lämpövoima- ja lämpölaitoksissa merkittävässä määrin metsähaketta eri jakeineen. Muu energiapuuainees on pääosin puun kuorta sekä sahojen että puutuoteteollisuudessa kertyvää puutähdettä tai purua tai niistä valmistettua polttoainetta kuten puupellettiä tai -briket-

tiä. Lähinnä pientalojen lämmityksessä käytettävä polttopuu eli halot ja klapit ovat myös merkittävä puupolttoaine. Liitteessä 2 on esitetty puupolttoainesten ominaisuuksia.

Sellutehtaan tuotantoprosessissa syntyvä jäteliemi eli mustalipeä on puuperäisistä energijakeista Suomessa kuitenkin merkittävän. Mustalipeän poltolla tuotetaan n. 10 % Suomen koko energian tuotannosta ja se vastaa lähes puolta kaikesta Suomen puuperäisestä energian tuotannosta. Hämeen alueella mustalipeän merkitys on huomattavasti vähäisempi, sillä alueella on vain yksi mustalipeää tuottava ja hyödyntävä sellutehdas Heinolassa. Mustalipeällä tuotettu energia oli siellä energiatilastojen mukaan noin 240 GWh vuonna 2008. Mustalipeää ei varsinaisesti käsitellä muualla tässä selvityksessä, vaan mukana olevat energiapuuainekset on rajattu kiinteisiin tai mekaanisesti käsiteltyihin jakeisiin. Energiataseen yhteydessä luvussa 6.2.6 on esitetty uusiutuvien energialähteiden käyttö vuonna 2008 (kuva 16).

7.1.1 Metsähake

Metsähake koostuu pääasiassa hakkuutähdepuusta, kannoista ja nuorten metsien hoidon yhteydessä kertyvästä pienpuusta tai muista hakkuissa kertyvästä teollisuudelle puunjalostukseen kelpaamattomasta puuaineksesta. Pienpuuksi kutsutaan runkopuuta, joka ei täytä vielä kokonsa puolesta metsäteollisuuden asettamia ainespuun mittavaatimuksia. Nuorten metsien hoidossa pienpuut voidaan joko karsia rangoiksi ja hakettaa tai sitten ne kerätään oksineen ja haketetaan ns. kokopuuna. Jonkin verran metsähakepuusta tulee esim. tien varsilta, pellon reunoista ja ojan varsista kerättävästä pienpuustosta tai muusta vähäarvoisesta lehtipuustosta, kun näitä alueita siistitään haittaavasta puustosta. Myös lumpit eli hakkuun yhteydessä erotellut runkopuun osat, jotka eivät täytä teollisuuden laatuvaatimuksia, esim. ylilhot kuusentyvet, haketetaan metsähakkeeksi. Runkopuusta hakettua puuta kutsutaan tässä selvityksessä kokopuuhakkeeksi. Pienessä määrin metsähakkeeksi tehdään mm. maataloilla ainespuun mitat täyttävää kuitupuuta. Vuoden 2008 energiataselaskennan mukaan Kanta-Hämeessä käytettiin metsähakkeeksi luokiteltavia metsäpolttoaineita energiantuotantolaitoksissa 360 GWh vastaava energiamäärä.

Hakkuutähdepuu koostuu pääasiassa avohakkuualueilta kerätystä oksista ja puulatvuksista. Avohakatuista kuusikoista kertyy yleensä parhaiten hakkuutähteitä. Mitä enemmän alueelta on avohakkuussa saatu puusatoa sen paremmin sieltä yleensä saa myös hakkuutähteitä. Hakkuutähdekertymä on karkeasti ottaen kuusikossa n. 0,25 m³ eli 0,5 MWh kertynyttä ainespuukuutiota kohti. Hakkuutähteet kootaan hakkuun jälkeen metsätraktoreilla pääsääntöisesti tienvarsivarastoksi tuulettuville korkeille kasoille ja annetaan niiden kuivua siinä yleensä ainakin vuoden. Usein kasat vielä lisäksi peitetään esim. peitepaperilla päältä kastumisen välttämiseksi. Hakkuutähteet haketetaan ennen polttoa. Haketus tehdään usein jo tievarsivarastolla tai esim. terminaalivarastolla, josta hake kuljetetaan edelleen polttolaitoksille.

Kannot ovat myös peräisin metsien avohakkuualueilta. Ne irrotetaan maasta kaivinkoneilla, joihin on kauhan tilalle asennettu kannonnostolaite. Kannot kerätään hakkuutähteiden tapaan korkeiksi tuulettuviksi kasoiksi tien varteen kuivumaan yleensä ainakin vuodeksi. Tällöin niistä varisee suuri osa maa- ja kiviaineksesta eroon. Kannot murskataan kantomurskaimilla puumurskeeksi ennen polttamista. Murskaus tehdään useimmiten vasta terminaalivarastolla tai polttolaitosten varastoalueilla kantomurskaimien suuren koon takia. Kantobiomassa on erityisen hyvää ja runsaasti energiaa sisältävää biopolttoainetta, sillä kannon puuainekset on pihkaista ja paksua runkopuuta.

Kannonnostoalueilla osa suurista kannoista jätetään nostamatta. Tällä turvataan osaltaan alueen biologista monimuotoisuutta, kun alueelle jää järeää lahoavaa puuainesta. Lisäksi jätetään lähes kaikki tukkipuustoa pienempien puiden kannot nostamatta kannattavuussyiden takia. Pienistä kannoista kertyy tehtyyn työhön nähden niukasti energiapuuta ja ne myös hajoavat helposti käsittelyn eri vaiheissa. Karuilla mailla kannon nostoa ei suositella lainkaan tehtäväksi ravinteiden hävikin takia. Parhaat kohteet kannon nostolle ovat alueet, joista on juuri korjattu avohakkuulla runsas tukkipuukuusikko. Näissä kantopuukertymä on karkeasti ottaen 60–70 m³ / ha. Sekä kantojen nostomäärät että hakkuutähteiden keräysmäärät ovat vahvasti sidoksissa puumarkkinoiden toimintaan.

Metsähakkeen laatuominaisuuksista merkittävin on puuaineen kosteus. Mitä suurempi energiapuupolttoaineen kosteusprosentti on, sitä enemmän siitä on haittaa puun energiakäytössä. Suuri kosteus heikentää puun lämpöarvoa ja polton hyötysuhdetta sekä lisää puun poltosta aiheutuvia päästöjä. Lisäksi suuri kosteus lisää energiapuun kuljetuskustannuksia sekä heikentää puupolttoaineen säilyvyyttä. Talvella suuri puuaineen kosteus voi aiheuttaa hakkeen jäätymistä kylmässä hakevarastossa, jolloin hakkeen syöttö polttokattilaan voi keskeytyä. Metsähakkeen raaka-aine tulisi saada jo ennen haketusta ulkokuivauksella riittävän alhaiseen kosteuteen. Tuoreesta puusta tehdyn metsähakkeen kosteus on puulajista ja hakkuuajankohdasta riippuen 40–60 prosenttia. Mikäli hakettamaton energiapuun varastoidaan tuulettuvissa kasoissa esim. kesän yli ulkovarastossa, niin puuaineen kosteus saadaan olosuhteista riippuen 25–40 prosenttiin. Tavoitteena voi pitää keskimääriä n. 30 %:n kosteutta, joka riittävä useimmille polttolaitoksille. Pienissä lämpölaitoksissa pyritään pääsääntöisesti alhaisempaan polttoainekosteuteen kuin isommissa laitoksissa koska isojen laitosten järeämpi tekniikka ei ole niin altis häiriöille. Muita hakkeen laatuominaisuuksia ovat mm. energiatiheys, puhtaus, tuhkapitoisuus ja hakkeen palakoko, joista puhtaus ja palakoko ovat merkittäviä erityisesti pienissä laitoksissa.

7.1.2 Teollisuuden hukkapuu

Teollisuuden hukkapuusta on energiapuupolttoaineena merkittävin puun kuorintatähti eli kuori. Sitä kertyy paljon esim. paperimassateollisuudessa, missä puun kuoriainekset poistetaan puutavarasta kuorimurmuissa ennen kuin se haketetaan selluteollisuuden raaka-aineeksi. Vastaavasti myös sa-

hoilla sahattavat tukkipuut kuoritaan kuorimakoneilla ennen sahausta. Kuorinnassa puusta lähtee mukaan myös osa puuaineksesta. Kuorintatähde pitääkin sisällään näin ollen myös jonkin verran puuta. Kuorintatähdettä eli kuorta hyödynnetään nykyään pääosin ko. teollisuuslaitosten oman energiantuotannon polttoaineena. Sen määrä on oleellisesti riippuvainen hakkuiden määrästä. Vuonna 2008 Kanta-Hämeessä käytettiin energiantuotannossa 140 GWh vastaava energiamäärä teollisuuden puutähteitä.

Muita merkittäviä teollisuuden hukkapuueriä ovat puutähdehake ja puru. Puutähdehake on sahoilta, puutuote- ja puuseppäteollisuudesta kertyvää sivutuotetta, joka on mm. sahausjätettä, sahauspintoja, rimoja, tasauspätkiä ym., joka haketetaan tai murskataan polttoon sopivaksi. Puru on sahauskesä, höyläyksessä tai muussa puun käsittelyssä syntyvää sahanpurua, kutterinlastua tai muuta lastua tai puupölyä. Lisäksi energiapuuna hyödynnetään myös jonkin verran ns. kierrätyspuuta, jota kertyy mm. rakennuspuutähteistä ja puupakkausmateriaaleista.

7.1.3 Puupelletit ja puubrikitit

Puupelletit ja puubrikitit ovat sahanpurusta, kutterinlastusta tai hiontapölystä muotoon puristettua puupolttainetta, joka pääosin tehdään kotimaassa sijaitsevilla tehtailla ja kotimaisesta raaka-aineesta. Pellettituotanto on Suomessa ollut mittavaa jo yli 10 vuotta mutta pelletin käyttö on vasta viime vuosina lisääntynyt huomattavasti erityisesti pienissä ja keskisuurissa lämpölaitoksissa. Pelletin tasalaatuisuus, helppokäyttöisyys ja suhteellisen vakaan hintakehitys on tehnyt siitä kilpailukykyisen polttoaineen erityisesti fossiilille polttoaineille. Kanta-Hämeessä Vapon Turengin pellettitehtaalla valmistetaan vuosittain noin 70 000 tonnia pellettiä, jonka energiasisältö vastaa 330 GWh. Tuotetusta pelletistä kuitenkin noin 2/3 menee ulkomaan vientiin. Puubrikettien käyttö on varsin vähäistä.

7.1.4 Halko ja klapi

Halko ja klapi eli pilke ovat pyöreästä puutavarasta halkomalla ja pätkimällä tehtyä sekä kuivattua polttopuuta. Polttopuu on merkittävä energianlähde niin maataloilla kuin muissakin pientaloissa. Energiataselaskennassa metsäpolttoaineiden pienkäytön energiamääräksi arvioitiin 380 GWh rakennustietokantaan perustuvalla laskennalla.

7.2 Hämeen metsät puuenergian lähteinä

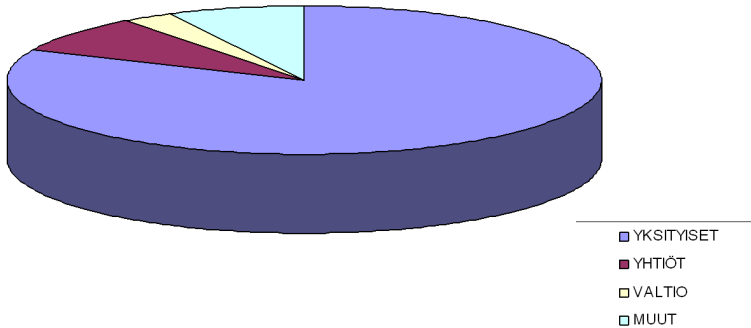
Kanta-Hämeen maakunta koostuu 16 kunnasta, joiden yhteenlaskettu metsätalousmaan pinta-ala on noin 328 900 hehtaaria. Taulukossa 14 on esitetty kunnittain metsien pinta-alat. Kanta-Hämeen alueella toimii 4 metsänhoitoyhdistystä, joista Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistys on aktiivisin metsäenergian hyödyntämisen osalta. Metsäenergian hyödyntämisessä Hämeen-

linna on painopistealuetta, missä hyödynnetään sekä uudistamishakkuu-
 lojen hakkuutähteitä että pieniläpimittaista energiapuuta nuorista metsistä.
 Pääosa hankitusta raaka-aineesta toimitetaan Vanajan lämpövoimalalle Hä-
 meenlinnaan. Lounais-Hämeen alueella toimii 3 metsänhoitoyhdistystä, jois-
 ta Tammela-Forssa alueella toimiva Lounais-Hämeen metsänhoitoyhdistys
 on aktiivinen metsäenergian hyödyntämisen osalta. Selkeitä lisähyödyntä-
 misen mahdollisuuksia olisi erityisesti pienten Ypäjän ja Jokiläänin metsän-
 hoitoyhdistysten toimialueella.

Taulukko 14. Metsien pinta-alat hehtaareina Kanta-Hämeen alueella (Rantala 2010)

KANTA-HÄME	Metsämaa ha	Kitumaa ha	Joutomaa ha	Yhteensä ha
Metsänhoitoyhdistys Kanta-Häme				
HATTULA	25 342	453	677	26 472
HAUHO liitetty Hämeenlinnaan 2009	24 603	242	242	25 088
HAUSJÄRVI	20 122	298	210	20 630
HÄMEENLINNA	10 759	90	91	10 940
JANAKKALA	33 584	446	535	34 564
KALVOLA liitetty Hämeenlinnaan 2009	22 314	206	246	22 767
LAMMI liitetty Hämeenlinnaan 2009	39 178	418	344	39 941
LOPPI	41 483	479	412	42 375
RENKO liitetty Hämeenlinnaan 2009	18 895	319	356	19 570
TUULOS liitetty Hämeenlinnaan 2009	11 983	162	114	12 259
Lounais-Hämeen metsänhoitoyhdistys				
FORSSA	13 751	191	316	14 259
TAMMELA	43 770	868	2 673	47 312
Jokiläänin ja Ypäjän metsänhoitoyhdistykset				
HUMPPILA	7 184	152	131	7 467
JOKIOINEN	8 022	53	157	8 232
YPÄJÄ	7 924	106	131	8 161
YHTEENSÄ	328 914	4 483	6 635	340 037

Kuvassa 19 on esitetty metsätalousmaan omistajuuden jakautuminen Kanta-
 ja Päijät-Hämeessä. Metsistä yksityisten omistuksessa on noin 80 %. Yksityi-
 sistä metsänomistajista alle 45-vuotiaita on vain vajaa 14 prosenttia ja vas-
 taavasti noin 36 prosenttia Hämeen metsistä on pinta-alojen perusteella tar-
 kasteltuna eläkkeellä olevien hallinnassa. Aktiivitulojen määrän vähentyes-
 sä metsänomistajien suhtautuminen sekä säännöllisiin puunmyynteihin että
 kannattavaan metsänhoitoon voi muuttua. Noin 57 prosenttia Hämeen met-
 sänomistajista asuu edelleenkin tiloilla, joten metsänomistajien tavoittami-
 nen ei muodostune niin työlääksi kuin esim. pääkaupunkiseudulla ja asutus-
 keskustaajamissa. Valtaosa metsänomistajista luokittelee itsensä joko moni-
 tavoitteisiksi (31 prosenttia) tai virkistyskäyttäjäksi (29 prosenttia). Metsäs-
 tä elantonsa saavia on Hämeessä 18 prosenttia ja taloudellista turvaa koros-
 taviksi itsensä luokittelee vain noin 17 prosenttia.



Kuva 19. Metsätalouden omistus Kanta- ja Päijät-Hämeessä (Rantala 2010)

7.2.1 Kasvupaikkatyypit ja niiden soveltuvuus energiapuun korjuuseen

Uudistettavissa metsänhoitosuosituksissa energiapuun korjuuta pidetään mahdollisena erityisesti kivennäismaapohjaisissa metsissä, joissa uudistamishakkuiden yhteydessä hakkuutähteitä voidaan hyödyntää. Kantobiomassan hyödyntämiseen soveltuvat parhaiten maapohjat, jotka ovat tasaisia, kuusivaltaisia ja hienojakoisia reheviä kivennäismaita. Suopuustojen osalta energiapuun korjuussa on havaittavissa joitakin riskitekijöitä. Mikäli korjuuta kohdennetaan liian karuille soille ja turvekankaille on uhkana sekä pää- että hivenravinteiden epätasapaino. Aika ajoin keskustellaan myös mahdollisista kasvutappioista, jos korjuuta kohdennetaan ensiharvennusikäisiin metsiin ja korjuuta tehdään kokopuuna. Runsaspuustoiset korpi- ja rämesuot tulisi jättää kokonaan energiapuun korjuun ulkopuolelle.

Taulukossa 15 on esitetty energiapuun korjumahdollisuuksia erilaisilla kasvupaikoilla. Yleisesti voidaan todeta että mustikka- ja ketunleipämailla on riittävästi ravinteita metsätähteiden korjaamiseksi ja ravinneköyhillä kanerva- ja puolukkamailla metsätähteitä ei tulisi korjata.

Kanta- Hämeen metsävarat ovat runsaspuustoisia ja tyypillisesti kivennäismaiden kuusivaltaisia metsikkökuvioita rehevillä lehtomaisilla maapohjilla. Nykypuusto kasvaa vuosittain noin 6–7 kiinto-m³/ha. Kuvasta 20 nähdään, että tuoreitten kankaiden ja lehtomaisten kankaiden metsät edustavat noin 70 prosenttia Kanta- ja Päijät-Hämeen alueen metsävaroista ja mahdollistavat täten laajamittaisen energiapuun korjuun. Kanta-Hämeessä on tavallisesti erityisen hyvät lähtökohdat kantobiomassan hyödyntämiseen maapohjien ollessa tasaisia, kuusivaltaisia ja hienojakoisia reheviä kivennäismaita. Hyvän metsänhoidon suositukset on huomioitu sekä hakkuutähteiden, kantojen että nuoren metsän hoidon potentiaalain määrää arvioitaessa.

Taulukko 15. Uudistushakkuualuejen soveltuvuus energiapuun korjuukohteiksi. (Rantala 2010)

Uudistushakkuualuejen soveltuvuus energiapuun korjuukohteiksi	Hakkuutähteet	
	(oksat ja latvat)	Kannot
Tuoreet kankaat ja niitä viljavimmat maat	kyllä	kyllä
Kuivahkot kankaat	ei	kyllä
Kuivat kankaat	ei	ei**
Ruoho- (Rhtkg) ja mustikkaturvekankaat (Mtkg I) ^{*1}	kyllä	kyllä
Karukkokankaat Puolukkaturvekankaat (Ptkg I ja II) ja sitä karummat ^{*2}	ei	ei
Kallioiset ja lohkaraiset sekä runsaskiviset kasvupaikat	ei	ei
Ravinnehäiriöstä kärsivät puustot	ei	ei***
Pohjavesialueet, luokka 1-2	kyllä	ei

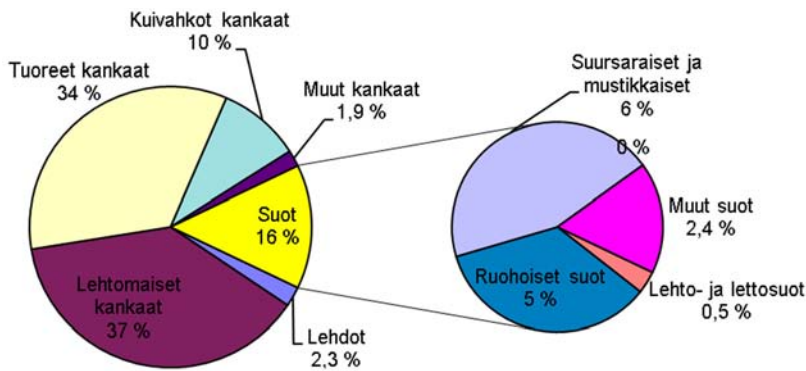
*Kuivahkolta kankaalta voidaan korjata sellainen hakkuutähde, joka haittaa olennaisesti kantojen korjuuta

**Kuivilla ja niitä karummilla kankailla kantojen korjuu on kuitenkin suositeltavaa, jos uudistusalueella on juurikäypää

^{*1} = aidoista puustoista suotyypeistä peräisin olevat ojitusluemetsä, jotka kuuluvat ravinteisuusryhmään 1-3

^{*2} = avosuo- ja sekatyypilähtöiset sekä ravinteisuusryhmään 3 karummat ojitusluemetsät

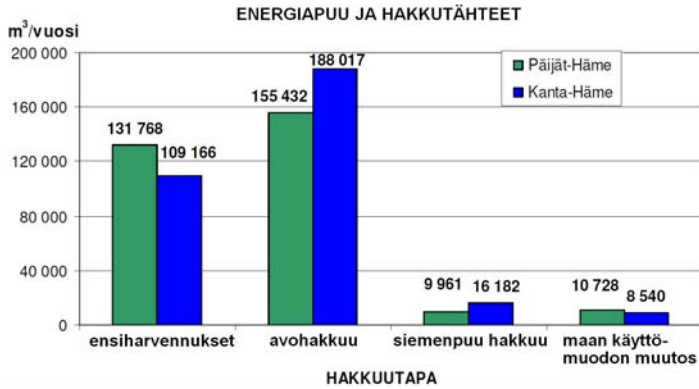
*** Hakkuutähdettä voidaan korjata, jos metsikön puuston ravinnetasapaino turvataan esim. tuhka- tai boorilannoituksella. Tällöin on mahdollista korjata myös kannot.



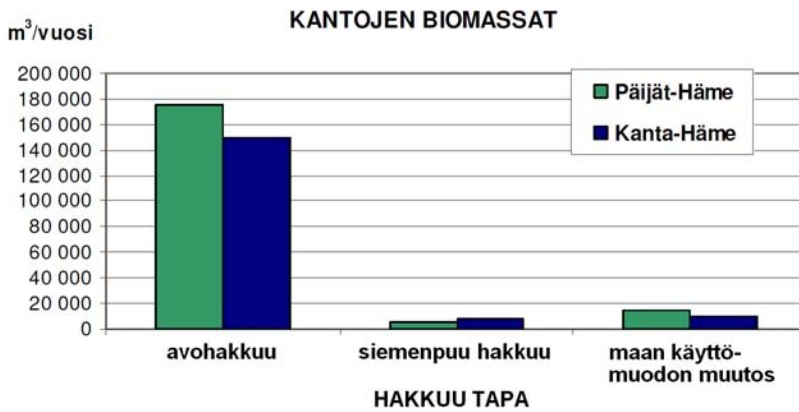
Kuva 20. Metsätalouden jakaantuminen kasvupaikkatyyppien mukaan Kanta- ja Päijät-Hämeessä (Rantala 2010)

7.2.2 Metsähakkeen energiapotentiaali

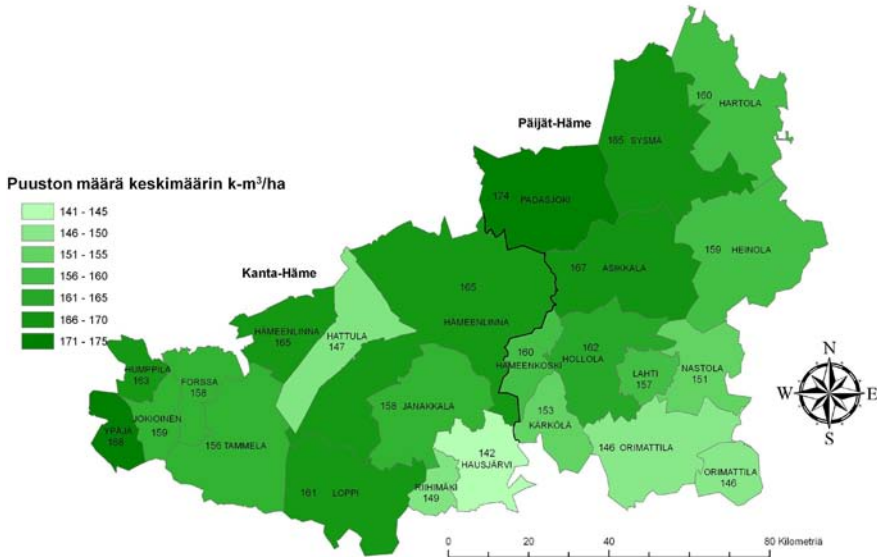
Hämeen metsäenergiavarat hakkeen tuottamiseksi muodostuvat metsätähteistä, kannoista ja harvennushakkuista saatavasta pienläpimittaisesta puusta. Kuvissa 21 ja 22 on esitetty pieniläpimittaisen energiapuun, hakkuutähtien ja kantojen vuosittainen kestävä hyödyntämispotentiaali nykyisiin hakkuutasoihin suhteutettuna Kanta- ja Päijät-Hämeessä. Lisäksi kuvassa 23 on esitetty metsäenergian hyödyntämisen alueellista vaikuttavuutta kunnittain.



Kuva 21. Maakuntakohtaiset pieniläpimittaisen energiapuun (ensiharvennus) ja hakkutähteiden (muut hakkuutavat) käyttömahdollisuudet hakkuiden nykytasolla Hämeessä (Rantala 2010)



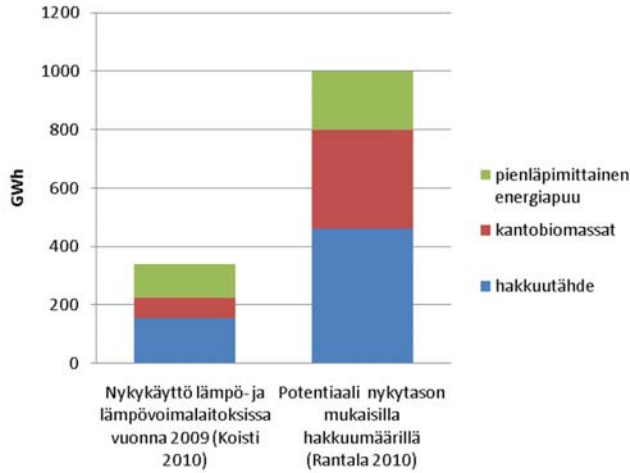
Kuva 22. Maakuntakohtaiset kantobiomassojen käyttömahdollisuudet hakkuiden nykytasolla Hämeessä (Rantala 2010)



Kuva 23. Puuston määrä metsämaalla Hämeen kunnissa keskimäärin k-m³/ha (Rantala 2010)

Metsäenergiavarat ovat sekä Kanta- että Päijät-Hämeessä huomattavat. Kanta-Hämeessä erilaisten energiatuotantoon soveltuvien puuperäisten raaka-aineiden kestävä potentiaali on vuositasolla noin 500 000 k-m³. Tämä vastaa 1000 GWh energiamäärää. Kuvassa 24 on esitetty metsähakkeen nykykäyttö ja potentiaali Kanta-Hämeessä nykytason hakkuumäärillä. Metsäenergiavaroista 46 prosenttia koostuu hakkuutähteistä, kannonnoston osuus on 34 % ja pieniläpimittainen energiapuun muodostaa 20 % osuuden.

Vuonna 2009 metsäenergian käyttö oli 340 GWh, jolloin kestävä lisäämispotentiaalia on noin 660 GWh. Metsäenergian hyödyntämisessä Kanta-Hämeessä suurin lisäämispotentiaali energiamäärältään on hakkuutähteissä (300 GWh). Kantobiomassojen hyödyntämisessä lisäämispotentiaali on 270 GWh ja pieniläpimittaisen energiapuun hyödyntämisessä noin 90 GWh. Metsäenergiankäytön lisäämispotentiaalin määrittämisen haasteena on, että osa talteen otetusta metsäenergiasta päättyy maakunnan ulkopuolelle.



Kuva 24. Metsähakkeen nykykäyttö ja potentiaali Kanta-Hämeessä nykytason hakkuumäärillä

Ensisijaisesti energiapuuna tulee hyödyntää puustoa joka ei sovellu teollisuuden käyttöön. Tulevaisuudessa riippuen metsäteollisuuden ja hintojen kehittymisestä on mahdollista, että osa kuitupuusta voi päätyä energiantuotannon raaka-aineeksi. Taulukossa 16 on esitetty Kanta- ja Päijät-Hämeen ainespuuhakkuiden nykytaso sekä niiden sisältämä energiamäärä.

Taulukko 16. Ainespuuhakkuiden nykytaso Kanta- ja Päijät-Hämeessä (Rantala 2010)

Ainespuu	Kanta-Häme		Päijät-Häme	
	1000 k-m ³	GWh	1000 k-m ³	GWh
Tukki	1300	2600	1400	2800
Kuitu	800	1600	900	1800
<i>yhteensä</i>	2100	4200	2300	4600

7.2.3 Metsäenergiavarojen hyödyntäminen Hämeessä

Hakuutähteiden korjuussa toiminta on vakiintunut ja hakuutähteinä korjataan tavallisesti uudistushakkuissa hakatuilta kohteilta markkinaton pienpuu ja hakuutähteet tievarsikasoille. Toimijoita on selkeästi tullut lisää Hämeen alueelle ja myös suuret sahat ovat alkaneet korjata hakuutähteitä osana puukauppaa. Korjuu painottuu kuusivaltaisten kuvioiden hakuutähteiden korjuuseen, mutta myös havupuuvaltaisilta sekametsäkuvioidelta hakuutähteitä korjataan hyvinkin kattavasti. Hakuutähteiden korjuuta voidaan vielä tehostaa, mutta lisäämismahdollisuudet ovat sidoksissa vuotuisiin uudistamishakkuiden pinta-aloihin.

Kantojen hyödyntämisessä on tapahtunut viimeisen 5 vuoden aikana voimakasta kasvua. Kannot käytetään lähinnä voimalaitoksissa keskitetyn murskaamisen jälkeen. Teiden varsilla kantojen varastoimis aika on monesti huomattavasti pidempi kuin hakkuutähteiden ja pieniläpimittaisen energiapuun osalta. Nuorten metsien hoidon yhteydessä korjattavissa olevien pieniläpimittaisten energiapuiden hyödyntämisessä on myös vielä paljon tehostettavaa. Metsäenergian korjuun intensiteetti vaihtelee huomattavasti kunnittain. Päijät-Hämeen alueella on Kanta-Hämettä vähemmän suuria, metsäenergiaa käyttäviä energialaitoksia ja tämä aiheuttaa haasteita metsäenergian käytön lisäämiselle. Päijät-Hämeestä metsäenergiaa viedään jo nykyään maakunnan ulkopuolelle.

Metsänhoitoyhdistykset avustavat alueen metsänomistajia puukaupan teon yhteydessä ja metsänhoitotöitä suunniteltaessa. Tällöin myös metsäenergiaasiat ja energiapuun korjuun mahdollisuudet arvioidaan tapauskohtaisesti. Metsänhoitoyhdistykset ovat aktiivisesti mukana myös metsäenergian liittyvässä kehitystoiminnassa mm. tarjoten energiapuun korjuupalvelua ja metsurityövoimaa nuoren metsän hoitotöiden ja energiapuun korjuun suorittamiseen.

7.3 Metsäenergian hyödyntämisen aluetaloudelliset vaikutukset

Aluetalouden näkökulmasta metsäenergian hyödyntämisellä on työllistävä vaikutus korjuu-, kuljetus- ja jalostusketjussa. Metsäenergia on paikallinen uusiutuva energialähde. Sen hyödyntämisen lisääminen parantaa alueellista energiantuotannon raaka-aineiden omavaraisuutta ja vähentää riippuvuutta tuontipolttoaineista. Polttoaineisiin kuluva pääoma jää kiertämään aluetalouden hyväksi eikä kulkeudu alueelta pois.

Tulevaisuudessa myös energiantuotantoon liittyvä yrittäjyys tulee lisääntymään hajautetun energiantuotannon kehittyessä. Tekniikan kehittyessä hajautetun lämmöntuotannon rinnalle tulee kehittymään metsäenergian pohjautuvaa hajautettua sähköntuotantoa.

7.4 Metsäenergian käytön ympäristövaikutukset

7.4.1 Kokonaisvaikutukset ympäristöön

Metsäenergian hyödyntämisen ympäristövaikutukset muodostuvat useista tekijöistä. Hakkuiden ja metsäjakeiden korjuussa syntyy vaikutuksia ympäröiviin kasvustoihin, maaperään, vesistöihin ja ilmaan. Metsäenergian käytön lisäämisen ympäristövaikutuksien osalta keskusteluissa on ollut näkyvästi esillä huoli metsien ravinnetaseesta ja mahdollisesta maaperän köyhtymisestä liian tehokkaan energiapuun korjuun yhteydessä. Ravinteiden ja kiintoaineksen kulkeutumisesta vesistöihin on kannettu huolta. Metsäenergian ympäristövaikutuksia ovat myös varastoinnista mahdollisesti seuraava tuho-

laishaitat ympäröivällä metsällä. Lisäksi hakkuissa, metsäjakeiden korjuussa ja kuljetuksessa syntyy päästöjä erilaisten koneiden käytöstä.

Metsäenergian hyödyntämisen kokonaisympäristövaikutuksien kannalta on tärkeää, että metsäenergiaa ei kerätä ravinnepöyhistä metsistä, välivarastointipaikat valitaan huolellisesti, kuljetusmatkat ovat kohtuullisia ja energiatuotannossa käytetään hyvälaatuista kuivaa polttoainetta.

Sekä hakkuutähteiden että kantojen osalta keskimääräinen kaukokuljetusmatka on pidentynyt viimeisten 5 vuoden aikana. Kuljetusmatkat olivat aiemmin 50–70 km, mutta nykyään kuljetusmatkat ovat usein 150 km. Metsäenergian logistiikan kehittäminen on sekä ympäristön että metsäenergian hyödyntämisen lisäämisen kannalta tärkeä tekijä. Joissakin tapauksissa kuljetusmatkan pituus määrittää sen, että metsäenergiajakeita ei kannata hyödyntää. Kuljetuksen energiatehokkuuden kannalta on järkevää, että kaukokuljetuksessa metsäenergian energiatiheys on mahdollisimman suuri.

Myös ravinteiden palauttaminen metsään tuhkan muodossa on tärkeä kehittämisen osa-alue. Nykyään sekapoltossa käytetyn metsäenergian tuhkaa ei voida palauttaa metsään tuhkan korkeiden raskasmetallipitoisuuksien vuoksi.

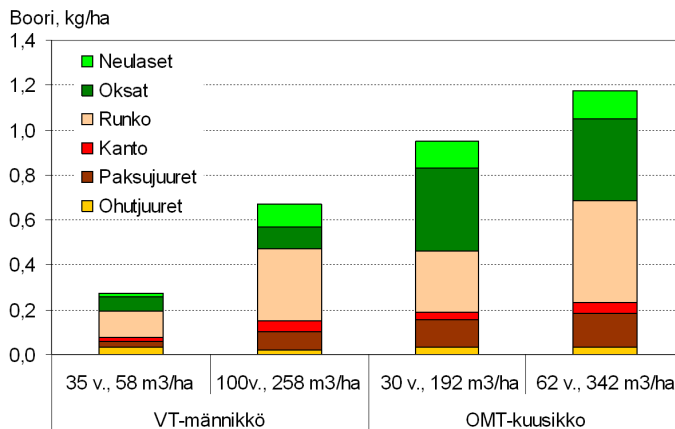
7.4.2 Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset nuorissa kasvatusmetsissä

Ruotsalaisissa kenttäkokeissa on havaittu nuorissa metsissä selkeitä kasvutappioita lähinnä ensiharvennuskusikoissa, mikäli energiapuuta korjataan kokopuuna oksineen ja neulasineen ja korjuu tehdään erityisen tarkasti. Suomessa toteutetut käytännön energiapuun korjuukohteet ovat tavallisesti lehtipuuvaltaisia ja tiheitä hoitamattomia sekametsiä, mitkä monesti on perustettu viljelemällä tai istuttamalla. Metsiköt on uudistamisvaiheessa ajateltu kasvatettavan männikköinä, mutta maaperän rehevyyden vuoksi lehtipuita on tullut uudistusaloille runsaasti. Näissä kohteissa ylitiheydestä johtuva kasvutappio olisi usein suurempi kuin ravinteiden menetyksestä energiapuun korjuun yhteydessä aiheutuva lisäkasvun menetys, mikäli näitä hoitamattomia nuoria metsiä ei kunnostettaisi.

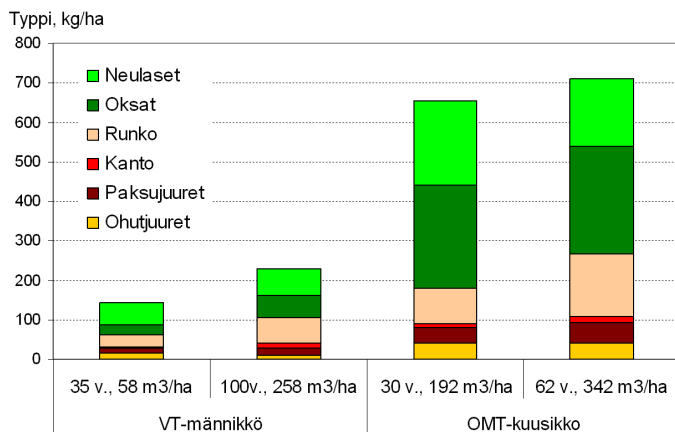
Typen määrän aleneminen maaperässä vähentää välittömästi puuston vuotuista kasvua. Kuusikossa palautuu vuosittain maaperään karikkeena noin 15 kg typpeä hehtaaria kohden, mutta männikössä vain noin 7 kg. Kasvutappioita aiheutuu siis sekä männiköissä että kuusikoissa, jos oksat korjataan neulasineen eli siis tuoreina.

Suopohjilla ja karuilla turvekankailla energiapuiden liian tehokas korjuu voi aiheuttaa metsiin hivenaineiden puutosta, mikä ilmenee sekä pituuskasvutappiona että lisääntyneenä kärkisilmun haaroittumisena, tämän vuoksi energiapuun korjuu tulisi kohdentaa ensisijaisesti ravinnetasoltaan vähintään mustikkatyypin kivennäismaille. On myös huomattava että energiapuun korjuussa kokopuuna noin 30–40 prosenttia latvusmassasta jää kuitenkin metsään korjaamatta ja ravinnetasetta ylläpitämään.

Sekä hivenravinteiden riittävä kokonaismäärä että eri hivenaineiden yksittäiset määrät ovat tärkeitä, jotta puusto pysyy terveenä eikä altistu kasvuhäiriöille. Booriravinteiden liian alhaiset määrät vaikuttavat erityisesti kuusen kasvatapaan ja seurauksena saattaa olla sekä pensastava että monilattainen latvainkasvu, jos booritaso alenee liian tehokkaan energiapuukorjuun seurauksena. Tämä on todettavissa Hämeessä erityisesti aikaisemmin kaskeilla ja suopohjilla kuusenkasvatuksen koelaloilla. Boorilannoitusta on toteutettu runsaasti Pohjois-Savossa viime vuosina. Häme-Uusimaalla boorilla terveyslannoitettu pinta-ala on ollut viime vuosina noin 50–100 hehtaaria. Kuvasta 25 voidaan päätellä että boorista noin puolet on sitoutunut oksiin ja neulasiin ja määrät ovat hehtaariohaisia hyvin matalat. Kuvasta 26 nähdään että ensiharvennuskuusikoon on sitoutunut oksiin ja neulasiin tyyppeä 300–400 kg/ha. Mikäli kuusikoiden biomassaa kerättäisiin tuoreena kokopuukorjuuna, edellyttäisi se säännöllistä lannoittamista, jotta puuston kasvukunto voitaisiin säilyttää.



Kuva 25. Boorin sitoutuneisuus puuston eri osissa (Rantala 2010)



Kuva 26. Typen sitoutuneisuus puuston eri osissa (Rantala 2010)

7.4.3 Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset uudistusaloilla

Hakkuutähteiden korjuulla ja kantojen nostolla vaikutetaan metsissä sekä metsämaisemaan että lähimaisemaan kuin kaukomaisemaan osalta. Hyvin yleisesti metsän virkistyskäyttäjät ja yksityiset metsänomistajat taajama-alueiden läheisyydessä arvioivat metsän virkistyskäytön ja maisemakuvan paranevan ja selkiintyvän, mikäli hakkuutähteet korjataan. Kantojen nosto vaikuttaa ympäristöön enemmän kuin hakkuutähteiden korjuu. Haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää noudattamalla hyvän metsänhoidon suosituksia energiapuun korjuukohteiden ja valinnan osalta. Ensimmäisten vuosien tutkimustulosten perusteella voidaan päätellä että fosforin huuhtoutumat vähenevät ja typen huuhtoutumat lisääntyvät hakkuutähteiden ja kantojen korjuun seurauksena. Maan happamuuteen korjuulla ei ole havaittu olevan merkitystä, mutta orgaaninen aine vähenee huomattavasti ja maaperä tiivistyy huokoisuuden vähentyessä erityisesti savikoilla ja turvekankailla. Pitää myös muistaa että metsänviljelyn olosuhteet paranevat. On havaittu että istutustyö helpottuu ja taimien selviytyminen ensimmäisten vuosien ”koitinkivistä” olennaisesti paranee. Toisaalta taimikoiden vesakoituminen lisääntyy ja tulevana vuosina taimikon varhaishoidon tarve lisääntyy merkittävästi.

Sekä kuorellista runkopuuta sisältävien kantojen, hakkuutähteiden että energiapuurankojen osalta metsävarastoinnissa on syytä arvioida aina myös mahdolliset seurannaistuhot kuten kaarnakuoriaisten ja ytimennävertäjien runsastuminen ja niiden vaikutus ympäröiviin metsiin, mikäli varastointiajat pitenevät. Tämän tapaisten riskin pienentäminen olisi mahdollista huolellisella välivarastopaikkojen valinnalla ja nopeuttamalla energiapuun kiertoa lämpövoimalaitoksiin merkittävästi. Kantojen ja rankoina korjattujen energiapuukasojen kiertoa ovat viime vuosina eniten pidentäneet lämpöarvon nostaminen varastointiaikaa pidentämällä havupuilla ja metsäenergiaa hyödyntävien voimalaitosten vähäisyys. Uusien käyttökohteiden avautumisen myötä myös välivarastojen kiertonopeus tulee nousemaan ja hyönteis- ja sienituhojen riskit laskemaan.

Puhtaan puun polttamisen yleistyessä voidaan ennustaa, että tuhkaa voidaan käyttää tulevaisuudessa entistä useammin lannoitteena ja palauttaa takaisin erityisesti hoidetuille ja harvennetuille turvemaille. Mutta seospolttolaitoksissa syntyvää tuhkaa ei voida hyödyntää korkeiden raskasmetallipitoisuuksien vuoksi. Erityisesti kadmium on vaarallinen raskasmetalli ja se saattaa lähteä ravinnekiertoon mm. riistalihaa ja marjoja hyödynnettäessä. Tällä hetkellä tuhkan pienet määrät, levitystekniikan vaativuus, tuhkan rakeistuksen tarve ja suuri levitysmäärä hehtaarille jarruttavat tuhkan hyödyntämistä. Turvemaille saataisiin huomattavia ja pitkäkestoisia lannoitusvaikutuksia, jos tuhkaa levitetäisiin noin 4 000 – 6 000 kg hehtaarille. Levitysmäärät tavallisiin väkilannoitteisiin verrattuna ovat lähes 10-kertaisia, joten puhdasta puutuhkaa tulisi olla huomattavia määriä. Mikäli tuhkan koostumusta ei tarkoin tiedetä estää se tuhkan kaupallisen hyödyntämisen ja syntyy tuhkaätettä. Tuhkan hyödyntämiseksi vaaditaan laitoksilta aina ympäristölupa.

Viimeisten vuosien aikana on voitu myös havaita että energiapuun varastoinnista aiheutuneet seurannaistuhot ovat huomattavasti lisääntyneet osin lämpimien kesien vuoksi. Kaarnakuoriaisten on todettu tappaneen ikääntyneitä varttuneiden kuusien puuryhmiä sekä hakkuutähteiden että kantojen välivarastojen välittömästä läheisyydestä ja tämän vuoksi erilaisten energiapuuvä-
rastojen kiertonopeutta tulisi nopeuttaa (kuva 27).



Kuva 27. Kuolleita varttuneita kuusia seurannaistuhoina energiapuiden välivarastopaikan läheisyydestä (Rantala 2010)

8 Peltobiomassat

Tässä luvussa käsitellään biomassaa, joka on mahdollista tuottaa viljelyspellolla, muulla hoidetulla peltoalalla sekä kesannoidulla pellolla. Peltobiomassaa voidaan hyödyntää kiinteänä polttoaineena lämmön ja sähkön tuotannossa sekä raaka-aineena nestemäisten tai kaasumaisten polttoaineiden tuotannossa.

Peltobiomassoja käsittelevä osio on tiivistelmä Hämeen bioenergia II -hankkeessa laaditusta selvityksestä ”Peltoenergian tuotanto- ja käyttöpotentiaali Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella”. Selvityksen on laatinut Hämeen Bioenergia II-hankkeen projektipäällikkö Arto Laine ProAgria Hämeestä.

8.1 Peltoenergia ja sen tuotanto

Peltoenergialla tarkoitetaan peltobiomassoista eri tavoin hyödyntämällä saatavaa lämpö- ja sähköenergiaa sekä liikennepolttoaineita. Suomessa peltoenergiaa voidaan saada korsibiomassoista kuten ruokohelvestä ja viljojen oljista. Energian raaka-aineena voidaan käyttää myös öljykasvien siemeniä, viljan jyviä sekä erilaisia maatalouden kasviperäisiä sivuvirtoja kuten naatteja tai nurmikasvien niittojätteitä (FINBIO 2010).

Kiinteiksi polttoaineiksi sopivat mm. ruokohelpi, olki ja vilja. Nestemäiset polttoaineet ovat joko alkoholi- tai kasviöljypohjaisia. Alkoholipohjaista bioetanolia saadaan sokeri- ja tärkkelyspitoisista kasveista kuten sokerijuurikkaasta tai ohrasta. Biodieseleiksi kutsuttuja kasviöljypohjaisia polttoaineita saadaan öljykasveista, mm rypsiä ja rapsista. Kaasumaisia polttoaineita voidaan tuottaa mm. nurmirehusta mädättämällä se anaerobisesti biokaasuksi. Biomassaa voidaan myös kaasuttaa ja valmistaa kaasusta synteettisesti erilaisia polttoaineita esim. Fischer-Tropsch menetelmällä. Lähitulevaisuudessa näiden teknisten ratkaisujen kehittyessä, tulee mahdolliseksi hyödyntää potentiaalisimpia peltoenergiakasveja olkea ja ruokohelpeä myös liikennepolttoaineiden tuotannossa. Tämä avaisi pellolla tuotetulle energialle huomattavasti nykyistä laajemmat markkinat.

Suomen peltoala vuoden 2006 lopussa oli 2,3 miljoonaa hehtaaria. Ravinnon ja rehujen tuotantoon tarvitaan noin 1,7–1,8 miljoonaa hehtaaria. Energiantuotantoon voitaisiin käyttää noin 500 000 hehtaaria ilman, että elintarviketuotanto vaarantuisi (Korkeaaja 2006).

Tämän tarkastelun lähtökohtana on, että peltopinta-ala käytetään ensisijaisesti elintarvikkeiden ja rehun tuotantoon. Suomen peltoalasta noin 80 % tarvitaan tällä hetkellä oman maan elintarvikkeiden ja rehun tuotantoon. Loppu peltoalasta voisi ohjautua esim. energian tuotantoon.

8.1.1 Kansalliset tavoitteet ja peltopotentiaali Hämeessä

Suomen Bioenergiayhdistys ry FINBIO esittää peltoenergian vuositavoitteeksi Suomessa 8 TWh:a vuonna 2020 (FINBIO 2010). FINBION esityksessä energiakasveja viljeltäisiin vuonna 2020 yhteensä 250 000 hehtaarin alalla. Olkea kerättäisiin 100 000 hehtaarin alalta. FINBION esitys tukee EU:n tavoitetta lisätä uusiutuvan energian osuus 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Suhteutettuna kokonaispeltopinta-alaan Kanta-Hämeen osuus 8 TWh:sta olisi 0,38 TWh. Peltoenergian viljelypinta-alasta Kanta-Hämeen osuus olisi 11 800 ha. Olkea tulisi Kanta-Hämeessä kerätä 5 500 hehtaarilta.

Pääasiallinen peltoenergian lähde FINBION:n tavoitteissa on ruokohelpi, jonka osuus vuoden 2020 tavoitteesta on 4,5 TWh:a. Sitä tukevat olki (1 TWh), viljaetanoli (1,1 TWh), biokaasu (1 TWh) sekä rypsi ja rapsi (0,4 TWh). Tällä hetkellä peltoenergian tuotannossa on noin 20 000 hehtaaria, pääasiassa ruokohelpeä, josta saadaan energiaa noin 0,4 TWh:a (FINBIO 2010).

Kanta-Hämeen alueen pellon ja muun maatalousmaan pinta-alat pääluokitain ja kunnittain vuonna 2008 on esitetty taulukossa 17. Koko Hämeessä maatalousmaata on yhteensä noin 190 000 ha, josta viljeltyä peltoa on yhteensä noin 170 000 ha. Kanta-Hämeessä maatalousmaata oli vuonna 2008 yhteensä 106 000 ha, josta viljeltyä peltoa 96 000. Tässä selvityksessä on oletettu, että peltoenergiakasveja voitaisiin viljellä aloilla, jotka viime vuosina ovat olleet poissa elintarviketuotannosta. Tällaisia peltoaloja ovat kesannot, luonnonhoitopellot ja viherlannoitusnurmet sekä muut maatalousmaat (mm. yli 5 v nurmet). Hämeen ELY-keskuksen alueella edellä mainittuja peltoja on 20 000–30 000 ha (taulukot 17 ja 18). Kanta-Hämeessä oli vuonna 2008 kesantoalaa sekä muuta maatalousmaata 10 400 ha (taulukko 17). Elintarviketuotannon ulkopuolella oleva peltoala vaihtelee vuosittain riippuen mm. viljamarkkinoiden toiminnasta ja viljelyn tukiehdoista.

