

Timo Hyttinen

VALOA PIMEÄSSÄ

Kohti energiaomavaraisuutta maaseudulla

Vaasan yliopisto
Levón-instituutti

Julkaisu
No. 116

ESIPUHE

Fossiilisten energialähteiden käyttö ja käytön aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat ajaneet ihmiskunnan äärimmäisten kysymysten äärelle. Ilmastomuutokset ja fossiilisten polttoaineiden määrän ehtyminen pakottavat niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin panostamaan vaihtoehtoisten kestäväen kehityksen mukaisten energiantuotanto- ja toimintatapojen löytämiseksi. Uusiutuvat energialähteet, joihin energiantuotantomme vielä 1900-luvun alussa perustui, yhdistettynä tämän päivän teknologiseen osamiseen tarjoavat lukuisia mahdollisuuksia vastata tähän haasteeseen.

Paikalliset uusiutuvat energialähteet ja hajautetun energiantuotannon menetelmät tarjoavat lukuisia toimintamalleja pyrittäessä maaseudun energiaomavaraisuuteen ja riippumattomuuteen valtakunnan infrastruktuurista ja fossiilisista polttoaineista. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan uusiutuviin ja erityisesti bioenergianlähteisiin perustuvan hajautetun energiantuotannon edellytyksiä ja mahdollisuuksia maaseudun omavaraisuuden ja talouden edistäjänä. Ongelmaa lähestytään tutkimuksessa hahmotettavien hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteiden kautta.

Vaasan yliopiston Levón-instituutille tämä hanke on ollut ohjelmalliseen ja pitkäjänteiseen energiatutkimukseen tähtäävän toiminnan pilotti, joka on jo nyt johtanut jatkohankkeisiin.

Tutkimuksen rahoitti maa- ja metsätalousministeriö Maaseutupoliitiikan yhteistyöryhmän esityksestä. Tutkimuksen teki DI Timo Hyttinen ja hankkeen vastuullisena johtajana toimi professori Hannu Katajamäki. Jatkohankkeessa vastuullisena johtajana Katajamäen ohessa toimi FL Pekka Peura, joka osallistui myös työn suunnitteluun sen eri vaiheissa, hajautetun energiantuotannon toimintakonseptin ja taustateorian hahmottamiseen sekä toimi työn ohjaajana yhdessä yliassistentti Ari Lampisen (Jyväskylän yliopisto) kanssa. Dosentti Olli Wuori teki monimuuttuja-analyysyjä sekä arvioi tutkimusalueiden alueellista edustavuutta ja FM Kari Leinamo avusti tutkimusalueidensa tuntemuksellaan. Toimistos sihteeri Merja Kokko huolehti raportin taitosta ja lukuisten kuvien ja kaavioiden muokkaamisesta. Tutkimuksen toteuttaminen ei olisi ollut mahdollista myöskään ilman lukuisaa virkamiesten, asiantuntijoiden tai muuten vain asiasta kiinnostuneiden ja aineiston hankinnassa avustaneiden henkilöiden joukkoa tutkimusalueilla ja niiden ulkopuolella. Kiitokset myös heille ja kaikille muille tässä nimeltä mainitsemattomille työhön myötävaikuttaneille.

Jouko Havunen
Levón-instituutin johtaja

SISÄLTÖ

Esipuhe

Tiivistelmä

Luettelot: Taulukot
Kuvat

1.	Lähtökohta, tehtävä, tavoitteet ja raportin sisältö.....	15
2.	Energiajärjestelmä ja –markkinat.....	19
2.1	Suomen energiajärjestelmä.....	19
2.2	Energiaklusteri.....	27
2.3	Sähkömarkkinoiden avautuminen.....	28
2.4	Energiantuotannon ohjauskeinot	30
3.	Uusiutuva energia.....	34
3.1	Uusiutuvat energianlähteet ja käyttö Suomessa	34
3.2	Uusiutuvan energian tuotanto	35
4.	Empiirinen tutkimus 15 maaseutualueella.....	63
4.1	Teoria ja toimintakonsepti.....	63
4.2	Menetelmät ja aineisto	65
4.3	Tutkimusalueet.....	69
5.	Uusiutuvan energian nykytila kohdealueilla	78
6.	Uusiutuvan energian mahdollisuudet	91
6.1	Kuntatarkastelu	91
6.2	Pienalueiden vertailu	112
6.3	Tyyppitilanteet, toimintakonseptit ja malliratkaisut.....	126
7.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	159
	Lähteet	165
	Liitteet	174
Liite 1.	Pienimuotoiseen sähkön- ja lämmöntuotantoon soveltuvien menetelmien teknisiä ominaisuuksia ja kustannuksia.	
Liite 2.	Metsätähteen energiakäytön työllisyys- ja tulovaikutukset -tutkimus.	
Liite 3.	Vuoden 1990 jälkeen toteutetuista, rakenteilla olevista ja päätetyistä laitoksista sekä tehon korotuksista muodostuva voimalaitoskapasiteetin vuosittainen lisäys Suomessa.	
Liite 4.	Taulukoituja tietoja tutkimuskunnista ja pienalueilta.	
Liite 5.	Käytetyt metaanintuottopotentialit.	

LUETTELOT

Taulukot

- Taulukko 1. Polttoaineiden soveltuvuus pienimuotoisille CHP-tekniikoille.
- Taulukko 2. Alustavia tuloksia peltobiomassojen kuiva-ainesatojen sekä potentiaalisten hehtaarikohtaisten metaani- ja energiasaantojen osalta.
- Taulukko 3. Eräs arvio biopolttoaineiden tuotannon lisäysmahdollisuuksista.
- Taulukko 4. Jäteperäisen biokaasumetaanin vuosituotantopotentiaali Suomessa.
- Taulukko 5. Aurinkosähköpaneelien sekä -lämpökeräimien teknisiä ominaisuuksia.
- Taulukko 6. Aurinkoenergian potentiaali Suomessa.
- Taulukko 7. Minivesivoiman luonnontilainen teho kokoluokittain (keskivirtaaman mukaan).
- Taulukko 8. Rakennettu minivesivoima (sisältää myös suojelluissa koskissa olevat 29 voimalaitosta). Tehot ovat kosken luonnontilaisia (keskivirtaama) arvoja.
- Taulukko 9. Pien- ja minivesivoimalan teknisiä ominaisuuksia ja tyypillisiä kustannuksia.
- Taulukko 10. Maalämpöpumppujen teknisiä ominaisuuksia sekä lämpöpumppujen tyypillisiä kustannuksia.
- Taulukko 11. Tutkimuksen kohdekunnat ja pienalueet ryhmiteltyinä maaseudun kolmijaon mukaan.
- Taulukko 12. Pienalueiden vuotuiset aurinkoenergiapotentiaalit ja sähkön- ja lämmönkulutus.

Kuvat

- Kuva 1. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin 1900-2000. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 2. Energialähteiden käyttö Suomessa. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 3. Sähköntuotannon raakaenergiälähteet vuonna 2003 (84,7 TWh). (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 4. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2002. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 5. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2002. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 6. Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön polttoaineet maakunnittain vuonna 2002. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 7. Suomen sähkönsiirtoverkosto. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 8. Energian loppukäyttö 2002. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 9. Sähkön kokonaiskulutus vuonna 2003. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 10. Uusiutuvien energiamuotojen ja turpeen osuus energian kokonaiskulutuksesta ja jakauma lähteittäin vuonna 2002. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 11. Uusiutuvien energialähteiden osuus sähkönkulutuksesta. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 12. Eräitä biomassoihin perustuvia sähköntuotantoketjuja. (Modifioitu alkuperäisen kuvan perusteella.)
- Kuva 13. Stormossen Oy:n biokaasulaitoksen prosessi. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 14. Hakkuutähteen korjuuketjut. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 15. Pienpuun korjuuketjut. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 16. Ruokohelven irtokorjuun menetelmävaihtoehdot. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 17. Tuulivoimantuotanto Suomessa vuosina 1992 – 2004. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 18. Suomen tuulivoimalat vuonna 2004. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 19. Tuuliolosuhteet ja tuotantopotentiali eri puolilla Suomea. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 20. Tyypillinen 750 kilowatin tuulivoimalaitos. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 21. Hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteet.
- Kuva 22. Hajautetun energiantuotannon toimintakonsepti.
- Kuva 23. Suomen maaseudun muutoksen tutkimusohjelman kohdealueet.
- Kuva 24. Tutkimuskuntien keskusten etäisyydet maakuntakeskuksiin.

- Kuva 25. Tutkimuskunnat maaseudun kolmijaon (1. harvaan asuttu maaseutu, 2. ydinmaaseutu ja 3. kaupungit, kaupunkien läheinen maaseutu ja yhteinen vuorovaikutusalue) sekä tilastollisen kuntaryhmittelyn mukaan (1. maaseutumainen kunta, 2. taajaan asuttu kunta, 3. kaupunkimainen kunta).
- Kuva 26. Kuntien a.) asukasluvut, b.) maapinta-alat ja c.) asukastiheydet.
- Kuva 27. Maa- ja metsätalouden, jalostuksen ja palveluiden osuus kuntien elinkeinorakenteessa.
- Kuva 28. Etäisyydet pienalueilta keskuksiin.
- Kuva 29. Pienalueiden a.) asukasluvut, b.) pinta-alat ja c.) asukastiheydet.
- Kuva 30. Keskijänniteverkon kaapelointiasteet.
- Kuva 31. a.) Kuluttajan vuotuinen keskeytysaika (h/a) ja b.) kaikkien keskeytysten vuotuinen lukumäärä kuluttajalla (kpl/a).
- Kuva 32. Sähkönkulutus kunnissa vuonna 2001.
- Kuva 33. Kuntien sähkönkulutus a.) pinta-alayksikköä kohti ja b.) asukasta kohti.
- Kuva 34. Maatalouden sähkönkulutus kunnissa a.) megawattitunteina sekä b.) prosentteina.
- Kuva 35. Sähkönkulutus a.) megawattitunteina sekä b.) sähkönkulutuksen suhteellinen jakauma kunnissa.
- Kuva 36. a.) Maatalouden lietteiden ja lannan sekä b.) maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntien biojätteen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali.
- Kuva 37. a.) Kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven sekä b.) viljan oljen energiapotentiaalit.
- Kuva 38. Viljan oljen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven energiapotentiaali.
- Kuva 39. Päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva teoreettinen energiapuupotentiaali. a.) Kokonaispotentiaali ja b.) pinta-alaakohtainen potentiaali.
- Kuva 40. Päätehakkuiden metsätähdepotentiaalit. (Julkaistu tekijän luvalla.)
- Kuva 41. Maatalouden lietteisiin ja lantaan sekä kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeen perustuvat biokaasupotentiaalit sekä viljan olkeen ja päätehakkuiden metsätähteisiin perustuvat energiapotentiaalit.
- Kuva 42. Kuntien sähkönkulutukset sekä raaka-ainepotentiaali, joka muodostuu biokaasupotentiaalista (maatalouden lietteet ja lannat, biojätteet, puhdistamoliete sekä kesantopelloilla viljeltävä ruokohelppi), viljan oljesta sekä päätehakkuiden metsätähteiden energiapuupotentiaalista.
- Kuva 43. Sähkönkulutus ja raaka-ainepotentiaali (MWh/km²), joka muodostuu biokaasupotentiaalista (maatalouden lietteet ja lannat, biojätteet, puhdistamoliete sekä kesantopelloilla viljeltävä ruokohelppi), viljan oljesta sekä päätehakkuiden metsätähteiden energiapuupotentiaalista.
- Kuva 44. Energiaturvepotentiaalit.
- Kuva 45. Sähkönkulutus pienalueilla.
- Kuva 46. Sähkönkulutus a.) asukasta sekä b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.
- Kuva 47. Lämmönkulutus pienalueilla.

- Kuva 48. Lämmönkulutus a.) asukasta ja b.) pinta-alayksikköä kohti.
- Kuva 49. Puun ja turpeen käyttö lämmityksessä.
- Kuva 50. Puun ja turpeen käyttö a) asukasta ja b) pinta-alayksikköä (km²) kohti lämmityksessä.
- Kuva 51. Puun ja turpeen käyttö prosentuaalisesti lämmityksessä.
- Kuva 52. Sähkön osuus lämmityksessä pienalueilla.
- Kuva 53. Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntajätteiden ja ruokohelven (kesantopellot) biokaasupotentiaali.
- Kuva 54. Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntajätteiden ja ruokohelven biokaasupotentiaali a.) asukasta sekä b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.
- Kuva 55. Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaali.
- Kuva 56. Kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali.
- Kuva 57. Viljan oljen ja kesantopelloilta kevätkorjatun ruokohelven peltoenergia-potentiaali.
- Kuva 58. Päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali.
- Kuva 59. Päätehakkualojen metsätähteiden, kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven ja oljen yhteenlasketut potentiaalit.
- Kuva 60. Oljen, kevätkorjatun kesantopelloilla viljellyn ruokohelven ja päätehakkuiden metsätähteiden teoreettiset energiapotentiaalit a.) asukasta ja b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.
- Kuva 61. Maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali ja lämmönkulutus pienalueilla.
- Kuva 62. Peltoenergia- ja energiapuupotentiaali sekä lämmönkulutus pienalueilla.
- Kuva 63. Sähkön- ja lämmönkulutus vs. raaka-ainepotentiaali (maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden sekä kesantopelloilla viljellyn ruokohelven biokaasupotentiaali ja oljen sekä päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali).
- Kuva 64. Pienalueet ryhmiteltyinä energian tarpeen ja etäisyyden keskukseen mukaan. Kuvan ulkopuolelle on rajattu Nurmijärvi ja Tervakoski.
- Kuva 65. Pienalueet ryhmiteltyinä energiaomavaraisuuspotentiaalin ja etäisyyden keskukseen mukaan
- Kuva 66. Sähkön- ja lämmönkulutus (MWh/a) vs. energiaomavaraisuuspotentiaali (%) pienalueilla. Ryhmän I pienalueiden omavaraisuuspotentiaalit on kuvaan merkitty ympyrällä, ryhmän II suorakulmiolla ja ryhmän III kuusikulmiolla.
- Kuva 67. a.) Keskusten energian tarpeen tyydyttäminen ympärillä olevan yliomavaraisen alueen raaka-aineresurssien avulla ja b.) kumulatiiviset sähkön- ja lämmönkulutus sekä raaka-ainepotentiaali.
- Kuva 68. Sähkönkulutus (MWh/a) vs. sähköomavaraisuuspotentiaali (%) kunnissa.
- Kuva 69. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energiapotentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.

