

Pro gradu –tutkielma

**Bioenergian potentiaalitarkastelu Pirkanmaan alueelta –
energiaomavaraisuuden jäljillä**

Miia Kinnunen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötiede ja –teknologia

Uusiutuvan energian maisteriohjelma

2.3.2011

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Ympäristötiede ja –teknologia

Kinnunen Miia: Bioenergian potentiaalitarkastelu Pirkanmaan alueelta –
energiaomavaraisuuden jäljillä

Pro gradu –tutkielma: 76 s., 5 liitettä (5 s.)
Työn ohjaajat: TkT Margareta Wihersaari, DI Timo Hyttinen
Tarkastajat: FT Jan Kunnas, TkT Margareta Wihersaari,
Maaliskuu 2011

Hakusanat: Energiaomavaraisuus, energiapotentiaali, uusiutuva energia, bioenergia, maatilat, biokaasu, metsäenergia

TIIVISTELMÄ

Energiaomavaraisuuteen ei Suomessa ole juurikaan kiinnitetty huomiota edullisen tuontienergian aikana. Kuitenkin useat kansainväliset tahot painottavat tarvetta siirtyä kohti energiaomavaraisempaa ja hajautetumpaa energiantuotannon rakennetta. Suomen uusiutuvat energiavarat ovat monipuoliset, ja niiden avulla energiaomavaraisuutta olisi mahdollista parantaa merkittävästi. Tämän pro gradun tarkoituksena oli tarkastella energiaomavaraisuuden tilaa Pirkanmaalta valittujen maaseutuvaltaisten kuntien kautta. Työssä selvitettiin tarkastelualueen tämän hetkinen energiantuotannon infrastruktuuri sekä energiantuotannon ja -kulutuksen rakenteita suhteessa paikallisiin bioenergiavaroihin. Bioenergian raaka-aineista pääpaino oli biokaasuntuotantoon soveltuvien orgaanisten materiaalien ja metsäenergian potentiaaleissa. Potentiaaleista arvioitiin teoreettinen ja tekninen taso. Biokaasuntuotannon potentiaaleista merkittävimmän osan muodostavat alueen ruoan- ja rehuntuotannon ulkopuolisten peltoalojen, kuten kesantoalojen nurmikasvien potentiaali. Teknisen potentiaalın pohjalta esitettiin arviot energiasaannosta lämmön ja sähkön yhteistuotannossa. Kotimaisista uusiutuvista energiavaroista valtaosa sijaitsee maaseudulla ja merkittävä osa näistä on maatilojen hallinnassa. Työn tulokset osoittavat että tarkastellut bioenergiapotentiaalit mahdollistaisivat alueen energiaomavaraisuusasteen merkittävän kehittämisen. Työn tulosten mukaan tarkastelualueen energiaomavaraisuusaste on nykyisellään 4 – 27 %.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science
Department of Biological and Environmental Science
Environmental Science and Technology

Kinnunen Miia: Study of bioenergy potentials in Pirkanmaa region – tracing the energy self-sufficiency

Master Thesis: 76 s., 5 appendices (5 s.)
Supervisors: Associated professor Margareta Wihersaari, M.Sc.Timo Hyttinen
Inspectors: PhD Jan Kunnas, Associated professor Margareta Wihersaari
March 2011

Key words: energy self-sufficiency, energy potential, renewable energy, bioenergy, farms, biogas, wood energy

ABSTRACT

Energy self-sufficiency has not been a priority during inexpensive fuel imports into Finland. However, currently several international organizations emphasize the importance of moving towards more energy self-sufficiency and a more decentralized energy infrastructure. Renewable energy resources in Finland are diverse and it would be possible to develop and improve energy self-sufficiency significantly. In this thesis the aim was to observe the state of the energy self-sufficiency in the Pirkanmaa region (Western Finland). First of all the current energy infrastructure and production and consumption structures of the observation area were examined and their relation to local bioenergy resources. Focus was on bioenergy and especially in biogas and wood energy potentials. The results represent the theoretical and technical potential levels. The majority of the biogas potential consists of grasses from fallow and other uncultivated arable fields. Based on technical potential, the energy production potential in combined heat and power production (CHP) was presented. Domestic renewable energy resources are located mainly in rural areas and are often managed by farms. The results of the thesis represent how greatly studied bioenergy potentials would enable the development of local energy self-sufficiency. The current self-sufficiency level in observation area was estimated to be 4 – 27 %.

ESIPUHE

Tutkielman rahoittajana toimi Hermia Oy:n koordinoima Energiateknologian klusteriohjelman Tampereen osaamiskeskus (OSKE). Pirkanmaalle sijoittuva biokaasupotentiaalia koskeva taustatutkimus koettiin tarpeelliseksi, sillä monet eri toimijat selvittävät parhaillaan eri alueilla biokaasun hyödyntämistapoja energiantuotannossa, sekä uusiutuvien liikennepolttoaineiden puolella.



Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	1
2	ENERGIAOMAVARAISUUS SUOMESSA.....	5
2.1	Historiakatsaus Suomen energiantuotannon ja –kulutuksen vaiheisiin	5
2.2	Suomen energiaomavaraisuuden muutos	6
2.3	Suomen energiahuollon ominaispiirteitä.....	10
2.4	Energiapotentiaalin määritelmän haasteet.....	11
2.5	Energiaomavaraisuuden rooli päätöksenteossa ja sen ohjaus- ja tukitoimet	13
2.6	Suomen uusiutuvien energialähteiden kehittämistä koskevat linjaukset	15
2.6.1	Uusiutuvan energian kansallinen toimintasuunnitelma (NREAP)	15
3	ENERGIAOMAVARAISUUDEN TEKIJÄT	16
3.1	Kuntien rooli paikallisen energiahuollon ja energiaomavaraisuuden kehittämässä	16
3.2	Maatilojen mahdollisuudet energiaomavaraisuuden kehittämässä	19
3.2.1	Maatilojen potentiaaliset uusiutuvan energian raaka-aineet	19
3.2.2	Maatilojen energiankulutusprofiili	22
3.3	Maatila- ja omakotitalomittakaavan uusiutuvan energiantuotannon teknologiat	23
3.4	Biokaasuntuotanto ja sen mahdollisuudet maatilamittakaavassa.....	25
3.4.1	Biokaasuntuotannon ja -käytön ympäristövaikutukset.....	28
4	TARKASTELUALUE	30
4.1	Punkalaidun.....	31
4.2	Sastamala.....	32
4.3	Kangasala	33
5	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	35
5.1	Aineisto	35
5.2	Aineiston keruu ja analyysissä käytetyt menetelmät	36
5.2.1	Energian tuotanto ja kulutus	36
5.2.2	Peltoenergia	37
5.2.3	Maatalouden sivutuotteet.....	38
5.2.4	Muut tarkastellut biokaasuntuotantoon soveltuvat biomassat	39
5.2.5	Metsäenergia.....	40

5.3	Työn keskeiset määritelmät ja rajaukset	40
5.3.1	Keskeiset määritelmät	40
5.3.2	Potentiaalitasojen rajaukset.....	41
5.4	Potentiaaleista energiaksi	42
6	TULOKSET	44
6.1	Tarkastelualueen energiantuotannon infrastruktuuri.....	44
6.1.1	Punkalaidun	44
6.1.2	Sastamala	45
6.1.3	Kangasala.....	48
6.2	Tarkastelualueen bioenergiapotentiaalin teoreettinen tarkastelu	49
6.2.1	Agrobiomassojen ja biojätteen teoreettinen taso	49
6.2.2	Metsäenergian teoreettinen taso.....	52
6.3	Tarkastelualueen bioenergiapotentiaalin tekninen tarkastelu	53
6.3.1	Agrobiomassojen ja biojätteen tekninen taso	53
6.3.2	Metsäenergian tekninen taso.....	55
6.4	Arvioitu energiasaanto lämmön ja sähkön yhteistuotannossa	57
6.4.1	Agrobiomassojen ja biojätteen energiapotentiaali lämmön ja sähkön yhteistuotannossa.....	57
6.4.2	Metsäenergiapotentiaali lämmön ja sähkön yhteistuotannossa	58
6.5	Maatilojen energiaomavaraisuustarkastelu	58
7	TULOSTEN TARKASTELU	60
7.1	Yleinen arvio työn tuloksista	60
7.2	Tarkasteltujen biomassojen suhde nykyiseen energian kulutukseen	61
7.3	Muiden uusiutuvan energian lähteiden mahdollisuudet tarkastelualueella.....	62
7.4	Maatilojen mahdollisuudet energiaomavaraisuuden kehittämisessä	64
7.5	Mitä paikallisilla energiapotentiaaleilla voitaisiin korvata?	65
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	67
	LÄHTEET	69
	LIITTEET	77

1 JOHDANTO

Energiaomavaraisuuden kehittämiseen ei sotien jälkeisessä Suomessa ole suhtauduttu kovinkaan päämäärätietoisesti tai kunnianhimoisesti. Kuitenkin nykyiset energian huoltovarmuuteen liittyvät uhat, ja toisaalta kansainvälisten sopimusten mukaiset ympäristö- ja ilmastotavoitteet antavat selkeän signaalin tarpeesta energiarakenteen uudistamiselle. Suomen energiainfrastruktuuri on laajalti keskitettyä ja olemassa olevat rakenteet ovat johtaneet korkeaan polttoaineiden tuontiriippuvuuteen. Kansainväliset tahot kuten EU (Euroopan Unioni), OECD¹ (Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö) ja YK (Yhdistyneet Kansakunnat) painottavat tarvetta siirtyä kohti hajautetumpaa ja kansallisesti omavaraisempaa energiainfrastruktuuria. (Lampinen & Jokinen 2006) Voidaan myös puhua uusiutuviin energiamuotoihin pohjautuvasta energiavallankumouksesta, jonka tarve on esimerkiksi fossiilisten energiavarojen ehtyessä ja toisaalta ilmastomuutoksen edetessä, puhumattakaan muista ympäristösyistä, ennen pitkää välttämätön.

Miksi sitten on relevanttia nostaa keskusteluun energiaomavaraisuus, aikana jolloin suurin osa myös energia raaka-aineista liikkuu globaaleilla markkinoilla? Suomen näkökulmasta energiainfrastruktuurin rakennemuutoksella ja omavaraisuuden kehittämisellä olisi useitakin positiivisia kerrannaisvaikutuksia, ei pelkästään huoltovarmuuden, ilmaston tai ympäristön, vaan myös aluetalouden, maa- ja metsätaloussektoreiden ja maaseudun yleisen elinvoimaisuuden näkökulmasta. Tässä rakennemuutoksessa yksittäisten kuntien ja edelleen niissä sijaitsevien maatilojen rooli voisi olla aivan keskeinen, sillä ne hallinnoivat suurta osaa hajautetuista energiaresursseista (Hyttinen 2005). Aiemmin Suomessa tehtyjen tutkimuksien mukaan (ks. esim. Hyttinen 2005, Lampinen & Jokinen 2006, Bionova Engineering 2007) maatiloilla olisi mahdollisuus tuottaa tarvitsemansa energia, ja tämän lisäksi useimmiten ansaita lisätuloja ylimääräisen energian myynnistä. Laajemmin nähtynä maatilat voisivat olla keskeisessä asemassa turvaamassa Suomen energian huoltovarmuutta (Kari 2009) Suomen energiaomavaraisuusaste on nykyisellään noin 30 %², kun se EU:ssa keskimäärin on noin 50 % (EU 2010). Pirkanmaan maakunnan vastaava luku on vain noin 18 % (Pirkanmaan energiaohjelma 2007), joka kuvaa hyvin alueen riippuvuutta

¹ The Organization for Economic Co-operation and Development

² Vesi- ja tuulivoima (4 %), turve (5 %), metsäteollisuuden jäteliemet (20 %), muut (3 %) (Tilastokeskus 2010e).

tuontipolttoaineista. Näissä luvuissa liikennesektorin polttoaineet ovat myös mukana. Pirkanmaalla käytettävistä tuontipolttoaineista maakaasu on merkittävin 35 %:n osuudella primäärienergian kulutuksesta vuonna 2005. Pirkanmaata onkin osuvasti luonnehdittu maakaasumaakunnaksi, sillä alueella käytetään enemmän maakaasua kuin missään muussa Suomen maakunnista.

Tämän työn tarkastelualueen³ muodostavat ydinmaaseutua edustava Lounais-Pirkanmaan seutukunta pitäen sisällään nykyiset Sastamalan ja Punkalaitumen kunnat. Tampereen seutukuntaan kuuluva Kangasalan kunta puolestaan edustaa kaupunginläheistä maaseutua ja tuo näin ollen kiinnostavan vertailumahdollisuuden ydinmaaseudun tilanteeseen nähden. Tarkastelualueelle tyypillistä on Tampereen kaupungin läheisyys ja maaseutumaisuus. Kunnat ovat keskenään kuitenkin hyvin erilaisia, ja näin ollen myös energiantarpeessa, energiainfrastruktuurissa ja energiapotentiaaleissa on eroja.

Työtä on inspiroinut tarkastelualueen tällä hetkellä täysin hyödyntämätön biokaasuntuotannon potentiaali, ja toisaalta Pirkanmaan maakunnan poikkeuksellisen voimakas riippuvuus maakaasusta. Tällä hetkellä koko Pirkanmaan maakunnan alueella toimii yksi maatilakohtainen biokaasureaktori kun vastaavasti Pirkanmaan energiaohjelmassa (2007) vuodelle 2020 asetettu tavoite on 50 biokaasulaitosta. Visio on tähänastisiin toimiin nähden kunnianhimoinen. Energiaohjelman visio tukee kuitenkin myös tämän työn lähtöoletusta, jonka mukaan tarkastelualueilla on merkittävä uusiutuvan energian potentiaali, jo pelkästään metsäenergian ja maatalouden sivuvirtojen muodossa. Näiden paikallisten uusiutuvan energian potentiaalien turvin osa fossiilisen energian ja tuontisähkön osuudesta olisi tulevaisuudessa mahdollista korvata ja näin ollen parantaa myös alueen energiaomavaraisuutta.

Maatilat eivät ole valtakunnan tasolla merkittävä energian kulutuksen sektori. Energian kulutuksesta maataloilla valtaosa perustuu kuitenkin fossiilisiin energiavaroihin, etenkin viljan kuivauksen ja ajoneuvopolttoaineiden osalta. Aikaisempien Suomessa tehtyjen energiaomavaraisuustarkastelujen perusteella mitä todennäköisimmin suuri osa myös tämän työn tarkastelualueen maataloista voisi saavuttaa täydellisen energiaomavaraisuuden, jonka lisäksi osa voisi mahdollisesti jopa yliomavaraisina toimia energiantuottajina lähialueille. Esimerkiksi biokaasuntuotannolla voisi olla merkittävä rooli näiden

³ Termi tarkastelualue viittaa työssä tarkasteltuihin kuntiin, vaikkakaan kyse ei ole maantieteellisesti yhtenäisestä alueesta.

maatalouden sivuvirtojen hyödyntämisessä, toisaalta on myös huomioitava että muitakin hyödyntämiskeinoja on, kuten biomassan poltto ja nestemäisten polttoaineiden valmistus. Tutkielman keskeisimmiksi käsitteiksi nousevat energiapotentiaali ja energiaomavaraisuus. Tämän työn empiirisessä osassa energiapotentiaalilla kuvataan tarkasteltujen bioenergian raaka-aineiden energiasisältöä, siten että niistä on esitetty teoreettinen ja tekninen potentiaalinen taso. Energiaomavaraisuudella puolestaan viitataan työn tarkastelualueella tapahtuvaan kotimaisiin energiaraaka-aineisiin pohjautuvaan energiantuotantoon ja sen osuuteen paikallisesta energiankulutuksesta (lämpö & sähkö). Työn keskeisiä määritelmiä on avattu yksityiskohtaisemmin luvussa 5.3.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää tarkastelualueen kuntien merkittävät bioenergian raaka-aineet ja niiden potentiaalit. Työn pääpaino on biokaasuntuotantoon soveltuvissa biomassoissa, sekä metsäenergiassa. Muista uusiutuvan energian lähteistä tulosten tarkastelussa nostetaan esille tuulivoiman ja aurinkoenergian merkittävät mahdollisuudet.

Tutkielman keskeiset tutkimuskysymykset ovat;

- Mikä on tarkastelualueen nykyinen energian kulutus lämmön ja sähkön osalta?
- Millainen on tarkastelualueen energiantuotannoninfrastrukturi?
- Mikä on tarkastelualueen bioenergiapotentiaali - pääpaino biokaasuntuotantoon soveltuvissa biomassoissa ja metsäenergiassa?
- Kuinka suuri osa tarkastelualueen energiankulutuksesta tyydytetään tällä hetkellä kotimaisilla energianlähteillä?
- Millaiset mahdollisuudet tarkastelualueella on kehittää energiaomavaraisuutta paikallisiin uusiutuvan energian lähteisiin perustuen?
- Millaiset mahdollisuudet alueen maataloilla on kehittää energiaomavaraisuutta tilan hallinnoimien bioenergian raaka-aineiden pohjalta?

Tarkastelu kattaa sähkön- ja lämmöntuotannon sekä kulutuksen sektorit, jotka muodostavat arviolta 4/5 tarkastelualueen primäärienergian tarpeesta.⁴ Liikennesektoria ei työssä tarkastella. Työn aineisto koostuu tilastoaineistoista, lomakekyselyistä ja lukuisista henkilökohtaisista keskusteluista puhelimitse tai sähköpostin välityksellä tarkastelualueen

⁴ Pirkanmaan Energiaohjelman (2007) mukaan liikenteen osuus Pirkanmaan energiataseesta on noin 21 % (primäärienergiankulutuksesta), joten muu kuin liikenteen osuus primäärienergiatarpeesta on noin 79 %.

viranomaisten ja alan asiantuntijoiden kanssa. Aineisto on kerätty pääosin kesän 2010 aikana.

Luvussa 2 tarkastellaan energiaomavaraisuuden tilaa ja sen kehitystä Suomessa sekä pureudutaan energiapotentiaalien heterogeeniseen tutkimusmaailmaan. Luvussa 3 tarkastellaan niitä tekijöitä jotka voivat osaltaan olla kehittämässä energiaomavaraisuutta. Luvussa 4 kuvataan tarkastelualueen yleispiirteet. Luvussa 5 kuvaillaan työn keskeinen aineisto ja sen käsittely. Luvussa 6 siirrytään tuloksiin ja luvussa 7 niiden tarkasteluun. Lopuksi vedetään tutkielman narunpäät yhteen luvun 8 Johtopäätöksissä.

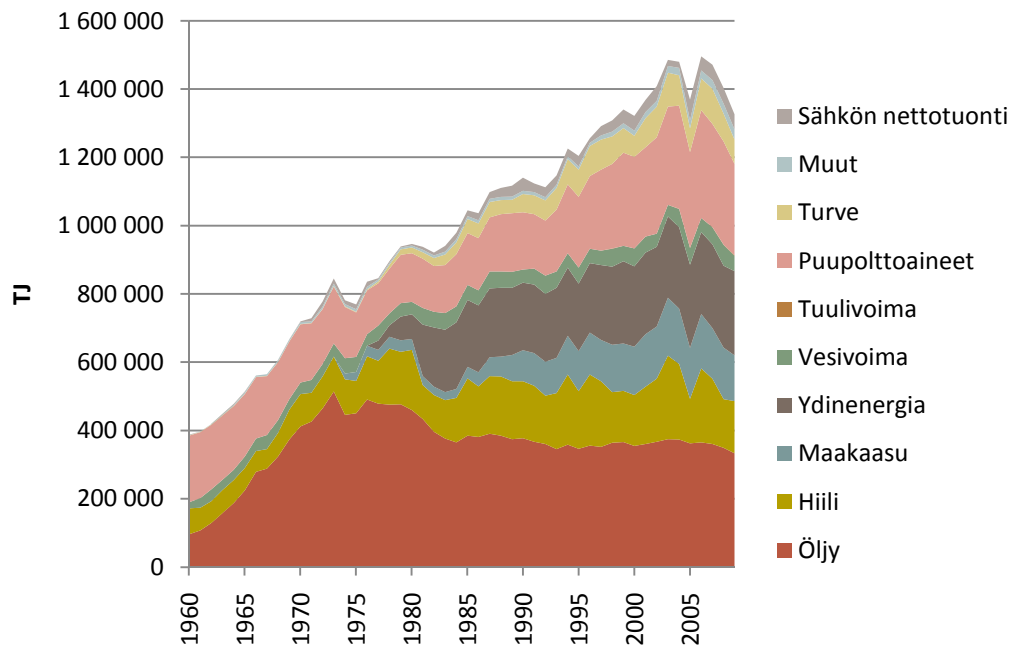
2 ENERGIAOMAVARAISUUS SUOMESSA

Tässä luvussa tarkastellaan Suomen energiaomavaraisuuden tilaa ja sen kehitystä. Aluksi luodaan katsaus energiantuotannon- ja kulutuksen rakenteeseen ja sen kehitykseen. Tämä luo taustan varsinaiselle energiaomavaraisuustarkastelulle.

2.1 Historiakatsaus Suomen energiantuotannon ja –kulutuksen vaiheisiin

Suomen energiahuolto oli vielä ennen maailmansotia pääosin kotimaisten uusiutuvien energialähteiden varassa, joista tärkeimmät olivat vesivoima, puu ja puujäte (Myllyntaus 1993). Suomen teollistuminen pääsi vauhtiin muista Euroopan maista poiketen, kotimaisten uusiutuvien energiavarojen turvin (Kunnas & Myllyntaus 2009) Suomen energiankulutuksen rakenne muuttui kuitenkin radikaalisti 1960-luvulla jolloin öljy valtasi Suomen polttoainemarkkinat (Kuva 1). Energiantuotannon osuus kasvoi nopeasti, ja tuonnista suurin osa on edelleen peräisin Venäjältä (78 %) (Tilastokeskus 2010a). Öljyntuotanto etenkin Lähi-idässä kasvoi voimakkaasti, hinnat romahtivat ja öljystä tuli nopeasti vallitseva energianlähde. Suomessa öljyn osuus energiahuollossa kohosi vuoteen 1973 mennessä yli 60 %:iin energian kokonaiskulutuksesta. (Nevanlinna 1993)

Kuitenkin vuoden 1973 öljykriisi ja öljyn hinnan nopea moninkertaistuminen vaikuttivat energia-alan toimijoihin - oli tullut aika kiinnittää huomiota energian tehokkaampaan käyttöön, energian säästöön ja toisaalta löytää vaihtoehtoja öljylle. Uusina energianlähteinä Suomen energiakentälle nousivat turve, ydinenergia ja maakaasu (Kuva 1). Päätökset ydinvoiman rakentamisesta Suomeen oli kuitenkin tehty jo ennen ensimmäistä öljykriisiä (Kunnas & Myllyntaus 2009). Ensimmäinen laitos, Loviisa 1 kytkettiin verkkoon helmikuussa vuonna 1977 (Ranta 1993).



Kuva 1. Suomen energian kokonaiskulutus energialähteittäin (TJ)⁵ 1960 - 2009 (Tilastokeskus 2010b).

Energiansäästötoimet jäivät kuitenkin varsin lyhytaikaisiksi ja energian kokonaiskulutus onkin kasvanut noin 3,5-kertaiseksi sitten 1960-luvun. Tuontienergian osuus energian kokonaiskulutuksesta on (2009) noin 50 % (Tilastokeskus 2010e). Suomi tuo sähköä vuositasolla noin 15,5 TWh, tästä määrästä 76 % on peräisin Venäjän ydinvoimaloista. (Tilastokeskus 2010e)

2.2 Suomen energiaomavaraisuuden muutos

Energiaomavaraisuuden määritelmä ei ole täysin yksiselitteinen, itse asiassa se on harvoin määritelty energiaan liittyvässä kirjallisuudessa. Tämän lisäksi omavaraisuus sotketaan usein virheellisesti huoltovarmuuden käsitteeseen. Energiaomavaraisuuden keskeinen merkitys on kuitenkin kuvata kotimaisten energiaraaka-aineiden osuutta energian kokonaiskulutuksesta. Suomessa mukaan ei lasketa ydinvoimaa (Ritonummi 2011, henkilökohtainen tiedonanto).

Paikallisessa energiaomavaraisuustarkastelussa⁶ arvioidaan kuinka suuri osa paikallisesta energian tuotannosta kattaa määrällisesti alueen rajojen sisällä tapahtuvan

⁵ 1TJ = 0,278 GWh

energiankulutuksen. Mikäli tarkastelu ulotetaan energialähteiden omavaraisuusasteeseen, on arvioitava alueen sisältä saatavissa olevien energialähteiden käyttöä paikallisen energian kulutuksen tyydyttämisessä. (Nurminen 2011, henkilökohtainen tiedonanto) Huoltovarmuutta⁷ puolestaan voidaan lisätä kehittämällä energiaomavaraisuutta, sekä hakemalla vaihtoehtoja energiantuonnille. Energiaomavaraisuuden kehittäminen puolestaan vaatii toimia nimenomaan kotimaisten energiaraaka-aineiden käyttöönottamiseksi.

Suomen energiavarat ovat olleet perinteisessä mielessä rajalliset. Fossiilisten energialähteiden puuttuessa energiavaramme ovat käytännössä katsoen turpeen lisäksi täysin uusiutuvia. Sen lisäksi esimerkiksi vesivoimaresurssimme ovat rajalliset verrattuna vaikkapa Ruotsiin ja Norjaan. Puubiomassa on ollut ja on yhä edelleen perinteinen energialähteenämme, jolle on kuitenkin ollut kysyntää myös muilla sektoreilla, kuten mekaanisessa metsäteollisuudessa ja sittemmin yhteiskuntamme selkärangaksikin muodostuneessa sellu- ja paperiteollisuudessa. Tällä hetkellä kuitenkin myös puun käytön eri sektoreilla eletään murroskautta. Puun energiakäytön uusia mahdollisuuksia tutkitaan laajasti ja puun kestäväälle käytölle etsitään uusia muotoja esimerkiksi rakennussektorilla. Tulevaisuuden tutkija Olli Hietanen (2007) on todennut: ”Jossain siellä on vihreä elefantti jota metsästämme”. Kielikuva havainnollistaa hyvin niitä huikeita mahdollisuuksia joita suomalainen metsä pitää sisällään.

Rajallisuudestaan huolimatta Suomen omat energiavarat kattoivat pitkään, muun Euroopan teollistumisen näkökulmasta jopa poikkeuksellisen pitkään, maan energiantarpeen (Kunnas & Myllyntaus 2009). Suomen maaseudulla energiaomavaraisuuden aste oli korkea aina 1950-luvulle saakka (Massa ym. 1987). Suomen maaseudun sähköistyminenkin tapahtui ennen öljyn lopullista läpimurtoa. Valtiovalta oli ryhtynyt tukemaan maaseudun

6 Paikallista energiantuotantoa on alueen maantieteellisten rajojen sisällä tapahtuvaa energialähteiden käyttöä lämmön, sähkön ja liike-energia tuottamiseen, joka ei tapahdu ydinvoimalaitoksissa, tavallisissa lauhdevoimalaitoksissa ja muiden kuin paikallisten toimijoiden omistamissa vesi-, tuuli- ja huippuvoimalaitoksissa. Liike- tai mekaaninen energia liittyy esim. liikenteeseen ja työkoneisiin. Ajoneuvojen ja työkoneiden polttoaineiden käyttöä ei lasketa joissakin tapauksissa energiantuotannoksi. (Nurminen 2011, henkilökohtainen tiedonanto)

7 Yleisesti huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. (Huoltovarmuuskeskus 2011) Energian huoltovarmuus on keskeinen osa kansallista huoltovarmuutta (Rittonummi 2011, henkilökohtainen tiedonanto).

sähköistämistä jo toisen maailmansodan jälkeen. Tässä kehityksessä pääpaino oli kuitenkin keskitetyn tuotannon rakenteissa. Valtion varoin rakennettiin esimerkiksi siirtoverkot, ja myös moni suurvoimala rakennettiin pääosin valtion kustannuksella päinvastoin kuin maaseudun pienlaitokset. Poliitikassa ei juurikaan kiinnitetty huomiota hajautetun paikallisen energiantuotannon rakenteisiin keskitetyn sähköntuotannonteknologian kehittämisen rinnalla. Tämän kehityksen myötä hiljalleen kokonainen hajautetun energiantuotannon klusteri katosi Suomesta. (Lampinen & Jokinen 2006)

Hyvänä esimerkkinä Suomen sähköistymisen etenemisestä on Tampereen Finlaysonin puuvillatehdas, jossa sähkövalot⁸ syttyivät vuonna 1882, vain kolme vuotta Edisonin sähkövalaistukseen liittyvän keksinnön eli ensimmäisen käyttökelpoisen ja teolliseen tuotantoon soveltuvan sähkölampun jälkeen. Vuosisadan lopulla Suomessa oli jo useita kunnallisia ja teollisia sähkölaitoksia. (Keskinen 1993)

Suomen energiaomavaraisuuden taso laski hiljalleen toisen maailmansodan jälkeen ja etenkin 1960-luvulla öljyn tehtyä lopulta läpimurtonsa myös Suomen markkinoilla. Etenkin teollisuuden rakenne kasvatti energiatarvetta, joka jo kovan talven ja pitkien välimatkojen vuoksi oli korkea. Suomessa energiaomavaraisuuteen tai sen kehittämiseen ei sittemmin ole juurikaan kiinnitetty huomiota edullisen energian aikana. (Massa ym. 1987)

Sotien jälkeisessä Suomessa oikeastaan vain 1970-luvun öljykriisit pakottivat hetkellisesti tarttumaan kotimaisen energian ja energiansäästön mahdollisuuksiin. Öljykriisien myötä vauhdittui myös tutkimus ja kehitys kotimaisten turvevarojen hyödyntämiseksi (VTT 2010). Öljykriisien aikaan talouspolitiikassakin käytiin keskusteluja joissa nostettiin esille uhkana talouden voimakas energiavaltaisuus. Nämä keskustelut jäivät kuitenkin enemmän tai vähemmän teoriatasolle ja on jopa väitetty, että ne tietoisesti vaiennettiin. (Massa ym. 1987) Keskusteluissa oli mukana myös ydinvoima, jonka rakentaminen Suomeen oli tosin aloitettu jo 1970-luvun alussa (Ranta 1993, Kunnas & Myllyntaus 2009). Tämän myötä kiinnostus ja innostus kotimaisiin energiavaroihin hiipui, palatakseen jälleen hetkeksi keskusteluihin vuoden 1986 Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen (Massa ym. 1987).