Taulukko 17. Pellon käyttö kunnittain Hämeessä vuonna 2008 (Tilastokeskus / www.matilda.fi)

Kunta	Viljakasvit ha	Muut viljely kasvit ha	Kesanto + muu maatalousmaa ha	Maatalousmaa yhteensä ha
Forssa	4738	1607	615	6960
Hattula	3943	1604	823	6370
Hausjärvi	8657	2732	1236	12625
Humppila	4391	1043	499	5933
Hämeenlinna	15552	7841	2930	26323
Janakkala	8617	3402	1145	13164
Jokioinen	5728	2427	708	8863
Loppi	4488	1923	834	7245
Riihimäki	1707	536	216	2459
Tammela	5703	2197	749	8649
Ypäjä	5859	1586	603	8048
Kanta-Häme yhteensä	69383	26898	10358	106639
Päijät-Häme yhteensä	53806	22057	8263	84126
Häme yhteensä	123189	48955	18621	190765

Taulukko 18. Käytössä oleva maatalousmaa Hämeen ELY-keskuksen alueella 2010 (Tilastokeskus).

Viljakasvit	98 000 ha
nurmet (alle 5 v)	32 600 ha
rypsi ja rapsi	19 600 ha
Sokerijuurikas	1 300 ha
Peruna	1 300 ha
Ruokohelpi	600 ha
Kesanto	29 000 ha
yli 5v nurmet	1 500 ha
muu maatalousmaa	6 000 ha
YHTEENSÄ	189 900 ha

8.2 Ruokohelven hyödyntäminen energiantuotannossa

Suomessa energian tuotantoon käytettäviä korsibiomassoja ovat viljojen oljet, ruokohelpi ja järviruoko. Korsibiomassoja voidaan hyödyntää kiinteänä polttoaineena lämmöntuotannossa sekä yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa (Flyktman ja Paappanen 2005). Korsibiomassa sisältää yleisesti jonkin verran klooria, joka aiheuttaa höyrykattiloissa korroosiota. Korroosio-ongelmaa voidaan vähentää käyttämällä seospoltossa turvetta tai kivihiiltä. Ruokohelven energiaosuus voi olla noin 10 % laitoksen käyttämästä kiinteästä polttoaineesta. Ruokohelven käyttökosteus on tyypillisesti 10 – 20 %. Tiheys irtosilppuna on 60 – 80 kg/i-m³. Näistä ominaisuuksista johtuen ruokohelpi on sekoitettava huolellisesti laitoksella käytettävään pääpolttoaineeseen.

Ruokohelpi on Suomen oloissa satoisin energiakäyttöön kasvatetuista pelto- kasveista. Ruokohelpi tuottaa satoa 10–12 vuotta. Ruokohelven ominaisuudet kiinteänä polttoaineena ovat parhaat kun sato korjataan ns. kuloheinänä keväällä. Keväällä korjatun ruokohelven palamistekniset ominaisuudet ovat

selvästi paremmat kuin syyskorjatulla ruokohelvellä. Merkittävin ero on polttoaineen tuhkan sulamiskäyttäytymisessä.

Tavallisesti ruokohelppi toimitetaan käyttöpaikalle paaleina, jotka on murskattava ennen polttoa. Murskaus aiheuttaa lisäkustannuksia. Toisaalta paalettua ruokohelpeä voidaan kuljettaa pitempiä matkoja ja varastoida pienemässä tilassa. Ruokohelpeä ei ole korkeiden rahtikustannusten vuoksi taloudellista kuljettaa kovin pitkiä matkoja. Yleisesti selvityksissä on noin 70 km kuljetusmatkaa pidetty hankinta-alueen maksimina.

8.2.1 Ruokohelven tuotantopotentiaali Hämeessä

Tässä selvityksessä on oletettu, että ruokohelpeä voitaisiin viljellä aloilla, jotka viime vuosina ovat olleet poissa elintarviketuotannosta. Tällaisia peltoja oli Hämeessä 16 000 ha vuonna 2008, joista Kanta-Hämeen alueella 9 000 ha (taulukko 19). Elintarviketuotannon ulkopuolella oleva peltoala vaihtelee vuosittain riippuen mm. viljemarkkinoiden toiminnasta ja viljelyn tukiehdosta. Ruokohelven teoreettinen energiapotentiaali (taulukko 19) on määritetty olettaen, että hehtaarilta saadaan keskimäärin 22 MWh vastaava ruokohelpisato (4,5 tn/ha, 4,9 MWh/tn). Em. oletuksiin perustuen määritetty ruokohelven vuotuinen energiapotentiaali koko Hämeen alueen kesantoalalla tuotettuna on noin 360 GWh, josta Kanta-Hämeen osuus on 200 GWh.

Taulukko 19. Elintarviketuotannon ulkopuolella oleva peltoala (kesanto + hoidettu viljelemätön pelto) kunnittain Hämeessä vuonna 2008 (Tilastokeskus / www.matilda.fi) sekä peltoalan perusteella määritetty ruokohelven teoreettinen energiapotentiaali.

Kunta	Kesantoala ha	Ruokohelven teoreettinen energiapotentiaali GWh
Forssa	552	12,1
Hattula	689	15,2
Hausjärvi	1168	25,7
Humppila	479	10,5
Hämeenlinna	2528	55,6
Janakkala	994	21,9
Jokioinen	524	11,5
Loppi	711	15,6
Riihimäki	207	4,6
Tammela	635	14,0
Ypäjä	487	10,7
Kanta-Häme yhteensä	8974	197,4
Päijät-Häme yhteensä	7233	159,1
Häme yhteensä	16207	356,5

8.2.2 Ruokohelven energiakäyttö Hämeessä nyt ja tulevaisuudessa

Ruokohelven polttoon soveltuvat parhaiten isot leijupolttokattilat, jotka tuottavat lämpöä ja sähköä joko teollisuuteen tai kaukolämmöksi. Tällaisia voimalaitoksia on Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella kolme kappaletta, Vanajan

voimalaitos Hämeenlinnassa, Forssan voimalaitos sekä Stora Enson voimalaitos Heinolassa. Tämän lisäksi lähialueilla toimii neljä voimalaitosta, Hyvinkään Lämpövoima Oy, Fortumin ja UPM-Kymmene Oy:n voimalaitokset Valkeakoskella, Kymin Voima Oy Kuusankoskella sekä Rauhalahden voimalaitos Jyväskylässä (Flyktman ja Paappanen 2005).

Ruokohelpeä viljellään Hämeen ELY-keskuksen alueella tällä hetkellä noin 600 hehtaarin alalla (Tilastokeskus 2010). Ruokohelven viljely jakaantuu suunnilleen tasan Forssan seudulle ja Lahden seudulle. Forssan seudulla ruokohelpeä päätyy poltettavaksi Vapon Kiimassuon lämpölaitoksessa. Lahden seudulla ruokohelpeä toimitetaan Kuusankoskelle Kymin Voima Oy:n lämpölaitokselle. Jonkin verran Päijät-Hämeen pohjoisosan ruokohelpituotannosta ilmeisesti ohjautuu myös Jyväskylään.

Lahden Kymijärvelle valmistuu vuonna 2012 leijupetikaasutukseen perustuva voimalaitos, jossa on kuitenkin tarkoitus polttaa jätettä (Lahti Energia 2010). Vanajan voimalaitos Hämeenlinnassa lisännee lähivuosina bioenergian käyttöään nykyisestä tasosta. Hämeessä on myös joitakin pieniä (noin 3 MW) arinapolttoon perustuvia lämpölaitoksia, joissa korsibiomassan hyödyntäminen pienessä mittakaavassa olisi mahdollista. Tällaisia laitoksia on Hauholla, Lammilla, Padasjoella, Lopella ja Humppilassa. Uusia tämän koko- luokan laitoksia on valmistumassa myös Hämeenkoskelle ja Sysmään.

Taulukossa 20 on esitetty em. laitosten ruokohelven teoreettinen käyttökapasiteetti ja energiantarvetta vastaava ruokohelven viljelypinta-ala (VTT 2005). Teoreettinen käyttökapasiteetti tarkoittaa laitoksen tekniikan sallimaa suurinta mahdollista käyttökapasiteettia. Ruokohelven energiaosuutena on laskelmissa käytetty 10 % laitoksen käyttämästä kiinteästä polttoaineesta.

Taulukko 20. Ruokohelven teoreettinen maksimikäyttökapasiteetti ja sitä vastaava tuotantopinta-ala nykyisin Hämeessä ja sen lähialueilla toimivissa lämpövoimalaitoksissa (Flyktman ja Paappanen 2005).

Voimalaitos	Kokonaiskäyttö GWh	pinta-ala ha	Käyttö Hämeen alueella GWh	Hämeen alue ha
Forssa	27	1237	27	1237
Hämeenlinna	9	427	9	427
Heinola *	63	2857	42	1904
Valkeakoski (Säteri) *	31	1386	10	457
Valkeakoski (UPM) *	50	2285	17	754
Hyvinkää *	23	1023	8	338
Kuusankoski *	119	5395	24	1079
Jyväskylä *	207	9389	41	1878
YHTEENSÄ	529	23999	177	8074

* Heinolan käyttöpotentiaalista 2/3 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

* Valkeakosken ja Hyvinkään käyttöpotentiaalista 1/3 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

* Kuusankosken ja Jyväskylän käyttöpotentiaalista 1/5 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

Ruokohelven tekninen käyttöpotentiaali nykyisin Hämeessä ja sen lähialueilla toimivissa lämpövoimalaitoksissa on energiamäärältään noin 180 GWh vuosittain. Tämä energiamäärä pysytään tuottamaan noin 8000 hehtaarin pinta-alalla.

Hämeen alueella ruokohelven tuotantopotentiaali on noin kaksinkertainen suhteessa käyttöpotentiaaliin eli nykyiset laitokset eivät pysty polttamaan kaikkea helpeä mikä potentiaalisesti voidaan tuottaa. Pitkät kuljetusmatkat käytännössä estävät ruokohelven siirtämisen kaukana sijaitseville voimalaitoksille, jotka pystyisivät polttamaan enemmän helpeä.

8.2.3 Ruokohelven käyttö pelletin raaka-aineena

Korsibiomassaa voidaan käyttää myös pellettien raaka-aineena (Flyktman ja Paappanen 2005). Sekoittamalla ruokohelpeä turpeeseen on mahdollista saada aikaan kestävää pellettiä, jonka poltto-ominaisuudet ovat hyvät. Pelletöintiä varten ruokohelvi on jauhettava lyhyeksi ja kuivattava 10 % kosteuteen. Ruokohelven pelletöintiä on kokeiltu mm. Turengissa Vapon pellettitehtaalilla. Ruokohelvipellettiä on käytetty myös kuivikkeena hevostiloilla. Pelletti tuotannon ja -käytön oletetaan kasvavan merkittävästi lähivuosina. Nykyinen raaka-ainepohja ei enää kykene kattamaan koko tarvetta. Tällöin ruokohelven käyttö pelletin raaka-aineena tulee lisääntymään. Ruokohelven pelletöinti lisää kustannuksia verrattuna silpun energiakäyttöön. Toisaalta pelletöinti alentaa kuljetuskustannuksia ja mahdollistaa ruokohelven käytön entistä laajemmalla alueella.

8.3 Oljen hyödyntäminen energiantuotannossa

Oljen energiakäyttö ei ole lisääntynyt merkittävästi 2000-luvulla. Oljen käyttöä rajoittavat etenkin sen polttoon liittyvät tekniset ongelmat kuten savukausujen korroosiovaikutukset sekä tuhkan määrän ja sulamispisteen aiheuttamat ongelmat (FINBIO 2010). Viljalaji vaikuttaa viljan oljen polttoaineominaisuuksiin. Polton kannalta paras on vehnän olki. Kauran olki puolestaan on tuhkan sulamiskäyttäytymisen suhteen hankala polttoaine.

Puuta ja turvetta pääpolttoaineena käyttävissä leijupolttokattiloissa oljen osuus polttoaineseoksen energiasisällöstä voi polttoon sisältyvien teknisten ongelmien vuoksi olla maksimissaan noin viisi prosenttia (Flyktman ja Paappanen 2005). Oljen energiakäyttö voitaisiin suunnata sen huonompien poltto-ominaisuuksien (alhainen tuhkan sulamispiste, korkea alkali- ja klooripitoisuus) takia rinnakkaispoltoon kivihiilen kanssa, jolloin oljen osuus voisi olla enimmillään kolmasosa kokonaisenergiasta.

8.3.1 Oljen tuotantopotentiaali Hämeessä

Hämeessä viljan viljelyyn käytettävä peltopinta-ala on noin 120 000 ha vuositain. Vuonna 2008 viljanviljelyn pinta-alaa oli yhteensä 123 000 ha, josta Kanta-Hämeessä 69 000 ha. Vuonna 2010, viljan huonosta markkinatilanteesta johtuen, alueen vilja-ala jäi poikkeuksellisesti alle 100 000 hehtaarin. Olkisatoa saadaan noin 2000 kg/ha ja oljen kuiva-aineen energiasisältö on noin 4,5 MWh/tonni. Täten yhdeltä hehtaarilta saadaan talteen noin 9 MWh vastaava energiatuotos.

Taulukossa 21 on esitetty viljan viljelyala kunnittain sekä sen perusteella määritetty olkisadon teoreettinen energiapotentiaali. Kanta-Hämeen alueen koko vilja-alaan sisältyvän oljen teoreettinen energiapotentiaali on noin 620 GWh. Tästä teoreettisesta olkisadosta arviolta noin 20 % ohjautuu kuivikekäyttöön. Täten kuivikekäytön yli jäävän oljen energiapotentiaali on noin 500 GWh. Vehnän viljelyala on Hämeen alueella vuosittain ollut noin neljännes koko vilja-alasta. Vehnän olki soveltuu parhaiten energiakäyttöön.

Taulukko 21. Viljan viljelyala kunnittain Hämeessä vuonna 2008 (Tilastokeskus / www.matilda.fi) sekä peltoalan perusteella määritetty oljen teoreettinen energiapotentiaali.

Kunta	Viljan viljelyala ha	Oljen teoreettinen energiapotentiaali * GWh
Forssa	4738	34,1
Hattula	3943	28,4
Hausjärvi	8657	62,3
Humpkala	4391	31,6
Hämeenlinna	15552	112,0
Janakkala	8617	62,1
Jokioinen	5728	41,3
Loppi	4488	32,3
Riihimäki	1707	12,3
Tammela	5703	41,0
Ypäjä	5859	42,2
Kanta-Häme yhteensä	69383	499,5
Päijät-Häme yhteensä	53806	387,4
Häme yhteensä	123189	886,9

* Energiapotentiaalin laskennassa on huomioitu, että noin 20 % oljesta päätyy kuivikekäyttöön.

8.3.2 Oljen energiakäyttö Hämeessä nyt ja tulevaisuudessa

Tällä hetkellä viljan olkea ei juurikaan käytetä energian raaka-aineena Hämeessä. Teoreettista käyttöpotentiaalia Hämeen ja lähialueiden voimalaitoksissa on tarkasteltu taulukossa 22. Sen perusteella olkea voisi vuosittain käyttää energiantuotantoon maksimissaan noin 90 GWh. Tämä vastaa noin 10 000 hehtaarin korjuu-ala.

Olkea voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa myös pienissä, vain oljenpolttoa varten suunnitelluissa (yleensä alle 1 MW) olkikattiloissa. Joitakin tällaisia laitoksia on viime vuosina käynnistänyt toimintansa Suomessa. Tulevaisuudessa olkea voi olla mahdollista hyödyntää myös etanolin ja biodieselin tuotannon raaka-aineena. Tällaista tuotantolaitosta ei kuitenkaan ole tällä hetkellä Hämeen ELY-keskuksen alueelle suunnitteilla.

Taulukko 22. Öljyn teoreettinen maksimikäyttökapasiteetti ja sitä vastaava tuotantopinta-ala nykyisin Hämeessä ja sen lähialueilla toimivissa lämpövoimalaitoksissa (Flyktman ja Paappanen 2005).

Voimalaitos	Kokonaiskäyttö GWh	pinta-ala ha	Käyttö Hämeen alueella GWh	Hämeen alue ha
Forssa	14	1500	14	1500
Hämeenlinna	5	550	5	550
Heinola *	32	3500	21	2333
Valkeakoski (Säteri) *	16	1800	5	594
Valkeakoski (UPM) *	25	2800	8	924
Hyvinkää *	12	1300	4	429
Kuusankoski *	60	6700	12	1340
Jyväskylä *	104	11500	21	2300
YHTEENSÄ	265	29600	90	9970

* Heinolan käyttöpotentiaalista 2/3 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

* Valkeakosken ja Hyvinkään käyttöpotentiaalista 1/3 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

* Kuusankosken ja Jyväskylän käyttöpotentiaalista 1/5 tulee Hämeen ELY-keskuksen alueelta

8.4 Öljykasvien hyödyntäminen energiantuotannossa

Rypsi on yleisimmin viljelty öljykasvi Suomessa. Sen tuottamissa sadoissa on suuria alueellisia ja vuosittaisia vaihteluita. Rypsin keskisadot ovat viime vuosina koko maan tasolla vaihdelleet 1200 – 1700 kg/ha välillä.

Öljykasveista voidaan energiantuotannossa hyödyntää siemensadosta puristamalla saatu kasviöljy. Öljyn saanto riippuu raaka-aineen laadusta ja myös puristusmenetelmästä. Keskimäärin öljyn saanto on noin 35 %. Puristamalla saatua kasviöljyä voidaan käyttää sellaisenaan polttoaineena lämmityksessä tai sitä voidaan jalostaa esteröimällä. Esteröinnissä kasviöljyyn lisätään metanolia, joka parantaa öljyn käyttöominaisuuksia mm. moottoripolttoainekäytössä. Esteröimätöntä kasviöljyä voidaan käyttää lähinnä lämmityskäytössä joko sellaisenaan tai seoksena kevyen polttoöljyn kanssa.

8.4.1 Öljykasvien tuotantopotentiaali Hämeessä

Viljelykiertovaatimuksen vuoksi öljykasveja suositellaan viljeltäväksi vain joka viides vuosi samalla peltolohkolla. Tämän vuoksi öljykasvien viljelyn potentiaalin voidaan arvioida olevan maksimissaan 20 % viljelyalasta. Tämä tarkoittaa, että rypsin viljelyala voisi Kanta-Hämeessä olla maksimissaan noin 14 000ha. Koko Hämeessä pinta-ala voisi olla noin 26 000 ha. Vuonna 2010 rypsiä Hämeessä oli ennätyksellisen suuri eli 19 600 ha.

Maksimiviljelyalan (14 000 ha) perusteella laskettu öljykasvien teoreettinen tuotantopotentiaali voisi Kanta-Hämeessä olla noin 21 milj. kg (oletussato 1500 kg/ha). Tästä määrästä tuotetun rypsiöljyn määrä on 7,4 milj. kg (öljysaanto 35 %), jonka energiasisältö on noin 70 GWh (10 kWh / kg rypsiöljyä). On kuitenkin perusteltua olettaa, että valtaosa öljykasvisadosta ohjautuu jatkossakin elintarviketuotantoon ja todennäköisesti vain pieni osuus sados-

ta hyödynnetään energiakäytössä. Yksittäisillä mautiloilla öljykasveista tuotetulla biodieselillä voi olla suurikin merkitys.

8.4.2 Öljykasvien energiakäyttö Hämeessä nyt ja tulevaisuudessa

Öljykasvien energiakäyttö Hämeen ELY-keskuksen alueella on tällä hetkellä hyvin vähäistä. Rypsiöljyä puristetaan vähäisiä määriä joillakin yksittäisillä mautiloilla omaan energiakäyttöön. Asikkalassa sijaitseva Hämeen Biodiesel Oy aloitti toimintansa vuonna 2007. Yhtiön suunnitelmissa oli tuottaa 8 milj. litraa bioöljyä vuosittain. Tällä hetkellä rypsiä ei puristeta lainkaan. Rypsiöljyn ja kevyen polttoöljyn hintasuhteiden muutos saattaa jatkossa käynnistää tuotannon.

Maatilojen energiaomavaraisuuden kannalta mielenkiintoinen vaihtoehto olisi lisätä tiloilla tuotetun kasviöljyn käyttöä viljan kuivauksessa. Kanta-Hämeen alueella viljan kuivaukseen käytetään vuosittain noin 35 GWh energiaa, joka tällä hetkellä käytännössä kokonaan tuotetaan kevyellä polttoöljyllä. Kasviöljyn käyttö seoksena polttoöljyn kanssa (50/50) onnistuisi ilman muutoksia polttotekniikassa tilatasolla. Kanta-Hämeessä tämä vaatisi rypsiäalaa 3400 ha (17,5 GWh). Tämä lisäisi huomattavasti tilojen energiaomavaraisuutta ilman ylimääräisiä tilatason investointeja. Teknisesti kasviöljyn tuotanto on hyvin yksinkertaista, varsinkin ilman esteröimisprosessia. Se olisi kuitenkin järkevää toteuttaa alueellisissa puristamoissa, joiden kautta hoidettaisiin myös puristusrouheen markkinointi joko rehuksi tai energiaksi.

8.5 Viljan hyödyntäminen energiantuotannossa

Viljaetanolin tuotantoa pidetään yhtenä vaihtoehtona polttoaineiden energiaomavaraisuuden lisäämisessä. FINBION tavoitteen mukaan viljaetanolin raaka-ainetta voitaisiin viljellä noin 70 000 hehtaarin peltoalalla Suomessa. Viljan energiasisältö vastaisi 1,1 TWh energiasisältöä ja tästä saataisiin noin 0,5 TWh etanolia.

Työ- ja elinkeinoministeriössä tehdyn selvityksen (Härmälä 2010) mukaan Suomessa on hyvät ympäristö-, energia-, teollisuus- ja maatalouspoliittiset perusteet viljapohjaisen bioetanolin tuotannon käynnistymiselle. Selvityksessä Lounais-Häme nähtiin yhtenä potentiaalisena sijoituspaikkana uudelle tuotannolle. Hämeen alueella viljan ohjautuminen energiantuotantoon riippuu merkittävällä tavalla alueen omasta etanolintuotannosta. Kanta-Hämeessä viljaetanolin tuotantomahdollisuuksia ovat selvittäneet Envor Group Oy ja Suomen Biojalostus Oy.

Bioetanolin tuotannon kannattavuus riippuu oleellisesti prosessissa sivutuotteena syntyvän rehun markkinoista. Viljaetanolin tuotannossa syntyy sivutuotteena mm. valkuaisrehua, jota tuodaan tällä hetkellä Suomeen. Täten viljaetanolin tuotanto parantaisi myös Suomen valkuaisomavaraisuutta. Viljaetanolin tuotantoa käsitellään lisää luvuissa ”Liikennebiopolttoaineet ja biokaasu”.

Elintarvikekäyttöön kelpaamattomia viljaeriä käytetään nykyään pieniä määriä lämmöntuotannossa lähinnä maatilojen omissa lämpölaitoksissa. Tässä selvityksessä oletetaan, että viljaa ei muuten ole laajemmassa mittakaavassa järkevää ohjata polttoon.

8.6 Nurmibiomassan hyödyntäminen energiantuotannossa

Nurmibiomassalla tarkoitetaan lähinnä rehuksi viljeltävää nurmea sekä kuivaheinää. Hämeen alueella nurmirehun tuotannossa on noin 32 000 hehtaaria. Nurmibiomassan käyttö energian tuotantoon perustuu pääasiassa sen biokaasuttamiseen. Nurmibiomassa ja ruokohelpi ovat hyviä raaka-aineita biokaasun tuotannossa. Niiden biokaasutuotto on jopa 30 MWh/ha. Esim. oljen biokaasutuotto jää selvästi alle 10 MWh/ha (Härkönen 2008).

Taulukossa 23 on esitetty Hämeen alueilta saatava teoreettinen biokaasupotentiaali olettaen, että kesantoaloilla viljeltäisiin nurmibiomassaa (esim. ruokohelpeä) vain biokaasun tuotantoa varten. Biokaasuenergiasaantona on käytetty arvoa 30 MWh/ha. Nurmibiomassasta saatava teoreettinen maksimipotentiaali olisi Kanta-Hämeessä 270 GWh/a. Tällä hetkellä Hämeen ELY keskuksen alueella ei ole yhtään biokaasua tuottavaa laitosta, joka hyödyntäisi tuotannossaan nurmibiomassaa.

Taulukko 23. Elintarviketuotannon ulkopuolella oleva peltoala (kesanto + hoidettu viljelemätön pelto) kunnittain Hämeessä vuonna 2008 (Tilastokeskus / www.matilida.fi) sekä peltoalan perusteella määritetty nurmibiomassan teoreettinen energiapotentiaali biokaasun tuotannossa.

Kunta	Kesantoala ha	Nurmibiomassan teoreettinen biokaasupotentiaali GWh
Forssa	552	16,6
Hattula	689	20,7
Hausjärvi	1168	35,0
Humppila	479	14,4
Hämeenlinna	2528	75,8
Janakkala	994	29,8
Jokioinen	524	15,7
Loppi	711	21,3
Riihimäki	207	6,2
Tammela	635	19,1
Ypäjä	487	14,6
Kanta-Häme yhteensä	8974	269,2
Päijät-Häme yhteensä	7233	217,0
Häme yhteensä	16207	486,2

8.7 Peltoenergian hyödyntämisen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset

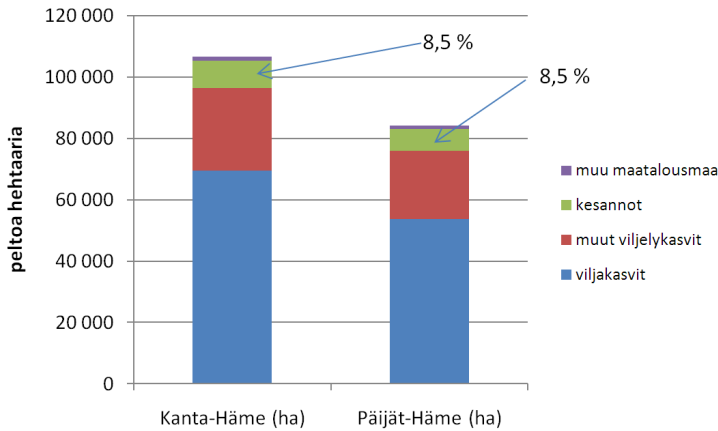
Aluetaloudellisesti peltoenergiantuotannolla on työllistävä vaikutus korjuu-, kuljetus- ja jalostusketjussa. Peltoenergiantuotanto parantaisi alueen energiantuotannon raaka-aineiden omavaraisuutta. Lisäksi vilja- ja öljykasvipohjaisten liikennebiopolttoaineiden tuotannon sivutuotteena syntyvällä valkuaisrehulla voitaisiin korvata tuontivalkuaisrehua.

Ympäristövaikutuksien näkökulmasta peltoenergiantuotannossa haastavia tekijöitä ovat viljelykäytössä olevan peltopinta-alan lisääntyminen ja sekä maaperän ravinnetasapainon säilyttäminen. Lisäksi viljelykäytössä kesantojen monimuotoisuus voi vähentyä sekä päästöt vesistöihin, maaperään ja ilmaan lisääntyvät. Lannoitteiden valmistaminen on energiantensiivistä ja lannoiteteollisuudessa käytetään paljon fossiilisia polttoaineita. Ympäristövaikutuksien näkökulmasta ja tuotannon energiataseen kannalta on hyvin tärkeää kehittää ravinteiden kierrättämistä peltoenergiantuotannossa. Biokaasun tuotannossa ravinteiden kierrätys voidaan jo nykyään toteuttaa tehokkaasti kierrättämällä ravinteet mädätysjännöksessä takaisin pellolle. Peltoenergiantuotannon muita mahdollisia ympäristövaikutuksia ovat viljelykierron monipuolistuminen pelloilla, joka voi parantaa viljelyn satotasoa. Lisäksi viljely ylläpitää avointa maisemaa.

8.8 Johtopäätökset peltobiomassoista

Tässä selvityksessä on oletettu, että laajamittainen peltoenergian tuotanto Hämeessä voisi perustua lähinnä ruokohelven viljelyyn ja viljan oljen hyödyntämiseen. Näiden lisäksi eri energialähteiden hintasuhteiden muutokset ja energian tuotantoon liittyvät poliittiset päätökset saattavat avata tuotantomahdollisuuksia esim. öljykasvien hyödyntämiselle kasviöljypohjaisen energian tuotannossa, viljan hyödyntämiselle etanolin tuotannossa tai nurmibiomassan hyödyntämiseen biokaasun tuotannossa.

Ruokohelvi on Suomen oloissa satoisin energiakäyttöön kasvatetuista kasveista. Tässä selvityksessä oletettiin, että ruokohelpeä voitaisiin viljellä aloilla, jotka viime vuosina ovat olleet poissa elintarviketuotannosta. Tällaisia peltoja oli Kanta-Hämeessä vuonna 2008 noin 10 000 ha (kuva 28) ja koko Hämeen ELY-keskuksen alueella vuodesta riippuen yhteensä noin 15 000 – 30 000 ha.

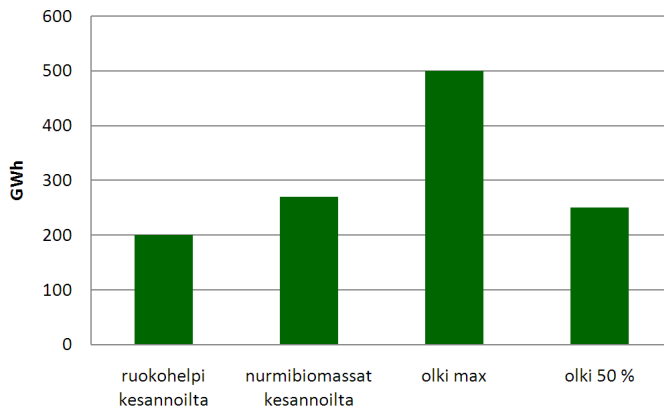


Kuva 28. Kanta- ja Päijät-Hämeen maatalousmaat vuonna 2008 (Tilastokeskus / www.matilda.fi)

Ruokohelven vuotuinen energiapotentiaali kesantoalalla tuotettuna Kanta-Hämeessä on noin 200 GWh (kuva 29) ja koko Hämeen alueen on noin 360 GWh. Ruokohelven käyttöpotentiaali nykyisin Hämeessä ja sen lähialueilla toimivissa voimalaitoksissa on energiamäärältään noin 180 GWh vuosittain. Hämeen alueella ruokohelven tuotantopotentiaali on siis noin kaksinkertainen suhteessa käyttöpotentiaaliin. Jos vastaavat pinta-ala käytettäisiin nurmibiomassan viljelyyn biokaasun tuotantoa varten, olisi biokaasun tuotantopotentiaali Kanta-Hämeessä noin 270 GWh (kuva 29) ja koko Hämeen alueen noin 490 GWh. Nurmibiomassat, mm. ruokohelvi, soveltuvat hyvin raaka-aineksi biokaasun tuotantoon ja niiden energiapotentiaali on korkea. Nurmibiomassoihin perustuvan biokaasuntuotannon kannattavuus edellyttää kuitenkin tähän tuotantomuotoon kohdistuvaa tukea tai toisaalta vaihtoehtoisten energialähteiden huomattavaa hinnannousua.

Viljan tuotannon sivutuotteen oljen hyödyntäminen energiantuotannossa on mielenkiintoinen vaihtoehto. Oljen tuotannon energiatase on hyvä, koska viljelyn tuotantopanosten voidaan katsoa kohdistuvan päätuotteena korjattavaan siemensatoon. Kanta-Hämeessä viljan tuotannon ohessa voitaisiin olkea korjata energiantuotantoon maksimissaan noin 55 000 ha alalta ja koko Hämeessä noin 100 000 ha alalta vuosittain. Tällöin oljen tuotannon teoreettinen energiapotentiaali olisi Kanta-Hämeessä 500 GWh ja koko Hämeessä noin 890 GWh vuodessa. Oljen käyttöpotentiaali nykyisin Hämeessä ja sen lähialueilla toimivissa voimalaitoksissa on energiamäärältään noin 90 GWh vuosittain. Hämeen alueella oljen tuotantopotentiaali on siis moninkertainen suhteessa nykyiseen käyttöpotentiaaliin. Oljen ohella viljanviljelyssä syntyy pieni määrä viljankuivauksen lajittelujätettä, jota hyödynnetäänkin polttoaineena mm. hakkeeseen sekoitettuna.

Oljen käyttöä kiinteänä polttoaineena rajoittavat sen polttoon liittyvät tekniset ongelmat kuten savukaasujen korroosiovaikutukset sekä tuhkan määrän ja sulamispisteen aiheuttamat ongelmat. Lisäksi oljen korjaaminen riittävän kuivana ei vaihtelevien säiden vuoksi onnistu jokaisena syksynä. Jos vuosittain puolet saatavilla olevasta oljesta saataisiin korjattua, olisi oljen energiapotentiaali Kanta-Hämeessä 250 GWh (kuva 29).



Kuva 29. Peltoenergian potentiaali Kanta-Hämeessä

Öljykasvien energiakäyttö Hämeen ELY-keskuksen alueella on tällä hetkellä hyvin vähäistä. Rypsiöljyä puristetaan vähäisiä määriä joillakin yksittäisillä maataloilla omaan energiakäyttöön. Polttoöljyn ja rypsin välisten hintasuhteiden muutokset saattavat kuitenkin lisätä kasviöljyn ja biodieselin tuotantoa.

Viljan ohjautuminen energiantuotantoon Hämeen alueella riippuu merkittäväällä tavalla alueen omasta etanolintuotannosta. Työ- ja elinkeinoministeriössä tehdyssä selvityksessä (Härmälä 2010) Lounais-Häme nähtiin yhtenä potentiaalisena sijoituspaikkana viljaetanolin tuotannolle. Envor Group Oy onkin aloittanut suunnitteluhankkeen, jossa selvitetään mahdollisuus viljapohjaisen bioetanolin- ja rehuntuotannon käynnistämiseen Forssassa.

Selvityksessä on esitetty peltoenergian tuotannon kestävä teoreettinen potentiaali. Teknistaloudellinen potentiaali on teoreettisesta potentiaalista joitakin kymmeniä prosentteja, mutta tulevaisuudessa tekniikan kehittymisen sekä taloudellisten muutoksien myötä teknistaloudellisen potentiaalın osuus teoreettisesta kestäväen energian potentiaalia tulee kasvamaan.

Energiantuotanto pelloilla riippuu viime kädessä viljelijöiden päätöksistä. Todellisuudessa vain osa kesantopeltoalasta ohjautuisi bioenergian tuotantoon. Mikäli kannattavan ja kilpailukykyisen tuotannon edellytykset ovat olemassa, energiantuotanto pelloilla käynnistyy nopeastikin. Energiakasvien tuotannon kilpailukykyisyyden ratkaisee ensisijaisesti pellolla tuotetusta energiasta maksettava hinta. Lisäksi vaikuttavia tekijöitä ovat viljelijöiden vaihtoehdot pellon käytölle ja näiden vaihtoehtoisten kasvien viljelyn kannattavuus. Polttoöljyn ja sähkön hinnan nousu luo edellytyksiä maatalojen energiaomavaraisuuden lisäämiseen. Kotoisten biopolttoaineiden hyödyntäminen kiinteistöjen lämmityksessä ja esim. rypsiöljyn tuotanto omaan käyttöön lisääntyvät entisestään hintasuhteiden muuttuessa niille edulliseksi.

9 Liikennebiopolttoaineet ja biokaasu

Uusiutuvan energian velvoitepaketissa Suomi on asettanut tavoitteeksi että liikennekäytössä biopolttoaineiden osuus on vuoteen 2015 mennessä 10 % ja vuoteen 2020 mennessä 20 %. (Pekkarinen 2010). Tämä vastaa noin 7 TWh:n energiamäärä. Vuodesta 2010 lähtien sekoitusvelvoite nousi 5,75 %:iin, joka vastaa koko EU:n tavoitteita (Direktiivi 2003/30/EY). EU:n liikenteen biopolttoaineiden osuuden tavoite vuodelle 2020 on 10 % (Direktiivi 2009/28/EY) ja vaihtoehtoisten liikennepolttoaineiden kokonaistavoite on 20 % (Euroopan energiahuoltostrategia 2000). Pidemmällä aikavälillä EU:n Liikenne 2050 -strategiassa tavoitteena on, että bensiini- ja dieselmoottorit korvataan sähköautoilla ja vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävillä autoilla. EU:n komission tavoitteena on leikata kaikkia liikenteen hiilidioksidipäästöjä 60 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Erityisesti keskipitkän matkan matkustaja- ja tavarakuljetuksia pitäisi komission mielestä siirtää rautateille ja vesiliikenteeseen. (EU:n Liikenne 2050-ohjelma 2011)

Liikenteeseen soveltuvia biopolttoaineita ovat:

- biodiesel
- bioetanoli
- ETBE eli esteröity bioetanoli
- biometanoli
- bioöljy
- biokaasu ja
- hääkäkaasu

Näistä työ- ja elinkeinoministeriön suurimmat tavoitteet laajamittaiselle käytölle kohdistuvat biodieselille ja bioetanolille. Työ- ja elinkeinoministeriön tavoitteena on kolme toisen sukupolven¹³ biodiesellaitosta. Viljapohjaisen bioetanolin tuotannon tavoite on 120 000 – 150 000 tonnia (Pekkarinen 2010). Biokaasua ei mainita erikseen liikennebiopolttoaineiden tavoitteiden yhteydessä, mutta biokaasun tavoite uusiutuvan energian velvoitepaketissa on 0,7 TWh.

¹³ Nimitykset ensimmäisen sukupolven ja toisen sukupolven liikennebiopolttoaine kuvaavat väljästi polttoaineen valmistusketjun kehittyneisyyttä, siten että toisen sukupolven laitoksien tuotantoprosessi ja raaka-aineiden tuotanto ovat tehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä eivätkä ne kilpaile ruoan tuotannon kanssa.

Liikennebiopolttoaineiden tuotannon päätavoitteena on vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Jotta tuotannon ympäristövaikutukset olisivat positiivisia verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, on tuotannolle asetettu kestävyyskriteerijä (liite 3). Biopolttoaineiden käytöstä saatava kasvihuonekaasupäästöjen vähennys tulee olla vähintään 35 % ja raaka-aineiden hankinnasta ei saa tulla vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen (Direktiivi 2003/30/EY). Suomea koskevassa selvityksessä todettiin ensin vuonna 2010, että osassa maata viljelyn kestävyyskriteerit täyttyvät vehnällä ja rapsilla. Komissio ei kuitenkaan hyväksynyt Suomen laskentatapaa etenkin maaperän päästöistä. Jatkotarkastelun jälkeen alkuvuonna 2011 todettiin, että Suomessa ei ole direktiivin rajoja alittavia viljaetanolin ja öljykasvipohjaisen biodieselin tuotantotapoja. Uudet lajikkeet ja viljelytekniikat voivat muuttaa tilanteen tulevaisuudessa. (Reskola 2011)

Kanta-Hämeen maakuntaohjelmissa ei ole mainintoja tavoitteista liikennebiopolttoaineiden käytön edistämiseksi. Päijät-Hämeen maakuntaohjelmassa mainitaan biomassojen ja jätteiden hyödyntäminen energiantuotannossa. Tässä yhteydessä mainitaan liikenteen fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biokaasulla. (Päijät-Hämeen maakuntaohjelma 2011 – 2014)

Seuraavissa luvuissa käsitellään bioetanolin, biodieselin ja biokaasun mahdollisuuksia liikenteen biopolttoaineina sekä tarkastellaan liikenteeseen liittyviä kestävän kehityksen haasteita ja mahdollisuuksia.

9.1 Bioetanoli

Bioetanoli on biomassasta valmistettua alkoholia. Etanolia syntyy entsyymien ja hiivojen hajottaessa käymisprosessissa biomassaa hapettomissa olosuhteissa (fermentaatio). Bioetanolin tuotannossa helpoiten hyödynnettäviä ovat sokeripitoiset raaka-aineet. Lisäksi hiilihydraatteja kuten tärkkelystä runsaasti sisältävät kasvit soveltuvat hyvin etanolin valmistukseen. Hiilihydraatit tulee kuitenkin pilkkoa ensin sokereiksi eli hydrolysoida. Etanolia voidaan valmistaa myös selluloosapitoisesta biomassasta, mutta valmistusprosessissa selluloosan pilkkominen sokereiksi on huomattavasti vaikeampaa ja kalliimpaa kuin hiilihydraateilla.

Suomessa etanolintuotantoon soveltuvia sokeri ja hiilihydraattipitoisia viljelykasveja ovat sokerijuurikas, ohra ja vehnä. Koska Suomen olosuhteissa nykyiset viljakasvit eivät täytä RES-direktiivin kestävyys kriteereitä, selvitetään uusien viljalajikkeiden käyttöä sekä viljelytekniikoita. Forssassa Envi-tech-alueen yhteyteen suunnitella olevan bioetanolintuotantolaitoksen raaka-aineeksi on selvitetty ruisvehnää, joka on hyvin satoisa viljakasvi (Laine 2011). Lisäksi elintarviketeollisuuden sivuvirrat ja erilliskerätty biohajoava jäte sopivat tietyin varauksin etanolin tuotantoon. Selluloosapitoisista raaka-aineista Suomessa mahdollisia ovat mm. ruokohelpi, olki ja puu.

Taulukossa 24 on vertailtu eri raaka-aineita etanolin tuotannossa. Sokerijuurikkaalla saadaan hehtaaria kohti tuotettua suurin määrä etanolia. Viljan

viljely on kuitenkin Suomen olosuhteissa suhteellisesti kilpailukykyisempää kuin sokerijuurikkaan viljely, koska viljat eivät ole yhtä vaateliaita kasvuolosuhteiden, kuten pellon happamuuden ja ravinnemäärien suhteen (Mäkinen 2006, s. 85).

Taulukko 24. Bioetanolin raaka-aineiden vertailu (Kymäläinen 2007, Soukko 2010, Virtanen 2009, Sahramaa 2007)

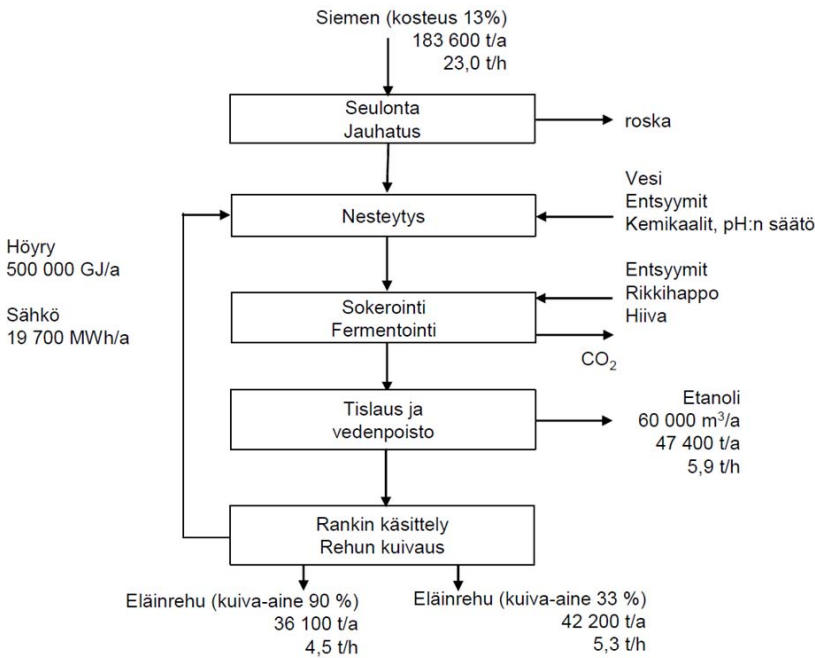
Raaka-aine	t etanolia / t raaka-ainetta	t etanolia / ha	t raaka- ainetta/ ha
ohra	0.26	1.04	4.00
vehnä	0.30	1.22	4.00
sokerijuurikas	0.08	3.07	40.00
olki	0.16	0.31	2.00
ruokohelpi	0.19	0.8-1.9	4.5-10
hake	0.10		
Erilliskerätty biojäte	0.004		

9.1.1 Tuotantoprosessi

Liikennepolttoaineeksi valmistettavan etanolin tuotanto muodostuu neljästä päävaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa raaka-ainetta esikäsitellään käymisprosessiin soveltuvaksi. Tämän jälkeen käymisprosessissa raaka-ainesta muodostuu alkoholia. Käymisprosessin jälkeen etanoli erotetaan muista käymistuotteista tislamalla ja lopuksi etanoli absolutisoidaan polttoainekäyttöön soveltuvaksi alkoholiksi. Prosessin energiatehokkuuden kannalta on haastavaa se, että etanolin erottaminen vedestä kuluttaa paljon energiaa.

9.1.1.1 Sokeri- ja hiilihydraattipitoinen raaka-aine

Etanolin valmistusprosessi alkaa raaka-aineiden puhdistamisella ja jauha- tuksella tai murskauksella. Tämän jälkeen raaka-aine laimennetaan vedellä sopivaksi liuokseksi. Jotta raaka-aineen tärkkelys pilkkoutuu sokereiksi, raaka-aineeseen lisätään entsyymejä. Tämän jälkeen liuokseen lisätään hiivaa, joka hapettomissa olosuhteissa muuntaa sokereita etanoliksi. Lisäksi prosessissa syntyy paljon hiilidioksidia. Käymisen jälkeen etanoli erotetaan mäs- kistä tislamalla. Kuvassa 30 on esitetty ohraetanolia valmistavan tehtaan prosessin vaiheet.



Kuva 30. Ohraetanolihteaan massatase- ja energiapanokset (Mäkinen 2006, s. 87)

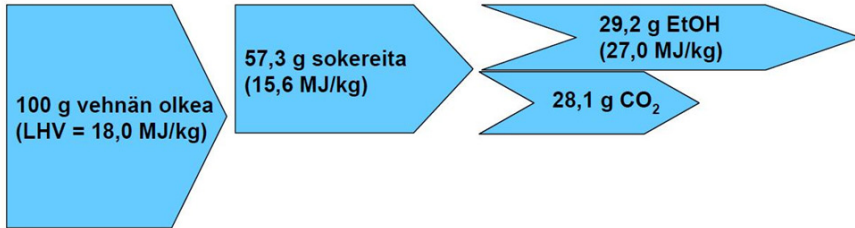
9.1.1.2 Selluloosapitoinen raaka-aine

Toisen sukupolven bioetanolin tuotannossa raaka-aineena käytetään ligniini- ja selluloosapitoista biomassaa kuten puuta ja ruokohelpiä. Ligniini on biomassan sideaine, joka pitää kuiturakenteen koossa. Prosessin ensimmäinen vaihe on erottaa biomassasta sen sisältämä ligniini, jotta selluloosa- ja hemiselluloosakuutuja voidaan pilkkoa sokereiksi etanolin valmistamiseksi. Ligniininpoisto on haastavin ja koko prosessin nopeutta rajoittava vaihe (Soukko 2010, s. 14). Se on energiaintensiivistä ja se toteuttaminen on järkevintä mekaanisen, kemiallisen ja lämpökäsittelyn yhdistelmällä. Pelkkä mekaaninen käsittely kuluttaa enemmän energiaa (Soukko 2010, s.14, 15, 17).

Ligniininpoiston jälkeen kuituseosta on pestävä seuraavia prosessivaiheita häiritsevien reaktiotuotteiden poistamiseksi. (Soukko 2010, s. 17) Tämän jälkeen selluloosa ja hemiselluloosa voidaan entsyymi-, happo- ja emäskäsittelyjen avulla pilkkoa sokereiksi. Tämän jälkeen käymisprosessilla sokereista valmistetaan etanolia.

Tällä hetkellä ligniiniä sisältävästä biomassasta on kallista valmistaa etanolia. Prosessin kaikissa vaiheissa on tarvetta kehitykselle. Ligniinin erotuksen tehokkuutta ja nopeutta tulisi kehittää, selluloosan ja hemiselluloosan pilkkominen sokereiksi on haastavaa ja käytettävät raaka-aineet ovat kalliita. Li-

säksi selluloosasta ja hemiselluloosasta syntyvät sokerit eivät käy alkoholiiksi tavanomaisilla hiivoilla, vaan hiivoja tulisi kehittää etanolisaannon kasvatamiseksi (Bioste Oy:n www-sivut). Kun vehnän oljesta valmistetaan etanolia, 100 grammasta olkea saadaan 29,2 g etanolia (kuva 31).



Kuva 31. Etanolin teoreettinen saanto vehnäoljesta (Soukko 2010, s. 28)

9.1.1.3 Tislaus ja absolutisointi

Tislaus on jaettavissa ainakin kolmeen vaiheeseen, jotka ovat raakatislaus, puhdistustislaus ja absolutisointi. Tavanomaisella tislauksella etanolipitoisuus saadaan nostettua 85 – 95 prosenttiin. Etanolista voidaan tämän jälkeen poistaa vettä vielä absolutisoinnilla, jolloin etanolipitoisuus nousee 99,8 prosenttiin. Etanoli on hygroskooppinen aine eli se sitoo itseensä kosteutta ilmasta. Etanoliiin pitää kuitenkin lisätä lisäaineita, jotka estävät veden uudelleen sitoutumista etanoliiin. Absolutisoinnilla polttoaineen ominaisuudet saadaan soveltuviksi Suomen olosuhteisiin, jotta polttoaineen sisältämä vesi ei aiheuta ongelmia polttoainejärjestelmälle. Lisäksi polttoaineen energiatiheys kasvaa absolutisoinnissa. (St1 Oy:n www-sivut, Lampinen 2009 s. 203)

9.1.1.4 Sivutuotteiden hyödyntäminen

Etanolin valmistus kuluttaa paljon energiaa lopputuotteena saatavan etanolin energiasisältöön verrattuna. Etanolinvalmistuksen energiatehokkuuden ja taloudellisen kannattavuuden näkökulmista on tärkeää että tuotannon sivutuotteet hyödynnetään järkevästi. Kun etanolia valmistetaan tärkkelys- ja sokeripitoisista raaka-aineista, käymisprosessin sivutuotteena syntyvää rankkia voidaan hyödyntää rehuna. Mäski voidaan toimittaa maataloille joko märkärehuna tai kuivata rehupelletiksi.

Viljaetanolin kohdalla rankin hyödyntäminen voisi olla parantamassa merkittävästi Suomen rehuteollisuuden valkuaisomavaraisuutta, joka on nykyään vain 10 – 15 % (Härmälä 2010, s. 9). Jos viljaetanolia tuotettaisiin TEM:n tavoitteiden mukaisesti 150 000 tonnia, sivutuotteena syntyvillä rehujakeilla voitaisiin korvata 25 % ulkomailta tuodusta valkuaisrehusta (Härmälä 2010, s. 11).