- Kuva 70. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energia-potentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.
- Kuva 71. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energia-potentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.
- Kuva 72. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energia-potentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.
- Kuva 73. Kaavio ryhmien I-IV alueellisesta sijoittumisesta. Ryhmän IV alueet (kolmiot) sijoittuvat vyöhykkeille I ja II.

TIIVISTELMÄ

Maaseudun paikallisiin uusiutuviin energianlähteisiin perustuvalla energiaomavaraisuudelle ja riippumattomuudelle valtakunnan infrastruktuurista ja fossiilisista polttoaineista luovat edellytyksiä muun muassa vapautuneet energiamarkkinat sekä pienimuotoisten sähkön- ja lämmöntuotantomenetelmien tekninen kehitys ja kilpailukyvyyn paraneminen. Tässä työssä tarkastellaan maaseudun sähkөөn ja lämpöön liittyviä omavaraisuusmahdollisuuksia ensisijaisesti paikallisten bioenergian raaka-aineiden ja energian tarpeen mukaan muodostuvissa tyyppitilanteissa.

Työn aluksi luodaan katsaukset Suomen energiajärjestelmään, sähkömarkkinoiden avautumiseen ja energiantuotannon ohjauskeinoihin. Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä ja uusiutuvan energian tuotantoa Suomessa tarkastellaan pääpainon ollessa bioenergiassa. Empiirisessä tutkimuksessa tutkimusalueina on viisitoista monimuotoista maaseutuamme mahdollisimman kattavasti edustavaa kuntaa ja pienaluetta. Alueiden raaka-aineresurssien ja energian tarpeen perusteella arvioidaan omavaraisuusmahdollisuuksia ja muodostetaan tutkimuksen viitekehysten mukaisesti neljä hajautetun energiantuotannon tyyppitilannetta.

Tutkimuksen keskeiset tulokset ovat seuraavat:

- Maaseutualueiden sähkön ja lämmön tarve voidaan pääsääntöisesti tyydyttää paikallisten bioenergiavarojen avulla.
- Maaseudulla voidaan hahmottaa paikallisiin energianlähteisiin perustuvia hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteita, joita yhdistävät tietyt tekijät.
- Tyyppitilanteet muodostavat toisiaan tukevan kokonaisuuden, jonka toiminta luo maaseudulle toimeentulomahdollisuuksia.
- Ratkaisumalleja soveltaen voidaan paikallisiin raaka-aineisiin perustuvaa hajautetun energiantuotannon menetelmien soveltuvuutta, omavaraisuuden saavuttamismahdollisuuksia ja alueellisia vaikutuksia yksittäisellä alueella arvioida. Mallit muodostuvat
 - raaka-aine- ja omavaraisuuspotentiaaliarvioista eri osissa maata
 - raaka-aine- ja omavaraisuuspotentiaaliarvioista sekä kunta- että pienaluetasolla (tyyppitilanteet)
 - raaka-ainekohtaisista yleisistä toimintakonsepteista
 - vyöhyke- ja tyyppitilannekohtaisista havainnoista ja yleistyksistä.
- Maaseudun sähkön ja lämmön tarpeen tyydyttämisen edellytyksiin (raaka-ainepotentiaali ja -koostumus) paikallisiin bioenergiavaroin vaikuttaa alueen maantieteellinen sijainti.
- Sähkö- ja lämpöomavaraisuuden saavuttamiseen maaseudulla vaikuttaa myös alueen sijainti suhteessa asutus- tai kulutuskeskittyymiin (raaka-aineomavaraisuus ja -koostumus).

Maaseutualueiden sähkön ja lämmön tarve on pääsääntöisesti tyydytettävissä paikallisten bioenergiavarojen avulla. Alueellisesti energiaomavaraisuuspotentiaali kasvaa siirryttäessä keskuksista kohti maaseutua. Tähän havaintoon sekä alueelliseen vaihteluun raaka-aineresurssien monipuolisuudessa perustuvat määritellyt hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteet, jotka määräytyvät pääosin paikallisen energian tarpeen ja paikallisten bioenergianlähteiden (energiaomavaraisuuspotentiaalin) mukaan ja suhteessa energiainfrastruktuurin laatuun tai kehittyneisyyteen. Etäisyyden keskuksesta havaittiin yksinkertaistetusti kuvaavan paikallisen energiainfrastruktuurin (siirtojärjestelmän) laatua. Tämä perustui sähkönjakeluverkon kaapelointiasteeseen sekä keskeytysaikoihin ja keskeytysten lukumääriin tutkimusalueilla.

Tyyppitilanteet muodostavat keskusten ympärille vyöhykkeitä, joiden energiaomavaraisuuspotentiaali, energian tarve ja raaka-aineiden laatu ovat toisistaan poikkeavia. Keskuksissa ollaan yleensä tilanteessa, että tarve ylittää raaka-ainepotentiaalin. Välittömästi keskusten ympärille muodostuvalla vyöhykkeellä sijaitsevien kylien tai muiden kulutuskeskittymien monipuolinen raaka-ainepotentiaali sen sijaan tarjoaa mahdollisuuden sähkö- ja lämpöomavaraisuuteen. Raaka-aineiden monipuolisuus johtuu muun muassa maa- ja karjatalouden harjoittamisesta alueella. Vielä etäämmälle keskuksista siirryttäessä energiaomavaraisuuspotentiaali kasvaa edelleen, mikä ensisijaisesti johtuu energian tarpeen pienenemisestä. Näiden laajojen syrjäisimpien alueiden potentiaali muodostuu pääosin puusta. Omavaraisuuteen kunta- tai aluetasolla pyrittäessä raaka-ainevirtojen tulee kulkea maaseudulta kohti keskuksia.

Paikallisiin bioenergianlähteisiin perustuvan hajautetun energiantuotannon menestymisen perusedellytykset ovat parhaat keskusten ympärille muodostuvalla vyöhykkeellä, jolla on kulutuskeskittymiä sekä monipuolinen raaka-ainepotentiaali. Vyöhyke sijaitsee keskustan ja hyvin harvaan asutun maaseudun välillä, joten logistisesti sijainti on otollinen: Kohtuullisen etäisyyden päässä on sekä harvaan asutun yliomavaraisen maaseudun raaka-aineresurssit sekä keskustan kulutuskeskittymät. Muodostuva kokonaisuus mahdollistaa esimerkiksi energiayrittäjyyden, jonka vaikutukset ulottuvat välittöminä ja välillisinä laajalle alueelle.

Maantieteellinen sijainti on huomioitava, kun karkeasti arvioidaan tietyn hajautetun energiantuotannon menetelmän soveltuvuutta tietylle alueelle. Alueet, joiden raaka-ainepotentiaalista suurin osa on puuta sijoittuvat maan keski-, pohjois- ja itäosiin. Kohti etelää ja länttä siirryttäessä potentiaali muuttuu maa- ja karjatalouden myötä monipuolisemmaksi, kunnes rannikkoseutua lähestyttäessä painopiste kallistuu voimakkaasti peltoenergian puolelle. Bioenergian lisäksi eroja on myös aurinkoenergian ja tuulivoiman hyödynnettävyydessä. Aurinkoenergiapotentiaali kasvaa pohjoisesta etelään siirryttäessä, ja tuulivoimantuotantoon parhaat edellytykset ovat merialueilla, saaristossa, rannikolla ja Tunturi-Lapissa.

Bioenergiaomavaraisuuspotentiaali on suurin harvaan asutulla maaseudulla, missä kulutus suhteessa raaka-aineresursseihin on pientä. Näin luonnehdittavaa aluetta on suhteellisesti eniten pohjoisessa ja idässä, missä keskusten väliset etäisyydet ovat pitkiä verrattuna maan etelä- ja länsiosiin. Nämä alueet ovat tyypillisesti yliomavaraisia verrattaessa sähkön- ja lämmönkulutusta raaka-aineresursseihin.

Kaupunkimaisia alueita, joissa kulutus on raaka-aineresursseja suurempaa, on suhteellisesti enemmän etelä- ja länsiosissa maata, jossa pinta-alakohtainen raaka-aineen tuotto ja saanti ovat kuitenkin suurempia. Näiden alueiden vajetta bioenergian raaka-aineresursseissa voidaan täydentää yliomavaraisten alueiden ylijäämällä eli valtakunnallisesti raaka-ainevirtojen voidaan nähdä pääsääntöisesti kulkevan kohti etelää ja länttä.

Tämän tutkimuksen kvantitatiivisen tarkastelun ulkopuolelle jää huomattava bioenergiantuotannon raaka-aineresurssi (muun muassa teollisuuden jätteet). Tästä huolimatta tarkastellut paikalliset bioenergianlähteet tarjoavat merkittävän mahdollisuuden maaseudun energiaomavaraisuuteen pyrittäessä. Kun lisäksi huomioidaan muut uusiutuvat energianlähteet kuten tuulivoima ja aurinkoenergia, on energiaomavaraisuus saavutettavissa myös alueilla, joiden bioenergian raaka-aineresurssit ovat maatieteellisen sijaintinsa tai muun syyn vuoksi poikkeuksellisen pienet. Kausiluontoisten energiamuotojen kuten tuulivoiman ja aurinkoenergian yhdistäminen bioenergianlähteiden tarjoamaan säätö- ja varastointikapasiteettiin luo lukuisia vaihtoehtoisia energiantuotantoratkaisuja erilaisiin olosuhteisiin. Paikallinen tuotanto tarjoaa merkittävät välineet maaseudun elinvoimaisuuden parantamiseen.

Tutkimuksen tulokset vahvistavat, laajentavat ja tuovat uusia ulottuvuuksia sen taustateorialle ja antavat aineksia rakentaa jatkotutkimuksia siihen perustuen. Lisäksi työllä on käytännönläheisiä tuloksia, joita voidaan hyödyntää käytännön pilottikohteissa.

1. LÄHTÖKOHTA, TEHTÄVÄ, TAVOITTEET JA RAPORTIN SISÄLTÖ

Tämän tutkimuksen taustalla on muuttunut markkinatilanne, minkä ansiosta uusiutuviin paikallisiin energianlähteisiin perustuvaa hajautettua energiantuotantoa erityisesti maaseudun ratkaisuna voidaan tarkastella uusin silmin. Energiamarkkinoiden vapautuminen teki pienimuotoiset uusiutuviin ja paikallisiin tai alueellisiin lähteisiin perustuvat ratkaisut periaatteessa taloudellisesti mahdollisiksi. Samalla uudet tekniset ratkaisut ja tuotekehitys tulivat mielekkäiksi. Tämä luo pohjaa maaseudun uudelle taloudelle, omavaraisuudelle ja riippumattomuudelle valtakunnan infrastruktuurista ja fossiilisista energianlähteistä. Lisäksi hajautetun energiantuotannon ympäristövaikutukset ovat edullisia (vesistökuormituksen väheneminen, CO₂-tasapaino), ja laajempi ympäristökeskustelu puoltaa kehitystä (ilmastomuutoksen torjunta ja fossiilisten polttoaineiden käytön haitat sekä ilmapäästöjen rajoitukset ja päästökauppa, raaka-aineiden riittävyys ja kestävään käyttöön liittyvät kysymykset).

Hajautettua energiantuotantoa on perusteltu monesta eri näkökulmasta:

- Kotimaassa on suuri uusiutuvien lähellä tuotantopaikkaa syntyvien energian raaka-aineiden potentiaali. Osa näistä on jätteitä tai muuten ongelmallisia aineita, joille ei juuri ole muuta käyttöä, ja jotka aiheuttavat esimerkiksi ympäristöhaittoja.
- Aluetaloudelliset edut ja työllisyys voivat olla huomattavat (rahavirrat keskittyvät kotimaahan ja omalle alueelle). Lisäksi mahdollisia ovat säästöt hävikin ja siirron minimoinnista.
- Strategiset ja kansantaloudelliset hyödyt energiaomavaraisuusasteen kehittämistä nähdään kansallisena etuna.
- Tekniikan kansainvälinen kehitys on Suomelle ja suomalaisille yrityksille mahdollisuus.
- Energiamarkkinoiden vapautuminen teki pienimuotoisten energiantuotantoyksiköiden liittymisen verkkoon uudella tavalla periaatteessa mahdolliseksi.