Tällä hetkellä energiaomavaraisuus on Suomelle melko etäinen mutta täysin mahdollinen tavoite (Lampinen & Jokinen 2006). Energiaomavaraisuuden olisi mahdollista toteutua suuressa osassa Suomea, ja tutkimusten mukaan itse asiassa vain kaupunkikeskusten ja

⁸Sähkö saatiin kahdesta 110 voltin tasavirtadynamosta (Keskinen 1993).

energiaintensiivisen teollisuuden voidaan katsoa olevan sidoksissa keskitettyyn energiantuotantoon, joka sekin voisi hyödyntää uusiutuvia energialähteitä (Hyttinen 2005). Tämä kuvastaa ns. energiajärjestelmän dikotomia⁹ (Peura 2009). Etenkin useimmat suomalaiset maatilat voisivat olla täysin energiaomavaraisia ja moni tila voisi jopa yliomavaraisena myydä tuottamaansa energiaa tai energiaraaka-aineita tilan ulkopuolelle (Hyttinen 2005). Suomessa toimii tälläkin hetkellä ainakin yksi energiaomavarainen maatila Kalmarin tila Laukaassa (Lampinen 2004) sekä ainakin yksi omakotitalo Commondtin Villa Höyrylinna Paraisilla (Steamcastle 2011). Lisäksi ympäri maata on erilaisia projekteja joissa tavoitellaan energiaomavaraisuutta maakuntatasolta kylätasolle; projekteja on käynnissä muiden muassa Pohjois-Karjalan maakunnassa (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2010), Suupohjan seutukunnassa (VEI 2011), Kempeleessä (Yle 2009a), Kemiönsaarella (Bioenergia 2010) ja Jepuan kylässä (Paader 2010). Nämä toimivat innostavina esimerkkeinä siitä, kuinka energiaomavaraisuus on mahdollista ja voisi parhaimmillaan luoda suomalaiselle maaseudulle aivan uudenlaista luovaa yhteistoimintaa, yrittäjyyttä, työllisyyttä ja niitä paljon puhuttuja innovaatioita, ja miksei myös elävöittää tällä hetkellä autioituvia alueita. Energiaomavaraisuuden kehittämisestä uusiutuviin energiaraaka-aineisiin pohjautuen on lukuisia onnistuneita esimerkkejä maailmalta.¹⁰

⁹Dikotomiassa on kyse kahden eri järjestelmän yhtäaikaisesta toiminnasta. Keskitetty järjestelmä, jossa voitaisiin hyödyntää uusiutuvia energianlähteitä, palvelisi aiempaa tiiviimmin teollisuutta ja muutoin energiantensiivisiä aloja ja suuria kaupunkeja. Näiden alueiden ulkopuolella vallitsevana olisi hajautetumpi energiantuotannon rakenne, pitäen sisällään omavaraisia ja yliomavaraisia maatiloja. (Peura 2009)

¹⁰ Hyvänä esimerkkinä onnistuneesta energiaomavaraisuushankkeesta sekä paikallisten ihmisten aktiivisuudesta ja voimakkaasta yhteisestä tahtotilasta on Tanskan Samsön saaren energiahuollon kehittäminen. Saaren 4 000 asukkaan energiantarve katetaan lähes täysin paikallisilla uusiutuvan energian varoilla. Sähköntarve tyydytetään täysin tuulivoimalla ja lämmöstäkin 75 % uusiutuvilla, pääasiassa oljella. Saaren asukkaista valtaosa on liitetty kaukolämpöverkkoon. Lisäksi esimerkiksi aurinkopaneelien määrä veden lämmityksessä on saarella voimakkaassa kasvussa. (MT 16.11.2009) Tanska on lisäksi ilmoittanut tavoitteekseen päästä täysin eroon fossiilisista polttoaineista, energian säästön ja uusiutuvien energialähteiden avulla. (Klima- og Energiministeriet 2010)

Eteläisessä Itävallassa sijaitseva Energie Region, energia-alue, tarjoaa useita hyviä esimerkkejä energiaomavaraisuuden kehittämisestä paikallistasolla. Alueen toimijat ovat luoneen muun muassa energiaomavaraisuuden mahdollistavat rakenteet ja käytännöt, jonka lisäksi alueen taloudellinen menestys ja yleinen hyvinvointi ovat parantuneet merkittävästi. Alueen tukipilarina toimineen maa- ja metsätalouden siirryttyä halvempaan naapurimaahan Unkariin ja toisaalta energiakulujen virratessa alueen ulkopuolelle, syntyi tarve systeemille muutokselle. Tällä hetkellä 98 % alueen energiasta tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä. Alue on ollut aika ajoin myös yliomavarainen. Työllisyys ja taloudelliset vaikutukset ovat olleet erittäin merkittäviä. (Forschungsforum 2007)

Ruotsin Malmössä on kehitetty energiaomavaraisuutta ja investoitu useiden uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen, käytössä olevia teknologioita ovat esimerkiksi aurinkolämpö ja –sähkö, tuuli, maalämpö sekä biomassaa hyödyntävät sovellukset. Hajautettua tuotantoa on integroitu rakennuksiin ja edelleen yhdistetty kaukolämpöverkkoon. Tämä järjestelmä takaa energian turvatun saannin esimerkiksi häiriö- tai poikkeustilanteissa. Tämän tuloksena Malmö on lähes energiaomavarainen ja energiantuontia tarvitaan marginaalisesti tyydyttämään koko paikallinen vuotuinen energiantarve. Kaupunki on luonut ympärilleen

Energian huoltovarmuus ja riippuvuus energiantuonnista ovat alati ajankohtaisia teemoja, esimerkkeinä kesän 2010 laajoja sähkökatkoja aiheuttaneet myrskyt Suomessa ja Euroopassa, talven 2010 - 2011 lumiolosuhteista aiheutuneet sähkökatkot ympäri Suomea, kaasukiistat Venäjän ja Ukrainan välillä¹¹, erityyppiset onnettomuudet ja luonnonmullistusten aiheuttamat poikkeustilat, sekä energian yleisesti ottaen voimakas politisoituminen.

2.3 Suomen energiahuollon ominaispiirteitä

Suomen energiantarve verrattuna moniin Keski-Euroopan maihin on edelleen verraten suurta, esimerkiksi sähkönkulutus per asukas oli Suomessa vuonna 2006 17 MWh kun se Saksassa oli 6,9 MWh. Energian tarpeeseen vaikuttaa selvimmin muun muassa teollisuuden rakenne. (Energiateollisuus ry 2010c)

Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiakulutuksesta on pikku hiljaa 1970-luvulta noussut, kattaen tällä hetkellä (2009) 25 % osuuden. Kuitenkin valtaosa osa tästä uusiutuvan energian kulutuksesta perustuu metsäteollisuuden puuperäisten sivutuotteiden ja jätevirtojen kuten mustalipeän, kuoren ja sahanpurun hyödyntämiseen. Vuonna 2009 sähkön- ja lämmöntuotantoon käytetyistä uusiutuvista polttoaineista noin 55 % oli peräisin metsäteollisuuden jäteliemistä ja kun mukaan otetaan muut puupolttoaineet, osuus on noin 96 % (Tilastokeskus 2010e).

Kotien energian käyttö on lämmitystä lukuun ottamatta pääasiassa sähköenergiankäyttöä, joka on edelleen voimakkaasti lisääntynyt. Tavoitteista huolimatta Suomen sähkönkulutus jatkaa edelleen nousuaan ja tämä nousu on jatkunut suhteellisen tasaisena aina 1970-luvulta saakka. Pieniä notkahduksia (2005 sellu- ja paperiteollisuuden seisokki, 2007 - 2009 taantuma) lukuun ottamatta sähkönkulutus on kasvanut edelleen 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä.

Suomessa kaukolämmöntuotanto mielletään usein kotimaisen ja paikallisen energian hyödyntäjäksi, mutta kuten tilasto vuodelta 2009 osoittaa (Energiateollisuus ry 2010a) suurin osa kaukolämmöstä tuotetaan Suomessa maakaasulla (34,1 %), toiseksi eniten

verkon, joka turvaa energian saannin hintaheilahteluista tai muista kansainvälisten energiamarkkinoiden vaihteluista riippumatta. Esimerkiksi liikennebiokaasua siirretään Malmössä maakaasuverkossa. (WADE 2007)

11 Neljäs osa Eurooppaan tuotavasta kaasusta tulee Venäjältä ja tästä 80 % kulkee Ukrainan kautta (Tekniikka ja Talous 2009)

käytetty polttoaine on kivihiili (24,2 %) ja kolmanneksi eniten turve (16,4 %). Uusiutuvien ja lähinnä puupohjaisen raaka-aineen osuus kaukolämmön tuotannossa jää alle 17 %:n. Paikallisesti on luonnollisesti suuriakin eroja kaukolämmön tuotantoon käytetyissä polttoaineissa. Kaukolämpöverkon ulkopuolella suuri osa kiinteistöistä lämpenee yhä öljyllä ja sähköllä, puun tullessa vasta kolmannella sijalla. (Tilastokeskus 2010c)

Oikeastaan vasta Suomen EU-jäsenyyden myötä jäsenmaita koskevat yhteiset velvoitteet ja tavoitteet ovat nostaneet muutkin kotimaiset uusiutuvan energianlähteet kuin perinteisen bioenergian passiivisesta kotelostaan, jossa ne vuosikymmeniä säilyivät vain muodollisena osana eri energiasuunnitelmia. (Ruostetsaari 2010)

Tulevaisuus näyttää, kuinka energiantarpeemme tulee kehittymään. Euroopan unionin jäsenmaiden yhteisenä tavoitteena on kuitenkin Vihreässä kirjassa (Euroopan Komissio 2005) asetettu tavoite vähentää primäärienergiakulutusta 20 % vuoteen 2020 mennessä verrattuna kehitykseen ilman toimenpiteitä. Tavoite on kuitenkin jäsenmaiden yhteinen ja Komissio onkin painottanut jäsenvaltioiden kansallisten päätösten ja toimien tarvetta ja merkitystä yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi.

Komission Suomelle asettama velvoite on nostaa uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Jotta EU:n asettama tavoite uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi Suomessa voisi toteutua, edellyttää se nykyisten linjausten perusteella mahdollisuutta hyödyntää edelleen metsäteollisuuden jäteliemiä, ja toisaalta sitä että energian kulutus ei enää nykyisestään kasva. (TEM 2008)

2.4 Energiapotentiaalin määritelmän haasteet

Energiaomavaraisuutta määritettäessä ja esitettäessä energiapotentiaalien rooli on keskeinen. Energiapotentiaaleja voidaan arvioida useilla eri tasoilla kuten esimerkiksi teoreettinen, maantieteellinen, tekninen, taloudellinen, ekologinen, yhteiskunnallinen tai erilaisina yhdistelminä kuten teknis-taloudellinen potentiaali. Käytännöt eivät kuitenkaan ole yhdenmukaisia. Uusiutuvaa energiaa käsittelevässä kirjallisuudessa energiapotentiaali on määritelty hyvin vaihtelevin käytännöin. Verbruggen ym. (2010) ovat laatineet katsauksen siitä kuinka energiapotentiaaleja ja niiden eri tasoja on kirjallisuudessa määritelty. Heidän mukaansa energiapotentiaalien käsitteiden määrittämisessä on edelleen huomattavia haasteita, puhumattakaan niiden objektiivisesta osoittamisesta numeerisesti. Potentiaali viittaa johonkin sellaiseen, mikä voi tapahtua, mutta mitä ei välttämättä

saavuteta. Jokainen määritelty potentiaalinen taso riippuu oletetuista olosuhteista ja toimenpiteistä, jotka vaikuttavat sen realisoitumiseen tulevaisuudessa. Potentiaali on aina dynaaminen, ajassa muuttuva määre.

Käsitteiden epäyhtenäinen käyttö alan kirjallisuudessa aiheuttaa sekaannusta ja hämmennystä keskusteltaessa energiapotentiaaleista. Olisi kuitenkin kaikkien, mukaan lukien tutkijat ja poliittiset päättäjät, etu että potentiaalitarkastelujen käytännöt olisivat yhdenmukaisia ja tulokset vertailukelpoisia. Toisaalta myös eri potentiaalitasojen sisäinen liikkumavara on suuri (Verbruggen ym. 2010). Artikkelissaan Verbruggen ym. (2010) nostavat esille ehdotuksen uusista potentiaalimääritelmistä, joiden kirjoittajat uskovat olevan käyttökelpoisempia ja selkeämpiä, myös poliittisille päättäjille. Verbruggenin ym. (2010) ehdottamat uudet potentiaalimääritelmät voivat päätyä osaksi IPCC:n¹² uutta SRREN¹³-raporttia sekä muihin IPCC:n julkaisuihin, ja tarjoavat näin ollen hyvän pohjan (benchmark) muille alan tutkimuksille. Heidän uudelleen määrittelemänsä potentiaalisen tasot pienimmästä suurimpaan ovat; market potential (markkinapotentiaali), economic potential (taloudellinen potentiaali), sustainable development potential (kestävän kehityksen mukainen potentiaali), technical potential¹⁴ (tekninen potentiaali). Tässä työssä tarkastelualueelta on arvioitu teoreettinen ja tekninen potentiaalinen taso. Työn potentiaalimääritelmiä on avattu tarkemmin luvussa 5.

Massan ym. (1987) mukaan Suomen uusiutuvien energialähteiden tekninen potentiaali on suuri, mutta niiden yhteiskunnallinen ja kulttuurinen potentiaali on jo paljon monimutkaisempi ja laajempi kysymys. Samoin kuin fossiiliset energiavarat tai arviot niistä, myös uusiutuvien energialähteiden potentiaalit ovat ajassa muuttuvia. Erona vain on, että uusiutuvien energialähteiden kohdalla puhutaan paljon suuremmista varannoista, jotka ovat lähes ehtymättömät (kuten aurinko ja tuuli) (Verbruggen ym. 2010). Jacobson & Delucchin (2010) mukaan koko maapallon energiahuolto on muutettavissa uusiutuviin energialähteisiin perustuvaksi 20 – 40 vuodessa. Kyse ei niinkään ole teknisistä tai taloudellisista tekijöistä, pikemminkin sosiaalisista ja poliittisista esteistä.

¹² Intergovernmental Panel on Climate Change

¹³ Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (IPCC)

¹⁴ Technical potential: the amount of RE output obtainable by full implementation of demonstrated and likely to develop technologies and practices. No explicit reference to costs, barriers or policies is made but when adopting *practical constraints* analysts implicitly take into account economic and socio-political considerations (Verbruggen ym. 2010).

Suomessa vielä 1990-luvulla (ks. esim. Keskinen 1993) voitiin arvioida, että kotimaiset energianlähteet voivat korvata vain pienen osan energian kulutuksesta. Tämä uskomus elää paikoin voimakkaana yhä edelleen (ks. esim. Peltola 2007).

2.5 Energiaomavaraisuuden rooli päätöksenteossa ja sen ohjaus- ja tukitoimet

Energiaomavaraisuus ei ole noussut Suomen kansallisten tavoitteiden huipulle. Suomessa ydinvoiman on ajateltu parantavan energiaomavaraisuuden tilaa (TEM 2008). Kyse ei kuitenkaan ole kotimaisesta primäärienergiasta. Se että tuotantolaitoksia sijaitsee Suomessa, on ehkä parantanut energian huoltovarmuuttamme, mutta tämäkin on hieman kiistanalaista. Vuoden 2008 Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (TEM 2008) omavaraisuuden katsotaan kohentuvan ydinvoiman lisärakentamisen myötä (alla). Tämä on ainoa kohta strategiassa kun energiaomavaraisuus nousee esille.

”Laskelmien mukaan sähköenergian riittävyyden kannalta tarvittaisiin lähivuosina eli jo nykyisen hallituskauden aikana ydinenergiain mukainen periaatepäätös ydinvoiman lisärakentamisesta, jolloin päästöjä aiheuttavaa lauhdutusvoimakapasiteettia korvattaisiin päästöttömällä kapasiteetilla ja samalla kohennettaisiin sähkön hankinnan omavaraisuutta. Periaatepäätöstä harkittaessa lähdetään siitä, ettei ydinvoimaa rakenneta maahamme sähkön pysyvää vientiä silmälläpitäen.” (TEM 2008)

Strategiassa käsitellään kuitenkin EU-velvoitteiden mukainen tavoite nostaa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta 38 %:in vuoteen 2020 mennessä Komission Suomelle esittämän velvoitteen mukaisesti. Uusiutuvana energiana myös tuontipolttoaineet kuten palmuöljy voivat olla osana tämän tavoitteen saavuttamisessa, joten energiaomavaraisuus ei välttämättä parane. Strategiassa todetaan edelleen että tavoite on haastava ja jotta siihen päästäisiin täytyy energian loppukulutuksen kääntyä laskuun. Strategiassa todetaan myös, että uusiutuvan energian osuus Suomen energiankulutuksesta riippuu olennaisesti mahdollisuudesta hyödyntää metsäteollisuuden prosessien sivutuotteita energiantuotannossa, lähinnä kuorta ja mustalipeää. (TEM 2008) Näiden biomassojen saatavuus puolestaan riippuu pitkälti Suomen metsäteollisuuden tuotannon kehityksestä. Myös vuoden 2005 lähiajan energia- ja ilmastostrategiassa (TEM 2005) energiaomavaraisuuden käsittely jää sähkösaannin turvaamisen tavoitteiksi. Kuitenkin tuolloin, kuten yhä edelleenkin, noin 70 % (Tilastokeskus 2008) Suomen energian

kokonaiskulutuksesta pohjautui tuontienergiaan, josta suurin osa on peräisin Venäjältä. Suomi on perinteisesti luottanut Venäjän energiatoimituksiin, eikä huoltovarmuutta ole rakennettu kotimaisten energiaraaka-aineiden varaan. Kuten jo edellä on käynyt ilmi, on kuitenkin selvää että energian politisoituminen ja muut energiatoimituksiin vaikuttavat tekijät voivat olla uhka myös Suomelle.

Muissa virallisissa asiakirjoissa energiaomavaraisuus on nostettu esille muiden muassa vuoden 2009 maatilojen energiaohjelmassa (Motiva 2010c), jossa todetaan että energiaomavaraisuuden kehittäminen pohjautuen maaseudun energiaresursseihin on tärkeää ja että sitä tuetaan.

Tällä hetkellä Suomessa uusiutuvia energiamuotoja tuetaan sekä harkinnanvaraisella energiatuella (= investointituki), että verotuella. Työ- ja elinkeinoministeriössä (TEM) valmisteltu tuotantotukijärjestelmä (joka kulkee myös nimellä syöttötariffijärjestelmä) astui voimaan eduskunnan hyväksytyä joulukuussa 2010 lain uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta (HE 152/2010 vp). Lain mukaan biokaasuvoimala voidaan hyväksyä tuen piiriin vain jos sen generaattoreiden yhteenlaskettu nimellisteho on vähintään 100 kilovoltiampeeria¹⁵. Näin ollen laki sulkee tuen ulkopuolelle keskimääräisen maatilakokoluokan biokaasuntuotannon (alle 100 kVA). Tuen piiriin kuuluva laitos ei myöskään saa sisältää käytettyjä osia. Tämän lain kohdan voidaan katsoa olevan materiaalikierrätyksen vastainen. Tuen piiriin voidaan hyväksyä uusia laitoksia siihen saakka kunnes järjestelmään hyväksytyjen laitosten nimellisteho saavuttaa 19 megavoltiampeeria. Näin ollen tuen katto voisi tulla vastaan hyvinkin nopeasti (esim. Ämmässuon biokaasulaitoksen sähköteho on 15 MW_e).

Suomessa energianhuoltovarmuuden kehittämiseksi ei ole tehty toimenpiteitä monipuolisesti eri uusiutuviin energialähteisiin perustuen. Sitä vastoin polttoturpeen turvavarastoinnista on laadittu laki ja asetus (321/2007). Lain tavoitteena on huoltovarmuuden ja polttoturpeen saatavuuden turvaaminen. Lain nojalla voidaan perustaa ja ylläpitää polttoturpeen turvevarastoja tuotanto-olosuhteiden vaihtelujen varalta. Keväällä 2007 astui voimaan turpeen syöttötariffilaki ja –asetus, joiden tarkoituksena on turvata sähkön toimitusvarmuus varmistamalla turvelaudelaitosten käynnistäminen ennen suuria kivihiililaitoksia silloin kun laudesähkökapasiteettia tarvitaan. (VTT 2010)

¹⁵ $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$

2.6 Suomen uusiutuvien energialähteiden kehittämistä koskevat linjaukset

Suomen uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä koskevat linjaukset ovat pitkälti EU-vetoisia ja perustuvat usein EU:n jäsenmailleen asettamiin velvoitteisiin (Ruostetsaari 2010). Tuoreimmista asiakirjoista EU:lle oli toimitettava kesäkuun 2010 loppuun mennessä jäsenmaiden kansalliset toimintasuunnitelmat (National Renewable Energy Action Plan, NREAP) koskien uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä vuoteen 2020 mennessä. Seuraavassa kappaleessa on kuvattu tarkemmin Suomen ja muutaman muun EU-jäsenvaltion kansallisia toimenpidesuunnitelmia.

2.6.1 Uusiutuvan energian kansallinen toimintasuunnitelma (NREAP)

Uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin (2009/28/EY) 4 artiklan 1 kohdan mukaisesti kunkin EU-jäsenvaltion oli vahvistettava kansallinen uusiutuvaa energiaa käsittelevä toimintasuunnitelma kesäkuun 2010 loppuun mennessä. Näiden suunnitelmien tarkoituksena on esittää yksityiskohtainen tiekartta kuinka EU velvoitteen mukaiset tavoitteet uusiutuvan energian käytön lisäämisestä vuoteen 2020 mennessä saavutetaan. (TEM 2010b)

Suomen kansallisen toimintasuunnitelman mukaan biokaasun osalta tavoitteena ei ole saavuttaa merkittävää kapasiteetti vuoteen 2020 mennessä (TEM 2010b). Biokaasulla tavoitellaan kuitenkin tuotettavan sähköä 270 GWh vuonna 2020, kun tuotanto nykyisellään on 58,1 GWh (Kuittinen ym. 2010). Biokaasusta tuotetun sähköntuotannon oletetaan kasvavan 10 GWh vuodessa, kunnes sitten vuosien 2019 – 2020 välillä nousua olisi 200 GWh jotta asetettu tavoite saavutetaan. (TEM 2010b) Tämä viimeisen vuoden aikana tavoiteltu nousu on hyvin epärealistinen ja kuvastaa Suomen kansallisten uusiutuvan energiatavoitteiden epäjohtamukaisuutta ja epäselvyyttä.

Vertailun vuoksi, Saksan kansallisessa toimintasuunnitelmassa tavoitellaan biokaasulla tuotetun sähköntuotannon kasvavan lähes 10 TWh vuodesta 2010 saavuttaen tason 23,4 TWh (eli 23 400 GWh) vuonna 2020. Myös aurinkosähköntuotannon tavoitellaan Saksassa kasvavan nykyisestä 9,5 TWh noin 41,4 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. (Federal Republic of Germany 2010) Suomessa aurinkosähköllä ei nähdä potentiaalia, vaan sähköntuotannon arvioidaan olevan yhä vuonna 2020 aurinkosähköllä 0 GWh (TEM 2010b). Kuitenkin auringonsäteilyintensiteetti Etelä-Suomessa on Keski-Euroopan luokkaa, ja esimerkiksi Hampurissa ja Helsingissä täysin sama. (Solpros 2001)

3 ENERGIAOMAVARAISUUDEN TEKIJÄT

Kunnissa on hyvät mahdollisuudet tehdä kestäviä ratkaisuja paikallisen energihuollon kehittämiseksi. Tässä luvussa tarkastellaan eri toimijoiden mahdollisuuksia energiaomavaraisuuden kehittämisessä, ulottaen tarkastelu pienen mittakaavan energiantuotannon teknologioihin.

3.1 Kuntien rooli paikallisen energihuollon ja energiaomavaraisuuden kehittämisessä

Kunnilla voisi olla huomattavasti vahvempi rooli paikallisen energihuollon kehittämisessä. Jo 1980-luvulla peräänkuulutettiin kuntien aktiivisempaa roolia energihuollon suunnittelussa. Ruotsissa on ollut voimassa jo 1970-luvulta saakka lakisääteinen energiasuunnitteluelvoite kunnille, joka on pitänyt sisällään energianhuolto- ja energiansäästösuunnitelman. (Massa ym. 1987) Suomesta tällainen yhtäläinen lainsäädännöllinen energiasuunnitteluelvoite kuntatasolla puuttuu.

Alueellista energiasuunnittelua ja tilastointia tekee Suomessa tällä hetkellä kuntien ja maakuntaliittojen yhteisesti rahoittamat energiatoimistot, joita on yhdeksän kappaletta. Toiminta on alkanut EU-jäsenyyden myötä, eikä kata koko Suomea. Pirkanmaalla toimii Tampereen Energiatoimisto ympäristötietokeskus Moreenian yhteydessä. Energiatoimistot ovat osa Euroopan laajuista energiatoimistojen verkkoa. (Motiva 2010b) Energiatoimistojen ongelmana on lyhykestoinen hankerahoitus, joka ei mahdollista pitkäjänteistä toimintaa. Energiatoimistojen toiminnan turvaamiseksi on peräänkuulutettu osuutta valtion budjetista (Kuntatiedon keskus 2010).

Kuntien ja kuntayhtymien energiansäästöön ja eri toimintojen energiatehokkuuden parantamiseen sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoon on tarjolla valtion kanssa tehtävä sopimus- ja ohjelmamenettely kaudelle 2008 - 2016. Suurille kunnille (yli 20 000 asukasta, ja energiankäyttö yli 20 000 MWh/a) on tarjolla energiatehokkuussopimus ja pienemmille kunnille (alle 5 000 asukasta ja energiankäyttö alle 5 000 MWh/a) on suunnattu energiaohjelma. Näiden väliin jäävä kuntaryhmä (5 000 - 20 000 asukasta, 5 000 – 20 000 MWh/a) voi halutessaan valita energiatehokkuussopimukseen tai energiaohjelmaan liittymisen väliltä. Sopimus- ja ohjelmamenettelyyn osallistuvilla kunnilla on mahdollisuus saada paremmin tukea energiakatselmustoimintaan ja toisaalta ne

ovat myös etuoikeutettuja saamaan investointitukea. Energiasopimuksen keskeinen tavoite on yhdeksän prosentin energiansäästö ohjelmakaudella. Kuntien on mahdollista energiankäytön tehostamisella ja uusiutuvan energian käytöllä kohentaa samalla myös alueensa taloutta. (Kuntatiedon keskus 2010) Tätä edelsi vuoden 2007 lopussa päättynyt kuntien energia- ja ilmastopimuskausi (1997-2007). Uudistamisen taustalla on vuonna 2006 voimaantullut energiapalveludirektiivi (EurLex 2006/32/EY) joka velvoittaa julkisen sektorin toimimaan esimerkillisesti energiasäästäjän roolissa. (Motiva 2010b)

Biokaasuntuotannon ja -käytön edistämiseksi on Suomen Biokaasuyhdistyksen (Lampinen & Laakkonen 2010) toimesta laadittu opas kuntapäätäjille. Oppaassa kuntapäätäjiä kannustetaan vaikuttamaan osaltaan paikallisten energiamuotojen käyttöönottoon. Oppaassa syvennyttään tarkemmin biokaasun liikennekäytön hyödyntämisen vaikutuksiin. Mutta olipa kyse paikallisesti tuotetuista liikenteen polttoaineista tai lämmön ja sähköntuotantoon käytetyistä paikallisista energia raaka-aineista, on kunnissa tärkeä tiedostaa omat vaikutusmahdollisuudet. Keskeisenä toimijana voi olla kunta itse, kunnan yhtiö tai liikelaitos, seudullinen kuntien yhtiö tai yksityinen yritys. Useimmiten eurooppalaisten kuntien liikennebiokaasuprojekteissa alullepanija on ollut kunnallinen jäteyhtiö, mutta usein toiminnan kehittyessä uuden liiketoiminnan ympärille on perustettu oma yhtiö. (Lampinen & Laakkonen 2010)

Energia-asioiden kehittämiseksi kuntatasolla on tärkeä olla energiasuunnitelma, joka on vielä sopusoinnussa seudullisen strategian kanssa. Kunnissa on aina tiettyjä erityispiirteitä, kuten energiaratkaisuihin vaikuttavia elinkeinorakenteeseen ja maantieteellisiin olosuhteisiin liittyviä tekijöitä. Yhteistyö paikallisten toimijoiden kesken esimerkiksi energian raaka-aineiden hankinnassa, logistiikassa ja tuotannossa lisää osaltaan taloudellisuutta ja voi luoda uusia innovatiivisia toimintamuotoja uusiutuvan energian hyödyntämiseen kuntatasolla kuten esimerkit Ruotsista osoittavat¹⁶. (Massa ym. 1987)

¹⁶ Ruotsissa esimerkiksi Skellefteån kunta päätti lopettaa kunnan biojätteen kuljetukset kunnan ulkopuolelle poltettavaksi. Kustannusten ja kuljetusten minimoimiseksi aloitettiin biojätteen erilliskeräys ja mädättäminen sekä jalostus liikennebiokaasuksi omassa kunnassa. Valtuuston päätöksellä jätemaksut ovat pienemmät niille talouksille jotka lajittelevat biojätteen erilliskeräilyyn. Eskiltunassa vastaavasti kunnan energia-, vesi- ja jätehuoltoyritykset tuottavat yhdessä liikennebiokaasua. Viemäriverkon piirissä asuvien ”vessajätteillä” ajetaan busseja joka päivä noin 3 340 kilometriä. Biokaasukäyttöiset koulubussit ovat osana ympäristökasvatusta. (Lampinen & Laakkonen 2010)

Kunnille ja energiaklusterissa¹⁷ toimiville yrityksille ja teknologiakehittämissyhtiöille olisi ensiarvoisen tärkeää että energiapolitiikka ja sen ohjaus olisi valtiovallan toimesta johdonmukaista ja ennakoivaa, jotta olisi mahdollista tehdä kestäviä pitkän aikavälin energiaratkaisuja sekä investointeja. Laitosinvestointi ja sen ympärille muodostuvat kustannukset sitovat kunnan tiettyyn ratkaisuun pitkäksi aikaa, eikä ole taloudellisesti järkevää lähteä lyhyellä aikavälillä muuttamaan jo olemassa olevia rakenteita. Tästä syystä pitkän aikavälin energiasuunnittelu ja ennakointi on ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi Peltola (2007) on väitöskirjassaan tarkastellut paikallista energiahuoltoa ja sen ympäristöpoliittista liikkumavaraa. Työssä paikallisella tasolla voimakkaasti vaikuttavana tekijänä nousee esille Thomas Hughesin (1995) lanseeraama käsite teknologinen hitausvoima tai pusku, joka kuvaa järjestelmiin sitoutuvia toimijoiden intressejä, tavoitteita, pääomia, taitoja, tietoja sekä toiminta-, ajattelu- ja puhetapoja, jotka tekevät järjestelmästä vaikeammin muunneltavan (Peltola 2007, Hughesin 1995 mukaan). Esimerkiksi öljylle pohjautuva kaukolämmöntuotanto on usein kunnassa turvalliseksi ja hyväksi havaittu käytäntö. Usein koetaan vaikeaksi luopua hyväksi havaitusta järjestelmästä, johon on lisäksi sitoutunut tietotaitoa ja osaavaa työvoimaa. Lisäksi paluu kotimaisiin energialähteisiin, kuten puupohjaisiin polttoaineisiin on vielä pitkään voitu kokea paluuna vanhanaikaiseen ja tehottomampaan järjestelmään.