Viljaetanolin valmistuksessa myös oljen keräämisellä ja hyödyntämisellä energianlähteenä voidaan parantaa valmistuksen kokonaisenergiatohokkuutta. Toisaalta vaikutukset eivät ole yksiselitteisiä, sillä oljen kerääminen voi lisätä pellon lannoitustarvetta pitkällä aikavälillä. Viljan sekä rypsin ja rapsin viljelyn sivutuotteena syntyviä olkia ja korsia käytetään Suomessa lähinnä eläinten kuivikkeena ja rehuna, johon syntyvästä oljesta käytetään noin 20 %. Loppuosa oljesta ja korsista kynnetään yleensä peltoon parantamaan pellon laatua ja humuspitoisuutta. Suorakylvön yleistyminen voi lisätä tarvetta oljen korjaamiseksi pois pelloilta kylvön tieltä. (Virtanen 2009, s. 9)

Jos etanolinvalmistuksessa jäljelle jäävää rankkia ei voida hyödyntää rehuna, voidaan se hyödyntää myös mädätysprosessissa biokaasun tuottamiseksi tai kuivata poltettavaksi. Esimerkiksi biojätteestä etanolia valmistavalla laitoksella rankin sisältämä energia on lähes kaksinkertainen prosessisin päätuotteen etanolin energiamäärän nähden (St1 Biofuels Oy 2009). Myös ligniiniä sisältävän sivuvirran käyttäminen energianlähteenä etanolin valmistuksessa ligniinipitoisesta biomassasta parantaa prosessin energiatasetta huomattavasti. Kuvasta 31 käy ilmi että käymisprosessiin päätyvät sokerit sisältävät noin puolet vehnänoljen sisältämästä energiamäärästä.

9.1.2 Bioetanolin tuotannon energiatase

Kun arvioidaan bioetanolintuotannon energiatasetta, käytetyllä raaka-aineella on suuri merkitys tuotannon energiatohokkuuteen. Taulukossa 25 on vertailtu hiilihydraattipohjaisen ja selluloosapohjaisen etanolin valmistusta. Selluloosapohjaisten raaka-aineiden tuotanto kuluttaa vähemmän energiaa, mutta selluloosan pilkkominen sokereiksi vaatii paljon energiaa ja prosessissa tarvittavat entsyymit ovat kalliita. Selluloosan pilkkomisesta jäljelle jäävää ligniinipitoista sivutuotetta voidaan käyttää prosessin energianlähteenä, joten kokonaisuutenaan selluloosapohjainen etanolintuotanto on energiataseltaan parempi kuin hiilihydraattipohjainen.

Etanolinvalmistuksen energiatohokkuutta heikentää myös se että hiivat pysyvät tuottamaan noin 12–18 % alkoholia, jonka jälkeen alkoholin tislaiminen ja absolutisointi kuluttaa paljon energiaa. Etanolin tuotanto on kannattavinta paikoissa, joissa on saatavilla halpaa lämpöä kuten esimerkiksi teollisuuden hukkalämpöä. Päästöjen näkökulmasta on myös tärkeää että käytettävä lämpö on uusiutuvaa energiaa. Lisäksi voidaan todeta että raaka-aineen kuljetusmatkalla on suuri merkitys energiataseeseen ja elinkaarikustannuksiin sillä raaka-aineen energiatiheys on matala verrattuna siihen, että valmista polttoainetta kuljetetaan. RES-direktiivissä on määritetty biopolttoaineille päästövähennystasot, jotta valmistettu liikennepolttoaine voidaan luokitella uusiutuvaksi polttoaineeksi (liite 3). Luvussa 5.4 on vertailtu eri liikennebiopolttoaineita.

Taulukko 25. Bioetanolin valmistuksen energiankulutus (Mäkinen 2006, Alve 2007)

Etanolin valmistus	MJ/MJ C ₂ H ₅ OH	
	Sokeri- ja hiilihydraattipohjainen (ohra)	Selluloosa-pohjainen (ruokohelppi)
Raaka-aineen tuotanto	0,44	0,13
Raaka-aineen esikäsittely	} 0,66	0,07
Valmistuksen muut raaka-aineet		0,23
Käyminen		0,00
Tislaus ja absolutisointi		0,88
Sivutuotteiden energia	-0,26	-0,91
Yhteensä	0,84	0,40

9.1.3 Bioetanolin tuotanto ja käyttö

Työ ja elinkeinoministeriön uusiutuvan energian velvoitepaketissa viljapohjaisen bioetanolin tuotannon tavoitteena on 120 000 – 150 000 tonnin etanolintuotanto vuonna 2020 (Pekkarinen 2010). Härmälän (2010) mukaan Suomessa olisi tilaa 2 – 3 viljaetanolia valmistavalle laitokselle, joiden keskimääräinen tuotantokapasiteetti olisi 60 000 tonnia etanolia. Härmälän selvityksessä todetaan, että Suomessa on hyvät ympäristö-, energia-, teollisuus- ja maatalouspoliittiset perusteet viljapohjaisen bioetanolin tuotannon käynnistymiselle. Raaka-aineena laitokset käyttäisivät nykyään ulkomaan vientiin menevään ylituotantoviljaa ja lisäksi etanolin tuotannon sivutuotteena saatava valkuaisrehu parantaisi merkittävästi Suomen valkuaisrehun omavaraisuutta sekä turvaisi GM-vapaan valkuaisrehun saantia. Härmälä totesi selvityksessä, että valtiolla on kaikki perusteet tukea viljapohjaisen bioetanolin tuotannon käynnistymistä Suomessa. Lounais-Häme nähtiin yhtenä potentiaalisena sijoituspaikkana uudelle tuotannolle. 60 000 tonnin viljaetanolin tuotanto vastaa energiamäärältään 440 GWh. Riippuen viljalajista laitos tarvitsisi 200 000 – 230 000 tonnia viljaa ja 55 000 ha viljantuotantopinta-alaa, joka on 80 % Kanta-Hämeessä viljan viljelyyn käytetystä pinta-alasta vuonna 2010. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että viljaetanolitehtaan raaka-aine kuljetettaisiin laajalta alueelta usean maakunnan alueelta.

Kanta-Hämeessä toimii tällä hetkellä yksi etanolia liikennekäyttöön valmistava laitos ja lisäksi kaksi laitosta on suunnitteilla. ST1:n laitos toimii Hämeenlinnassa Karanojan kaatopaikan yhteydessä. Se valmistaa bioetanolia erilliskerätystä biojätteestä. Laitoksen tuotanto kapasiteetti on 1150 tonnia etanolia (8,5 GWh) ja vuodessa biojätettä käsitellään keskimäärin noin 15 000 tonnia (ST1 Biofuels Oy 2009). Laitos otettiin käyttöön kesällä 2010. ST1 on saanut vuoden 2010 lopulla ympäristöluvan bioetanolin tuotannon aloittamiseksi Genercor International Oy:n entsyymitehtaan yhteydessä Jokioisilla entisen siirappitehtaan tiloja hyödyntäen. ST1:llä on ollut siellä aiemmin vuonna 2010 koetoimintalupa bioetanolintuotannolle. Raaka-aineena laitoksella käytetään Genercorin entsyymitehtaan tuotannosta jäljelle jäävää ohralientä. Bioetanolin tuotantolaitoksessa voidaan käsitellä enimmillään 120 000 t raaka-ainetta

vuodessa, jolloin 90 prosentista vesi-etanoliseosta tuotetaan maksimissaan 9 300 t/v (60 GWh) (St1 Biofuels Oy 2010). Kanta-Hämeen alueella St1 suunnittelee lisäksi Karanojan laitoksen yhteyteen etanolintuotannon fiberix-koelaitosta, joka valmistaisi etanolia selluloosapohjaisista raaka-aineista. St1 etanolintuotantolaitoksilta 85 – 95 prosenttinen etanoli toimitetaan säiliöautoilla yhtiön Haminan laitokselle absolutisoitavaksi 99,8 prosenttiseksi bioetanoliksi. Valmistettua etanolia myydään bensiinin ja etanolin seoksena St1:n Suomen asemilla. (ST1 Biofuels Oy 2009 ja 2010)

Forssassa Envitech-alueelle Kiimassuolle on kaavailtu bioetanolitehdasta, jonka muodostaisivat viljaa raaka-aineenaan käyttävä viljaetanolilaitos sekä biojätteitä raaka-aineenaan käyttävä biojäte-etanolilaitos. Viljaetanolilaitoksen raaka-aineena käytettäisiin ohraa ja vehnää 340 000 – 388 000 tonnia vuodessa. Päätuotteina tehdas tuottaisi etanolia 100 000 tonnia (740 GWh), kuiturehua (k.a. 30 %) 210 000 tonnia ja valkuaisrehua (k.a. 30 %) n. 166 000 tonnia. Myöhemmin raaka-aineeksi on selvitetty ruisvehnää, sillä ohran ja vehnän viljely eivät tällä hetkellä täytä RES-direktiivin kestävyyskriteereitä. Biojäte-etanolilaitos käyttäisi raaka-aineenaan 50 000 t biojätettä vuodessa ja tuottaisi arviolta 3000 t (20 GWh) etanolia vuodessa. Prosessin sivutuotteita hyödynnettäisiin biokaasuntuotannon raaka-aineena. (Envor Bio-tech Oy 2010, Laine 2011)

Vuonna 2007 valmistui Suomen Biojalostus Oy:n esiselvitys etanolintuotannon käynnistämiseksi Hämeenlinnan seudulla. Suunniteltu laitos tuottaisi bioetanolia ohrasta 50 000 tonnia vuodessa. Vuotuinen raaka-ainetarve olisi noin 193 milj. kg ohraa, mikä vastaa noin 55 000 hehtaarin viljelyalaa. Suunnitelmat eivät kuitenkaan edenneet toteutusvaiheeseen. Maanviljelijöiden kannalta etanolilaitoksen synnyttämä viljan kysyntä voisi vaikuttaa positiivisesti viljanhintaan ja lisäksi valkuaispitoisen rehun omavaraisuus parantuisi. (Kymäläinen 2007)

Päijät-Hämeessä toimii tällä hetkellä yksi laitos, joka tuottaa bioetanolia liikennepolttoaineeksi. ST1 Biofuels Oy:n Lahden Etanolix-laitos valmistaa etanolia elintarviketeollisuuden sivutuotteista, hukkanesteistä ja ylijäämäeristä. Laitoksessa valmistetaan Etanolix-prosessilla 85-painoprosenttista etyylialkoholia polttoainekäyttöön. Laitoksessa voidaan käsitellä enimmillään 9000 t biohajoavia jätteitä vuodessa, jolloin 85-prosenttista etanolia tuotetaan maksimissaan 900 t/v (6 GWh). Laitoksen pääasialliset raaka-aineet ovat kulu-tukseen soveltumattomat siiderit, limonadit ja oluet, ylijäämähiiva ja kauppojen ylijäämäleipä. (St1 Biofuels Oy 2009)

St1:llä on tällä hetkellä olemassa etanolintuotantoa tärkkelys- ja sokeripohjaisista sivuvirroista Etanolix-laitoksissa ja biojätteistä Bionolix-laitoksessa. Lisäksi ST1:llä on tavoitteena tuottaa etanolia sekajätteestä Waste 360 menetelmällä sekä mm. kierrätyskuidusta ja puupohjaisista raaka-aineista tuotenimellä Cellunolix. Etanolix tuotantotavoitteeksi on asetettu 10 – 15 miljoonaa litraa (60 – 90 GWh) vuoteen 2015 mennessä, Bionolixin tuotantopotentiaaliksi on arvioitu 5 – 10 miljoonaa litraa (30 – 60 GWh) ja Cellunolixin

tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä on asetettu 250–280 miljoonaa litraa (1 400–1 600GWh). (St1 Oy:n www-sivut)

9.2 Biodiesel

Biodieseliä ovat luonnon uusiutuvista raaka-aineista valmistetut polttoaineet, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan dieselöljyä. Niin sanottu ensimmäisen sukupolven biodiesel valmistetaan kasvi- tai eläinperäisistä öljyistä esteröimällä. Toisen sukupolven biodieseliksi kutsutaan kasvi- tai eläinperäisistä öljyistä vedytysmenetelmällä valmistettua dieselpolttoainetta. Kolmannen sukupolven biodieseliksi kutsutaan Fischer-Tropsch -kaasutusprosessissa valmistettua biodieseliä ja sen raaka-aineeksi soveltuu laajin kirjo erilaisia biomassoja. Suomen olosuhteissa kiinnostavimpia raaka-aineita öljystä ja rasvasta valmistettavalle biodieselille ovat rypsi, rapsi ja elintarviketeollisuuden jäterasvat. Kaasutusprosessin kiinnostavimpia raaka-aineita ovat metsähake, ruokohelpi ja olki. Taulukossa 26 on vertailtu eri raaka-aineita biodieselin tuotannossa.

Taulukko 26. Biodieselin raaka-aineiden vertailu (Mäkinen 2006, Turpeinen 2007, Agrimarket www-sivut)

Raaka-aine	t / t raaka-ainetta	t / ha	t raaka-ainetta/ ha
rypsi	0.35	0.55	1.60
rapsi	0.34	0.72	2.10
palmuöljy	0.20	4.50	22.00
ruokohelpi	0.31	2.34	7.50
hake	0.22		
elintarviketeollisuuden jäterasvat	~0.80		

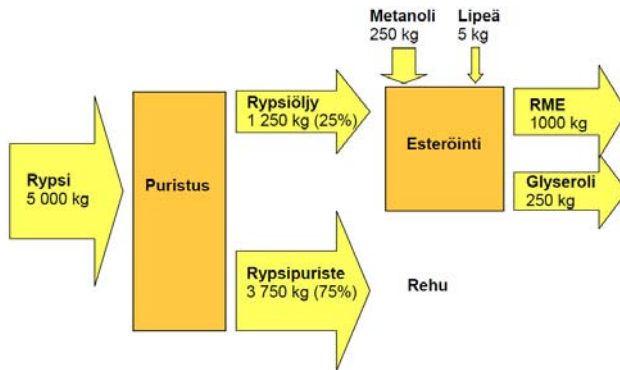
9.2.1 Tuotantoprosessi

9.2.1.1 Esteröintimenetelmä

Öljykasveista valmistettavan ensimmäisen sukupolven biodieselin valmistuksen ensimmäinen vaihe on öljynerotus. Öljykasvien siemenien puristus toteutetaan useassa vaiheessa öljyn saannon parantamiseksi. Myös kuumakäsittely tehostaa öljyn saantoa. Teollisen mittakaavan puristamossa öljyä saadaan luokkaa 400 kg / tonni ja maatilamittakaavassa luokkaa 250–300 kg / tonni. Puristuksen jälkeen öljy puhdistetaan ja käsitellään eli raffinoidaan esteröintiominaisuuksien parantamiseksi. Raffinoinnissa voidaan käyttää korkeita lämpötiloja ja kemikaaleja.

Öljyn esteröinti tehdään pääasiassa alkoholin avulla ja metanoli on tähän tarkoitukseen edullisin ja sopivin. Etanolin käyttö voi aiheuttaa ongelmia, sillä se sisältää tislattunakin jonkin verran vettä. Esteröinnissä öljyn rasvahapot esteröidään ja sivutuotteena syntyy vahamainen glyseroli. Glyserolin erottaminen syntyneestä rypsimetyyliesteristä onnistuu sen erilaisen tiheyden

vuoksi painovoimaan perustuvilla menetelmillä kuten sentrifugilla. Esteröinnillä parannetaan öljyn viskositeettia ja kylmäkäyttöominaisuuksia. Esteröitymisen aikaansaamiseksi prosessi tarvitsee emäs- tai happokatalyytin. Prosessi on tehokkaampi monivaiheisena, jolloin öljy esteröidään ensin happokatalyytin avulla ja tämän jälkeen uudelleen emäskatalyytillä. Pienen mittakaavan valmistuksessa sivutuotetta glyserolia syntyy 25 % (kuva 32). Tehokkaassa prosessissa glyserolia syntyy vain muutamia prosentteja. Teollisen mittakaavan laitteilla myös metanolin käyttötarve vähenee, sillä prosessin sisäinen kierrätys on tehokkaampaa. (Vihma 2006)



Kuva 32. Esimerkki RME:n (1000 kg) tuotantokaaviosta maatilatason laitteistolla (Vihma 2006)

Jos esteröintiprosessin raaka-aineena käytetään elintarviketeollisuuden jäterasioita, rasvojen mahdollisesti sisältämä vesi tulee poistaa öljyistä. Vesi aiheuttaa muuten ongelmia esteröintiprosessille. Kuivaus voidaan toteuttaa rikkihapolla, jonka tarve on 1–2 % öljyn määrästä. (Hämeen biodiesel Oy 2007, s.4)

9.2.1.2 Vedytysmenetelmä

Suomessa Neste Oil tuottaa biodieseliä synteettisesti vetykäsittelyllä (Vihma 2006, s.9) Tätä menetelmää kutsutaan ns. toisen sukupolven biodieseliksi, sillä sen tuotantoon soveltuvat kaikentyyppiset kasviöljyt ja eläinrasvat (Ristimäki 2008, s.23). Lisäksi menetelmällä valmistetun biodieselin laatu vastaa kaikilta osin tavanomaista dieseliä eikä näin ollen aiheuta rajoituksia polttoaineen käytölle.

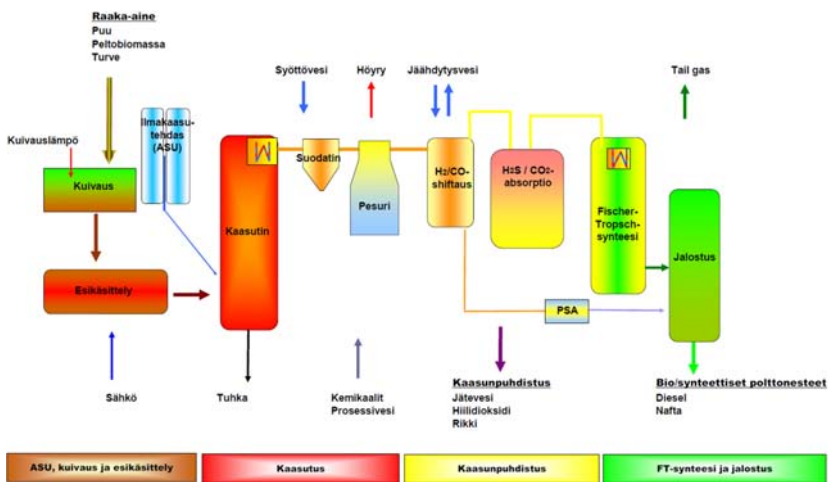
Neste Oil on kehittänyt vetykäsittelymenetelmää 1990-luvun puolesta välistä lähtien. Valmistuksen ensimmäisessä vaiheessa rasvoista poistetaan epäpuhtaudet. Seuraavassa vaiheessa rasvojen rakennetta muutetaan korkeassa paineessa vetykäsittelyllä, jolloin valmistettavan dieselin syttymis- ja palamisominaisuudet eli setaaniluku parantuvat. Prosessissa käytetään rikinpoistokatalyyttejä. Kasviöljyn kylmäominaisuuksia parannetaan isomeroi-

nilla sopivien katalyyttien läsnä ollessa. Lopuksi syntynyt dieselöljy stabilisoidaan. (Ristimäki 2008, s.24, Mäkinen 2006, s.83)

9.2.1.3 Fischer-Tropsch synteesikaasumenetelmä

Fischer-Tropsch synteesimenetelmällä (FT) valmistettavan biodieselin raaka-aineeksi soveltuu laajin kirjo orgaanista ainetta. Biodieseliä voidaan valmistaa muun muassa puusta. Prosessi on jaettavissa neljään päävaiheeseen. Ensimmäiseksi käytettävä raaka-aine kuivataan. Tämän jälkeen biomassaa kaasutetaan. Kaasuttimessa syntyvistä kaasuista vety ja hiilimonoksidi ovat toivottuja komponentteja jatkokäsittelyä varten. Kaasutus voidaan toteuttaa ilmalla tai hapella ilmanpaineisena tai paineistettuna. Syntyvän kaasun koostumus vaihtelee paljon kaasutusprosessista riippuen. Ennen varsinaista FT-synteesiä kaasu puhdistetaan joko kuivamenetelmin tai märkäpesulla. Terva on epäpuhtaus syntyvässä kaasussa, mutta sitä voidaan krakkaamalla pilkkoa lyhyemmiksi hiilivedyiksi, jolloin sitä voidaan edelleen hyödyntää synteisipolttoaineen valmistuksessa. (Alve 2007)

Puhdistuksen jälkeen kaasu paineistetaan ja kuumennetaan 20–40 baarin paineessa 180–250 C° lämpötilaan ja syötetään FT- reaktoriin. Reaktorissa hiilimonoksidi ja vety reagoivat muodostaen katalyyttien vaikutuksesta erimittaisia hiilivetyketjuja sekä vettä. Tämän jälkeen synteesireaktion hiilivetyketjuja pilkotaan krakkaamalla halutunlaisiksi polttoaineiksi. Synteesireaktion olosuhteista riippuen krakkauksen jälkeen lopputuotteena saadaan eri määriä dieselöljyä, bensiiniä, lentopetrolia ja vahoja. Synteesireaktorista poistuva jäännöskaasu voidaan kierrättää takaisin synteesiin tai käyttää sellaisenaan polttoaineena. Kuvassa 33 on esitetty synteettisen biodieselin valmistuksen prosessikuva Fischer-Tropsch-menetelmälle. (Alve 2007)



Kuva 33. Synteettisen biodieselin valmistuksen prosessikuva Fischer-Tropsch-menetelmälle (Metsäliitto ja Vapo Oy, s. 23)

9.2.2 Sivutuotteiden hyödyntäminen

Rypsistä tuotettavan biodieselin sivutuotteita ovat öljyn puristuksen puristerouhe, esteröinnissä syntyvä glyseroli sekä rypsin korsi. Rouhetta voidaan käyttää eläinten rehuna korvaamaan tuontisoijaa, polttaa lämpökattilassa tai käyttää biokaasuprosessin raaka-aineena. Rypsirouhe soveltuu märehittäjille ja sioille ainoaksi valkuaisen lähteeksi, kun kanoilla voidaan puolet soijarehusta korvata rypsirohulla (Alve 2007). Glyserolia voidaan käyttää polttoaineena lämmöntuotannossa tai sitä voidaan puhdistaa kemianteollisuuden raaka-aineeksi (Vihma 2006, s.28). Rypsin kortta voidaan olettaa käytettävän polttoaineena (Tuukkanen 2007, s. 33).

Vedytysmenetelmällä lopputuotteesta noin 5 % on biobensiiniä (Nylund 2010, s. 142). FT-menetelmän toteutuksesta riippuen sivutuotteena syntyy pieniä määriä bensiiniä, lentopetroolia ja vahoja.

9.2.3 Biodieselin tuotannon energiatase

Kun arvioidaan biodieselin tuotannon energiatasetta, käytetyillä raaka-aineilla, niiden valmistusmenetelmillä ja raaka-aineiden kuljetusmatkoilla on suuri merkitys tuotannon energiatehokkuuteen ja elinkaarikustannuksiin. Taulukossa 27 on vertailtu rypsistä esteröintimenetelmällä ja vedytysmenetelmällä valmistetun biodieselin sekä metsähakkeesta FT-menetelmällä valmistetun biodieselin energiataseita. Päästöjen näkökulmasta on myös tärkeää, että raaka-aineiden tuotannossa ja valmistusprosessissa käytetään uusiutuvia energialähteitä. RES-direktiivissä on määritetty biopolttoaineille päästövähennystasot, jotta valmistettava liikennepolttoaine voidaan luokitella uusiutuvaksi polttoaineeksi. Luvussa 5.4 on vertailtu eri liikennebiopolttoaineita.

Taulukko 27. Biodieselin valmistuksen energiatase (Mäkinen 2007, Gärtner 2006)

Biodieselin valmistus	Rypsi biodiesel	Rypsi biodiesel	Metsähakebiodiesel
	Esteröintimenetelmä	Vedytysmenetelmä	FT-menetelmä
	MJ/MJ RME	MJ / MJ NExBTL	MJ / MJ FT-diesel
Raaka-aineen viljely	0.55	0.37	0.03
Raaka-aineen esikäsittely	0.14	0.11*	0.46*
Valmistuksen muut raaka-aineet	0.13		
Dieselin valmistus			
varastointi	0.02	0.02	0.02
Sivutuotteiden energiaksi	-0.33	*	*
Yhteensä	0.51	0.49	0.50

*Sivutuotteiden energian hyödyntäminen sisällytetty polttoaineen valmistuksen energiankulutukseen

9.2.4 Biodieselin tuotanto ja käyttö Suomessa ja Hämeessä

Työ- ja elinkeinoministeriön uusiutuvan energian velvoitepaketissa mainitaan vuoteen 2020 mennessä tavoitteeksi, että Suomessa on kolme toisen sukupolven biodieselin tuotantolaitosta. Biodiesellaitosten tuotantomäärien tavoitteita ei velvoitepaketissa ole mainittu. (Pekkarinen 2010)

Asikkalassa sijaitseva Hämeen Biodiesel Oy aloitti toimintansa vuonna 2007. Ympäristöluvassa laitoksen maksimituotannoksi on arvioitu 8 milj. litraa biodieseliä vuosittain. Biodieselin raaka-aineina käytettäisiin 24 000 t öljykasvin siemeniä, rypsiöljyä 2000 t sekä paisto- ja teollisuuden bioöljyjä 3000 t. Biodieselin tuotantoa ei ole laitoksessa tällä hetkellä, mutta aiemmin laitos on käyttänyt raaka-aineena keittiöiden uppokeittojäterasvoja. Rypsiä laitoksella ei ole valmistettu biodieseliä, mutta hintasuhteiden (rypsin siemen / kevyt polttoöljy) muutos voi tulevaisuudessa käynnistää tuotannon. (Hämeen biodiesel Oy 2007)

Hämeen ympäristökeskus on myöntänyt koetoimintaluvan Ekoport Turku Oy:n dieselpolttoaineen valmistuslaitokselle Forssan Kiimassuon Envi-tech alueelle. Laitoksen tavoitteena on valmistaa jätteistä dieselpolttoainetta prosessilla, jota kutsutaan katalyyttiseksi depolymeraatioksi. Prosessi perustuu alipaineessa toimivaan suljettuun systeemiin. Menetelmä on kehitetty 1970-luvulla kemianteollisuuden tarpeisiin. Dieselpolttoaineen valmistusprosessissa hyödynnetään jätteitä. Prosessin raaka-aineena on mahdollista käyttää kaikkea hiiltä sisältävää materiaalia. Ekoport Turku Oy:n laitoksessa käytetään ensisijaisesti jätemuovia, biomassaa, REF-polttoainetta tai turvetta. Laitoksen suunniteltu käsittelykapasiteetti olisi 35 000 t/a, josta valmistettaisiin noin 13 000 tonnia (150 GWh) polttoainetta vuodessa. Teknisten ongelmien vuoksi laitoksen valmistuminen on viivästynyt, mutta keväällä 2011 laitoksella on päästy aloittamaan koeajot, jossa on tuotettu synteettistä biodieseliä jäteöljystä, sahanpurusta ja pienestä määrästä kotitalousjätepohjaista kierrätyspolttoainetta. (Ekoport Turku Oy 2008, Uusiouutiset 2011)

Metsäliitto ja Vapo Oy suunnittelevat FT-menetelmään perustuvaa biodieselin tuotantoa. Syksyllä 2010 on valmistunut ympäristövaikutusten arviointi, jossa laitosten mahdollisia sijoituspaikkoja olemassa olevien metsäteollisuusintegraattien yhteydessä ovat Kemi ja Äänekoski. Laitos käyttää vuodessa 4,2 TWh biomassaa raaka-aineena. Noin 55 % raaka-aineiden energiasta päätyy prosessin päätuotteiksi, 40 % raaka-aineiden sisältämästä energiasta päätyy prosessihöyryksi, kaukolämmöksi ja sähköksi. FT-synteestistä saadaan 200 000 tonnia (noin 2,3 TWh) ”synteettistä raakaöljyä”, joka voidaan jalostaa lopputuotteiksi nykyisillä öljyjalostamoilla tai biodieseltehtaan integroidussa jalostusyksikössä. Jalostuksessa voidaan tuottaa dieselpolttoainetta, bensiiniä ja kerosiinia sekä lisäksi sivutuotteena saadaan pienempiä määriä nestekaasua ja muita öljytuotteita. Polttoaineet ovat erittäin korkealaatuisia ja ovat yhteensopivia nykyisen jakeluverkoston ja ajoneuvojen kanssa. Prosessin raaka-aineiksi on suunniteltu ensisijaisesti metsäenergiajakeita. Peltobiomassa ja biopolttonesteet ovat täydentäviä raaka-aineita ja niiden osuus on enimmillään 15 %. Vararaaka-aineena käytetään turvepellettiä metsäenergiajakeiden toimitushäiriötilanteissa. Raaka-aineen taloudelliseksi kuljetusetäisyydeksi on arvioitu keskimäärin alle 200 km. Käytettävät raaka-aineet ovat sertifioituja biomassoja, jolloin koko tuotantoketju täyttää kestävä kehityksen kriteeristön. Hanke luo merkittävän määrän uusia työpaikkoja sijoituspaikkakuntaa kohti. Itse laitos luo noin 100 uutta työpaikkaa ja raaka-aineen hankinta sekä kuljetukset noin 500 uutta työpaikkaa. (Metsäliitto ja Vapo Oy 2009)

UPM-kymmene suunnittelee FT-menetelmään perustuvaa biodieselin tuotantoa. Vuonna 2009 on valmistunut ympäristövaikutusten arviointi, jossa laitosten mahdollisia sijoituspaikkoja olemassa olevien metsäteollisuusintegraattien yhteydessä ovat Kouvolan Kymin tehdas tai Rauman tehdas. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti on 300 000 tonnia (n. 3 TWh) nestemäistä biopolttoainetta ja biokemikaaleja biopohjaisista raaka-aineista. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti olisi noin 200 000 tonnia biodieseliä vuodessa (2,1 TWh). Täydellä kapasiteetilla laitos käyttää 2 miljoona kiintokuutiota biomassaa (4 TWh). Tehokkaasta tehdasintegraatiosta johtuen todellinen biomassan käytön nettolisäys on vain 1,5 miljoona kuutiota biomassaa. Pääraaka-aineena ovat metsäpohjaiset biomassat. Lisäksi käytetään vähän pelto-biomassoja, mutta niiden käytön haasteena on suuri tuhkapitoisuus. (UPM-kymmene Oyj 2009)

Myös Stora Enso ja Neste Oil suunnittelevat yhteistyössä FT-menetelmään perustuvaa biodieselin tuotantoa. YVA-menettely on valmistumassa syksyllä 2011. Biojalostamon vaihtoehtoiset sijaintipaikkakunnat ovat Porvoo ja Imatra. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti olisi noin 200 000 tonnia biodieseliä vuodessa (2,1 TWh). Pääraaka-aineena käytettäisiin puubiomassoja. (NSE Biofuels 2011)

Neste Oil tuottaa Porvoon öljynjalostamolla kahdessa laitoksessa NExBTL biodieseliä liikennekäyttöön. Tuotantolaitosten raaka-ainekapasiteetti on yhteensä 525 000 tonnia. Tuotettujen liikennebiopolttoaineiden tuotanto on vuositasolla 5,0 TWh ja päätuotteena on biodiesel (Neste Oil Oyj 2011). Neste Oilin tuotannon haasteena uusiutuvien liikennebiopolttoaineiden näkökulmasta on, että tällä hetkellä ei vallitse yksimielisyyttä Neste Oilin biodieselin tuotannon ympäristöystävällisyydestä ja kestävydestä. Tuotanto perustuu pääasiassa Kaakkois-Aasiasta tuotuun palmuöljyyn. (Neste Oil Oyj 2011).

9.3 Biokaasu

Biokaasu on orgaanisesta aineksesta anaerobisen hajoamisen seurauksena syntyvä kaasu. Biokaasu sisältää noin 55–75 % metaania, 30–45 % hiilidioksidia ja muita kaasuja kuten vetyä, typpeä ja rikkivetyä yhteensä noin 5 % (Hatsala 2004). Biokaasun hyödyntäminen energiantuotannossa perustuu sen sisältämään metaaniin. Jotta biokaasu soveltuu hyödynnettäväksi, siitä joudutaan käyttökohteesta riippuen poistamaan kosteus, rikkivedyt ja hiilidioksidi. Biokaasusta voidaan puhdistaa myös maakaasua vastaavaa biometaanina, jolloin se soveltuu myös liikennepolttoaineeksi.

Biokaasun raaka-aineeksi soveltuvat helposti hajoavat orgaaniset yhdisteet, kuten hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat (Lampinen 2004). Raaka-ainevirroiksi biokaasuntuotantoon soveltuvat yhdyskunnan ja karjatalouden jätevedet ja jätevesilietteet, elintarviketeollisuuden sivuvirrat, erilliskerätty biojäte ja pelto-biomassat. Biokaasua syntyy myös kaatopaikoilla hapettomissa olosuhteissa. Runsaasti ligniiniä sisältävät raaka-aineet kuten puu eivät sovellu biokaasu-

sun tuotantoon (Luostarinen 2007, s. 7). Taulukossa 28 on esitetty eri biomassojen ominaislukuja biokaasuntuotannossa.

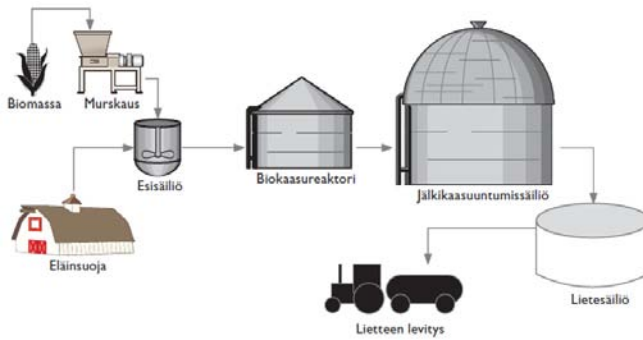
Taulukko 28. Biokaasun raaka-aineita (Hatsala 2004, Lehtomäki 2006, Latvala 2009)

Raaka-aine	Biokaasun sisältämä metaani		t lantaa/ eläin / a
	m ³ / t raaka-ainetta	m ³ / a	
Eläintan lanta			
lypsykarja	18	430	24
lihakarja	16	140	9
sika	20	40	2
kana	128	1	0.01
hevonen	46	420	9
Kasvibiomassa			
	m ³ / t raaka-ainetta	m ³ / ha / a	t raaka-aineet / ha
timoteinurmi	70-90	2400-4000	32-44
sokerijuurikas+naatit	130-170	5200-6800	40
ruokohelpi	60-90	2800-4200	46
vihantakaura	72	2000	28
kauranolki	300	600	2-2.5
Muut	m ³ / t raaka-ainetta		
teurastamojäte	150		
biojäte	100-150		
jätevesilietteet	8-16		

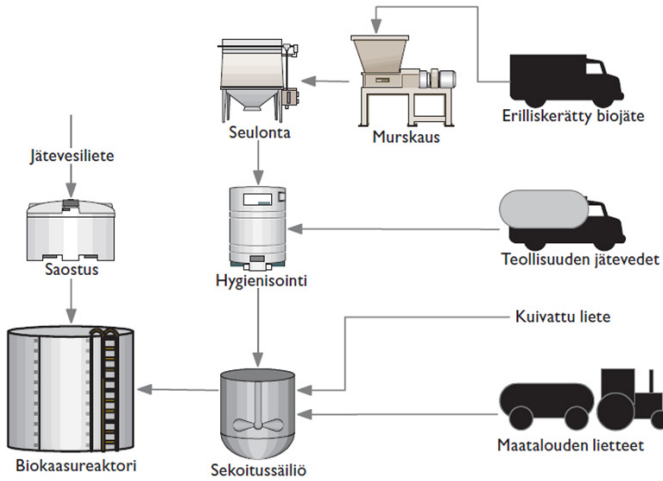
9.3.1 Biokaasun tuotanto mädättämällä

Biokaasulaitokset ovat jaettavissa kolmeen ryhmään niiden käyttämien raaka-aineiden perusteella. Maatilakokoluokan laitokset (kuva 34) käyttävät pääasiassa oman ja lähitilojen raaka-ainevirtoja. Jätevesipuhdistamoiden yhteydessä on biokaasulaitoksia, joissa jätevesilietteet käsitellään ensin biokaasureaktorissa ja kompostoidaan tämän jälkeen. Lisäksi on yhteiskäsittelylaitoksia (kuva 35), joissa voidaan käsitellä edellä mainittujen raaka-aine virtojen lisäksi elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ja biojätteitä.

Biokaasuprosesseja voidaan jakaa erilaisiin prosesseihin syötteen kuiva-ainepitoisuuden, prosessin lämpötilan ja syöttötavan perusteella. Raaka-aineen syöttökosteuden perusteella prosessi jaetaan märkä- ja kuivaprosesseihin ja reaktorin lämpötilan perusteella prosessi jaetaan mesofilisiin (35–37 °C) ja termofilisiin (50–55 °C) prosesseihin. Raaka-aineen syöttötavan perusteella biokaasureaktorit jaetaan panosreaktoreihin ja jatkuvasyötteisiin prosesseihin. Erilaiset prosessit ja reaktorit voivat soveltua paremmin eri raaka-aineille sekä vaikuttaa laitoksen kokoon, kustannuksiin, prosessin hallittavuuteen ja biomassan viipymäaikaan prosessissa. Suomessa olevat biokaasulaitokset ovat pääasiassa jatkuvasyöttöisiä märkäprosesseja.



Kuva 34. Maatilakokoluokan biokaasulaitos (Latvala 2009, s. 26)



Kuva 35. Syytteen vastaanotto ja esikäsittely yhteiskäsittelylaitoksella (Latvala 2009, s. 26)

Biokaasuprosessi jakautuu neljään päävaiheeseen. Esikäsittelyssä erilaisille syötteille tehdään tarvittavat käsittelyt. Syöttestä poistetaan epäpuhtaudet, murskaimella syötteen palakoko saadaan halutunlaiseksi ja raaka-aineesta riippuen tämän jälkeen suoritetaan materiaalin hygienisointi lämpökäsittelyllä. Seuraavassa vaiheessa ennen biokaasureaktoriin syöttämistä eri raaka-aineet sekoitetaan. Seos homogenoidaan ja laimennetaan haluttuun kuiva-ainepitoisuuteen. Tässä vaiheessa tapahtuu raaka-aineiden hydrolysoitumista eli pilkkoutumista veden vaikutuksesta, joka edesauttaa biokaasun muodostumista prosessin seuraavissa vaiheissa.

Raaka-aine lämmitetään ja syötetään halutussa lämpötilassa varsinaiseen biokaasureaktoriin, jossa raaka-aineet jatkavat hajoamista hapettomissa olosuhteissa. Anaerobisten bakteerien vaikutuksesta biomassasta muodostuu metaania ja hiilidioksidia. Tämän jälkeen prosessijännös (mädäte) siir-

retään jälkikaasutusaltaaseen, jossa biokaasun muodostuminen vielä jatkuu. Tämän jälkeen prosessijäännöksestä voidaan valmistaa lannoitetta ja maanparannusaineita.

9.3.2 Biometaanin valmistus synteettisesti

Synteettisen metaanin valmistuksen prosessi vastaa suurelta osin luvussa 5.2.1.3 esiteltyä Fischer-Tropsch menetelmää. Biomassaa kaasutetaan korkeassa lämpötilassa, jonka seurauksena syntyy pääasiassa hiilimonoksidia ja vetyä sekä pieni määrä metaania sisältävää kaasua. Tästä kaasusta voidaan metaanisynteesillä tuottaa biometaania. Katalyytteinä käytetään useimmiten nikkeliä, reaktiolämpötila on 300–400 °C ja paine 5–30 bar. Muita katalyyttejä ovat rutenium-, koboltti-, molybdeeni- ja rautakatalyytit. Reaktiossa hiilimonoksidi ja myös hiilidioksidi reagoivat vetykaasun kanssa muodostaen metaania ja vettä. Metaanisynteesin hyötysuhde on huomattavasti parempi kuin FT- ja DME-synteeseillä. (Snelmann 2008–2011)

9.3.3 Kaasun käsittely ja käyttökohteet

Biokaasua voidaan käyttää sellaisenaan polttoaineena lämmöntuotannossa tai sitä voidaan käyttää kaasuturbiinin polttoaineena sähköntuotannossa, jonka ylijäämä lämpö voidaan käyttää lämmittämiseen. Lisäksi biokaasusta voidaan puhdistaa maakaasua vastaavaa biometaania, joka soveltuu myös liikennepolttoaineeksi. Biometaanista voidaan valmistaa myös nesteytettyä liikennepolttoainetta kryptotekniikalla (Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuhanke 2009).

9.3.4 Sivutuotteiden hyödyntäminen

Biokaasun tuotannossa syntyvää mädätettä voidaan hyödyntää lannoitteena ja maanparannusaineena. Biokaasuprosessin etuna muihin mainittuihin biopolttoaineiden valmistusprosesseihin verrattaessa on ravinteiden kierrätys. Määdete sisältää raaka-aineissa olleet ravinteet ja ne voidaan sellaisenaan palauttaa pellolle. Biokaasuprosessissa osa orgaanisesta tyypestä hajoaa liukoiseen muotoon ja muut ravinteet pysyvät lähes ennallaan. Määdätteestä voidaan erottaa nestemäinen ja kiinteä jae. Nestemäinen jae soveltuu typpilannoitteeksi, sillä se sisältää suuren osan mädätteen tyypestä. Kiinteässä osassa sen sijaan on suurin osa muista ravinteista.

Käsiteltäessä esimerkiksi jätevesi- ja lantalietteet saadaan syötteet hajuttomampaan muotoon. Biokaasuprosessin syötteistä riippuen prosessille on asetettu hygieniavaatimuksia, joita on esitetty taulukossa 29. (Latvala 2009)

Taulukko 29. Sivutuoteasetuksen mukaiset hygienisointi- ja sterilointivaatimukset. (Latvala 2009)

Esikäsitteily	Kuvaus	Tyypillisiä syötteitä
Hygienisointi	Min. 1 tunti 70 °C asteessa. Partikkelikoko max. 12 mm. Voidaan tehdä myös prosessin jälkeen.	Luokkaan 3 kuuluvat sivutuotteet, kuten ruokajäte ja elintarviketeollisuuden sivutuotteet.
Sterilointi	Min. 20 minuuttia 133 °C asteessa 3 bar:n paineessa	Luokan 2 eläinperäinen aines lantaa lukuun ottamatta

9.3.5 Biokaasuntuotannon energiapanokset

Kun arvioidaan biokaasuntuotannon energiatasetta, käytetyillä raaka-aineilla, niiden valmistusmenetelmillä ja raaka-aineiden kuljetusmatkoilla on suuri merkitys tuotannon energiatehokkuuteen ja elinkaarikustannuksiin. Taulukossa 30 on esitetty nurmibiokaasun valmistuksen energiataset. Päästöjen näkökulmasta on myös tärkeää, että raaka-aineiden tuotannossa ja valmistusprosessissa käytetään uusiutuvia energialähteitä. Mädatysprosessissa tuotetun biokaasun etuna on se, että mädatejäänöksessä ravinteet säilyvät muodossa, jossa kasvit voivat hyödyntää niitä. Esimerkiksi peltobiomassasta tuotetun biokaasun tapauksessa ravinteet voidaan kierrättää takaisin peltoon eikä synny tarvetta keinolannoitteille. Biokaasuprosessin ylläpitäminen kuluttaa noin 10 % biokaasun sisältämästä energiasta. Jos biokaasu puhdistetaan ja paineistetaan liikennepolttoaineeksi sopivaksi, prosessi kuluttaa lisäksi noin 8 % biokaasun sisältämästä energiasta. Luvussa 5.4 on vertailtu eri liikennebiopolttoaineita.

Taulukko 30. Biokaasun tuotannon energiataset (Luostarinen 2007)

Biokaasu	Nurmibiokaasu MJ / MJ CH ₄
Raaka-aineen viljely	0.18
Biokaasuprosessi	0.10
Liikennepolttoaineen valmistus	0.08
Mädätteen käyttö lannoitteena	-0.13
Yhteensä	0.23

9.3.6 Biokaasun käyttö Suomessa ja Hämeessä

Työ- ja elinkeinoministeriön uusiutuvan energian velvoitepaketissa biokaasun tuotannon tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä on asetettu 0,7 TWh. (Pekkarinen 2010)

Kanta-Hämeessä biokaasua tuotetaan jätevedenpuhdistamoilla Hämeenlinnassa ja Forssassa. Lisäksi Forssassa on Envor Biotech Oy:n biokaasulaitos, joka tuottaa biokaasua elintarviketeollisuuden, kaupan ja asumisen biojätteistä. Biokaasulaitos aloitti toimintansa vuonna 2009. Biokaasulaitoksen ka-

pasiteetti nousi kesällä 2011 84000 tonniin, kun laitoksen kolmas reaktori otettiin käyttöön. Biokaasun tuotanto tulee olemaan 6 miljoonaa m³, jonka energiasisältö vastaa 39 GWh. Erityispiirre laitoksella on, että sähköntuotannon lisäksi Envor Biotech Oy toimittaa Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy:n (ISOVER) Forssan tehtaalle kaasuputkella biokaasua energianlähteeksi. Biokaasulaitoksessa jätteet homogenisoidaan ja hygienisoidaan, minkä ansiosta lopputuotetta eli mädätettä voidaan käyttää lannoitteena. Valtaosa mädätteestä kuivataan linkoamalla, kompostoidaan ja käytetään mullan tuotantoon. (Envor Biotech Oy:n www-sivut)

Päijät-Hämeessä Biokaasua tuotetaan Lahti Aqua Oy:n laitoksessa jätevedenpuhdistamoilla. Lisäksi Nastolassa on rakenteilla Gasumin ja Biovakan yhteishankkeena Suomen ensimmäinen biokaasulaitos, jonka tuottama biokaasu syötetään puhdistettuna maakaasuverkkoon. Kaasuverkon kautta biokaasua voidaan hyödyntää esimerkiksi liikennebiopolttoaineena. Biokaasulaitos suunniteltu raaka-aineiden käyttökapasiteetti on 120 000 tonnia ja metaani-kaasua laitostuottaa 5,2 miljoonaa m³ vuodessa, joka vastaa 52 GWh energiasisältöä. Raaka-aineena laitostuottaa alkutuotannon, elintarviketeollisuuden ja yhdyskuntien sivutuotteita. Lisäksi laitoksella tuotetaan typpipitoista nestekonsentraattia ja fosforipitoista lannoitetta. (Biovakka Suomi Oy 2009)

Maatiloilla toimivia biokaasulaitoksia ei tietävästi ole lainkaan Hämeessä, vaikka vuonna 2008 Kiiipun Biovoima Jokioisilta sai ympäristöluvan biokaasulaitokselle. Koko Suomessa maatilakokoluokan biokaasulaitoksia on vähän. Biokaasuntuotanto on nykyään kannattavaa vain suurilla karjatiljoilla. Hämeen ELY-keskuksen alueella on 19 kpl suuria lypsylehmätiloja, joissa lehmiä on yli 75 kpl ja 9 kpl suuria sikaloita, joissa sikoja on yli 800 kpl. Liitteessä 4 on esitetty karjan määrä ja karjatiljojen määrät kokoluokittain Hämeessä.

Helsingin Energia ja Gasum ovat tehneet keväällä 2011 aiesopimuksen kansallisesti merkittävän synteettisen biometaanin tuotantolaitoksen kehittämiseksi Suomeen. Synteettisestä biometaanista haetaan suuren kokoluokan ratkaisua mädättämällä tuotetun biokaasun rinnalle. Biomassasta kaasuttamalla valmistettu synteettinen biometaani käsitellään niin, että se täyttää Suomen maakaasuverkkoon syötettävälle kaasulle asetetut laatu- ja turvallisuuskriteerit. Synteettinen biometaani uusiutuvana energialähteenä on varteenotettava vaihtoehto tavoiteltaessa uusiutuvan energian osuuden lisäämistä ja sitä kautta hiilidioksidipäästöjen rajoittamista. Lisäksi Gasum on tehnyt aiesopimuksen synteettistä biometaania valmistavasta laitoksesta kouvola-laisen energiayhtiön KSS Energian kanssa. (Helsingin energia Oy 2011, KSS Energia Oy 2011)

9.4 Liikennebiopolttoaineiden vertailu

Taulukossa 31 on vertailtu aiemmin esiteltyjä liikennebiopolttoaineita. Etanoli soveltuu seospolttoaineeksi bensiinin kanssa. Kuitenkin jo 10 prosenttia etanolia sisältävän bensiinin kanssa tulee varmistaa että auton moottori soveltuu kyseiselle polttoaineelle. Flexifuel autot soveltuvat käyttämään E85

polttoainetta, joka sisältää 85 prosenttia etanolia. Etanolin energiatiheys on matalampi kuin bensiinillä, joten ajoneuvon litramääräinen polttoaineen kulutus kasvaa merkittävästi etanolin korkeammassa seossuhteissa.