Käytännössä hajautetun energiantuotannon yleistymisen on silti ollut hidasta. Tilanne ja sille tyypilliset ongelmat ovat pitkälle samanlaiset kuin minkä tahansa innovaation kehityskaaren alku ja vakiintuminen kohtaavat:

- Toistaiseksi kehitys on tapahtunut pääosin tekniikkälähtöisesti ja perustamalla yksittäisiä erillisiä laitoksia – kehityksen kärki on sirpaloitunut pieniin yksiköihin, joissa tekninen ja taloudellinen

optimointi suhteessa aluetalouteen ja ympäröivään energiainfrastruktuuriin on jäänyt puutteelliseksi.

- Pienet yksiköt joutuvat vapailla energiemarkkinoilla kilpailutilanteeseen perinteisten ratkaisujen kanssa. Uusien toimijoiden ja toimintojen on vaikea luoda tehokkuutta ja riittävää kannattavuutta erityisesti suhteessa nykyisiin järjestelmiin, joiden työnjako, tekniikka, talous ja koko arvoketjut ovat kehittyneet useiden vuosikymmenten ajan.
- Tuotekehityksen motivaatio on ollut suhteellisen alhainen, ja hajautetun strategian mukaiset tekniset ratkaisut ovat jääneet vaille ”viimeistä silausta”.

Hajautettu energiantuotanto sisältää paljon lupauksia, mutta vastapainona on käytännön ratkaisujen rakenteellinen kehittymättömyys. Hajautetun energiantuotannon tukeminen onkin ennen kaikkea strateginen valinta – se edellyttää, että kansantaloudellisen hyödyn ja strategisten etujen odotusarvo ylittää huomattavasti pienten yksiköiden tämän hetken heikon hintakilpailukyvyyn. Vastaavasti nämä laajat asiakokonaisuudet on kyettävä tunnistamaan ja määrittämään sekä sovittamaan yhteen ja hallitsemaan käytännössä.

Hajautetun energiantuotannon taloudellisten ehtojen kannalta keskeisiä lähtökohtia ovat ainakin seuraavat:

- Uudet ratkaisut on aina sovittava osaksi vallitsevaa energiainfrastruktuuria.
- Jokaisen tuotantolaitoksen on oltava taloudellisesti kilpailukykyinen.
- Alueelliset vaikutukset talouteen, työllisyyteen, elinkeinoihin ja sivuelinkeinoihin, ympäristöön ja sosiaaliseen hyväksyntään on määritettävä. Ne ovat perusteita yleiselle tukipolitiikalle ja julkisten yhteisöjen osallistumiselle yksittäisiin ratkaisuihin; tämä osallistuminen voi olla juuri se tekijä, jonka ansiosta kannattavuus paranee yli investointikynnyksen.
- Pelinsäännöt on laadittava sellaisiksi, että hajautettu energiantuotanto on tasavertaisessa kilpailuasemassa suhteessa keskitettyyn järjestelmään.

Hajautetussa energiantuotannossa on kyse kokonaisuudesta, jossa on tärkeää nähdä yksittäisen tuotantolaitoksen tai -yksikön liiketaloudellisen kannattavuuden yli niin, että koko aluetalous tulee otetuksi huomioon. Jokaisen ratkaisun talous on koottava aktiivisesti räätälöitynä siten, että kunkin kohteen jo olemassa olevat rakenteet ja uudet mahdollisuudet integroidaan kokonaisuuteen. Tilanteeseen sopivat tekniset ratkaisut valitaan tekniikkojen ”työkalupakista”. Tekniikan mahdollisuudet vaikuttavat siihen, mitä osatekijöitä konseptiin kulloinkin liitetään.

Tässä tutkimuksessa keskeisenä tutkimustehtävänä on selvittää hajautetun energiantuotannon alueellisia edellytyksiä sekä mahdollisuuksia maaseudun omavaraisuuden ja talouden edistäjänä. Tätä selvitetään tutkimuksen kohdekuntiin ja pienalueisiin liittyvän empiirisen aineiston avulla. Keskeisiä kysymyksiä, joihin vastauksia haetaan, ovat seuraavat:

- Onko maaseudun energiaomavaraisuus (lämpö ja sähkö) saavutettavissa, ja kuinka sen edellytykset poikkeavat alueellisesti ja eri osissa maata?
- Onko maaseudulla hahmotettavissa tyyppitilanteita hajautetun energiantuotannon ratkaisujen soveltamiseksi?
- Voidaanko hahmottaa mahdollisiin tyyppitilanteisiin soveltuvia hajautetun energiantuotannon malliratkaisuja, joiden avulla yksittäisten ratkaisujen toteutettavuutta osana olemassa olevia rakenteita ja aluetaloutta kyettäisiin arvioimaan?
- Kuinka energiaomavaraisuuden mahdollisuuksia maaseudulla voidaan edelleen kehittää?

Työn tavoitteena on kehittää 4 - 6 maaseudun tyyppisiin olosuhteisiin perustuvaa ratkaisumallia, joiden mukaan hajautetun energiantuotannon toteutettavuutta voidaan analysoida laajemmin. Työ keskitetään Vaasan yliopistossa käynnissä olevan Suomen maaseudun muutoksen tutkimusohjelman 15 kohdealueelle. Niiden kautta välittyy laadullisesti edustava kuva Suomen maaseutujen moninaisuudesta. Tutkimusohjelmassa eritellään historiallisia kehitysprosesseja, tulkitaan maaseutujen nykytilaa ja arvioidaan niiden tulevaisuuden mahdollisuuksia. Tämä tutkimus liittyy tutkimusohjelman pyrkimykseen tunnistaa erilaisten maaseutualueiden uusia toimeentulon lähteitä. (Katajamäki 2003.)

Raportti muodostuu kirjallisuuskatsauksesta (luvut 2 ja 3) sekä empiirisestä osasta:

- Luvussa 2 tarkastellaan Suomen energijärjestelmää, sähkömarkkinoiden avautumista ja energiantuotannon ohjauskeinoja, joiden peruspiirteet on tunnettava, jotta hajautetun energiantuotannon ratkaisujen toteutettavuutta maaseudulla voidaan arvioida.
- Uusiutuvien energianlähteiden käyttö ja potentiaali Suomessa sekä uusiutuvan energian tuotanto ovat tarkastelun kohteena kappaleessa 3. Katsaus painottuu bioenergiaan, jonka tuotannon alueelliset välittömät ja välilliset vaikutukset ovat erityisen suuret. Raaka-aineiden hankintaketjujen, keskeisten toimijoiden ja energiantuotantotekniikoiden tunteminen on välttämätöntä maaseudun erilaisiin olosuhteisiin sopivien ratkaisujen hahmottamiseksi.
- Luvussa 4 esitellään tutkimuksen taustateoria, hajautetun energiantuotannon toimintakonsepti, käytetyt menetelmät ja aineisto

sekä tutkimusalueet. Tutkimusalueet tarkastelu jaetaan kunta- ja pienalueitasoon.

- Luvuissa 5 ja 6 käsitellään tutkimuksen tuloksia. Keskeisiä osia-alueita ovat tutkimusalueiden sähkön- ja lämmönkulutus ja raaka-ainepotentiaali, uusiutuviin energianlähteisiin perustuvat tyyppitilanteiden määrittelyt, toimintakonseptit sekä malliratkaisut.
- Johtopäätökset on esitetty luvussa 7.

2. ENERGIAJÄRJESTELMÄ JA –MARKKINAT

2.1 Suomen energiajärjestelmä

Hernesniemi ja Viitamo (1999) määrittelee energiajärjestelmän sähkön ja lämmön arvoketjuksi, joka muodostuu neljästä jalostusvaiheesta: energiaraaka-aineiden eli primäärienergian tuotanto ja hankinta, sähkön- ja lämmöntuotanto, siirto ja jakelu sekä käyttö. Suomen energiajärjestelmän rakenteeseen vaikuttavat muun muassa maan teollinen rakenne, sijainti, luonnonvarat ja elinkeinopolitiikka. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

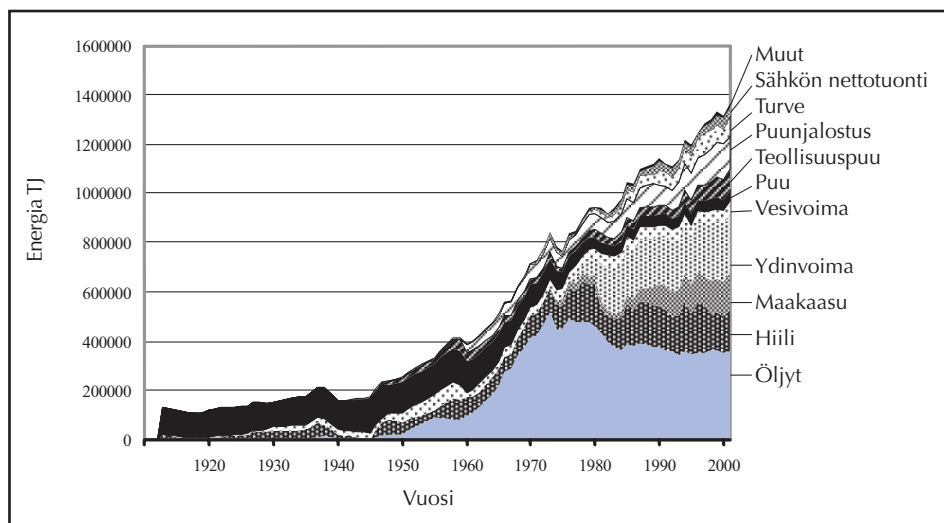
Primäärienergian tuotanto ja hankinta

Energia voidaan jakaa primääri- ja sekundäärienergiaan. Primäärienergia on jalostamatonta luonnon energiaa. Sitä ovat muun muassa vesivoima, tuuli, maalämpö, auringon säteily, uraani ja erilaiset polttoaineet kuten hiili, turve, puu, maakaasu ja raakaöljy. Primäärienergia jaetaan uusiutuvaan ja uusiutumattomaan energiaan. Sekundäärienergia on jalostettua primäärienergiaa, jota ovat esimerkiksi sähkö, kaukolämpö ja bensiini. Suurin osa sekundäärienergiasta menee suoraan energian loppukulutukseen. (Adato Energia Oy 2002a.)

Suomen energiajärjestelmälle on ominaista käytettävien energianlähteiden monipuolisuus, mikä onkin etu muun muassa saatavuuteen liittyvien riskien hallinnassa verrattuna esimerkiksi Ruotsin tai Norjan tilanteeseen. Ruotsissa pääsiälliset energianlähteet ovat vesi- ja ydinvoima ja Norjassa ainoastaan vesivoima. Tämä onkin altistanut niiden energiajärjestelmät erityisen alttiiksi vesitilanteen vaihteluille.

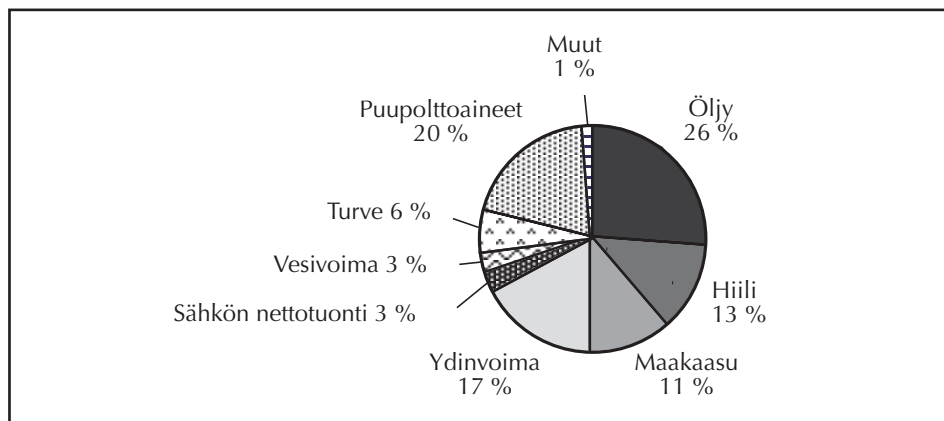
Suomessa vesivoimaa on pienessä mitassa hyödynnetty todennäköisesti jo 1200-luvulla. 1500-luvulla rannikolle perustettiin ensimmäiset vesisahat ja 1600-luvulla rautaruukit. Tuulimyllyjä Suomessa alettiin rakentaa 1400-luvulla muun muassa Pohjanmaalla, missä koskivoimaa ei ollut saatavilla (Wessberg 1999). Puun osuus Suomen energiankulutuksesta on ollut 1800-luvun puoliväliin saakka yli 95 % ja vielä ennen ensimmäistä maailmansotaa polttopuun osuus energiantuotannosta oli noin 90 %.