Energiahuollon toteuttamisvaihtoehtoihin vaikuttaa mitä ilmeisimmin myös suomalainen luonne ja kulttuuri. Yhteistyötä ja yleisesti riippuvuutta lisääviä vaihtoehtoja kartetaan. Tämä seikka tulee esiin varsinkin Itä-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa, jossa energiaomavaraisuuden merkitys on koettu erityisen tärkeäksi. Pohjanmaalla on taas perinteisesti ajateltu taloudellisesti, ja kenties historiasta juontuu yhteistyökyky joka on näkynyt myös energiavalinnoissa. (Massa ym. 1987)

Energiaveroudistuksen myötä monet kunnat tulevat todennäköisesti pohtimaan entistä tarkemmin polttoainevalintoja paikallisessa energiantuotannossa. Esimerkiksi maakaasua pääpolttoaineenaan käyttävät kunnat tulevat saamaan energiaveroudistuksen myötä korotuksia energiamaksuihin.

17 Energiaklusteri kattaa energiateknologian ja energia-alan palveluihin liittyvät yritykset sekä niihin linkittyvät teknologiankehittämissyhtiöt. Energiaklusterin yritys-kantaan kuuluvat mm. laite- ja komponenttivalmistajat, suunnittelu- ja konsultointiyritykset sekä energian tuotantoon, siirtoon ja jakeluun liittyvät tahot.

Kunnille suunnatuissa hankkeissa, kuten esimerkiksi Suomen Ympäristökeskuksen johtamassa Hiilineutraalit kunnan (HINKU) –hankkeen kunnissa energiaomavaraisuuteen panostetaan välillisesti. Ilmastonmuutosta hillitsevien toimien lisäksi energiavalinnoissa keskitytään kotimaisiin ja paikallisiin uusiutuvan energianlähteisiin, energian säästöön ja tehokkuuteen. Nämä toimet parantavat osaltaan myös kunnan energiaomavaraisuutta. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoa vaikeuttaa usein se, ettei niitä nähdä taloudellisesti kannattavana vaihtoehtona. Kuitenkin paikallisten energiaraaka-aineiden käyttö vaikuttaa paikallistalouteen positiivisesti, toisin kuin sijoitukset fossiiliseen tuontienergiaan. Energiaomavaraisuuden kehittäminen on yksi näkökulma vaikuttaa, joko yksityishenkilönä, kuntana, seutukuntana tai laajempaan alueena niin paikallistalouteen, kuin hillitää alueen ilmasto- ja ympäristövaikutuksia.

3.2 Maatilojen mahdollisuudet energiaomavaraisuuden kehittämisessä

Tässä luvussa tarkastellaan aluksi mautiloilta löytyviä uusiutuvan energian raaka-aineita, jonka jälkeen kuvataan maatilojen energiankulutuksen rakenteita.

3.2.1 Maatilojen potentiaaliset uusiutuvan energian raaka-aineet

”Sitä tuuaan energiaa meille meleko kaukaa, vaikka asutaan ite ihan sen keskellä.” Näin on todennut asian eräs oman tilan energian ”löytäneistä” maatilallisista, osuen asian ytimeen. Energiaomavaraisuus on monelle mautilalle varsin realistinen tavoite (Hyttinen 2005, Lampinen & Jokinen 2006). Tällä hetkellä suomalaisten maatilojen rooli energiantuottajana on kuitenkin vähäinen verrattuna heidän hallinnoimiinsa potentiaalisiin energiaraaka-aineisiin (Snäkin ym. 2010). Lampisen & Jokisen mukaan (2006) Suomessa on enää muutama maatila jotka tuottavat itse sähkönsä, joko biokaasulla, vesivoimalla tai tuulivoimalla. Lämmöntuotannossa tilanne on hieman parempi.

Vaikkakin Suomen energiavaroja on edellä luonnehdittu yksipuolisiksi, voidaan kuitenkin suomalaisten maatilojen energiavaroja pitää tässä suhteessa runsaina ja jopa monipuolisina (kuva 2). Suomalaiset maatilat pitävät hallussaan yhteensä 3,1 miljoonaa ha metsää ja 2,3 miljoonaa ha peltoja (kun Suomen kokonaispinta-ala on noin 30 miljoonaa ha), lisäksi on vielä merkittävä ala luonnonhoitopeltoja ja kesantomaita. (Tilastokeskus 2010c)

Metsistä saatavia energiajakeita ovat esimerkiksi hake, pilke, halot ja kannot, joita pidetään tätä nykyä omina puutavaralajeina, tukki- ja kuitupuun tapaan (Kari 2009). Esimerkiksi

haketta tuotetaan tavallisimmin taimikon hoidon yhteydessä kaadettavasta pienpuusta tai uudishakkuiden hakkuutähteistä.

Pelloilta saatavia potentiaalisia energianlähteitä ovat esimerkiksi viljan olki, energiakasvit kuten ruokohelpi, rypsi, nurmet ja muut viljelykasvit ja niiden tähteet kuten peruna ja sokerijuurikas (kuva 2). Olkea ei ole Suomessa perinteisesti hyödynnetty maataloilla energiana vaan lähinnä kuivikkeena tai peltoon silputtuna. Oljella voisi kuitenkin olla oma roolinsa maatilojen energiantuotannossa, kuten esimerkiksi Tanskassa jo tätä nykyä on. Olki kuten esimerkiksi ruokohelpikin soveltuu periaatteessa niin poltettavaksi kuin mädätettäväksi biokaasuntuotannossa. Korkean ligniinipitoisuutensa vuoksi olki ja ruokohelpi ovat kuitenkin mädätettäessä haasteellisia. Energiaviljoiksi soveltuvat hyvin myös markkinoille kelpaamattomat viljaerät. (Lampinen & Jokinen 2006)

Rypsi voidaan hyödyntää täysin energiaraaka-aineena. Rypsin siemenen öljypitoisuus on noin 40 % ja rypsiöljyä voidaan käyttää polttoaineena jopa perinteisissä öljykattiloissa, joskin öljypoltin on korvattava rypsilille soveltuvaksi. Lisäksi rypsin korsimassa voidaan käyttää viljanoljen tapaan.

Ruoan- ja rehuntuotannon ulkopuolella esimerkiksi kesanto- ja luonnonhoitopelloilla on mahdollista kasvattaa biokaasuntuotantoon soveltuvia heinäkasveja, kuten esimerkiksi timoteitä (*Phleum pratense*), puna-apilaa (*Trifolium pratense*), nurminataa (*Festuca pratensis*), koiranheinää (*Dactylis glomerata*), ruokohelpiä (*Phalaris arundinacea*) tai vaikka hamppua (*Cannabis sativa L.*). Näiden peltoalojen energiapotentiaali biokaasuntuotannossa voisi olla kuntatasolla merkittävä. Nurmea voidaan hyödyntää mädättämällä esimerkiksi lannan seassa. Nurmea voidaan käyttää myös esimerkiksi selluloosapohjaisen etanolin raaka-aineena. Nurmi on huomattavasti viljaa edullisempi raaka-aine etanolin valmistukseen, joten sen merkitys etanolin lähteenä voi tulevaisuudessa olla merkittävä. Nurmi soveltuu myös poltettavaksi esimerkiksi sähkön- ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa (CHP¹⁸). (Lampinen & Jokinen 2006)

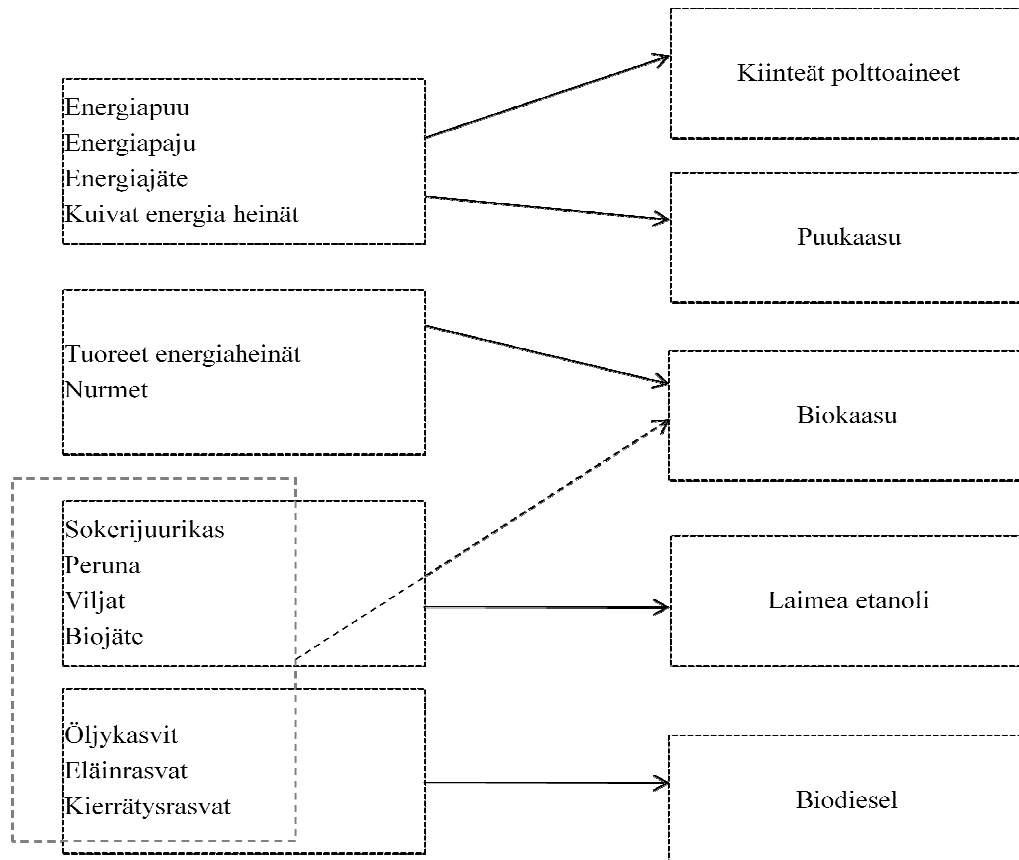
Metsän ja peltojen lisäksi energiaa on hyödynnettävissä myös tilan ympäristöstä kuten tuuli ja aurinkoenergian eri muodot. Tuulen hyödyntäminen sähköntuotannossa on teknisesti täysin mahdollista myös maataloilla. Suomesta on saatavilla pientuulivoimaloita teholtaan muutamista sadoista wateista useampaan megawattiin (esim. Eagle, Windwind

¹⁸ Combined heat and power

ym.). Tuuliturbiineja on ostettu Suomeen myös käytettynä, kuten tämän työn tarkastelualueellekin, esimerkiksi muista EU-maista joissa takaisinmaksuajat ovat muun muassa investointituen ansiosta verrattain lyhyitä. Suomessa tuulivoiman yleistymistä ovat rajoittaneet nimenomaan korkeat investointikustannukset. Nykyisin Suomen maataloilta löytyy noin parikymmentä tuuliturbiinia, joista iso osa on itse rakennettuja ja joiden tuottamaa sähköä käytetään pääasiallisesti lämmitykseen (Lampinen & Jokinen 2006). Suomalaisellakaan maaseudulla tuulivoiman hyödyntäminen ei kuitenkaan ole mikään uusi asia, onhan yhä nähtävissä vanhoja tuulimyllyjä jotka ovat olleet tärkeä mekaanisen energian muoto esimerkiksi viljan jauhamisessa. Tuulienergiaa ei kuitenkaan ole koskaan Suomen historiassa käytetty maataloilla sähkön tuottamiseen, toisin kuin esimerkiksi Tanskassa, jossa koko tuulivoimabiznes on ponnistanut nimenomaan maataloilta jo 1890-luvulla, ja jossa vielä tänäkin päivänä suuri osa turbiineista sijaitsee maataloilla. (Lampinen & Jokinen 2006)

Aurinkoenergiaa voitaisiin hyödyntää maataloilla paljon nykyistä mittavammin, esimerkiksi veden lämmityksessä ja sähköntuotannossa muiden järjestelmien rinnalla. Suomessa olisi vastaavat mahdollisuudet hyödyntää aurinkoenergiaa kuin esimerkiksi Saksassa. Etelä-Suomen auringon säteilyintensiteetti on noin 1 000 kWh/m² vuodessa, Keski-Suomessa noin 900 kWh/m² ja Sodankylässäkin 800 kWh/m². Vertailun vuoksi Helsingissä ja Hampurissa vuotuinen säteilytaso on sama noin 938 kWh. (Solpros 2001, Tekniikka ja Talous 2008) Myös aurinkoenergian maaperään, veteen tai kallioon varastoitunutta lämpöä hyödyntävät lämpöpumput soveltuvat hyvin maatalojen käyttöön. Maalämpöjärjestelmää voidaan käyttää rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Järjestelmät ovatkin yleistyneet maataloilla viime vuosina - vaikka investointikustannukset ovat vielä monia muita järjestelmiä tuntuvammat, pienemmät energian käyttökustannukset houkuttelevat investoimaan laitteisiin.

Energian tai energiaraaka-aineiden tuotanto maatala- tai omakotitalomittakaavassa voisi luoda parhaimmillaan uusia mahdollisuuksia elää ja työllistyä Suomen harvaan asutulla maaseudulla. Myös tuotetun sähkön määrä hajautetusti voisi olla hyvin merkittävä ja korvata suunniteltua uutta keskitettyä kapasiteettia. (Yle 2009b)



Kuva 2. Maatilojen mahdollisia energiaksi soveltuvia raaka-aineita (Kari 2009, mukailleen).

3.2.2 Maatilojen energiankulutusprofiili

Kansallisella tasolla maatilojen energian kulutus ei ole kovinkaan merkittävässä roolissa, vain noin 4 % energian kokonaiskulutuksesta. Kulutus jakaantuu työkonepolttoaineisiin (33 %), lämmityspolttoaineisiin (27 %), viljankuivaamoiden polttoaineisiin (18 %) ja sähköön (22 %) (Bionova Engineering 2007). Merkittävimpiä energian kuluttajia tilalla ovat työkoneet ja tuotantorakennukset. Luonnollisesti myös suurin energian säästöpotentiaali löytyisi työkoneiden polttoaineista.

Maatilojen keskimääräinen vuotuinen energian kulutus on noin 146 MWh per tila. Tähän määrään sisältyy tuotantoon tarvittava energia, ajoneuvopolttoaineet ja lämmityspolttoaineet. Vuonna 2009 tilat kuluttivat keskimäärin 35 MWh sähköä per tila ja lämpöä kului noin 64 MWh per tila, ja lisäksi konepolttoaineisiin kului noin 47 MWh per tila. Tilojen kasvaessa luonnollisesti myös energian tarve kasvaa. Maatilojen energiantarpeet ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä muun muassa tuotantosuunnasta riippuen. Energian osuus maatilojen menoista on hyvin merkittävä. (Kari 2009)

Bionova Engineeringin (2007) laatiman selvityksen mukaan uusiutuvan energian lisäyspotentiaalista suurin osa tiloilla muodostuu lämpöenergiasta, joka voitaisiin kokonaan tuottaa uusiutuvilla energialähteillä. Lisäksi selvityksessä todetaan että uusiutuvan energian tuotantopotentiaali on maataloilla yli kaksinkertainen käyttöpotentiaaliin nähden.

3.3 Maatila- ja omakotitalomittakaavan uusiutuvan energiantuotannon teknologiat

Maatilojen energiankulutus ei Suomen mittakaavassa ole kovin merkittävässä roolissa, mutta sen sijaan maatilojen mahdollisuudet energiantuottajana ja energiaraaka-aineiden välittäjänä ovat laajat (Hyttinen 2005).

Maatila- ja omakotitalomittakaavan energiantuotannon tekniikka on yleensä pienen mittakaavan tuotantoa. Parhaisiin kokonaishyötysuhteisiin päästään lämmön- ja sähkön yhteistuotannossa, pien-CHP (eli alle 100 kW lämmön ja sähkön yhteistuotanto). Sähköntuotannon osuus vaihtelee käytävästä tekniikasta riippuen 10 – 38 %, kokonaishyötysuhde noin 75 - 95 %. (Lensu & Alakangas 2004)

Lämmön ja sähkön yhteistuotannossa pienessä mittakaavassa on käytössä pääasiallisesti neljä eri tekniikkaa, joita ovat polttomootorit ja kaasuturbiinit, höyryturbiinit ja muut höyryvoimalaitteet, muut välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat sekä polttokennot. (Lampinen & Jokinen 2006)

Yleisimpiä lämmöntuotantoon käytetyistä teknologioista ovat erilaiset biomassakattilat, joissa on käytössä neljä eri vaihtoehtoista polttotapaa; arinapoltto, leijupetipoltto, pölypoltto ja kaasupoltto. Näistä edellä mainituista arinapoltto on maatilakokoluokassa kustannustehokkain sovellus kiinteiden polttoaineiden polttoon. Maatilakokoluokan biomassakattiloissa käytetään pääasiassa puuperäisiä polttoaineita, kuten esimerkiksi pilkettä, haketta tai pellettejä. Tosin myös esimerkiksi olkisilppua käytetään joillakin maataloilla hakkeen ja pilkkeen rinnalla. Toistaiseksi energiaviljat soveltuvat rajoitetusti polttoaineeksi Suomen markkinoilla oleviin biomassakattiloihin. Kuitenkin esimerkiksi Tanskassa ja Englannissa on markkinoilla useita peltobiomassoille kuten oljelle tarkoitettuja biomassakattiloita. (Lampinen & Jokinen 2006)

Biokaasun hyödyntäminen polttomootorissa tai kaasuturbiinissa on yksi parhaiten toimivista pien-CHP sovelluksista tällä hetkellä (Motiva 2010d). Tekniikka on ollut olemassa jo pitkään ja on yleisesti käytössä esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilla.

Tekniikka soveltuu hyvin myös maatilakokoluokkaan. Maatiloilta kaasua olisi mahdollista johtaa myös esimerkiksi paikalliselle CHP-laitokselle.

Suomessa on vireillä myös useita termiseen kaasutukseen liittyviä hankkeita, joissa hyödynnetään ns. häkäpönttötekniikkaa, joka on tunnetumpaa tekniikkaa ajoneuvojen puolelta. Tekniikka sopii kuitenkin myös CHP-tuotantoon. Lampisen & Jokisen (2006) mukaan tätä teknologiaa löytyy maailmalta käytössä myös maatilakokoluokassa. Sillä voisi olla merkittävä potentiaali myös Suomen maatiloilla, sillä se pystyy hyödyntämään puubiomassaa sähköntuotannossa. Puun kaasutuksessa prosessiin tuodaan hyvin vähän ilmaa jolla poltetaan pieni osa polttoaineesta. Prosessin lämpötila on noin 500 – 800 °C, lämmön vaikutuksesta puun ainesosat kaasuuntuvat. Suomessa tätä on tutkinut ja kehittänyt muun muassa reisjärvinen GASEK Oy. Kaasureaktorin polttoaineeksi käy esimerkiksi kuiva (< 45 %) kokopuuhake, mutta myös elintarviketeollisuuden ja muiden orgaanisten aineiden hyödyntämistä hakkeen rinnalla tutkitaan. (GASEK Oy 2010)

Stirling-moottori ja ORC-tekniikka¹⁹ edustavat välittäjäaineisiin (kaasu tai neste) perustuvia sähköntuotannon tekniikoita. Välittäjäaineena Stirlingissä voi toimia esimerkiksi happi, vety, typpi tai yleisimmin käytetty helium. ORC-tekniikassa välittäjäaineena toimii jokin orgaaninen aine kuten esimerkiksi tolueeni, isobuteeni tai isopentaani, joiden höyrystymispiste on alhainen. Stirlingmoottori saa voimansa lämpötilaerosta - kaasu liikkuu moottorin sisällä vuoroin jäähtyen ja vuoroin lämmiten. ORC-prosessissa puolestaan hyödynnetään orgaanisen aineen olomuodon muutos nestemäisestä höyryksi ja takaisin. Toistaiseksi näitä tekniikoita vielä tutkitaan ja demonstroidaan CHP-tuotannossa. Tehdyt laitokset ovat kokoluokaltaan noin 10 – 100 kWe. Etuna näissä tekniikoissa on polttoainevaihtojen runsaus. Maatiloilla Stirlingmoottoreiden polttoaineeksi soveltuvat esimerkiksi biokaasu, kasviöljyt ja pelletit (Lampinen & Jokinen 2006).

Sähköntuotanto on mahdollista myös polttokennotekniikalla. Siinä polttoaineen kemiallinen energia muunnetaan suoraan sähköksi, jonka ansiosta polttokennojen hyötysuhde on korkea. Jo tällä hetkellä maailmalta löytyy paikallisia CHP-laitoksia, joissa hyödynnetään vetyä polttokennotekniikalla. Vetyä voidaan valmistaa muun muassa elektrolyysillä hajottamalla vettä hapeksi ja vedyksi sähkön avulla. Vedyn valmistus on

¹⁹ Organic Rankine Cycle

kuitenkin vielä hyvin energiaintensiivistä ja vaatii edelleen tutkimus- ja kehitystyötä. Toisaalta vetyä voidaan saada esimerkiksi kemianteollisuuden sivutuotteena, jolloin sen hyödyntäminen edelleen energiaksi on hyvin perusteltua. Polttokennoteknologia sopii hyvin myös pieniin kokoluokkiin ja sen avulla voidaan saavuttaa esimerkiksi talokohtainen energiaomavaraisuus (sähkö, lämpö ja liikennepolttoaine). Ensimmäinen tällainen energiaomavarainen polttokennoteknologiaa hyödyntävä talo valmistui Freiburgiin Saksaan vuonna 1992 (Lampinen 2009). Polttokennojen odotetaan nousevan merkittäväksi teknologiaksi pitkällä aikavälillä. Ulkomailla on käytössä useita maatilakokoluokkaan soveltuvia mikro-CHP teknologioita, jotka tekevät vasta tuloaan Suomen markkinoille (Virtanen & Thun 2005).

Hajautetusti tuotetun energian, kuten esimerkiksi maatilojen biokaasusta tuotetun energian välittämiseen ja varastointiin liittyy yhä haasteita. Tällä hetkellä hajautetun energiantuotannon kehittymiseksi paljon odotuksia on kohdistunut älykkäisiin sähköverkkoihin. Tulevaisuuden verkko pystyisi säätämään sähkön kulutusta kuormituksen mukaan. Verkko pystyisi hyödyntämään pienimuotoista ja hajautettua energiantuotantoa paljon nykyistä verkkoa paremmin. Verkko voisi hyödyntää esimerkiksi sähköautoja energiavarastoina, joka lisäisi joustavuutta ja vähentäisi tarvetta huippukapasiteetin rakentamiselle. (Tekniikka ja Talous 2010b)

3.4 Biokaasuntuotanto ja sen mahdollisuudet maatilamittakaavassa

Biokaasuntuotanto perustuu anaerobiseen hajoamiseen, jossa useat eri mikrobit osallistuvat hajotusketjun eri vaiheisiin. Biokaasulaitoksessa tapahtuvassa anaerobisessa prosessissa orgaaninen aines suljetaan hapettomaan reaktoriin, jonka lämpötila on noin 35 – 37 °C (mesofiilinen) tai 50 – 55 °C (termofiilinen). Lämpötilasta riippuen prosessissa toimii erilaisia aktiivisia mikrobikantoja, jotka hyödyntävät ravinnokseen syötteessä olevaa orgaanista ainetta ja sen hajoamistuotteita. (Latvala 2009) Prosessissa hajoava orgaaninen aines muodostaa muun muassa etikkahappoa ja vetyä. Metaania tuottavat bakteerit muodostavat etikkahaposta ja vedystä metaania. Prosessissa syntyy biokaasua, joka sisältää pääosin metaania ja hiilidioksidia. Yhden liete-erän käsittelyaika märkäprosessissa on noin 12 – 30 vuorokautta. (Latvala 2009)

Eläinten lanta on hyvä perusmateriaali biokaasuntuotannossa, sillä se sisältää useimmat mikrobien tarvitsemat ravinteet, sillä on korkea puskurikapasiteetti ja sitä on useimmiten saatavilla tasaisesti vuoden ympäri. (Lehtomäki ym. 2007)

Lannan metaanintuottoa (taulukko 3) voidaan parantaa ja näin ollen lisätä myös tuotannon kannattavuutta eri orgaanisten materiaalien yhteiskäsittelyllä. Potentiaalisia lisämateriaaleja ovat esimerkiksi omalta tilalta saatavat peltobiomassat kuten kesantoalojen nurmi tai energiantuotantoa varten viljellyt energiakasvit sekä erilaiset kasvintuotannon sivutuotteet ja pilaantuneet erät. Myös yhdyskuntien ja teollisuuden biojätteet sekä puhdistamo- ja sakokaivolietteet ovat mahdollisia lisäsyötteitä. (Lehtomäki ym. 2007)

Suomessa tuotettiin vuonna 2009 biokaasua yhteensä noin 145 miljoonaa m³ (energiasisältö noin 1,44 TWh). Biokaasusta hyödynnettiin energiaksi kuitenkin vain osa eli noin 67 %, suuri osa energiasta hukattiin poltettaessa ylijäämä. Biokaasusta tuotettiin noin 378 GWh lämpöä ja 58 GWh sähköä. Tuotettu energiamäärä (436 GWh) on alle 1 % uusiutuvan energian tuotannosta Suomessa. (Kuittinen ym. 2010) Biokaasun hyödyntämisessä olisi vielä erittäin merkittäviä lisäysmahdollisuuksia.

Suomessa biokaasuntuotanto on perinteisesti yhdistetty kaatopaikkojen toimintaan, ja täällä toimiikin 35 kappaletta kaatopaikkakaasua hyödyntäviä energialaitoksia. Biokaasua hyödynnetään kaatopaikkojen jälkeen toiseksi eniten yhdyskuntien jäteveden puhdistamoilla. Maatiloilla biokaasun hyödyntäminen energian tuotannossa on Suomessa vielä vähäistä. Biokaasu soveltuu kuitenkin hyvin myös maatila ja omakotitalo mittakaavan energiantuotantoon. Maatilakohtaisia reaktoreita on nykyisellään yhdeksän kappaletta ja tällä hetkellä suunnittelu- ja rakennusvaiheessa kymmenen lisää. Biokaasua voidaan maatiloilla tuottaa esimerkiksi karjanlannasta yhdessä helposti hajoavan biomassan kanssa, kuten nurmi, ylijäämä vilja, olki, energiakasvit ja biojäte. Maatilojen biokaasureaktoreissa tuotettiin vuonna 2009 yhteensä 1019 MWh sähköä ja 3087 MWh lämpöä. (Kuittinen ym. 2010)

Yhteismädättämissä erilaisia biojätteitä mädätetään yhdessä lannan tai jätevedenpuhdistamolietteiden kanssa. Tällaisia toiminnassa olevia yhteismädättäjä on Suomessa nykyisellään viisi kappaletta, ja suunnittelu- tai rakennusvaiheessa olevia

laitoksia 17 kappaletta. (Kuittinen ym. 2010) Biokaasuntuotanto on tunnettu Suomessa jo ainakin kymmeniä vuosia²⁰.

Biokaasuntuotannon kannattavuusselvityksiä on Suomessa tehty useita (esim. Hagström ym. 2005). Niiden mukaan biokaasuntuotanto maatilakokoluokassa on kannattavaa vasta tietyn kokoisella tilalla, esimerkiksi vähintään 100 nautaa tai 1000 sikaa. Tutkimukset osoittavat kuitenkin, että muut tilalla muodostuvat maatilatalouden sivuvirrat, kuten ylijäämä vilja, olki ja kesantoalojen nurmikasvit voivat olla merkittävä lisä biokaasuntuotannon potentiaaliin. Tämän lisäksi huomionarvoista on, että eri kasvibiomassat lisäävät lannan metaanintuottoa (esim. Lehtomäki 2006, Lehtomäki ym. 2007). Toisaalta kannattavuuteen vaikuttaa hyvin olennaisesti myös valtiovallan ohjaus- ja tukitoimet. Kyse on tietyltä osin kannattavuuden edellytysten luomisesta, johon tulisi Suomessa kiinnittää enemmän huomiota. Toisaalta tilakoon asettamat rajoitukset voidaan ohittaa muodostamalla useamman tilan yhteisiä biokaasulaitoksia tai yhteismädätyslaitos, joka käsittelee esimerkiksi lannan tai jätevesilietteen kanssa yhdessä muita orgaanisia jakeita kuten yhdyskunnan ja elintarviketeollisuuden biojätettä. Biokaasuntuotannon kannattavuus on myös taloudellisen potentiaalın tapaan dynaaminen käsite.

Biokaasulla on mahdollista tuottaa energiaa oman tilan tarpeisiin ja samalla tuottaa sähköä myös myyntiin. Esimerkiksi Saksassa monet viljelijät tuottavat varsinaisen viljelyn ohella sähköä biokaasusta, mikä muodostaa merkittävän osan tilan tuloista (Huttunen 2004). Eri puolilta maailmaa²¹ löytyy myös runsaasti esimerkkejä siitä kuinka yksittäiset, pienetkin maatilat voivat tyydyttää oman energiantarpeensa biokaasulla.