Biodiesel soveltuu semmoisenaan ja eri seossuhteilla dieselautojen polttoaineksi. Esteröintimenetelmällä valmistettu biodiesel tarvitsee talviolosuhteissa lisäaineita ja polttoaineen esilämmittimen polttoaineen jähmettymisen estämiseksi. NExBTL- ja FT-dieselin soveltuvat sellaisenaan myös talviolosuhteisiin. Biodieselin energiatiheys on lähes yhtä suuri kuin tavanomaisella dieselillä

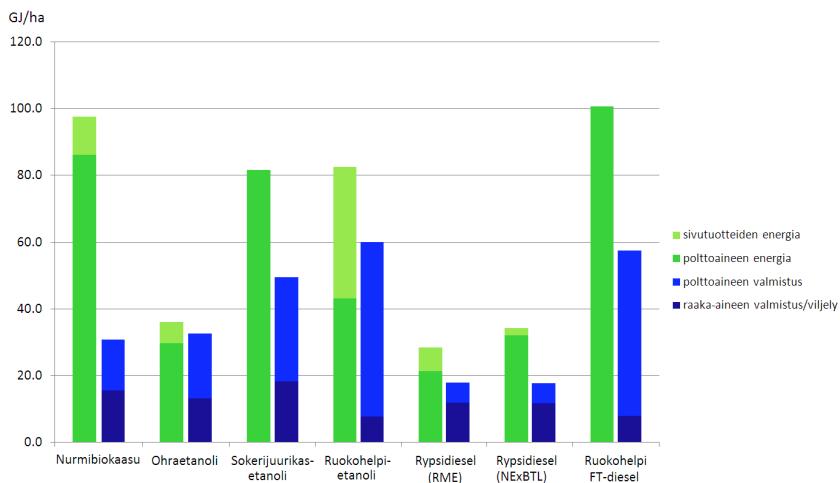
Puhdistettu biokaasu eli biometaani soveltuu maakaasun tavoin polttoaineksi bensiinimoottoreille, kun autoon on asennettu kaasunsyöttöjärjestelmä. Biometaani sopii myös dieselauton polttoaineksi, mutta tarvitsee sytytykseen noin 10 % diesel-polttoainetta. Liikennepolttoaineksi paineistetun biokaasun energiatiheys on matalampi kuin bensiinillä ja dieselillä, joten biokaasuautojen toiminta säde on yleisesti noin 300 km. (Mäkinen 2005 s. 63, Liikennebiokaasu.fi www-sivut)

Polttoaine	Lämpöarvo		Ominaisuudet
	MJ/kg	MJ/l	
Bioetanol	26.60	21.00	- Soveltuu liikennepolttoaineksi eri seossuhteilla bensiinin kanssa tai pelkkänä alkoholina. - Auton polttoainejärjestelmä sekä moottori tulee olla suunniteltu etanolin käyttöön, jotta moottoriin ei tule kulumia ja hapettumia - Etanolin energiatiheys on matalampi kuin bensiinillä, joten ajoneuvon litramääräinen polttoaineen kulutus kasvaa - Etanoli on happipitoisempaa kuin bensiini ja palaa siksi puhtaammin
Biodiesel RME	37.50	33.20	- Soveltuu liikennepolttoaineksi eri seossuhteilla dieselin kanssa tai pelkkänä biodieselinä. - Talviolosuhteissa tarvitsee lisäaineita ja polttoaineen esilämmittimen jotta polttoaine ei jähmety.
Biodiesel NExBTL	44.00	34.40	- Korkealaatuinen dieselpolttoaine. Soveltuu liikennepolttoaineksi eri seossuhteilla dieselin kanssa tai pelkkänä biodieselinä. - Palaa puhtaammin kuin tavanomainen dieselpolttoaine.
FT-diesel	43.00	34.00	- Korkealaatuinen dieselpolttoaine. Soveltuu liikennepolttoaineksi eri seossuhteilla dieselin kanssa tai pelkkänä biodieselinä.
Paineistettu biometaani	50.00	36.00*	- Soveltuu liikennepolttoaineksi puhdistettuna biometaanina sekä bensamoottoreihin. - Soveltuu polttoaineksi diesel-autoihin, mutta vaatii sytytykseen noin 10% diesel-polttoainetta. - Vaatii erillisen polttoaineen syöttöjärjestelmän. - Biometaanin energiatiheys on matalampi kuin bensiinillä, joten autojen tavanomainen toimintasäde on noin 300 km.
Diesel(kesälaatu)	42.7	35.70	
Bensiini	43	37	

*MJ/m³

Taulukko 31. Liikennepolttoaineiden ominaisuuksia

Kuvassa 36 on vertailu pellolla tuotetuista raaka-aineista valmistettujen liikennebiopolttoaineiden energiataseita. Kuvasta nähdään että kaikkien polttoaineiden raaka-aineiden tuotantoon sekä polttoaineen valmistukseen kuuluu huomattava määrä energiaa suhteessa tuotetun polttoaineen sisältämään energiaan. Tuotannon sivutuotteet ovat myös merkittävä tekijä, joiden hyödyntäminen parantaa liikennebiopolttoaineiden energiatasetta. Kun liikennebiopolttoaineiden raaka-aineena voidaan käyttää jätteitä tai muiden prosessien sivuvirtoja valmistuksen energiatase on parempi, sillä raaka-aineiden valmistukseen ei tarvitse käyttää energiaa. Taulukossa 32 on lisäksi vertailtu synteettisiä polttoaineiden valmistusmenetelmiä. Tuloksista nähdään että synteettisen metaanin tuotannon termien hyötysuhde on huomattavasti korkeampi kuin esimerkiksi FT-menetelmällä.



Kuva 36. Liikenne biopolttoaineiden elinkaarien vertailu (Luostarinen 2007, Mäkinen 2006, Alve 2007, Salter 2005, Gärtner 2006)

Taulukko 32. Synteettisten polttoaineiden valmistusmenetelmien termisen hyötysuhteen vertailu (Snelman 2008 – 2011)

Synteesi	Terminen hyötysuhde (%)
Biokaasusynteesi (SBG)	75-85
Metanolisynteesi	42-66
Dimetyyliesterisynteesi (DME)	31-67
Fischer-Tropsch-synteesi (FT)	40-50
Metanoli bensiiniä -synteesi (MTG)	40-50

9.5 Liikennebiopolttoaineiden tuotantopotentiaali

Tieliikenteen polttoaineiden käyttö oli Kanta-Hämeessä 1840 GWh vuonna 2008. Suomen kansallisen tavoitteen täyttämiseksi liikenteen biopolttoaineiden osuus tulisi olla Kanta-Hämeessä vuonna 2015 184 GWh (10 %) ja vuoteen 2020 mennessä 368 GWh (20 %).

Bioetanolin tuotantopotentiaali Hämeessä:

Yhden suuren viljaetanolilaitoksen tuotanto on noin 440 GWh. Tarvittava viljelypinta-ala olisi 55 000 hehtaaria, joten viljaa tulisi tuoda usean maakunnan alueelta.

Erilliskerätyn biojätteen määrä Hämeessä oli vuonna 2009 noin 15 000 t ja siitä tuotettavan bioetanolin sisältö olisi noin 8 GWh. ST1 Oy:n Karanojan Bionolix-laitoksen kapasiteetti vastaa koko Hämeen erilliskerätyn biojätteen määrää. Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen määriä ei ole hankkeessa selvitetty, mutta niissä voi olla merkittävää potentiaalia bioetanolintuotantoon. Jokioisille suunnitellaan etanolintuotantolaitosta, joka tuottaa etanolia 60 GWh Genercorin ohraliemisivuvirrasta.

Sellupohjaisen bioetanolin tuotantomahdollisuus kesannoilla tuotetusta biomassasta olisi Kanta-Hämeessä 100 GWh ja koko Hämeessä 190 GWh. Oljesta tuotetun bioetanolin energiasisältö olisi Kanta-Hämeessä 60 GWh ja koko Hämeessä 100 GWh, jos puolet oljista hyödynnettäisiin etanolin tuotannossa.

Biodieselin tuotantopotentiaali Hämeessä

Biodieselin maksimipotentiaali Kanta-Hämeessä on öljykasveista 70–120 GWh ja koko Hämeessä 120–220 GWh, mutta tällöin kaikki öljykasvituotanto käytettäisiin polttoaineiden tuotantoon. Jatkossakin suurin osa öljykasveista suuntautuu elintarviketuotantoon. Pieni osa öljykasveista voisi päätyä maatilojen energianlähteeksi esim. viljankuivaukseen. Metsäpolttoaineiden käytön lisäämispotentiaali on Kanta-Hämeessä 600 GWh ja siitä saataisiin tuotettu biodieseliä FT-menetelmällä noin 300 GWh. Koko Hämeessä metsäenergian lisäämispotentiaaliin pohjautuva FT-dieselin potentiaali on noin 690 GWh. Kanta-Hämeessä FT-menetelmällä tuotetun biodieselin tuotantomahdollisuus kesannoilla tuotetusta ruokohelvestä olisi 50 GWh (koko Häme 90 GWh) ja viljakasvien oljesta 120 GWh (koko Häme 210 GWh), jos puolet oljista hyödynnettäisiin biodieselin tuotannossa. Lisäksi biodieseliä on tulevaisuudessa mahdollisuus tuottaa kierrätyspolttoaineista, kuten Forssan seudulla Ekoport Turku Oy on aloittamassa tuotantoa. Laitoksen suunniteltu tuotantokapasiteetti on 150 GWh.

Biokaasun tuotantopotentiaali Hämeessä

Biokaasun tuotantomahdollisuus liikennepolttoaineeksi kesannoilla tuotetusta nurmesta olisi 240 GWh (koko Häme 440 GWh). Karjan lannasta biokaasun tuotantopotentiaali on noin 40 GWh (koko Häme 80 GWh), yhdyskuntajätevesilietteistä 20 GWh (koko Häme 40 GWh) ja kaatopaikkakaasuista 20

GWh (koko Häme 35 GWh). Metsäpolttoaineiden käytön lisäämispotentiaali on Kanta-Hämeessä 600 GWh (koko Häme 1 380 GWh) ja siitä saataisiin tuotettua synteettistä biometaania noin 450 GWh (koko Häme GWh 1000). Synteettisen biokaasun tuotantomahdollisuus Kanta-Hämeessä kesannoilla tuotetusta ruokohelvestä olisi 75 GWh (koko Häme 135 GWh) ja viljakasvien oljesta 180 GWh (koko Häme 320 GWh), jos puolet Kanta-Hämeen oljista hyödynnettäisiin biokaasun tuotannossa.

Myös liikenteen biopolttoaineiden kohdalla, kuten energiantuotannossa yleisesti, tullaan tulevaisuudessa näkemään kehitystä, jossa polttoaineita tuotetaan useilla eri menetelmillä ja hyvin laajasta raaka-ainevalikoimasta eri kokoluokan laitoksissa.

9.6 Liikennebiopolttoaineiden aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset

Aluetaloudellisesti liikennebiopolttoaineiden paikallisella tuotannolla on työllistävä vaikutus raaka-aineiden tuotannon, kuljetus- sekä polttoaineen valmistuksessa. Vielä 2000-luvun alkupuolella liikennepolttoaineet ovat lähes kokonaan pohjautuneet ulkomaisiin fossiilisiin polttoaineisiin. Kotimaisiin ja paikallisiin raaka-aineisiin pohjautuva liikennebiopolttoaineiden tuotanto parantaa alueellista energialähteiden omavaraisuutta ja polttoaineisiin käytettävä pääoma jää kiertämään aluetalouden hyväksi. Tekniikan kehittyminen ja laitteistojen sarjatuotanto voi tulevaisuudessa lisätä paikallista liikennebiopolttoaineyrittäjyyttä eri kokoluokissa.

Liikennebiopolttoaineiden valmistuksen ja käytön ympäristövaikutuksiin vaikuttavat valmistuksessa käytetyt raaka-aineet ja energialähteet sekä kuljetusketjut. Liikennepolttoaineiden raaka-aineina voidaan käyttää mm. metsäenergiaa, peltoenergiaa ja jätteitä ja erilaisia sivuvirtoja. Näiden ympäristövaikutuksia on käsitelty kyseisiä raaka-aineita koskevissa kappaleissa. Jätteiden ja sivuvirtojen hyödyntämisen etuna on, että raaka-aineiden valmistukseen ei tarvita lisäenergiaa. Liikennebiopolttoaineiden valmistusmenetelmällä on myös suuri vaikutus valmistuksen ympäristövaikutuksiin ja energiankulutukseen (Kuva 36).

10 Energiantuotantoon soveltuvat jätteet

Tässä osiossa on esitetty tiivistelmä ostopalveluna toteutetusta selvityksestä energiantuotantoon soveltuvista jätteistä Kanta- ja Päijät-Hämeessä. Selvityksen on laatinut WSP Environmental Oy.

Työn tavoitteena oli selvittää jätteiden synnyn, käsittelyn ja hyödyntämisen nykytila sekä energiantuotantoon soveltuvien jätteiden määrää Kanta- ja Päijät-Hämeessä. Energiantuotantoon soveltuviin ja jätteenpoltoasetuksen alaisiin jätteisiin laskettiin kuuluvaksi polttokelpoinen sekajäte, erilliskerättävät energijakeet/jätteet ja biohajoavat jätteet. Tietoja on esitetty sekä maakunnittain sekä seutukunnittain (Lahti, Riihimäki, Hämeenlinna ja Forssa). Selvityksen tilastotietojen tarkasteluvuosi oli vuosi 2009, mikäli tiedot olivat julkisia tai saatavilla. Muutoin tarkasteluajankohta on vuosi 2008. Talouden taantumasta johtuen vuoden 2009 jättemäärät ovat pienempiä kuin vuonna 2008.

Selvityksen toteutuksessa kerättiin olemassa olevaa tietoa kirjallisuudesta, ympäristöhallinnosta ja Internetin kautta yritysten kotisivuilta. Tärkeimpiä tietolähteitä olivat mm. Valtakunnallinen jätesuunnitelma (VALTSU), Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020 (ELSU) sekä sen taustaraaportit. Näistä raporteista poimittuja Kanta- ja Päijät-Hämettä koskevia tietoja tarkennettiin Vahti-järjestelmään tehdyillä tietohauilla ja suorilla yhteydenotoilla hankkeen kannalta selvitysalueen merkittävimpiin toimijoihin.

Selvityksessä ei ole otettu kantaa materiaalihyödyntämisen tai energiahyödyntämisen puolesta tai vastaan. Jätteiden energiahyödyntämisessä puhutaan jätteiden poltosta yleisellä tasolla ja sillä tarkoitetaan jätteiden massapolttota sekä jätteiden kaasuttamista. Selvityksessä ei ole otettu kantaa eri menetelmien paremmuuteen, vaan selvityksessä on pyritty kokoamaan yhteen tietoa jätteiden määristä ja käsittelyn tilanteesta Hämeessä.

Selvityksen epävarmuustekijöitä ovat pohjatietojen erilaiset tilastointitavat sekä jätevirrat, joita ei ole tilastoitu tai eivät ole muuten saatavilla. Tässä selvityksessä yhdyskuntajätteen tilastointia voidaan pitää luotettavampana kuin teollisuuden jätteet ovat pääsääntöisesti yksityisten yritysten hoidossa ja niitä pidetäänkin yrityssalaisuuden piiriin kuuluvina. Esimerkik-

si kierrätyspolttoaineen valmistamisesta ei ole tarkkoja määriä tiedossa. Projektiryhmän käsityksen mukaan tässä selvityksessä kerätyistä tiedoista puuttuu huomattava osa kaupan ja teollisuuden polttokelpoisista jätteistä, mikä selittää merkittävän eron polttokapasiteetin ja jätemäärien välillä.

10.1 Energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämisen taustaa

Yhdyskuntajätteen energiahyödyntäminen on Suomessa toistaiseksi vähäistä verrattuna useimpiin muihin Länsi-Euroopan maihin. Jätteenpolttodirektiivin (2000/76/EY) ja kansallisen jätteenpolttoasetuksen (362/2003) käyttönoton siirtymävaiheen päätyminen vuoden 2005 lopulla kiristi jätteenpolttomääräyksiä. Tämän seurauksena monet jäteperäisiä polttoaineita aiemmin käyttäneet energiantuotantolaitokset lopettivat jätteen rinnakkaispolton voimalaitoksissaan ja yhdyskuntajätteestä valmistettujen kierrätyspoltoaineiden rinnakkaispolto tavanomaisissa voimalaitoksissa väheni huomattavasti. (Sten 2009). Viime vuosina jätteiden hyödyntäminen energiana on selvästi lisääntynyt Suomessa, mutta silti sen osuus jätehuollon kokonaisuudesta on edelleen kansainvälisesti katsottuna melko pieni. Uusiokäyttöön ja materiaali kierrätykseen soveltumattoman jätteen hyödyntäminen energiana on määritelty yhdeksi jätehuollon tavoitteeksi vuonna 2008 hyväksytyssä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa ja EU:n jätepuitedirektiivissä. Tämä ja alan tekninen ja taloudellinen kehitys lisää odotettavasti jätteiden energiakäyttöä lähivuosina (Novox 2009).

EU:n jätepuitedirektiivin mukaan 1) jätteen syntyä pitää ehkäistä, 2) jäte valmistellaan uudelleen käyttöön, 3) kierrätetään, 4) hyödynnetään muuten, esim. energiana ja 5) loppukäsitellään. Jätteiden energiahyödyntämisen kannalta em. jättehierarchy määrittää, että energiakäyttöön tulee ohjata vain sellaista jätettä, jota ei voida teknisesti ja taloudellisesti mielekkäästi käyttää uudelleen sellaisenaan tai huollon tai korjauksen jälkeen, tai jota ei voida kierrättää materiaalina uudelleen käytettäväksi. Periaatetta voidaan pitää selkeänä, mutta se johtaa erilaisiin näkemyksiin siitä, mikä on mielekäästä uudelleen käyttöä ja mitä ja minkä laatuista materiaaleja on ekologisesti ja taloudellisesti mielekäästä kierrättää materiaalina uudelleen käytettäväksi. Käytännössä asian ratkaisee se, onko jätteeksi päätyneen materiaalin tai aineen uudelleenkäytölle kysyntää. Esimerkiksi puhtaiden jätemuovien uudelleenkäytölle on kysyntää ja sen vuoksi niitä ei pitäisi ohjata energiakäyttöön. Asian tekee monimutkaisemmaksi kuitenkin se, että materiaalina hyödynnettävien muovien määrän pitäisi olla riittävä, jotta niitä kannattaa käsitellä ja kuljettaa materiaalikäyttöön. Pienet, muiden jättemateriaalien mukana olevat puhtaat jätemuovierät ovat tästä syystä usein sekä ekologisesti että taloudellisesti viisaampaa hyödyntää energialähteenä (Novox 2009).

Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelualueeseen (ELSU) kuuluu entisten Hämeen, Kaakkois-Suomen, Lounais-Suomen, Länsi-Suomen, Pirkanmaan ja Uudenmaan ympäristökeskusten alueet. ELSU:n alueelle on määritelty jätehuollon tavoitetilä vuonna 2020. Vuoteen 2020 tavoitteena on, että jätteen synnyn ehkäisyssä on edistytty, hyödyntäminen on lisääntynyt ja jätehuolto on suunnitelmallista.

Jätteen synnyn ehkäisyssä tavoitteena on, että yhdyskuntajätteen määrä asukasta kohden on pienempi vuonna 2020 kuin vuonna 2007. ELSU:ssa todetaan, että yritysten, teollisuuden ja hallinnon on panostettava jätteen synnyn ehkäisyyn omassa toiminnassaan. Hankkeita ja tuotteita suunniteltaessa otetaan huomioon jätteen synnyn ehkäisy. Koulutuslaitoksille ja kunnallisille jätelaitoksille tuotetaan aiheesta valtakunnallista materiaalia, jota kyseiset laitokset hyödyntävät neuvonnassaan ja opetuksessaan.

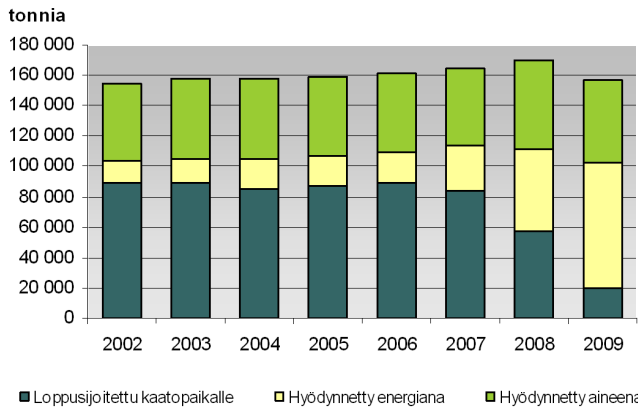
Jätteenhyötykäytön lisäämisen tavoitteena ELSU:ssa on, että yhdyskuntajätteistä hyödynnetään 90 % ja kaatopaikalle sijoitettavista yhdyskuntajätteistä alle puolet on biohajoavaa jätettä. Verrattuna valtakunnalliseen jättesuunnitelmaan (VALTSU) Etelä- ja Länsi-Suomen jättesuunnitelmassa on tiukempi tavoite kaatopaikalle sijoitettavien jätteiden osalla. Tämä on annettu siksi, että tiheimmin asutulla seudulla on helpompi järjestää jätteiden hyötykäyttö kuin esim. Pohjois-Suomen harvaan asutuilla seuduilla. VALTSU:ssa on aineena hyödyntämiselle annettu 50 %:n tavoite ja energiana tulee hyödyntää 30 % yhdyskuntajätteistä vuonna 2020. ELSUssa on myös tavoitteena, että polttoon ohjataan vain aineena hyödyntämiseen kelpaamaton jäte. (Sten 2009).

Jätehuollon suunnitelmallisuudella tarkoitetaan, että jätehuollossa varaudutaan poikkeuksellisissa tilanteissa muodostuvien jätteiden asianmukaiseen jätehuoltoon. Esimerkiksi tulvien tai öljyalusonnottomuuksien aiheuttamien jätteiden käsittely tulee olla suunnitelmallista. Suunnitelmallisuudella tarkoitetaan myös, että kaavoituksessa otetaan huomioon jätehuollon aluetarpeet ja niiden merkinnät ovat tulevaisuudessa riittäviä sekä ajankohtaisia. Suunnitelmallisuudella halutaan myös panostaa seudulliseen yhteistyöhön, jotta se tukee hyötykäytön lisäämistä alueella järkevästi.

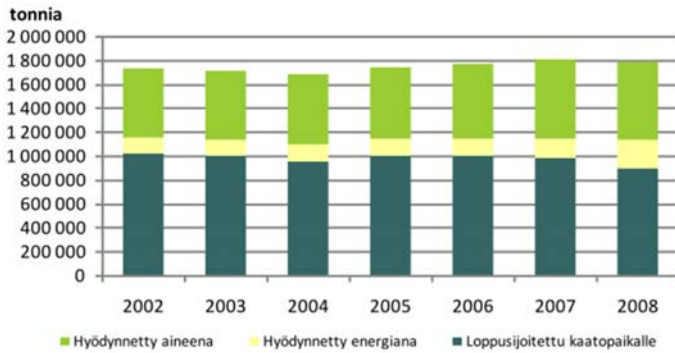
10.2 Yhdyskuntajätteet Kanta-Hämeessä

Sekalaisella yhdyskuntajätteellä tarkoitetaan asumisesta syntyvää ja siihen verrattavasta muusta toiminnasta, kuten teollisuudesta, kaupasta, palveluista, hallinnosta, koulutuksesta tai muista vastaavista toiminnoista syntynyttä jätettä, joka sisältää paljon erilaisia jätejakeita. Pääosin kyse on kuntien vastuulla olevasta jätehuollosta. Jätteen syntypaikalla jätteitä lajitellaan vaihtelevalla tehokkuudella. Niistä erotellaan hyödyntämistä tai erillistä käsittelyä varten ongelmajätteet, sähkö- ja elektroniikkajätteet (SER), akut ja paristot, paperi-, pahvi- ja kartonkijätteet, lasi, metalli, ruokajäte ja paikoin myös muita jätejakeita, kuten poltettava jäte (Finnlund ym. 2010).

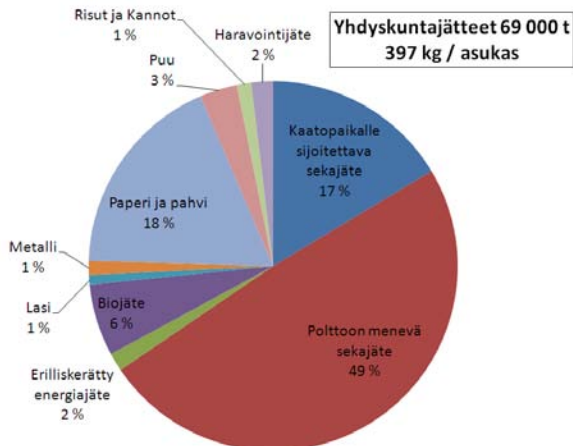
Kuvassa 37 on esitetty yhdyskuntajätteiden määrän ja hyödyntämisen kehittymistä koko Hämeen alueella 2000-luvulla. Verrattaessa Hämeen kehitystä Etelä- ja Länsi-Suomen alueen kehitykseen (kuva 38), huomataan että Hämeessä kaatopaikalle loppusijoitetun jätteen määrä on vähentynyt nopeasti, kun jätteiden hyödyntäminen energiana on moninkertaistunut. Kuvassa 39 on esitetty yhdyskuntajätteiden koostumus Kanta-Hämeessä vuonna 2009. Kuvasta nähdään että energijätteitä erilliskerätään vähän, mutta sekajätteistä noin 75 % prosenttia hyödynnetään energialähteenä jätteidenpolttolaitoksessa Riihimäellä.



Kuva 37. Yhdyskuntajätteen käsittely Hämeessä vuosina 2002–2009 (VAHTI-järjestelmä/ Ulla Mauno)

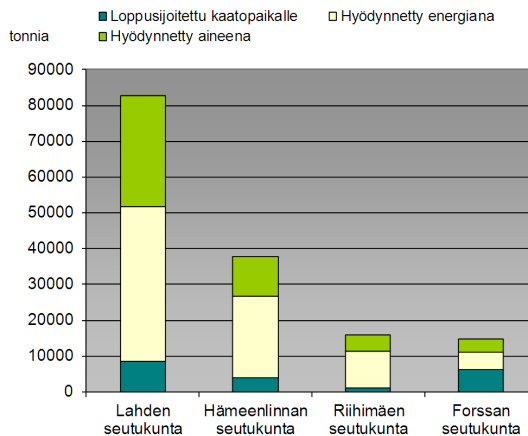


Kuva 38. Yhdyskuntajätteen hyödyntäminen ELSU:n alueella vuosina 2002–2008 (Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020)

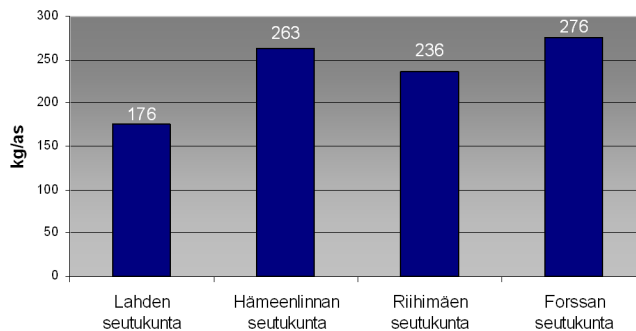


Kuva 39. Yhdyskuntajätteen koostumus Kanta-Hämeessä vuonna 2009.

Kanta-Hämeen alueella toimii kaksi kunnallista jätehuoltoyhtiötä, Kiertokapula Oy (KK) ja Loimi-Hämeen jätehuolto Oy (LHJ). Kiertokapula Oy toimii sekä Riihimäen että Hämeenlinnan seutukuntien alueella. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy toimii Forssan seutukunnan alueella. Lisäksi osassa kuvaajista on esitetty Päijät-Hämeessä Lahden seutukunnan alueella toimivan Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n (PHJ) tiedot. Kuvassa 40 on esitetty Hämeen seutukuntien yhdyskuntajätteiden hyödyntäminen seutukunnittain. Kanta-Hämeessä yhdyskuntajätteistä 55 % hyödynnetään energiana kun Etelä- ja Länsi-Suomen alueen keskiarvo on 20 %. Kuvassa 41 on esitetty sekajätteen määrät asukasta kohden seutukunnittain vuonna 2009. Lahden seutukunnassa sekajätteiden määrä on pienempi johtuen pidemmälle kehitetystä jätteiden erilliskeräyksestä.

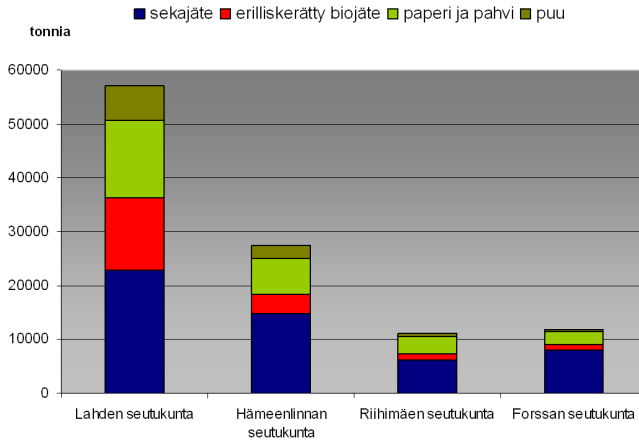


Kuva 40. Yhdyskuntajätteiden hyödyntäminen seutukunnittain vuonna 2009



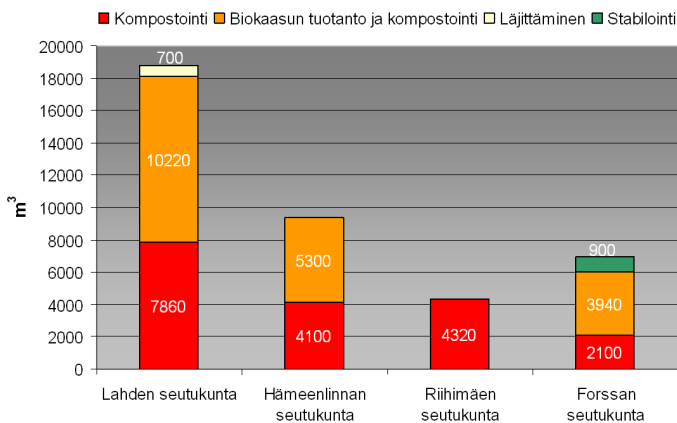
Kuva 41. Sekajätteen määrät asukasta kohden seutukuntien alueella vuonna 2009

Kuvassa 42 on esitetty seutukunnittain biohajoavat jätejakeet vuonna 2009. Kuvassa sekajätteellä tarkoitetaan sekajätteiden sisältämää biohajoavaa osuutta. Sekalaisessa yhdyskuntajätteessä on syntypaikkalajittelun jälkeenkin edelleen yli puolet biohajoavaa jätettä. ELSU:n suunnittelualueen sekalaisesta yhdyskuntajätteestä vuonna 2007 oli 53 % biohajoavaa jätettä. Pääkaupunkiseudulla vastaava luku on ollut jopa 66 %. Suuri osa jätteistä olisi erilliskerättynä hyödynnettävissä (Pulkkinen ym. 2008, Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2006)



Kuva 42. Kanta- ja Päijät-Hämeen biohajoavat jätejakeet seutukunnittain vuonna 2009 (sekajätteellä tarkoitetaan tässä sekajätteen arvioitua biohajoavaa osuutta)

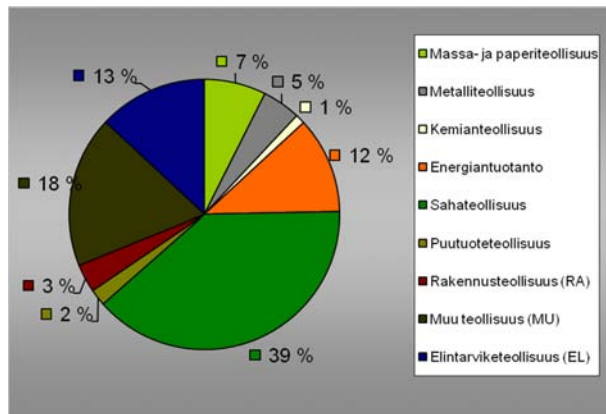
Kuvassa 43 on esitetty yhdyskuntajätevesilietteiden määrät ja käsittely seutukunnittain vuonna 2009. Liete sisältää runsaasti orgaanista ainetta ja ravinteita. Valtaosa syntyneestä lietteestä hyödynnetään viherrakentamisessa lannoitteena ja maanparannusaineena. Ennen hyödyntämistä liete käsitellään esimerkiksi mädättämällä, kompostoimalla, stabiloimalla tai kalkitseamalla. Kanta-Hämeessä 53 % yhdyskuntajätteistä käsitellään laitoksissa, joissa hyödynnetään jätevesien biokaasun tuotantopotentiaali. Vuonna 2009 laitoksissa tuotettiin biokaasua 1,7 milj. m³, joka vastaa noin 10 GWh energiasisältöä. Käsittelemällä kaikki yhdyskuntajätevesilietteet biokaasua tuottavissa laitoksissa voitaisiin tuotettava energiasisältö kaksinkertaistaa.



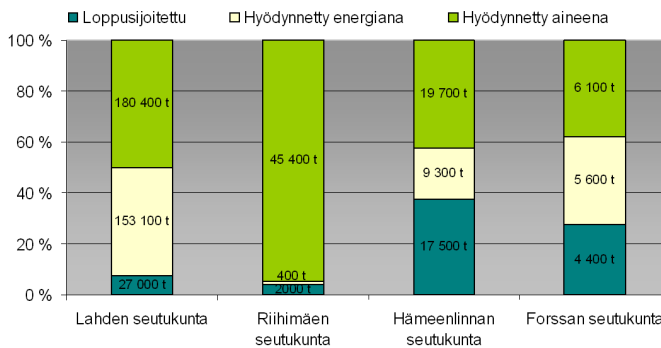
Kuva 43. Yhdyskuntajätevesilietteiden määrät ja käsittely seutukunnittain vuonna 2009

10.3 Teollisuuden jätteet

Kanta-Hämeen alueelta muodostui teollisuusjätteitä yhteensä 110 000 tonnia, joista aineena hyödynnettiin 64 %, energiana 14 % ja kaatopaikalle sijoitettiin 22 %. Kaatopaikalle sijoitetuista jätteistä suurin osa oli energiantuotannossa syntyviä tuhkia, joiden hyödyntäminen on vaikeaa. Kanta-Hämeessä teollisuudesta muodostui asukasta kohden 635 kg jätettä vuonna 2008. Maakunnan suurin teollisuuden ala jätemäärien perusteella oli sahateollisuus. Kanta-Hämeessä sahateollisuuden jätemäärien osuus oli 39 % kokonaisjätemäärästä. Kanta-Hämeessä toiseksi ja kolmanneksi suurimpia ovat muu teollisuus, johon kuuluu mm. lasiteollisuus ja kalastustarviketeollisuus, ja elintarviketeollisuus. Näiden osuus on yhteensä 31 % teollisuuden kokonaisjätemäärästä. Kuvassa 44 on esitetty Kanta-Hämeessä muodostuneet teollisuusjätteet teollisuusaloittain ja kuvassa 45 teollisuuden jätteiden jätemäärät ja käsittely seutukunnittain vuonna 2008.



Kuva 44. Kanta-Hämeen teollisuusjätteet (183 000 tonnia) teollisuusaloittain vuonna 2008

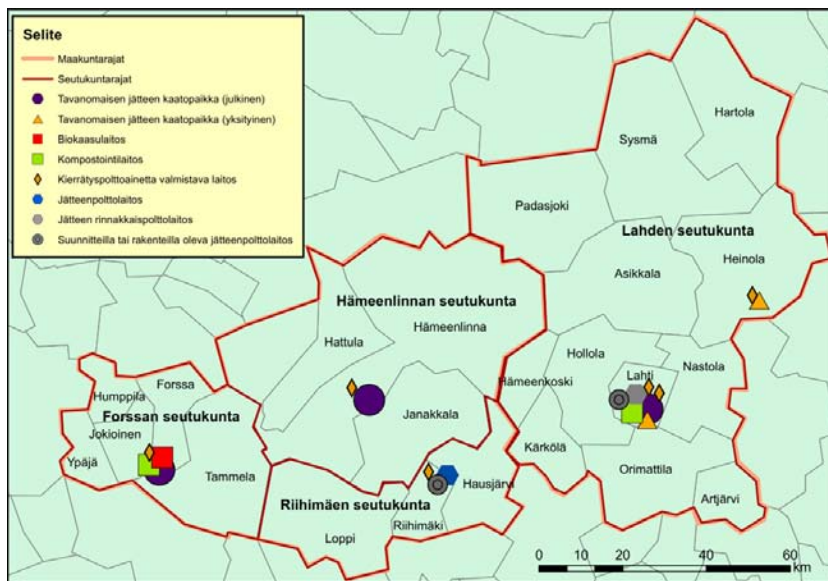


Kuva 45. Teollisuuden jätteiden jätemäärät ja käsittely seutukunnittain vuonna 2008

10.4 Jätteiden käsittelylaitokset ja loppusijoituspaikat

Yhdyskuntajätteiden käsittely tapahtuu pääasiassa alueellisissa käsittelykeskuksissa. Yleensä jätehuolto-yhtiöiden tai kunnallisten jätelaitosten ylläpitämissä käsittelykeskuksissa jättemateriaaleja muutetaan hyödyntämisen tai loppusijoittamisen kannalta käyttökelpoiseen muotoon tai loppusijoitetaan kaatopaikalle.

Kanta-Hämeessä toimii kaksi yhdyskuntajätteen käsittelykeskusta. Nämä ovat Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n Kiimassuon jätteenkäsittelykeskus Forsassa ja Kiertokapula Oy:n Karanojan jätteenkäsittelykeskus Hämeenlinnassa. Päijät-Hämeessä on Päijät-Hämeen jätehuolto Oy:n Kujalan jätteenkäsittelykeskus Lahdessa. Kanta-Hämeen muita jätteenkäsittelykeskuksia ovat kierrätyspolttoainetta valmistavat laitokset Ekokem Oy:n Kuulojan käsittelykeskus Riihimäellä, Lassila & Tikanoja Oy Hämeenlinnassa, J. Syrjänen Oy Forsassa, Pa-Ri Materia Oy Riihimäellä sekä Demolite Oy Tuuloksessa Hämeenlinnassa. Kuvassa 46 on esitetty selvitysalueella sijaitsevat jätteenkäsittelylaitokset.



Kuva 46. Selvitysalueella sijaitsevat jätteenkäsittelylaitokset, kaatopaikat ja suunnitella olevat laitokset vuonna 2009

10.5 Jätteitä energianlähteinä käyttävät laitokset

Hämeessä on kolme jätehuolto-yhtiöiden tavanomaisen jätteen kaatopaikkaa ja yksi yksityinen tavanomaisen jätteen kaatopaikka, joista Kujalassa ja Karanojalla kerätään talteen kaatopaikkakaasua. Forssassa Kiimassuon kaatopaikalla ei tällä hetkellä ole kaasun talteenottojärjestelmää. Taulukossa 33 on esitetty julkisten kaatopaikkojen biokaasupäästöt vuonna 2009. Yhteenlaskettu energia, joka saadaan tällä hetkellä talteen otetusta kaatopaikkakaasusta, on noin 22 GWh. Lisäämällä talteenottoa kaatopaikkakaasusta saata-va energiamäärä voitaisiin noin kaksinkertaistaa.

Taulukko 33. Julkisten kaatopaikkojen biokaasupäästöt vuonna 2009

Kaatopaikka	Arvioitu biokaasupäästö (milj. m ³)	Talteenotto määrä (milj. m ³)	CH ₄ -pitoisuus (%)	CH ₄ -määrä (milj. m ³)
Kujala, Lahti	4,1	3,4	43	1,462
Karanoja, Hämeenlinna	-	1,4	56	0,784
Kiimassuo, Forssa	3,4	-	-	-

Jätevesilietteistä biokaasua Kanta-Hämeessä tuottavat Hämeenlinnan seudun vesi Oy ja Forssan vesihuoltolaitos. Nykyinen biokaasun tuotanto vastaa 10 GWh energiamäärää ja tuotanto olisi mahdollista kaksinkertaistaa, jos kaikki yhdyskuntajätevesilietteet käsiteltäisiin vastaavissa laitoksissa. Jätevesilaitosten lisäksi Envor Biotech Oy:lla on Kanta-Hämeen ainoa biokaasulaitos. Se käyttää raaka-aineena elintarviketeollisuuden-, kaupan- ja asumisen biojätteitä ja sen tuottama biokaasu vastaa noin 39 GWh energiamäärää. (Biokaasulaitosrekisteri, Envor Biotech Oy:n www-sivut)

Kanta-Hämeessä on tuotannossa ja suunnitteilla liikennebiopolttoaineiden tuotantoa jätepohjaisista raaka-aineista. ST1:n Bionolix-laitos tuottaa Karanojan kaatopaikalla bioetanolia erilliskerätyistä biojätteistä. Forssa Ekoport Turku Oy rakentaa laitosta, jossa tuotetaan biodieseliä käyttäen raaka-aineena jätemuovia, biomassaa, REF-polttoainetta ja turvetta. ST1 suunnittelee Jokioisille Etanolix-laitosta, joka tuottaa bioetanolia Genercorin entsyymitehtaan tuotannosta jäljelle jäävästä ohraliemestä.

Taulukossa 34 on esitetty Hämeessä sijaitsevat jätteenpoltto- ja rinnakkaispolttolaitokset ja niiden kapasiteetti. Kanta-Hämeessä Riihimäellä on Eko-voima Oy:n jätevoimala ja lisäksi Riihimäelle on suunnitteilla rakentaa entisen rinnalle toinen jätevoimala. Päijät-Hämeessä on Lahti Energian Kymijärven voimalaitos, jossa rinnakkaispoltossa käytetään lajitellusta yhdyskuntajätteestä kaasutettua polttoainetta. Lisäksi Päijät-Hämeeseen on rakenteilla Lahti Energian Kymijärven toinen voimalaitos, joka käyttää energianlähteenä energiajätteestä kaasuttamalla valmistettua polttoainetta. Taulukossa 35 on esitetty olemassa olevat ja suunnitellut jätteenpolttolaitokset selvitysalueen läheisyydessä sekä niiden kapasiteetit.

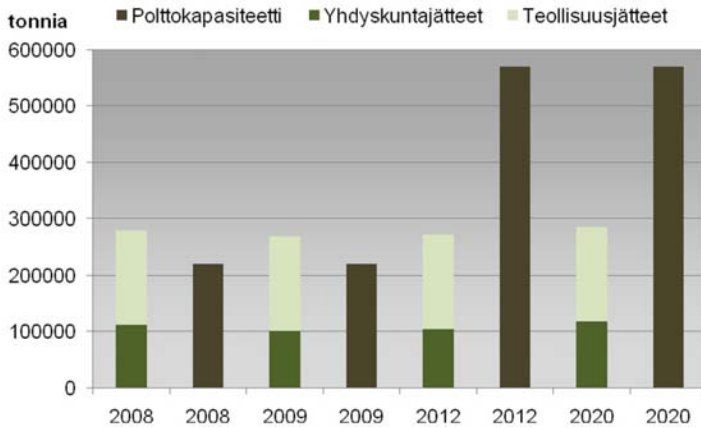
Taulukko 34. Selvitysalueella olemassa olevat ja suunnitellut jätteenpoltto- ja rinnakkaispolttolaitokset sekä niiden kapasiteetit

Jätteenpolttolaitos	Kapasiteetti (t/v)
Toiminnassa olevat	
Jätevoimala 1, Ekovoima Oy, Riihimäki	150 000
Suunnitellut	
KYVO2, Lahti Energia Oy, Lahti	250 000
Jätevoimala 2, Ekovoima Oy, Riihimäki	100 000
Jätteenrinnakkaispolttolaitos	
Kymijärven voimalaitos, Lahti Energia Oy, Lahti	70 000
Yhteensä	570 000

Taulukko 35. Olemassa olevat ja suunnitellut jätteenpolttolaitokset selvitysalueen läheisyydessä sekä niiden kapasiteetit

Jätteenpolttolaitos selvitysalueen läheisyydessä	Kapasiteetti (t/v)
Toiminnassa olevat laitokset	
Kotkan Energia Oy, Kotka	87 000
Suunnitellut laitokset	
Tammervoima, Tampere	120 000 - 180 000
Vantaan Energian jätevoimala, Vantaa	340 000
Yhteensä	547 000 - 607 000

Kuvassa 48 on esitetty polttoon soveltuvien teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden määrät sekä jätteenpolttolaitoksien kapasiteetti vuosina 2008, 2009, 2012 ja 2020. Kuvat osoittavat että Hämeessä ja sen lähialueilla on rakenteilla ja suunnitteilla runsaasti kapasiteettia energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämiselle suhteessa selvitysalueen jätemääriin. Tulevaisuudessa jätteitä tullaan todennäköisesti kuljettamaan Hämeeseen myös Kanta- ja Päijät-Hämeen maakuntien ulkopuolelta. Selvityksen toteuttajan käsityksen mukaan tässä selvityksessä saaduista tiedoista puuttuu kuitenkin huomattava osa kaupan ja teollisuuden polttokelpoisista jätteistä, mikä selittää merkittävän eron polttokapasiteetin ja jätemäärien välillä. Näin ollen voidaan olettaa että energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämisestä ei ole syntymässä niin suurta ylikapasiteettia kuin kuva 47 antaa ymmärtää. Taulukossa 36 on esitetty erilaisia skenaarioita jätteenpolttokapasiteetin rakentamisesta ja jätemäärien kehittämisestä.



Kuva 47. Polttoon soveltuvat teollisuus- ja yhdyskuntajätteet sekä polttokapasiteetti vuosina 2008, 2009, 2012 ja 2020

Taulukko 36. Poltettavan jätteen ja jätteen kokonaismäärän vertailua eri skenaarioilla

	Skenaario 1		Skenaario 2		Skenaario 3		Skenaario 4	
	ELSU	OECD	ELSU	OECD	ELSU	OECD	ELSU	OECD
Polttavat yhdyskuntajätteet	87 000	95 000	83 000	90 000	87 000	95 000	83 000	87 000
Polttavat teollisuusjätteet (ELSU:n mukaiset teollisuuden alat)	54 000		54 000		54 000		54 000	
Teollisuusjätteet (muut teollisuuden alat)	114 000		114 000		114 000		114 000	
Polttokapasiteetti	570 000		570 000		220 000		220 000	
Jätteen määrä verrattuna polttokapasiteettiin	-315 000	-307 000	-319 000	-312 000	35 000	43 000	31 000	35 000

10.6 Jätteiden hyödyntämisen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset

Energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämisen aluetaloudelliset vaikutukset liittyvät työllistävyyteen tuotantoketjun eri vaiheissa jätteiden kuljetuksessa, lajittelussa ja hyödyntämisessä sekä tuotettuun sähkөөn ja lämpöön, jolla voidaan lisätä alueen omaa energiantuotantoa.

Energiantuotantoon soveltuvien jätteiden hyödyntämiseen liittyy monitahoisia ympäristövaikutuksia. Jätteitä ja sivuvirtoja hyödynnettäessä on tärkeää toteuttaa hierarkiaa, jossa ensisijainen hyödyntäminen tapahtuu materiaalina, toissijaisesti energianlähteenä ja viimeisenä vaihtoehtona on loppusijoitus kaatopaikalle. Hierarkian toteuttaminen on tärkeää, jotta jätteiden hyödyntäminen energiantuotannossa ei aiheuta jätteiden synnyn lisääntymistä. Jätteiden hyödyntämisen yhteydessä kuljetukset ja keräyksen organisointi on tärkeää, jotta jätteiden hyödyntämisestä syntyvät ympäristövaikutukset ja energiankulutus eivät käänneä jätteiden hyödyntämisen vaikutuksia negatiivisiksi. Jätteiden hyödyntämisen ketjussa kierrätys vähentää jätteiden syntymistä ja jätteiden hyödyntäminen energianlähteinä vähentää kaatopaikalle pää-

tyvää jätemäärää sekä muiden energialähteiden käyttöä. Kaatopaikoilla kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmät vähentävät päästöjä ilmakehään ja lisäksi kaasua voidaan hyödyntää energianlähteenä. Valtakunnallisen tutkimuksen mukaan jätteiden hyötykäyttö vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sitä enemmän, mitä enemmän se korvaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Sekajätteestä suurin hyöty saadaan energialähteenä, muovista kierrättämällä ja biojätteestä mädättämällä (Suomen Ympäristökeskus [www-sivut](http://www.sivut)).

10.7 Johtopäätökset

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella on jo saavutettu Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa esitetty 80 % tavoite jätteiden hyödyntämiselle. Etelä- ja Länsi-Suomen alueelle esitetty VALTSUa tiukempi 90 % hyödyntämistavoite tulee täyttymään myös hyvin pian, oletettavasti jo ennen isojen Ekovoima Oy:n ja Lahti Energian laitosten valmistumista. Biohajoavan jätteen sijoittaminen kaatopaikoille vaikuttaa ilmastonmuutokseen, minkä torjuminen on yhdyskuntajätehuollon keskeisiä tavoitteita. Biohajoavan jätteen hyödyntämisen lisäämiselle asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa mm. yhdyskuntajätteiden energiahyödyntämistä lisäämällä.

Kanta- ja Päijät-Hämeen alueella voidaan arvioida jätteen energiahyödyntämisessä syntyvän kilpailua jätteistä. Hyvä- ja huonompilaatuinen jäte tulevat ohjautumaan erilaiseen käyttötarkoitukseen. Yhdyskuntajätteiden lisäksi kaupan ja teollisuuden jätteet ovat merkittävässä roolissa jätteiden lopullista käsittelypaikkaa haettaessa. Jätteiden hyödyntäjät ovat pakotetut pitkiin sopimuksiin jätehuoltoyhtiöiden ja kierrätyspolttoaineiden valmistajien kanssa, jotta toimintaa voidaan suunnitella pitkällä tähtäimellä. On myös mahdollista, että jätteiden kuljetusmatkat tulevat kasvamaan ja jätteitä tullaan kuljettamaan Hämeenkin alueelle jopa satojen kilometrien päästä. Tulevaisuudessa onkin tärkeää kiinnittää huomiota jätehuollon logistiikkaan ja ekotehokkuuteen, jotta jättekuljetukset tukisivat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteita. Elinkaarilaskelmien rooli kustannushyötyanalyysien ohella korostuu.

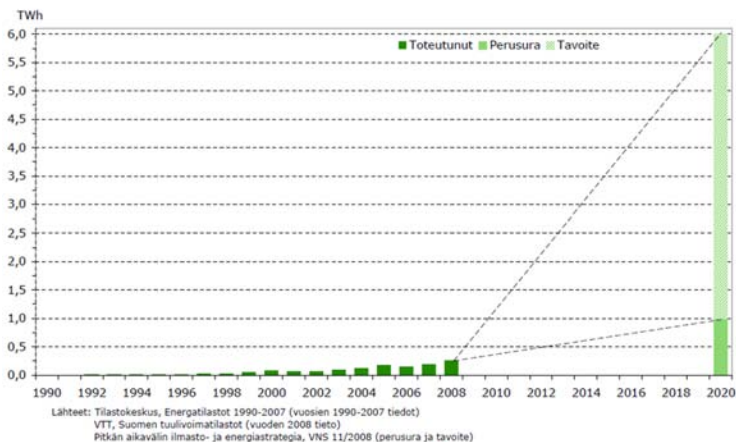
Kaatopaikkakaasusta, lietteen mädättämisestä ja esimerkiksi etanolia biojätteestä tai elintarviketeollisuuden orgaanisesta materiaalista tuottavien laitosten energiantuotantomäärät ja tehot ovat tasolla 1–4 MW ja siten enimmilläänkin vain muutamia prosentteja isojen jätteenpolttolaitoksien (50–160 MW) energiahyödyntämisen tuottamasta energiasta tai polttoainetehosta. Pienillä biokaasu- tai etanolihankkeilla ei yksittäisinä ole suurta merkitystä kasvihuonekaasujen muodostumiseen tai energiaratkaisuna, mutta paikallisesti ne ovat jo merkittäviä energiamuotoja. Yhdessä ne muodostavat jatkossa yhä suuremman osan fossiilisten polttoaineiden korvaajina ja siten kasvihuonekaasujen vähentämisessä. Näiden tutkimiseen ja edelleen tehokkaampaan hyödyntämiseen on syytä panostaa. Jätteiden energiahyödyntämisessä Hämeen alueella on käynnissä useita pieniä ja innovatiivisia paikallisia hankkeita sekä isoja ja valtakunnallisesti merkittäviä hankkeita.