Kotimaisten energiavarojen riittämättömyys kohdattiin teollistumisen (vuodet 1840-1930) myötä (Keskinen 1993 Wessbergin 1999 mukaan). Tuontipolttoaineet ja vesivoima korvasivat vähitellen puun merkitystä energiantuotannossa (Wessberg 1999). Kuvassa 1 on esitetty energian kokonaiskulutus energialähteittäin vuosina 1900-2000.



Kuva 1. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin 1900-2000 (Tilastokeskus 2002, Kauppa- ja teollisuusministeriö 1977 ja Myllyntaus 1980 Saikun 2004 mukaan).

Tärkeimmät kotimaiset energianlähteet ovat puu, turve ja vesivoima, jotka kattavat noin 30 % maamme energiantarpeesta. Suomen energianlähteiden käyttö on esitetty kuvassa 2. (Adato Energia Oy 2002a.)



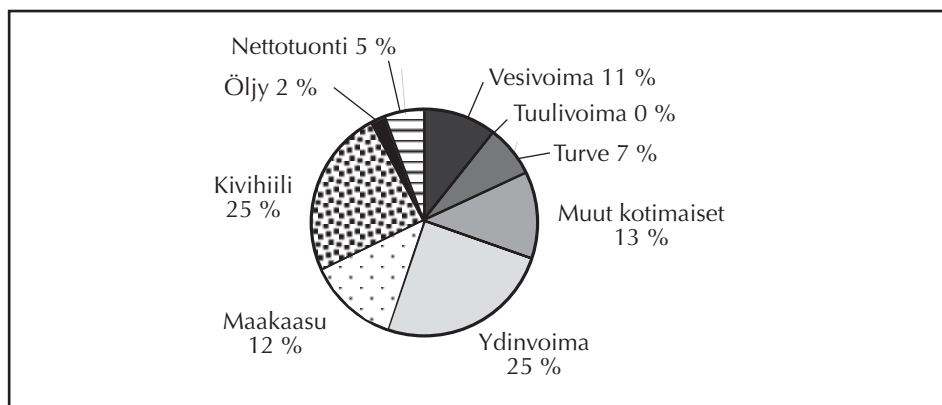
Kuva 2. Energianlähteiden käyttö Suomessa (Adato Energia Oy 2002a).

Sähkön- ja lämmöntuotanto

Suomessa sähköä ja lämpöä tuotetaan sekä erillisesti että yhdistetysti. Vesi- ja tuulivoimalat, ydinvoimalat, lauhdevoimalat sekä huippu- ja varavoimalaitokset ovat ainoastaan sähköä tuottavia laitoksia. Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa, jotka pääosin perustuvat kivihiilen ja maakaasun polttoon. Lisäksi teollisuuden yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan sähkön ohessa prosessihöyryä teollisuuden prosesseihin. Nämä laitokset hyödyntävät lähinnä puupolttoaineita, turvetta, jätteitä sekä mustalipeää. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

Suurin osa yhteiskunnan sähköntarpeesta katetaan perusvoimalla, jota tuotetaan pääasiassa ydin- ja hiilivoimaloilla. Perusvoimaa tuotetaan määrältään tasaisesti ympäri vuoden. Oman sähköntuotannon lisäksi Suomi on ollut sähkön nettotuoju. Tuonnin osuus kulutuksesta vaihtelee Pohjoismaiden vesitilanteesta riippuen. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.) Vuonna 2003 tuonnin osuus oli lähes 6 % (Adato Energia Oy 2002b).

Suomessa sähkön tuotantorakenne on monipuolinen, mikä onkin osoittautunut vahvuudeksi sähköyhtiöiden toimintaympäristön jatkuvassa muutoksessa. Kuvassa 3 on esitetty sähköntuotannon raakaenergiälähteet vuonna 2003. (Adato Energia Oy 2002b.)



Kuva 3. Sähköntuotannon raakaenergiälähteet vuonna 2003 (84,7 TWh) (Adato Energia Oy 2002b).

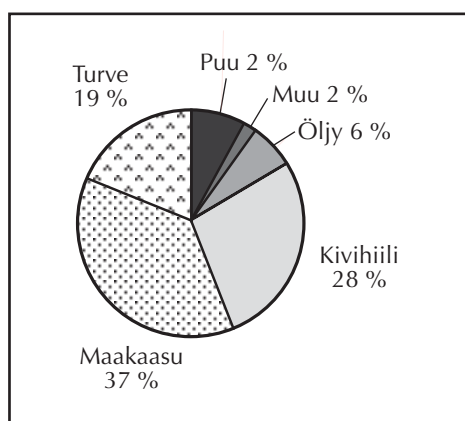
Suomessa on noin 120 sähköä tuottavaa yritystä ja 400 voimalaitosta. Merkittäviä sähkön tuottajia ovat Fortum Oyj 40 prosentin osuudella, Pohjolan Voima Oy noin viidennesellä sekä sähkön jälleenmyyjät ja energiaintensiivinen teollisuus. Sähkömarkkinoiden vapauduttua myös Vattenfall tuli markkinoillemme. (Energiamarkkinavirasto 2002a.) Vuoden 1990 jälkeen

toteutetuista, rakenteilla olevista ja päätetyistä laitoksista sekä tehon korotuksista muodostuva voimalaitoskapasiteetin vuosittainen lisäys on esitetty liitteellä 3 (Tolonen 2005).

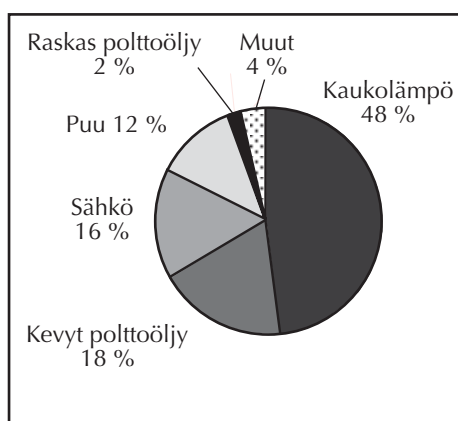
Kaukolämmitys on Suomen yleisin lämmitysmuoto, ja se painottuu Etelä-Suomeen. Kaukolämpöä tuotetaan lämmitysvoimalaitoksissa yhdessä sähkön kanssa sekä lämpökeskuksissa pelkästään lämpönä. Suurimpia kaukolämmön tuottajia ja myyjiä ovat suurten kaupunkien sähköyhtiöt ja -laitokset. Kaupunkien energiayhtiöt tuottavat lämpöä etupäässä sähkön ja lämmön yhteistuotantona (Hernesniemi ja Viitamo 1999). Vuonna 2002 kaukolämpöä tuotettiin 31,8 TWh, josta yhteistuotannon osuus oli 75 % ja erillistuotantoa oli 25 % (Adato Energia Oy 2002c).

Kuvassa 4 nähdään kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2002. Polttoaine-energiaa käytettiin yhteensä 53,2 TWh. Samana vuonna Suomen Kaukolämpö ry:n jäsenet harjoittivat kaukolämmön jakelua 173 kunnassa (Suomen Kaukolämpö ry 2002). Kaukolämmön osuus lämmitysmarkkinoista on noin 50 % (kuva 5). (Adato Energia Oy 2002d.)

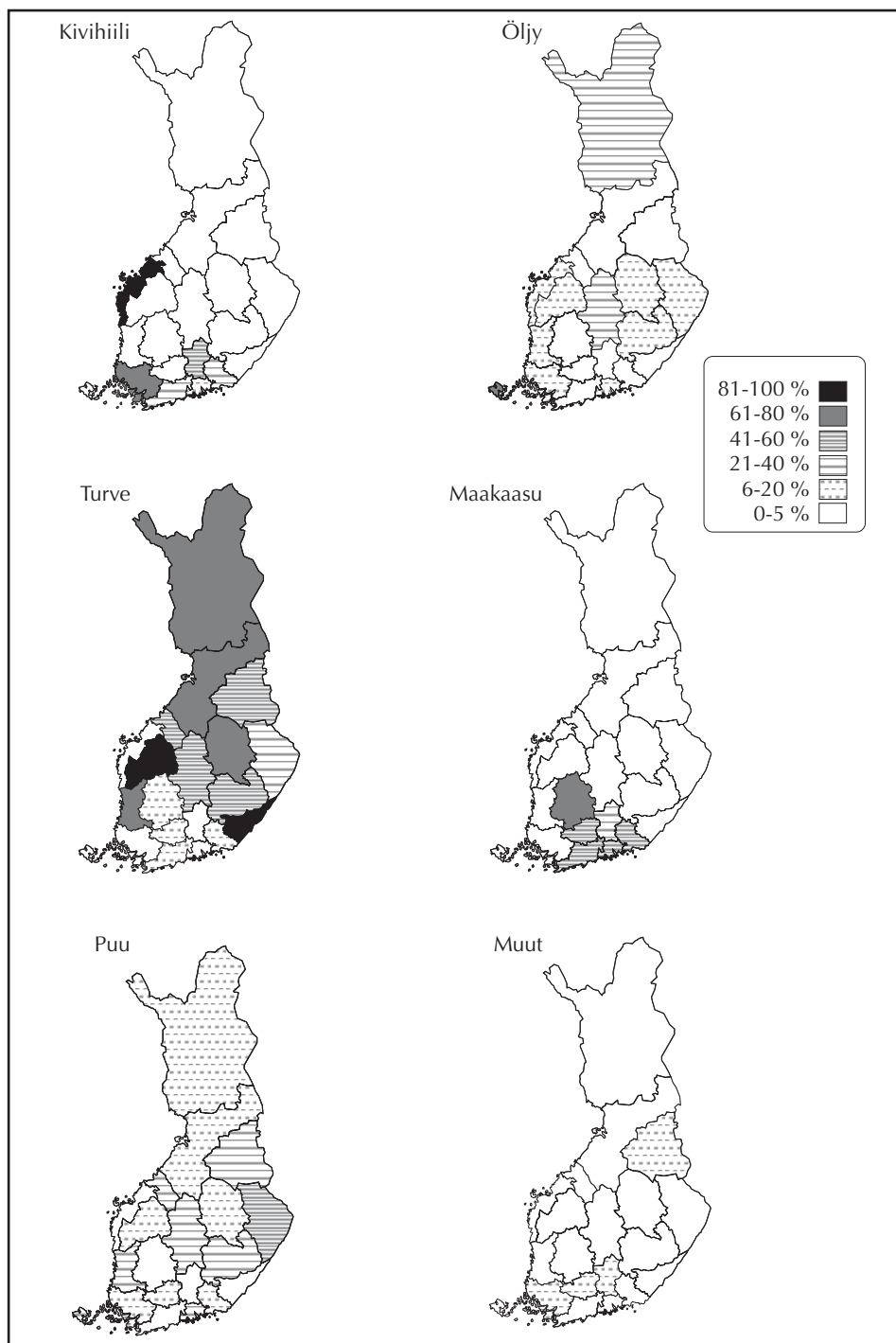
Kaukolämmöntuotannossa käytetään erilaisia polttoaineita paikkakunnasta riippuen. Maakaasua käytetään alueilla, joilla sitä on saatavilla, puuta ja turvetta käytetään Keski- ja Itä-Suomessa ja etenkin rannikolla kivihiiltä. Kuvassa 6 on esitetty kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön polttoaineet maakunnittain vuonna 2002.



Kuva 4. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2002 (Adato Energia Oy 2002e).



Kuva 5. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2002 (Adato Energia Oy 2002d).



Kuva 6. Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön polttoaineet maakunnittain vuonna 2002 (Adato Energia Oy 2003a).

Siirto ja jakelu

Energiansiirto kuluttajalle tapahtuu sähkönsiirto- ja jakeluverkostoja tai kaukolämpö- ja kaasuverkostoja pitkin. Sekä sähkön että lämmön jakeluketjussa on erotettavissa tukku- ja vähittäiskauppaporras.