Pirkanmaan ainoa maatilakohtainen biokaasulaitos Koivusen tila Virtain Liedenpohjassa tuottaa sekä sähköä että lämpöä (Kuittinen ym. 2010)²². Tilalla on noin 120 nautaa ja

²⁰ Vuosina 1941 - 1946 Helsingissä oli käytössä kaksi biokaasutankkauspistettä jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä, toisen maailmansodan jälkeen öljy kuitenkin syrjäytti biokaasun liikennekäytössä. Vasta vuonna 2002 perustettiin ensimmäinen sotien jälkeinen biokaasutankkauspiste Kalmarin tilalle Laukaaseen valtiovarainministerin poikkeusluvalla. (Lampinen & Jokinen 2006)

²¹ Biokaasua on hyödynnetty Kiinassa jo tuhansia vuosia (Lampinen & Jokinen 2006). Sen käyttö on edelleen erityisen voimakasta omakotitalo ja maatilakokoluokassa Aasiassa. Kiinan Maatalousministeriön tavoitteena on saada biokaasu käyttöön 40 miljoonassa kotitaloudessa vuoden 2010 loppuun mennessä, ja edelleen kunnianhimoisena tavoitteena on tuplata tämä määrä vuoteen 2020 mennessä. (Wang 2009) Todellinen poliittisen tahdon voimannäyte oli Kiinan biokaasulaitosten määrän nostaminen 10 – 30 miljoonaan kymmenessä vuodessa. (Liikennebiokaasu-sivusto 2010)

²² Tila ei sijaitse työn tarkastelualueella.

saman verran nuorta karjaa, joiden tuottama lantamäärä riittää hyvin biokaasuntuotantoon. Tilalla on tarkoitus jatkossa hyödyntää lisäsyötteenä muun muassa heinää ja järviruokoa.

3.4.1 Biokaasuntuotannon ja -käytön ympäristövaikutukset

Biokaasun ympäristöhyödyt ovat moninaiset. Biokaasuntuotannon voidaan katsoa olevan energiantuotannon lisäksi myös maatalouden toimintojen tehostamista ja maatalouden ympäristövaikutusten vähentämistä. Biokaasuntuotannon myötä on mahdollista vähentää maatalouden ilmanpäästöjen lisäksi vesistökuormitusta sillä käsitellyssä lietteessä ravinteet, kuten typpi muuttuvat kasveille käyttökelpoisempaan muotoon, jolloin ravinneylijäämän huuhtoutuminen vesistöihin vähenee. (Tafdrup 1995)

Lannan anaerobisessa käsittelyssä yhdistyy jätehuolto ja ravinteiden kierrätys kun esimerkiksi yhdyskuntien orgaanisen jätteen ravinteiden palauttaminen peltoon mahdollistuu. Energiaa voidaan katsoa syntyvän näiden toimintojen sivutuotteena. Mädätetyn lannan lannoitusarvo paranee, jolloin voidaan korvata alati kallistuvia kemiallisia lannoitteita. Lannoitteiden valmistus on hyvin energiaintensiivistä teollisuutta, ja lisäksi maailman fosforivarat ovat rajalliset (Tekniikka ja Talous 2010a).

Biokaasuntuotanto voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ainakin kolmella tavalla; korvaamalla fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa ja liikennepolttoaineena, vähentämällä lannan käsittelyn aiheuttamia metaanipäästöjä, lisäksi rejektin käyttö lannoitteena vähentää kemiallisten lannoitteiden tarvetta ja näin ollen säästää siellä tarvittavaa energiaa. Lisäksi biokaasuprosessin läpikäynyt lanta on hygienisoidumpaa, jolloin vähenevät myös hajuhaitat, jotka perinteisessä lannanlevityksessä voivat olla merkittävä ympäristöhaitta lähiasutukselle. Biokaasuntuotanto tarjoaa myös uudenlaisen tavan hyödyntää kesantomaita ja luonnonhoitopeltoja. Viljelyssä olevat pellot suojaavat maata myös eroosiolta.

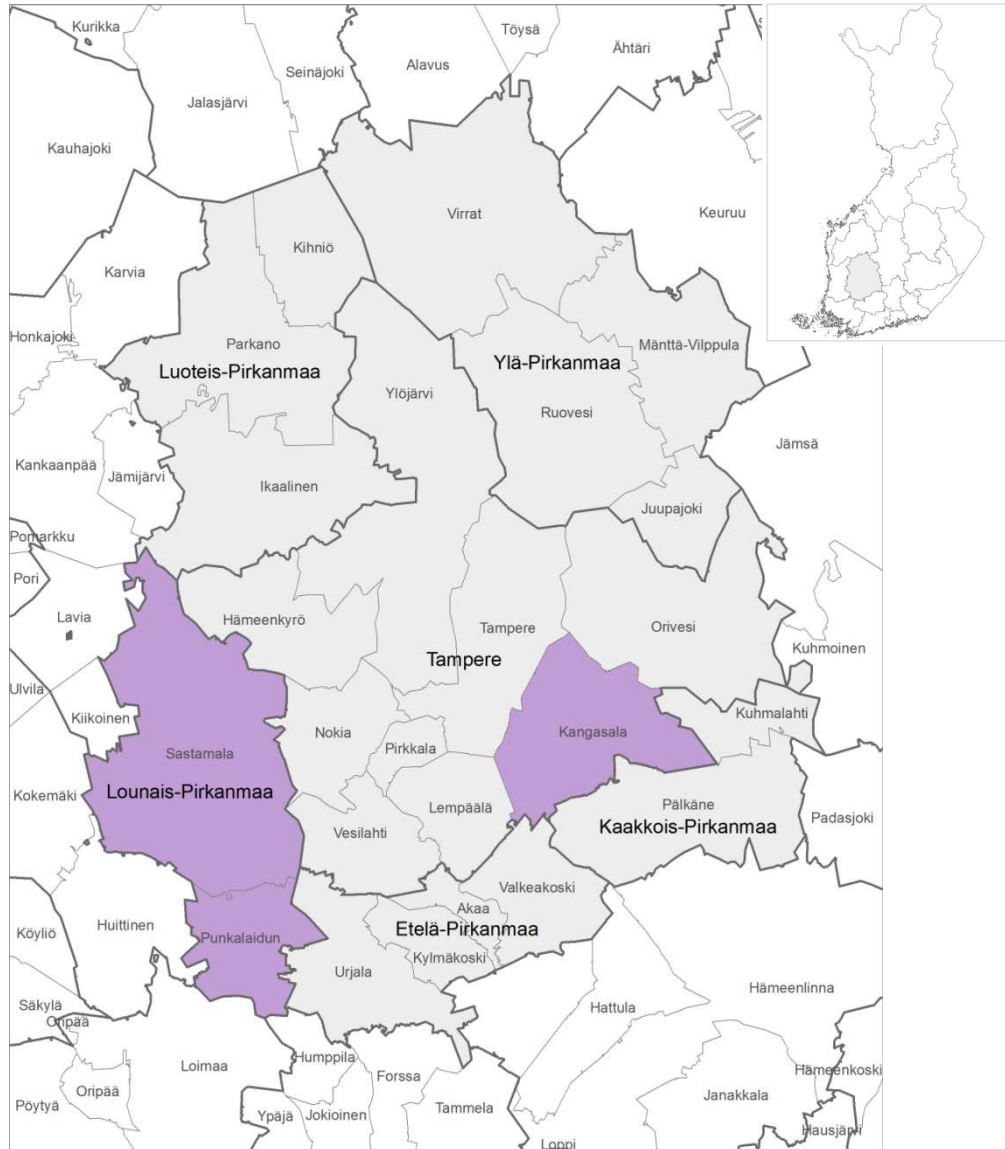
Börjenssön & Berglundin (2007) mukaan biokaasuntuotanto yleensä aina johtaa ympäristöhyötyihin, jotka joissain tapauksissa ovat hyvin merkittäviä. Useimmiten kyseessä ovat epäsuorat ympäristöhyödyt, kuten muuttunut maankäyttö ja orgaanisen jätteen käsittely (vähentynyt typen valuma, vähentyneet ammonium- ja metaanipäästöt), jotka usein ylittävät suorat ympäristöhyödyt. Sellaisia ovat esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biokaasulla (vähentyneet hiilidioksidipäästöt ja muut ilmanpäästöt). Tällaiset epäsuorat biokaasuntuotannon ympäristöhyödyt jäävät kuitenkin usein käsittelemättä tarkasteltaessa biokaasua ympäristönäkökulmasta.

Kuitenkin biokaasuntuotannon ympäristövaikutukset voivat vaihdella hyvinkin paljon mädätettävästä materiaalista, tuotettavasta energiasta (lämpö/sähkö/liikennepolttoaine) ja toisaalta korvattavasta energiamuodosta riippuen. (Börjenssön & Berglund 2007)

Eräiden laskelmien mukaan biokaasu lämmöntuotannossa vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä yli 300 % verrattuna maakaasuun ja vielä enemmän verrattuna polttoöljyyn. Laskelmissa on huomioitu koko elinkaaren aikaiset päästöt. Suurin kasvihuonekaasujen kokonaispäästövähennys biokaasun käytössä aiheutuu metaanipäästöjen vähennyksestä. (Lampinen & Jokinen 2006)

4 TARKASTELUALUE

Työn tarkastelualue kattaa Länsi-Suomessa Pirkanmaan maakunnassa sijaitsevan Lounais-Pirkanmaan seutukunnan muodostavat Punkalaitumen ja Sastamalan kunnat sekä Tampereen seutukunnassa sijaitsevan Kangasalan (Kuva 3). Tarkastelualueen kunnista Kangasala edustaa maaseudun kolmijaon mukaan kaupungin läheistä maaseutua, kun taas Lounais-Pirkanmaa on kokonaisuudessaan ydinmaaseutua (Keränen ym. 2000). Lounais-Pirkanmaa on tutkimuksessa mukana vahvan maa- ja metsätaloussektorin vuoksi, seutukunnassa on esimerkiksi määrällisesti enemmän maatiloja kuin muualla Pirkanmaalla. Kangasalan sijainti Tampereen kaupungin kyljessä on omalla tavallaan mielenkiintoinen, sillä kunnassa on edelleen vahva maataloussektori, elintarviketeollisuutta sekä yhä laajeneva maakaasuverkosto. Tampereen kaupungin läheisyys, edustaen merkittävää energian tarvetta sekä kaupungin voimakas maakaasuriippuvuus ovat omalla tavallaan kiinnostavia taustavaikuttajia työn tarkastelualueella.



Kuva 3. Tutkimuksen tarkastelualue Pirkanmaan maakunnassa (Pohjakartta-aineisto: © Maanmittauslaitos 51/MML/10).

4.1 Punkalaidun

Punkalaidun sijaitsee Pirkanmaan lounaisimmassa kulmassa, lähellä Satakunnan rajaa. Punkalaidun siirtyi Satakunnasta Pirkanmaan maakuntaan vasta vuoden 2005 alussa. Maaja metsätalouden työpaikkojen osuus on Punkalaitumella Pirkanmaan korkein, maatilojakin on lähes 300, asukkaita kunnassa on noin 3300 (taulukko 1).

Tilastokeskuksen luokituksen mukaan Punkalaidun on maaseutumainen kunta ja edelleen maaseudun kolmijaon mukaan ydinmaaseutua. Punkalaitumen energiantuotannon

infrastruktuurille leimallista on keskitetyn kaukolämmöntuotannon puuttuminen, se on kunnassa toistaiseksi koettu asumisrakenteen väljyyden vuoksi kannattamattomaksi.

Alkutuotannon (maa- ja metsätalous) työpaikkojen osuus on Pirkanmaan suurin 23,3 %. Punkalaitumen suurimmat työnantajat ovat kunnan jälkeen SHT-Tukku Oy ja Kaskenoja Oy.

Punkalaitumen maatilojen koko kasvaa vuosittain jonkin verran. Tilojen lukumäärä sitä vastoin vähenee vuosittain noin 2 %, etenkin pienempien eläintilojen lopettaessa toimintansa. Biokaasuntuotannon mahdollisuuksista on ollut keskustelua, esimerkiksi Kanteenmäen kylän osalta, jossa sijaitsee voimakas sikatalouden keskittymä. (Kallionpää 2010, tiedonanto)

Taulukko 1. Tarkastelualueen perustietoja.

Sijainti	Väkiluku ^a	Väestön tiheys as/km ²	Taajama-aste ^b %	Maatilojen lukumäärä ^c	Peltoala ha	Maatiloilla metsää ^d ha	Metsää kunnassa ^e km ²	Maapinta-ala kokonaisuudessaan ^g km ²
Punkalaidun	3333	9,2	41	288	12 857	9 962	190	361
Sastamala	24 476	19	66	742	26 620	30 317	900	1292
Kangasala	29 522	58,2	86	204	7 539	12 361	350	489

a Väestörekisterikeskus 2009, b Tilastokeskus 2010a, c Kuntien maaseutusihitteerit, d Tike 2011, e Raitila 2006, g Maanmittauslaitos 2009

4.2 Sastamala

Sastamala on uusi, vuoden 2009 alussa perustettu kaupunki, jossa asuu noin 24 500 asukasta. Kaupunki koostuu kuntarakenteen uudistusten myötä seitsemästä aiemmin itsenäisestä kunnasta (Vammala (Suodenniemi, Tyrvää, Karkku), Äetsä (Kiikka ja Keikyä) ja Mouhijärvi). Pinta-alaltaan Sastamala on laaja 1292 km² eli yli kaksi kertaa Kangasalan kaupungin kokoinen (taulukko 1).

Sastamala on maaseutuvaltainen kaupunki, jossa alkutuotannon työpaikkojen osuus on edelleen suuri. Aktiivisten maatilojen lukumäärä on tällä hetkellä noin 750, joista kasvinviljelytiloja selvästi eniten (Lakkinen 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Kaupungin tavoitteena on edelleen vahvistaa alueen elinkeinorakennetta, ja kehittää sekä monipuolistaa maatilojen toimintaa. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelman Pirkanmaan alueohjelma vuosille 2007 - 2013 luo puitteet myös Sastamalan kuten Punkalaitumenkin maaseudun kehittämiselle.

Ohjelman tavoitteena on erityisesti parantaa ja edistää maaseudun elinkeinoelämää, asukkaiden toimeentulomahdollisuuksia ja elinoloja. Uusiutuvan energian osalta tavoitteena on avata uusia mahdollisuuksia bioenergian käytön lisäämiselle. Ohjelmakaudella bioenergian tavoitellaan muodostavan jo merkittävän osan maaseutuyritysten tulosta. (Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2009)

Sastamalan tuoreen maaseutustrategin mukaan suurin osa kunnan maataloista toimii palvelusektorilla, joista ylivoimaisesti suurin on koneurakointi. Kasvavia aloja ovat bioenergiantuotanto, sekä hyvinvointi- ja matkailupalvelut. Strategiassa on määritelty tavoitteita myös koskien uusiutuvan energian käytön lisäämistä. Keskeinen tavoite on kolminkertaistaa hakkeen käyttö lämmöntuotannossa. Konkreettisina toimenpiteinä mainitaan muun muassa lämpökattiloiden korvaaminen pienillä yhteistuotantoyksiköillä Kiikan, Suodenniemen ja Uotsolan paikallis- ja kyläkeskuksissa, sekä kaupungin ja muiden yhteisöjen omistamissa kiinteistöissä. (Sastamalan maaseutustrategia 2010)

Sastamalan maatilojen lukumäärä on vähentynyt keskimäärin noin 2 % vuosittain vuodesta 1996 alkaen. Tuotannon lopettaneiden tilojen peltoala siirtyy useimmiten jatkaville tiloille vuokramaina, eikä uutta peltoa raivata. Biokaasuntuotantoa ei kunnassa ole. (Lakkinen 2010, henkilökohtainen tiedonanto)

4.3 Kangasala

Kangasalan luonnonkaunis kunta sijaitsee Tampereen kainalossa. Kangasala on viiden harjun ja kolmen suuren järven halkoma. Asukkaita on noin 29 500, ja väkiluku kasvaa vuosittain noin 500 asukkaalla, asukkaista noin 86 % asuu taajamissa (taulukko 1). Kangasala on kasvanut tuoreiden kuntaliitosten myötä; Sahalahti liitettiin Kangasalaan vuonna 2005 ja Kuhmalahti vuoden 2011 alussa. Kangasala on suomalaisen maaseudun kolmijaon mukaan taajaan asuttua kaupunginläheistä maaseutua.

Palveluiden osuus elinkeinojakaumasta on 60,1 %, jalostuksen noin 34,4 % ja maa- ja metsätalouden 4,3 %. Suurimmat työnantajat ovat Kangasalan kunta ja Ruoka-Saarioinen Oy. (Kangasala 2010) Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma kattaa kaikki maakunnan kunnat, lukuun ottamatta Tampereen kaupungin keskustaajamaa. Kuitenkin paikallinen toimintaryhmä Kantri ry on rajannut lisäksi toimintansa ulkopuolelle Kangasalan kunnan, Nokian kaupungin ja Ylöjärven kaupungin. Perusteluna on muiden

muassa alueiden kaupunkimaisuus. Kangasala on tarkastelualueen kunnista ainoa jonne ulottuu maakaasuverkosto.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa kuvataan tarkastelualueelta kerätyt aineistot sekä muut työssä käytetyt aineistot ja niiden analysoinnissa käytetyt menetelmät. Työn keskeistä empiiristä aineistoa ovat tarkastelualuetta kuvaavat tiedot. Tiedot aineistoanalyysiä varten koottiin useasta eri lähteestä, suoraan tarkastelualueen kunnista sekä mahdollisuuksien mukaan aiemmista julkaisuista ja tilastoista. Keskeisiä kunnista kerättyjä tietoja ovat alueen nykyistä energiainfrastruktuuria, sekä energiantuotantoa ja -kulutusta koskevat niin numeeriset kuin laadullisetkin tiedot. Tässä työssä tarkasteltujen bioenergian potentiaalien arvioimiseksi tarvittiin tietoja tarkastelualueen maataloustuotannosta, metsävaroista sekä yhdyskunnan orgaanisen jätteen synnystä.

5.1 Aineisto

Paikallisista energiaraaka-aineista on potentiaalitarkastelussa huomioitu metsäenergia, peltoenergia sekä muut tyypilliset biokaasuntuotantoon soveltuvat orgaaniset aineet kuten karjanlanta ja yhdyskuntien biojäte sekä Kangasalan osalta Ruoka-Saarioinen Oy:n elintarvikejäte. Peltoenergialla tässä työssä tarkoitetaan viljan ja öljykasvien olkea, nykyisiä kunnassa viljeltäviä energiakasveja (lähinnä ruokohelppi), jonka lisäksi kesanto²³, luonnonhoitopelloilta ja hoidetuilta viljelemättömiltä pelloilta on arvioitu timotei-apilanurmen vuotuinen sato. Tarkastelualueen kesantoaloista suurin osa on nykyisellään viherkesantona ja kasvaa nurmea. Nurmikasvien soveltuvuutta biokaasuntuotantoon ovat tutkineet muiden muassa Lehtomäki (2006) ja Seppälä ym. (2009) ja kasvien biomassan tuotto sekä metaanintuotto on todettu merkittäväksi, jopa ruokohelpeä korkeammaksi. Toisaalta nurmikasvit ovat viljelijöille entuudestaan tuttuja ja tarvittava laitteisto on jo olemassa (Seppälä ym. 2009, Seppälä 2010 henkilökohtainen tiedonanto). Tässä työssä kesanto-, luonnonhoito- ja hoidetuilta viljelemättömiltä pelloilta laskettiin timotei-apilanurmen vuotuinen satotaso ja metaanintuotto. Timotei-apilanurmen biomassan tuotto sekä metaanintuotto on ruokohelven ohella todettu merkittäväksi ja edelleen lannoituksen tarve vähäiseksi apilan typensidontaominaisuuksien ansiosta. (Lehtomäki 2006)

²³ avo-, sänki- ja viherkesanto

5.2 Aineiston keruu ja analyysissä käytetyt menetelmät

Tarkastelualuetta koskevat tiedot kerättiin useasta eri lähteestä kuten kunnan viranomaisilta, lämpölaitoksilta, sähkölaitoksilta, jätehuoltoyhtiöiltä, teollisuuslaitoksista ja muilta asiantuntijoilta. Työssä hyödynnettiin myös Tilastokeskuksen, Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelun (Tike) maataloustilastoja (Matilda) sekä Energiateollisuus ry:n tilastoaineistoja. Työn ajallisesti vaativin osio oli erinäisten tunnuslukujen ja tietojen kokoaminen tarkastelualueen kunnista. Työn aineisto on kerätty pääosin kesän 2010 aikana. Seuraavaksi kuvataan eritellysti työn eri osa-alueissa hyödynnettyjen aineistojen käsittelyä ja käytettyjä menetelmiä.

5.2.1 Energian tuotanto ja kulutus

Lämmöntuotantoa koskevat tiedot kerättiin suoraan paikallisilta lämpölaitoksilta ja osittain myös kunnan lämpöyrittäjiltä. Paikallisille kaukolämpölaitoksille lähetettiin kesäkuussa 2010 kysely koskien tuotannon kapasiteettia, tuotannon määrää ja käytettyjä polttoaineita (Liite 1). Pirkanmaalaisia lämpölaitoksia ja lämpöyrittäjyyttä koskevia tietoja saatiin myös vuoden 2006 Puuenergiaselvityksestä (Raitila 2006). Paikallista kiinteistökohtaista lämmöntarvetta kuvaavat tiedot laskettiin Tilastokeskuksen aineiston pohjalta (Tilastokeskus 2010b). Tilastossa on kuvattu Suomen kuntien lämmöntarve lämmitysaineen mukaan seuraavalla jaottelulla; kauko- tai aluelämpö, öljy ja/tai kaasu, sähkö, kivihiili, puu ja/tai turve, maalämpö, muu tuntematon. Tilastossa on esitetty rakennusten lukumäärä ja kerrosala (m²) lämmitysaineen mukaan. Tässä työssä rakennusten lämmönkulutus laskettiin käyttäen keskimääräistä huonekorkeutta 2,5 metriä, sekä lämmitysenergian tilavuusyksikkökohtaista kulutusta 40 kWh/m³. Kauko- tai aluelämmöntuotannossa käytetyt polttoaineet selvitettiin tarkastelualueelta tämän työn puitteissa (Liite 1).

Paikallisesta sähköntuotannosta haettiin tietoja mahdollisuuksien mukaan suoraan laitoksista vastaavilta henkilöiltä, kunnan teknisiltä johtajilta sekä muilta sähköntuotannon kenttää tuntevilta.

Kuntakohtaiset sähkönkulutusluvut vuodelta 2009 arvioitiin Energiateollisuus ry:n kokoamasta tilastosta (Energiateollisuus ry 2010b). Nämä sähkönkulutusluvut sisältävät

myös sähkölämmityksen, joten kuntien käyttösähkön määrä arvioitiin vähentämällä edellä esitetyn mukaisesti lasketut sähkölämmityksen osuudet sähkön kokonaiskulutuksesta.

5.2.2 Peltoenergia

Peltoenergiapotentiaalin laskemiseksi tarkastelualan kunnista kerättiin tiedot nykyisistä viljelypinta-aloista. Kuntien maaseutujohtajille lähetettiin kesäkuussa 2010 kysely koskien kunnan viljelypinta-aloja sekä eläinmääriä (Liite 2). Olkipotentiaalin määrittämiseksi tarvittiin tiedot vilja- ja öljykasvien viljelypinta-aloista. Alle viiden vuoden nurmista otettiin huomioon tekniseen potentiaaliin vain toinen sato, sillä ensimmäinen sato käytetään pääsääntöisesti karjan rehuksi. Kesantoaloille, sekä luonnonhoito- ja hoidetuille viljelemättömille peltoaloille laskettiin kaksi satoa vuodessa timotei-apilanurmena. Kesantoalat kasvat nykyisellään pääosin nurmea. Tarkastelualueella tällä hetkellä viljelystä ruokohelvestä on huomioitu yksi sato vuodessa. Riistanhoitopeltoja ei huomioitu, sillä niiden kasvillisuus on säilytettävä nykyisellään. Laskelmissa (Liite 5) on käytetty satotasojen keskiarvoja (taulukko 2).

Taulukko 2. Tarkasteltujen peltohiomassojen vuotuinen satotaso tTS/ha⁻¹.

	Viljan- ja öljykasvien olki	Ruokohelvi	Timotei-apilanurmi	Nurmi ²⁴
Satotaso tTS/ha ⁻¹	2 (1-3) ^a	5,8 (2,9-13,7) ^b	9,5 (8-11) ^c	4,3 (1,1-13,7) _{b, d}

a Mäkinen ym. 2006, b Seppälä ym. 2009, c Lehtomäki 2006, d) Sato tTS/ha⁻¹/niitto

²⁴ Nurmikasveja ovat esimerkiksi nurminata, koiranheinä, timotei, ruokohelvi. Nurmikasvien satotaso vaihtelee hyvinkin paljon kasvuolosuhteista riippuen, esimerkiksi Seppälän ym. (2009) tutkimuksessa nurmikasvien satotaso on vaihdellut 1,1 – 13,7 t TS/ha⁻¹. Suomen kasvuoloissa nurmikasveista korjataan yleisesti kaksi satoa vuodessa. Koiranheinän ja nurminadan sato toisessa niitossa on Seppälän ym. (2009) mukaan ollut noin 5,1 – 5,2 t TS/ha⁻¹. Tässä työssä on tekniseen potentiaaliin otettu huomioon alle viiden vuoden nurmista vain toinen sato, jossa on käytetty keskimääräistä satotasoa 4,3 t TS/ha⁻¹ nurmikasveille (Seppälä ym. 2009). On kuitenkin huomioitava että nurmikasvilajikkeesta tai niiden seoksesta ja kasvuoloista riippuen toinen sato voi olla myös jotain muuta. Yksiselitteistä satotasoa nurmikasveille, jotka usein vielä koostuvat useamman lajin seoksesta, oli haastava löytää.

5.2.3 Maatalouden sivutuotteet

Kotieläimiin perustuvat tiedot kerättiin tarkastelualueen kuntien maaseutusihteereiltä, Kangasalaa lukuun ottamatta, jonka tiedot saatiin Tike-tietopalvelun (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus) kautta. Maaseutusihteereiltä saanut tiedot kuvaavat kunnan tilannetta vuoden 2010 toukokuussa, kun taas Tike:n kautta saadut tiedot ovat vuodelta 2009. Maaseutusihteereiden toimittamat tiedot ovat osa EU-kirjanpitoa, ja tiedoissa kotieläimet on jaoteltu useampaan eri ala-luokkaan eläimen koon, sukupuolen tai iän mukaan.

Tässä työssä kotieläimistä otettiin huomioon nautaeläimet (lypsylehmät, emolehmät, hiehot, vasikat ja sonnit), siat (lihasiat, emakot ja porsaas) sekä siipikarja (munivat kanat, broilerit ja kananpoikaset). Työssä oletettiin että niin maaseutusihteereiltä kuin Tike:sta saadut tiedot kuvaavat kyseisen vuoden keskimääräistä kotieläinmäärää.

Biokaasuntuotantopotentiaalin selvittämiseksi arvioitiin kotieläinten lukumäärän perusteella niiden vuotuinen lannantuotto. Tässä työssä vuotuisen lannantuoton määrittämiseksi käytettiin Valtioneuvoston nitraattiasetuksen Liitteessä 2 säädettyjä ohjetilavuutta (m³) kahdentoista kuukauden lannan varastointia varten (VN 2000). Varastointitilavuuksien oletettiin vastaavan vuotuista lannantuottoa (m³).

Nautojen ja sikojen lannantuoton laskemisessa sovellettiin sekä liete- että kuivikelannan lukuarvoja (Liite 3). Mäenpään (2005) mukaan kuivikelantajärjestelmä koskee Suomessa noin 60 % nautaeläimistä ja 40 % sioista. Siipikarjan osalta lannantuotto laskettiin kuivikelannan lukuarvoilla. Tässä työssä metaanintuottopotentiaali rajattiin koskemaan lukumääräisesti merkittävimpiä eläinryhmiä - naudat, siat ja siipikarja. Tarkastelun ulkopuolelle rajattiin näin ollen esimerkiksi hevosten, lampaiden, vuohien ja muiden eläinten lannan metaanintuoton potentiaali. Myös lannan korkea kuiva-ainepitoisuus oli rajaava tekijä. Lannan tilavuudet (m³) muunnettiin lantojen keskimääräisillä tiheyden lukuarvoilla märkätonneiksi (t), joista laskettiin kuiva-ainepitoisuuksien (TS %) perusteella jokaisen eläinlajin tuottaman lannan kuiva-ainemäärä (t TS) (kaava 1).

$$\text{Lannan kuiva-ainemäärä (t TS)} = \text{lannantuotto (m}^3\text{)} \cdot \text{tiheys (kg/m}^3\text{)} \cdot \text{TS (\%)} \quad (1)$$

Lannan orgaanisen kuiva-aineen (VS) määrä (t) perustui kirjallisuudessa (ks. esim. Iileji ym. 2008) esitettyihin lannan keskimääräisiin VS/TS –suhteisiin (Liite 3). Lantojen orgaanisen kuiva-aineen (VS) määrä laskettiin kaavalla 2.

$$\text{Orgaanisen kuiva-aineen määrä (t VS)} = \text{lannan kuiva-ainemäärä (t)} \cdot \text{VS/TS (\%)} \quad (2)$$

Kuntakohtaisten eläinmäärien ja vuotuisen lannantuoton pohjalta laskettiin vuotuinen metaanisaanto ja edelleen lannan energiasisältö biokaasuntuotannossa. Metaanin energiasisältö on noin 9,9 kWh/Nm³ (Biokaasufoorumi 2011).

Taulukko 3. Tarkasteltujen orgaanisten materiaalien metaanintuotto Nm³CH₄ (tVS)⁻¹ (lannat ja biojäte) ja Nm³CH₄ (tTS)⁻¹ (peltobiomassat) sekä Nm³CH₄ (t) märkápaino (teurasjäte, höyhenet). Suluissa viitteissä esitetyt metaanintuoton minimi ja maksimiarvot.

Orgaaninen aines	CH ₄ Nm ³ /t VS	Viitteet
Naudan lanta	175 (100-250)	a
Sian lanta	350 (300-400)	a
Siipikarjan lanta	250 (200-300)	b
Olki	255 (220-290) *	a
Nurmi	303 (251-353) *	c
Timotei-apilanurmi	350 (340-360) *	d
Ruokohelppi	264 (229-306) *	a
Biojäte	550 (500-600)	a
Teurasjäte	150 **	a
Höyhenet	50 **	b

* CH₄ Nm³/t TS, ** märkápaino m³CH₄/t

a Lehtomäki ym. 2007, b Salminen & Rintala 2002, c Seppälä ym. 2009, d Lehtomäki 2006

5.2.4 Muut tarkastellut biokaasuntuotantoon soveltuvat biomassat

Muiden biokaasuntuotantoon soveltuvien biomassojen osalta arvioitiin kuntakohtainen yhdiskunnan biojätteen määrä ja sen metaanintuotto. Lähtökohtaisesti oletettiin että orgaanista jätettä syntyy noin 100 kg per asukas per vuosi, jonka pohjalta laskettiin jätteen hyödynnettävyys biokaasuntuotannossa.