11 Tuulivoima

Tuulivoima perustuu auringon säteilyenergiaan ja on uusiutuvaa energiaa. Aurinko lämmittää maan pintaa epätasaisesti jolloin syntyvät lämpötilaerot saavat aikaan ilmanpaineen eroja. Tuulet puhaltavat korkeasta paineesta matalapaineeseen. Tuulivoimala muuttaa tuulen liike-energian pyörimisenergiaksi ja sähkögeneraattori muuttaa pyörimisenergian sähköksi. Generaattorin jälkeen tarvitaan säätöjärjestelmä, jolla tuulennopeuden mukana vaihteleva sähköntuotanto saadaan muunnettua soveltuvaksi sähköverkkoon tai akkuihin varastoitavaksi.

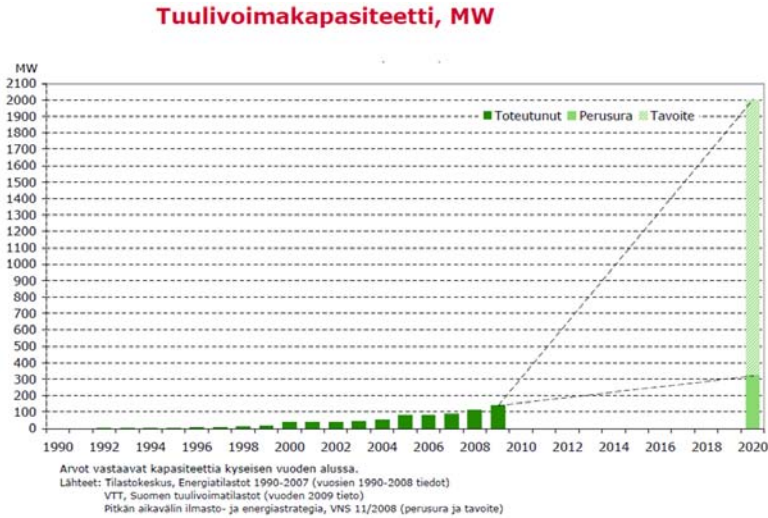
Vuoteen 2020 mennessä Suomen tavoitteena on lisätä tuulivoiman energiantuotanto noin 6 TWh:n tasolle (kuva 48). Suurin osa tästä tavoitteesta tullaan kattamaan suuren mittakaavan tuulivoimantuotannolla, jossa sähköä tuotetaan 1–3 MW tuulivoimaloilla (kuva 49). Tulevaisuudessa myös kiinteistökohtaisilla sekä pienyrityksien ja maatalojen pienen- ja keskisuuren mittakaavan tuulivoimaloilla tulee olemaan oma merkittävä rooli hajautetun uusiutuvan energiantuotannon lisäämisessä. Vuonna 2008 Suomessa tuotettiin suurilla (1–3 MW) tuulivoimaloilla 260 GWh sähköä, joka on 0,4 % Suomessa käytetystä sähköstä (Energiateollisuus 2010).

Tuulivoimalla tuotettu sähkö



Kuva 48.

Tuulivoimalla tuotetun sähkön määrä ja tavoite vuodelle 2020. (Motiva 2009)

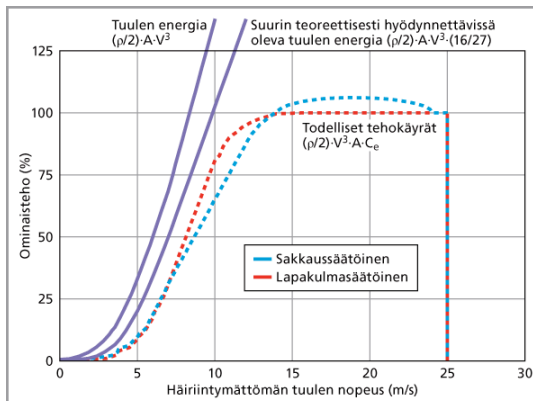


Kuva 49. Tuulivoimakapasiteetin kehitys Suomessa ja tavoite vuodelle 2020. (Motiva 2009)

11.1 Tuulivoima ja tuuliolosuhteet

Tuulivoimalan nimellisteho ilmoitetaan yleensä kilowatteina (kW), se ei kuitenkaan kerro suoraan kuinka paljon voimala tuottaa energiaa, vaan tuotanto riippuu paikallisista tuuliolosuhteista, voimalan ominaisuuksista ja maston korkeudesta.

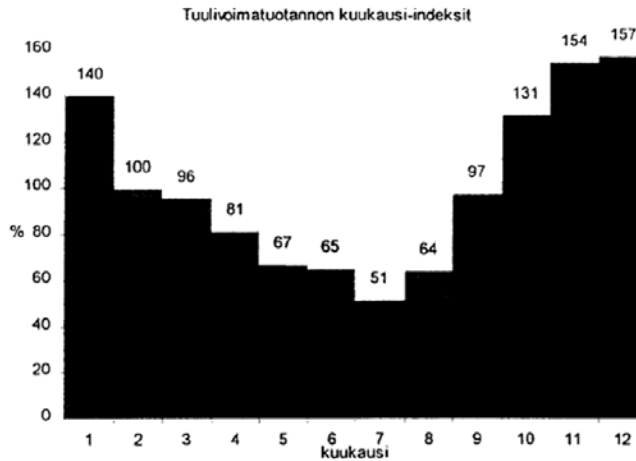
Pientuulivoimalat tarvitsevat käynnistyäkseen noin 2 m/s tuulta ja suurten tuulivoimaloiden käynnistymistuulennopeus on yleensä luokkaa 3–4 m/s (www.tuuliatlas.fi). Kuvassa 50 on esitetty tuulen tehokäyrä tuulennopeuden muuttuessa. Siitä nähdään, että tuotantoteho kasvaa hyvin nopeasti kun tuulen nopeus kasvaa välillä 5-10 m/s. Pienikin parannus vuosittaisessa keskituulennopeudessa lisää tuulivoimalan tuotantoa merkittävästi. Tämän vuoksi tuulivoimalan sijoittaminen optimaaliseen paikkaan on erityisen tärkeää. Turvallisuussyistä tuulivoimalat pysäytetään tuulennopeuden ylittäessä 25 m/s.



Kuva 50. Tuulen energiasisällön, tuulivoimalan teoreettisen maksimaalisen energian sekä tyypillisellä kiinteälapsaisella ja lapasäättöisellä voimalalla lasketut tehokäyrät (Tuuliatlas www-sivut).

Paikalliseen tuulisuuteen vaikuttavat suuressa mittakaavassa lämpötilaerot, matalapainetoiminta ja matalapaineen keskuksen liikerata. Alueellisemmassa mittakaavassa vaikuttavia tekijöitä ovat maan ja meren jakauma sekä lämpötilaerot, vuoristot, maanpinnan laatu ja muodot. Lisäksi tuulisuus vaihtelee muun muassa vuorokauden, vuodenaikojen ja säärintamien mukaan. Vaihteiluista huolimatta vuosittainen tuulen energia on keskimääräisesti lähes vakio.

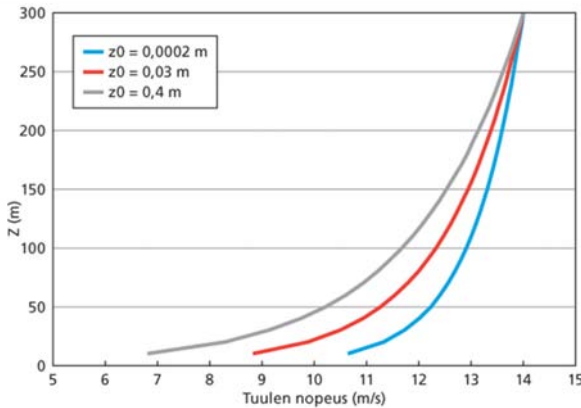
Merialueilla, rannikoilla ja tuntureilla on tyypillistä tuulienopeuden suuri vaihtelevuus. Sisämaassa tuulen kuukausittaiset tuulen keskinopeuden vaihtelut ovat huomattavasti pienemmät (Tuuliatlas 2010). Siten tuotannon erot tasoittuvat laajoilla alueilla. Suomessa toteutetun Tuuliatlaksen mukaan talvisin tuulee enemmän kuin kesäisin, joten tuotantoprofiili sopii yhteen kulutuksen kanssa (kuva 51). (Tuuliatlas www-sivut, Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)



Kuva 51. Tuulivoiman kuukausituotannon indeksisarja etelärannikolla laskettuna viiden sää- aseman keskimääräisen kuukausituulen nopeuden sekä 300 kW:n voimalaitoksen tehokäyrän mukaan. (Holtinen 1996)

Tuulen nopeuteen ja sen kasvuun voimalan sijoituskorkeudella vaikuttaa maanpinnan laatu ja muodot eli pinnan rosoisuus (kuva 52). Tuulen nopeus kasvaa korkeuden kasvaessa, sillä pinnan rosoisuuden merkitys vähenee kauempana maanpinnasta. Rosoisuuden vaikutuksen vuoksi parhaita paikkoja tuulivoimalalle ovat avoimet ja ympäristöään ylempänä olevat paikat. Sisämaassa tällaisia ovat järvien rannat, isot peltoaukeat ja mäkien laet. Jos tuuleen syntyy pyörteitä, esimerkiksi puista tai rakennuksista, tuulen voima heikkenee. Laskennassa voidaan pitää nyrkkisääntönä, että 10 % lisäys keskituulen nopeudessa parantaa tuulivoimalan tuottoa 25 %. (Tuulienergia 2/2009, Eagle Tuulivoima Oy www-sivut, Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)

Tarkinta tietoa paikallisista tuulista saadaan tuulimittauksilla. Tuulimittausten avulla voidaan luoda myös tuotantokäyriä tuulivoimalan kannattavuuden määrittämiseksi. Mittausten lisäksi paikallisia tuulia voidaan arvioida silmä-määräisesti ympäristön avulla.



Kuva 52. Pinnan rosoisuuden vaikutus tuulen nopeuteen, kuvassa z_0 = pinnan rosoisuusparametri (Tuuliatlas www-sivut)

11.2 Selvitys tuulivoimapuistoille soveltuvista alueista Hämeessä

Tämä osion pohjana on Etelä-Suomen yhteistoiminta-alueen¹⁴ tuulivoimaiselvitys 2010, jossa on paikallistettu potentiaalisia maakunnallisesti merkittäviä tuulivoimapuistojen sijoituspaikkoja Kanta- ja Päijät-Hämeessä sekä Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla. Toteutuksesta ovat vastanneet alueiden maakuntaliitot (Hämeen, Päijät-Hämeen, Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan liitot). Selvityksen laadinnan on mahdollistanut vuoden 2009 lopulla käyttöön otettu Ilmatieteen laitoksen tuottama Tuuliatlas, jossa on kattavat tuulisuu-tiedot koko Suomesta.

Selvitys palvelee maakuntien liittoja kaavoitustyössä. Kanta-Hämeen maakuntakaavan uudistaminen on käynnistetty. Työ etenee vaihemaakuntakaavoina siten, että ensimmäisessä vaiheessa laaditaan alue- ja yhdyskuntarakenteen kehittymistä ja taajamien maan käyttöä sekä liikennettä ja muuta infrastruktuuria käsittelevä vaihemaakuntakaava. Vuonna 2010 on tehty kaavan edellyttämiä taustaselvityksiä. Kaavaluonnos on ollut nähtävillä keväällä 2011. Toisessa vaiheessa työ jatkuu ns. ”luonnonvaramaakuntakaavan” laatimisella, joka on tarkoitus käynnistää 2011. Siihen liittyviä taustaselvityksiä tehtiin vuosina 2010–2011. Tuulivoimakysymystä on tarkoitus käsitellä molemmissa vaihekaavoissa.

¹⁴ Uusimaa, Itä-Uusimaa, Häme ja Päijät-Häme muodostavat alueiden kehittämisestä annetun lain mukaisen yhteistoiminta-alueen. Yhteistoiminnan piiriin kuuluu sellaisten aluekehittämisestä käsittelevä ja niitä koskeva päätöksenteko, jotka: 1) ovat alueen pitkäjänteisen kehittämisen kannalta merkittäviä; 2) sisältyvät maakuntaohjelmiin ja niiden toteuttamissuunnitelmiin tai muihin alueiden kehittämiseen merkittävästi vaikuttaviin suunnitelmiin; sekä 3) koskevat koko yhteistoiminta-aluetta.

11.2.1 Selvityksessä käytetyt menetelmät ja aineistot

Tehty esiselvitys tarjoaa yleispiirteisen silmäyksen tuulivoiman rakentamismahdollisuuksiin maa-alueille. Työssä on käytetty poissulkevaa metodia, jolloin lopputulokseksi valikoituneilla alueilla ei käytettyjen kriteerien mukaan ole tuulivoiman rakentamiselle suurempia esteitä. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että alueet välttämättä soveltuvat tuulivoiman rakentamiseen. Lopputuloksena löytyneet alueet ovatkin alueita, joihin tulevat jatkoselvitykset kohdistetaan, eivätkä suinkaan minkään tason aluevarauksia. Varsinaiset kaavamerkinnot ja aluevaraukset edellyttävät yksityiskohtaisempaa selvitystyötä

Tämän selvityksen näkökulmasta tuulivoimaloiden sijoittumiseen vaikuttavat lähinnä alueen tuulisuus, ympäristöarvot, muu alueidenkäyttö sekä sähkönsiirtoverkon ja tiestön sijainti. Vesialueet on rajattu selvityksen ulkopuolelle, vaikka vesialueet voivat soveltua hyvin tuulivoiman tuotantoon. Selvityksen lähtökohtana on myös, että tuulivoimatuotantoa ei saa sijoitua liian lähelle asutusta, mutta silti piti pystyä löytämään myös varsin tiheästi asutuilta alueilta tuotantoon soveltuvia alueita. Asutus rajaa tuulivoimapuistojen sijoitusta siten, että riippuen alueen rakennustiheydestä rakennusten minimisuojavaovyhykkeeksi tuli 400 m ja maksimileveys rajattiin 2000 metriin. Menetelmän etuna on, että yksittäinen rakennus ei aiheuta kohtuuttoman suurta alueiden poissulkeutumista, mutta toisaalta suuret rakennuskeskittymät saavat riittävän leveän tuulivoimavapaan vyöhykkeen ympärilleen. Menetelmä ei ota kantaa siihen, kuinka monta asukasta yhdessä rakennuksessa on.

Herkät alueet, eli luonnonsuojelualueet ja luonnonsuojeluohjelmiin kuuluvat alueet ovat poissulkevia tekijöitä tässä selvityksessä, eikä niille siten voi rakentaa tuulivoimaa. Herkille alueille ei määritetty suojaetäisyyksiä, vaan lähtökohtana pidettiin, että alueet sisältävät jo itsessään luontoarvojen säilymisen kannalta riittävät suojavaovyhykkeet. Poikkeuksena luonnonsuojeluteemaan liittyen ovat Natura 2000 -ohjelman alueet, minne voi sijoittaa toimintaa, joka ei merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden vuoksi alue on Natura 2000 -verkostoon sisällytetty. Tuulivoimatuotannon sijoittaminen Natura 2000-alueelle on siis tarkempien selvitysten jälkeen ehkä mahdollista.

Rakennetut kulttuuriympäristöt ja maisema-alueet on huomioitu siten, että ne eivät kokonaan poissulje tuulivoimaa, vaan ovat ns. ehkä-alueita, minne tuotannon sijoittaminen on tarkempien selvitysten jälkeen ehkä mahdollista.

Selvityksessä maakunnallisesti merkittävän tuulivoimatuotantoon soveltuvan alueen on oltava usean neliökilometrin laajuinen, jotta sinne voidaan sijoittaa tuulivoiman tuotantoyksiköitä 10 kpl tai enemmän. Määrittäväksi tekijäksi on siis nostettu alueen riittävä pinta-ala. Vähimmäispinta-ala, jotta alue valikoitunut pisteytysvaiheeseen, on 1 km². Tätä pienemmätkin alueet voivat olla tuulivoimatuotantoon soveltuvia, mutta niitä ei pidetä tässä työssä maakunnallisesti merkittävänä, joten ne on karsittu pois.

Matalin tuulisuusluokka joka selvityksessä on huomioitu, on 6 m/s. Tuulisuusluokka tarkoitetaan keskituulennopeutta vuoden aikana 100 m korkeudelta maanpinnasta mitattuna (kuva 53). Nykyisin tuulennopeutta 6,5 m/s pidetään yleisesti kannattavan tuulivoimatuotannon alarajana. Lähtöaineistona käytetyn tuuliatlaksen 2,5 km² jokainen ruutu sisältää todennäköisesti mm. maastonmuodoista johtuen tuulisuusolosuhteiltaan parempiakin alueita, mitä ruudulle mallinnuksen avulla laskettu keskituulennopeus antaa ymmärtää. Alarajan valinnassa huomioitiin myös maakuntakaavan pitkä aikaperspektiivi. Tulevaisuuden muutokset esimerkiksi tuulivoimaloiden hyötysuhteissa sekä voimaloiden ja sähkön hinnassa vaikuttavat tuulivoiman kannattavuuteen pitkällä aikavälillä.

Tuulivoiman tuotantoon soveltuvat alueet pisteytettiin valittujen kriteerien perusteella. Pisteytys suoritettiin pinta-alan, tuulisuuden, tiestön sijainnin ja sähkönsiirtoverkon sijainnin perusteella. Lisäksi merikotkien läheisyydestä annettiin miinus pisteitä. Pisteytyksessä on pyritty siihen, että alueiden väliset erot tulevat esiin. Maksimipistemäärä on 10 pistettä. Teoreettinen minimi on -2, mutta käytännössä huonoimmatkin alueet ovat saaneet 2 pistettä.

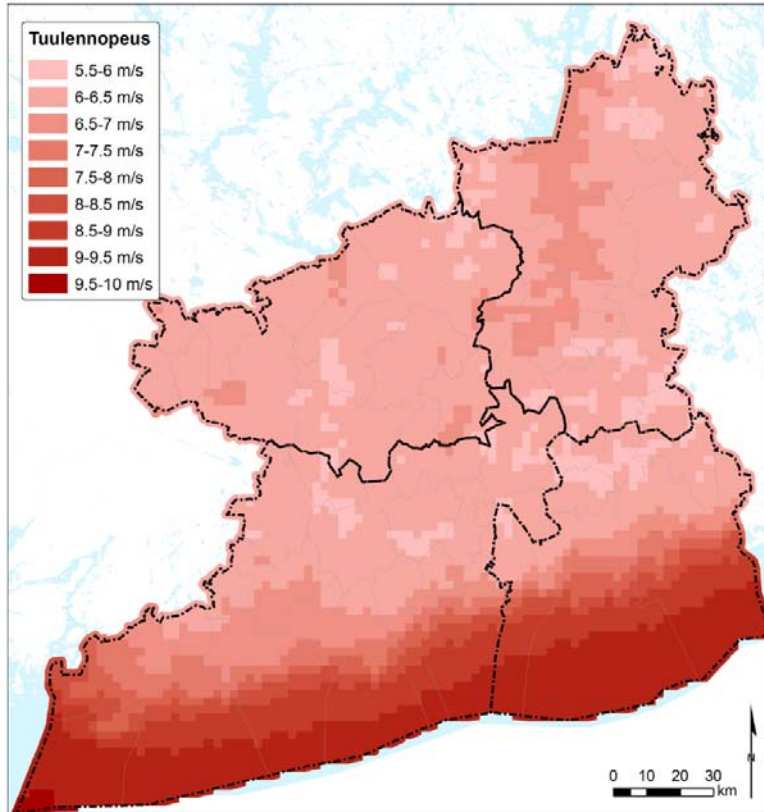
Etelä-Suomen yhteistoiminta-alueella suurin osa parhaat pisteet saaneista alueista sijaitsee varsin kapealla rannikkovyöhykkeellä. Tämä johtuu suoraan alueen suotuisista tuuliolosuhteista. Muista kriteereistä mainittakoon, että koska tieverkko ulottuu lähes kaikkialle ja sähkönsiirtoverkkokin on pääosin lähettyvillä joka paikassa, käytetyllä raja-arvoilla tuulennopeus käytännössä ratkaisee sen, saavatko alueet kaikkein korkeimpia (7 tai yli) pisteitä.

Ei- ja ehkä-alueiden huomioimisella näyttää olevan hyvin vähän merkitystä. Kokonaispinta-alaan vaikutusta on n. 7 %, mutta alueiden lukumäärään vaikutusta ei oikeastaan ole. Ehkä-alueet nivoutuvat yhtenäisiksi alueiksi kylä-alueiden kanssa muodostaen suurempia kokonaisuuksia, ei niinkään erillisiä alueita.

On pidettävä mielessä, että suoritettu pisteytys antaa lopputuloksena vain yhdenlaisen synteisin valittujen kriteerien pohjalta. Erilaisilla painotuksilla tulos olisi toinen. Tuloksia ei myöskään kannata tulkita kovin suoraviivaisesti, vaan on myös hieman perehdyttävä siihen, mistä tekijöistä kukin alue on pisteitä saanut tai niitä menettänyt. Yleisenä nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin todeta:

- korkeintaan 4 pisteen alueet eivät sovellu tuulivoiman tuotantoon. Näillä alueilla liian monet tekijät ovat tätä vastaan.
- vähintään 7 pisteen alueilla on selkeästi suotuisat olosuhteet tuulivoiman tuotannolle.
- 5–6 pisteen alueiden joukosta saattaa löytyä sopiviakin alueita etenkin kun huomioidaan maastonmuodot ja jos tiestön ja sähkölinjojen sijaintiin ja vaatimuksiin liittyen nousee esiin jotain uutta tietoa, mikä muuttaa ratkaisevasti pisteytysperusteita.

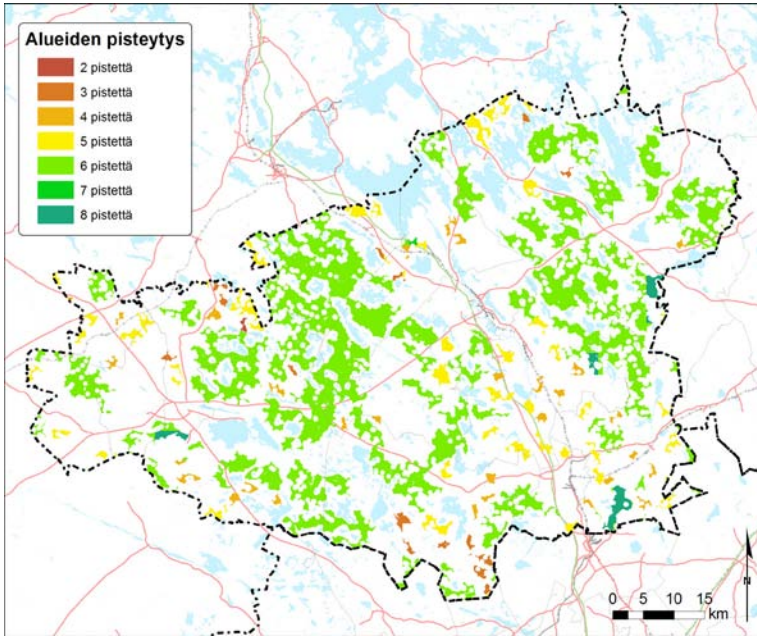
Huomionarvoista on, että osa ei-luokituksen saaneista alueista on todellisuudessa mahdollisesti alueita, minne voi rakentaa tuulivoimaa. Esimerkiksi kaatopaikat, teollisuus- ja varastoalueet voivat olla varsin hyviäkin paikkoja tuulivoimalle. Näille alueille rakentaminen ratkaistaan kuitenkin kuntakaavituksen kautta.



Kuva 53. Vuoden keskituulennopeus 100 m korkeudelta maanpinnasta mitattuna (Tuuliatlas www.sivut)

11.2.2 Tulokset Kanta-Hämeen osalta

Selvityksessä määritettiin Kanta-Hämeessä 147 kpl tuulivoimalle soveltuvaa yli 1 km² kokoista (kuva 54). Niiden yhteenlaskettu pinta-ala on 1 251 km². Taulukossa 37 on esitetty myös ehkä alueet, mutta niitä ei huomioidu tuulivoiman energiantuotantopotentiaalia arvioitaessa. Jos ehkä alueet huomioidaan, kokonaispinta-ala on 1 368 km².



Kuva 54. Alueiden vertailupisteitys Kanta-Hämeen osalta. Mukana ei ole ehkä-luokkaa. Alueita, jotka ovat saaneet vähintään 5 pistettä, voidaan pitää kelvollisina jatkoselvitykseen (Jutila 2010)

Vähintään 7 pisteen alueilla on selkeästi suotuisat olosuhteet tuulivoiman tuotannolle. Tällaisia alueita Kanta-Hämeessä on yhteensä 28 km². 5–6 pisteen alueiden joukosta oletetaan myös löytyvän sopivia alueita tuulivoimantuotantoon, etenkin kun huomioidaan, että maastonmuodoista johtuen alueilla on oletettavasti mallinnettua keskituulennopeutta suotuisampia tuuliolosuhteita. Tällaisia alueita Kanta-Hämeessä on yhteensä 1 034 km².

Taulukko 37. Tuulivoimantuotantoon soveltuvat alueet Kanta-Hämeessä

Kanta-Häme	Soveltuvat alueet		Soveltuvat alueet (sis. ehkä-alueet)	
	kpl	km ²	kpl	km ²
9-10 pistettä	0	0	0	0
8 pistettä	5	27	4	32
7 pistettä	3	1	5	2
6 pistettä	59	1034	47	1154
5 pistettä	45	122	42	114
alle 5 pistettä	50	68	48	65
yhteensä	162	1251	146	1368

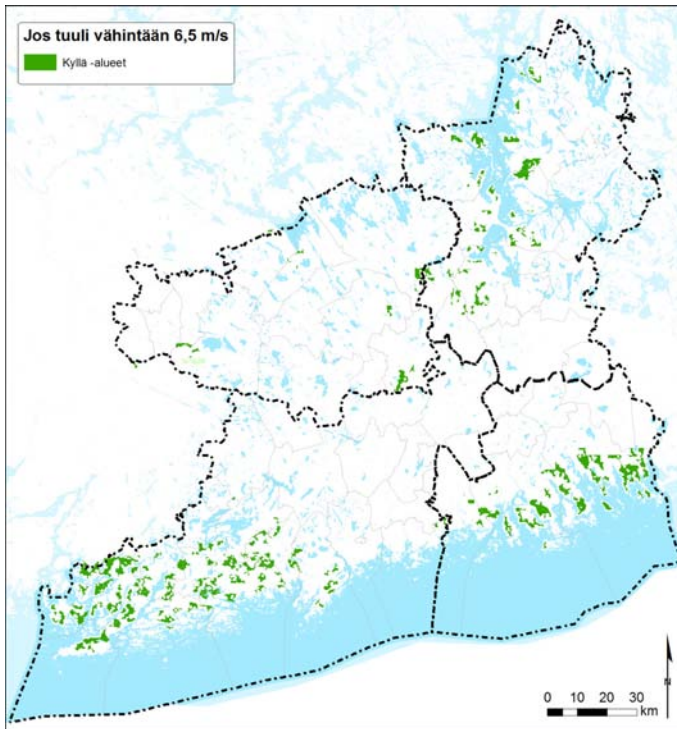
*Kun huomioidaan ehkä-alueet, alueita esim. yhdistyy laajemmiksi kokonaisuuksiksi, jolloin alueiden pisteitys muuttuu jonkin verran. Tämä aiheuttaa sen että ehkä-alueet huomioitaessa esim. 5 pistettä saaneita alueita on vähemmän kuin huomioitaessa vain soveltuvat alueet.

Arvioitaessa tuulivoiman tuotantopotentiaalia on arvioitu että 3 MW tuulivoimaloita voidaan sijoittaa keskimäärin 2,5 tuulivoimalaa per neliökilometri (2,5 kpl / km²). Huipunkäyttöajaksi sisämaan olosuhteissa on arvioitu 2000 tuntia. Huipunkäyttöaika tarkoittaa sitä että tuulivoimalan vuosittainen sähköntuotantomäärä vastaa energiamäärä, jonka voimala tuottaisi 2000 tunnissa toimiessaan täydellä tuotantoteholla. (Ojanen 2011)

Jos oletetaan että 7–8 pistettä saaneille alueille rakennettaisiin tuulipuistoja, näille alueille sopisi edellä mainituin oletuksin 70 kpl 3 MW:n tuulivoimaloita ja niiden vuosittainen sähköntuotannon määrä olisi noin 420 GWh. Jos oletetaan että 10 prosentille 5–6 pistettä saaneille alueille rakennettaisiin tuulipuistoja, näille alueille sopisi edellä mainituin oletuksin 290 kpl 3 MW:n tuulivoimaloita ja niiden vuosittainen sähköntuotannon määrä olisi noin 1700 GWh. Tuulivoiman teoreettiseksi potentiaaliksi arvioidaan Kanta-Hämeessä 1950 GWh. Tuulivoiman teoreettinen tuotantopotentiaali on määritetty siten, että esiselvityksessä 7–8 pistettä saaneista alueista 50 % ja 5–6 pistettä saaneista alueista 10 % todettaisiin jatkoselvityksien jälkeen soveltuvaksi tuulivoimalle.

11.2.3 Jatkotoimet

Tämän esiselvityksen tuloksena on löydetty huomattava joukko alueita, missä tuulivoiman tuotannolle ei vaikuttaisi olevan merkittäviä esteitä. Tulevat jatkoselvitykset kohdistetaan näille nyt löydetuille alueille. Pelkkä esiselvitys ei riitä tuulivoimarakentamiseen soveltuvien alueiden osoittamiseen maakuntakaavassa. Jotta siihen vaiheeseen joskus päästäisiin, vaaditaan tarkempia selvityksiä. Täytyy kyetä löytämään alueiden joukosta ne helmet, joihin tuulivoiman tuotantoa voidaan todellisuudessa ajatella. Tämä tapahtuu lähinnä kiristämällä esiselvitysvaiheessa tarkoituksellisesti varsin löyhiksi jätettyjä vaatimuksia liittyen alueen tuulisuuteen ja liitettävyyteen. Lisäksi tulee tehdä yhteistyötä useiden intressiryhmien ja tahojen kuten puolustusvoimien, sähkönsiirtoyhtiöiden ja Ilmatieteen laitoksen kanssa. Kuvassa 55 nähdään että tuulivoimapuistoille mahdollisesti soveltuvia maa-alueita joilla tuulisuusluokka on vähintään 6,5 m/s, on huomattavasti vähemmän kuin kuvassa 54, jossa tuulisuusluokan alaraja on 6 m/s.



Kuva 55. Esimerkki kriteerien tiukentamisesta. Mikäli alueilta vaaditaan vähintään 6,5 m/s tuulenopeus, vähenevät jatkoselvityksiin mukaan otettavat alueet ratkaisevasti (Jutila 2010)

Kunnilla on luonnollisesti yleis- ja asemakaavoittajana tärkeä rooli maakunnallisesti merkittävien tuulivoimahankkeiden toteutumisessa. Tämän lisäksi pienempiä, mutta silti huomattavia tuulivoimalakokonaisuuksia voidaan toteuttaa alueille, joiden asema- tai yleiskaavassa osoitettu ensisijainen käyttötarkoitus on jokin toinen. Näitä ovat mm. teollisuus-, varasto- ja satama-alueet tai vaikkapa jätehuoltoalueet. Tällaisiin tapauksiin maakuntakaavalla ei tarvitse ottaa kantaa.

Viime kädessä tuulivoimahankkeiden etenemisen ratkaisevat ne tahot, jotka toimivat toteuttajina. Nämä toteuttajat, yleensä energiayhtiöt, laativat tarkemmat kannattavuuslaskelmat jokaiselle yksittäiselle hankkeelle ja vielä ennen varsinaista toteutusta tulee suorittaa ympäristövaikutusten arviointimenettely. Toteutusvaihetta lähestyttäessä esiin nousee väistämättä useita seikkoja, joista jokainen yksinäänkin voi estää hankkeen toteutumisen. Kysymys maanomistuksesta on erittäin tärkeä ja voi huonoimmassa tapauksessa estää rakentamisen alueille, minne se luonnonolosuhteiden näkökulmasta olisi hyvinkin järkevää ja edullista. Lisäksi tarkempi selvitys liittyy maaperään, pinnanmuotoihin, tiestön soveltuvuuteen ja muihin vastaaviin fyysisen tai luonnonympäristön ominaisuuksiin tai maisemaan vaikuttaa ratkaisevasti hankkeen toteutumiseen. Nyt tehdyssä esiselvityksessä tuulivoiman tuotan-

toon soveltuvina alueina näyttäytyivistä alueista oikeastaan mikä tahansa voi vielä tarkemmassa selvityksessä osoittautua epäedulliseksi alueeksi. Selvityksen tarkoitus onkin ollut nostaa esiin potentiaalliaan parhaat alueet jatkoselvityksiä varten.

11.3 Pienet ja keskisuuret tuulivoimalat

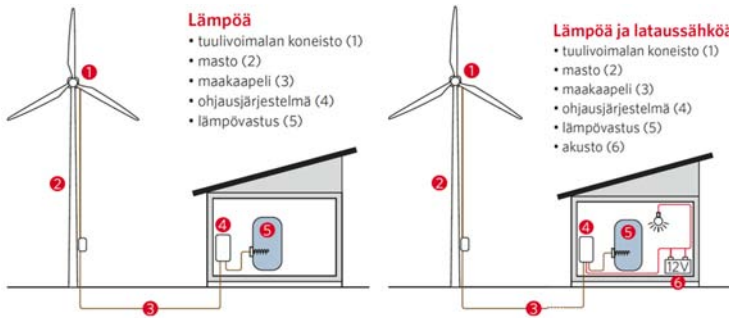
Oleellisessa osassa energiantuotannon hajauttamisessa ja uusiutuvien energiamuotojen lisäämisessä ovat myös pienet ja keskisuuret tuulivoimalat, joita hyödynnetään kotitalouksissa, vapaa-ajan asunnoissa, julkisissa rakennuksissa sekä teollisuuslaitoksissa ja maataloudessa. Pienen mittakaavan tuulivoimalat ovat teholuokaltaan enintään 20 kW:n voimaloita ja keskisuuren mittakaavan 50–250 kW. Tuulivoima sopii hajautettuun energiantuotantoon tuottamaan sähköä suoraan energian kulutuspaikoilla omaan käyttöön tai valtakunnanverkkoon. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010).

Pientuulivoimalat voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin, vaaka- ja pystyakselisiin voimaloihin. Vaaka-akseliset ovat potkurityyppisiä ja pystyakseliset sylinterimallisia voimaloita. Vaaka-akseliset turbiinit suunnitellaan tietyille tuulennopeusalueille, joilla ne toimivat parhaiten. Pystyakseliset voimalat toimivat hyvin myös pyörteisissä tuuliolosuhteissa, joten niillä on enemmän sijoitusmahdollisuuksia. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010.) Tuulivoimala voi toimia energianlähteenä seuraavanlaisille järjestelmille:

- Akkujen lataus 12 V, 24 V, 48 V tai 230 V -järjestelmissä
- Lämmitysenergian tuottaminen rakennuksen lämmitysjärjestelmän vesi- tai massavaraajaan
- Lämmitysenergian tuottaminen lämpimän käyttöveden varaajaan
- Suora sähköntuotanto omakotitalon sähköverkkoon, jolloin voimalan sähkö muutetaan tavalliseksi verkkosähköksi ja voimala kytketään sulaketauluun. Yli- ja alijäämä siirtyy normaalin sähköverkon kautta (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)

11.3.1 Pientuulivoima lämmityksessä

Myös lämmityskäytössä tuulivoimalan koneisto muuntaa tuulen liike-energian ensin sähkövirraksi, joka maakaapelin avulla siirretään käyttöpaikalle. Ohjausjärjestelmässä tuulilämmitin sovittaa lämmitysvastuksen kuormitusta tuulennopeuden vaihtelun mukaisesti lämmöntuotannon optimoimiseksi (kuva 56, vasen). Järjestelmällä voidaan myös ohjata energiaa toissijaiseen kohteeseen, esimerkiksi akustolle (kuva 56, oikea). Lämmitysenergiaa lämminvesi- tai massavaraajaan tuottava järjestelmä on Investointikustannuksiltaan kohtuullinen. (Tuulensilmä 2/2008)

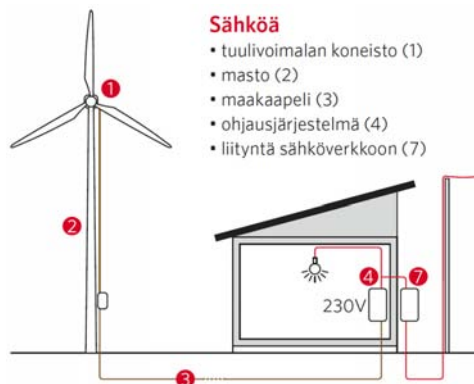


Kuva 56. Energian siirto lämpövastukselle sekä Energian siirto lämpövastukselle ja akustolle (Motiva, Oma tuulienergiaa -esite)

Yli kahden kilowatin laitteistoilla on mahdollista tuottaa energiaa lämmöksi omakotitaloihin, julkisiin rakennuksiin ja pienehköihin teollisuushalleihin. Pienemmässä mittakaavassa muun muassa mökkikäytössä (< 2 kW laitteet) on energia järkevintä hyödyntää akkujen lataukseen ja elektroniikan tarpeisiin (taulukko 38). 4–10 kW laitteistoilla voidaan kattaa huomattava osuus omakotitalon sähkön ja lämmön tarpeesta. Tämän kokoluokan laitteistot myös soveltuvat erinomaisesti maatiloille ja teollisuusrakennuksien energiantuotantoon.

11.3.2 Pientuulivoima sähköntuotannossa

Kun tuulivoimala kohdistetaan sähköntuotantoa varten, on ohjausjärjestelmässä liityntä yleiseen sähköverkkoon (kuva 57). Järjestelmään kuuluu invertteri, joka muuttaa tuulivoimalan tuottaman sähköenergian sopivaksi 230 V järjestelmään. Invertteri ohjaa sähkön ensisijaisesti paikalliseen kulutukseen. Verkkoinvertteri on kuitenkin kallis investointi, sillä esimerkiksi 10 kW:n voimalan kohdalla laite voi maksaa noin puolet voimalan hinnasta (Tuulensilmä 2/2008). Sähköverkkoon sähköä tuottavat järjestelmät ovat teholtaan suurempia kuin 2 kW. Laitteistot soveltuvat hyvin niin omakoti-, kerros-, ja rivitaloihin, julkisiin rakennuksiin sekä teollisuusrakennuksiin.



Kuva 57. Energian siirto sähköverkkoon (Motiva, Oma tuulienergiaa -esite)

Kun suunnitellaan tuulivoimalan hankkimista ja sen liittämistä sähköverkkoon on hyvissä ajoin neuvoteltava verkkoyhtiön kanssa. Kaikki sähköverkon osat eivät välttämättä sovellu tuulivoimalan verkkoon liittämiseen. Sähköverkon kaukaisissa pisteissä verkkoon liittäminen voi aiheuttaa suuria jännitteen vaihteluita ilman sähköverkon vahvistamista. Lisäksi on tärkeää huomioida jakeluverkon suojaus, jännitteensäätö ja pienjännitteillä käytännön turvallisuus, jotta huoltotilanteiden aikana laitteet eivät aiheuta turvallisuusriskiä. (Mäki 2010)

Jos tuulivoimala liitetään sähköverkkoon, täytyy siitä tehdä erillinen sopimus paikallisen sähköverkkoyhtiön kanssa. Yleiseen sähköverkkoon siirretylle pientuulivoimalla tuotetulle sähköenergialle ei välttämättä löydy ostajaa. Silloin sähköverkkoyhtiön kanssa voidaan sopia ylimääräisen sähkön siirtämisestä ilmaiseksi verkkoon.

11.3.3 Eri kokoluokan pientuulivoimaloiden vertailu

Taulukossa 38 on esitetty eri kokoluokan pientuulivoimaloiden soveltuvuutta asumisen energialähteeksi. Taulukossa 39 on esitetty pientuulivoimaloiden ominaisuuksia. Tuulivoimalan takaisinmaksuaika riippuu tuuliolosuhteista, tuotetun sähkön määrästä ja sähköenergian kokonaishinnasta sisältäen verot, siirtohinnan ja sähkön ostohinnan. Tuuliolosuhteista riippuen 5 kW:n voimalaitos tuottaa vuoden aikana energiaa 14 000–24 000 kWh. Kodin energiakäytöstä noin 50 % kuluu lämmitykseen. Normaalisti lämpöeristetyssä pientalossa lämmitysenergian tarve vuodessa on noin 120 kWh/m², eli 100 m² talossa lämmitysenergian tarve on 12 000 kWh vuodessa. Valaistukseen ja pienkoneisiin sähköä käytetään 5 000–6 000 kWh vuodessa.

Taulukko 38. Pientuulivoimaloiden soveltuvuutta asumisen energialähteeksi (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)

Tuulivoimalan koko	< 2,0 kW	>2,0 kW	4-10 kW
Energian käyttö ja voimalan kytkentä	Kesämökin valaistus ja elektroniikkatarpeet; akkujen lataus	Noin puolet omakotitalon valaistukseen ja laitteisiin kuluva sähkö; sähköverkko ja lämpövästus	Normaalin omakotitalon kaikki valaistukseen ja laitteisiin kuluva sähkö, merkittävä osa lämmitysenergiatarpeesta; sähköverkko ja lämpövästus.

Taulukko 39. Eri kokoluokan tuulivoimaloiden ominaisuuksia (FinnWind Oy, Eagle Tuulivoima Oy, ThermoSunEco Oy www-sivut)

Teho, kW	Potkurin halkaisija, m	Huipputeho, kW	Käynnistymistuulen nopeus, m/s	Kytentä	Nimellistuulen nopeus, m/s	Arvioitu vuosituotto, kWh	Hinta, €
0,2	1,8-2,2	0,27-0,3	2,0	akkujen lataus	6,0-9,0	700-1 400	n. 350
0,5	2,5	0,72	2,0	akkujen lataus	8	1 500-2 500	n. 1 500
1	2,7-3,1	1,5-1,6	3	akkujen lataus	9	2 900-5 000	n. 900
1,7-2,0	3,0-3,2	2,95-3,5	1,8	sähköverkko, omakotitalot, verstaat	9	5 800-10 000	n. 3 600
3,5-4,0	5,0-5,5	3,5-4,5	1,8-2,0	sähköverkko, lämmitys	10	7 000-11 000	13 500-15 000
5,0-5,5	6,4-7,0	5,5-6,6	1,8-2,0	sähköverkko, lämmitys; maatilat, okt, verstaat	10	14 000-17 000	20 000-25 000
10	8	13,5	2,5	maatilat, okt, tuotantoyksiköt	10	28 000-48 000	30 000-40 000
20	12	26,5	2,5	maatilat, okt, tuotantoyksiköt	10	50 000-80 000	46 000-60 000

11.4 Tuulivoiman haasteet ja nykytila Kanta-Hämeessä

Suomessa tuulivoimalla on monia erilaisia haasteita, kuten vaihteleva tuulisuus, maaston muotojen suhteellinen tasaisuus, jolloin korkeuseroja ei päästä hyödyntämään parempien tuuliolojen suhteen. Maan metsäisyys heikentää tuulivoimatuotannon mahdollisuuksia hajautetussa energiantuotannossa. Suomessa myös talvi aiheuttaa haasteita tuulivoimantuotannolle laitteistoihin kertyvän jään ja lumen muodossa.

Tuulivoimaloiden yleistymiseen eri kokoluokissa vaikuttaa myös se, ettei yksityishenkilöiden energiantuotantoon nykyisin juuri kannusteta. Sähköyhtiöitä ei ole velvoitettu ostamaan verkkoon syötettyä energiaa.

Kanta-Hämeessä ei tällä hetkellä ole suuren kokoluokan tuulivoimaloita. Hämeen alueella on yksittäisiä pienen ja keskisuuren kokoluokan tuulivoimaloita mm. Hattulassa, Tammelassa, Heinolassa ja Hollolassa.

Kanta-Hämeessä on meneillään useampia tuulivoimapuistohankkeita. Voimavapriikki Oy suunnittelee Forssan seudulle Forssan, Jokioisten ja Tammelalan alueelle tuulivoimapuistoa. Alue kattaisi noin 2000 ha, jossa olisi 2 – 3 MW tuulivoimaloita 30 – 35 kpl. Tuulivoimapuiston arvioitu vuosittainen sähköntuotanto olisi noin 220 GWh. Kanta-Hämeessä on vähän alueellista sähköntuotantoa ja näin ollen vuoden 2008 tilanteeseen nähden tuulipuiston rakentaminen lisäisi alueen sähköntuotannon omavaraisuutta 17 prosentista 27 prosenttiin. (Voimavapriikki Oy 2011)

Hankkeen toteutus on edennyt siten, että ympäristövaikutusten arviointiprosessi on alkanut vuoden 2010 aikana ja sen on tavoitteena valmistua loka-marraskuussa 2011. Kuntien yhteisen tuulivoimayleiskaavan valmistuttua rakennusluvut hankkeelle pyritään saamaan alkuvuodesta 2012, jolloin rakentaminen alkaisi maaliskuuhun 2013 ja sähköverkkoon liittäminen

2012 – 2013 aikana. Hankkeen toteutumista on hidastanut alueen lähellä oleva ilmavoimien varalaskutuspaikka, mutta keväällä 2011 vaikutti siltä, että tuulipuistohanke tulee toteutumaan. (Voimavapriikki Oy 2011).

Toteutuessaan Voimavapriikki Oy:n hankkeen työllistävä merkitys koko seutukunnalle olisi huomattava. Yrityksen arvion mukaan hanke työllistäisi rakennusvaiheessa 1 – 1,5 vuoden aikana arviolta 300 – 400 henkilöä ja tämän jälkeen käytön aikana arviolta 10 – 20 henkilöä. Kunnat saavat verotuloja, maanomistajat vuokratuloja ja seutukunta huomattavan positiivisen imagon päästöttömän uusiutuvan energian tuottajana Suomessa. (Voimavapriikki Oy 2011).

Megatuuli Oy:lle on ollut kevään 2011 aikana meneillään kolme tuulivoimahanketta Lounais-Hämeen alueella, mutta niiden etenemisestä ei ole kesällä 2011 ollut enempää tietoa saatavilla. Hämeen liitto on tekemässä tuulivoimapuistoille varauksia maakuntakaavaan.

11.5 Tuulivoiman aluetaloudelliset vaikutukset

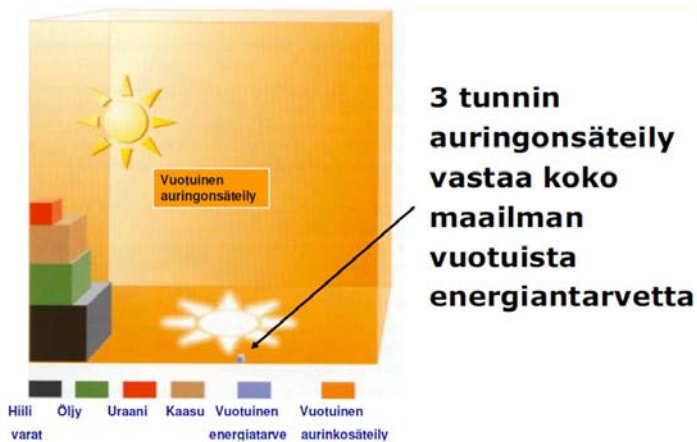
Tuulivoimalat tuottavat työpaikkoja maakuntaan asennus-, huolto- ja ylläpitotoiminnan kautta. Tämä tarjoaa maaseudulle uusia elinkeinomahdollisuuksia. (Suomen tuulivoimayhdistys ry 2010) Paikallisen sähköntuotannon lisääntyminen vähentää alueen riippuvuutta ulkopuolisista energialähteistä. Toisaalta tuulivoiman rakentaminen lisää säätövoiman tarvetta. Tuulivoimalan takaisinmaksuaika riippuu tuuliolosuhteista, tuotetun sähkön määrästä ja sähköenergian kokonaishinnasta sisältäen verot, siirtohinnan ja sähkön ostohinnan.

11.6 Tuulivoiman ympäristövaikutukset

Tuulivoima on lähes päästötöntä energiantuotantoa. Tuulivoima tuottaa omaa hiilijalanjälkeensä vastaavan energiamäärän noin 6 kk aikana, jonka jälkeen se on päästötöntä energiaa. (Voimavapriikki Oy 2011). Tuulivoimalla on vaikutuksia maisemaan, voimaloiden siipien liike aiheuttaa heijastuksia, lähietäisyydellä tuotanto aiheutuu äänihaittoja mekaanisten osien liikkeestä ja loppujen aerodynaamisesta äänestä. Yleisesti tuulennopeuden kasvaessa taustakohinan taso kasvaa ja voimalan ääni peittyi siihen. Tuulivoimalat aiheuttavat myös esteitä lentoliikenteelle ja linnuille. Tuulivoimatuotannon suurimmat päästöt syntyvät voimalan rakentamisesta. Sähkön tuotanto voimalalla on käytännössä päästötöntä, pois lukien voimalan huoltotoimet.