Kaukolämpö

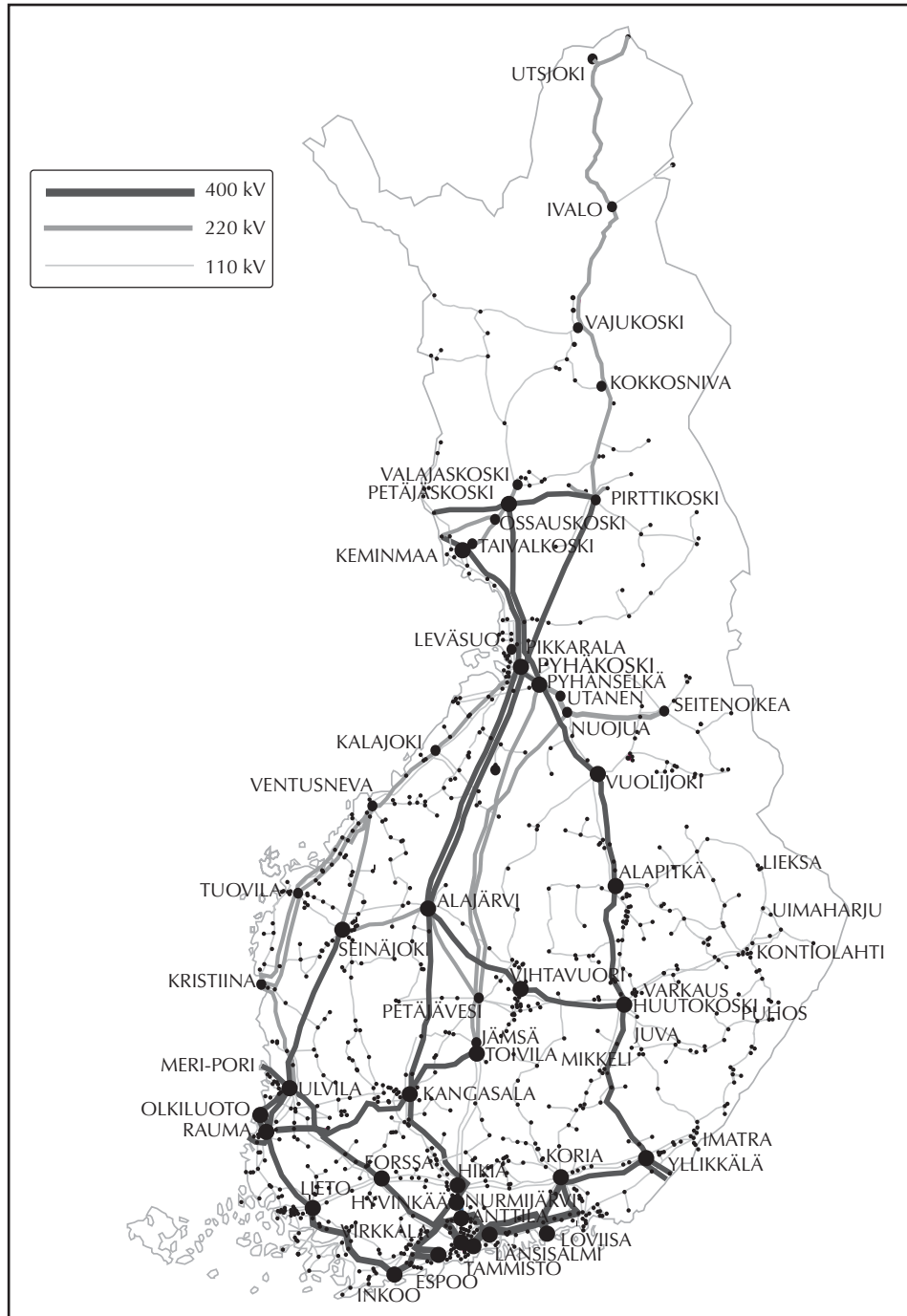
Teknisistä syistä johtuen kaukolämmön myynti ja jakelu on alueellista monopolitoimintaa, vaikkakin eri yhtiöiden ja kaupunkien verkostoja on kytketty toisiinsa. Jossain määrin kaupungit ja yhtiöt käyvät keskinäistä tukkukauppaa, ja myös teollisuusyritykset toimivat kaukolämmön tukku-kauppina läheisille kaupungeille. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

Nykyiset kaukolämmön siirtoon tarkoitetut pääverkostot on suurimaksi osaksi rakennettu vuosina 1975-1985. Tämän jälkeen investoinnit ovat kohdistuneet pääasiassa verkostojen ylläpitoon ja laajennuksiin. Vuonna 1997 Suomen kaukolämpöverkoston kokonaispituus oli noin 7900 km (Hernesniemi ja Viitamo 1999.). Tällä hetkellä verkoston pituus on kuitenkin jo noin 10000 km (Sirola 2004).

Sähkönsiirto ja -jakelu

Sähkönsiirtoverkosto jaetaan kantaverkkoon, alueverkkoon ja jakeluverkkoon (kuva 7). Sähkönsiirrosta valtakunnallisessa kantaverkossa vastaa vuonna 1997 perustettu kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj. Yhtiön omistajia ovat muun muassa Fortum Oyj ja Pohjolan Voima Oy noin 25 prosentin osuudella ja Suomen valtio noin kahdeksasosalla. Yhtiö omistaa suurvoimansiirtoon tarvittavan kantaverkon, johon kuuluvat suurjännitteiset 400 kV:n, 200 kV:n ja tärkeimmät 110 kV:n siirtojohdot ja sähköasemat. (Energiamarkkinavirasto 2002b.) Fingrid Oyj omistaa myös maan rajojen yli Ruotsiin, Norjaan ja Venäjälle menevät johdot. Yhtiön toimintaa säätelee sähkömarkkinalain asettamat tiukat tasapuolisuus- ja puolueettomuusvaatimukset. (Energiamarkkinavirasto 2002b.)

Alueverkon muodostavat kantaverkkoon kuulumattomat yleensä 110 kV:n verkosto-osat. Alueverkkoja on noin 10 erillisen alueverkkoyhtiön sekä noin 60 muun yhtiön hallinnassa. Jakeluverkkoon kuuluvat alle 110 kV:n eli 0,4 – 70 kV:n johdot. Sähkönsiirrosta jakeluverkkossa vastaa pääosin kunnallisessa omistuksessa olevat noin sata alueellista sähköyhtiötä. (Energiamarkkinavirasto 2002b.)



Kuva 7. Suomen sähkösiirtoverkosto (VTT Energy 2001).

Sähköverkkotoimintaan vaaditaan verkkolupa, jonka myöntää Energiamarkkinavirasto. Verkonhaltijoilla on verkon ylläpito- ja kehittämisvelvollisuus, sähkökäyttöpaikkojen ja tuotantolaitosten liittämismvelvollisuus sekä sähkönsiirtovelvollisuus. Lisäksi verkonhaltijat vastaavat sähköverkoston kunnosta ja asiakkaille toimitettavan sähkön laadusta. (Energiamarkkinavirasto 2002b.)

Jakeluverkonhaltijan verkkolupaan liittyy maantieteellinen vastuualue, jolla haltijalla on yksinoikeus rakentaa jakeluverkkoa. Sähkömarkkinalaissa (386/1995) on kuitenkin säädetty verkonrakennusmonopolin poikkeuksista liittymisjohtojen ja kiinteistöverkkojen osalta, ja jossa muun muassa annetaan "verkonhaltijalle mahdollisuus antaa lupa muille rakentaa jakeluverkkoa alueelleen" (HE 2004). Asiakkaan sijainti jakeluverkonhaltijan vastuualueella ei saa vaikuttaa siirtohinnan suuruuteen. Siihen ei saa vaikuttaa myöskään se keneltä sähkömyyjältä asiakas sähkön ostaa. Siirtopalveluiden hinnat vaihtelevat eri jakeluverkoissa, mutta niitä asiakkaat eivät voi kilpailuttaa. Verkkopalveluiden hintojen kuten verkkoon liittämisen, sähkönsiirron ja mittauksen hintojen tulee olla julkisia, kohtuullisia ja alueellisesti tasapuolisia. (Energiamarkkinavirasto 2002b.)

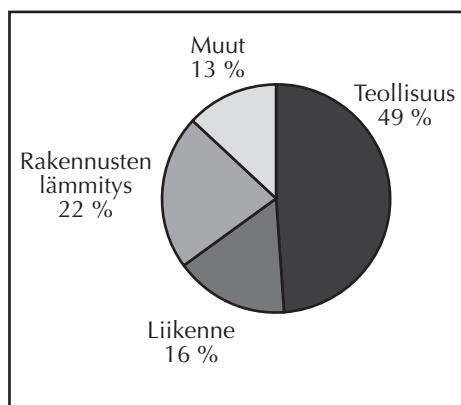
Sähkönsiirron niin sanotun pistehinnoittelun mukaisesti käyttäjä voi hankkia tarvitsemansa sähkön vapaasti mistä tahansa Suomen alueelta. Käyttäjä maksaa sähkön hinnan ohella liittymispisteessään maksun, joka kattaa koko siirtoketjun ilman muita siirtomaksuja. Tuottaja voi syöttää sähköä verkkoon samoin periaattein. (Adato Energia Oy 2002f.)

Sähköverkot ovat luonteeltaan monopoleja, joille on asetettu selkeät pelisäännöt: asianmukaista korvausta vastaan verkonhaltijoiden on avattava verkkonsa kaikkien halukkaiden käyttöön. Näin sähköverkoista on muodostunut markkinapaikka, joka palvelee tasapuolisesti sähkökaupan osapuolia. Kantaverkko muodostaa markkinapaikan sähköpörssissä käytävälle spot-kaupalle sekä kahdenkeskiselle sähkön tukkukaupalle (Hernesniemi ja Viitamo 1999).

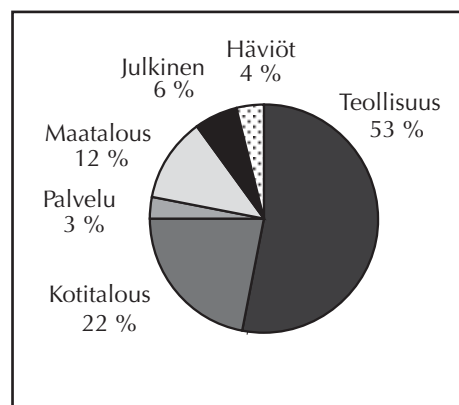
Energiankulutus

Pitkällä aikavälillä Suomen energiankulutus on kasvanut tasaisesti. Kasvu myötäilee teollisuustuotannon ja elintason nousua. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.) Suomen energian loppukäytön jakaantuminen teollisuuden, liikenteen, lämmityksen ja muun välille on esitetty kuvassa 8. Teollisuuden osuus on lähes 50 %.

Kylmästä ilmastosta, valaistuksen tarpeesta sekä energiantensiivisestä teollisuudesta johtuen sähkönkulutus henkeä kohden on Suomessa maailman suurimpia. Suomessa sähkön osuus energian loppukäytöstä on 25 % (Adato Energia Oy 2002g). Sähkönkulutuksesta teollisuuden osuus on yli puolet, josta taas paperi- ja selluteollisuuden kuluttama osuus on noin puolet. On kuitenkin muistettava, että metsäteollisuus tuottaa kuluttamastaan sähköstä noin 70 % ja lämmöstä noin 90 % itse. Paperi- ja selluteollisuuden lisäksi merkittäviä sähkönkuluttajia ovat metalli- ja kemianteollisuus. Loppuosa kulutuksesta jakaantuu tasaisesti palveluiden, julkisen kulutuksen ja kotitalouksien kesken. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.) Kuvassa 9 on esitetty sähkön kokonaiskulutus vuonna 2003 (84,7 TWh).



Kuva 8. Energian loppukäyttö 2002 (Tilastokeskus 2003a).



Kuva 9. Sähkön kokonaiskulutus vuonna 2003 (84,7 TWh) (Adato Energia Oy 2002h).

2.2 Energiaklusteri

Energiateknologia ja siihen liittyvien toimintojen muodostama kokonaisuus tunnistettiin ETLAn vuosina 1990-1995 tekemissä selvityksissä kehittymässä olevaksi teolliseksi klusteriksi Suomessa. Hernesniemen ja Viitamon (1999) mukaan "Klusterilla tarkoitetaan samoilla ja läheisillä toimialoilla toimivien yritysten kokonaisuutta, jossa kilpailu ja yhteistyö lisäävät innovatiivisuutta ja saavat aikaan kilpailukykyä lisääviä ulkoisvaikutuksia. Näistä tärkeimpiä on tiedon leviäminen. Todellisuudessa klusterit ovat toimintojensa suhteen osittain päällekkäisiä, ja niiden rajojen määrittely ei siten ole yksiselitteistä. Globalisaatio ja omistuksen kansainvälistyminen hämärtävät vastaavasti kansallisten klustereiden rajoja."