Elintarviketeollisuuden orgaanisesta jätteestä on huomioitu tarkastelun suurin tuotantolaitos, Kangasalan Sahalahdella sijaitseva Ruoka-Saarioinen Oy, jonka tiedot on yhdistetty laskelmissa Kangasalan yhdiskunnan biojätteen arvoihin.

Jäteveden puhdistamoiden liete jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä se ohjataan tällä hetkellä tarkastelualueelta pois eikä lähitulevaisuudessa ole näköpiirissä että tämä käytäntö

muuttuisi. Päinvastoin kuntaliitosten myötä yhä suurempi määrä jätevesiä ohjataan keskitetysti alueen ulkopuolelle.

5.2.5 Metsäenergia

Metsäenergiaa koskevat tiedot pohjautuvat Pirkanmaan energiaohjelman yhteydessä laadittuun Puuenergiaselvitykseen (Raitila 2006). Selvityksessä energiapuupotentiaali on arvioitu kolmella eri tasolla: teoreettinen (raportissa absoluuttinen), tekninen ja taloudellinen potentiaali. Tässä työssä on hyödynnetty raportissa esitetyt teoreettinen ja tekninen potentiaalilin taso.

Metsäenergiapotentiaalilin lisäksi kunnissa voi syntyä metsäteollisuuden sivuvirtoina puupohjaisia energiajakeiksi soveltuvia massoja. Tämän työn tarkastelualueella esimerkiksi Punkalaitumella ja Sastamalassa hyödynnetään nykyisellään energiantuotannossa alueen puusepän- ja vaneriteollisuuden sivuvirtoja (ks. luku 6).

5.3 Työn keskeiset määritelmät ja rajaukset

Seuraavaksi avataan yksityiskohtaisemmin työn keskeisiä määritelmiä, kuten energiapotentiaali ja energiaomavaraisuus. Lisäksi on kuvattu miten työssä arvioidut teoreettinen ja tekninen potentiaalilin taso on määritelty eri raaka-aineiden ja niiden hyödynnettävyyden osalta.

5.3.1 Keskeiset määritelmät

Tässä työssä energiapotentiaalilla kuvataan tietyn energian tuotantoon soveltuvan bioenergiaraaka-aineen energiasisältöä. Potentiaalilin taso viittaa johonkin sellaiseen mikä voi tapahtua, mutta mitä ei välttämättä saavuteta. Keskeistä on huomioida että potentiaali on ajassa muuttuva määre. Työssä on arvioitu valittujen bioenergiaraaka-aineiden teoreettinen ja tekninen potentiaalilin taso. Kuitenkin siten että materiaalit käsittävät pääasiassa maa- ja metsätalouden sivuvirtoja. Teoreettinen potentiaali viittaa tässä työssä korkeimpaan potentiaalilin tasoon, jossa otetaan huomioon lähinnä vain tarkastelukohteen ilmasto- ja luonnonolosuhteet, kuten keskimääräinen vuotuinen satotaso pohjoisissa kasvuoloissa. Teknisessä potentiaalissa otetaan huomioon esimerkiksi korjuutekniset reunaehdot, mutta myös osittain korjuun ympäristönäkökohtia. Metsäenergiasta on

määritelty ravinnetalouden kannalta metsään jätettävä korjuutähteiden osuus (Raitila 2006), samoin peltoenergian osalta on työssä arvioitu kuinka suuri osa materiaalista voidaan kerätä talteen, esimerkiksi oljesta on tässä työssä oletettu voitavan hyödyntää energiaksi vain viidennes vuotuisesta sadosta.

Energiaomavaraisuus on toinen työn keskeisistä käsitteistä. Tässä työssä määritelmä kattaa tietyn alueen (yksittäinen kunta) sisällä tapahtuvan paikallisen energiantuotannon. Ja edelleen kuinka suuren osan energiantuotanto kattaa määrällisesti alueen rajojen sisällä tapahtuvasta energiankulutuksesta. Tässä työssä oletetaan että kaikki energiantuotannossa käytetty kotimainen polttoaine on paikallista, vaikkakaan tämä ei täysin vastaa todellista tilannetta.

5.3.2 Potentiaalitasojen rajaukset

Tässä työssä tarkastellut biomassat kattavat osan tarkastelualueen bioenergiapotentialista. Tarkastelun ulkopuolelle on rajattu muiden muassa biokaasuntuotantoon soveltuva teollisuuden orgaaninen jäte (lukuun ottamatta Ruoka-Saarioinen Oy), jätevesiliete, teurasjäte (lukuun ottamatta Ruoka-Saarioinen Oy), puutarhajäte ja esimerkiksi tienvarsien niittojäte. Rajauksista johtuen voidaan olettaa että lasketut potentiaalin tasot voisivat olla myös korkeampia.

Metsäenergian teoreettinen potentiaali pitää sisällään kaikki päätehakuissa metsään jäävät oksat, latvukset ja kannot. Nuorten metsien ensiharvennuksista kaikki ns. KEMERA-kelpoiset kohteet on huomioitu runkoina mukaan. Muista potentiaali kattaa vain oksat ja latvukset. (Raitila 2006) Metsäenergian teknisessä potentiaalissa on puolestaan rajoitteena huomioitu korjuuteknisten seikkojen lisäksi myös metsänhoidollisia kriteerejä. Esimerkiksi latvusmassaa ja kantoja on jätettävä riittävästi korjuualalle, jottei syntyisi liian suuria ravinnepoistumia ja toisaalta kasvatappioita. Oksista ja latvoista on huomioitu 60 %. Kerättäväksi on ajateltu vain kuusen kannot ja niistä 90 %. (Raitila 2006)

Maatalouden puolelta tarkastellut agrobiomassat on huomioitu teoreettisessa potentiaalin tasossa täysimääräisenä, eli oletuksena on että niin oljesta, nurmikasveista kuin ruokohelvestä saadaan korjattua energiahyötykäyttöön 100 %. Myös eläinten lannasta on teoreettiseen potentiaaliin huomioitu 100 % vuotuisesta lannan määrästä. Teknisessä potentiaalin tasossa puolestaan on arvioitu voitavan hyödyntää oljesta 20 % ja nurmikasveista sekä ruokohelvestä 40 % energiahyötykäyttöön.

Yhdyskunnan orgaanisesta jätteestä on teoreettiseen potentiaaliin huomioitu 100 kg per asukas per vuosi täysimääräisenä, mikä vastaa keskimäärin tällä hetkellä syntyvää biojätteen määrää Pirkanmaan jätehuollon piirissä. Kaikki kotitaloudet eivät kuitenkaan ole biojätteen keräyksen piirissä tai eivät läjittele jätteitään, tämän perusteella teknisessä potentiaalin tasossa on arvioitu saatavan kerättyä talteen ja hyödynnettäväksi biokaasuntuotantoon noin 55 kg per asukas per vuosi. (Piippo 2010, henkilökohtainen tiedonanto)

Elintarvikejätteestä on Ruoka-Saarioinen Oy:n osalta huomioitu teoreettisessa potentiaalin tasossa 100 % syntyvästä vuotuisesta orgaanisesta jätteestä (pitäen sisällään mm. elintarvike- ja teurasjätettä). Teknisessä potentiaalin tasossa on huomioitu elintarvikejätteestä 50 %, sillä oletuksella että osa jätejakeista ohjautuu jatkossakin muihin käyttökohteisiin, esimerkiksi turkiseläinten rehuksi. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että esitetyt potentiaalin tasot eivät ole kiistattomia, johtuen muun muassa tekniselle potentiaalille löytyvistä useista määritelmistä.

Muista potentiaalin tasoista, esimerkiksi taloudellinen potentiaali jää työn tarkastelun ulkopuolelle. Kaikki potentiaalin tasot ovat ajassa muuttuvia määreitä, mutta taloudellinen potentiaali on ennen kaikkea herkästi muuttuva ja usein sidoksissa myös poliittisiin ohjaus- ja tukimekanismeihin. Toisaalta taloudellinen potentiaali on hyvin moniulotteinen käsite. Mikäli taloudellinen tarkastelu ulotetaan esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytön terveysvaikutuksiin tai muihin ympäristö- ja ilmastovaikutuksiin ja edelleen niiden ehkäisyyn ja hallintaan tarvittaviin taloudellisiin panoksiin, uusiutuvan energian taloudellinenkin potentiaali on erittäin merkittävä (ks. esim. Jacobson & Delucchi 2010). Toisaalta esimerkiksi tietyn maatilan kohdalla on useimmiten tapauskohtaisesti arvioitava investointien kannattavuutta ja taloudellisuutta, joka koostuu kullakin tilalla hyvin yksilöllisesti (Hyttinen 2010). Taloudellisen potentiaalin arvioiminen edellä mainittuihin seikkoihin kytkeytyen katsottiin tämän työn kohdalla liian laajaksi.

5.4 Potentiaaleista energiaksi

Tarkastelualueelta selvitettyjen biomassapotentiaalien perusteella oli mahdollista laskea keskimääräinen energiasaanto. Tässä työssä energia oletettiin tuotettavan yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotantolaitoksessa (CHP). Hyötysuhteeksi arvioitiin 80 %, siten että lämmöntuotannon hyötysuhde on 50 % ja sähköntuotannon 30 %. Tämä vastaa

keskimääräistä yhteistuotantolaitoksen tehoa. Biokaasun hyödyntämisessä ei ole huomioitu reaktorin lämmittämiseen tarvittavaa energiaa, joka on arvioiden mukaan noin 20 – 40 % tuotetusta energiamäärästä. Lämmön ja sähkön määrät laskettiin bioenergian teknisen potentiaalin mukaisen primäärienergian (GWh) pohjalta. (Liite 5)

6 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään työn keskeiset tulokset. Ensin tarkastellaan alueen energiantuotannon infrastruktuuria ja alueen nykyistä energian kulutusta sähkön ja lämmön osalta. Tämän jälkeen esitellään työssä lasketut bioenergiapotentiaalin määrälliset tulokset, siten että niistä on kuvattu teoreettinen ja tekninen potentiaalin taso. Tämän jälkeen esitetään arviot siitä miten lasketut potentiaalit voisivat realisoitua käytännössä energiaksi CHP-tuotannossa. Lopuksi on arvioitu mitä potentiaalin tasot tarkoittaisivat maatilojen ja niiden energiaomavaraisuuskehityksen näkökulmasta.

6.1 Tarkastelualueen energiantuotannon infrastruktuuri

Seuraavaksi kuvataan tarkastelualueen nykyinen energiantuotannon infrastruktuuri ja tämän hetkisen energian tuotannon ja kulutuksen määrälliset tiedot.

6.1.1 Punkalaidun

Punkalaitumen energiainfrastruktuurin ominaispiirteenä on keskitetyn kaukolämmön tuotannon puuttuminen. Asutusrakenteen väljyyden vuoksi se on kunnassa toistaiseksi arvioitu kannattamattomaksi. Rakennusten lämmitys perustuu näin ollen kiinteistökohtaisiin lämmitysratkaisuihin. Kunnassa sijaitsevien rakennusten lämmöntarve vuositasolla on noin 28 GWh. Lämmitysmuodoista öljy- ja sähkölämmityksen osuudet ovat suurimmat (öljy 33 % ja sähkö 30 %) (taulukko 4). Puun ja turpeen käyttö lämmityksessä on kolmanneksi yleisintä (27 %). Kunnassa ei kuitenkaan ole suuria turvetta hyödyntäviä laitoksia, vaan käyttö on palaturpeen pienkäyttöä, esimerkiksi maatilojen lämmityksessä. Tilastoinnista johtuen turpeen osuus ei ole tämän työn yhteydessä tarkemmin määritettävissä.

Punkalaitumella on kolme yli 100 kW aluelämpölaitosta: SHT-Tukku Oy, Vanhustentalot ja Maatilamajoitus Saarinen, jotka SHT-Tukkua lukuun ottamatta tuottavat lämpöä kiinteillä puupolttoaineilla omaan käyttöönsä (Raitila 2006). SHT-Tukku Oy on Suomen suurin hautavarusteita valmistava puusepän verstaas, jonka toiminnan sivutuotteena syntyy runsaasti muun muassa purua ja silppua (Leminen 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Tilastoinnissa esiintyvä kaukolämmön osuus lämmöntarpeesta sisältää SHT-Tukun välittämän lämmön läheiselle koulukiinteistölle (400 m lämmönsiirtoputki), kunnassa ei

siis ole keskitettyä kaukolämmöntuotantoa. Vastaanottokeskus Haukankoskella oli käytössään keskisuuri lämpökattila, jonka pääasiallisena polttoaineena oli hake (vuosituotto oli noin 2300 MWh). Tämä kattila kuitenkin tuhoutui tulipalossa elokuussa 2010 ja tällä hetkellä vastaanottokeskuksen lämpöhuolto toimii öljykäyttöisellä varajärjestelmällä.

Punkalaitumella ei ole omaa sähköntuotantoa (Rytky 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Sähkön siirrosta kunnassa vastaa Sallila Energia Oy. Punkalaitumen sähkön kokonaiskulutus vuonna 2009 oli 31 GWh (jossa mukana myös sähkölämmitys), tästä asumisen ja maatalouden osuus oli selvästi suurin (22 GWh) (Energiateollisuus 2010a). Käyttösähkön määrä on noin 22,5 GWh (kun lämmityksen osuus vähennetty). Sähkön kokonaiskulutus on Punkalaitumella noin 9,4 MWh per asukas. Punkalaitumella ei ole energiaintensiivistä teollisuutta, joka on havaittavissa myös sähkönkulutuksen luvuissa. Vapo Oy:llä on Punkalaitumella turvetuotantoaloja, näiden alojen tuotanto ohjautuu kuitenkin suurille energialaitoksille tarkastelualueen ulkopuolelle, pääosin Forssaan ja Saloon (Ojalampi 2011, henkilökohtainen tiedonanto).

Taulukko 4. Tarkastelualueen rakennusten lämmöntarve lämmitysmuodoittain (GWh) vuonna 2009^c.

GWh ^a	Sastamala	Punkalaidun	Kangasala
Kauko- tai aluelämpö ^b	15,65	1,38	49,37
Öljy, kaasu	88,15	9,35	64,42
Sähkö	54,63	8,54	57,28
Kivihiili	0,47	0,03	0,61
Puu, turve	33,73	7,58	11,82
Maalämpö	1,59	0,05	5,03
Muu, tuntematon	9,81	1,11	6,10
Yhteensä	204,03	28,05	194,63

a) Laskettu Tilastokeskus 2010c pohjalta

b) Taulukossa 5 on avattu tarkastelualueella kaukolämmöntuotannossa käytetyt polttoaineet

c) Rakennuskantaan ei pääsääntöisesti sisälly kesämökkit eikä mm. maatalousrakennukset.

Ilman luvanvaraista peruskorjausta tehdyt lämmitystavan muutokset eivät välttämättä välity rakennusvalvontaviranomaisille ja sitä kautta tilastoihin (Tilastokeskus 2010c).

6.1.2 Sastamala

Sastamalan kaukolämmöntuotannosta vastaa Fortum Heat and Power Oy. Sastamalan Lämpö Oy toimii kunnassa lämmön myyjänä ja hallinnoi kaukolämpöverkkoa. Kaukolämpöverkon pituus on noin 21,4 kilometriä ja kaukolämpöasiakkaita on 143.

(Riekkinen 2010, henkilökohtainen tiedonanto) Kaukolämmöntuotanto vuonna 2009 oli noin 46 GWh²⁵, joka tuotettiin pääosin puuhakkeella, vain kulutushuippujen aikana käytössä on tarvittaessa myös raskas polttoöljy (Paukkio 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Lisäksi laitoksella on savukaasujen lämmön talteenottojärjestelmä, jonka avulla savukaasuista saadaan talteen noin 10 - 15 GWh lämpöä vuodessa. Syksyn 2010 aikana on myös kokeiltu puhdistamolietteen polttoa hakkeeseen sekoitettuna. Hyödynnetty liete on peräisin Nokialla sijaitsevalta Georgia-Pacific Finland Oy:n paperitehtaalta. Mikäli poltolle saadaan ympäristölupa, lietteen jatkuva hyödyntäminen aloitetaan maaliskuussa 2011. Siirrettäviä lämpökeskuksia ei kunnassa tällä hetkellä ole, mutta suunnitteilla on uutta kapasiteettiä 8 - 10 MW. Sastamalan Lämmön lisäksi Fortum Heat and Power Oy:n laitos toimittaa prosessihöyryä Visuvesi Oy:n vaneritehtaalle (Vammalan Vaneri Oy) Sastamalaan sekä Teknikum Oy:lle, yhteensä noin 30 GWh vuodessa (Paukkio 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Vammalan Vaneri Oy toimittaa puolestaan lämpölaitokselle toimintojensa sivutuotteina muodostuvien puumateriaalien pohjalta haketta noin 30 000 tonnia per vuosi (Haapaniemi 2010, henkilökohtainen tiedonanto).

Sastamalan kokonaislämmön tarve on noin 204 GWh (Tilastokeskus 2010b). Tuoreiden kuntaliitosten myötä Sastamalan kaukolämpöverkko kattaa vain rajatun osan asukkaista, joten suuri osa kaupungin lämmöstä tuotetaan kiinteistökohtaisesti joko öljyllä (noin 43 %) tai sähköllä (27 %). Puun ja turpeen osuus jää alle 17 %:iin kokonaislämmöntarpeesta. Sastamalan alueella sijaitsee ainakin 8 yli 100 kW aluelämpölaitosta, jotka käyttävät polttoaineenaan kiinteitä puupohjaisia polttoaineita. Lämmityskohteina on muun muassa teollisuuskiinteistöjä, kasvihuone ja broileritila. Sastamalassa toimii myös muutamia lämpöyrittäjiä, joiden lämmityskohteina on esimerkiksi kouluja, Hotelli Ellivuori ja terveystakeskus. (Raitila 2006)

Sastamalan sähkönkulutus on muihin tarkastelualueen kuntiin verrattuna huomattavan korkea 800 GWh ja Sastamala onkin suomalaisten kuntien sähkönkulutuksen vertailussa

²⁵ Tästä käy ilmi tilastollinen poikkeama, vrt. taulukko 4. Kuntakohtaiset kaukolämmöntuotannon luvut ovat tarkastelualueen kunnissa tilastokeskuksen tilastoon (Tilastokeskus 2010c) nähden suurempia. Myös muita tilastoinnista johtuvia poikkeamia tarkastelualueelta tässä työssä kerättyjen tietojen ja tilastokeskuksen tilastojen välillä voi näin ollen olla. Esimerkiksi rakennuslupiin perustuva lämmöntarvetilasto ei kaikilta osin välttämättä vastaa tämän hetkistä tilannetta kunnissa, esimerkiksi öljyn kulutuksen määrä lämmityksessä voi todellisuudessa olla alhaisempi ja vastaavasti maalämmön hyödyntäminen tilastotietoja runsaampaa (Hyttinen 2011, henkilökohtainen tiedonanto).

sijalla 25 (Energiateollisuus 2010b). Sastamalan keskimääräinen vuotuinen sähkönkulutus on noin 32,7 MWh per asukas.

Sastamalan suurin teollinen työnantaja, sekä selvästi suurin sähkönkuluttaja on Kemira Chemicals²⁶ Oy. Tehtaan lämpöhuollosta vastaa FC Energia (39 MW höyrykattila), joka hyödyntää laitoksella prosessien sivutuotteena syntyvää vetyä energiantuotannossa sekä laitoksen tarpeisiin, sekä kaukolämmöksi Äetsän alueen paikalliseen kaukolämpöverkkoon. Vara- ja lisäpolttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä. Äetsässä on tällä hetkellä noin 20 kiinteistöä tehtaan kaukolämpöverkossa (Tuomisto 2010, henkilökohtainen tiedonanto).

Sastamalan sähkönkulutus ilman Kemira Chemicals Oy:tä on noin 216 GWh. Kun otetaan edelleen huomioon sähkölämmityksen osuus, jää käyttöelektrisuuden tarpeeksi noin 161 GWh vuodessa.

Sastamalan halki virtaava Kokemäenjoki on mahdollistanut vesivoiman hyödyntämisen. Nykyisen kunnan alueella toimii kaksi vesivoimalaitosta (Tyrvää 16,8 MW, Äetsä 10,5 MW), jotka ovat tätä nykyä UPM-Kymmene Oy:n omistuksessa (Pollari 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Sastamalassa sijaitsee myös paikallista tuulivoimatuotantoa²⁷.

26 Kemira Chemicals Oy valmistaa tärkeimpänä tuotteenaan massan valkaisu- ja sellu- ja paperiteollisuudelle, mutta myös vedenpuhdistuskemikaaleja sekä hienokemikaaleja lääketieteellisuuden tarpeisiin. Tuotteita ovat natriumkloraatti, natriumboorihydridi sekä polyalumiinikloridi. Prosessien sivutuotteena, lähinnä natriumkloraaatin valmistuksessa syntyy mittavat määrät vetyä ($\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2$).

27 Nykyisen Sastamalan alueelta löytyy myös paikallista tuulivoimantuotantoa (Hurnanen 2010, henkilökohtainen tiedonanto). Äetsän alueella toimiva broileritilallisen (Oittinen, Äetsä) tontilla tuulesta energiaa tuottaa Hollannista käytettynä ostettu 225 kW:n Vestas V-29 tuuliturbiini. Turbiini aloitti toimintansa syyskuussa 2005 ja tuottaa noin 200 MWh vuodessa. Sähköä on myös mahdollista varastoida kahteen noin 35 m³ kuumavesivaraajaan, lämmölle on tilalla runsaasti käyttökohteita. Pääasiallisena lämmönlähteenä tuotantorakennuksissa on kuitenkin hake ja palaturve. (Oittinen 2010, henkilökohtainen tiedonanto) Hollannista on peräisin myös toinen Sastamalan alueen tuuliturbiineista joka sijaitsee Suodenniemellä maatilan yhteydessä. Tällä samaisella maatilalla on vireillä hanke kokonaisesta tuulivoimapuistosta Suodenniemen alueelle (Tuori 2010, henkilökohtainen tiedonanto).

Taulukko 5. Tarkastelualueen rakennuskannan energian kulutus polttoaineittain (lämpö & sähkö) ja kauko- ja aluelämmöntuotannossa käytettyjen polttoaineiden kulutus (GWh), sekä näiden pohjalta arvioitu kunnan omavaraisuusaste (%).

Sijainti	Sähkön- kulutus ^a	Öljy ^b	Maakaasu ^c	Puu ja turve ^d	Maalämpö ^e	Muut ^f	Yht.	Omavaraisuus- aste ^g
			GWh					%
Punkalaidun	31	9	0	9	0,1	1	50	18,2
Sastamala	800	102	0	102	2	10	1016	26,7
Kangasala	244	65	81	12	5	6	413	4,1

a) Sähköntuotantoa tarkastelualueen kunnista on vain Sastamalassa, josta on huomioitu kaksi vesivoimalaa ja kaksi yksityistä tuuliturbiinia omavaraisuusasteeseen, lisäksi on otettu huomioon sektori Muut sillä oletuksella että tämä pitää sisällään ainakin osittain Äetsän alueen kaukolämmöntuotannossa käytetyn vedyn. Sähköntuotantoa ei ole valtakunnallisen ja alueen ulkopuolella tapahtuvan tuotannon osalta purettu polttoaineittain. Lähteet: Energiategollisuus ry 2010, Tilastokeskus 2010c.

b) Öljyn kulutuksessa on huomioitu rakennusten lämmitykseen käytettä öljy, sekä kaukolämmöntuotannossa käytetty raskas polttoöljy. Lähteinä Tilastokeskus 2010c, Paukkio 2010 henkilökohtainen tiedonanto, Lehtonen 2010 henkilökohtainen tiedonanto.

c) Lehtonen 2010, henkilökohtainen tiedonanto.

d) Tilastokeskus 2010c (myös e & f).

g) Omavaraisuusasteessa on huomioitu käytettävissä olevien tietojen mukaiset kunnassa käytetyt kotimaiset polttoaineet ja niiden osuus energian kulutuksesta (lämpö & sähkö), ei sektoria Muut (poikkeuksena Sastamala, ks. a).

6.1.3 Kangasala

Kangasalla kaukolämmöntuotannosta vastaa Kangasalan Lämpö Oy, jolla on kunnan alueella kahdeksan lämpölaitosta ja neljä siirrettävää lämpökeskusta. Kangasalan Lämmön laitosten pääasiallisena polttoaineena toimii maakaasu, vain kulutushuippujen varalla on raskas polttoöljy. Kaukolämmöntuotannon määrä vuonna 2009 oli noin 75 GWh. Kaukolämpöverkon pituus on noin 25 kilometriä ja verkkoon liitettyjä kiinteistöjä on noin 224 kappaletta. (Lehtonen 2010, henkilökohtainen tiedonanto) Kangasalan maakaasuverkkoa laajennetaan paraikaa, ja tämän myötä verkko tulee mahdollistamaan maakaasun käytön myös työssä tarkasteltavalla Ruoka-Saarioinen Oy:n laitoksella.

Kangasalan lämmöntarpeesta noin neljännes katetaan kaukolämmöllä, jonka jälkeen kiinteistökohtaisessa lämmöntuotannossa öljy- ja sähkölämmityksen osuudet ovat kolmanneksen molemmat (taulukko 4), kun taas puun ja turpeen osuus lämmöntuotannossa jää vähäiseksi (6 %).

Kangasalla on viisi broileritilaa, joilla on jokaisella yli 100 kW lähinnä haketta käyttävä lämpölaite²⁸ (Raitila 2006).

Kangasalan sähkönkulutus on noin 244 GWh, josta teollisuuden osuus on noin 18,4 %. Sähkönkulutus on noin 8,5 MWh per asukas. Kangasalan sähkönkulutus ilman sähkölämmitystä on noin 187 GWh. (Energiateollisuus ry 2010b) Kangasalla ei ole paikallista sähköntuotantoa. Sähkönsiirrosta ja -jakelusta vastaa Vattenfall Verkko Oy.

6.2 Tarkastelualueen bioenergiapotentiaalin teoreettinen tarkastelu

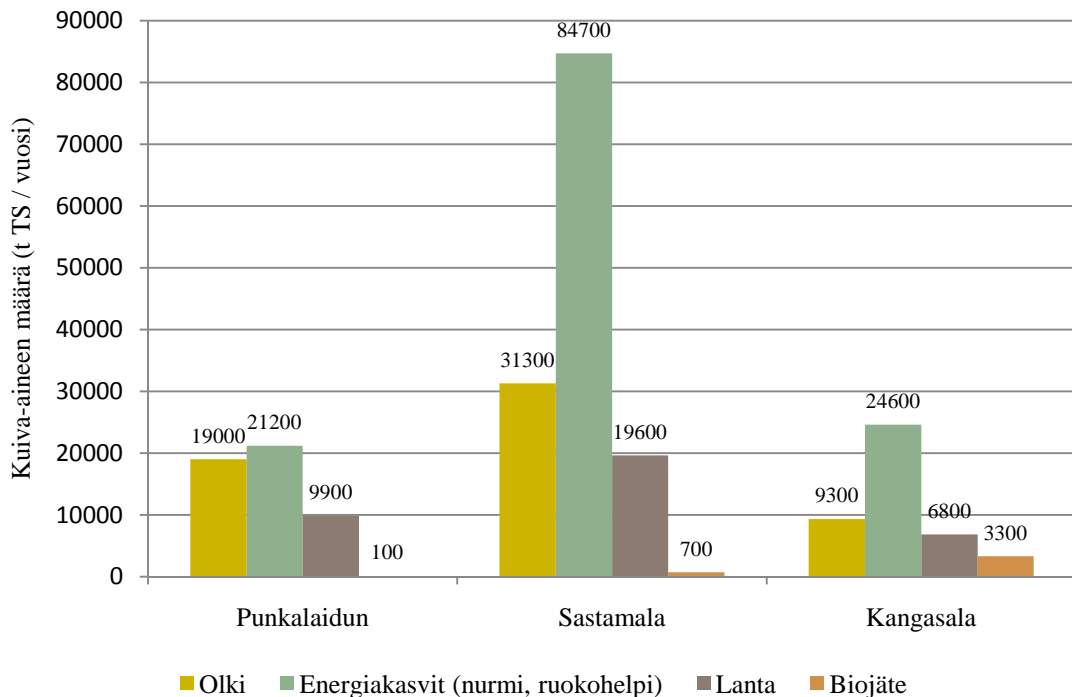
Seuraavaksi työssä esitellään keskeiset tulokset tarkasteltujen bioenergian raaka-aineiden osalta. Pääpaino on ollut maa- ja metsätalouden sivutuotteina syntyvissä raaka-aineissa. Metsäenergian osalta tulokset perustuvat Pirkanmaan Puuenergiaselvitykseen (Raitila 2006). Tuloksista esitetään teoreettinen taso, tämän pohjalta arvioitu tekninen taso ja lopulta teknisen tason pohjalta arvioitu energiasaanto lämmön ja sähkön yhteistuotannossa (CHP).

6.2.1 Agrobiomassojen ja biojätteen teoreettinen taso

Tässä työssä laskettiin teoreettinen kuiva-ainemäärä valituille orgaanisille materiaaleille. Nämä olivat alueella syntyvä yhdyskunnan biojäte (Kangasalta myös Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte), maatalouden sivuvirtoina muodostuva olki ja lanta sekä alle viiden vuoden nurmisato (teknisessä potentiaalissa vain nurmen toinen sato). Kesanto- ja muilta ruoan- ja rehuntuotannon ulkopuolisilta peltoaloilta huomioitiin potentiaaliset biokaasuntuotantoon viljeltävät nurmikasvit, tässä työssä timotei-apilanurmi. Lisäksi otettiin huomioon tällä hetkellä alueella viljeltyt energiakasvit, eli käytännössä ruokohelpi. Tarkasteltujen agrobiomassojen teoreettinen kuiva-ainemäärä on tarkastelualueen kunnista suurin Sastamalassa, yhteensä noin 136 300 t TS/vuosi (kuva 4). Punkalaitumen vuotuinen kuiva-ainemäärä on noin 50 200 t TS/vuosi ja Kangasalan noin 44 000 t TS/vuosi. Kaikissa tarkastelualueen kunnissa suurimman osan kuiva-ainemäärästä muodostaa energiakasvit

²⁸ Monilla alueen broileritiloilla on tätä nykyä hakepohjainen lämmitysjärjestelmä. Lämpöyrittäjistä Kangasalla ei ole tietoa, joskin vuoden 2011 Kangasalaan liittynyt Kuhmalahhti tuo muassaan ainakin yhden (Ilkka 2010, henkilökohtainen tiedonanto).

(nurmet ja ruokohelppi). Kuitenkin siten, että tästä suurimman osan muodostavat nurmikasvit, sillä ruokohelven viljely alueella on toistaiseksi vähäistä (Punkalaitumella 7 ha, Sastamalassa 11 ha ja Kangasalla ei lainkaan).