12 Aurinkoenergia

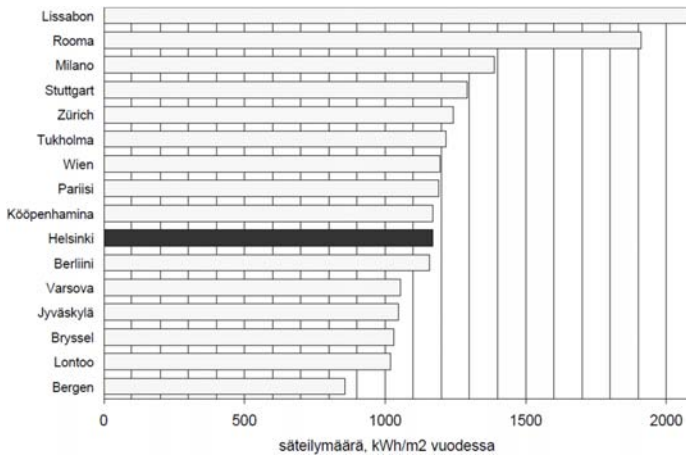
Maapallo vastaanottaa auringon säteilyenergiaa keskimäärin 81 000 terawattin teholla – ylittäen ihmiskunnan kokonaisenergiankulutuksen 5000-kertaisesti (kuva 58). Aurinkoenergiaa pidetään yhtenä tulevaisuuden merkittävimmistä energianlähteistä. Nykyisen energiantuotannon kannalta aurinkoenergian tärkeimmät hyödyntämismuodot ovat lämpö, sähkö ja valo. Myös tuuli-voima, maalämpö, vesivoima ja aaltoenergia ovat epäsuoraa aurinkoenergiaa. Lämpöenergiana auringon energiaa voidaan käyttää hyväksi aktiivisesti ja passiivisesti. Passiivinen lämpöenergian hyödyntäminen tapahtuu ilman erillisen lisäenergian käyttöä. Passiivista aurinkoenergiaa on esimerkiksi talo tai puu, joka varastoi aurinkoenergiaa. Aktiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan menetelmiä, joissa auringon säteilyenergiaa hyödynnetään erilaisilla laitteilla kuten aurinkolämpökeräimillä ja aurinkopaneeleilla. Viime vuosikymmeninä aurinkoenergian hyödyntäminen on tiukentuneiden ympäristövaatimusten ja kansallisten tukiohjelmien vauhdittamana lähtenyt vahvaan kasvuun. EU-komission tavoitteena on lisätä aurinkoenergian osuus 15 prosenttiin EU:n sähkön kulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. (Väkeväinen 2005, Genergia Ky www-sivut, Aurinkoenergiaa.fi)



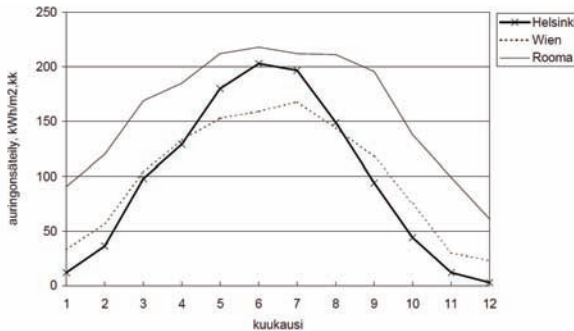
Kuva 58. Auringon säteily maapallolle (Wiljander 2010)

12.1 Auringon säteilyintensiteetti Etelä-Suomessa

Maapallon kaarevuudesta johtuen auringonsäteilyn määrä pinta-alayksikköä kohden vähenee mentäessä napa-alueita kohti. Lisäksi maapallon akselin kaltevuuskulmasta johtuen auringon säteilyn vuodenaikaisvaihtelut ovat huomattavat ja kasvavat napa-alueita kohti mentäessä. Vertailtaessa auringon säteilymääriä Euroopassa, saadaan Suomessa kesällä enemmän auringon säteilyenergiaa kuin Keski-Euroopassa, mutta talvella tilanne on päinvastainen. Suomen auringon säteilymäärä on vuositasolla saman verran tai jopa enemmän kuin Keski-Euroopassa (kuvat 59 ja 60). Tähän syynä ovat pidempi valoisa aika kesällä, joka kompensoi pimeää talviaikaa sekä pilvettömien päivien suurempi suhteellinen osuus verrattuna Keski-Euroopan epävakampaan ilmastoon. Etelä-Suomessa auringon säteilyenergiasta saadaan 90 prosenttia maalisi- syyskuun välisenä aikana. Suomessa aurinkoenergiaa voidaan siis pitää täydentävänä energiamuotona. Sen käyttö painottuu kevään ja syksyn väliseen kauteen ja ympärivuotinen hyödyntäminen edellyttäisi aurinkoenergian varastointia kesästä talveen. (SOLPROS 2001)



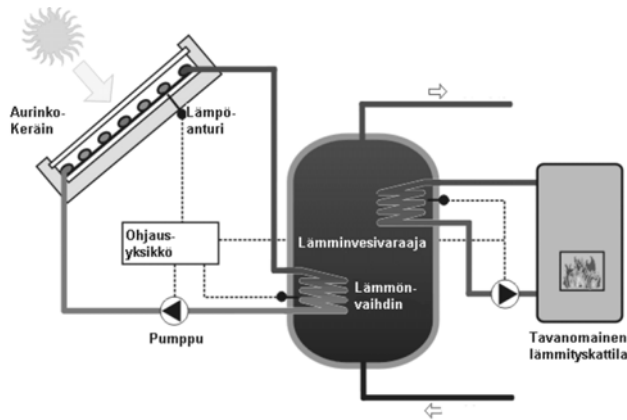
Kuva 59. Auringon säteilymäärä eri puolilla Eurooppa, kWh/m² vuodessa (SOLPROS 2001)



Kuva 60. Auringonsäteilymäärä kuukausittain Helsingissä, Wienissä ja Roomassa kWh/m²/kk (SOLPROS 2011)

12.2 Aurinkolämmitys

Aurinkolämmityksellä tarkoitetaan aurinkoenergian käyttöä suoraan lämpönä muuttamatta sitä sähköksi. Lämpö otetaan talteen aurinkokeräimellä, siirretään käyttökohteeseen välineesteellä ja varataan varaajaan myöhempää käyttöä varten (kuva 61). Tyypillinen aurinkolämpöjärjestelmä perustuu selektiivisiin aurinkokeräimiin. Selektiivinen pinnoite päästää auringon säteilyenergian tehokkaasti aurinkokeräimen sisään, mutta estää energian poistumisen kerääjästä lämpösäteilynä. Aktiivisen aurinkolämpöjärjestelmän perusosat ovat aurinkokeräin, varaaja, pumppu- ja ohjausyksikkö. Aurinkokeräinten pinta-ala on yleensä 2–3 m². Aurinkokeräimellä voidaan tuottaa 400–600 kWh/vuodessa neliometriä kohti 25 °C lämpöistä vettä, tai 50 °C lämpöistä vettä noin 150–350 kWh/vuosi neliometriä kohti. (Noppa-portaali 2010, SOLPROS 2006)



Kuva 61. Aurinkolämpökeräimen toimintaperiaate (Väkeväinen 2005)

Aurinkokeräintyyppejä ovat tasokeräin, tyhjiöputkikeräin ja erilaiset paraboliset keräimet. Tasokeräintä ja tyhjiöputkikeräintä käytetään pientalojen lämmitykseen. Parabolisia keräimiä käytetään yleensä suuremmissa kohteissa, joissa lämmön lisäksi on tavoitteena myös sähköenergian tuottaminen lämpövoimaprozessissa.

Tasokeräimessä on keruuputkisto, joka on tyypillisesti kupariputkea. Keruuputkisto on yleensä asennettu eristetyn kotelon sisälle. Jokaiseen keräinputkeen on liitetty absorptiopinnan kasvattamiseksi sivulevyt. Levyt ja putket on pinnoitettu selektiivisellä absorptiopinnoitteella. Keräinputkistossa kiertää siirtoneste, jonka avulla lämpö siirretään keräimestä lämminvesivaraajaan. Keräimen kotelon pinta on usein valmistettu vähärautaisesta ja strukturoidusta tai erikoispinnoitetusta lasista, joka läpäisee lämpösäteilyn huomattavasti paremmin kuin normaali lasi. Tasokeräimillä päästään noin 35–75 prosentin hyötysuhteeseen. (Aurinkokeräin.fi)

Tyhjiöputkikeräimen hyötysuhde on noin 30 prosenttia parempi kuin perinteisen tasokeräimen. Putkista koostuva aurinkokeräin absorboi tehokkaammin auringon säteilyenergiaa, koska putken pinta on lähes aina kohtisuoraa aurinkoa kohti, jolloin säteilyn heijastuminen on vähäisempää. Tyhjiöputkikeräin ottaa myös hajasäteilyä paremmin talteen. Tämä parantaa hyötysuhdetta etenkin pilvisellä säällä. Putkien tyhjiö toimii eristeenä, jolloin ulkoilman lämpötila ei vaikuta olennaisesti keräinten tehoon esimerkiksi keväällä ja syksyllä. Tyhjiöputkikeräin ottaa talteen noin 60 prosenttia auringosta tulevastä säteilyenergiasta. (Aurinkokeräin.fi)

Paraboliset keräimet perustuvat auringon säteilyn keräämiseen suurelta alalta. Kun suurelta alalta kerätty säteilyenergia keskitetään yhteen pisteeseen, saavutetaan korkeampia lämpötiloja ja hyötysuhde paranee. Parabolisilla keräimillä pyritään lähes aina myös sähkön tuotantoon aurinkoenergian avulla. Keskittävä aurinkokeräin keskittää auringosta tulevan säteilyn pienelle alalle, jolloin esimerkiksi aurinkokeräimen putkisto saa enemmän säteilyä. Parabolinen keskittävä keräin koostuu koverista peileistä, joista kaikki peiliin osunut auringon säteily heijastuu tarkasti polttopisteen kautta. Polttopisteessä kulkee keräinputkisto. Putkistossa on kiertoaineena öljyä, joka kuumenee noin 400 asteeseen. Öljy johdetaan lämmönvaihtimen kautta, jossa höyrytetään vesi höyryprosessia varten. (Aurinkokeräin.fi)

12.2.1 Aurinkolämmön käyttökohteita

Aurinkolämpö voidaan kytkeä erilaisiin lämmönjakotapoihin. Aurinkolämpö soveltuu hyvin kiinteistöjen lämmönlähteeksi ja lisäksi aurinkolämpöä voidaan hyödyntää lämmönlähteenä uima-altaissa, maatalouden sovelluksissa, vapaa-ajan kohteissa (kesämökkit, hotellit, urheiluhallit, leirintäalueet) ja kiviaineksessa (taulukko 40). (SOLPROS 2001)

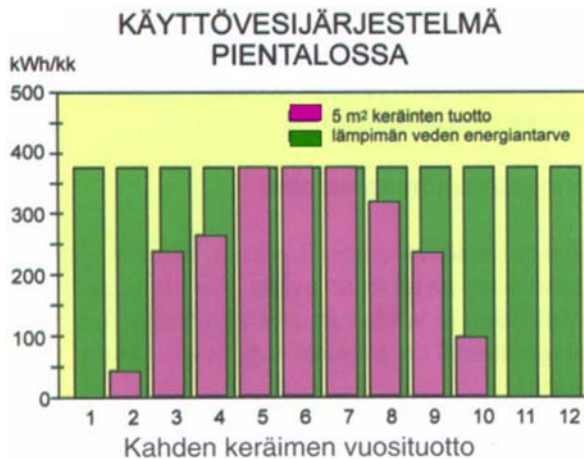
Pientalojärjestelmässä aurinkolämpö tuottaa Suomessa pääosin lämmintä käyttövedtä, mutta myös huonetilan lämmitys keväältä syksyyn ajoittuvalla jaksolla on mahdollista. Hyvin mitoitettulla järjestelmällä voidaan tuottaa noin 40–60 prosenttia lämpimän käyttöveden tarpeesta ja 10–15 prosenttia lämmityksestä (taulukko 40 ja kuva 62). Vesikiertoinen lattialämmitys soveltuu matalalämpöratkaisuna parhaiten aurinkolämmölle. Märkätilojen lattialämmitykseen tarvitaan vuoden ympäri lämpöä, joka sopii hyvin aurinkolämmölle. Öljy- ja puulämmitysjärjestelmissä aurinkolämpö tarjoaa hyvän kesäajan energialähteen, jolloin päälämmitysjärjestelmä voidaan sulkea kokonaan pois päältä. Jos talon päälämmitysmuoto on maalämpö, voidaan aurinkolämmöllä korottaa sen hyötysuhdetta. Auringosta tuotettu energia on käyttökuluiltaan lähes ilmaista kiertovesipumpun sähkönkulutusta lukuun ottamatta. (SOLPROS, Novafuture Oy)

Taulukossa 41 on esitetty erikokoisten aurinkokeräimien lämmöntuotannon määriä Etelä-Suomessa. Omakotitaloissa puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan 5–8 m² keräinpinta-alalla, mutta mikäli halutaan saada huoneiden lämmitys mukaan, tarvitaan 10–12 m² keräinpin-

ta-alaa. Pientaloon sopiva 8–12 neliömetrin järjestelmä maksaa asennettuna noin 4 000 – 5 000 euroa. Omakotitalossa tarvitaan käyttövettä varten noin 300–500 litran varaaja ja sekä käyttövettä että huoneen lämmitystä varten tarvitaan noin 1 000 litran varaaja. Yleisesti voidaan sanoa, että varaajatila- vuutta tarvitaan 50–1 00 litraa keräinpinta-alan neliometriä kohti. Kuvassa 62 on esitetty aurinkokeräimen tuottoa eri vuodenaikoina. (Noppa-portaali 2010, Motiva aurinkoenergia)

Taulukko 40. Aurinkolämmön sovelluskohteita Suomessa (SOLPROS 2001)

		keräinala
Pien- ja asuintalojen lämmin käyttövesi	40-60% koko vuoden lämpimän käyttöveden tarpeesta	5-10 m ² /yksikkö (p) 20-200 m ² /yksikkö (a)
Pien- ja asuintalojen lämmin käyttövesi ja lämmitys	15-20% koko rakennuksen vuosittaisesta lämpöenergian tarpeesta	<20 m ² /yksikkö (p) 20-200 m ² /yksikkö (a)
Ei-asuinrakennukset	Uima-altaat, maatalouden sovellukset, vapaa-aika (hotellit, urheiluhallit, leirintäalueet), kuivatus	10-1.000 m ² /yksikkö
Aluelämpö	Esimerkiksi öljyn tai bioenergian yhteydessä kesäajan täydentävänä energialähteenä.	200-2.000 m ² /yksikkö



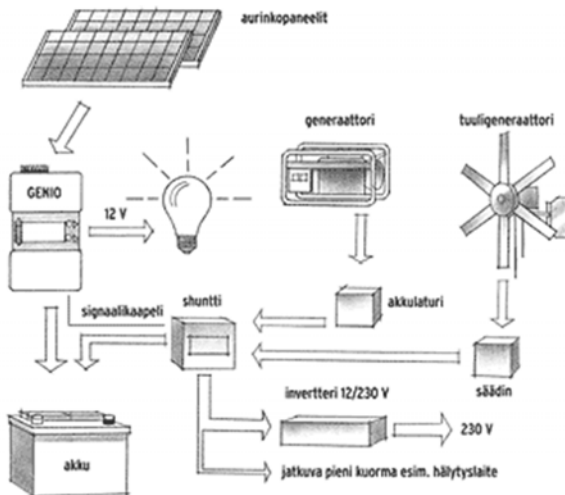
Kuva 62. Käyttövesijärjestelmä pientalossa, kahden keräimen vuosituotto (Noppa-portaali 2010)

Taulukko 41. Aurinkokeräimen lämmöntuotto Etelä-Suomessa (Wiljander 2010)

Aurinko paistaa Etelä Suomessa n. 1000 kWh/m ²	
1m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 300 – 400 kWh
5 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 1 500 – 2 000 kWh
7,5 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 2 750 – 3 000 kWh
10 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 3 000 – 4 000 kWh
20 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 6 000 – 8 000 kWh
40 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 12 000 – 16 000 kWh
100 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 30 000 – 40 000 kWh
200 m ²	keräinala tuottaa vuodessa lämpöä n. 60 000 – 80 000 kWh

12.3 Aurinkosähkö

Aurinkosähkössä auringon säteilyenergia muutetaan sähköenergiaksi, jota voidaan käyttää edelleen sähköjärjestelmissä tai varastoida myöhempää käyttöä varten. Yleisin tapa muuttaa säteilyenergia sähköenergiaksi on käyttää aurinkopaneeleita, jotka koostuvat aurinkokennoista. Aurinkokennot hyödyntävät valosähköistä ilmiötä irrottaakseen elektroneja paneelin pinnasta (kuva 63). Tavanomaiset aurinkopaneelit hyödyntävät ainoastaan näkyvää valoa. Auringon säteilystä näkyvää valoa on kuitenkin vain noin puolet. Loppuosa on silmälle näkymätöntä infrapunasäteilyä. Aurinkokennot voidaan jakaa pii-pohjaisiin ja ohutkalvotekniikkaan perustuviin kennoihin. Aurinkosähkön haasteita niin Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin on energian varastointi. (Aurinkoteknillinen yhdistys ry www-sivut, Genergia Ky www-sivut)



Kuva 63. Aurinkopaneelin toimintaperiaate (Napssystem www-sivut)

Piipohjaiset aurinkokennot ovat yleisimpiä aurinkokennoja. Yksikiteisestä piistä tehdyt aurinkopaneelit ovat tällä hetkellä markkinoiden tehokkaimpia, mutta kalliimpia valmistaa kuin monikiteiseen piihin perustuvat kennot. (Aurinkoenergia.fi)

Ohutkalvoteknologialla toteutettu aurinkokenno on yleensä tehty jollakin muulla materiaalilla kuin piillä, mutta niissä voidaan käyttää myös piitä. Ohutkalvotekniikassa käytettävä amorfina materiaali on yleensä paljon moni- ja yksikidetekniikoita ohuempaa, jolloin materiaaleja tarvitaan vähemmän. Ohutkalvopaneelien varjonsietokyky on parempi. Nämä paneelit vaativat useimmiten laajemman asennuspinta-alan. On myös taipuisia ja läpinäkyviä orgaanisia ohutkalvopaneeleita, joita voi käyttää esimerkiksi ikkunoissa tai yhdistää kankaisiin. (Aurinkoenergia.fi, Genergia Ky www-sivut)

Väriaineherkistetty aurinkokenno (Dye-sensitized solar cell, DSC), on lupaava uusi vaihtoehto hallitsevalle piipohjaiselle aurinkokennoteknologialle. DSC-kennot valmistetaan edullisista materiaaleista eikä tuotantoon tarvita monimutkaisia laitteita. Vaikka DSC-kennot ovat vielä suhteellisen varhaisessa kehitysvaiheessa, ne näyttävät erittäin vahvalta ehdokkaalta uudeksi uusiutuvan energian tuotantomuodoksi. (Grätzel 2010)

12.3.1 Aurinkosähkön käyttökohteita

Aurinkosähköjärjestelmiä on perinteisesti käytetty paikoissa, joissa verkkosähköä ei ole saatavilla. Tyypillisiä kohteita ovat esimerkiksi kesämökit, veneet, väyläloistot, linkkimastot ja saaristo- ja erämaakohteet. Verkkoon kytketyt järjestelmät ovat kuitenkin yleistymässä, sillä aurinkosähköllä voidaan tuottaa myös huomattava osa esimerkiksi kotitalouden tarvitsemasta sähköstä. Aurinkosähköjärjestelmä on helppo sovittaa yhteen kodin yleiseen sähköverkkoon kytketyn järjestelmän kanssa. (Motiva aurinkoenergia)

Aurinkosähkömoduulit voidaan integroida rakennukseen, rakennuksen osiin tai rakenteisiin. Tällöin niillä voidaan korvata muuta rakennusmateriaalia, esimerkiksi katto- tai julkisivumateriaaleja. Asuintaloissa korvattava materiaali voisi olla parvekekaide, julkisivupinnoitus, kattokate tai autosuojan katto. Arvo- tai toimistorakennusten julkisivumateriaalit ovat arvokkaampia ja tällöin kustannussäästö voi olla merkittävä. Aurinkosähköjärjestelmästä ja -paneeleista voi olla tämän lisäksi joukko muita, toisin vaikeasti arvioitavissa olevia hyötyjä. Näitä ovat mm. määrätty energiaomavaraisuus, kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, imago, paneeli varjostus- ja melusuoja ja sekä rakennuksen parempi terminen suorituskyky (esim. lumen sulatus, jäähdytys, katon eliniän kasvattaminen). (SOLPROS 2001).

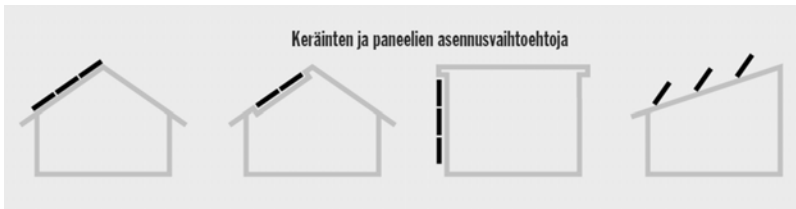
Aurinkosähköjärjestelmän hinta muodostuu pääosin aurinkopaneeleista sekä akuista. Aurinkosähköjärjestelmät, joissa on yleensä 50–150 W:n paneelit, maksavat noin 1 000–2 000 euroa. Pieni järjestelmä riittää muutamaankin valaistuspisteeseen. Alle 1000 euroa maksavalla järjestelmällä saa huolehdittua kesäkuukausien valaistuksesta sekä tv:n katselusta. Kaiken kulutuksen

(pois lukien lämmityksen) kattavat järjestelmät maksavat 3000 eurosta ylöspäin. Koska vapaa-ajan asunnolla energiantuotto ja -kulutus saattavat vaihdella suurestikin eri aikoina, aurinkojärjestelmän mitoituksessa on huomioitava myös tarvittava akkukapasiteetti. Akut mahdollistavat tuotetun energian käyttämisen myöhemmin. (Motiva aurinkoenergia, Aurinkosähkö.fi)

Aurinkopaneelin sijoittaminen

Tärkeintä asennuspaikan valinnassa on auringon säteilyn mahdollisimman esteetön pääsy paneelin pintaan, sillä jo pienikin varjo (esim. lipputanko tai puun oksa), vähentää merkittävästi paneelien energiantuottoa. Siitepölyjen kerääntyminen, sekä muut mahdolliset paneelin pintaa likaavat tekijät tulisi minimoida. Alle 15 asteen kallistuskulma lisää merkittävästi lian kerääntymistä. Hyviä asennuspaikkoja ovat ranta, talon katto, seinä ja pelto. Aurinkopaneelin suuntaaminen muodostuu kahdesta tekijästä, kallistuskulmasta ja suuntakulmasta (kuva 64). Suuntakulman tulisi Suomessa olla aina mahdollisimman paljon etelää kohti, mutta pieni poikkeavaisuus tästä ei häiritse merkittävästi järjestelmän tuottoa. Paneelin kallistuskulmaan vaikuttaa vuoden aika:

- 30 astetta - paneelien tuoton maksimointi kesäaikaan
- 45 astetta - paneelien tuoton maksimointi vuotuisesti tarkasteltuna
- 75–90 astetta - paneelien tuoton maksimointi talviaikaan
- (Genergia Ky [www-sivut](http://www.sivut), Eurosolar Oy [www-sivut](http://www.sivut))



Kuva 64. Aurinkokeräinten ja -paneelien asennusvaihtoehtoja (Motiva Auringosta lämpöä ja sähköä -esite)

12.4 Aurinkovoimalat

Useissa maissa on rakennettu aurinkosähkövoimaloita. Esimerkiksi Saksassa on viisi yli 40 megawatin voimalaa. Aurinkosähkövoimalat ovat yleensä paneeleista koottuja niin kutsuttuja aurinkopuistoja tai peilien avulla aurionsäteitä keskittäviä voimaloita. Keskittämällä säteilyä polttopisteen saadaan korkeaa lämpötilaa, jolloin voidaan tuottaa höyryä sähköä tuottavaan lämpövoimaproessiin.

Suomessa Sunvoima Oy on aloittanut vuonna 2010 aurinkovoimalan rakennustyöt ja sähköntuotannon on tarkoitus alkaa 2011. Aurinkovoimala tulee olemaan Suomen ensimmäinen merkittävän kokoluokan aurinkopaneeleilla

toimiva aurinkovoimala, sen nimellisteho on 1 MW ja vuosituottoarvio 1000 MWh. Espoon kaupungin ensimmäinen aurinkovoimala sijaitsee Mankkaalalla. Sen tuottamaa sähköä käytetään sähköautojen lataamiseen. Aurinkopaneeleita kaupungin varikkorakennuksen katolla on 400 neliometriä ja järjestelmä tuottaa vuodessa sähköä noin 45000 kilowattituntia, joka riittää 10–15 sähköauton vuotuisen kulutukseen. Ylimääräinen tuotanto voidaan siirtää Fortumin sähköverkkoon. Kemianteollisuuden tuotteita valmistava Kiilito käyttää aurinkosähköä tehtaassaan Lempäälässä. Laitoksen sähköteho on 66 kilowattia ja aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto on runsaat 60 000 kilowattituntia. (Aurinkoenergia.fi, CO₂-raportti 2010, Tekniikka & Talous)

12.5 Aurinkoenergian aluetaloudelliset vaikutukset

Aurinkoenergian hyödyntäminen on paikallista energiantuotantoa ja vähentää alueen riippuvuutta ulkopuolisista energianlähteistä. Suomessa on aurinkoenergiajärjestelmiä valmistavaa teollisuutta. Aurinkoenergian hyödyntämisen lisääntyessä aurinkoenergiaan liittyvällä teollisuudella ja liiketoiminnalla voi olla merkittäviä työllistäviä vaikutuksia. Mikkelissä Savo-Solar suunnittelee aurinkokeräimien sarjavalmistuksen aloittamista, minkä ansiosta kaupunkiin arvioidaan syntyvän 100–150 uutta työpaikkaa (Kauppa-lehti).

12.6 Aurinkoenergian ympäristövaikutukset

Aurinkolämpöjärjestelmä käytöstä ei synny suoria päästöjä. Välillisesti päästöjä ja ympäristövaikutuksia syntyy järjestelmässä tarvittavista materiaaleista, asennustyöstä ja käytön aikana mm. pumppuihin tarvittavasta sähköstä. Aurinkolämpöjärjestelmän elinkaaren aikana 40–50% primäärienergiasta kuluu aurinkokeräinten rakentamiseen ja vesivaraajan osuus on 30–40%. Kaupallisten aurinkolämpöjärjestelmien energian takaisinmaksuaika vaihtelee alle 2 vuodesta vajaan 4 vuoteen. Energian takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jossa järjestelmä on tuottanut vastaavaan määrän energiaa kuin järjestelmän tuottamiseen on tarvittu primäärienergia. (SOLPROS 2001)

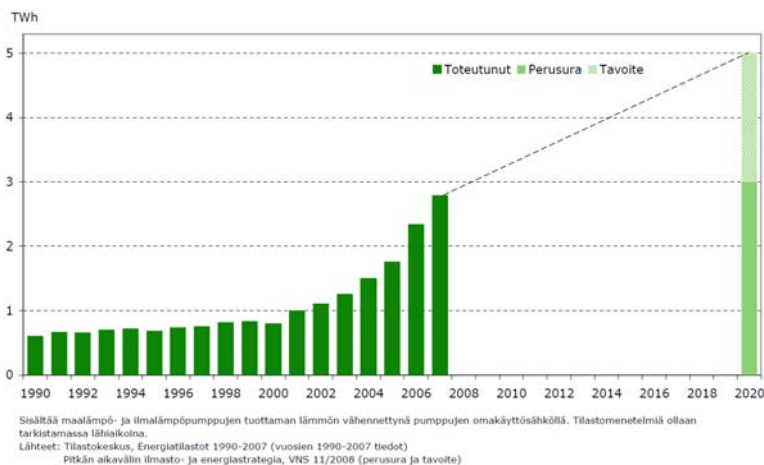
Myöskään aurinkosähkö ei tuota suoria päästöjä käytön aikana, vaan suurin osa ympäristövaikutuksista syntyy aurinkopaneelien tuotantovaiheessa puolijohdeteollisuudessa. Prosesseissa käsitellään myrkyllisiä ja terveydelle haitallisia kaasuja kuten silaania, sekä myrkyllisiä metalleja kuten kadmiumia ja lyijyä, joten turvallisuuskysymykset ovat tärkeitä. Esimerkiksi onnettomuustilanteissa voisi haitallisia kemikaaleja päästä ympäristöön. Aurinkokennojen ympäristö- ja terveysvaikutusten elinkaaritarkasteluissa on kuitenkin todettu, että aurinkokennojen valmistuksen suorat terveysriskit ovat hyvin pienet ja hyvin hallittavissa. Yksikiteisten piikkennojen energian takaisinmaksuaika on jopa yli 5 vuotta, sillä valmistus kuluttaa paljon energiaa. Ohutkalvokennojen takaisinmaksuajat ovat lyhyempiä, tulevaisuudessa mahdollisesti noin 1,5 vuotta. (SOLPROS 2011)

Aurinkoenergiajärjestelmien ympäristövaikutuksia arvioitaessa ovat niiden valmistuksessa käytetyt energianlähteet tärkeitä.

13 Lämpöpumput

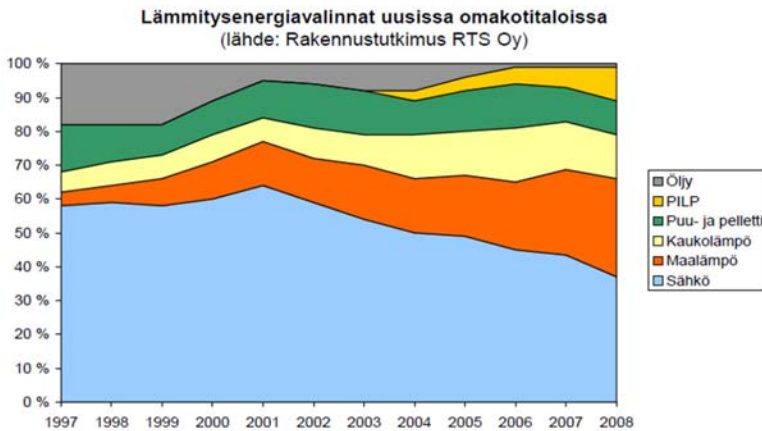
Lämpöpumput ovat laitteita, joilla voidaan siirtää lämpöä kylmemmästä tilasta lämpimämpään tilaan. Niitä voidaan käyttää sekä lämmitys- että viilennystarkoitukseen. Lämpöpumppujen hyödyntäminen lämmitysmuotona perustuu niiden kykyyn tuottaa lämpöä suurempi määrä kuin ne käyttävät sähköä. Yleisesti voidaan todeta, että laite kuluttaa sähköenergiaa keskimäärin puolet tuottamansa lämpöenergian määrästä.

Aiemmin lämpöpumppuja on hyödynnetty pääasiassa viilennystarkoituksessa, mutta energiakriisi 1970–1980-luvulla johti hetkellisesti lämpöpumppujen määrän kasvuun. Koneiden huonot toimintaratkaisut vesittivät kuitenkin yleistymisen, kunnes 1990-luvun lopulla myynti kääntyi taas nousuun. Lämpöpumppujen menekki kasvaa edelleen ja niiden määrän odotetaan olevan vuonna 2020 Suomessa jo miljoonassa kappaleessa. Kuvassa 65 on esitetty lämpöpumppujen hyödyntämisen kehittymistä 1990-luvulta lähtien sekä Suomen Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian tavoitteet lämpöpumpuille vuoteen 2020 mennessä.



Kuva 65. Lämpöpumpuilla tuotettavan uusiutuvan energian tavoite. Energiamäärä sisältää maalämpö- ja ilmalämpöpumppujen tuottaman lämmön vähennettynä pumppujen omakäyttösähköllä (Motiva 2009)

Kuvasta 66 käy ilmi, että sähkö- ja öljylämmityksen osuus uusien omakotitalojen lämmitysmuodoista on jo pitkään ollut laskussa, kun maa- ja ilmalämpöpumppujen osuus on kasvamassa. Taulukosta 42 käy ilmi että lukumäärällisesti asennetuista lämpöpumpuista ilmalämpöpumppujen osuus on suurin. Tästä voidaan olettaa, että ilmalämpöpumppuja asennetaan eniten olemassa olevien asuntojen tukilämmitykseen. Sähkön hinnan noustessa ihmiset pyrkivät energiätehokkaampaan lämmittämiseen ja lisäksi asumismukavuutta pyritään parantamaan ilmalämpöpumppujen ilmastointimahdollisuutta hyödyntäen. (Rautio 2008, Tuunanen 2009)



Kuva 66. Lämmitysenergiavalinnat uusissa omakotitaloissa. Kuvassa poistoilmalämpöpumppu on PILP (SULPU diaesitys 2010).

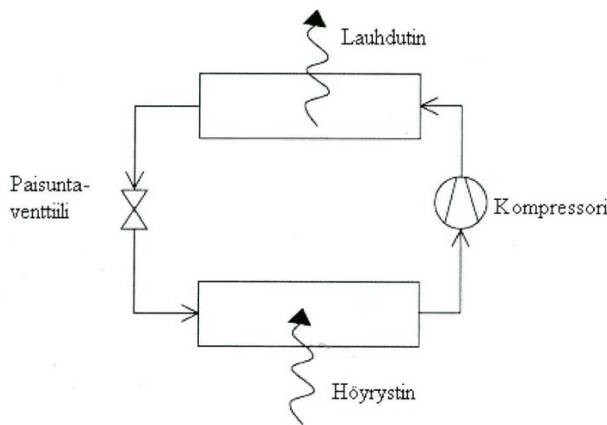
Taulukko 42. Myytyjen lämpöpumppujen määrän kasvu Suomessa vuosina 2005–2008 (Motiva Lämpöä ilmassa)

	2005 (kpl)	2006 (kpl)	2007 (kpl)	2008 (kpl)
Maalämpöpumppuja	3 500	4 500	5 300	7 500
Poistoilmalämpöpumppuja	1 900	2 050	2 500	2 200
Ilmalämpöpumppuja	17 000	30 000	37 000	48 000
Ilma-/vesilämpöpumppuja	7	400	550	2 500
Yhteensä	22 407	36 950	45 350	60 200

13.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpun toimintaperiaate perustuu kiertoprosessiin, jossa järjestelmässä kiertävän kylmäaineen välityksellä siirretään lämpöä matalammasta lämpötilasta korkeampaan lämpötilaan. Lämpöpumpun pääkomponentit ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili sekä eri komponent-

teja yhdistävä putkisto. Lämpöpumpun kiertoprosessissa kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilin kautta ensin matalampaan paineeseen höyrystinosalle. Tämä on vaihe, jossa kylmäaine sitoo lämpöä maasta tai ilmasta höyrystyessään matalassa lämpötilassa. Höyryn painetta korotetaan kompressorilla, jolloin sen lämpötila nousee. Tässä vaiheessa tapahtuu laitteiston energiankulutus sähkön muodossa. Korkeapaineinen kuuma kylmäaine vapauttaa lauhduttimessa lämpöä ympäristöön, kun se tiivistyy takaisin nesteeksi. Nestemäinen kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilille, jonka jälkeen kiertoprosessi alkaa alusta. Viilennysasennossa kylmäaine kiertää koneistossa vastakkaisessa järjestyksessä kuin edellä kuvatussa lämmitysasennossa. Kuvassa 67 on kuvattuna yksinkertainen lämpöpumpun toimintakaavio. (Rautio 2008).

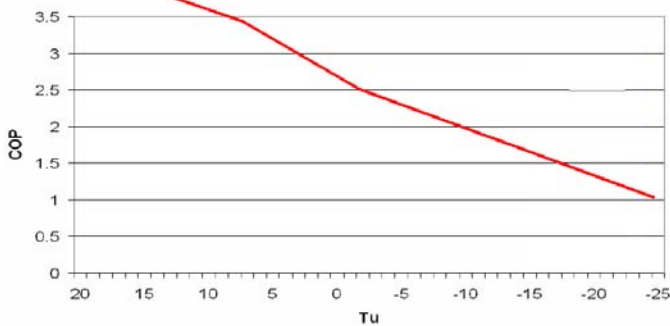


Kuva 67. Lämpöpumpun toimintakaavio yksinkertaisimmillaan (Rautio 2008).

Lämpöpumppu tuottaa siis kilowatteina enemmän lämpöä kuin se kuluttaa sähköä. Tämä suhde esitetään lämpökertoimenä (engl. COP, coefficient of performance), joka ilmaisee kuinka moninkertaisesti prosessi tuottaa lämpöä verrattuna kompressorin sähkönkulutukseen eli kuinka paljon tehokkaammin lämpöpumppu tuottaa lämpöä suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Lämpökertoimen vaihteluun vaikuttaa, mitä lämmönlähdettä lämpöpumppu käyttää. (Lämpöpumppu.org www-sivusto, SULPU diaesitys 2010)

$COP = \text{Tuotettu lämpöteho kW} / \text{Kulutettu sähköteho kW}$, esimerkiksi $COP = 4 \text{ kW} / 2 \text{ kW} = 2$

Yleensä COP-luku ilmoitetaan laitteiden valmistajien kansainvälisesti hyväksymän standardin mukaisesti +7 asteessa mitattuna. Tämä antaa väärän kuvan laitteen energiansäästöstä, sillä ilmalämpöpumput menettävät tehoaan pakkasten kiristyessä (kuva 68). Vaikka ilmalämpöpumpun lämpökerroin saattaa parhaimmillaan olla jopa 5, laskee se pakkasten kiristyessä ja laite lakkaa toimimasta lämpötilan laskiessa 20–25 pakkasasteeseen. Sen sijaan maalämpöpumpujen lämpökerroin pysyy lähes samana kovillakin pakkasilla, (Lämpöpumppu.org www-sivusto, SULPU diaesitys 2010)



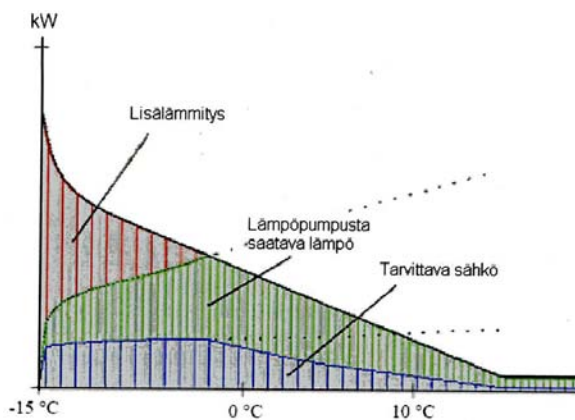
Kuva 68. Ilmalämpöpumpun COP-luvun pieneneminen lämpötilan laskiessa (SULPU diaesitys 2010)

13.2 Lämpöpumpujärjestelmät

Erilaisia lämpöpumpujärjestelmiä on totuttu jaottelemaan lämmönlähteen ja lämmön luovutuskohteen mukaisesti. Pääasiallisesti jako tapahtuu lämmönlähteen perusteella ilma- ja maalämpöpumppeihin. Lisäksi järjestelmät jaotellaan tarkemmin sen mukaan millä tavalla lämpö hyödynnetään. Ilmalämpöpumppeja on ilma-ilma-, ilma-vesi- ja poistoilmalämpöpumppu. (Rautio 2008)

Ilmalämpöpumput

Ilma-ilmalämpöpumpun lämmönkeruu tapahtuu yleensä talon ulkoseinälle sijoitetun yksikön kautta. Lämmönluovutus tapahtuu siten, että huoneilmaa kierrätetään puhaltimen avulla lämmönluovutusyksikön kautta. Lämmönluovutusyksiköitä voi olla yksi tai useampi. Ilma-ilmalämpöpumppu tarvitsee rinnalleen täysmitoitettun vaihtoehtoisen lämmitysjärjestelmän, koska ilmalämpöpumppu ei pysty tuottamaan lämpöä kovalla pakkasella. Kuvassa 69 on esitetty lämpötilan vaikutus ilmalämpöpumpun lämmitystehokkuuteen. Järjestelmän etuja ovat kosteuden poistaminen sisäilmasta ja huoneilman suodattaminen. Ilma-ilmalämpöpumpulla saavutetaan lämmityssähköön kuluva energiassa 30–40 % säästö. (Lämpöpumppu.org www-sivusto)



Kuva 69. Periaatekuva ulkolämpötilan vaikutuksesta ilmalämpöpumpun tehoon osana lämmitysjärjestelmää (Rautio 2008)

Ilma-vesi-lämpöpumpun lämmönkeruu tapahtuu myös vastaavalla talon ulkoseinälle sijoitetulla yksiköllä kuin ilma-ilmalämpöpumpulla. Erona on että lämpöä luovutetaan sisäilman sijaan lämminvesivaraajaan, jolloin lämpöä voidaan hyödyntää huonetilan kiertovesilämpöjärjestelmässä sekä käyttöveden lämmittämässä. Ilma-vesi-lämpöpumppu soveltuu rakennuksen päälämmönlähteeksi, mutta tarvitsee sähkövastuksen tuki- ja varalämmönlähteeksi kovilla pakkasilla. Kylmän sään aiheuttamista tehomenetyksistä huolimatta järjestelmä voi saavuttaa jopa 40 – 65 % säästöt sähkönkulutuksessa.

Ilma-ilma- ja ilma-vesilämpöpumppujen yhteisenä ongelmana on lämpökeruun lasku kovilla pakkasilla. Lisäksi nollan asteen paikkeilla ja siitä kylmemmissä olosuhteissa kyseiset lämpöpumput keräävät ulkoyksikön höyrystimeen huurretta ja jäätä, joka haittaa lämmön siirtymistä ja ilman virtausta. Tämä ongelma on uusissa lämpöpumpuissa ratkaistu siten, että automaattinen sulatusjärjestelmä kääntää tarvittaessa prosessin vähäksi aikaa käänteiseksi ulkoyksikön sulattamiseksi.

Poistoilmalämpöpumppu ottaa asunnosta koneellisesti poistettavasta ilmassa lämmön talteen ja käyttää sitä vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän, käyttöveden tai sisääntuloilman lämmittämiseen. Järjestelmä poistaa myös ilmassa kosteutta ja sopii jäähdytystarkoitukseen. Poistoilmalämpöpumpulla säästetään yleensä noin 40 % säästö lämmityskuluissa. Järjestelmän edullisuus verrattaessa esimerkiksi maalämpöpumppuihin tai ilmavesilämpöpumppuihin on myös huomattava. Toimiakseen poistoilmalämpöpumppu vaatii ilmanvaihdon suuruuden olevan vähintään puolet asunnon ilmatilavuudesta tunnissa. Poistettavan sisäilman tasaisesta lämpötilasta johtuen poistoilmalämpöpumppu tuottaa tasaisesti lämpöä ulkolämpötilasta riippumatta. Lämmitysteho ei kuitenkaan riitä koko asunnon lämmittämiseen, ellei järjestelmään kuulu lisäksi sähkövastuksia. Poistoilmalämpöpumpputalouksissa on järkevää lämmittää asuntoa myös esimerkiksi puilla, mikäli halutaan pienentää ostettavan sähkön määrää. (Motiva Lämpöä ilmassa, Lämpöpumppu.org www-sivusto)

Maalämpöpumput

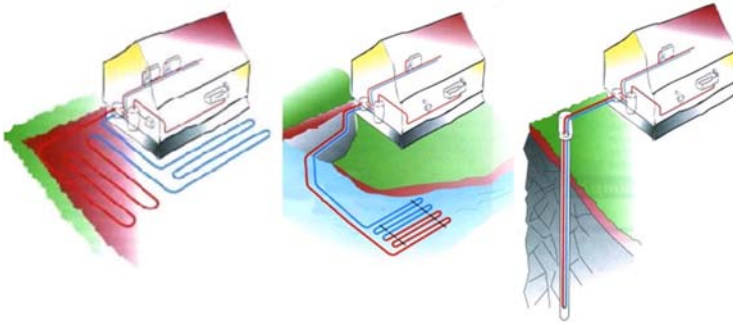
Vaikka ilma- ja poistoilmalämpöpumppu ovat kasvattaneet suosiotaan, maalämpöpumppu on edelleen Suomen merkittävin lämpöpumpputyyppeistä energiantuottoa tarkastellessa. Maalämpöpumppujen lämmönlähteenä voivat toimia maahan kaivettavat, kallioon porattavat tai vesistöön laskettavat lämmönkeruuputkistot, jotka hyödyntävät auringon maaperään varastoitunutta lämpöenergiaa ja geotermistä lämpöenergiaa. On tutkittu, että 3 prosenttia vuosittain maahan varastoituvasta aurinkoenergiasta riittäisi vuotuisen lämmöntarpeemme kattamiseen maalämmöllä.

Järjestelmä koostuu lämmönottopiiristä, lämmönsiirtopiiristä, lämmönluovutuspiiristä ja lämminvesivaraajasta. Lämmönottopiirissä, eli lämmönkeruuputkistossa kiertävä vesiglykoliliuos lämpenee maaperään varastoituneen lämmön vaikutuksesta. Lämmönvaihtimessa liuos luovuttaa lämpöä lämpöpumpun kylmäainepiiriin, joka varastoi lämmön lämminvesivaraajaan. Sieltä lämpöä voidaan hyödyntää huonetilan kiertovesilämpöjärjestelmässä

sekä käyttöveden lämmittämiseen. Lämmönottopiiriä on myös mahdollista kesäaikana hyödyntää rakennuksen tuloilman jäähdytykseen, jos koneellisen ilmastoinnin tuloilmakanavaan on asennettu patteri, johon voidaan kierrättää maapiirissä kiertävää viileää liuosta. Kuvassa 70 on esimerkkikuvia erilaisista lämmönottopiireistä.

Maalämpöpumppujen lämpökerroin vaihtelee vuoden aikana välillä 2,6 – 3,6. Verrattuna ilmalämpöpumppuihin maalämpöpumpun lämpökertoimen huippuarvo on pieni, mutta maalämpöpumpun lämpökertoimen vaihtelut ovat vuoden aikana pienet. Näin ollen maalämpöpumppu sopii asunnon päälämmitysjärjestelmäksi eikä tarvitse tukilämmitysjärjestelmää.

Maahan upotettu lämmönkeruuputkisto asennetaan 0,7 – 1,2 metrin syvyyteen riippuen siitä, kuinka etelässä tai pohjoisessa ollaan. Auringon lämpöenergiaa on mahdollista kerätä Suomessa jopa kymmenen metrin syvyyteen asti. Syvemmälle mentäessä yhä suurempi osa saatavasta lämmöstä on geotermistä lämpöenergiaa. 200 metrin syvyydessä geoterminen energia tuottaa noin kymmenen asteen lämmön.



Kuva 70. Maalämpöpumpun lämmönkeruuputkisto upotettuna maahan, järveen sekä porattuna kallioon (SULPU www.sivut)

13.3 Lämpöpumppujen hyödyntäminen lämmitysmuotona

Suorasähkölämmitteiseen omakotitaloon on järkevintä hankkia ilma-ilma-lämpöpumppu ja öljylämmitteiseen tai muulla vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä lämpiävään omakotitaloon maalämpöpumppu tai ilma-vesilämpöpumppu. Maalämpöpumppu on parhaimmillaan alhaisten lämpötilojen lämmönjakojärjestelmissä kuten vesikiertoisessa lattialämmityksessä tai ilmalämmityksessä. Ilmalämpöpumput ovat edullisempia ja nopeampia asentaa, kuin maalämpöpumput, mutta maalämpöpumpuilla saavutetaan hyvä energiatehokkuus vuoden ympäri. Poistoilmalämpöpumput sopivat lähinnä asuntoihin, joissa on valmiiksi koneellinen ilmanvaihto ja tarvittavat poisto- ja tuloilmakanavat. (SULPU www.sivut)

Taulukossa 43 näkyy erilaisten lämpöpumppujen ominaisuuksia. Sopivaa järjestelmää valittaessa on näiden ominaisuustietojen lisäksi hyvä ottaa huomioon myös talon koko, kerrosten lukumäärä ja talon lämmöntarve, jotka määrittävät tarvittavan lämpöpumpun koon ja sisäyksikköjen määrän.

Taulukko 43. Vertailutaulukko eri lämpöpumppujen ominaisuuksista pientalokokoluokassa (Motiva Lämpöä ilmassa, SULPU www-sivut, CO₂-raportti 2009, Maalampo.fi, Greentex Oy www-sivut)

	Maalämpöpumppu	Ilma-ilmalämpöpumppu	Ilma-vesilämpöpumppu	Poistoilmalämpöpumppu
Keskimääräinen hintataso	12 000 – 16 000 € (sisältäen asennuksen)	1 500 – 3500 €	7 000 - 12 000 €	3 500 - 8 500 €
Säästöt lämmityskuluissa	50-70 %	30 - 40 %	40 - 65 %	40 %
COP-keskiarvo	3	Vaihtelee ulkolämpötilan mukaan yhdestä jopa viiteen. Vuotuinen keskiarvo 1,8 - 2,2.	Vaihtelee ulkolämpötilan mukaan yhdestä jopa viiteen. Vuotuinen keskiarvo 1,5 - 2.	1,5 - 2,2

Taulukossa 44, 45 ja 46 on esitetty vuoden 2008 rakennustietokantaan perustuen laskennalliset saavutettavat energian säästöt Kanta-Hämeessä, kun öljylämmitteisissä ja sähkölämmitteisissä rakennuksissa siirryttäisiin lämpöpumppujärjestelmiin. Öljylämmitteisissä rakennuksissa maalämpöön siirryttäessä energiankulutus laskisi kolmannekseen ja vastaisi 166 GWh:n energiansäästöä (taulukko 44). Sähköntuotannon hyötysuhde vaikuttaisi kuitenkin siihen, mikä todellinen energiansäästö olisi.

Sähkökeskuslämmitteisissä rakennuksissa maalämpöön siirryttäessä sähkönkulutus laskisi kolmannekseen, jolloin syntyisi 26 GWh:n energiansäästö (taulukko 44). Suorasähkölämmitteisissä rakennuksissa ilmalämpöpumpulla lämmittämiseen siirtymisen seurauksena huonetilan lämmityksen sähkönkulutus laskisi puoleen, jolloin syntyisi 164 GWh energiasäästö (taulukko 46). Tällä hetkellä markkinoilla ei ole saatavilla ilma-ilmalämpöpumpun ja ilmavesilämpöpumpun yhdistelmää, joten käyttöveden lämmityksen sähkönkulutukseen ilmalämpöpumpun hankinnalla ei ole vaikutusta.