Sittemmin, sähkömarkkinoiden vapautumisen, sääntelyn poistumisen ja markkinoiden integroitumisen myötä, on energiaklusterin määritelmää laajennettu. Hernesniemi ja Viitamo (1999) tarkastelevat tutkimuksessaan "Suomen energiaklusterin kilpailuetu" energiaklusteria laajasta näkökulmasta. Klusterin pääliiketoiminta-alueita todetaan olevan energiateknologian tuotanto, energialiiketoiminta sekä niihin liittyvä palvelutuotanto. Energiateknologia jaetaan edelleen energiantuotantoon, -siirtoon ja -jakeluun sekä energiankäytön teknologiaan. Energialiiketoimintaan sisältyvää toimintaa on muun muassa sähkön- ja lämmöntuotanto ja myynti sekä verkkoliiketoiminta. Energialiiketoimintaa tukevaksi palvelutoiminnaksi luetaan muun muassa kantaverkkotoiminta, voimalaitosten käyttö ja kunnossapito, sähköverkkojen kunnossapito ja konsultointi. Laitteinvestointeihin liittyvä engineering-toiminta on energiateknologiaa tukevaa palvelutoimintaa. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

2.3 Sähkömarkkinoiden avautuminen

Yhteiskunnan riittävän energiansaannin turvaaminen kaikissa oloissa oli energiaomavaraisuuteen pyrkivän ja valtion valvontaan perustuvan energiapolitiikan vallitessa energiajärjestelmän perustehtävä. Tuolloin järjestelmää arvioitiin energiahuollon ja kriisivalmiuden näkökulmasta ja keskeisenä pidettiin sitä, että järjestelmän tuli olla riittävän tehokas energiantensiivisen teollisuuden tarpeiden tyydyttämiseen. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

"Kaupan maailmanlaajuisen liberalisoitumisen ja alueellisen integraation myötä näkemys energiasektorin asemasta on muuttunut olennaisesti." Muuttuneissa oloissa kansallisvaltiot ja maanosat purkavat energiajärjestelmiensä sääntelyä kustannustehokkuuden lisäämiseksi ja säilyttääkseen kilpailukykyänsä. "Sähkömarkkinoiden vapauttamisprosessi on yksi näkyvimmistä ja merkittävimmistä toimista, joilla julkinen valta kansallisella ja ylikansallisella tasolla vaikuttaa energiaklusterin toimintaan". Sähkömarkkinoiden avautumisen todetaankin olevan maailmanlaajuinen ilmiö, jonka mukainen kehitys on Pohjoismaiden, EU:n ja Itä-Euroopan maiden lisäksi nähtävissä muun muassa Oseaniassa, Etelä-Afrikassa, Aasiassa ja Yhdysvalloissa. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

Energian sisämarkkinoiden vapauttamisprosessi käynnistyi vuonna 1990, jolloin tulivat voimaan hintojen läpinäkyvyyttä ja sähkönsiirtoa korkeajänniteverkostojen välillä koskevat direktiivit. Sähkömarkkinoiden vapautumisen aikataulua koskeva direktiivi tuli voimaan vuonna 1996. Sen mukaan vapautuminen etenee asteittain ja jäsenvaltioilla on kahden

vuoden siirtymäaika. Vapauttamisen toteuttamistavasta esitettiin kaksi mallia: TPA (Third Party Access) ja SBM (Single Buyer Model). TPA-malli on luonteeltaan kilpailullisempi, josta Suomen, Ruotsin, Norjan ja Iso-Britannian sovellutukset ovat kaikkein kilpailullisimmat. Sähkömarkkinoiden vapautumista on keskitetyn lainsäädännön ohella edistetty jäsenmaita yhdistävien siirtoverkkojen rakentamisella. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.) 19.2.1999 astui voimaan Euroopan unionin uusi sähkömarkkinadirektiivi, joka velvoitti jäsenvaltiot avaamaan kilpailulle suuren osan sähkömarkkinoita (Lipponen 1999).

Sähkömarkkinoiden vapautumisessa on ollut suuria kansallisia eroja. Vapautumisen edelläkävijä oli Iso-Britannia, jonka tuntumassa tulivat yhtenäisen kilpaillun markkina-alueen muodostavat Suomi, Ruotsi ja Norja. Pohjoismaista vapautuminen alkoi ensimmäisenä Norjassa vuonna 1991. Suomi seurasi esimerkkiä vuonna 1995, jossa uusi sähkömarkkinalaki tuli voimaan kesäkuun alusta lähtien. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

Suomen sähkömarkkinoiden vapautumisessa ja pohjoismaisessa integroimisprosessissa voidaan havaita seuraavat vaiheet (Hernesniemi ja Viitamo 1999):

- Sähkömarkkinalaki (386/1995) tuli voimaan 1.11.1995. Sähkömarkkinalaki vapautti sähkömarkkinat ja muutti sähkökaupan rakenteen. Sähkömarkkinauudistuksella vähennettiin kilpailun esteitä ja poistettiin tarpeeton sääntely sähkön tuotannosta, myynnistä ja ulkomaan kaupasta eli siitä osasta markkinoita, jossa kilpailu on mahdollinen. Luonteeltaan monopoleja oleville sähköverkoille asetettiin kuitenkin selkeät pelisäännöt. (Energiamarkkinavirasto 2002c.)
- Elokuussa 1995 aloitti toimintansa uusi viranomaisen Sähkömarkkinakeskus toteuttamaan muun muassa lain edellyttämää verkkotoiminnan valvontaa.
- Kaikki yli 500 kW:n teholla sähköä ostavat sähkönkäyttäjät voivat kilpailuttaa sähkönmyyjä 1.11.1995 alkaen.
- Suomalainen sähköpörssi El-Ex aloitti toimintansa elokuussa 1996.
- 500 kW:n tehoraja poistui 1.1.1997 ja pienemmätkin sähkönkäyttäjät voivat ostaa sähköä vapaasti. Tunneittainen sähkönkäytön mittaus oli kuitenkin pakollista, mikä vaikeutti mittaroinnin kalleuden vuoksi toimittajan vaihtamista.
- Suomen monopoliasemainen kantaverkkoyhtiö, Fingrid Oyj, aloitti toimintansa 1.9.1997 ostettuaan kahden aiemman kantaverkkoyhtiön, IVS:n ja TVS:n, liiketoiminnat.
- Fingrid Oyj osti El-Exin tammikuussa 1998.

- Ruotsin kantaverkkoyhtiö Svenska Kraftnät osti 8.5.1998 50 % El-Exin osakekannasta.
- El-Ex ryhtyi 15.6.1998 välittämään norjalais-ruotsalaisen Nord Poolin sähköpörssipalveluja Suomessa ja näin Suomi liittyi pohjoismaiseen sähköpörssiin.
- 1.9.1998 otettiin käyttöön niin sanottu tyyppikäyrämenettely kotitalouksien ja sähkölämmittäjien piirissä. Tuntikohtaista oston mittausta ei enää tarvittu.
- 1.11.1998 myös muut pienkuluttajat tulivat tyyppikäyrämenettelyn piiriin.
- 19.2.1999 astui voimaan Euroopan unionin uusi sähkömarkkina-direktiivi (Lipponen 1999).
- Keväällä 2000 noin 2 % sähkönkäyttäjistä oli vaihtanut myyjää (Sener Adato Energia Oy 2002i mukaan).
- Sähkömarkkinakeskus muuttui Energiamarkkinavirastoksi 1.8.2000 ja samalla sen tehtäväkenttä laajeni kattamaan myös maakaasumarkkinoiden valvonnan (Energiamarkkinavirasto 2002d).
- Kesällä 2000 yli puolet sähköstä ostetaan sopimushintaan (Energiamarkkinavirasto Adato Energia Oy:n 2002i mukaan).
- Syksyllä 2004 tehdyn tutkimuksen mukaan joissakin tilanteissa jopa puolet sähköyhtiöistä ei anna kuluttajille sähkön myyntitarjousta (Kinnunen 2004).

Sähkömarkkinoiden avoimuutta kuvataan tuonnin ja viennin summan osuudella maan kulutuksesta. Tämän määritelmän mukaisesti Suomen sähkömarkkinoiden avoimuus on eurooppalaisittain ollut suhteellisen alhainen. Tätä selittävät muun muassa maan syrjäinen sijainti ja energia-intensiivinen teollisuus. (Hernesniemi ja Viitamo 1999.)

2.4 Energiantuotannon ohjauskeinot

Lukuisissa sekä kansainvälisissä että kansallisissa asiakirjoissa ja säädöksissä käsitellään tai sivutaan uusiutuvien energianlähteiden edistämistä tai siihen liittyviä toimenpiteitä. Seuraavan luettelon kokoamisessa ensisijaisena lähteenä on käytetty maa- ja metsätalousministeriön Peltobiomassa, liikenteen biopoltonesteet ja biokaasu –jaoston väliraporttia (Maa- ja metsätalousministeriö 2004). Väliraportissa asiakirjoja ja säädöksiä on kuvattu laajemmin.

Kansainväliset

Kioton pöytäkirjassa vuodelta 1997 on määritelty maakohtaiset päästövähennys- ja rajoittamisveloitteet teollisuus- ja siirtymätalousmaille ensimmäiselle sitoumuskaudelle vuosina 2008-2012. Kioton pöytäkirjan voimaantulon ehtona on, että sen ratifioi vähintään 55 maata, jotka edustavat vähintään 55 prosenttia teollisuusmaiden vuoden 1990 hiilidioksidipäästöistä. (Ympäristöministeriö 2003.) Pöytäkirjan voimaantulo varmistui, kun Venäjä sai ratifiointiprosessin päätökseen 18.11.2004. Vuonna 1997 hyväksytty pöytäkirja tulee täten voimaan 16.2.2005. (Ympäristöministeriö 2005.)

Johannesburgin uusiutuvan energian koalition huippukokouksessa vuonna 2002 Johannesburgissa hyväksyttiin toimintasuunnitelma, jossa kehoitetaan maita pikaisesti lisäämään uusiutuvien energianlähteiden osuutta maailman kokonaisenergian hankinnasta.

EU:n komission tiedonantoja

- Tiedonannossa Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energianlähteet – Yhteisön strategiaa ja toimintasuunnitelmaa koskeva valkoinen kirja (KOM(97)599, lopullinen) esitetään toimintastrategia uusiutuvien energianlähteiden käytön lisäämiseksi sekä yleispiirteinen toimintasuunnitelma strategian ja sen tavoitteiden toteuttamiseksi.
- Energianhuoltostrategia Euroopalle (KOM(2000)769, lopullinen), vihreä kirja
- Strategia yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannon edistämiseksi
- Energiansäästädirektiivin luonnos
- EU:n liikennestrategia (KOM(2001)370)
- Euroopan älykäs energiahuolto 2003-2006 (KOM(2002)162, lopullinen)
- Uusiutuvien energianlähteiden osuus EU:ssa (KOM(2004)366, lopullinen)

Jätteenpolttodirektiivi (2000)

Direktiivi sähköntuotannon edistämisestä uusiutuvista energianlähteistä tuotetun sähkön sisämarkkinoilla eli RES-E-direktiivi (2001/77/EY)

Direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta (2002/91/EY)

Direktiivi liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden edistämisestä (2003/30/EY)

EU:n päästökauppadirektiivi (2003/87/EY)

Polttoaineverodirektiivi (2003/96/EY)

Sivutuoteasetus (2002/1774/EY)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannon direktiivi (CHP-direktiivi)

Biohajoavien jätteiden biologista käsittelyä koskeva direktiivi, valmisteilla
Agenda 2000-toimintaohjelma (CAP)/non-food

Kansalliset

Kansallinen ilmastostrategia
Uusiutuvan energian edistämishjelma (UEO) 2003-2006
Maa- ja metsätalousministeriön aluekehitysstrategia (2005-2008)
Maaseutupoliittinen kokonaisuohjelma
Kansallinen biojättestrategia
Esitys kansalliseksi peltoenergia –ohjelmaksi 2003-2010

Energiaverotus

Energiaveroja Suomessa kannetaan mineraaliöljyistä, jotka kuuluvat Euroopan unionin jäsenmaissa harmonoidun eli direktiivillä (Energiaverodirektiivi 2003/96/EY) yhdenmukaistetun valmisteverotukseen piiriin. Verotettavia mineraaliöljyjä ovat moottoribensiini, dieselöljy sekä kevyt ja raskas polttoöljy. Lisäksi sähköstä, kivihiilestä, maakaasusta, polttoturpeesta ja mäntyöljystä kannetaan kansallisia valmisteveroja. Nestemäisistä polttoaineista, sähköstä, kivihiilestä ja maakaasusta on lisäksi suoritettava huoltovarmuusmaksua. (Tullihallitus 2003a.)

Säädöksiä energiaveroista ja huoltovarmuusmaksuista on seuraavissa laeissa ja asetuksissa: (Tullihallitus 2003a.)

- Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta (1472/1994)
- Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta (1260/1996)
- Asetus nestemäisistä polttoaineiden valmisteveroista (1547/1994)
- KTM:n asetus omakäyttölaitteista (309/2003)
- KTM:n asetus sähkön tukien myöntämisperusteista (310/2003)

Sähkön valmistevero on porrastettu siten, että

- teollisuudessa ja ammattimaisessa kasvihuoneviljelyssä käytetystä sähköstä suoritetaan alemman veroluokan mukainen vero
- esimerkiksi yksityistalouksissa, maa- ja metsätaloudessa, rakentamisessa ja palvelutoiminnoissa käytetystä sähköstä suoritetaan ylemmän veroluokan mukaista veroa

Sähköverovelvollisia ovat pääasiassa verkonhaltijat ja sähköntuottajat. Mikäli sähköä kuitenkin tuotetaan alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa siirtämättä sitä sähköverkkoon, siitä ei olla velvollisia suorittamaan sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua. Sähköveroa ja huoltovarmuusmaksua

verkonhaltija maksaa siitä määrästä, minkä se luovuttaa kulutukseen. Sähköntuottaja suorittaa veroa tuottamastaan sähköstä. (Tullihallitus 2003a.)

Valmisteveroa ja huoltovarmuusmaksua ei suoriteta sähköstä muun muassa seuraavissa tapauksissa (Tullihallitus 2003a.):

- Sähkö siirretään verkonhaltijalta toiselle eli sähköverkkojen välillä
- Sähköntuottaja luovuttaa sähkön verkkoon
- Sähkö kulutetaan voimalaitoksen sähkön tai yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon omakäyttölaitteissa

Energiantuotannon polttoaineita verotetaan lämmöntuotannossa biokaasua ja puuperäisiä polttoaineita lukuun ottamatta. Sen sijaan sähköntuotannon polttoaineita ei veroteta riippumatta siitä, millä polttoaineella sähkö on tuotettu, vaan veroa kannetaan tuotetusta sähköstä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004.) Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa sähköntuotantoon kulutetut polttoaineet ovat verottomia, mutta lämmöntuotantoon käytetyt polttoaineet ovat verollisia. Verotuksellisesti on ratkaisevaa se, mitä laitos verokauden aikana tuottaa. (Tullihallitus 2003a.)