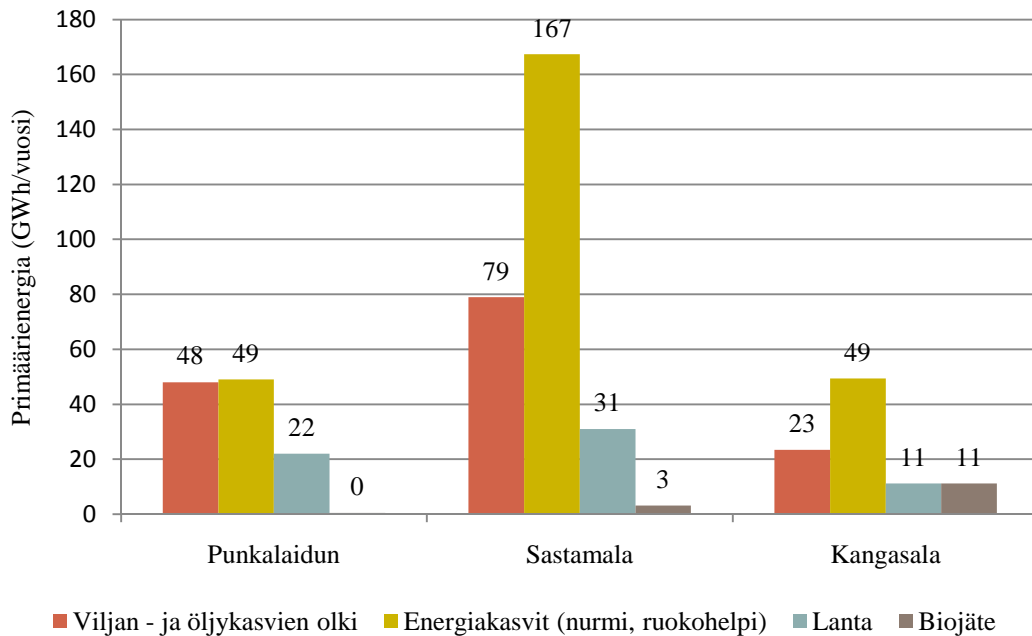
Kuva 4. Tarkastelun alueen orgaanisten materiaalien laskennalliset kokonaismäärät vuodessa (t TS / vuosi). Energiakasvit pitää sisällään kesanto- ja luonnonhoitopelloilta korjattavan timotei-apilanurmen, nykyiset nurmet, sekä kunnissa tällä hetkellä viljellyn ruokohelven. Kangasalan biojätteen määrässä on mukana Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (elintarviketeollisuuden jäte ja teurasjäte).

Verrattaessa lannan ja biojätteen kuiva-ainemääriä, on biojätteen osuus merkittävä vain Kangasalla, jonka luvuissa on mukana myös Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (3300 t TS/vuosi (kuva 4).

Oljen kuiva-ainemäärä muodostaa kaikissa tarkastelun alueen kunnissa määrällisesti toiseksi merkittävimmän osuuden orgaanisista materiaaleista (kuva 4). Olkea ei tällä hetkellä hyödynnetä energiaraaka-aineena tarkastelun alueella. Oljesta osa käytetään eläinten kuivikkeena ja loput silputaan peltoon.

Edellä esitetyn vuotuisen kuiva-ainemäärän pohjalta oli mahdollista laskea teoreettinen biokaasupotentiaali primäärienergiana (GWh) agrobiomassojen ja biojätteen osalta. Kuten jo kuiva-ainemäärien pohjalta oli nähtävissä, myös teoreettinen biokaasupotentiaali

(GWh/vuosi) on tarkastelualueen suurin Sastamalassa n. 280 GWh/vuosi (kuva 5). Punkalaitumella vastaavasti n. 119 GWh/vuosi ja Kangasalla n. 94 GWh/vuosi.

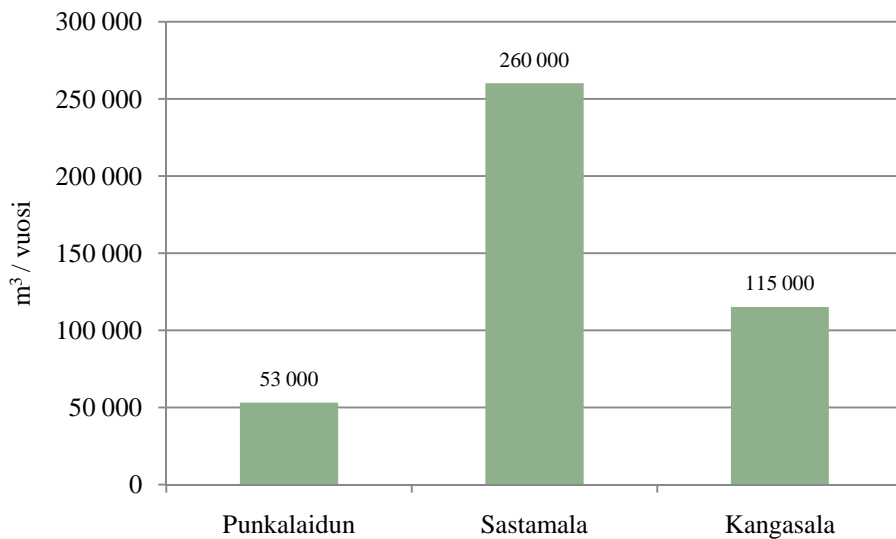


Kuva 5. Orgaanisten materiaalien teoreettinen biokaasupotentiaali vuodessa. Luku kuvaa keskimääräisen vuotuisen primäärienergian määrän. Energiakasvit pitää sisällään kesanto- ja luonnonhoitopelloilta korjattavan timotei-apilanurmen, nykyiset nurmet, sekä kunnissa tällä hetkellä viljellyn ruokohelven. Kangasalan biojätteen määrässä on mukana Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (elintarviketeollisuuden jäte ja teurasjäte).

Kaikissa tarkastelualueen kunnissa suurimman osuuden teoreettisesta biokaasupotentiaalista muodostaa energiakasvit, eli lähinnä biokaasuntuotantoon mahdollisesti viljeltävät nurmikasvit. Kangasalla biojätteen teoreettinen biokaasuntuotannon potentiaali nousee Ruoka-Saarioinen Oy:n vaikutuksesta lannan potentiaalin suuruiseksi, muissa tarkastelualueen kunnissa biojätteen osuus jää huomattavasti lannan potentiaalia alhaisemmaksi (kuva 5).

6.2.2 Metsäenergian teoreettinen taso

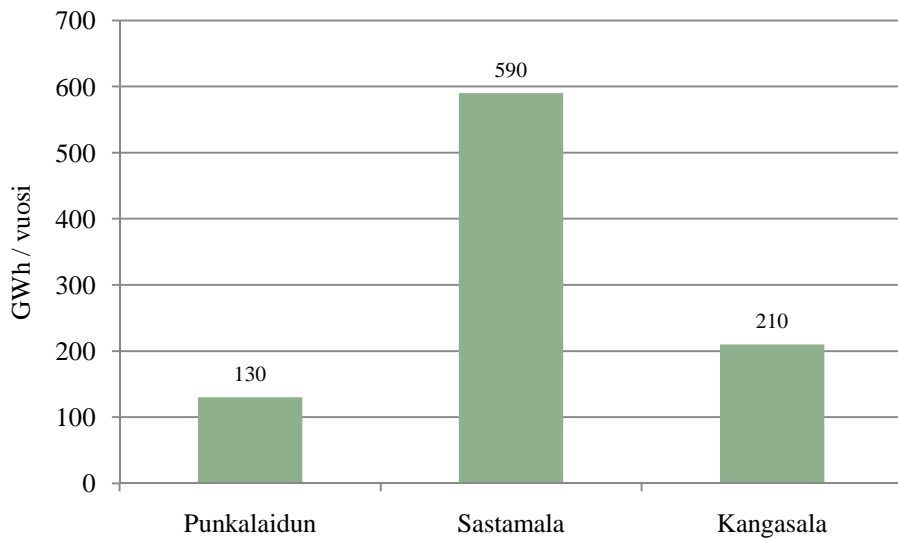
Teoreettiselta kokonaismäärältään tarkastelualueen suurin metsäenergiavaranto sijaitsee Sastamalassa noin 260 000 m³/vuosi (kuva 5)²⁹. Toiseksi suurin potentiaali on Kangasalla noin 115 000 m³/vuosi, ja Punkalaitumella vastaavasti 53 000 m³/vuosi.



Kuva 6. Tarkastelualueen teoreettinen metsäenergiapotentiaali m³/vuosi (Raitila 2006).

Teoreettisen kokonaismäärän perusteella voidaan helposti päätellä että myös metsäenergiapotentiaali (GWh/vuosi) on tarkastelualueen suurin Sastamalassa noin 590 GWh/vuosi (kuva 7). Kangasalan teoreettinen metsäenergiapotentiaali on noin 210 GWh/vuosi ja Punkalaitumen vastaavasti 130 GWh/vuosi (kuva 7).

²⁹ Tulokset ilmoitettu kiinto-m³, 1 kiinto-m³ on noin 2,5 irtto-m³.



Kuva 7. Tarkastelualueen teoreettinen metsäenergiapotentiaali (GWh/vuosi) (Raitila 2006).

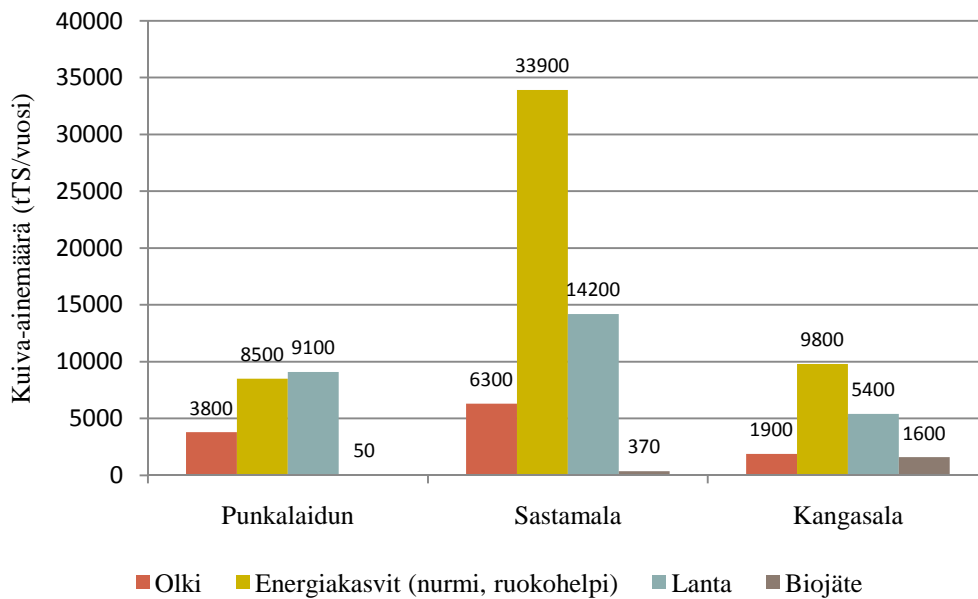
Teoreettisen tason pohjalta voidaan havainnoida kuinka suuri metsäenergiapotentiaali tarkastelualueella sijaitsee. Vaikkakaan teoreettinen potentiaalin taso ei käytännössä koskaan realisoituisi energiakäytössä, on huomioitava että tämä potentiaalin taso pitää sisällään kuitenkin pääasiallisesti vain päätehakkuiden korjuutähteitä.

6.3 Tarkastelualueen bioenergiapotentiaalin tekninen tarkastelu

Tarkastelualueelta arvioitu tekninen tarkastelun taso kuvaa jo hieman realistisemmän potentiaalin tason, jossa on huomioitu korjuuteknisten rajoitteiden lisäksi myös tiettyjä ympäristönäkökohtia ja niiden raaka-aineiden hyödyntämiseen vaikuttavia rajoitteita.

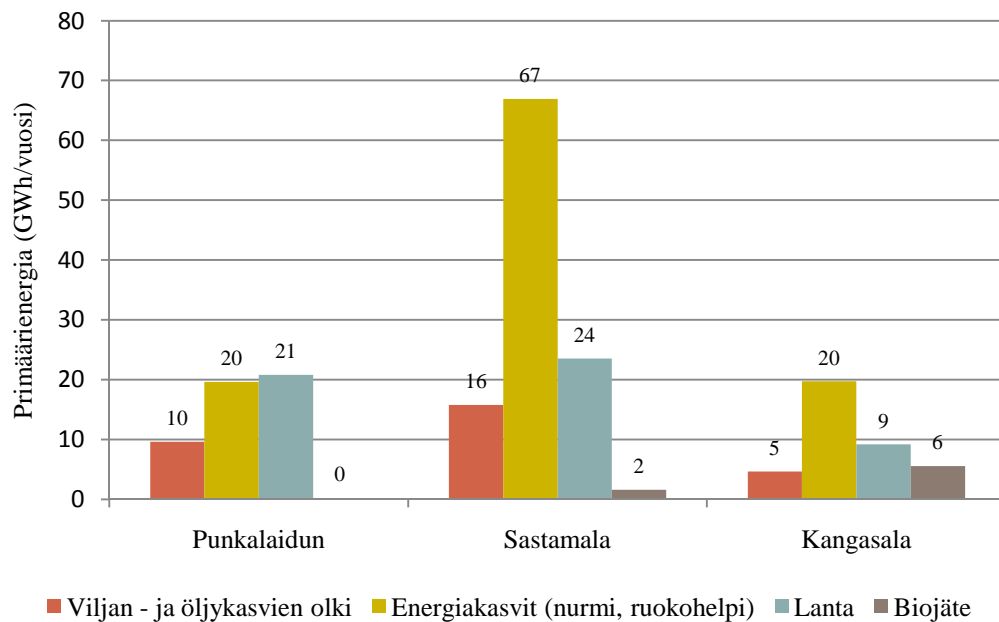
6.3.1 Agrobiomassojen ja biojätteen tekninen taso

Tarkasteltujen orgaanisten materiaalien tekninen kuiva-ainemäärä on suurin Sastamalassa, noin 54 800 t TS/vuosi. Punkalaitumella tekninen kuiva-aineen määrä on noin 21 450 t TS/vuosi ja Kangasalla noin 18 700 t TS/vuosi.



Kuva 8. Tarkastelualueen orgaanisten materiaalien laskennalliset tekniset kuiva-ainemäärät vuodessa (t TS/vuosi). Energiakasvit pitää sisällään kesanto- ja luonnonhoitopelloilta korjattavan timotei-apilanurmen, nykyiset nurmet, sekä kunnissa tällä hetkellä viljellyn ruokohelven. Kangasalan biojätteen määrässä on mukana Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (elintarviketeollisuudenjäte ja teurasjäte).

Sastamalassa ja Kangasalla suurimman osan kuiva-ainemäärästä muodostavat energiakasvit, eli lähinnä nurmikasvit. Huomionarvoista on, että vaikkakin teknisessä potentiaalissa alle viiden vuoden nurmista on huomioitu vain toinen sato, on energiakasvien osuus tästä huolimatta lähes kaikissa kunnissa merkittävin sektori. Vain Punkalaitumella lannan kuiva-ainemäärä nousee hieman energiakasveja suuremmaksi (9 100 t TS/vuosi). Kangasalan tekninen kuiva-ainemäärä biojätteistä on tarkastelualueen suurin Ruoka-Saarioinen Oy:n vaikutuksesta, ollen noin 1600 t TS/vuosi (kuva 8). Tarkasteltujen orgaanisten materiaalien teknisen kuiva-ainemäärän pohjalta arvioitiin alueen tekninen biokaasupotentiaali primäärienergiana (GWh).

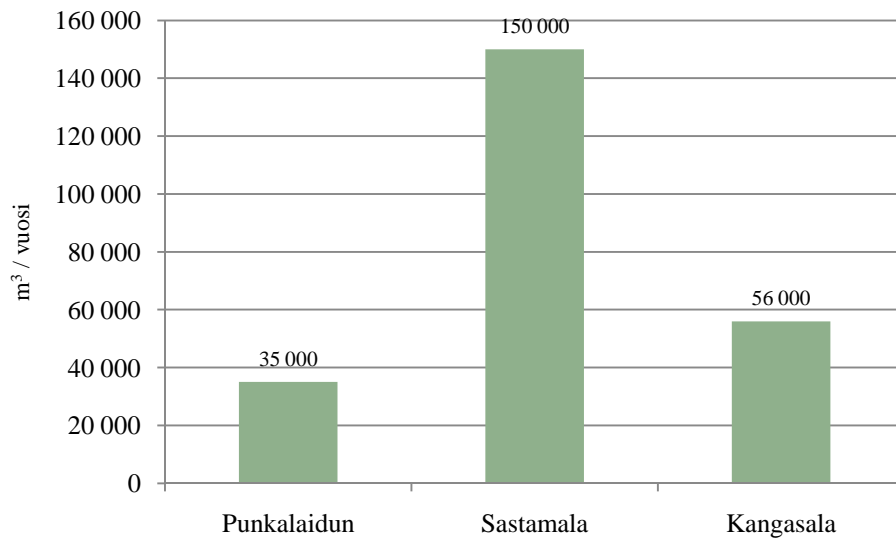


Kuva 9. Orgaanisten materiaalien tekninen biokaasupotentiaali vuodessa. Luku kuvaa keskimääräisen vuotuisen primäärienergian määrän. Energiakasvit pitää sisällään kesanto- ja luonnonhoitopelloilta korjattavan timotei-apilanurmen, nykyiset nurmet, sekä kunnissa tällä hetkellä viljellyn ruokohelven. Kangasalan biojätteen määrässä on mukana Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (elintarviketeollisuudenjäte ja teurasjäte).

Sastamalan yhteenlaskettu tekninen biokaasupotentiaali on noin 109 GWh/vuosi, Punkalaitumella noin 51 GWh/vuosi ja Kangasalla vastaavasti noin 40 GWh/vuosi. Punkalaitumella lannan biokaasupotentiaali on hieman energiakasveja suurempi, ollen 21 GWh/vuosi (kuva 9).

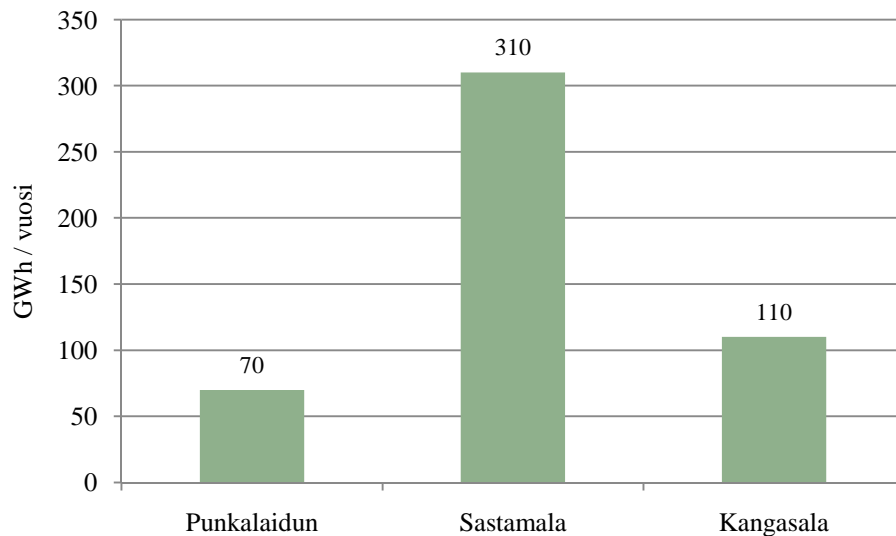
6.3.2 Metsäenergian tekninen taso

Metsäenergia tekninen kokonaismäärä on tarkastelualueen suurin Sastamalassa noin 150 000 m³/vuosi. Kangasalla vastaavasti 56 000 m³/vuosi ja Punkalaitumella 35 000 m³/vuosi (kuva 10).



Kuva 10. Tarkastelualueen tekninen metsäenergiapotentiaali m³/vuosi (Raitila 2006).

Lounais-Pirkanmaan seutukunnan muodostavien Punkalaitumen ja Sastamalan yhteenlaskettu tekninen metsäenergiamäärä on noin 185 000 m³/vuosi. Primäärienergiaksi muutettuna tekninen potentiaali olisi Sastamalassa noin 310 GWh/vuosi (kuva 11).



Kuva 11. Tarkastelualueen tekninen metsäenergiapotentiaali GWh/vuosi (Raitila 2006).

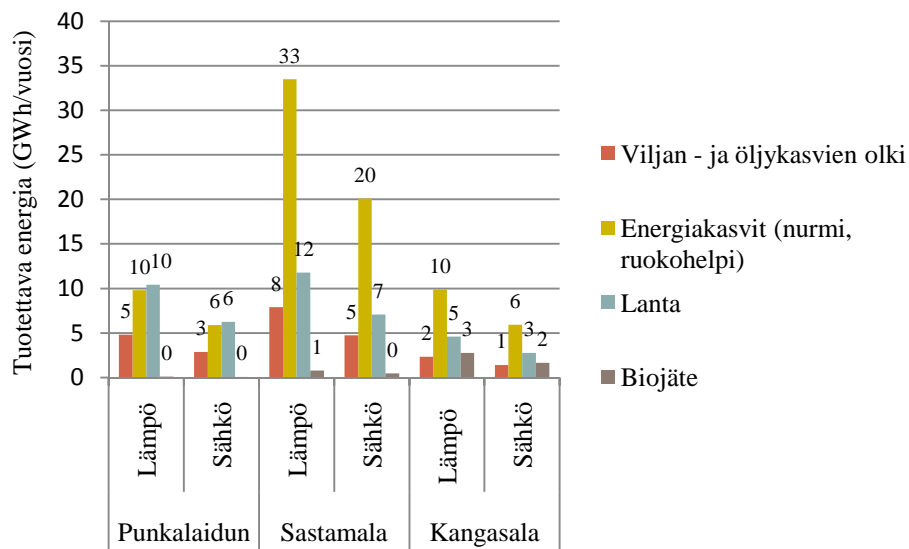
Kangasalan metsäenergiapotentiaali on noin 110 GWh/vuosi ja Punkalaitumen noin 70 GWh/vuosi. Tällä hetkellä metsäenergian hyödyntäminen on tarkastelualueella vielä suhteellisen vähäistä.

6.4 Arvioitu energiasaanto lämmön ja sähkön yhteistuotannossa

Seuraavaksi on esitelty teknisen energiapotentiaalin pohjalta lasketut energiasaannot tarkasteltujen biomassojen osalta. Tuloksissa energiantuotannon hyötysuhteeksi CHP-tuotannossa on oletettu 80 % (50 % lämpö ja 30 % sähkö).

6.4.1 Agrobiomassojen ja biojätteen energiapotentiaali lämmön ja sähkön yhteistuotannossa

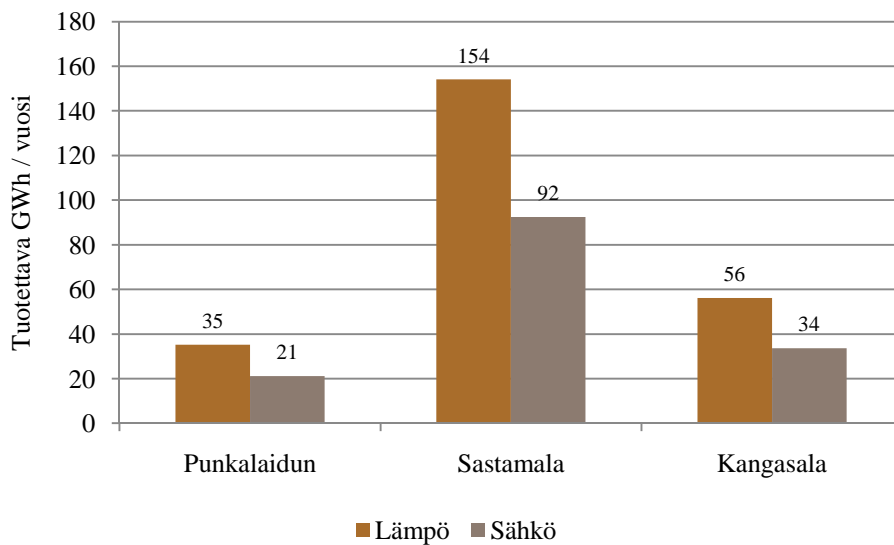
Teknisen biokaasupotentiaalin (primäärienergia GWh/vuosi) pohjalta laskettiin tarkastelualueen vuotuinen energiapotentiaali lämmön ja sähkön yhteistuotannossa. Tarkastelualueen kunnista Sastamalassa olisi mahdollista tuottaa noin 54 GWh lämpöä ja 32 GWh sähköä biokaasusta vuodessa (kuva 12) mikäli agrobiomassojen ja biojätteen tekninen energiapotentiaali hyödynnettäisiin energiaksi täysimääräisenä. Punkalaitumella vastaavasti lämpöä olisi mahdollista tuottaa noin 25 GWh/vuosi ja sähköä 15 GWh/vuosi. Kangasalla lämpöä olisi mahdollista tuottaa noin 20 GWh/vuosi ja sähköä noin 12 GWh/vuosi (kuva 12).



Kuva 12. Agrobiomassojen ja biojätteen tekninen energiapotentiaali vuodessa CHP-tuotannossa (30 % sähkö, 50 % lämpö). Luku kuvaa keskimääräisen vuotuisen energian määrän. Energiakasvit pitää sisällään kesanto- ja luonnonhoitopelloilta korjattavan timotei-apilanurmen, nykyiset nurmet, sekä kunnissa tällä hetkellä viljellyn ruokohelven. Kangasalan biojätteen määrässä on mukana Ruoka-Saarioinen Oy:n orgaaninen jäte (elintarviketeollisuuden jäte ja teurasjäte).

6.4.2 Metsäenergiapotentialiaali lämmön ja sähkön yhteistuotannossa

Tarkastelualueen kunnista Sastamalassa olisi mahdollista tuottaa noin 154 GWh lämpöä ja noin 92 GWh sähköä vuodessa metsäenergiasta CHP-tuotannossa (kuva 13). Kangasalla puolestaan olisi mahdollista tuottaa 54 GWh lämpöä ja 34 GWh sähköä. Punkalaitumella vastaavasti 35 GWh lämpöä ja 21 GWh sähköä vuodessa.



Kuva 13. Metsäenergian tekninen energiapotentialiaali vuodessa CHP-tuotannossa. Laskettu teknisen potentiaalin perusteella Raitilan (2006) tutkimuksen pohjalta.

Tällä hetkellä tarkastelualueen kunnista vain Sastamalassa hyödynnetään metsäenergiaa kaukolämmöntuotannossa. Esimerkiksi Kangasalla puun käyttö lämmitystarkoitukseen on nykyisellään vain noin 12 GWh.

6.5 Maatilojen energiaomavaraisuustarkastelu

Edellä tarkastelluista bioenergiapotentiaaleista huomattava osa on alueen maatilojen hallinnassa. Voidaan olettaa että agrobiomassoista 100 % on tilojen hallinnassa. Lisäksi tarkastelualueen maatilat omistavat keskimäärin 30 – 52 % kunnan alueella sijaitsevista metsävaroista (taulukko 1). Näin ollen voidaan edelleen väittää että merkittävä osa myös kunnan metsäenergiavaroista on maatilojen hallinnassa.

Maatilojen energian kulutuksesta ei tämän työn raameissa ollut mahdollista saada tarkkoja tietoja. Perustuen Ylä-Pirkanmaan seutukunnasta tehtyyn selvitykseen (MTK 2010) voidaan kuitenkin olettaa että pääasiallinen lämmönlähde myös tämän tarkastelualueen tiloilla on hake tai puu, toiseksi yleisin sähkö ja kolmanneksi yleisin on öljylämmitys. Viljankuivaamoissa selvästi yleisin lämmityspolttoaine on edelleen öljy, seuraavaksi sähkö ja vasta kolmannella sijalla hake tai puu. Tarkastelualueen maatilojen lämmönkulutuksesta määrällisesti voidaan esittää vain arvioita.

Maatilojen sähkönkulutuksesta ei ole valtakunnallisesti olemassa tarkkoja tilastoja. Tarkastelualueen kunnista oli kuitenkin saatavissa tilasto jossa kunnan asumisen sähkönkulutuksesta on eritelty maatalouden osuus, on kuitenkin huomioitava että tässä maatalouden osuudessa ovat mukava vain erillimitatut maatalouden kiinteistöt.

Tämän aineiston pohjalta Sastamalan maatalouden sähkönkulutus vuonna 2009 oli 10 GWh, Punkalaitumen 11 GWh ja Kangasalan 20 GWh. Mikäli tehdään oletus että tarkastelualueen kokonaislämmöntarpeesta maatilojen osuus on noin 20 %, niin voidaan laskea että Sastamalan maatalouden lämmön kulutus olisi noin 41 GWh, Punkalaitumen noin 6 GWh ja Kangasalan noin 39 GWh. Näihin oletuksiin ja karkeisiin laskelmiin perustuen voidaan edellä laskettujen bioenergiapotentiaalien pohjalta väittää että maatilat voisivat olla täysin energiaomavaraisia ja jopa yliomavaraisia. Tämän omavaraisuusasteen tarkempi määrittäminen vaatisi kuitenkin vielä yksityiskohtaisempaa tarkastelua kuntatasolla, niin energiaraaka-aineiden kuin kulutuskohteidenkin osalta, puhumattakaan raaka-aineiden realisoitumisesta tiloilla hyödynnettäväksi energiaksi.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa on arvioitu tulosten suhdetta työn alkuperäisiin tavoitteisiin ja hypoteeseihin nähden. Muut uusiutuvan energian potentiaalit on nostettu keskusteluun tämän luvun loppupuolella. Tarkastelualueelta on myös pyritty huomioimaan käynnissä olevat uusiutuvan energian kehittämishankkeet.

7.1 Yleinen arvio työn tuloksista

Tämän työn keskeisenä tavoitteena oli selvittää tarkastelun alueen merkittävät bioenergian potentiaalit, kuitenkin sitten että työ painottui maa- ja metsätalouden sivutuotteina syntyviin raaka-aineisiin. Bioenergiapotentiaalien lisäksi tavoitteena oli tutkia tarkastelun alueen nykyisiä energiantuotannon ja -kulutuksen rakenteita, ja arvioida kuinka suuri osa alueen energiankulutuksesta tyydytetään tällä hetkellä kotimaisin energiavaroin ja edelleen kuinka suuri osa kulutuksesta olisi tulevaisuudessa tyydytettävissä paikallisin uusiutuvan energian varoin. Lisäksi tavoitteena oli tutkia maatilojen mahdollisuuksia oman energiaomavaraisuuden kehittämisessä, ja arvioida millainen rooli biokaasuntuotannolla voisi olla tässä kehityksessä.