Taulukko 44. Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumppujärjestelmällä perustuen vuoden 2008 rakennustietokantaan Kanta-Hämeessä

Kanta-Häme	Öljylämmitys				Maalämpö lämmitys GWh	COP=3 käyttövesi GWh
	kpl	kerrosala kesk m ²	lämmitys GWh	lämmitys GWh		
omakotitalot	8214	135	131	28	44	9
rivi ja paritalot	394	416	26	5	9	2
kerrostalot -4	255	944	36	8	12	3
kerrostalot +4	38	2225	13	3	4	1
		yhteensä		248		84
				Energiasäästö		166

Taulukko 45. Sähkökeskustämmityksen korvaaminen maalämpöpumppujärjestelmällä perustuen vuoden 2008 rakennustietokantaan Kanta-Hämeessä

Kanta-Häme	Keskussähkö- lämmitys kpl	kerrosala kesk m ²	lämmitys GWh	lämmitys GWh	Maalämpö lämmitys GWh	COP=3 käyttövesi GWh
omakotitalot	1451	157	27	6	9	2
rivi ja paritalot	52	400	3	1	1	0
kerrostalot -4	12	786	1,4	0,3	0,5	0,1
kerrostalot +4	1	2945	0,4	0,1	0,1	0,0
		yhteensä	39		13	
			Energiasäästö		26	

Taulukko 46. Suoran sähkölämmityksen korvaaminen ilmalämpöpumpulla perustuen vuoden 2008 rakennustietokantaan Kanta-Hämeessä

Kanta-Häme	Suora sähkö- lämmitys kpl	kerrosala kesk m ²	lämmitys GWh	lämmitys GWh	Ilmalämpö lämmitys GWh	COP=2 käyttövesi GWh
omakotitalot	15493	137	253	53	126	53
rivi ja paritalot	871	389	53	10	27	10
kerrostalot -4	70	528	5	1	3	1
kerrostalot +4	44	2540	17	4	8	4
		yhteensä	396		232	
			Energiasäästö		164	

13.4 Lämpöpumppujen aluetaloudelliset ja ympäristövaikutukset

Kuten jääkaapeissa, lämpöpumpuissakaan ei enää käytetä yläilmakehän otsonikatoa aiheuttavia CFC-yhdisteitä kylmäaineena. Nykyään on siirrytty HFC-yhdisteisiin, eli fluorihilivetyihin, jotka ovat myrkyttömiä, palamattomia ja biologisesti hajoavia. HFC-yhdisteet ovat kuitenkin kasvihuonekaasuja, mistä syystä aineiden leviäminen ympäristöön on estettävä. Muun muassa tästä syystä on tärkeää että ilmalämpöpumppujen asentamisen ja purkamisen toteuttaa ammattilainen. (Rautio 2008)

Lämpöpumppujen kannattavuus lämmitysmuotona riippuu korvattavasta lämmitysmuodosta sekä muista vaihtoehtoisista energianlähteistä, joita kohteessa voitaisiin hyödyntää. Lämpöpumppujen tuottamasta ”ilmaisesta lämmöstä” huolimatta lämpöpumput käyttävät merkittävän määrän sähköä. Sähköntuotannon energialähteet ja hyötysuhde vaikuttavat merkittävästi siihen, mitkä ovat lämpöpumppujen hyödyntämisen kokonaisvaikutukset ympäristön kannalta. Maalämpöpumppujen yleistyessä on myös syntynyt keskustelua lämpökaivojen vaikutuksesta pohjavesialueilla.

Suomessa ei valmisteta lämpöpumppuja, mutta myyntiin, asennukseen ja huoltoon liittyen lämpöpumput ovat paikallisesti merkittävä työllistäjä LVI-alalla.

14 Muita kestävän energian muotoja sekä kehitteillä olevia menetelmiä

Vesivoima

Kanta-Hämeessä vesivoiman merkitys maakunnan energiantuotannossa on pieni ja käytön lisäämismahdollisuudet lienevät melko vähäisiä. Hajautettua energiantuotantoa lisättäessä maakunnasta voi kuitenkin löytyä pieniä kohteita, joissa vesivoimaa voitaisiin hyödyntää. Suomessa suurin potentiaali vesivoiman tuotannossa on vanhojen laitosten modernisoinnissa. Suomessa on muutamia suurempia kohteita (Ounasjoki, Vuotos ja Kollaja), joissa vesivoiman tuotannonkapasiteettia voitaisiin vielä rakentaa lisää. Vesivoiman lisärakentaminen on kohdannut paljon vastustusta eri kansalaisryhmien piirissä eikä siinä ole merkittävää todellista energiantuotannon potentiaalia Suomessa.

Pienen kokoluokan yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto

Hajautetun energiantuotannon lisäämisessä pienen mittakaavan yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotannolla (CHP-tuotanto) on tulevaisuudessa tärkeä rooli. Suomessa on useita yrityksiä ja tutkimushankkeita, joissa kehitetään biomassan kaasuttamiseen perustuvaa yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa. Kaasutuksen haasteena on kaasun puhtaus, jotta laitokset pystyisivät toimimaan pienellä huoltotarpeella. Vuoden 2011 aikana markkinoille on tulossa ensimmäisiä tehdasvalmisteisia ja mahdollisesti sarjatuotantoon päätyviä puukaasuttimeen perustuvia CHP-laitoksia. Jotta sähköä voidaan tuottaa hyvällä hyötysuhteella, käyttökohteissa tulee olla myös jatkuvaa tarvetta lämmölle. Tulevaisuudessa pienen mittakaavan CHP-tuotanto voi olla parantamassa merkittävästi kuntien ja pk-yrityksien energiantuotannon omavaraisuutta.

Levien hyödyntäminen energianlähteenä

Tulevaisuudessa leväpohjaista biomassaa voidaan hyödyntää energianlähteenä. Hämeessä Lahden ammattikorkeakoulu on mukana levien hyödyntämistä selvittävässä ALDIGA-projektissa. Projektin tavoitteena on kehittää konsepti, jossa biojätteestä saadaan energiaa kasvattamalla sen voimalla leväbiomassaa, jota puolestaan käytetään biodieselin ja biokaasun tuottamiseen. Tavoitteena on kehittää menetelmä, joka vaatii mahdollisimman vähän ylimääräistä energiaa ja perustuu erilaisten sivuvirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen ja suljettuihin kiertoihin.

Levät tuottavat sellaisia lipideitä, joista on mahdollisuus valmistaa biodieseliä melko pienellä muokkaamisella. Levien etuna on myös nopea kasvu ja niiden mahdollisuus käyttää biomassan valmistukseen joko auringosta saatavaa energiaa tai esimerkiksi muiden tuotantoprosessien sivuvirtoja eli jätteitä. Biodieselin valmistamisen jätettä voidaan puolestaan käyttää biokaasun ja mahdollisesti myös vetyenergian tuottamiseen. Tuotantoprosessissa on kuitenkin vielä ongelmia ja haasteita ratkottavaksi ennen kuin siitä tulee taloudellisesti kannattava. (Lahden ammattikorkeakoulun [www-sivut](http://www.sivut)).

Biohiili ja TOP-pelletit

Torrefiointi on pyrolyysimenetelmä, jossa biomassasta valmistetaan biohiiltä. Menetelmässä biomassaa paahdetaan noin 250 – 300 °C lämpötilassa, jolloin osa biomassasta poistuu kaasun muodossa ja jäljelle jää kuiva hauras biomassaa jonka energiatiheys on korkeampi. Biomassan sisältämästä energiasta noin 70 % päätyy lopputuotteeseen. Kaasuna poistuvaa tor-kaasua voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa. Kuljetusta varten biohiilen energiatiheyttä voidaan vielä parantaa valmistamalla siitä pellettiä, jota kutsutaan TOP-pelletiksi. Biohiiltä on kaavailtu kivihiilikattiloiden energianlähteeksi. (Wilén 2010)

Polttokennot

Polttokennot ovat sähkökemiallisia laitteita, jotka muuttavat vedyn energian suoraan sähköksi ja lämmöksi ilman palamista. Toiminnaltaan polttokennot muistuttavat paristoja, mutta toisin kuin paristoissa, polttokennoon reagoivat aineet vety ja happi syötetään ulkoa. Polttokennojen etuja ovat muiden muassa hyvä hyötysuhde, luotettavuus, pieni koko ja äänettömyys. Polttokennoja on useita erilaisia tyyppejä, jotka sopivat eri käyttökohteisiin. Polttokennotyypit luokitellaan useimmiten toimintalämpötilan ja käytettävän elektrolyytin mukaan. Tulevaisuudessa polttokennoilla voidaan vähentää energiantuotannon häviöitä tehokkaan sähköntuotannon ansioista. Polttokennojen polttoaineena voidaan vedyn lisäksi hyödyntää metaania. (Teknillisen korkeakoulun [www-sivut](http://www.sivut)).

Vedyn hyödyntäminen

Tulevaisuudessa vety voi olla merkittävä energianlähde. Vety on puhdas polttoaine, sillä palaessa siitä syntyy puhdasta vettä. Polttamista tehokkaammin vetyä voidaan hyödyntää polttokennossa. Vetyä voidaan valmistaa elektrolyysissä hajottamalla vettä vetykaasuksi sähköän avulla. Tulevaisuudessa aurinkoenergiapohjaisen energiantuotannon vaihtelua voitaisiin tasata varastomalla auringon energiaa vedestä hajotettuun vetyyn. Menetelmän haasteena on edelleen vedyn varastointi ja veden tehokas hajottaminen. (Teknillisen korkeakoulun [www-sivut](http://www.sivut)).

ENERGIANSÄÄSTÖN MAHDOLLISUUDET

15 Energian säästö ja energiatehokkuus

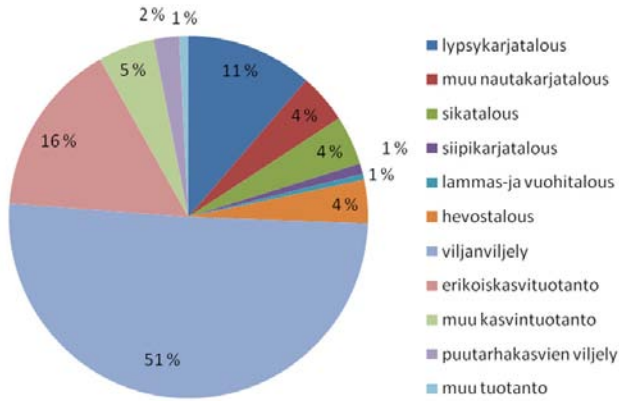
Energiansäästö ja energiatehokkuuden parantaminen on mainittu yhtenä tärkeänä tavoitteena Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa. Ne ovat keinoja, joilla energiankulutuksen kasvu saadaan katkaistua ja käännettyä laskusuuntaan. Yritykset voivat vapaaehtoisesti liittyä ns. energiatehokkuussopimukseen, jolloin ne sitoutuvat seuraamaan energiatehokkuuttaan ja tekemään sitä parantavia toimenpiteitä. Tyypillisesti toiminta aloitetaan tekemällä yrityksessä energiakatselmus, jossa selvitetään katselmukskohteiden kokonaisenergiankäyttö, energiansäästöpotentiaalit ja mahdollisuudet uusiutuvan energian käyttöön. Energiatehokkuussopimusten tavoitteena on omalta osaltaan auttaa Suomea saavuttamaan kansalliset ilmasto- ja energiastrategian tavoitteet. Tavoitteena on kaiken kaikkiaan yhdeksän prosentin suuruinen energiansäästö vuoteen 2016 mennessä. (Motivan www-sivut 2011).

Yksi osa energiatehokkuussopimuksia on maatalojen energiaohjelma, joka käynnistyi vuoden 2010 alkupuolella. Tavoitteena on pitkäjänteinen energiatehokkuuden kehittäminen maataloilla ja myös uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen. Ko. ohjelman piiriin kuuluvat myös puutarhatilat. (Motivan www-sivut 2011).

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan energiansäästön mahdollisuuksia maataloilla, kasvihuoneyrityksissä ja maaseudun pienyrityksissä. Kotitaloudet rajattiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

15.1 Maatilat

Kanta-Hämeessä oli 2 660 maatilaa vuonna 2009. Noin puolet tiloista oli viljanviljelytiloja, ja muuta kasvinviljelyä ja erikoiskasvien viljelyä harjoitti 21 % tiloista (kuva 71). Lypsykarjatilojen osuus oli Kanta-Hämeessä 11 %. Maatalojen keskimääräinen peltopinta-ala on Kanta-Hämeessä noin 41 hehtaaria, mikä on noin 6 hehtaaria koko maan keskiarvoa suurempi (Maatilatilastollinen vuosikirja 2009).

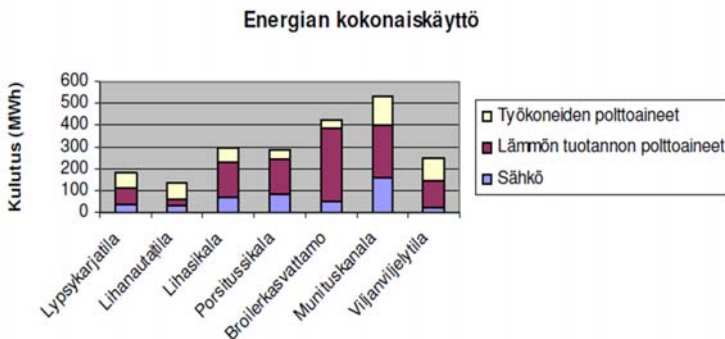


Kuva 71. Maatilojen tuotantosuuntajakauma Kanta-Hämeessä vuonna 2009 (Tilastokeskuksen tietopalvelu 2011)

15.1.1 Energiankulutus

Energiataselaskelmissa Kanta-Hämeen maatilojen energiankulutukseksi arvioitiin vuonna 2008 noin 400 GWh (sis. asuinrakennusten lämmityksen), mikä on noin 4 % alueen kokonaisenergiankulutuksesta. Koko Suomessa maatalouden energiankulutuksen on arvioitu olevan noin 12 000 GWh, joka on 4 % kokonaisenergiankulutuksesta (Bionova 2007/2).

Kantahämäläisillä tiloilla vuotuinen energiankulutus oli energiataselaskelmien aineiston mukaan keskimäärin 157 MWh. Luku on hiukan suurempi kuin kirjallisuudesta löytyvä vertailuarvo 146 MWh vuodessa (Hagström ym. (2005). Tilakohtainen vaihtelu on suurta (kuva 72). Isoissa kotieläinyksiköissä energian kulutus on selkeästi suurempaa, 300 – 500 MWh vuodessa (Bionova 2007/2). Vertailua vaikeuttavat usein puutteelliset taustatiedot mm. yksityistalouden sähkön tai asuinrakennuksen lämmityksen polttoaineiden sisällyttämisestä lukemiin. Kaiken kaikkiaan maatalouden energiankulutuksesta löytyy vähän tilastoitua tai mitattua tietoa. Uutta tietoa on luvassa, kun Tilastokeskus julkaisee vuoden 2010 maatalouslaskennassa kerättyä tietoa maatilojen energiankulutuksesta ja uusiutuvien energialähteiden käytöstä (Kyyrä & Mattila 2010).

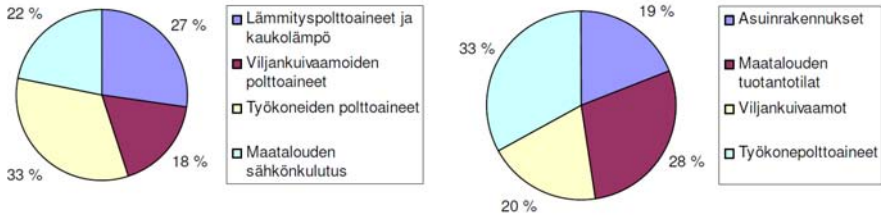


Kuva 72. Energian kokonaiskäyttö (MWh/vuosi) esimerkkituloilla (Bionova 2007/2)

Energialähteittäin tarkasteltuna maataloustuotannossa kuluu eniten energiaa työkoneiden ja lämmityksen polttoaineina (kuva 73). Viljan kuivauksen polttoaineiden osuus on vajaa viidesosa kokonaiskulutuksesta. Sähkön osuus on keskimäärin 22 % energian kulutuksesta. (Bionova 2007/2)

Maatilojen energiankulutus energialähteittäin

Maatilojen energiankäyttö kulutuskohteittain

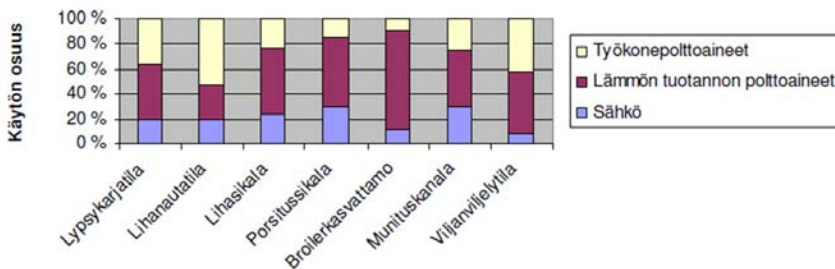


Kuva 73. Maatilojen energiankulutus energialähteittäin ja kulutuskohteittain (Bionova 2007/2)

Kulutuskohteittain tarkasteltuna kolmannes maatalouden käyttämästä energiasta kuluu työkoneiden polttoaineisiin ja lähes yhtä suuren osuuden muodostaa tuotantotilojen lämmitys (kuva 73). Viidesosa energiasta kuluu asuinrakennusten lämmitykseen ja saman suuruinen on myös viljan kuivaamoiden osuus.

Tilakohtaisessa tarkastelussa näkyy vaihtelu eri tuotantosuuntien ja toisaalta myös yksittäisten tilojen välillä (kuva 74). Lämmön tuotannon polttoaineiden osuus energian käytöstä vaihteli välillä 44–56 % lukuun ottamatta lihanautatilaa, jolla ei ollut lämmitystä eläintilassa ja broilerikasvattamoa, jolla oli suuri lämmön tarve eläinhallissa. Työkonepolttoaineiden osuus oli suurin (40–50 %) lihanautatilalla ja viljanviljelytilalla. Sähkön osuus oli karjatililla tyypillisesti 20–30 % kokonaiskulutuksesta.

Energian käytön jakauma esimerkkituloilla



Kuva 74. Energian käytön jakauma esimerkkituloilla (Bionova 2007/2)

Pohjanmaalla tehdyn kyselytutkimuksen mukaan kevyttä polttoöljyä kului useimmilla tiloilla 2 500–5 000 litraa vuodessa (Rintamäki & Rouhunkoski

2004). Työtehoseuran aineistossa (Kirkkari & Lehtinen 2005) polttoöljyn kulutus oli keskimäärin 10 800 litraa vuodessa. Kulutus kasvoi pääsääntöisesti peltohehtaarien lisääntyessä, mutta aineistossa esiintyi myös suurta vaihtelua tilojen välillä. Viimeksi mainittuun lukuun sisältyy tuotantorakennusten ja todennäköisesti myös yksityistalouden lämmityskäyttö.

Mikkolan & Ahokkaan (2009) mukaan perinteisessä, kyntöön perustuvassa viljelyssä polttoainetta kuluu noin 60 litraa hehtaaria kohti. Viljan kuivauksen energian tarve riippuu kuivattavan viljan kosteudesta, ja kosteina syksyinä kuivaukseen voi kulua energiaa satokiloihin suhteutettuna jopa enemmän kuin muihin työvaiheisiin yhteensä (Kari 2009). Kuivureissa käytettävä polttoaine on pääosin kevyttä polttoöljyä.

Karin (2009) mukaan työkoneiden polttoaineen kulutus tuotettua tonnia kohti on viljalla 11–13 litraa / tonni (taulukko 47). Säilörehunurmella arvo jää alle 9 litraa tonnille. Vaihtelu tilojen välillä on suurta. Hehtaaria kohti lasketuna polttoaineen keskimuutos oli 50 litraa vaihteluvälin ollessa 32–92 litraa / ha. Suurimpana selittävänä tekijänä Kari piti lohkojen välistä etäisyyttä ja siirtoajojen määrää. Muita polttoaineen kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. maalaji, maan kosteus, työkoneiden kunto, säädöt, kuljettajan ajotapa sekä lohkojen koko ja muoto.

Taulukko 47. Polttoaineen kulutus peltoviljelyssä tuotettua tonnia kohti (Kari 2009)

Kasvi	polttoaineen kulutus	
	keskiarvo l / t	vaihteluväli l / t
kaura	11,1	5,8–17,3
ohra	13,6	7,1–20,4
vehnä	12,7	9,3–22,9
säilörehunurmi	8,9	4,5–13,3

Lypsykarjatilalla energiaa kuluu ruokintaan, lypsytyöhön ja maidonkäsittelyyn, valaistukseen ja ilmanvaihtoon (Lehtinen 2009). Lämmitysenergian tarve on tyypillisesti vähäistä lypsykarja- ja nautakarjatilalla. Toisaalta lypsykarjatilalla usein tingitään ilmanvaihdosta sillä seurauksella, että ilma on kosteaa ja ilman hiilidioksidipitoisuus nousee. Tehtyjen selvitysten mukaan tilojen välillä on suuria eroja valaistuksen ja ilmanvaihdon ja toisaalta myös rehujen varastointi- ja jakotapojen energiankulutuksessa.

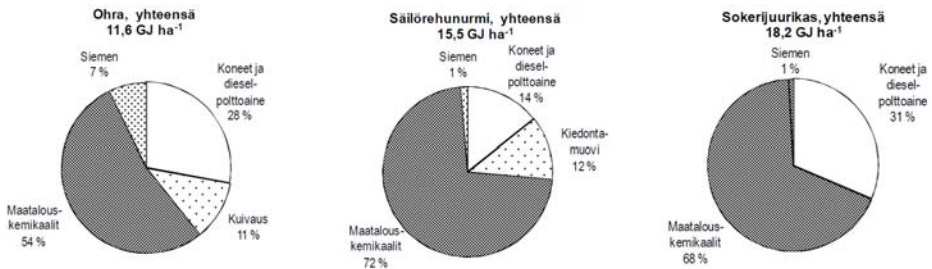
Lehtisen (2009) mukaan sadan emakkopaikan sikalassa vuosittainen energiankulutus on keskimäärin 2 440 kWh emakkopaikkaa kohti. Lihasikalan energiankulutus on selkeästi pienempi, keskimäärin 570 kWh sikapaikkaa kohden. Lämmitykseen tarvittavan energian osuus on suuri varsinkin emakkosikaloissa, sillä vastasyntyneet porsaavat tarvitsevat noin 30 °C lämpötilan.

Munituskanalan vuosittainen energiankulutus on Lehtisen (2009) mukaan keskimäärin 5,7 kWh kanapaikkaa kohti. Suurimmat energiankuluttajat ovat valaistus ja ilmanvaihto. Lattiakanaloissa energiaa kuluu kaksinkertainen

määrä häkkikanaloihin verrattuna, sillä niissä tarvitaan tehokkaampaa ilmanvaihtoa ja toisaalta vastaavasti enemmän lämmitystä.

Broilerikasvattamoissa energiaa tarvitaan mm. lämmitykseen, ilmastointiin, valaistukseen ja rehulinjoille (Hagström ym. 2005). Lehtisen (2009) mukaan energiankulutus on keskimäärin 1,5 kWh tuotettua teuraskiloa kohti. Kaksi kolmasosaa energiasta kuluu lämmitykseen. Tilakohtainen vaihtelu on suurta johtuen mm. valaistustekniikasta ja tilojen lämpöeristyksestä.

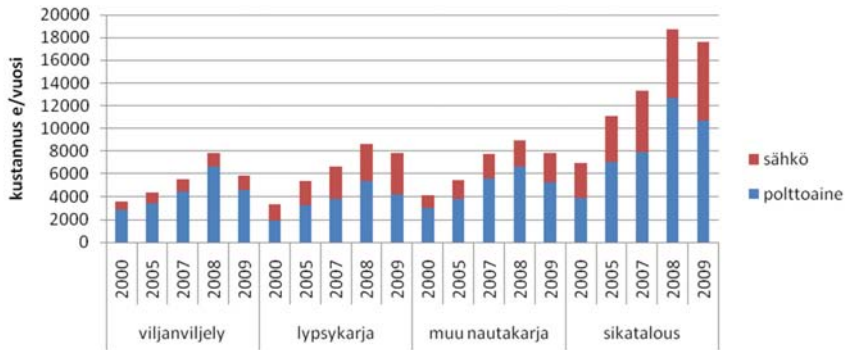
Maataloustuotannon epäsuoraa energiankulutusta ovat arvioineet Mikkola & Ahokas (2009). Heidän laskelmiensa mukaan pelkästään maatalouskemikaalien (lannoitteet, kalkki, torjunta-aineet) osuus on yli puolet energian kokonaiskulutuksesta ohran, säilörehunurmen ja sokerijuurikkaan viljelyssä. Seuraavaksi suurin energiapanos kuluu koneisiin ja niiden polttoaineisiin (kuva 75).



Kuva 75. Panosenergian kokonaismäärä ja sen jakauma ohran, säilörehunurmen ja sokerijuurikkaan viljelyssä (Mikkola & Ahokas 2009)

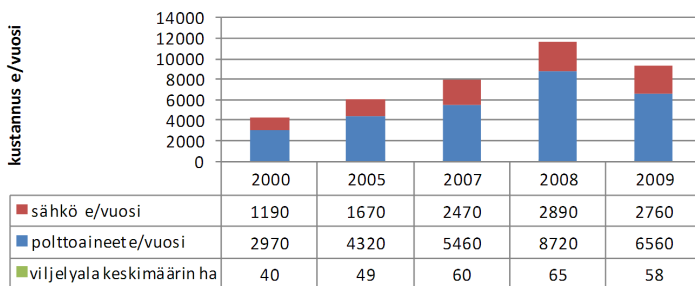
15.1.2 Energiakustannus

Maatilojen energiakustannukset ovat kasvaneet nopeasti viime vuosina kaikilla tuotantosuunnilla (kuva 76). Pääosa kustannuksesta koostuu polttoainekustannuksesta lukuun ottamatta sikataloutta, jolla sähkön osuus on muita tuotantosuuntia suurempi. Vuonna 2009 energiakustannukset olivat yli 5 000 euroa kaikilla tuotantosuunnilla, ja sikatiloilla ne olivat selkeästi suurimmat (lähes 18 000 euroa). Vuosi 2008 näkyy ”hintapiikkinä” poikkeuksellisen korkean raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan vuoksi. Luvut on poimittu MTT:n Talustohtorin koko maan kirjanpito-tilat kattavasta aineistosta. Tilojen keskipinta-ala on pääosin välillä 50–60 hehtaaria lukuun ottamatta lypsykarjatiloja, joiden keskipinta-ala on hiukan pienempi (35–50 hehtaaria). Vaikka tilat edustavat keskimääräistä suurempaa kokoluokkaa, niin tulokset on painotettu edustamaan keskimääräisiä tiloja.



Kuva 76. Energiakustannus kannattavuuskirjanpitoiloilla tuotantosuunnittain koko maassa (MTT Taloustohtori 2011)

Myös kanta-hämäläisillä kannattavuuskirjanpitoiloilla sähkön ja polttoaineiden kustannus on kasvanut nopeasti 2000-luvulla (kuva 77 ja taulukko 48). Vuonna 2009 energiakustannus oli Kanta-Hämeessä keskimäärin 7 300 euroa, josta polttoaineiden osuus oli 5 400 euroa. Energian osuus kaikista ostetuista tuotantopanoksista (tarvikekustannuksista) on ollut viime vuosina noin 25 % lukuun ottamatta vuotta 2008. Viljeltyä pinta-alaa kohti lasketuna polttoainekustannus oli vuonna 2009 lähes kaksinkertainen vuoteen 2000 verrattuna. Sähkö- ja polttoainekustannukset sisältävät maataloustuotannossa kuluvan energian, mutta eivät asuinrakennuksen lämmitystä ja yksityistalouden sähkönkulutusta. Aineiston tilat ovat viljanviljelytiloja lukuun ottamatta vuotta 2000, jolloin mukana oli myös muutamia lypsykarjatiloja. Tuotantosuohtakohtaisia energiakustannuksia ei pystytty selvittämään tilojen vähäisen määrän vuoksi.



Kuva 77. Energiakustannus kannattavuuskirjanpitoiloilla Kanta-Hämeessä (MTT Taloustohtori 2011)

Taulukko 48. Energiakustannus ja sen muutokset kannattavuuskirjanpitoiloilla Kanta-Hämeessä (MTT Taloustohtori 2011)

	2000	2005	2007	2008	2009
polttoaineet €/vuosi	2650	4590	4390	6850	5420
sähkö €/vuosi	1170	1710	1950	1830	1890
energiakustannus yhteensä e/vuosi	3820	6300	6340	8680	7310
tarvikekustannus €/vuosi	20100	25000	25800	28700	29900
osuus tarvikekustannuksista %	19	25	25	30	24
tuotantokustannus €/vuosi	81800	115200	110600	112300	122000
osuus tuotantokustannuksesta %	4,7	5,5	5,7	7,7	6,0
polttoainekustannus €/ha/vuosi	60	90	86	140	111
polttoainekustannus €/ha v. 2000 verrattuna		1,5	1,4	2,3	1,8
energiakustannuksen muutos v. 2000 verrattuna		1,6	1,7	2,3	1,9
viljelyala keskimäärin ha	44	51	51	49	49
tilojen määrä kpl	30-40	20-30	20-30	15-20	15-20

15.1.3 Energiansäästöpotentiaali

Maatilojen energiaohjelmassa maataloussektorin säästötavoitteeksi vuoteen 2016 on asetettu 9 % ohjelmaan liittyneiden maatilojen energiankäytöstä. Lukemaa verrataan vuoden 2005 toteutuneeseen lämmön, sähkön ja polttoainekulutuksen yhteismäärään. Tavoitteena on, että ohjelmaan liittyneet maatilat edustavat maatalouden energiankäytöstä 80 %:a. Kanta-Hämeen maatiloille tämä merkitsee 36 GWh säästötavoitetta.

Bionova puolestaan on arvioinut maatilojen energiansäästöpotentiaaloin 2008–2016 olevan 17 % vuosittaisesta kulutuksesta (taulukko 49). Merkittävin säästöpotentiaali, puolet koko maatalouden potentiaalista, löytyy työkooneiden polttoaineista, noin 1 080 GWh (taulukko 49). Muut merkittävät säästökohteet ovat karjasuojat ja viljan käsittely. Lähes yhtä suuren osuuden muodostaa asuinrakennusten lämmitys. Raportissa todetaan kuitenkin, että koko potentiaaloin toteuttaminen vaatisi merkittäviä muutoksia sekä tilojen energianhallinnan prosesseissa että teknologiassa.

Taulukko 49. Energiansäästöpotentiaali maataloudessa (Bionova 2007/2)

	kulutus (GWh)/vuosi	maksimi säästö-potentiaali (%)	säästöpotentiaali (GWh)
työkoneet	4 000	27 %	1 080
viljan käsittely	2 300	14 %	320
asuinrakennukset	2 300	13,50 %	310
karjasuojien ilmanvaihto	1 200	15 %	180
muu kulutus	1 700	10 %	170
karjasuojien valaistus	500	12,50 %	60
yhteensä	1 2000	keskimäärin 17 %	2 120

Karin (2009) mukaan taloudellisella traktorin ajotavalla voidaan polttoainetta säästää 10–20 %. Kohtalaisen helposti toteutettava keino on myös työkonien käytön optimointi ja turhan siirtoajon määrän vähentäminen. Suurempia muutoksia vaatii sen sijaan esim. siirtyminen kevytmuokkaukseen, suorakylvöön tai tehokkaiden koneiden yhteiskäyttöön tai tilusjärjestelyjen muuttaminen. Lätin (2008) mukaan suorakylvössä säästyy polttoainetta 12–38 litraa hehtaarille verrattuna kyntöön perustuvaan menetelmään. Suorakylvöön siirtyminen vähentää myös tilakeskuksen ja peltolohkojen välistä siirtoajoa, mutta voi toisaalta lisätä viljan kuivauksen energiankulutusta 1,5–2 litraa viljatonna kohti. Suorakylvetty vilja saattaa olla puidessa noin prosenttiyksikön kosteampaa kuin perinteisesti kylvetty vilja.

Viljankäsittelyssä säästöpotentiaali on Bionovan arvion mukaan 14 % kuivauksen energiankulutuksesta. Se koostuu mm. lämminilmakuivaamoiden energiankäytön tehostamisesta ja rehukäyttöön menevän viljan tuoresäilöntään siirtymisestä. Lötjösen ja Palvan (2005) mukaan viljankuivauksen tärkeimpiä energian säästämismahdollisuuksia ovat seuraavat:

- puinti mahdollisimman kuivalla säällä vähentää kuivauksen tarvetta
- kuivurin ja tuloilmaputkiston lämpöeristäminen, säästö 10 %
- kuivuriuunin säännöllinen huolto, säästö 5–10 %
- yökuivauksen välttäminen, säästö 5–10 %
- liikakuivauksen välttäminen, säästö 10–20 %

Kuivaaminen 10–15 % nykyisiä suosituksia korkeammassa lämpötilassa vähentäisi kuivauksen energiankulutusta noin 5 % ja lisäisi kuivauskapasiteettia (Peltola 1997). Kotieläintiloilla kuivausenergian käyttöä vähentäisi siirtyminen viljan tuoresäilöntään viljan kuivauksen sijasta. Viljankuivauksen kustannuksiin vaikuttaa oleellisesti polttoöljyn hinta. Palvan ym. (2006) mukaan puintikosteudeltaan 21 % viljassa 10 sentin muutos öljyn hinnassa muuttaa kuivauskustannusta n. 1,3 €/tonni. Polttoöljyn korvaaminen hakkeella tai palaturpeella on laskelmien mukaan kannattavaa siinä vaiheessa, kun öljyn hinta kohoaa yli 55–58 c/litra (Lötjönen & Kässi 2010). Myös aurinkokeräimiä voitaisiin käyttää kuivureissa Lötjösen & Pentin (2009) mukaan aurinkokeräimellä voidaan nostaa kuivuriuunin imuilman lämpötilaa jopa 5 °C, mikä vähentää polttoaineen kulutusta noin 2 l / tunti, kun kuivurin uunin teho on 250 kW.

Kiinnostus kotimaisen energian käyttöä kohtaan viljankuivauksessa on kasvanut, ja markkinoilla on jo tähän tarkoitukseen sopivia laitteistoja. Haittapuolena on usein laitteiston korkea hankintahinta, mitä kuitenkin pidemmällä aikavälillä kompensoivat kiinteiden polttoaineiden öljyä matalammat hinnat (Lötjönen & Kässi 2010). Yleensä käyttökelpoista öljylämmitysjärjestelmää ei kannata lähteä muuttamaan kiinteälle polttoaineelle ennen kuin öljykäyttöisen uunin uusinta on ajankohtainen. Jos kuivurin yhteydessä on suuritehoinen maatilakeskuksen lämpökeskus, voidaan kuivuri liittää osaksi tilan lämpöjärjestelmää siten, että kuivurin tuloilmakanavaan asennetaan radiaattori (=lämmönvaihdin), joka lämmittää kuivurin tuloilmaa. Kuivuriuun-

nin lämmönlähteenä voidaan käyttää myös kotimaisia polttoaineita kuten haketta, pellettiä tai viljaa öljyn sijasta. Investoinnin kannattavuus on aina laskettava tilakohtaisesti, ja siihen vaikuttavat mm. kuivurin vuosittainen käyttömäärä ja energian hintasuhteet. Esim. hakelämmityskontin hankkiminen pelkästään kuivuria varten ei ole välttämättä kannattava vaihtoehto, paitsi jos kontille saadaan lisäkäyttöä esim. kasvihuoneen tai teollisuushallin lämmönlähteenä tai jos kuivattavat määrät ovat suuria, yli 400 kuivurin käyttötuntia (Bionova 2007/1).

Maatilojen asuinrakennusten säästöpotentiaaliksi on arvioitu 13,5 %. Energian käyttöä voidaan vähentää / tehostaa yleisesti tiedossa olevilla keinoilla kuten energiansäästölamppujen käytöllä, lämpöpumpuilla, lämmöntalteenotolla ja lämmitysjärjestelmien optimoinnilla.

Karjasuojien ilmanvaihdon säästöpotentiaaliksi on arvioitu 8 %. Säästökeinoja ovat mm. kosteuden vähentäminen, säätöjen optimointi ja lämmöntalteenotto. Kosteuden määrää voidaan vähentää käyttämällä ns. kondensiopintaa, jolle tiivistyy osa karjasuojan ilman kosteudesta. Tätä menetelmää on käytetty varsinkin uusissa lypsykarjapihatoissa. Energian säästömahdollisuuksia löytyy myös ilmanvaihdon säätöjen optimoinnista ja lämmöntalteenotosta. Lämmöntalteenottolaitteiden kanssa on joillakin tiloilla ollut ongelmia ilman pölyisyyden, kaasujen ja jäätymisen takia.

Valaistuksen energiankulutusta voidaan arvion mukaan vähentää keskimäärin 12,5 %. Se koostuu mm. hehkulamppujen vaihtamisesta energiansäästölamppuihin, porsitussikaloissa lämpövalaisinten tehon optimoinnista ja valaistuksen käyntiaikamuutoksista. Lehtisen (2009) mukaan esim. tummapintaaisessa hallissa valaistuksen tarve voi olla kolminkertainen verrattuna vaaleisiin rakenteisiin ja siihen, että valaisimet on sijoitettu suositusten mukaisesti tarpeeksi lähelle kohdetta. Myös valaistusajalla on merkitystä energiankulutukseen, esim. tunnin päivittäinen käyttö 3 kW valaisimella tekee yli 1 000 kWh vuodessa. Valaistusta voi karsia valoisan ajan tunneista ja passiivisista valaistuskohteista.

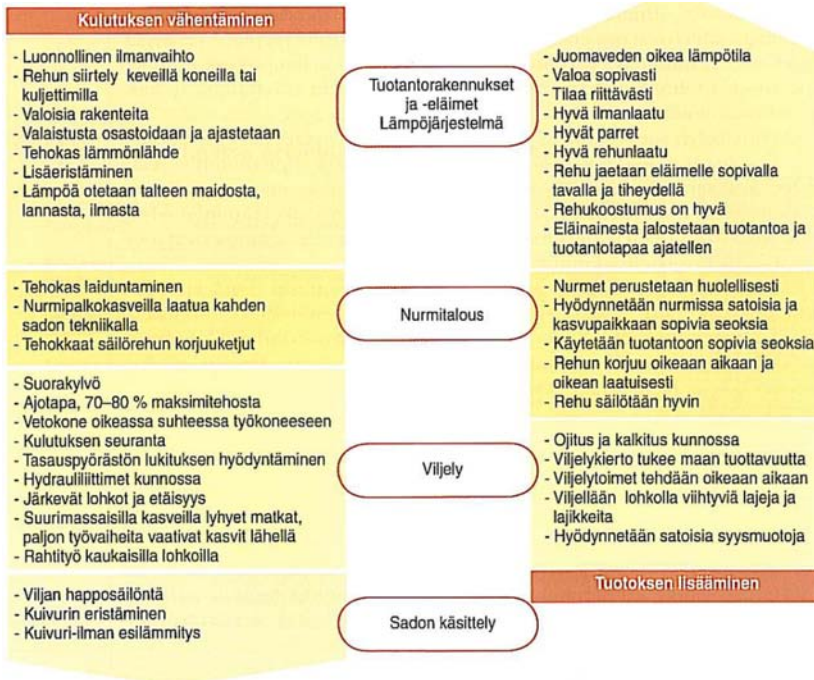
Lisäksi energiankulutusta voidaan vähentää noin 10 % lämmitysjärjestelmien hyötysuhteen parantamisella ja eristämällä, lämpöpumppujen käyttöönotolla ja maidon jäähdytysjärjestelmän lämmön talteenotolla. Bionovan (2007/1) arvion mukaan maitotankin jäähdytyslämmön talteenotto soveltuu parhaiten tiloille, joilla pesuvedet lämmitetään joko kokonaan tai suurelta osin sähköllä. Järjestelmä on kannattava hankinta myös lypsyrobotinavetoissa, joilla maidon jäähdytystarve on jatkuva. Lehtisen (2009) mukaan maidon jäähdytyslämmön talteenotolla voidaan saada talteen 300 kWh vuodessa lypsylehmää kohti ja käyttää tämä lämpö esim. veden lämmittämiseen. Sikatiloilla lupaavia kokemuksia on saatu menetelmästä, jossa lietelannasta otetaan lämpöä talteen lämpöpumpulla ja käytetään se hyödyksi sikalan lämmitysjärjestelmässä. Ilmanvaihdon energian kulutus voi vähentyä jopa puoleen, jos järjestelmä rakennetaan osittain luonnolliseen ilmanvaihtoon perustavaksi (pitkät poistohormit sisällä ja ulkona) (Lehtinen 2009).

Lehtisen mukaan (2009) parsipihatossa suurimmat energiansäästömahdollisuudet ovat ruokintajärjestelyissä, maidon jäädytyksessä ja ilmanvaihdossa. Esimerkiksi säilörehun irrotus laakasiilosta, kuljetus traktorilla ja jako sekoitinjakovaunulla sekä väkirehujen jako väkirehukioskista kuluttaa energiaa noin 650 kWh vuodessa lehmää kohti. Energiatohkeat työkettu tornisiilo- kiskoruokkija ja väkirehukioskit kuluttaa energiaa noin 160 kWh/vuosi/lehmä.

Sikaloiden energiankulutus voidaan Lehtisen (2009) arvion mukaan jopa puolittaa energiatohkeilla ratkaisulla. Pikkuporsaiden tarvitsemää lämpöä voidaan tuottaa lämpölamppujen lisäksi ainakin osittain lattialämmityksellä. Lihasaloiden energiankulutukseen vaikuttavat olennaisesti sikalarakennuksen lämpötalous ja ilmanvaihdon toimivuus, sillä lämmitys kohdistetaan koko eläintilaan.

Munituskanaloissa energiaa voidaan säästää mm. valoisilla rakenteilla, energiatohkeilla lampuilla ja valaistuksen sijoittamisella. Broilerikasvattamoissa kaksi kolmasosaa käytetystä energiasta kuluu lämmitykseen, jolloin energiakustannuksiin vaikuttavat suuresti lämmitysjärjestelmä ja lämmöntuotannon raaka-aineet. (Lehtinen 2009)

Kuvaan 78 on koottu keskeisiä energiatohkeuden parantamiskeinoja maatilalla. Energiatohkeutta voidaan parantaa energian kulutusta vähentämällä, mutta toinen yhtä tärkeä seikka on tuotoksen parantaminen. Eli energiatohkeutta tarkasteltaessa kannattaa selvittää, mikä on energiankulutus tuotettua yksikköä kohti, esim. kWh / t tai kWh / maitolitra. Tuottamalla samalla energiamäärällä enemmän energiatohkeus paranee. Ja toisaalta vertailemalla ominaiskulutuksia muiden tilojen tuloksiin voidaan päästä poikkeuksellisen runsaasti energiaa kuluttavien työkettujen tai laitteiden jäljelle. (Kari 2009)



Kuva 78. Energiatehokkuuden edistämiskeinoja maatilalla (Kari 2009)

15.2 Puutarhat

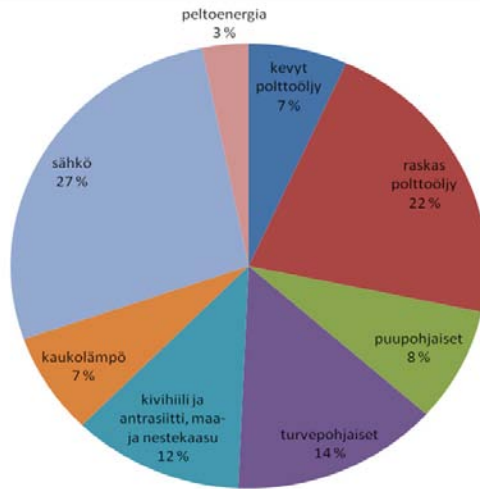
Puutarhatilaston mukaan Hämeen ELY-keskuksen alueella oli 262 puutarhayritystä vuonna 2009. Niistä avomaan viljelmiä oli 223 ja kasvihuoneyrityksiä 85. Avomaan viljelyssä kokonaispinta-ala oli 1331 hehtaaria, ja yksittäisen viljelmän keskikoko oli 5,4 hehtaaria. Kasvihuoneviljelmillä viljeltyä pinta-alaa oli yhteensä 1 357 000 m² ja keskimääräinen pinta-ala yritystä kohti oli 1597 m². Luku on pienempi kuin koko maassa keskimäärin. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin kasvihuonetuotantoa, sillä se on merkittävä energian kuluttaja ja toisaalta se on puutarhatuotannon alue, josta löytyy kirjallisuudesta ja tilastoista eniten tietoa energian kulutuksesta ja säästöpotentiaaleista.

Hämeen ELY-keskuksen alueella yli puolella (60 %) viljellystä kasvihuonepinta-alasta viljellään koristekasveja (kuva 79). Vihanneksien (mm. tomaatti ja kurkku) osuus on 26 %. Yli 7 kuukautta lämmitettävän kasvihuonepinta-alan osuus tuotannossa olevasta kasvipinta-alasta oli Hämeen ELY-keskuksen alueella selkeästi pienempi (38 %) kuin Pirkanmaan (67 %) ja Uudenmaan ELY-keskusten alueella (71 %). Vastaavasti alle 7 kuukautta lämmitettävän pinta-alan osuus oli Hämeessä suurempi (52 %) kuin vertailualueilla (30 % / 26 %). Lämmittämätöntä pinta-alaa oli Hämeessä 10 % ja vertailualueilla 3 %.

15.2.1 Energiankulutus

Puutarhayritysrekisterin (2008) mukaan kasvihuonetuotanto kulutti vuonna 2008 energiaa yhteensä noin 1 800 GWh, mikä on 0,13 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Sähköä kasvihuonetuotanto kulutti 476 GWh, mikä on 0,55 % koko maan sähkön kokonaiskulutuksesta. Energiatase-laskennassa Kanta-Hämeen kasvihuoneyritysten energian kulutuksen arvioitiin olevan noin 25 GWh vuodessa, mikä 0,3 % alueen kokonaisenergiankulutuksesta. Sähkön osuus oli noin kolmasosa kokonaisenergiankulutuksesta (8 GWh). Loput 2/3 oli erilaisten polttoaineiden osuutta (17 GWh). Yritystä kohti lasketuna energiankulutus oli keskimäärin 446 MWh vuodessa.

Puutarhoilla käytetään edelleen paljon fossiilisia polttoaineita ja vuonna 2008 polttoöljyn osuus energian käytöstä oli 29 % (kuva 79). Turvepohjaisien tuotteiden osuus oli 14 %. Puupohjaisia polttoaineita, pääasiassa haketta, oli käytetyistä polttoaineista 8 %.



Kuva 79. Energian käyttö koko Suomessa yrityksissä, joissa oli yli 1 000 m² lämmitettävää kasvihuonealaa vuonna 2008 (Puutarhayritysrekisteri 2008)

Polttoöljyn käyttö väheni vuosien 2006–2008 välisenä aikana kolmanneksen (taulukko 50). Polttihakkeen käyttö lisääntyi 14 %. Prosentuaalisesti eniten lisääntyi turpeen käyttö. Sähkön kulutuslukemat näyttävät noin 7 %:n kasvua. Syitä tähän ovat mm. valotetun alan lisääntyminen, valotustehon kasvusta ja viljelykauden pidentyminen. (Tilastokeskuksen tiedote 2009)

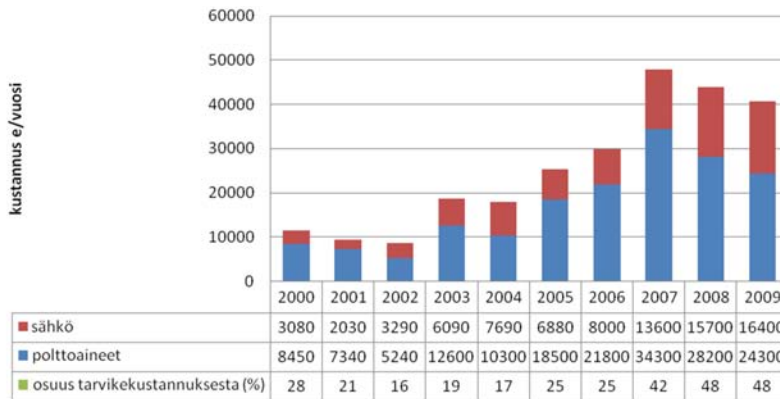
Taulukko 50. Energian käyttö yrityksissä, joissa oli yli 1 000 m² lämmitettävää kasvihuonealaa vuosina 2006 ja 2008 (Puutarhayritysrekisteri 2008)

energiamuoto	yksikkö	2006			2008			muutos %
		kaikki yritykset	käyttö-määrä	käyttö-määrä	kaikki yritykset	käyttö-määrä	käyttö-määrä	
		kpl	MWh	MWh	kpl	MWh	MWh	
kevyt polttoöljy	l	723	17 083 391	171 205	606	11 717 753	117 432	-31
raskas polttoöljy	kg	367	46 261 067	528 301	322	33 010 069	376 975	-29
kivihiili ja antrasiitti	kg	5	6 280 000	44 462	5	7 094 000	50 226	13
puu	irto-m ³	21	10 810	13 513	17	1 645	2 056	-85
polttohake	irto-m ³	85	112 396	101 156	103	127 765	114 989	14
puupelletti	kg	49	8 964 775	43 031	41	5 777 210	27 731	-36
jiirsinturve	irto-m ³	2	---	---	7	36 579	32 892	
palaturve	m ³	53	76 600	107 240	73	139 512	195 317	82
turvepelletti	kg	8	1 010 700	5 058	17	3 750 450	18 227	260
maakaasu	m ³	30	13 724 403	137 244	26	9 592 357	95 924	-30
nestekaasu	kg	93	4 669 816	59 914	53	4 420 567	56 848	-5
kaukolämpö	MWh	49	110 481	110 481	43	128 434	128 434	16
sähkö	kWh	412	443 563 069	443 563	423	474 746 638	474 747	7
peltoenergia	irto-m ³	23	---	---	21	182 878	54 863	

Kasvihuoneissa energiaa kuluu lämmittämiseen, lisävalotukseen ja kasvihuone-tekniikan käyttöön. Lämmitystä käytetään myös kosteuden poistoon. Kasvihuoneiden energiankulutusta on pyritty pienentämään mm. käyttämällä eristäviä katteita (kennolevyt, kaksinkertaiset muovikalvot), lämpöverhoja ja tietokoneohjattua automatiikkaa. Kasvihuoneissa on yleistynyt myös lisävalon käyttö, jolla voidaan jatkaa satokautta ja parantaa tuotteiden laatua. Valotusta käytettäessä osa valaisimien energiasta lämmittää kasvihuonetta ja vähentää lämmityspolttoaineen käyttöä. (Kauppapuutarhaliitto www-sivut)

15.2.2 Energiakustannus

Hämäläisillä kannattavuuskirjanpitoon kuuluvilla puutarhoilla energiakustannus on ollut yli 40 000 euroa tilaa kohti vuodessa viimeisen kolmen vuoden aikana (kuva 80). Tästä summasta polttoaineiden osuus on noin 2/3 ja sähkön 1/3. Energiakustannuksen osuus kaikista tuotantokustannuksista on pääsääntöisesti noussut vuodesta 2004 lähtien, ja vuonna 2009 se oli 48 % kaikista tuotantokustannuksista. Tulokset on poimittu MTT:n Talustohtori aineistosta. Alueena käytettiin tässä otannassa ProAgria Hämeen aluetta, sillä maakuntakohtaisia tuloksia ei ollut saatavilla puutarhojen pienen lukumäärän vuoksi.