Polttoturpeen käytöstä maksetaan valmisteveroa, mikäli laitos käyttää turvetta lämmöntuottamiseen enemmän kuin 25000 MWh kalenterivuoden aikana. Veroa maksetaan tämän yli menevältä osalta. (Tullihallitus 2003a.)

Sähköntuotannon tuet

Sähköntuotannon tukea myönnetään sähkölle, joka on tuotettu seuraavilla tavoilla: (Tullihallitus 2003b.)

- tuulivoimalla
- vesivoimalla, nimellisteholtaan enintään 1 MVA
- puulla ja puupohjaisilla polttoaineilla
- kierrätyspolttoaineilla
- biokaasulla
- metsähakkeella
- polttoturpeella enintään 40 MVA:n lämmitysvoimalaitoksissa
- metallurgisten prosessien jätekaasuilla
- kemiallisten prosessien reaktiolämmöllä

Tuen suuruus on 4,2 euroa/MWh seuraavin poikkeuksin: tuulivoimalla ja metsähakkeella tuotetun sähkön tuki on 6,9 euroa/MWh ja kierrätyspolttoaineilla tuotetun sähkön tuki on 2,5 euroa/MWh. Tukea ei kuitenkaan suoriteta voimalaitoksen omakäyttölaitteissa käytetystä sähköstä eikä alle 2 MVA:n tehoisissa generaattoreissa tuotetusta sähköstä, jota ei siirretä sähköverkkoon. (Tullihallitus 2003b.)

3. UUSIUTUVA ENERGIA

3.1 Uusiutuvat energianlähteet ja käyttö Suomessa

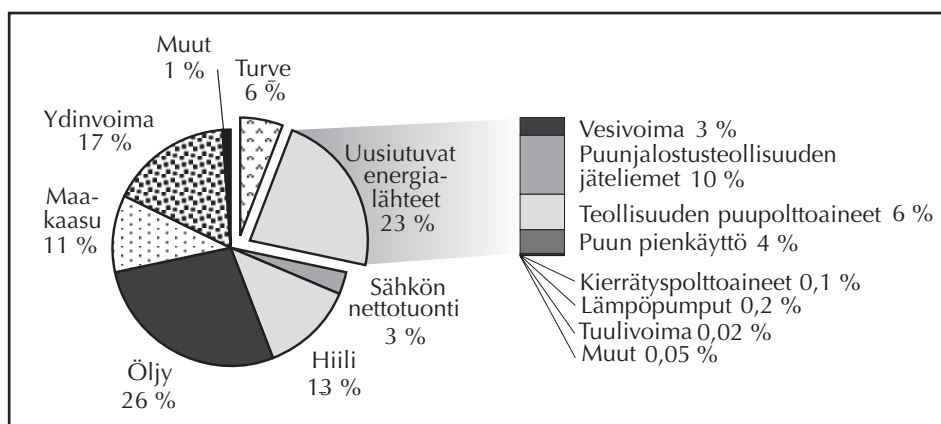
Energianlähteet jaetaan uusiutuviin ja uusiutumattomiin. Uusiutumattomia energianlähteitä ovat muun muassa kivihiili, raakaöljy, maakaasu ja uraani. Uusiutuvia ovat muun muassa vesi, aurinko, tuuli, biomassa ja geoterminen energia. (Hellgren 1997.)

Suomen kokonaisenergiankulutuksesta ja sähköntuotannosta noin neljännes perustuu uusiutuviin energianlähteisiin. Suomi onkin maailman johtavia teollisuusmaita uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisessä. Bioenergian lisäksi tärkeimpiä ovat vesivoima, tuulivoima ja aurinkoenergia. Kansallisen ilmastostrategian mukaisesti maassamme pyritään edelleen lisäämään uusiutuvien energianlähteiden käyttöä sekä osuutta kulutuksesta. Osana tätä Suomessa toteutetaan erityistä uusiutuvan energian edistämishjelmaa. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2004.)

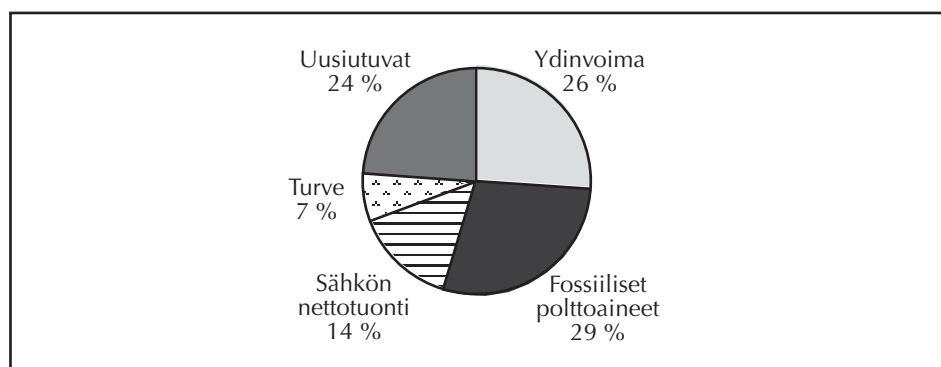
Energian kokonaiskulutuksen jakauma vuonna 2002 on esitetty kuvassa 10 (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2004). Öljyn, maakaasun ja hiilen osuus on yhteensä 50 %. Uusiutuvien energianlähteiden jakaumasta nähdään puun tämänhetkinen valta-asema uusiutuvan energian tuotannossa. Suurin osa bioenergiasta Suomessa tuotetaan puulla tai puuperäisillä polttoaineilla. Vuonna 2002 Suomessa käytetyistä uusiutuvista energianlähteistä 44 % oli puunjalostusteollisuuden jäteliemiä. Jäteliemien, teollisuuden puupolttoaineiden ja puun pienkäytön yhteenlaskettu osuus oli 86 %. Vesivoiman lisäksi (12 %) ryhmän muut osuudeksi (kierrätyspolttoaineet, biokaasu ja lämpöpumput) jää ainoastaan 2 %. (Tilastokeskus 2003a.)

Sähköntuotannossa valta-asema on fossiilisilla polttoaineilla (kuva 11). Lähes yhtä suuri osuus tuotannossa on ydinvoimalla ja uusiutuvilla energianlähteillä. Vuonna 2002 Suomessa kulutettiin sähköä yhteensä noin 84 TWh. (Tilastokeskus 2003a.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi määrittelemän turpeen osuus kokonaisenergiankulutuksestamme on noin 6 % ja sähkönkulutuksestamme noin 7 %. Tämän kotimaisen polttoaineen käyttöä perustellaan muun muassa sen huomattavilla aluepoliittisilla, työllistävillä ja energihuollon varmuutta lisäävillä vaikutuksilla. "Kansallisen ilmastostrategian tavoitteena on säilyttää turve kilpailukykyisenä vaihtoehtonayhdistetynsähkönjalämmön tuotannon polttoaineena." (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2004.) Monien asiantuntijoiden mielestä turve kuitenkin on uusiutumaton, koska turvetuotannon jälkeen suon uusiutuminen ennalleen kestää useita tuhansia vuosia.



Kuva 10. Uusiutuvien energiamuotojen ja turpeen osuus energian kokonaiskulutuksesta ja jakauma lähteittäin vuonna 2002 (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2004).



Kuva 11. Uusiutuvien energianlähteiden osuus sähkönkulutuksesta (Tilastokeskus 2003a).

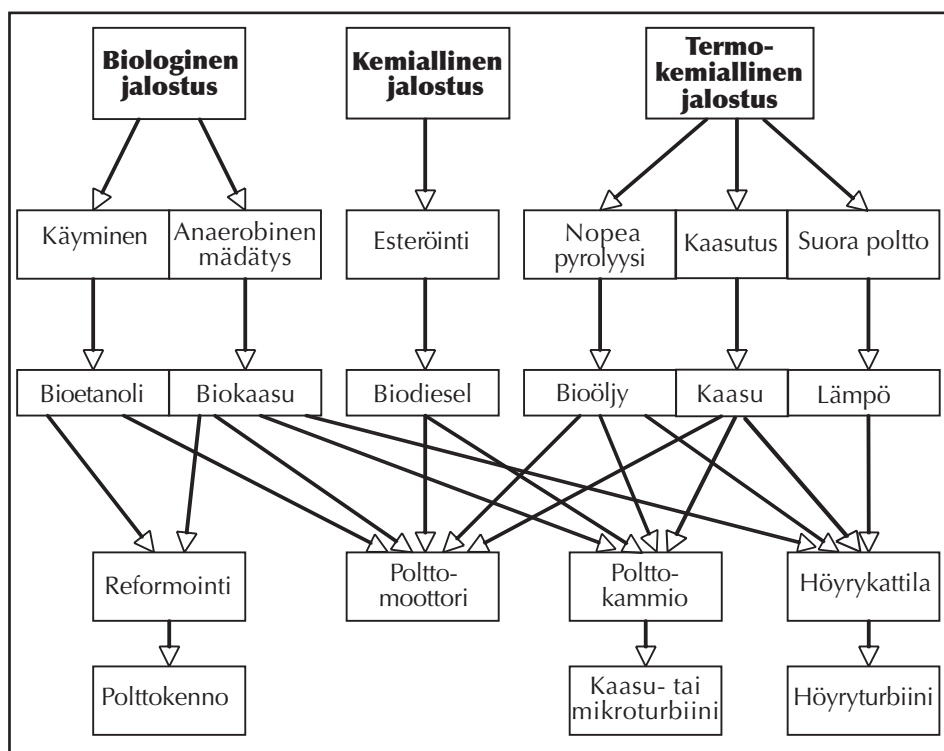
3.2 Uusiutuvan energian tuotanto

Bioenergia on tämän hetken eniten hyödynnetty uusiutuvan energian lähde Suomessa (kuva 10). Seuraavassa tarkastellaankin lyhyesti biomassojen käyttöön perustuvia sähkön ja lämmön pienimuotoiseen yhteistuotantoon soveltuvia menetelmiä sekä esimerkkeinä biomassojen jalostukseen soveltuvista biologisista ja termokemiallisista prosesseista esitetään anaerobisen mädätyksen, kaasutuksen ja pyrolyysin lyhyet kuvaukset. Menetelmäkuvausten jälkeen luodaan katsaukset energiapuun, peltoenergian ja turpeen hankintaketjuihin, joilla on huomattavia alueellisia vaikutuksia. Bioenergian lisäksi luodaan katsaukset vesivoimaan, aurinkoenergiaan sekä tuulivoimaan. Lyhyesti tarkastellaan myös lämpöpumppuja.

Bioenergia

Bioenergiantuotanto perustuu moniin eri energianlähteisiin sekä menetelmiin. Yksinkertaisin tapa tuottaa bioenergiaa on suora poltto. Monet biomassat ovat nopeasti hajoavia ja niillä on pieni energiatiheys, joten niitä on jalostettava, jotta ne soveltuvat paremmin energiantuotannon raaka-aineiksi. Jalostuksen ansiosta muun muassa varastointi- ja kuljetusominaisuudet paranevat. Biomassojen jalostusprosessit voidaan luokitella seuraavasti (Boyle 1996)

- jalostamattoman biomassan suora poltto
- yksinkertainen fysikaalinen jalostus (lajittelu, haketus, puristus, ilmakuivaus)
- termokemiallinen jalostus (pyrolyysi, kaasutus, nesteytys) biopolttoaineeksi
- biologinen jalostus (anaerobinen mädätys, käyminen) kaasumaisiksi ja nestemäisiksi polttoaineiksi



Kuva 12. Eräitä biomassoihin perustuvia sähköntuotantoketjuja (Lensu ja Alakangas 2004).

Kuvassa 12 on esitetty eräitä biomassoihin perustuvia sähköntuotannon ketjuja. Termokemiallisissa menetelmissä biomassaa lämpökäsitellään, biologiset menetelmät perustuvat mikrobiologisiin ilmiöihin ja kemiallinen jalostus perustuu uuttoon ja vaihtoesteröintiin. (Lensu ja Alakangas 2004.)

Kuten kuvasta 12 nähdään sähkön- ja lämmöntuotannon tekniikoita ei voida yksiselitteisesti luokitella polttoaineiden jalostusmenetelmien tai olomuodon mukaan, sillä on menetelmiä, jotka voivat käyttää kiinteitä, nestemäisiä sekä kaasumaisia polttoaineita. Taulukossa 1 on esitetty polttoaineiden soveltuvuus pienimuotoisille yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) menetelmille. Taulukosta nähdään, että stirling-moottorille sekä höyryturbiineille ja -koneille ovat teknisesti mahdollisia kaikki esitetyt polttoaineet, mutta ne eivät välttämättä ole käytössä kaupallisesti saatavissa laitteissa (Vartiainen ym. 2002).

Taulukko 1. Polttoaineiden soveltuvuus pienimuotoisille CHP-tekniikoille (Vartiainen ym. 2002).