Työssä onnistuttiin selvittämään tarkastelun alueen maa- ja metsätalouden sivuvirtoihin ja yhdyskunnan biojätteeseen pohjautuva bioenergiapotentiaali, jotka esitettiin kahdella eri potentiaalilla tasolla; teoreettinen ja tekninen. Työssä pystyttiin edelleen arvioimaan tarkastelun alueen kuntien nykyinen energiaomavaraisuusaste käytettävissä olleisiin tietoihin perustuen. Tässä työssä energiaomavaraisuusaste pitää sisällään tarkastelun alueella energiantuotannossa käytetyt kotimaiset polttoaineet, sillä paikallisten uusiutuvien energiaraaka-aineiden käytön tarkkoja tietoja ei vielä tämän työn puitteissa ollut mahdollista selvittää. Esimerkiksi taulukossa 5 esitetty puun ja turpeen osuus pitää mitä todennäköisimmin sisällään raaka-aineita myös tarkastelun alueen ulkopuolelta, esimerkiksi jopa venäläistä pellettiä on käytössä alueen lämpöyrittäjillä. Puun ja turpeen käytön suhteesta ei ollut saatavissa tarkkoja tietoja, mutta käytettävissä olevien tietojen pohjalta voidaan olettaa että tarkastelun alueella valtaosa puun ja turpeen kulutuksesta on nimenomaan puun kulutusta, sillä turvetta ei ole käytössä alueen lämpölaitoksissa. Turpeen käyttö tarkastelun alueella on lähinnä palaturpeen pienkäyttöä.

Toisaalta työssä ei lähdetty osoittamaan tarkastelualueen energiaomavaraisuuspotentiaalia, sillä tarkastelu olisi täytynyt ulottaa koskemaan kaikkia alueen paikallisia energia raaka-aineita, eikä se vielä tämän työn puitteissa ollut mahdollista. Työn tuloksien pohjalta voidaan kuitenkin esittää arvioita (luku 7.2) siitä, millaiset mahdollisuudet alueen energiaomavaraisuuden kehittämiseksi, jo tässä työssä tarkasteltujen bioenergian raaka-aineiden pohjalta voisi olla.

7.2 Tarkasteltujen biomassojen suhde nykyiseen energian kulutukseen

Teknisen biokaasuntuotannon potentiaalinen pohjalta laskettu potentiaalinen energiasaanto lämmön ja sähkön yhteistuotannossa osoitti, että biokaasuntuotannolla on mahdollisuuksia myös tämän työn tarkastelualueella. Mikäli tarkasteltujen biokaasuntuotantoon soveltuvien biomassojen tekninen potentiaali hyödynnettäisiin energiantuotannossa, olisi Sastamalassa mahdollista tuottaa noin 54 GWh lämpöä ja 32 GWh sähköä biokaasusta. On kuitenkin huomioitava tuloksia tarkasteltaessa, että biokaasureaktorin lämmitykseen kuluu noin 20 – 40 % tuotetusta lämmöstä. Metsäenergiasta Sastamalassa olisi vastaavasti mahdollista tuottaa noin 154 GWh lämpöä ja 92 GWh sähköä. Sastamalan vuotuinen lämmöntarve on nykyisellään noin 204 GWh ja sähkön kulutus noin 171 GWh (ilman Kemira Chemicals Oy:tä, ja kun sähkön lämmityskäyttö on vähennetty). Sastamalassa energiankulutuksesta noin 100 GWh on öljyn kulutusta lämmitystarkoitukseen (taulukko 5). Näiden lukujen valossa voidaan todeta, että mikäli kaikki tekninen potentiaali realisoituisi käytännössä, voisi Sastamalan kokoinen kunta olla omavarainen lämmön suhteen ja lähes omavarainen sähkön suhteen jo tarkasteltujen bioenergian raaka-aineiden avulla.

Punkalaitumella vastaavasti olisi mahdollista tuottaa biokaasusta noin 25 GWh lämpöä ja 15 GWh sähköä. Metsäenergiasta puolestaan 35 GWh lämpöä ja 21 GWh sähköä. Kunnan nykyinen lämmöntarve on noin 28 GWh ja sähkönkulutus 22,5 GWh (kun sähkölämmityksen osuus on vähennetty). Punkalaitumella sähkönkulutus per asukas per vuosi on noin 9,4 MWh, kun se Suomessa keskimäärin on noin 17 MWh per asukas. Energiaintensiivisen teollisuuden puuttuminen näkyy selvästi myös kunnan sähkönkulutuksen luvuissa. Punkalaitumen vuotuinen öljyn kulutus lämmitystarkoitukseen on noin 9 GWh (taulukko 5). Tämän työn tulosten perusteella öljyn kulutus lämmitystarkoituksiin olisi mahdollista korvata paikallisilla uusiutuvan energian varoilla.

Voidaan edelleen todeta että Punkalaitumen bioenergiapotentiaali on erittäin merkittävä. Mikäli kaikki tämä potentiaali toteutuisi, voisi kunta olla jopa yliomavarainen.

Kangasalan mahdollisuudet tuottaa biokaasusta energiaa lämmön ja sähkön yhteistuotannossa ovat hieman heikkomat kuin edellä esitettyjen ydinmaaseudun kuntien. Mikäli kaikki tarkastellut biokaasuntuotantoon soveltuvat biomassat otettaisiin käyttöön, lämpöä olisi mahdollista tuottaa noin 20 GWh ja sähköä noin 12 GWh. Metsäenergiasta puolestaan olisi mahdollista tuottaa lämpöä noin 56 GWh ja sähköä 34 GWh. Kun sitten palataan Kangasalan energian kulutukseen, oli se lämmön osalta noin 195 GWh ja sähkön osalta noin 187 GWh (kun sähkölämmityksen osuus on vähennetty). Kangasalla öljyn osuus lämmitykseen käytettävistä polttoaineista on merkittävä noin 65 GWh. Tämän lisäksi kunnan kaukolämmöntuotannon pääasiallisena polttoaineena on maakaasu. Laskettujen bioenergiapotentiaalien perusteella Kangasalan riippuvuutta tuontipolttoaineista olisi mahdollista vähentää, esimerkiksi juuri kiinteistökohtaisen öljylämmityksen osalta. Kangasalan nykyinen energiaomavaraisuusaste jää tarkastelualueen heikoimmaksi (taulukko 5). Ydinmaaseudun kuntiin verrattuna Kangasala, edustaen kaupungin läheistä maaseutua, jää potentiaalitasoissaan heikommaksi. Tämä tulos vastaa hyvin aikaisemmin Suomessa tehtyjä tutkimuksia (ks. esim. Hyttinen 2005), joissa on käynyt ilmi että etenkin ydinmaaseudun alueella energiaomavaraisuuspotentiaali nousee korkeaksi.

On huomioitava, että tässä työssä tarkasteltiin vain osaa paikallisista uusiutuvan energian potentiaaleista. Esimerkiksi biokaasuntuotantoon olisi mahdollista hyödyntää laajemmin teollisuuden orgaaninen jäte, monipuolisemmin maatalouden sivuvirrat, teurasjäte tai aivan eri tyyppisiä kasvimassoja kuten järviruoko (*Phragmites australis*), hamppu (*Cannabis sativa L.*) (ks. esim. Kreuger ym. 2011) tai esimerkiksi rikkakasvinakin pidettyä nokkosta (*Urtica dioica L.*). Toisaalta puutarhajäte ja esimerkiksi tienvarsien perkuujäte ovat myös potentiaalisia biokaasuntuotannon raaka-aineita. Myös ns. roskakalan hyödyntämistä biokaasuntuotantoon on tutkittu.

7.3 Muiden uusiutuvan energian lähteiden mahdollisuudet tarkastelualueella

Tarkastelun ulkopuolelle jäivät muiden muassa auringon ja tuulen merkittävät potentiaalit. Niiden olemassa olo on kuitenkin tiedostettu ja haluttu näin ollen nostaa keskusteluun, sillä näillä uusiutuvan energian muodoilla voi olla erittäin merkittävä rooli myös tämän työn

tarkastelualueen tulevaisuuden energiahuollossa. Vaikkakaan tarkastelualue ei sijaitse valtakunnallisesti tuuliolosuhteiltaan optimaalisimmilla alueilla, on tuulienergiaa mahdollista hyödyntää sähköntuotannossa sille suotuisilla paikoilla. Esimerkiksi laajojen peltoaukeiden yhteydessä tai suurien järvenselkien rannoilla tuulienergiapotentiaali voi olla merkittävä. Myös turvetuotannosta poistuvat alat, tämän työn yhteydessä lähinnä Punkalaitumella, voivat tarjota kiinnostavan vaihtoehdon tuulivoimantuotannolle. Jo nykyisellä teknologialla voidaan hyödyntää myös alhaisia tuulen nopeuksia (luokkaa 2,5 m/s), joka mahdollistaa pientuulivoiman hyödyntämisen myös omakotitalojen yhteydessä, esimerkiksi vertikaalisilla tuuliturbiineilla.

Myös aurinkosähkön ja -lämmön hyödyntäminen olisi tälläkin tarkastelualueella täysin mahdollista. Jos oletetaan että vuotuinen auringon säteilyintensiteetti tarkastelualueella on noin 900 kWh/m²/vuosi (Helsingissä 938 kWh/m²/vuosi) voitaisiin etelän puoleisia kattopinta-aloja hyödyntää aurinkopaneelien avulla energiaksi, osana kiinteistökohtaista energijärjestelmää. Suomessa aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää käytännössä helmikuun lopusta lokakuun alkuun (Solpros 2006). Nykyisellä tekniikalla on kuitenkin mahdollista saada talteen tästä vain osa. Esimerkiksi Saksassa maatilat vuokraavat kattopinta-alojaan yrityksille, jotka sitten asentavat laitteet ja vastaavat sähkön toimituksesta verkkoon. Myös aurinkoenergian hyödyntäminen lämpöpumppujen avulla maasta, vedestä, kalliosta tai ilmasta on varteenotettava vaihtoehto.

Tällä hetkellä työn tarkastelualueella on muutamia paikalliseen sähköntuotantoon liittyviä hankkeita. Esimerkiksi Kangasalan Tiihalalan kylään on suunnitteilla Sisä-Suomen suurin tuuliturbiini, lupakäsittely on kuitenkin yhä kesken. Tuuliturbiinista tulisi toteutuessaan Pirkanmaan kolmanneksi korkein rakennus Digitan tornin ja Näsinneulan jälkeen. (Ilkka 2010, henkilökohtainen tiedonanto) Tuuliturbiini olisi nimellisteholtaan 3 MW. Myös Kangasalan Kuhmalahdella on käynnissä tuulienergiaprojekti, ja mikäli hanke etenee myötätuulessa tuuliturbiini aloittaa toimintansa syksyllä 2011 uusiomateriaalien käsittely- ja kierrätystoimintaa harjoittavan yrityksen alueelle (MJU Oy ja St1 yhteisprojekti) (AL 2011). Myös Sastamalan alueella on vireillä yksityinen hanke kokonaisesta tuulivoimapuistosta.

Sastamalan Äetsässä sijaitsevan Kemira Chemicals Oy:n laitokselle puolestaan on suunnitteilla noin 30 MW:n biovetyvoimala. Biovetyvoimalaitos tulisi hyödyntämään täysin alueen kemianteollisuudesta sivutuotteena syntyvän vedyn sekä korvaisi puuhakkeella nykyisin varalla käytettävän polttoöljyn. Hanke on jo saanut Työ- ja

elinkeinoministeriön energiatuen taakseen ja laitoksen on määrä valmistua joulukuussa 2012. (TEM 2010a) Toteutuessaan laitoksesta tulisi merkittävä uusiutuvan energian tuottaja koko Pirkanmaan maakunnan alueella.

7.4 Maatilojen mahdollisuudet energiaomavaraisuuden kehittämisessä

Suomen maatilat olivat vielä 1950-luvulle saakka lähes energiaomavaraisia. Lämmitys perustui pääasiassa puun polttoon ja sähköntuotanto vesivoimaan tai puuhun (höyrykone) (Lampinen & Jokinen 2006). Kansallisella tasolla tarkasteltuna sähköntuotannon suhteen omavaraisuus on menetetty tiloilla täysin, ja lämmönkin omavaraisuus on enää alle neljänneksen, siitäkin huolimatta että tilojen hallinnassa on hyvin merkittävä määrä energiaksi soveltuvia raaka-aineita, ja niiden hyödyntämiseen jo olemassa olevaa teknologiaa.

Tämän työn tulosten valossa mautiloilla on tarkasteltujen bioenergian raaka-aineiden puolesta oivat mahdollisuudet kehittää tilan energiaomavaraisuutta. Toisaalta maatilat voisivat olla myös merkittävässä roolissa kehitettäessä kunnan tai laajemmin alueellista, kuten seutukunnan energiaomavaraisuutta. Mautiloilla voisi olla mahdollisuuksia toimia myös energiantuottajina ja/tai myyjinä (lämpöyrittäjyys ja energiayrittäjyyden uudet muodot). Maatilat voisivat toimittaa lähialueille primäärienergiaa kuten hake, pilke ja pelletit tai sekundäärienergiaa kuten sähkö, biokaasu tai nestemäiset kasviperäiset polttoaineet. On kuitenkin huomioitava, että tämä ei nykyisellään ole mautilojen ydinliiketoiminta, ja tästä syystä tiloilta ei välttämättä löydy resursseja energialiiketoimintaan. Kuitenkin esimerkiksi energian hinnan nousu ja huoltovarmuuteen liittyvät uhat voivat tehdä paikallisista energiaraaka-aineista houkuttelevia jo lyhyellä aikavälillä. Toisaalta taas energialiiketoiminta voi kehittyessään avata aivan uudenlaisia sivuansiomahdollisuuksia tiloille, ja osalle tiloista tästä voisi hyvinkin muodostua jopa pääansionlähde. Suomessa tehtyjen omavaraisuustarkastelujen mukaan näyttäisi jopa siltä, että isompien kaupunkien ja energiaintensiivisen teollisuuden ulkopuolella primäärienergian tarve sähkön- ja lämmöntuotannossa olisi suurelta osin tyydytettävissä paikallisin energiavaroin (Hyttinen 2005, Peura & Hyttinen 2011).

Tulosten perusteella, myös tämän työn tarkastelualan maatilat voisivat olla täysin energiaomavaraisia ja jopa yliomavaraisia. Tämän omavaraisuuspotentiaalin määrittäminen vaatisi kuitenkin vielä yksityiskohtaisempaa tarkastelua kuntatasolla, niin

energiaraaka-aineiden kuin kulutuskohteidenkin osalta, puhumattakaan raaka-aineiden realisoitumisesta tiloilla hyödynnettäväksi energiaksi. Lampinen & Jokinen (2006) mukaan Suomen maatiloilla olisi mahdollista saavuttaa vuoteen 2050 mennessä 2000 % sähköomavaraisuus ja 130 % lämpöomavaraisuus.

7.5 Mitä paikallisilla energiapotentiaaleilla voitaisiin korvata?

Energiaomavaraisuutta on tarkastelualueella kiistatta mahdollista kehittää nykyisestään. Energiaomavaraisuuspotentiaalin eli kuinka paljon energiaomavaraisuus voisi kehittyä, kattavampi osoittaminen vaatisi kuitenkin jatkotutkimusta. Tässä työssä tarkasteltujen paikallisten bioenergiavarojen avulla olisi mahdollista korvata osa nykyisestä fossiilisen energian kulutuksesta, etenkin lämmöntuotannossa. Kaikissa tarkastelualan kunnissa öljylämmityksen osuus (taulukko 4) oli merkittävin kunnan rakennusten lämmitysmuodoista ja suora sähkölämmitys oli toiseksi yleisintä. Sähkölämmityksen rinnalla on ensiarvoisen tärkeää Suomen oloissa olla esimerkiksi puulla tai pelletillä toimiva varajärjestelmä, turvaamaan häiriötilanteissa ja toisaalta vähentämään sähköntarvetta lämmitykseen esimerkiksi kovimpien pakkasten aikaan. Sähkölämmitteisen talon suoraa sähkönkulutusta voidaan myös vähentää asentamalla ilmalämpöpumppu. On kuitenkin huomioitava, että myös tämä vaatii toimiakseen sähköä, eivätkä nykyiset laitteet välttämättä toimi kovimmilla pakkasilla. Öljylämmityksessä on mahdollista käyttää myös kasviöljyjä. Toisaalta elinkaarensa päässä oleva öljykattila on mahdollista korvata puupohjaisella lämmitysjärjestelmällä, jonka polttoaineena on esimerkiksi pelletti. Toisaalta on huomioitava, että polttoaineen varastointiin on varattava erillinen tila. Tämän kaltaista muutosta edesauttaa se, että sopiva lämmönjakojärjestelmä, useimmiten vesikiertoinen patterijärjestelmä on jo valmiiksi olemassa.

Uudisrakentamisessa tai tehtäessä laajempaa korjausta vanhaan rakennukseen, on yksi lämmitysvaihtoehtoista maalämpöpumppu, joka hyödyntää maahan, veteen tai kallioon varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. On kuitenkin huomioitava että niin maalämpö, kuin erilaiset ilmalämpöpumput tarvitsevat toimiakseen sähköä. Maatilojen rooli biokaasuntuotannossa ja toisaalta tuotetun energian välittämisessä voivat avata uusia mahdollisuuksia energiahuollossa paikallisesti. Myös puun kaasutuksen saralla tapahtuu

tällä hetkellä paljon, ja tulevaisuudessa tämäkin teknologia voi nousta merkittäväksi paikallistasolla mahdollistaen puun hyödyntämisen tehokkaasti sähköntuotannossa.

Kaiken kaikkiaan on kuitenkin huomioitava, että mitä ilmeisimmin myös tulevaisuuden energiaratkaisut tulevat koostumaan useasta eri energiaratkaisusta, ei niinkään yhdestä päätarkaisusta. Tästä syystä olisi tärkeä tarkastella kaikkien paikallisten uusiutuvien energiamuotojen yhteisiä, ja toisiaan tukevia mahdollisuuksia energiatuotannossa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tulokset tarjoavat yhden näköalan tarkastelualueen uusiutuvan energian potentiaaleihin ja toisaalta niihin lukuisiin mahdollisuuksiin, joita alueella ja etenkin alueen maatiloilla energiaomavaraisuuden kehittämisessä on. Perinteisesti on voitu ajatella että kotimaiset energiavarat vastaavat kehnosti energian tarveamme, kuitenkin kuten työssä on noussut esille energiapotentiaalit ovat dynaamisia, ajassa muuttuvia määreitä. Teknologian kehittyessä ja muun muassa jätevirtojen tehokkaamman hyödyntämisen myötä itse asiassa hyvin merkittävä osa nykyisestä energiantarpeesta olisi tyydytettävissä kotimaisin energiavaroin.

Suomi on sitoutunut noudattamaan EU:n yhteisiä tavoitteita ja asetettu tavoite nostaa uusiutuvan energian osuus 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä perustuu sitovaan velvoitteeseen. Mikäli tämä taso aiotaan saavuttaa, edellyttäne se merkittävää lisäpanostusta kaikkiin uusiutuvan energian muotoihin. Suomen nykyisestä uusiutuvan energiantuotannosta hyvin merkittävä osa perustuu metsäteollisuuden jätevirtojen kuten mustalipeän, kuoren ja sahanpurun hyödyntämiseen, ja on näin ollen sidoksissa metsäteollisuuden kehitykseen Suomessa. Viime vuosien kehityksen valossa voidaan olettaa, että metsäteollisuuden sivutuotteiden vähentyessä on muun uusiutuvan energiantuotannon kasvettava melkoisesti jotta uusiutuvan energian osuus saadaan pidettyä edes nykyisellä tasolla.

Tämän työn tulokset osoittavat että tarkastelualueen kuntien energiaomavaraisuusasteet jäävät nykyisellään (4 – 27 %) jopa alle kansallisen energiaomavaraisuusasteen (30 %), jota on yleisesti pidetty alhaisena etenkin maamme energiapotentiaaleihin nähden. Kangasalan energiaomavaraisuusaste on nykyisellään tarkastelualueen alhaisin, ja kunnan bioenergiapotentiaalit mahdollistaisivat tämän kehittämisen.

Tämän työn tulosten perusteella tarkastelualueella on merkittävä bioenergiapotentiaali, jo tarkasteltujen raaka-aineiden muodossa. Tarkastelualueen kunnissa olisi mahdollista teknisen potentiaalın perusteella hyödyntää biokaasuntuotantoon orgaanisia materiaaleja yhteensä 94 920 t TS/vuosi. Tämän yhteenlaskettu energiapotentiaali tarkoittaisi lämmön ja sähkön yhteistuotannossa noin 100 GWh lämpöä ja noin 60 GWh sähköä.

Metsäenergian tekninen potentiaali mahdollistaisi yhteensä noin 245 GWh lämmön- ja 147 GWh sähköntuotannon.

Paikallisella uusiutuvan energiantuotannolla on hyvät edellytykset kehittyä tarkastelualueella. Pitkällä aikavälillä energiainfrastruktuuri tulee muuttumaan täysin tai lähes täysin uusiutuvaan energiaan pohjautuvaksi. Tästä syystä paikallisia energiaratkaisuja ja eri vaihtoehtoja pohdittaessa olisi hyvä tiedostaa kotimaisten ja paikallisten uusiutuvien energiavarantojen olemassaolo ja mahdollisuudet.

KIITOKSET

Haluan kiittää Tampereen Osaamiskeskusta työn rahoituksesta, ja erityisesti kehityspäällikkö Paula Hakolaa ja projektipäällikkö Mirva Seppästä hedelmällisestä yhteistyöstä sekä Tampereen Uudella Tehtaalla pidetyn tulosseminaarin käytännönjärjestelyistä. Lämpimät kiitokset myös työn ohjaajille Margareta Wihersaarelle sekä Timo Hyttiselle, jonka aiempi tutkimus on inspiroinut voimakkaasti tätäkin työtä. Kiitokset kuuluvat myös yhtä aikaa tutkielmaa tehneelle Sanna Huikurille sparrauksesta sekä Venla Kinnuselle ajatustenvaihdosta ja tuesta työn eri vaiheissa. Kaikkein sydämellisimmät kiitokset kuuluvat kuitenkin omalle perheelle - Markulle, Havulle ja Hiskille, koko perheen projektihan tämä lopultaan oli. Lämpimät kiitokset myös Sarille gradukeskusteluista ja Äiteelle kaikesta tuesta ja etenkin lastenhoitoavusta työn aikana.

LÄHTEET

- AL 2011: Tuulimylly jauhaa pian sähköä Kuhmalahdella. Aamulehti 25.2.2011.
Toimittaja Juha Kairesalo. Saatavissa
<http://www.aamulehti.fi/cs/Satellite/Pirkanmaa/1194668187013/artikkeli/tuulimylly+jauhaa+pian+sahkoa+kuhmalahdella.html> (26.2.2011)
- Federal Republic of Germany 2010: National Renewable Energy Action Plan in accordance with Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Saatavissa
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/action_plan_en.htm (7.12.2010)
- Bioenergia 2010: Bioenergia verkkopalvelu. Kimiotön självförsörjande på energi - Energiaomavarainen Kemiönsaari. Saatavissa
http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/hankkeet_ja_rahoitus/hankehakemisto/kimioton_sjalvforsorjande_pa_energi_energiaomavarainen_kemionsaari/ (23.2.2011)
- Biokaasufoorumi 2011: Biokaasun raaka-aineet. Saatavissa
<http://www.biokaasufoorumi.fi/> (14.2.2011)
- Bionova Engineering 2007: Maatilojen energiaohjelman valmistelu. Tulokset. Raportti 14.2.2007. 26s.
- Börjensson, P. & Berglund, M. 2007: Environmental systems analysis of biogas systems - Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. Science Direct. Biomass and Bioenergy 31 (2007) 326-344.
- Energiateollisuus ry 2010a: Kaukolämpötilasto 2009. ISSN 0786-4809. Saatavissa
http://www.energia.fi/fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammitys/kaukolampotilasto_2009_pdf_web.pdf (28.10.2010)
- Energiateollisuus ry 2010b: Kuntien sähkönkulutus vuonna 2009. Saatavissa:
<http://www.energia.fi/fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/kuntien%20s%C3%A4hk%C3%B6nkulutus%20vuonna%202009.html> (10.10.2010)
- Energiateollisuus ry 2010c: Sähkön kokonaiskäyttö ja käyttö per capita Euroopassa. Saatavissa:
http://www.energia.fi/fi/tilastot/sahkotilasto/kaytto/sahkonkokonaiskayttojakaytto_percapitaeuroopassa (27.10.2010)
- Envor 2010. Envor Biotech Oy. Saatavissa
<http://www.envor.fi/DowebEasyCMS/?Page=Biokaasulaitos> (9.11.2010)
- EU 2010: EUROPA. Summaries of EU legislation. Green paper on the security of energy supply. Saatavissa:
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/127037_en.htm (30.1.2010)
- EurLex 2006/32/EY: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/YK. 5.4.2006. Energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista sekä neuvoston direktiivin 93/76/ETY kumoamisesta. Saatavissa <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0032:FI:HTML> (31.1.2011)

- Euroopan Komissio 2005: Enemmän tuloksia vähemmällä – Vihreä kirja energiatehokkuudesta. Luxemburg: Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto. 2005 45 s. ISBN 92-79-00020-9 Saatavissa: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/2005_06_green_paper_book_fi.pdf (30.1.2011)
- Forschungsforum 2007: Forschungsforum 1/2007. Model region Gussing. Self-sufficient energy supply based on regionally available renewable resources and sustainable regional development. 6s. Saatavissa: http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/fofo/fofo1_07_en.pdf (23.2.2011)
- GASEK OY 2010. GASEK-kaasutin. Saatavissa http://www.gasek.fi/epages/PPO.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/22082008-1/Categories/Tuoteryhma2 (28.11.2010)
- Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005: Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys – Loppuraportti. Gaia Group Oy, Helsinki, 77s.
- HE 152/2010 vp.: Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta.
- Hietanen, O. 2007: Loimaan seutukunta 2030 – Vihreän elefantin metsästys. Teoksessa Pietilä, Arto (toim.) Pauli Salminen – Ihmeiden Aika. Kustannus HD Loimaa, 10s.
- Hughes, Thomas, P. 1995: Technological momentum. Teoksessa Smith, M. R. & Marx, L. (toim.) Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism, 101-113. MIT Press, Cambridge.
- Huoltovarmuuskeskus 2011: Mitä on huoltovarmuus? Saatavissa <http://www.huoltovarmuus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/mita-on-huoltovarmuus/> (31.1.2011)
- Huttunen, S. 2004: Paikallista kestäväää energiaa – uusiutuvan energian mahdollisuudet maatiloilla. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 80. Jyväskylän yliopisto, Uusiutuvan energian koulutus- ja tutkimusohjelma, 2004.
- Hyttinen, T. 2005: Valoa Pimeässä. Kohti energiaomavaraisuutta maaseudulla. Vaasan yliopisto, Levon-instituutti. Julkaisu No 116. 173s.
- Hyttinen, T. 2009: Suupohjan kuntien kestävä energiahuolto – ASPIRE. Kuntien ilmastokampanjan yhdyshenkilötapaaminen. Teema: Uusiutuva energia. 11.5.2009 Kuntatalo Helsinki. Esitys. Saatavissa www.kunnat.net (8.12.2010)
- Ileleji, K. E., Martin, C. & Jones, D. 2008: Basics of energy production through anaerobic digestion of livestock manure. –Purdue Extension, ID-406-W. Purdue University. 6 s. Saatavissa: <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/ID/ID-406-W.pdf> (10.1.2011)
- Jacobson, M. Z. & Delucchi, M. A. 2010: Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure and materials. Energy Policy (2010). Article in Press. 16s.
- Kahiluoto, H. & Kuisma, M. (toim.) 2010: Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi. JaloJäte-tutkimushankkeen synteesiraportti. MTT Kasvu 12. 89 s. Saatavissa <http://www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu12.pdf> (27.1.2011)
- Kangasala 2010. Kangasalan kaupungin internet-sivut. Saatavissa www.kangasala.fi (27.10.2010)
- Kari, M. (Toim.) 2009: Maatilyrityksen energiaopas. Tieto tuottamaan 130. ProAgria Keskusten Liitto. 92s.
- Keränen, H., Malinen, P. & Aulaskari, O. 2000: Maaseututyypit. Suomen Aluetutkimus FAR. Sonkajärvi 2000. ISBN 952-9636-83-0.