Kuva 80. Energiakustannukset €/vuosi kannattavuuskirjanpitoon kuuluvilla puutarhoilla ProAgria Hämeen alueella vuosina 2000–2009 (Taloustohtori 2011)

15.2.3 Energiansäästöpotentiaali

Bionovan (2007/2) arvon mukaan energian korkein säästöpotentiaali on puutarhoilla 13,5 %. Tärkeimmiksi keinoiksi arvioitiin valaistuksen optimointi, kosteussäädön parantaminen sekä lämmöntuotannon ja hiilidioksidin tuotannon hyötysuhteen parantaminen. Muita keinoja ovat mm. lumentsulatusvastusten käyntiajan optimointi ja lämpöverhojen käyttö. (Hiltunen ym. 2005) pitivät tärkeinä energiansäästokeinoina myös varjostusta ja lämpöverhojen käyttöä sekä dynaamista kasvuolosuhteiden säätöä, jossa CO₂-pitoisuutta, lämpötilaa ja valotusta säädetään fotosynteesitehon mukaisesti.

Motivan tekemissä puutarhojen energiakatselmuksissa (n=8) keskimääräiset säästöpotentiaalit arvioitiin seuraaviksi:

- lämmön kulutuksen pienentäminen 9 %,
- sähkön kulutuksen vähentäminen 8 %
- veden säästäminen 4 %

Alle kahden vuoden takaisinmaksuaika oli mm. valaistusmuutoksilla ja putkistoeristyksillä. Lämmöntuotannon hyötysuhteen parantamisen ja pumpun liittyvien toimenpiteiden arvioitiin maksavan itsensä takaisin noin 2,5 vuodessa. (Motiva 2002)

Kirjallisuudesta löytyy useita arvioita siitä, että tulevaisuuden keinot muodostavat erittäin merkittävän energian säästöpotentiaalin. Bionovan (2007/2) arvon mukaan uusia mahdollisuuksia ovat seuraavat:

1. Sähköenergian säästäminen
 - LED-valot

- valojen sijoittelu kasveihin nähden
 - valaistuksen ohjaus
 - valaistusaikojen optimointi
 - valaistuksen dynaaminen ohjaus
2. Lämpöenergian säästäminen
- energiatehokkaat uudet materiaalit
 - uusiutuvan energian laajempi käyttö lämmitykseen
 - CHP-tuotanto suurilla puutarhoilla
 - CO₂-tuotanto kiinteiden polttoaineiden savukaasuista puhdistamalla
 - kosteuden ja lämpötilan säätö ilmastoinnilla

Puutarhoilla on jo jonkin verran käytössä kiinteän polttoaineen kattiloita, joissa voidaan käyttää haketta, pellettejä ja brikettejä sekä esim. ruokohelpeä. Hiltunen ym. (2005) mukaan maalämpöpumput ovat osoittautuneet kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi puutarhoilla, ja jonkin verran on käytössä myös aurinkokeräimiä. Lisää esimerkkejä ja kustannuslaskelmia löytyy julkaisusta ”Kasvihuoneviljelijän energia- ja ilmasto-opas” (Hiltunen ym. 2005).

Tahvosen (2010) mukaan tulevaisuuden kasvihuoneissa on käytössä energiatehokas jäähdytystekniikka, jolloin kasvihuone voidaan pitää suljettuna tai puolisoljettuna. Suljetussa kasvihuoneessa ilmasto voidaan säätää edulliseksi kasvien kasvuille, jolloin sadot nousevat merkittävästi. Tutkimuksen ja tuotekehityksen kohteena ovat parhaillaan myös valaistuksen tehostaminen ja kasvihuoneisiin soveltuvat LED-valaisimet. Näkkilän ym. (2006) mukaan valotussähkön energiatehokkuutta saatiin lisättyä 5–30 %, kun osa kasvuston yläpuolisista valaisimista sijoitettiin riviväliin valaisemaan lehtiä kasvuston alaosassa. Anderssonin (2010) mukaan markkinoille on lähivuosina tulossa kasvihuoneisiin tarkoitettuja LED-järjestelmiä, joiden valmistajat ilmoittavat energian säästön olevan kymmeniä prosentteja perinteisiin valotusmenetelmiin verrattuna.

Puutarhayritykset kuuluvat maatalouden energiaohjelman piiriin, mutta toistaiseksi energiasuunnitelmia puutarhoille on tehty vähän. Vuoden 2011 aikana ohjelma saa uudeksi työvälineeksi energiakatselmuksset, ja ne saattavatkin sopia puutarhoille energiasuunnitelmia paremmin (Gynther 2011, henkilökohtainen tiedonanto).

15.3 Maaseudun pienyritykset

Maaseudun pienyrityksistä löytyy hyvin vähän ajan tasalla olevaa tietoa ja kirjallisuutta. Viimeisin tilastoitu tieto on vuodelta 2004, jolloin Kanta-Hämeessä toimi noin 2 400 maaseudun pienyritystä (MTT maaseudun pienyrityksrekisteri). Hämeen ELY-keskuksen alueella määrä oli 4 235, ja yleisimmät toimialat olivat palvelut, rakentaminen ja kauppa (taulukko 51). Viimeksi mainittu luku sisältää myös noin 400 monialaista maatilaa, joilla harjoitetaan muiden toimialojen yritystoimintaa varsinaisen maa- ja metsätalouden

ohessa (Pienyritysrekisteri 2004, Tilastokeskus 2006). Yleisimmät toimialat näillä tiloilla olivat erilaiset koneurakointipalvelut, lomamökkien vuokraus, polttopuun tai hakkeen valmistus, rakentaminen ja hevostalous (maatilarekisteri 2008). Arviolta joka kolmas alle 10 henkilöä työllistävä yritys sijaitsi maaseudulla (Toimiala Online). Maaseudun pienyritykseksi määriteltiin yksitoimipaikkainen yritys, jonka liikevaihto oli yli 8 400 euroa, mutta joka työllisti alle 20 henkilöä. Lisäksi yrityksen tuli olla tilastoitu yritys- ja toimipaikkarekisteriin ja toimipaikan tuli sijaita postinumeroalueella, jonka väestön tiheys oli alle 50 henkilöä/km².

Taulukko 51. Maaseudun pienyritysten toimialat pienyritysrekisterin mukaan Hämeen ELY-keskuksen alueella (MTT maaseudun pienyritysrekisteri 2004)

Hämeen ELY-keskuksen alue	yrityksiä kpl	henkilötyövuosia	liikevaihto 1000 euroa (v. 2004 hinnoin)
jaoteltuna toimialoittain			
▪ alkutuotanto	314	501	51 729
▪ teollisuus	670	1 460	175 487
▪ rakentaminen	848	1 501	150 208
▪ kauppa	732	991	240 223
▪ palvelut	1 669	2 614	213 495
yhteensä	4 235	7 069	831 141
koko maa	69 640	112 865	13 932 915

Maaseudun pienyritykset ovat varsin hajanainen ryhmä eri aloilla toimivia, erityyppisiä yrityksiä eivätkä ne ole suoranaisesti minkään yhtenäisen organisaation energianeuvonnan parissa vaan voivat hyödyntää yleistä pk-yrityksille suunnattua energianeuvontaa. Motivan sivustoilta löytyy kattava paketti yrityksille suunnattua energiatietoa osoitteista www.motiva.fi/yritykset ja www.energiatehokkuussopimukset.fi. Lisäksi Motivalla on aihealueeseen perehtyneitä asiantuntijoita, jotka tekevät yrityskäyntejä ja antavat neuvoja yritysten energiatehokkuuteen liittyvissä kysymyksissä. Erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille suunnattua energiatietoutta on koottuna Elinkeinoelämän keskusliiton ylläpitämään yritysten energiaoppaaseen (http://www.ek.fi/yritysten_energiaopas/fi/index.php). Oppaasta löytyy tietoa energiatehokkuudesta, sähkön ja lämmön hankinnasta, päästökaupasta, energiaverotuksesta ja energiatuista.

15.3.1 Energiankulutus

Maaseudun pienyritysten energiankulutuksesta ei löydy tutkittua tietoa. Siksi tässä ja seuraavassa kappaleessa esitellään yleisiä kirjallisuudesta löytyviä ja erityisesti pk-sektoria koskevia tuloksia. Selvityksiä ja seurantatutkimuksia ovat tehneet mm. Motiva ja Elinkeinoelämän keskusliitto. Tulosten mukaan

- pk-yritysten energiatietämyksessä on paljon parantamisen varaa: vain kolmasosassa yrityksistä seurataan energiatehokkuutta jollain mittarilla ja tiedetään energiatehokkuussopimusjärjestelmästä
- parannettavaa löytyy varsinkin pienistä palvelualan yrityksistä

- energiankäyttöselvitys oli tehty joka viidennelle yritykselle
- vain harvat pk-yritykset ovat liittyneet tai liittymässä energiatehokkuusjärjestelmään
- sähkön ja lämmön toimittaja oli yleensä paikallinen yhtiö, ja noin puolet yrityksistä oli kilpailuttanut sähkön toimittajansa
- keskimäärin energiakustannukset olivat palveluyrityksissä 3,1 % ja teollisuusyrityksissä 4,9 % liikevaihdosta
- yritykset olivat yleensä sitä kiinnostuneempia energia-asioista, mitä suurempia energiakustannukset olivat

Kuopiolaisissa pk-yrityksissä tehdyn selvityksen mukaan sähkön, lämmön ja veden kulutus sekä kustannukset ovat yleensä tiedossa vuositasolla. Sen sijaan yksityiskohtaisempaa tietoa jakaumista, kulutushuipuista ja eri laitteiden kulutuksesta löytyy harvoin. (Pärjälä & Savastola 2006).

15.3.2 Energiansäästöpotentiaali

Motivan raporttien mukaan pk-teollisuudessa merkittävimmät säästöpotentiaalit ovat lämpöenergiassa 26 %, sähköenergiassa 9 % ja veden kulutuksessa 14 %. Yksityisellä palvelusektorilla vastaavat luvut ovat olleet lämpöenergiassa 15 %, sähköenergiassa 6 % ja vedenkulutuksessa 8 %. Seurantatutkimusten mukaan yli puolet säästöpotentiaalista toteutuu.

Valtaosa energiakatselmuksissa ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä on ns. käyttötekniisiä tai alle 2 vuoden maksuajan omaavia toimenpiteitä. Selkeästi yleisimmät ehdotukset kiinteistöjä koskien (ei sisällä tuotantoprosesseja yms.) ovat olleet ilmanvaihdon käyntiajan lyhentäminen, lämmöntalteenoton tehostus ja lisäys ja valaistuksen käyttötapojen muutokset (henk. koht. tiedonanto Pakarinen/Motiva 17.12.2010). Vaikka energiankäytön tehostamiseen tähtäävät toimenpiteet näyttävät tilastojen valossa kaikin puolin kannattavilta, Pärjälä ja Savastola (2006) puolestaan totesivat omassa tutkimuksessaan, että pk-yritykset pitävät energiakatselmuksia usein raskaina ja kalliina toteuttaa odotettavissa oleviin hyötyihin nähden.

LÄHTEET

- Agrimarket www-sivut. Kevät rapsi kasvu ohjelma. http://www.agrimarket.fi/sivusto/dyn_viljLajikeTulostettava.cfm?iLaID=209&iLaTyypID=45 (luettu 25.8.2011)
- Alm, M, 2008. Pk- bioenergia. TEM:n toimialaraportti 2/2008.
- Alve, H. 2007. Ensimmäisen ja toisen sukupolven nestemäisten liikennebiopolttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen vertailu. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.
- Anderson, J. 2010. LED-valaistus kasvihuoneisiin. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu.
- ANON 2008. Uusiutuvaa voimaa Etelä-Pohjanmaalle. Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämissstrategia. Raportteja 27. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti.
- Aurinkoenergia.fi. <http://www.aurinkoenergia.fi>
- Aurinkokeräin.fi. <http://www.aurinkokeräin.fi/> (luettu 25.8.2011)
- Aurinkosähkö.fi. www.aurinkosähkö.fi
- Aurinkoteknillinen yhdistys ry www-sivut.. <http://www.aurinkoteknillinen-yhdistys.fi/opas/index.html>.
- Biokaasulaitosrekisteri. Suomen biokaasuyhdistys. http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=category&id=37&layout=blog&Itemid=61 (luettu 25.8.2011)
- Bionova Engineering 2007/1. Maatilojen energiaohjelman valmistelu. Taustatiedot. Raportti 14.2.2007.
- Bionova Engineering 2007/2. Maatilojen energiaohjelman valmistelu. Tulokset. Raportti 14.2.2007.
- Bioste Oy:n www-sivut. 2011. www.bioste.fi. (luettu 25.8.2011)
- Biovakka Suomi Oy. 2009. Ympäristölupapäätös (epävirallinen). HAM-2008-Y-126111
- CO2- raportti. 2010. Aurinkovoimala avattu Espoossa - käytetään sähköautojen lataamiseen. http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=1777. http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=2334

- CO2-raportti. 2009. Suuri ilmalämpöpumppu vertailu. http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastovinkit&news_id=735
- Direktiivi 2003/30/EY. Direktiivi liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0042:FI:PDF. (luettu 25.8.2011)
- Direktiivi 2009/28/EY. Direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF. (luettu 25.8.2011)
- Eagle Tuulivoima Oy www-sivut. 2010. www.eagle.fi (luettu 28.12.2010)
- Ekoport Oy. 2008. ympäristölupapäätös (epävirallinen). HAM-2008-Y-125.
- Energiapuun korjuutuki. Metsäkeskus. http://www.metsakeskus.fi/web/fin/metsakeskukset/Keski-Suomi/metsaenergiainfo/energiapuun_korjuu/kemera_tuet.htm (luettu 26.8.2011)
- Energiateollisuus ry. 2010. Tuulivoiman osuus sähköntuotannosta. <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/tuulivoima> (luettu 28.12.2010)
- Envor Biotech Oy. 2010. Jyväskylän yliopisto Ympäristöntutkimuskeskus. Biohajoavan materiaalin käsittelyn laajennus ja kehittämishanke Forssan Kiimassuolla. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma
- Envor Biotech Oy:n www-sivut. <http://www.envor.fi/DowebEasyCMS/?Page=Biokaasulaitos> (luettu 25.8.2011)
- Envor Group 2010. Saatavilla verkossa: www.envor.fi/DowebEasyCMS/?Page=NaytaUutinenEnvor&NewsId=130. (luettu 31.12.2010)
- EU:n Liikenne 2050-ohjelma. 2011. [ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2011_white_paper/white_paper_com\(2011\)_144_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2011_white_paper/white_paper_com(2011)_144_en.pdf). (luettu 25.8.2011)
- Euroopan energiahuoltostrategia. 2000. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0030:FI:NOT. (luettu 25.8.2011)
- Eurosolar Oy www-sivut. <http://www.eurosolar.fi/asantaminen/>
- FINBIO 2010. FINBIO:n Peltoenergiastrategia 2020. www.finbio.fi/default.asp?SivuID=25684 (luettu 31.12.2010)
- Finnlund, M. Idström, L ja Salmenperä, H 2010. Biohajoavat jätteet. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taustaraportti.

- FinnWind Oy. Tuule T188E -tuulivoimalan tekninen kuvaus. www.finnwind.fi/web-content/esitteet/tekniset/TuuleT188E_tekninen_kuvaus.pdf (luettu 28.12.2010)
- Flyktman, M ja Paappanen, T 2005. Ruokohelven käyttökapasiteetti selvitys. VTT:n tutkimusselostus PRO2105/06.
- Food Science, Vol.18 (2009).
- Gasum Oy. 2010. www.liikennebiokaasu.fi/GasumJoensuu20100531.pdf. (luettu 25.8.2011)
- Genergia Ky www-sivut. <http://www.genergia.fi/> (luettu 25.8.2011)
- Greentex Oy www-sivut. Mitä lämpöpumppu maksaa. www.greentex.fi/web/docs/
- Grätzel. 2010. Vuoden 2010 Millennium-palkintoehdokka. <http://www.millenniumprize.fi/uploads/images/laureates2010/GratzelMichaeltaustamateriaali.pdf>
- Gärtner, S. ym. 2006. Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH. An Assessment of Energy and Greenhouse Gases of NExBTL.
- Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys. Loppuraportti. Gaia Group Oy.
- Hatsala, A. 2004. Biokaasun tuotanto ja käyttömahdollisuudet Kanta-Hämeessä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
- Helsingin energia Oy. 2011. Tiedote. Helsingin Energia ja Gasum yhteistyöhön synteettisen biokaasun kehittämiseksi
- Hiltunen, J., Ahvenharju, S., Hagström, M., Vanhanen, J. 2005. Kasvihuoneviljelijän energia- ja ilmasto-opas. Gaia Group Oy
- Holtinen H. ym. 1996. Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Hämeen biodiesel Oy. 2007. Ympäristölupapäätös. HAM-2006-Y-461-111
- Härkönen, M. 2008. Keski-Pohjanmaan bioenergiaohjelma 2007–2013. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun julkaisu.
- Härmälä, E. 2010. Viljapohjaisen etanolin tuotanto Suomessa. PTT työpapereita 121.

- Jallinoja, M. 2010. Hämeen ympäristöstrategian ilmasto- ja energiatavoitteiden toteutumista kuvaavat indikaattorit. Hämeen ELY-keskus.
- Jutila, H. 2010. Etelä-Suomen yhteistoiminta-alueen tuulivoimaesiselvitys 2010. Itä-uudenmaan, Hämeen, Päijät-Hämeen ja Uudenmaan liitto. <http://www.hameenliitto.fi/content/tuulivoimaesiselvitys.pdf?from=13268872032320888>
- Järkivihreä Forssan seutu www-sivut. www.brightgreen.fi. (luettu 25.8.2011)
- Kari, M. 2009. Energian kulutus kasvintuotannossa. Teoksessa Maatilayrityksen energiaopas.
- Kauppalehti. <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/yritysuutiset/?oid=20110363857&ext=rss>
- Kirkkari, A-M. & Lehtinen, J. 2005. Energiankäyttö maito-, nauta- ja sikatiiloilla. Työtehoseuran maataloustiedote 12/ 2005 (585).
- Korkeaoja, J. 2006. Bioenergian tulevaisuuden näkymät Suomessa. PTT:n katsaus 2.
- KSS Energia Oy. 2011. Gasum ja KSS Energia suunnittelevat suuren mittaluokan biokaasulaitosta Kouvolan seudulle
- Kymäläinen, M. 2007. Hämeen ammattikorkeakoulu. Bioetanoli- ja biokaasutehdas Hämeeseen Biojalostamo Hämeeseen -seminaari 12.6.2007. http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Tutkimus_ ja_ kehitys/Bioketju/MarittaKymalainen.pdf (luettu 25.8.2011)
- Kyyrä, J. & Mattila, P. 2010. Tietoa maataloista ja niiden toiminnasta – Maatalouslaskenta 2010 ja tuotantomenetelmätutkimus. Suomen maataloustieteen päivät 2010. www.smts.fi/jul2010/esite2010/108.pdf (luettu 6.4.2010)
- Lahden ammattikorkeakoulun www-sivut. ALDIGA-projekti. <http://www.lamk.fi/tekniikka/tutkimus/hankkeet/aldiga.html>
- Lahti Energia 2010. www.lahtienergia.fi/lahti-energia/energian-hankinta-ja-tuotanto/kyvo2-voimalaitoshanke. (luettu 31.12.2010)
- Laine, M. 2011. Vastaus kysymykseen. Järkivihreä Forssan seutu turbonou-suun -tilaisuus 19.4.2011.
- Lampinen, A. 2004. Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen perusteet. www.kaapeli.fi/~tep/projektit/liikenteen_biopolttoaineet/Dimensio_Biokaasujuttu.pdf (luettu 25.8.2011)

Lampinen, A. 2009. Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja B:17.

Latvala, M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Suomen ympäristökeskus.

Lehtinen, J. 2009. Energian kulutus navetassa, sikalassa ja siipikarjarakennuksissa. Teoksessa Maatilayrityksen energiaopas. Tieto Tuottamaan nro 130. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja.

Lehtinen, J. 2009. Energian säästö tuotantorakennuksissa. Teoksessa ”Maatilayrityksen energiaopas”

Lehtomäki, A. ym. 2006. PTT-katsaus. Biokaasun mahdollisuudet ja tuotantopotentiaali Suomen maataloudessa.

Liikennebiokaasu.fi www-sivut. www.liikennebiokaasu.fi/ukk.htm (luettu 25.8.2011)

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

Lämpöpumppu.org www-sivusto. www.lampopumppu.org

Lätti, M. 2008. Suorakylvöllä polttoainelasku pienemmäksi. Teho-lehti 2/2008.

Lötjönen, T. & Kässi, P. 2010. Energiakustannusten säästö viljankuivauksessa. Maataloustieteen päivät 2010.

Lötjönen, T. & Palva, R. 2005. Taloudellinen kuivaus. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 108. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja.

Lötjönen, T. & Pentti, S. 2010. Kuivausteknologia. Teoksessa Viljasadon käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 108. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja.

Maalampo.fi. Suomennettu saksalainen lämpöpumpputestiartikkeli. http://www.maalampo.fi/userData/maalampo-fi/stiftung-warentest-_fin.pdf.

Maatilarekisteri 2008. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. http://www.maataloustilastot.fi/maatilarekisteri-2001-2008_fi

Maatilatilastollinen vuosikirja 2009. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. http://www.maataloustilastot.fi/maatilatilastollinen-vuosikirja_fi

- Maunonen, U. Hämeen indikaattorit, nykytila 2008 ja Hämeen nykytila 2008. Varsinais-Suomen ELY-keskus.
- Metsäliitto ja Vapo Oy. 2009. Metsäliiton ja Vapon biodieselhanke YVA Ohjelma. WSP Environmental Oy.
- Mikkola, H. & Ahokas, J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. *Agricultural and Food Science*. Vol. 18: 332 – 346.
- Motiva 2002. Energiakatselmusten esimerkki 2/02. Puutarhat, kasvihuoneet. <http://www.motiva.fi/files/606/Kat-Savisaari.pdf>
- Motiva 2011. Säästöpotentiaali pk-teollisuudessa http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/saastopotentiaali_pk-teollisuudessa
- Motiva 2011. Säästöpotentiaali yksityisellä palvelusektorilla http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/saastopotentiaali_pk-teollisuudessa
- Motiva aurinkoenergia. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/ (luettu 25.8.2011)
- Motiva. Lämpöä ilmassa -esite. www.motiva.fi/files/3120/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf
- Motiva. Omaa tuulienergiaa -esite. http://www.motiva.fi/files/3036/Omaa_tuulienergiaa.pdf (luettu 28.12.2010)
- Motiva. 2009. Uusituvan energian trendit Suomessa. http://www.motiva.fi/files/2291/Uusituvan_energian_trendit_Suomessa_kalvosarja.pdf (luettu 25.8.2011)
- Motiva. Auringosta lämpöä ja sähköä -esite. http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf
- Motivan www-sivut 2011. Maatilojen energiaohjelma http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/maatilat/maatilojen_energiaohjelma/
- Motivan www-sivut, yrityksille suunnattu osio. www.motiva.fi/yritykset
- Motivan www-sivut. 2011. www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/. (luettu 25.8.2011)
- MTT Maaseudun pienyritysrekisteri 2004 . <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/maaseutuuyritys/palvelut/maaseudunpienyrysrekisteri>

MTT Taloustohtori 2011. Kannattavuuskirjanpitoiltojen tuloksia. <http://www.mtt.fi/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/>

Mäki K. 2010. Tuulivoima ja sähköverkko, diaesitys 12.3.2010. Tampereen teknillinen yliopisto.

Mäkinen, T. ym. 2005. VTT tiedotteita 2288. VTT liikenteen biopolttoaineiden tuotanto ja käyttömahdollisuudet Suomessa.

Mäkinen, T. ym. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT tiedotteita 2357.

Napssystem www-sivut. <http://www.napssystems.fi/aurinkosahko.html> (luettu 25.8.2011)

Neste Oil Oyj. 2011. Jalostamoiden kapasiteetteja. www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,12271,1776 (luettu 25.8.2011)

Noppa-portaali. 2010. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bh40a0100/materiaali/luento_6.pdf (luettu 28.12.2010)

Novafuture Oy www-sivut. <http://www.novafuture.fi> (luettu 25.8.2011)

Novox 2009. Jätteiden energiakäytön vaihtoehtojen tarkastelu. Ympäristöyri-tysten Liitto ry.

NSE Biofuels. 2011. Stora Enson ja Neste Oil:n tiedote.

Nylund, N. ym. 2010. Polttoaineiden laatuvarustuksen kehittäminen. VTT tiedotteita 2528.

Näkkilä, J., Hovi-Pekkanen, T. & Tahvonen, R. 2006. Ympärivuotisen kasvihuonevihannestuotannon tehostaminen. Esitelmä Maataloustieteen Päivillä 2006.

Ojanen, T. 2011. Päijät-Hämeen liiton erikoisasantuntija. (henkilökoht. tiedonanto 10.5.2011)

Palva, R., Kirkkari, A-M. & Pentti, S. 2006. Viljan kuivauksen ja varastoinnin kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 4/2006.

Pekkarinen, M. 2010. Uusiutuvan energian velvoitepaketin diaesitys. www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf (luettu 25.8.2011)

- Peltola, A. & Kallioniemi, M. 1988. Viljankuivausopas. Työtehoseuran julkaisuja 299.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008.
- Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuhanke. 2009. Liikennebiokaasuhanke uutiskirje syyskuu 2009. http://www.liikennebiokaasu.fi/Uutiskirje_syyskuu.pdf (luettu 25.8.2011)
- Puutarhatilastot 2009. http://www.maataloustilastot.fi/puutarhatilastot_fi-o,
- Puutarhayritysrekisteri 2008. http://www.maataloustilastot.fi/puutarhatilastot-2003-2008_fi
- Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2006. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n kaatopaikkajätetutkimus 2006.
- Päijät-Hämeen Liito, www-sivut, EU- ohjelmat (luettu 25.11.2010), www.paijat-hame.fi/fi/tehtavat/eu-ohjelmat/paijat-hameen_liiton_rahottamat_euroopan_aluekehitysrahaston_hankkeet_112008_-mabu (luettu 25.8.2011)
- Pärjälä, E. & Savastola, M. 2006. Ympäristöasioiden ja energian käytön yhdistetty hallinta pk-yrityksessä: Kokemukset pk-yrityksissä tehdyistä karitoituksista. Kuopion kaupungin ympäristökeskus.
- Rantala, J., Mäkiäho, M. & Laine, A. 2005. Hämeen Puuenergiavaraselvitys. Hämeen Puuenergiahanke II. Metsäkeskus Häme-Uusimaa.
- Rantala, J. 2010. Energiapuun käyttömahdollisuudet Hämeessä. Julkaisematon raportti. Metsäkeskus Häme-Uusimaa.
- Rautio, J. 2008. Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö.
- Reskola, V. 2011. MMM. Bioenergia-alan ajankohtaisasiat ja etanolituotannon kestävyyskriteerit. <http://www.prizztech.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=4&id=714&sid=540>. (luettu 25.8.2011)
- Riihimäen kaupungin www-sivut. www.riihimaki.fi/Riihimaki/Ymparisto/Ymparisto/Kestava-kehitys/. (luettu 25.8.2011)
- Rintamäki & Rouhunkoski 2004. Uusiutuvien energialähteiden käyttö ja hyödyntäminen Etelä-Pohjanmaalla. Vaasan yliopisto. Seinäjoen yksikkö.

- Ristimäki, M. 2008. Rapsista tuotetun biodieselin ja vehnästä tuotetun bioetanolin energiavirrat ja ympäristövaikutukset Euroopan Unionissa. Helsingin yliopisto. Pro gradu-tutkielma.
- Sahramaa, M. 2007. VAPO. Bioenergia info Helsinki 24.1.2007. http://www.vapo.fi/filebank/2829-bioenergiainfo_mia_sahramaa_240107.pdf (luettu 25.8.2011)
- Salter, A. ym. 2005. Plant biomass as an energy efficient feedstock in the production of renewable energy.
- Snelman, H. ym. 2008–2011. Korkeasti jalostettuja bioenergiatuotteita kaasutuksen kautta, Projekti Info 51.
- SOLPROS. 2001. Tekes-projekti 594/480/00. Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa. http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/3rdeport_final.PDF (luettu 25.8.2011)
- SOLPROS. 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. EU-projekti: Extend Accredited Renewables Training for Heating (EARTH). www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf (luettu 25.8.2011)
- St1 Biofuels Oy, 2010. St1 Biofuels Oy:n ympäristönsuojelulain mukainen hakemus 16.11.2010.
- St1 Biofuels Oy. 2009. Ympäristölupapäätös epävirallinen. HAM-2009-Y-133-111 ja ympäristölupapäätös HAM-2008-Y-375-111
- St1 Oy:n www-sivut. www.st1.fi.
- Sten, S. (toim.) 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitteluryhmä 2009. Suomen ympäristö 43/2009.
- SULPU diaesitys 2010. http://kotisivukone.fi/files/popento.palvelee.fi/yliyveska_koivula.pdf
- SULPU www-sivut. Maalämpöpumppu www.sulpu.fi – lämpöpumput – maalämpöpumppu
- Suokko, A. 2010. Lignoselluloosaetanolin ja synteetikaasusta fermentoitujen polttonesteiden teknologiatarkastelu. VTT tiedotteita 2533.
- Suomen luonnonsuojelu liiton www-sivut. Faktoja vesivoimasta. <http://www.sll.fi/luontojaymparisto/vesistot/joet-ja-jarvet/faktojavsesivoimasta>
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n www-sivut. 2010. <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/> (luettu 28.12.2010)

Suomen Ympäristökeskus, www-sivut. Jätteiden kierrätyksen ja polton vastakkainasettelu turhaa (luettu 25.8.2011)

Tahvonen, R. 2010. Jäähdytyksellä suljettuun kasvihuoneeseen. Esitelmä Maataloustieteen Päivillä 2010.

Tekniikka & Talous. <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article107339.ece>.
<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article120428.ece>

Teknillisen korkeakoulun www-sivut. Laboratory of Advanced Energy Systems.
<http://www.tkk.fi/Units/AES/projects/renew/fuelcell/vetytulevaisuus/polttokennot.html> <http://www.tkk.fi/Units/AES/projects/renew/fuelcell/vetytulevaisuus/index.html>

TEM tiedote. 2011. Uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön tukijärjestelmä käyttöön. http://www.tem.fi/?s=2471&89519_m=102404 (luettu 26.8.2011)

Teollisuus- ja elinkeinoministeriön www-sivut. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=3092> (luettu 26.8.2011)

ThermoSunEco Oy www-sivut. www.thermosun.fi (luettu 28.12.2010)

Tiedote uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön tukijärjestelmän käyttöönotosta http://www.tem.fi/?s=2471&89519_m=102404

Tilastokeskuksen tiedote 2009. <http://www.maataloustilastot.fi/kasvihuone-yritykset-etsivat-korvaajaa-polttooljylle-0>

Tilastokeskuksen tietopalvelu 2011. Henkilökoht.tiedonanto Mikkola 16.2.2011

Toimiala Online. Työ- ja elinkeinoministeriön toimialapalvelut. www.temtoimialapalvelu.fi

Turpeinen, H. 2007. Neste Oil Oyj. Millä eväillä maailman johtavaksi biodieselin tuottajaksi. www.tsl.fi/@Bin/1659647/Bioenergiaseminaa-ri_241107_HMT.ppt (luettu 25.8.2011)

Tuukkanen, S. 2007. Rypsimetyyliesterin tuotantopotentiaali, energiataseet ja kannattavuuslaskelma maatilamittakaavaiselle valmistukselle. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu-tutkielma.

Tuulensilmä. 2/2008. http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoimayhd-files/TS2_08_draft.pdf (luettu 28.12.2010)

Tuuliatlas www-sivut. 2010. www.tuuliatlas.fi

- Tuunanen J. 2009. Pientalojen ilmalämpöpumput sähköverkossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö.
- UPM-kymmene Oyj. 2009. Toisen sukupolven biojalostamo. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma.
- Uusiuutiset. 2011. http://www.uusiuutiset.fi/pdf/uu20113_s14-15.pdf (luettu 25.8.2011)
- Valtion ympäristöhallinnon www-sivut. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=21939&lan=fi> (luettu 26.8.2011)
- Weymarn, N. 2007. Bioetanolia maatalouden selluloosavirroista. VTT tiedotteita 2533.
- Vihma, A, Aro-Heinilä, E ja Sinkkonen M. 2006. Rypsi biodieselin (RME) maatilatuotannon kannattavuus. MTT:n selvityksiä 115.
- Wilen, C. 2010. VTT. Biohiili – uusi bioenergiakantaja korvaamaan kivihii-
len käyttöä energiantuotannossa. http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_o_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/biorefine/documents/seminaariaineistot/vuosiseminaari2010/wilen011210.pdf
- Wiljander, M. 2010. Aurinkoenergiaa rakennuksissa -diasarja. Aurinkoteknillinen yhdistys ry. <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/liite/aty1.pdf> (luettu 25.8.2011).
- Vilkamo, S. 2008. TEM. Katsaus ohjauskeinoihin - uusiutuva energia ja energiansäästö/tehokkuus. http://www.tem.fi/files/19376/Katsaus_ohjauskeinoihin_Sirkka_Vilkamo_TEM_29.2.2008.pdf (luettu 26.8.2011)
- Virtanen, H. & Thun, R. 2005. Energiankäyttö sekä uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämispotentiaali suomalaisilla maataloilla. Esiselvitys. MTT Ympäristötutkimus.
- Virtanen, Y. ym. 2009. Peltoenergian tuotantojärjestelmien ympäristövaikutukset. MTT.
- Voimavapriikki Oy. 2011. Tiedotteet. <http://www.voimavapriikki.fi/DoweEasyCMS/?Page=NaytaUtinen&NewsId=28> (luettu 15.6.2011) <http://www.voimavapriikki.fi/DoweEasyCMS/?Page=NaytaUtinen&NewsId=29>, (luettu 15.6.2011)
- Väkeväinen, J. 2005. Tiedonkeruu Viitasaaren uusiutuvan energian hankkeen pilottikohteessa. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu-tutkielma.

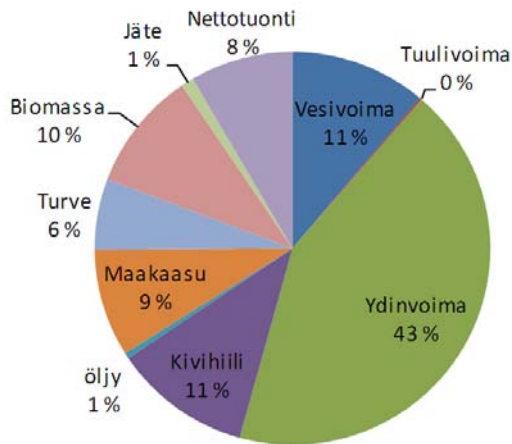
Yle uutiset. 10.3.2011. http://yle.fi/alueet/teksti/hame/2011/03/megatuuli_haluaa_tuulipuistolleen_maata_ypajalta_2424377.html (luettu 15.6.2011)

Valtion ympäristöhallinnon www-sivut. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=21939&lan=fi> (luettu 26.8.2011)

LIITE 1. Energiantuotannon ja käytön tase

Liitetaulukko 1. Suomen sähköntuotannon energialähteet vuonna 2008

Paikallisen sähköntuotannon energialähteet	TWh primääri- energiaa	Osuus energia- lähteistä	TWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta
Vesivoima	16.91	11.1 %	16.91	19.4 %
Tuulivoima	0.26	0.2 %	0.26	0.3 %
Ydinvoima	65.27	43.0 %	22.05	25.3 %
Kivihiili	17.11	11.3 %	8.56	9.8 %
öljy	0.71	0.5 %	0.38	0.4 %
Maakaasu	13.43	8.8 %	10.99	12.6 %
Turve	8.85	5.8 %	4.89	5.6 %
Biomassa	14.95	9.8 %	9.71	11.1 %
Jäte	1.54	1.0 %	0.73	0.8 %
Nettotuonti	12.77	8.4 %	12.77	14.6 %
Yhteensä	152	100.0 %	87	100.0 %



Liitekuvio 1. Suomen sähköntuotannon polttoaineet vuonna 2008. (Energiateollisuus ry)

Liitetaulukko 2. Muiden kuin teollisuusrakennusten lämmitys Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuonna 2008.

Muiden kuin teollisuus- rakennusten lämmitys	Kanta-Häme		Päijät-Häme	
	GWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta	GWh hyöty- energiaa	Osuus hyöty- energiasta
Kaukolämpö	809	40,0 %	1 230	53,4 %
Sähkö	469	23,2 %	383	16,6 %
Öljy	341	16,9 %	292	12,7 %
Maakaasu	59	2,9 %	67	2,9 %
Puu	290	14,4 %	287	12,5 %
Lämpöpumput	52	2,6 %	44	1,9 %
Yhteensä	2 020	100,0 %	2 303	100,0 %

LIITE 2. Puupolttoaineiden ominaisuuksia

Puupolttoainelaji	Energiatiheys, MWh / i-m ³	Tiiviyys, kiinto-m ³ / i-m ³
Metsähake	0.8	0.4
Teollisuuden puutähdehake	0.65	0.4
Puru, kutterinlastu ym.	0.55	0.3
Kuori	0.6	0.35
Kierrätyspuu	0.7	0.4
Puupelletit ja -briketit	3 MWh / i-m ³ ; 4,75 MWh/t	0.54
Muu kiinteä puupolttoaine	0.7	0.4

1 kiintokuutiometri eli k-m³ puuta = n. 2,5 irtokuutiometriä i-m³ haketta

ja vastaavasti

1 i-m³ haketta = n. 0,4 m³ puuta

Puun energiasisältö

1 m³ = 2 MWh

vastaavasti

1 i-m³ metsähaketta = 0,8 MWh

LIITE 3. Biopolttoaineiden kestävyyskriteerit

Verotaulukossa tarkoitettujen nestemäisten biopolttoaineiden raaka-aineiden tulee täyttää uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetussa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2009/28/EY 17 artiklassa säädetyt kestävyyskriteerit.

- Biopolttoaineen käytöstä saatava vähennys kasvihuonekaasupäästöissä on oltava vähintään 35 prosenttia. (19 artiklassa päästövähennistä)
- Biopolttoaineita ei saa valmistaa raaka-aineesta, joka on hankittu biologiselta monimuotoisuudeltaan rikkaalta maalta.
- Biopolttoaineita ei saa valmistaa raaka-aineesta, joka on hankittu maasta, johon on sitoutunut paljon hiiltä.
- Biopolttoaineita ei saa tuottaa raaka-aineesta, joka on hankittu maalta, joka oli tammikuussa 2008 turvemaata, ellei esitetä näyttöä siitä, että tämän raaka-aineen viljelyyn ja korjuuseen ei liity aiemmin kivaamattoman maan kuivatusta.
- Hankittaessa yhteisössä viljeltyjä maatalouden raaka-aineita, joita käytetään biopolttoaineiden tuotantoon, on noudatettava yhteisön säännöstyöissä, asetuksissa ja säädöksissä määriteltyjä hyvän maatalouden ja ympäristön vähimmäisvaatimuksia

Toiminnanharjoittajan tulee myös käyttää kriteerien valvonnassa direktiivin 18 artiklan mukaisia menetelmiä. Lisäksi toiminnanharjoittajalla tulee olla järjestelmä, jolla raaka-ainetuotannon, ainetasemenetelmän ja kasvihuonekaasupäästövähennyksen vaatimusten mukaisuus tarkistetaan.

Lähde: Energiaverotusohje (LUONNOS 4.11.2010), Tullihallitus

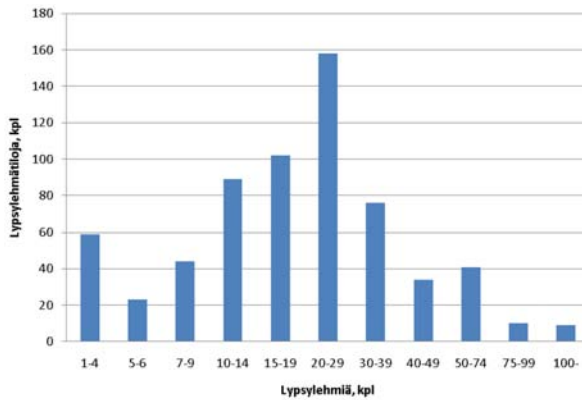
LIITE 4. Karjan määrä ja karjatilat Hämeessä

Karjan eläinten määrä kunnittain Kanta- ja Päijät-Hämeessä (Tilastokeskus /matilda.fi)

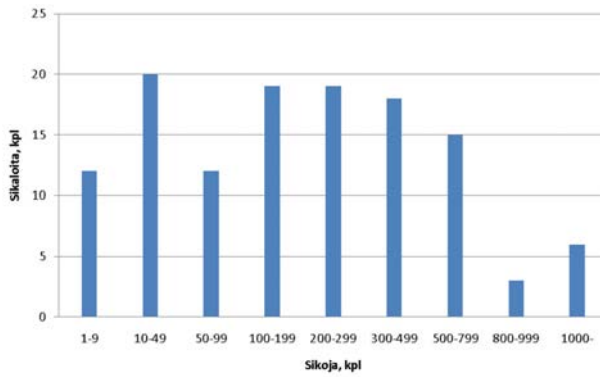
Kunta	Lypsylehvät	Nautakarja (ei lypsylehmiä)	Siat	Lampaat	Siipikarja	Hevoset
Forssa	288	828	11 215	...	543	75
Hattula	190	1 461	2 863	44	13 184	101
Hausjärvi	347	797	...	50	255	65
Humppila	190	498	4 603	-	73 681	6
Hämeenlinna	2 912	4 822	10 938	467	403	252
Janakkala	733	1 619	1 472	52	5 190	196
Jokioinen	898	792	14 296	219	10 226	185
Loppi	465	1 347	...	121	6 003	249
Riihimäki	...	0	-	...	-	16
Tammela	542	1 990	8 541	261	7 050	150
Ypäjä	271	567	7 724	632	2 642	278
Kanta-Häme yhteensä	6 836	14 721	61 652	1 846	119 177	1 573
Artjärvi	1 055	828	2 103	216	...	124
Asikkala	729	1 461	2 976	450	376	92
Hartola	740	797	...	252	...	89
Hollola	517	498	-	94	...	203
Heinola	357	4 822	10 228	...	49	65
Hämeenkoski	836	1 619	4 278	...	9 020	35
Kärkölä	879	792	440	64
Lahti	...	1 347	-	...	-	47
Nastola	268	0	1 713	176
Orimattila	1 180	1 990	1 651	327	285	314
Padasjoki	110	567	6 707	...	338	39
Sysmä	1 934	14 721	3 292	33	929	101
Päijät-Häme yhteensä	8 605	29 442	31 235	1 372	13 150	1 349
Häme yhteensä	15 441	44 163	92 887	3 218	132 327	2 922

Karjatilojen määrä kunnittain Kanta- ja Päijät-Hämeessä vuonna (Tilastokeskus/matilda.fi)

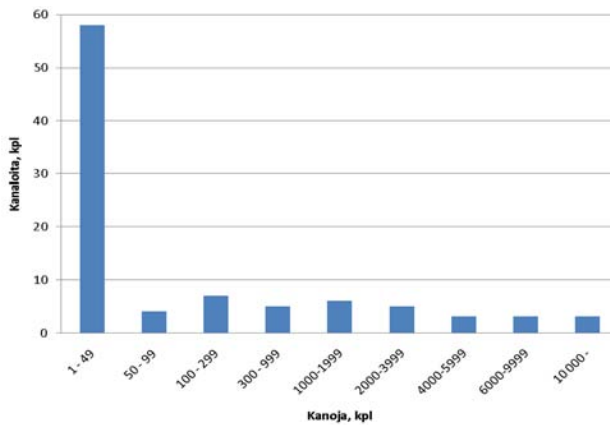
Kunta	Lypsylehmitilat	Nautakarjatilat (ei lypsylehmiä)	Sikalat	Lammas- ja vuohitilat	Siipikarja- tilat	Hevostilat
Forssa	14	57	16	2	6	11
Hattula	14	48	3	3	6	11
Hausjärvi	17	55	1	3	3	14
Humppila	10	39	7	-	8	3
Hämeenlinna	117	344	12	8	9	37
Janakkala	21	73	4	5	8	36
Jokioinen	22	49	23	3	5	14
Loppi	27	104	2	6	3	29
Riihimäki	6	14	-	1	-	4
Tammela	24	102	19	3	7	21
Ypäjä	9	34	9	5	5	0
Kanta-Häme yhteensä	281	919	96	39	60	180
Artjärvi	39	98	5	4	2	23
Asikkala	40	108	6	8	5	12
Hartola	38	126	2	3	2	12
Hollola	28	77	-	3	2	24
Heinola	21	61	8	2	3	10
Hämeenkoski	31	87	5	2	3	7
Kärkölä	26	71	1	2	3	12
Lahti	2	5	-	2	-	5
Nastola	14	47	2	2	6	23
Orimattila	46	148	6	7	9	42
Padasjoki	10	33	4	1	4	7
Sysmä	68	205	6	3	3	22
Päijät-Häme yhteensä	363	1 066	45	43	42	199
Häme yhteensä	644	1 985	141	82	102	379



Lypsylehmittäjätilojen tilakokojakauma Hämeen ELY-keskuksen alueella (Tilastokeskus/matilda.fi)



Sikalöiden tilakokojakauma Hämeen ELY-keskuksen alueella (Tilastokeskus/matilda.fi)



Kanojättilojen tilakokojakauma Hämeen ELY-keskuksen alueella (Tilastokeskus/matilda.fi)

LIITE 5. Hämeen ympäristöstrategian ilmasto- ja energiatavoitteiden toteutumista kuvaavat indikaattorit

Rakennusten lämmitys ja lämmönkulutus

- Rakennusten lämmitysmuotojakauma
- Kaukolämmitettyjen rakennusten lämmön ominaiskulutus
- Asumisväljyys

Sähkönkulutus

- Kotitalouksien sähkönkulutus asukasta kohti
- Sähkönkulutus työpaikkaa kohti
- Liikenne

Liikenne

- Joukko- ja kevyen liikenteen kulkutapaosuudet
- Ajoneuvosuorite asukasta kohti
- Autoistumisaste

Maankäyttö

- Joukko- ja kevyen liikenteen kulkutapaosuudet
- Joukkoliikenteen tavoitettavissa asuvien osuus
- Aluetehokkuus
- Päivittäistavarakaupan saavutettavuus
- Työmatkojen lukumäärän ja työmatkasuoritteen jakautuminen
- Asutuksen jakautuminen taajama- ja haja-asutusalueille

Energiantuotanto

- Uusiutuvan energian määrä ja osuus energiantuotannon polttoaineista
- Energiantuotannon ominaishiilidioksidipäästö

Materiaalitehokkuus

- Yhdyskuntajätteen määrä asukasta kohti
- Materiaalina ja energiana hyödynnettävä osuus yhdyskuntajätteistä

Lähde: Jallinoja, M. 2010. Hämeen ympäristöstrategian ilmasto- ja energiatavoitteiden toteutumista kuvaavat indikaattorit. Hämeen ELY-keskus.

LIITE 6. Valtion ohjaukseen ja tuet

Uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön tuotanto tuki on tullut kokonaisuudessaan voimaan 25.3.2011 alkaen. Tuotanto tukea myönnetään tuulivoimalla, biokaasulla, metsähakkeella ja puupolttoaineilla tuotetulle sähkölle. Tuki-järjestelmän valmisteltaessa sähköntuotannon takuuhinnan piirin kuuluvan pienenmittakaavan yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laitoksen sähkötehon alaraja oli 500 kVA, mutta alaraja laskettiin 100 kVA (TEM tiedote 2011). Vieläkin alempi sähkötehon raja olisi parantanut hajautetun energiantuotannon asemaa.

Valtio on edistänyt metsäenergian käyttöä kestävä metsätalouden rahoitustuen (KEMERA) välityksellä, jonka tilalle on tulossa pienpuun energiatuki (PETU). Laki on vielä hyväksyttävänä EU:n komissiossa. (Energiapuun korjuutuki, Metsäkeskus)

Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuen piiriin kuuluvat energian säästöön ja energiankäytön tehostamista koskevat investointi- ja selvityshankkeet sekä uusiutuvan energian käyttöönottoon liittyvät investoinnit.

Energian säästöön ja energiankäytön tehostamista koskevia investointihankkeita ovat

- tavanomaisen teknologian hankkeet, jotka liittyvät energiatehokkuussopimusjärjestelmään
- uuden teknologian hankkeet, jolla tarkoitetaan sellaisia teknisiä tai muita ratkaisuja, joita ei ole aikaisemmin sovellettu kaupallisessa mit-takaavassa Suomessa
- ESCO-hankkeet

Uusiutuvan energian käyttöön liittyviä tuettavia investointeja ovat mm.

- pienvesivoimalat
- suurkiinteistöjen, taajamien ja teollisuuden pääasiassa puupolttoai-neita käyttävät lämpökeskukset
- metsähakkeen ja teollisuuden jätepuuhakkeen tuotantokalusto
- kierrätyspolttoaineiden tuotantokoneet, kuten murskaimet
- kaatopaikkakaasuhankkeet
- lämpöpumput ja lämpöpumpusovellukset pois lukien ilmanlämpöpumput ja uudisrakennusten lämpöpumpujärjestelmät
- pääpolttoaineenaan kierrätyspolttoaineita käyttävät laitokset
- biokaasuhankkeet
- peltobiomassaa ja sen jalostamista koskevat hankkeet
- aurinkosähköön tai -lämpöön liittyvät hankkeet
- tuulivoimahankkeet
- mikroturbiinit

Energian säästöön ja energiankäytön tehostamista sekä uusiutuvan energian käyttöä koskevia tuettavia selvityshankkeita ovat

- energiakatselmukset
- energia-analyysit

Tuettavia hankkeita eivät ole tavanomaiset liiketoiminnan perustamis-, laajennus-, kannattavuus-, kehitys-, suunnittelu-, markkinointi- tai testaus selvitykset. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut)