- Keskinen, R. 1993: Suomen energiatekniikan historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840-1980. Osa 1. Päätoimittaja Risto Keskinen. Tampere 1993. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Julkaisuja 115. 428s.
- Klima- og Energiministeriet 2010. National action plan for renewable energy in Denmark. June 2010. 123s. Saatavissa http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_denmark_en.pdf (31.1.2011)
- Kreuger, E., Prade, T., Escobar, F., Svensson S.-E., Englund, J.-E. & Björnsson, L. 2011: Anaerobic digestion of industrial hemp – Effect of harvest time on methane energy yield per hectare. *Biomass and Bioenergy* 35 (2011) 893-900.
- Kuittinen, V., Huttunen, M. J. & Leinonen, S. 2010: Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 13. Tiedot vuodelta 2009. Publications of the University of Eastern Finland. Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences No 3. Faculty of Science and Forestry, Department of Biology. Joensuu 2010. 42s.
- Kunnas, J. & Myllyntaus, T. 2009: Postponed Leap in Carbon Dioxide Emissions: Impacts of Energy Efficiency, Fuel Choices and Industrial Structure on the Finnish Energy Economy, 1800 – 2005. *Global Environment*, No. 3, 2009, pp. 154–189.
- Kuntatiedon keskus 2010: Paikallisia ratkaisuja etsitään. Energiatoimistot keskittyvät ilmastonmuutoksen hillintään. Saatavissa: http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;60;498;132449;140204;140503 (28.11.2010)
- Lampinen, A. & Jokinen, E. 2006: Suomen maatilojen energiantuotantopotentialit. Ekologinen perspektiivi. Jyväskylän yliopiston Bio- ja Ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84, 2006. 165s.
- Lampinen, A. 2009: Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja B:17. Joensuu 2009. 437s.
- Lampinen, A. & Laakkonen, A. 2010: Kuntapäätäjän opas. Kunnat liikennebiokaasun tuottajina ja käyttäjinä. Suomen Biokaasuyhdistys ry. 106s.
- Latvala, M. 2009: Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Biokaasuntuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki 2009. 84s.
- Lehtomäki, A. 2006: Biogas production from energy crops and crop residues. *Jyväskylä Studies in biological and environmental science* 163. Jyväskylän yliopisto 2006. 94s.
- Lehtomäki, A., Huttunen S. & Rintala, J. A. 2007: Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio. *Resources, Conservation and Recycling* 51 (2007) pp. 591-609.
- Lensu, T. & Alakangas, E. 2004: Small-scale electricity generation from renewable energy sources. A glance at selected technologies, their market potential and future prospects. OPET Report 13. VTT Processes. Jyväskylä 2004. 144s.
- Liikennebiokaasu 2010. Liikennebiokaasu-foorumi. Kiinan pääministeri: biokaasureaktori jo 30 miljoonalla kotitaloudella. 18.12.2009. Saatavissa <http://liikennebiokaasu.fi/blogi/?tag=biokaasu> (7.12.2010)

- Maanmittauslaitos 2009: Kuntien pinta-alat. Saatavissa
<http://www.maanmittauslaitos.fi/toiminta/julkaisut/tilastot/vuositilastot>
 (16.8.2010)
- Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007-2013. Pirkanmaan alueohjelma. Työ- ja elinkeinokeskus. Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto: Eurooppa investoi maaseutualueisiin. Päivitys 12.10.2009.
- Massa, I. 1982: Energia, kulttuuri ja tulevaisuus. Tietolipas 89. Toim. Ilmo Massa. Suomen Antropologisen Seuran toimituksia 10. 251s.
- Massa, I., Sairinen, R. & Itkonen, L. 1987: Energiahuollon vaihtoehdot ja maaseutu. Kolme näkökulmaa. Helsingin yliopisto. Sosiaalipolitiikan laitos. Työraportteja 6/1987. ISBN 951-45-4335-1.
- Motiva 2010a: Aurinkoenergia. Saatavissa
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia (28.10.2010)
- Motiva 2010b: Energiatehokkuussopimukset. Saatavissa
<http://www.motiva.fi/toimialueet/energiatehokkuussopimukset/kunta-ala>
 (28.10.2010)
- Motiva 2010c: Maatilojen energiaohjelma 2010-2016. Saatavissa
http://www.motiva.fi/toimialueet/energiatehokkuussopimukset/maatilojen_energia_ohjelma_2010-2016 (28.10.2010)
- Motiva 2010d: Lämpö- ja voimalaitokset. Saatavissa
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampo- ja voimalaitokset
 (28.10.2010)
- MT 16.11.2009: Maaseudun tulevaisuus: Uusiutuva energia tuo hyvinvointia Samson saarelle Tanskassa.
- MTK 2010: Maatilojen kehitysnäkymät 2015 Ylä-Pirkanmaalla. Maaseutuyritysten ja -yhdistysten tulevaisuus 2015-hanke. Saatavissa
http://www.mtk.fi/liitot/pirkanmaa/ yhdistykset/virrat/maaseudun_yritys_tulevaisuus/fi_FI/tutkimuksen_tulokset/ (30.11.2010)
- Myllyntaus, T. 1993: Suomen energian tuottamisen ja käytön yleiset kehityspiirteet. Teoksessa: Suomen Energiatekniikan Historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840-1980. Osa 1. Päätoimittaja Risto Keskinen. Tampere 1993. 428s.
- Mäenpää, I. 2005: Kansantalouden ainevirtatilinpito. Laskentamenetelmät ja käsitteet. Suomen ainetaseet 1999. Tilastokeskus. Thule-instituutti, Oulun yliopisto. Helsinki 2005.
- Mäkinen, T., Soimakallio, S., Paappanen, T., Pahkala, K. & Mikkola, H. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT tiedotteita 2357. 134 s.
- Nevanlinna, L. 1993: Energiahuolto vuodesta 1930 alkaen ja suurenergiatekniikan läpimurto. Teoksessa: Suomen Energiatekniikan Historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840-1980. Osa 1. Päätoimittaja Risto Keskinen. Tampere 1993. 428s.
- Paader, A. 2010: Biokaasua maatalouslietteistä. Biokaasu-lehti 2/2010. Saatavissa
http://www.biokaasuyhdistys.net/images/stories/pdf/Biokaasulehti_lokakuu2010.pdf
 (31.1.2011)
- Peltola, T. 2007: Paikallisen energiahuollon ympäristöpoliittinen liikkumavara. Vaihtoehtoiset teknologiat, poliittiset käytännöt ja toimijuus. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Yhdyskuntatieteiden laitos. Acta Universitatis Tamperensis 1203.

- Peura, P. 2009: Maaseutu uusiutuvien energioiden tuottajana ja käyttäjä. Vaasa Energy Institute. Esitys 17.3.2009. Saatavissa http://www.maallemuutto.info/Liitetiedostot/Maaliskuu%202010/Peura_uusiutuva_t_energiat.pdf (6.1.2011)
- Peura, P. & Hyttinen, T. 2011: The potential and economics of bioenergy in Finland. *Journal of Cleaner Production* (2011), doi: 10.1016/j.jclepro.2011.02.009
- Pirkanmaan energiaohjelma 2007. Pirkanmaan liiton julkaisu D 87. ISBN 978-951-590-288-2. Saatavissa <http://www.pirkanmaa.fi/fileadmin/pirkanmaa/julkaisut/energiaohjelma.pdf> (20.10.2010)
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2010: Pohjois-Karjalan strategia 2030. Maakuntasuunnitelma. Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. Julkaisu 127. Joensuu 2010. 56s.
- Punkalaidun, 2010: Punkalaitumen kaupungin Internet-sivut. Saatavissa www.punkalaidun.fi (10.10.2010)
- Raitila, J. 2006: Pirkanmaan puuenergiaselvitys. Pirkanmaan metsäkeskus. Tampere 2007. ISBN 978-952-5419-07-8.
- Ranta, O. 1993: Ydinvoima. Teoksessa: Suomen Energiatekniikan Historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840-1980. Osa 1. Päätoimittaja Risto Keskinen. Tampere 1993. 428s.
- Ruostetsaari, I. 2010: Energiavalta. Eliitti ja kansalaiset muuttuvilla energiamarkkinoilla. Tampereen yliopistopaino Oy. Tampere 2010. 272s
- Salminen, E. & Rintala, J. 2002: Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. Review paper. *Bioresource Technology* 83 (2002) 13–26.
- Sastamala 2010. Sastamalan kaupungin internet-sivut. Saatavissa www.sastamala.fi (27.10.2010)
- Sastamalan maaseutustrategia 2010: Sastamalan maaseudulle kasvuvoimaa. Sastamalan maaseudun strategia 2015. Sastamalan kaupunki. Elävä maaseutu. 29.9.2010. Saatavissa: http://www.sastamalankaupunki.fi/sastamala/liitetiedostot/editori_materiaali/690.pdf (10.10.2010)
- Seppälä, M., Paavola, T., Lehtomäki, A. & Rintala, J. 2009: Biogas production from boreal herbaceous grasses – Specific methane yield and methane yield per hectare. *Bioresource Technology* 100 (2009) 2952-2958.
- Snäkin, J-P., Muilu, T. & Pesola, T. 2010: Bioenergy decision-making of farms in Northern Finland: Combining the bottom-up and top-down perspectives. *Energy Policy* 38 (2010) 6161-6171.
- Solpros 2001: Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tekes-projekti 594/480/00. Road-map for solar energy technology and markets in Finland. Kesäkuu 2001.
- Solpros 2006: Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. EU-projekti: Extend Accredited Renewables Training for heating (EARTH). Joulukuu 2006. 20s. Saatavissa <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf> (31.1.2011)
- Steamcastle 2011. Villa Höyry Linnan kotisivut. Saatavissa <http://steamcastle.fi/> (26.2.2011)
- Tafdrup, S. 1995: Viable energy production and waste recycling from anaerobic digestion of manure and other biomass materials. *Biomass and bioenergy*, Vol. 9, Nos 1-5, pp. 303-314, 1995. Elsevier Science Ltd.

- Tammervoima 2011: Tammervoiman kotisivut. Saatavissa www.tammervoima.fi. (5.1.2011)
- Tekniikka ja Talous 2008: Suomi on ihanteellinen aurinkosähkölle. 19.5.2010. Saatavissa <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article107339.ece> (4.12.2010)
- Tekniikka ja Talous 2009: Venäjän ja Ukrainan kireät välit uhkaavat jälleen Euroopan kaasutoimituksia. Piironen Mika. 11.8.2009. Saatavissa <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article316049.ece> (31.1.2011)
- Tekniikka ja Talous 2010a: Kemira etsii ratkaisuja uhkaavaan fosfori- ja typpilannoitepulaan. Leino Raili. 2.7.2010. Saatavissa <http://www.tekniikkatalous.fi/kemia/article471069.ece> (28.11.2010)
- Tekniikka ja Talous 2010b: Pääkirjoitus. Älykkäämpää energiaa, kiitos. Terho Puustinen, Energia-lehti, 8.6.2010. Saatavissa <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/energia-lehti/article427498.ece> (4.12.2010)
- TEM 2005. Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – Kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Taustaraportti.
- TEM 2008: Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- TEM 2010a: Energiatukea FC Energia Oy:n uudelle biovetyvoimalaitoshankkeelle. 30.9.2010. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- TEM 2010b. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti. Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiaosasto 30.6.2010.
- Tike 2011: Maataloustilastoja Pirkanmaalta. Tiedonanto sähköpostitse Erja Mikkola MMM Tike, 27.1.2011.
- Tilastokeskus 2008: Energian kokonaiskulutus energialähteittäin ja hiilidioksidipäästöt 1990-2007 (Excel) (12.12.2008) Saatavissa <http://www.stat.fi/til/ekul/tau.html> (26.1.2011)
- Tilastokeskus 2009: Asukasluvut kunnittain 31.12.2009. Saatavissa http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html (31.1.2011)
- Tilastokeskus 2010a. Energiantuonti alkuperämaittain vuonna 2009. Saatavissa <http://www.stat.fi/til/ehkh/tau.html> (25.1.2011)
- Tilastokeskus 2010b: Historialista energiadataa. Niinen Minna henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 19.12.2010.
- Tilastokeskus 2010c: Kuntien lämmöntarve polttoaineittain. Rakennukset 31.12.2009 lämmitysaineen mukaan tilastosta. Saatavissa http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/asu/rakke/rakke_fi.asp (31.1.2011)
- Tilastokeskus, 2010d: Maa-, metsä- ja kalatalous. Saatavissa http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_maatalous.html (16.8.2010)
- Tilastokeskus 2010e: Liitetaulukko 2. Sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineet, TJ. Saatavissa http://www.stat.fi/til/salatuo/2009/salatuo_2009_2010-09-29_tau_002_fi.html (31.1.2011)
- VEI 2011: Vaasa Energy Institute. ESSI-hanke. Saatavissa <http://www.vei.fi/content/fi/11501/291/291.html> (31.1.2011)
- Verbruggen, A., Fishedick, M., Moomaw, W., Weir, T., Nadai, A., Nilsson, L., J., Nyboer, J. & Sathaye, J. 2010: Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. Energy policy 38 (2010) 850-861.
- Viljavuuspalvelu Oy. Karjanlanta tilastot 2000-2004. Saatavissa http://www.viljavuuspalvelu.fi/viljavuuspalvelu/user_files/files/kotielain/lanta_tilastot.pdf (10.1.2011)

- Virtanen, H. & Thun, R. 2005: Energiankäyttö sekä uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämispotentiaali suomalaisilla maatiloilla. Esiselvitys. MTT. Ympäristöntutkimus. 15.8.2005. 39s.
- VM 2008: Valtiovarainministeriö. VAHTI-ohjeet. VAHTI 8/2008. Valtionhallinnon tietoturva sanasto. Saatavissa <https://www.vahtiohje.fi/web/guest/maaritelmat-hj;jsessionid=B187AA60D233EE91498665C1D81F50A6BAD8875217EC1A140D2917186F412BAD3948386644EFF77483F714> (26.1.2011)
- VN 2000: Valtioneuvoston päätös maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 931/2000. Liite 2.
- VTT 2010: Turpeen tuotanto ja käyttö. Yhteenvedo selvityksistä. Arvo Leinonen (Toim.). Edita Prima Oy, Helsinki. 108s.
- Väestörekisterikeskus 2009: Suomen asukasluvut. Saatavissa www.vastorekisterikeskus.fi (16.8.2010)
- Vänttinen, V-H. 2010: Biokaasuteknologian alueellinen hyödyntämispotentiaali – esimerkki tapauksena Keski-Suomen maakunta. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Pro gradu –tutkielma. 72s.
- WADE 2007: Security Via Decentralized Energy. Energy security, Climate Change and Decentralized Energy. World Alliance for Decentralized Energy. 28s. Saatavissa www.localpower.org (25.1.2011)
- Wang, M. 2009: Applying anaerobic digestion for onsite treatment of domestic wastewater and biowaste at low temperature in Finland – considering the Chinese experiences. Master Thesis. University of Jyväskylä.
- Yle 27.9.2009a: Kempeleen ekokortteli pyrkii energiaomavaraisuuteen. Saatavissa http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/09/kempeleen_ekokortteli_pyrkii_energiaomavaraisuuteen_1035086.html?origin=rss (31.1.2011)
- Yle 7.11.2009b: Tuulivoimasta maatilojen sivuelinkeino. Saatavissa http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2009/11/tuulivoimasta_maatilojen_sivuelinkeino_1140578.htm (4.12.2010)

Henkilökohtaiset tiedonannot

- Haapaniemi Hannu. Vammalan Vaneri Oy, ostopäällikkö. Sähköpostitiedonanto 30.11.2010.
- Hiitelä Juha. Pirkanmaan Metsäkeskus. Sähköpostitiedonanto 10.9.2010.
- Hurnanen Paula. Tekninen avustaja Yhdyskuntatekniikka Sastamala. Puhelinkeskustelu 29.10.2010
- Hyttinen Timo. Projektipäällikkö. Levon-Instituutti, Vaasan yliopisto. Sähköpostitiedonanto 18.1.2011.
- Ilkka Mikko. Tekninen johtaja. Kangasalan kunta. Puhelinkeskustelu. 29.10.2010.
- Kallionpää Ari. Maaseutusihiteeri Punkalaidun. Sähköpostitiedonanto 23.6.2010.
- Lakkinen Keijo. Maaseutusihiteeri Sastamala. Sähköpostitiedonanto 14.6.2010.
- Lehtonen Pekka. Kaukolämpöpäällikkö Kangasalan lämpö Oy. Sähköpostitiedonanto 6.8.2010.
- Leminen Jari. Toimitusjohtaja SHT Tukku Oy. Puhelinkeskustelu 20.8.2010.
- Niinen Minna. Tilastokeskus. Energiatilastot. Sähköpostitiedonanto 22.11.2010.
- Nurminen Marko. Kehityspäällikkö. Ekokumppanit Oy, Tampere. Sähköpostitiedonanto 26.1.2011.
- Oittinen Juha. Maanviljelijä (tilalla tuuliturbiini). Puhelinkeskustelu 22.11.2010.
- Ojalampi Seppo. Aluepäällikkö Vapo Biofuels Lounais-Suomi. Puhelinkeskustelu 28.1.2011.

- Paukkio Timo. Aluejohtaja Fortum Heat and Power Oy Sastamala. Sähköpostitiedonanto 31.8.2010.
- Piippo Erkki. Pirkanmaan jätehuolto. Puhelinkeskustelu 22.11.2010.
- Pollari Pekka. UPM-Kymmene Oyj, Energia. Sähköpostitiedonanto 30.11.2010.
- Riekkinen, Pirjo. Kaukolämpöpäällikkö Sastamalan Lämpö Oy. Sähköpostitiedonanto 30.8.2010.
- Riippi Sari. Ympäristöinsinööri Ruoka-Saarioinen Oy Kangasala. Sähköpostitiedonanto 25.10.2010.
- Ritonummi Timo. Yli-insinööri Työ- ja elinkeinoministeriö. Sähköpostitiedonanto 26.1.2011.
- Rytty Seppo 2010. Tekninen johtaja Punkalaidun. Puhelinkeskustelu 10.8.2010.
- Seppälä Mari 2010. Tutkija Jyväskylän yliopisto. Sähköpostitiedonanto 10.11.2010.
- Tolppa Ritva 2011. Kasvinviljelyagronomi. ProAgria Pirkanmaan. Sähköpostitiedonanto 26.1.2011.
- Tuomisto Pasi. Leppäkosken Energia, FC Energia. Puhelinkeskustelu 22.11.2010.
- Tuori Pertti. Maanviljelijä (tilalla tuuliturbiini). Puhelinkeskustelu 22.11.2010.

LIITE 1: LÄMPÖLAITOSTIEDOT KUNNISTA VUODELTA 2009

Tarkastelualueen kuntien kaukolämpölaitoksille lähetetty kyselylomake

Kunta:

Laitoksen nimi:

Postiosoite:

Postitoimipaikka:

Yhteyshenkilö:

1. Lämmön tuotanto, hankinta ja myynti vuonna 2009

- **Tuotettu lämpö MWh**
- **Ostettu lämpö (teollisuudelta, tms.) MWh**
- **Myyty lämpö MWh**
- Kiinteät lämpölaitokset, teho MW
- Siirrettävät lämpökeskukset, teho MW
- Oston tilausteho MW
- Laitoksen käyttämä sähkö (poltin, pumput) kWh

2. Käytetyt polttoaineet (MWh/tonnia/i-m³)

3. Verkoston pituus, paljonko verkkoon liitettyjä kiinteistöjä

4. Lämmönmyynnin keskihinta €/MWh

***) tummalla painetut tiedot ovat olennaisimpia**

LIITE 2: TARKASTELUALUEEN MAATALOUSTUOTANTOA KOSKEVA KYSELY (ELÄINTIEDOT JA VILJELYPINTA-ALAT)

Arvoisa kunnan Maaseutujohtaja

Opiskelen Jyväskylän yliopiston Uusiutuvan energian maisteriohjelmassa, pääaineenani ympäristötiede. Käynnistelen parhaillaan Pro gradu –työtä Lounais-Pirkanmaan alueelta (Sastamala, Punkalaidun). Työssä tarkastelen alueen energiaomavaraisuusasteen nykytilaa suhteessa alueen uusiutuvan energian potentiaaleihin. Lisäksi on tarkoitus syventyä biokaasuntuotannon mahdollisuuksiin alueellisen ja maatilakohtaisen energiaomavaraisuuden parantamisessa. Toivoisin Teidän vastaavaan seuraaviin kunnan maataloutta koskeviin kysymyksiin sähköpostitse. Kiitos!

1. Tilastotietoa alueen maataloudesta (uusimmat luvut):

- Aktiivisten maatilojen lukumäärä kunnassa (kpl)
- Tilarakenne (kasvinviljelytiloja, maitotiloja, kotieläintuotantotiloja, jne.) (kpl)
- Eläinyksikkömäärät (eläimet eläinlajeittain) (kpl)
- Viljelty peltopinta-ala (kasvilajiyhteenveto) (ha)
- Kesantoala (mitä kasvaa) (ha)
- Lannan nykyinen käyttö tai sijoitus
- Lannoitteiden tarve (keskimääräinen tieto lannoitteiden tarpeesta per tila)
- Mikä on maatalouden trendi kunnassa; esimerkiksi kasvaako tilakoko yhä, väheneekö tilojen määrä entisestään, kasvaako viljelty peltopinta-ala, kasvaako eläinmäärät, muuttuuko viljeltävät lajikkeet (esim. energiaviljat)?

2. Muita tarvitsemiani tietoja, ja mikäli ette pysty vastaamaan, mistä voisit mahdollisesti asiaa tiedustella?

- Isoimpien tilojen yhteystiedot
- Onko kunnassa keskusteltu biokaasuntuotannosta maatilakokoluokassa, ja onko asiasta kiinnostuneita ilmaantunut?
- Viljelläkö kunnassa energiakasveja (kuten ruokohelpi) ja koetaanko energiakasvien viljelyn aloittaminen realistisena tai houkuttelevana vaihtoehtona tulevaisuudessa?
- Syntyykö kunnassa teollisuuden jätevirtoina biokaasuntuotantoon soveltuvaa biomassaa, (esim. elintarviketeollisuus)?
- Onko kunnassa biokaasuntuotantoon erikoistuneita yrityksiä?

Vastauksianne mielenkiinnolla odottaen ja etukäteen kiittäen,

Miia Kinnunen

Jyväskylän yliopisto

Uusiutuvan energian maisteriohjelma

LIITE 3: LASKELMISSA KÄYTETYT LANNAN OMINAISUUDET

	Lietelanta ^a			Kuivikelanta ^a			
	Lannantuotto	Tiheys ^b	TS ^b	Lannantuotto	Tiheys ^b	TS ^b	VS/TS ^c
	m ³ /vuosi	kg/m ³	%	m ³ /vuosi	kg/m ³	%	%
Lypsylehmä	24	992,7	5,5	24	728,8	21,5	80
Emolehmä	15	992,7	5,5	15	728,8	21,5	80
Hiehot	15	992,7	5,5	15	728,8	21,5	80
Lehmävasikat	6	992,7	5,5	6	728,8	21,5	80
Sonnit	15	992,7	5,5	15	728,8	21,5	80
Lihasiat	2	997,1	3,5	2,4	640,7	29,3	75
Emakot	2,4	997,1	3,5	2,4	640,7	29,3	75
Siitoskarjut	2,4	997,1	3,5	2,4	640,7	29,3	75
Muu sika	2	997,1	3,5	2,4	640,7	29,3	75
Porsas	1	997,1	3,5	1,2	640,7	29,3	75
Siipikarja				0,05	621,5	48	75

Lähde: a) Valtioneuvon nitraattiasetus liite 2, b) Viljavuuspalvelu oy, c) Iileji ym. 2008

LIITE 4: TARKASTELUALUEEN KOTIELÄIN- JA VILJELYPINTA-ALATIEDOT

Eläinmäärät (kpl) v.2009	Punkalaidun ^a	Sastamala ^b	Kangasala ^c
Lypsylehmä	349	2663	654
Emolehmä	152	570	358
Hiehot	223	1437	447
Lehmävasikat	208	1401	647
Sonnit	281	2011	188
Lihasiat	9659	5044	1852
Emakot	2541	1787	353
Siitoskarjut	36	36	8
Muu sika	10639	3932	0
Porsas	11903	6097	888
Siipikarja	62739	14775	421307

Pinta-alat (ha) v.2009	Punkalaidun ^a	Sastamala ^b	Kangasala ^c
Syysvehnä	312	375	0
Kevätvehnä	1443	2415	1125
Ruis	54	346	34
Ohra (rehu ja mallas)	3965	4307	1450
Kaura	2219	5662	1584
Öljykasvit	1519	2537	445
Ruokohelpi	7	12	0
Kesanto	271	433	202
Luonnonhoitopellot, tilapäisesti viljelemätön ala	650	1725	465
Nurmet	1449	7454	2124

Lähde: a) Kallionpää 2010, henkilökohtainen tiedonanto, b) Lakkinen 2010, henkilökohtainen tiedonanto, c) MMM tietopalvelukeskus (Tike) Matilda-tietokanta

LIITE 5: TYÖN LASKENTATAULUKOITA

Teoreettinen potentiaali (100 %)

	Peltopinta-ala	Satotaso	Talteenottoaste	Energiaksi korjattavissa	Metaanintuotto	Energiasisältö	Kokonaisenergiämäärä	Orgaanisten materiaalien kokonaismäärä
Punkalaidun	ha	t TS/ha/a	%	t TS/ha	CH ₄ Nm ³ /t TS	kWh / CH ₄ Nm ³	GWh	t TS/vuosi
Syysvehnä (olki)	312,14	2	100	2	255	9,9	1,58	624,28
Kevätvehnä (olki)	1442,91	2	100	2	255	9,9	7,29	2 885,82
Ruis (olki)	54,18	2	100	2	255	9,9	0,27	108,36
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	3965,39	2	100	2	255	9,9	20,02	7 930,78
Kaura (olki)	2218,9	2	100	2	255	9,9	11,20	4 437,80
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	1518,55	2	100	2	255	9,9	7,67	3 037,10
Ruokohelpi	7,18	5,757	100	5,75	264	9,9	0,11	41,34
Kesanto: Timotei-apilanurmi	270,83	9,5	100	9,50	350	9,9	8,92	2 572,89
Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	649,54	9,5	100	9,50	350	9,9	21,38	6 170,63
Nurmet	1449	8,6	100	4,30	303	9,9	18,69	12 461,40
							97,12	40 270,39

Punkalaidun	Sato / vuosi	CH ₄ tuotto			Tekninen			
Tekninen potentiaali (yllä olevasta teoreettisesta potentiaalista)	t TS	CH ₄ Nm ³	kWh	GWh	%	GWh		
Syysvehnä (olki)	624,28	159191,4	1575994,86	1,57599486	20	0,32		
Kevätvehnä (olki)	2885,82	735 884	7285252,59	7,28525259	20	1,46		
Ruis (olki)	108,36	27631,8	273554,82	0,27355482	20	0,05		
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	7930,78	2 022 349	20021254,11	20,02125411	20	4,00		
Kaura (olki)	4437,8	1131639	11203226,1	11,2032261	20	2,24	Välisummia:	
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	3037,1	774 461	7667158,95	7,66715895	20	1,53	9,61	
Ruokohelpi	41,285	10899,24	107902,476	0,107902476	40	0,04	19,64	
Kesanto: Timotei-apilanurmi	2572,885	900 510	8915046,525	8,915046525	40	3,57		

Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	6170,63	2159720,5	21381232,95	21,38123295	40	8,55
Nurmet	6230,7	1 887 902	18690230,79	18,69023079	40	7,48

29,24

Teoreettinen potentiaali (100 %)

Sastamala	Peltopinta-ala	Satotaso	Talteenottoaste	Energiaksi korjattavissa	Metaanintuotto	Energiasisältö	Kokonaisenergiamäärä	Orgaanisten materiaalien kokonaismäärä
	ha	t TS/ha	%	t TS/ha	CH ₄ Nm ³ /t TS	kWh / CH ₄ Nm ³	GWh	t TS/vuosi
Syysvehnä (olki)	374,99	2	100	2	255	9,9	1,89	749,98
Kevätvehnä (olki)	2414,99	2	100	2	255	9,9	12,19	4 829,98
Ruis (olki)	345,8	2	100	2	255	9,9	1,75	691,60
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	4306,84	2	100	2	255	9,9	21,75	8 613,68
Kaura (olki)	5661,59	2	100	2	255	9,9	28,59	11 323,18
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	2536,7	2	100	2	255	9,9	12,81	5 073,40
Ruokohelpi	11,77	5,757	100	5,75	264	9,9	0,18	67,76
Kesanto: Timotei-apilanurmi	433,17	9,5	100	9,50	350	9,9	14,26	4 115,12
Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	1724,78	9,5	100	9,50	350	9,9	56,78	16 385,41
Nurmet	7453,94	8,6	100	4,30	303	9,9	96,15	64 103,88

246,33

115 953,99

Sastamala	Sato / vuosi	CH ₄ tuotto	Tekninen			
	t TS	CH ₄ Nm ³	kWh	GWh	%	GWh
Tekninen potentiaali (yllä olevasta teoreettisesta potentiaalista)						
Syysvehnä (olki)	749,98	191244,9	1893324,51	1,89332451	20	0,38
Kevätvehnä (olki)	4829,98	1 231 645	12193284,51	12,19328451	20	2,44
Ruis (olki)	691,6	176358	1745944,2	1,7459442	20	0,35
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	8613,68	2 196 488	21745235,16	21,74523516	20	4,35
Kaura (olki)	11323,18	2887410,9	28585367,91	28,58536791	20	5,72
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	5073,4	1 293 717	12807798,3	12,8077983	20	2,56
Ruokohelpi	67,6775	17866,86	176881,914	0,176881914	40	0,07
Kesanto: Timotei-apilanurmi	4115,115	1 440 290	14258873,48	14,25887348	40	5,70

Välisummia:

15,79

66,94

Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	16385,41	5734893,5	56775445,65	56,77544565	40	22,71
Nurmet	32051,942	9 711 738	96146210,42	96,14621042	40	38,46

82,74

Kangasala

Teoreettinen potentiaali (100 %)

	Peltopinta-ala	Satotaso	Talteenottoaste	Energiaksi korjattavissa	Metaanintuotto	Energiasisältö	Kokonaisenergiamäärä	Orgaanisten materiaalien kokonaismäärä
	ha	t TS/ha/a	%	t TS/ha/a	CH ₄ Nm ³ /t TS	kWh / CH ₄ Nm ³	GWh	t TS/vuosi
Syysvehnä (olki)	0	2	100	2	255	9,9	0,00	0,00
Kevätvehnä (olki)	1125,2	2	100	2	255	9,9	5,68	2 250,40
Ruis (olki)	33,77	2	100	2	255	9,9	0,17	67,54
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	1449,83	2	100	2	255	9,9	7,32	2 899,66
Kaura (olki)	1583,54	2	100	2	255	9,9	8,00	3 167,08
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	445,41	2	100	2	255	9,9	2,25	890,82
Ruokohelpi	0	5,757	100	5,75	264	9,9	0,00	0,00
Kesanto: Timotei-apilanurmi	201,72	9,5	100	9,50	350	9,9	6,64	1 916,34
Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	465,22	9,5	100	9,50	350	9,9	15,31	4 419,59
Nurmet	2123,73	8,6	100	4,30	303	9,9	27,39	18 264,08
							72,76	33 875,51

	Sato / vuosi	CH ₄ tuotto			Tekninen			
	t TS	CH ₄ Nm ³	kWh	GWh	%	GWh		
Tekninen potentiaali (yllä olevasta teoreettisesta potentiaalista)								
Syysvehnä (olki)	0	0	0	0	20	0,00		
Kevätvehnä (olki)	2250,4	573 852	5681134,8	5,6811348	20	1,14		
Ruis (olki)	67,54	17222,7	170504,73	0,17050473	20	0,03		
Ohra (rehu ja mallas) (olki)	2899,66	739 413	7320191,67	7,32019167	20	1,46		
Kaura (olki)	3167,08	807605,4	7995293,46	7,99529346	20	1,60	Välisummia:	
Öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypellava) (olki)	890,82	227 159	2248875,09	2,24887509	20	0,45	4,68	
Ruokohelpi	0	0	0	0	40	0,00	19,74	

Kesanto: Timotei-apilanurmi	1916,34	670 719	6640118,1	6,6401181	40	2,66
Luonnonhoitopellot: Timotei-apilanurmi	4419,59	1546856,5	15313879,35	15,31387935	40	6,13
Nurmet	9132,039	2 767 008	27393377,39	27,39337739	40	10,96
						24,42