	Kaasu- ja diesel-moottorit	Mikro-turbiinit	Stirling-moottorit	Polttokennot	Höyryturbiinit ja -koneet
Kierrätys-polttoaineet	** (kaasutus ja nesteytys)	** (kaasutus ja nesteytys)	*	*(kaasutus)	***
Kiinteä biomassa	** (kaasutus ja nesteytys)	** (kaasutus ja nesteytys)	**	*(kaasutus)	***
Metanoli	*	**	**	**	*
Etanoli	*	**	**	**	*
Bioöljyt	**	**	**		*
Vety	**	**	**	***	*
Biokaasut	***	**	**	**	*
Turve			*		***

*** = nyt kaupallisesti merkittävä polttoaine CHP-laitteissa

** = tulevaisuudessa mahdollisesti kaupallisesti merkittävä polttoaine

* = teknisesti mahdollinen, mutta ei todennäköisesti kaupallisesti merkittävä polttoaine

Pienimuotoinen sähkön ja lämmön yhteistuotanto

Seuraavassa tarkastellaan pienimuotoiseen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon soveltuvia menetelmiä ja erityisesti niiden soveltuvuutta eri käyttökohteisiin. Kutakin tekniikkaa koskevia teknisiä ominaisuuksia

ja kustannuksia on esitetty taulukoissa liitteellä 1. Liitteellä on esitetty myös tiettyyn tarkoitukseen soveltuvien pienimuotoisten tekniikoiden teholuokka sekä verrattu menetelmiä tuulivoimaan, aurinkoenergiaan, lämpöpumppeihin sekä pien- ja minivesivoimaan. Tässä kappaleessa ja liitteellä 1 esitetyt polttomoottoreita, mikroturbiineja, stirling-moottoreita sekä höyryturbiineja ja –koneita koskevat kustannukset määritellään seuraavasti: (Vartiainen ym. 2002.)

- investointikustannukset on esitetty laitteiden sähkötehoa kohti ja ne sisältävät sekä sähkön- että lämmöntuotantoon tarvittavat osat
- käyttö- ja kunnossapitokustannukset on esitetty tuotettua sähköyksikköä kohti
- polttoainekustannus on keskimääräinen suurasiakkaan vuonna 2001 maksama maakaasun hinta (1,7 c/kWh), mikä vastaa noin 2 c/kWh tuotettua energiayksikköä kohti
- tuotantokustannukset on laskettu tuotettua energiayksikköä kohti (huipunkäyttöaika 5000 h ja käyttöikä 15 a)

Polttomoottorit

Mäntämoottorista ja siihen liitetystä generaattorista koostuvalle moottorivoimalaitokselle on tyypillistä monipuolinen polttoainevalikoima. Käytetyn polttoaineen mukaisesti moottorivoimalat voidaan jakaa kaasu-, diesel- tai kaksoispolttoainemoottoreihin. Moottorivoimalalle on tyypillistä myös korkea sähköhyötysuhde (30-45 %) ja laaja tehoalue. Kokonaishyötysuhde on 75-90 %. CHP-tuotannossa kaasu- ja dieselmoottoreita käytetään joko lämpimän veden (85—100°C) tai matalapainehöyryn (alle 20 bar) tuottamiseen. (Vartiainen ym. 2002.)

Kaasumoottorit soveltuvat parhaiten kohteisiin, joissa sähkön- ja lämmöntarve on tasainen ja edellytetään hyvää sähköntuotannon hyötysuhdetta. Dieselmoottoreita käytetään varavoimasovelluksissa, mutta myös yhteistuotantokäyttö on mahdollista. Pienimpien yksiköiden ongelmina ovat melu ja huoltotarve. Parhaita kaasu- ja dieselmoottorien käyttökohteita ovat esimerkiksi hotellit, koulurakennukset, kasvihuoneet, sahat sekä kauko- ja aluelämpöjärjestelmät. (Vartiainen ym. 2002.)

Mikroturbiini

Mikroturbiineilla tarkoitetaan yleensä teholtaan 25-250 kW olevia kaasuturbiineja. Kaasuturbiineissa käytetään polttoaineena kaasumaisia (maakaasu, biokaasu, vety ja kaasutetut biomassat ja kierrätyspolttoaineet) ja monia nestemäisiä polttoaineita (dieselöljy, nestekaasut, bensiini, metanoli, etanoli ja bioöljyt). (Vartiainen ym. 2002.)

Tyypillisimpiä sovelluskohteita pienille kaasuturbiineille ovat teollisuuskohteet, koska ne soveltuvat parhaiten kohteisiin, joissa tarvitaan korkeaa lämpötilaa tai höyryä. Pientaloihin tai pieniin rivi- ja kerrostaloihin mikroturbiinitkin soveltuvat suurten tehojen ja osatehoilla käytön epätaloudellisuuden vuoksi huonosti. Mikroturbiinien kustannukset ovat noin 650 €/kW ja vuoteen 2010 mennessä niiden arvioidaan alenevan 200-300 euroon kilowattia kohti. (Vartiainen ym. 2002.)

Stirling-moottori

Stirling-moottorin merkittävin ero verrattuna otto- ja dieselmoottoreihin on se, että sylinteritila on suljettu ja palaminen tapahtuu sylintereiden ulkopuolella. Mäntä liikkuu työkaasun (yleensä heliumin tai vedyn) paineenmuutoksen vaikutuksesta, kun sylintereitä lämmitetään ja jäähdytetään. Polttoaineena voidaan käyttää esimerkiksi kaasumaisia, nestemäisiä ja jopa kiinteitä (esimerkiksi puuta) polttoaineita. (Vartiainen ym. 2002.)

Stirling-moottori on kilpailukykyinen kaasu- ja dieselmoottorien kanssa pienessä (< 30 kW) kokoluokassa ja soveltuukin siten käytettäväksi pienimpiin CHP-kohteisiin, kuten maataloille, joilla voidaan hyödyntää biopolttoaineita. Kokonaishyötysuhde on samaa luokkaa muiden pienten CHP-menettelmien kanssa. Investointikustannusten ilmoitetaan olevan 1400-2200 €/kW_s luokkaa, kun voimalan koko on 10 kW. (Vartiainen ym. 2002.)

Höyryturbiinit ja -koneet

Höyrykoneessa erillisessä kattilassa tuotettu korkeapaineinen höyry liikuttaa sylinterissä mäntää, joka kampiakselin avulla on yhdistetty sähköä tuottavaan generaattoriin. Sylinterissä höyryn paine alenee ja matalapaineinen höyry voidaan käyttää lämmöntuottamiseen. Höyrykattilassa polttoaineena voidaan käyttää kiinteitä nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita. Kotimainen Sermet Oy valmistaa kattilan ja höyrykoneen yhdistelmään perustuvaa BioPower-pienvoimalaitosta. Laitosten sähköteho on 0,2-3 MW ja vastaava lämpöteho 2-10 MW. (Vartiainen ym. 2002.)

Pienessä kokoluokassa (alle 1 MW_s) höyrykone on höyryturbiinia taloudellisempi vaihtoehto, vaikka höyryturbiini onkin 1900-luvulla syrjäyttänyt höyrykoneen paremman hyötysuhteensa vuoksi. Osakuormilla höyryturbiinin hyötysuhde on kuitenkin alhainen. Höyryturbiinin toiminta perustuu paineistettuun höyryyn, joka kulkee generaattoria pyörittävien turbiinien siipien läpi. Parhaiten höyrykoneet ja -turbiinit soveltuvat sahojen, konepajojen ym. pk-teollisuuden energiantuotannon tarpeisiin sekä kauko- ja aluelämpölaitoksille. (Vartiainen ym. 2002.)

ORC –prosessi

ORC-prosessi on höyryvoimalaitosprosessi, jossa veden sijasta käytetään orgaanista väliainetta kuten tolueenia. Tämä mahdollistaa matalalämpöisten lämmönlähteiden hyödyntämisen. Prosessi ei ole sidoksissa mihinkään polttotekniikkaan, vaan se voidaan liittää esimerkiksi arina- tai leijukattilaan, kaasutuslaitokseen tai dieselmoottorivoimalaan. (Helynen ym. 2002a.)

Polttotekniikat

Arinapoltto, kaasutuspoltto ja leijupoltto ovat puun ja yleensäkin biomassan polttoon soveltuvia tekniikoita. Polttoaineena biomassakattiloissa voidaan käyttää hakkuutähteitä, haketta, puun kuoria, sahanpurua, kutterilastua, pellettejä, brikettejä sekä turvetta ja kierrätyspolttoainettakin seospolttaineena. (Motiva 2000 Vartiaisen ym. 2002 mukaan.)

Perinteistä arinapolttotekniikkaa käytetään yleisimmin kiinteistökokoluokan kattiloissa, pienehköissä haketta, palaturvetta ja teollisuuden puujätettä hyödyntävissä kaukolämpölaitosten kattiloissa sekä teollisuuden puujätteiden polttolaitoksissa. Alle 700 kW:n kiinteistökohtaisissa järjestelmissä stokeripolttoon perustuva laitteisto on tavallisin. Isommissa yli 20 MW:n laitoksissa arinapoltto on syrjäytymässä uusien menetelmien, erityisesti leijupolton, tieltä. Kaasutuspolttota käytetään tehoalueella 2-15 MW. (Motiva 2000 Vartiaisen ym. 2002 mukaan.)

Arinapoltto suoritetaan joko ylä- tai alapaloperiaatteella. Yläpalokattila toimii panostoimisesti eli koko polttoaine-erä syötetään tulipesään kerralla, mutta alapaloperiaatteella toimivissa laitteissa palaminen on jatkuvatoiminen prosessi. Yläpalokattilassa palamisolosuhteet vaihtelevat koko palamistapahtuman ajan ja päästöt ovat siten suuremmat verrattuna alapalokattilaan, jossa palamisolosuhteet säilyvät muuttumattomina polttoaineen jatkuvan syötön vuoksi. (Motiva 2000 Vartiaisen ym. 2002 mukaan.) Arinoiden rakenteet riippuvat käytettävästä polttoaineesta sekä kattilan koosta. Arinoita on sekä kiinteitä että liikkuvia. Pienessä kokoluokassa arinat ovat yleensä kiinteitä tasoarinoita. Arinan pinta-ala määrää ensisijaisesti järjestelmästä saatavan tehon. (Puhakka 2001.) Arinapinnalta saatava lämpöteho vaihtelee 300-1000 kW/m² polttoaineesta ja arinatyyppistä riippuen (Helynen ym. 2002 a).

Biomassakattiloiden hinta pienessä kokoluokassa on 50-100 €/kW ja isossa alle 50 €/kW (kts. liite 1). Lisäksi polttoaineen syöttöjärjestelmästä aiheutuvat kustannukset ovat 100-150 €/kW. Kustannuksia aiheutuu myös muun muassa kattiloiden puhdistuksesta, tuhkanpoistosta ja nuohouksesta. Tärkein lämmön hintaan vaikuttava tekijä on kuitenkin polttoaineen hinta, johon vaikuttavat korjuu-, kuljetus- ja käsittelykustannukset. (Vartiainen ym. 2002.)

Polttokennot

Polttokenno on sähkökemiallinen laite, joka muuttaa polttoaineen kemiallisen energian suoraan sähköksi ja lämmöksi kemiallisen reaktion avulla. Tavallisesti polttoaineena käytetään vetyä, jota voidaan tuottaa esimerkiksi maakaasusta ja metanolista. Vetyä käytettäessä lopputuotteina syntyy sähköä ja lämmön lisäksi vain vettä. (Kiviaho 2004.)

Kaasutustekniikat Suomessa

Kilpailukykyisimmät kaasutusprosessit ”pienessä” kokoluokassa (alle 15 MW₁) perustuvat perinteiseen kiinteäkerroskaasutukseen, joka soveltuu vain palamaisten puuhakkeen ja palaturpeen kaasutukseen. Kiinteäkerroskaasutuksessa on kaksi perustekniikkaa eli vastavirta- ja myötävirtakaasutus. Kaasutusta voidaan pienessä kokoluokassa hyödyntää sähköä ja lämmön yhteistuotannossa kytkemällä kaasutin höyrykattilaan, jonka yhteydessä on pieni höyryturbiini tai -kone tai tuotekaasu käytetään puhdistuksen jälkeen polttomoottorissa. (Helynen ym. 2002a.)

Condens Oy ja VTT Energia ovat kehittäneet kaasutusmenetelmän, joka soveltuu myös hienoainesta sisältäville polttoaineille kuten sahanpurulle, metsätähdemurskeelle ja kierrätyspolttoaineelle. Novel-kiinteäkerroskaasutin (1-10 MW) perustuu pakkotoimiseen polttoaineen syöttöön, vastavirtaperiaatteella toimivaan kaasuttimen alaosaan ja sen yläpuolisessa tilassa tapahtuvaan kaasun krakkaukseen. Laitoksen kilpailukyky on parhaimmillaan silloin, kun lämmön tarve on laitoksen kokoa rajoittava tekijä tai kun tuotetun sähköä arvo on paljon suurempi kuin tuotetun lämmön arvo. Entimos Oy:n kaasutuslaitos (sopivin polttoaineteho 2-15 MW) perustuu yhdistettyyn vasta- ja myötävirtakaasuttimeen, johon on kytketty kaasumoottori. Soveltuvia polttoaineita ovat muun muassa biomassat (esimerkiksi metsähake, sahanpuru ja puunkuori), lajiteltu palamiskelpoinen yhdyskuntajäte sek turve (Kaukonen 2001). Kaasugeneraattorissa tuotettu puhtaampi kaasu johdetaan kaasumoottoriin ja laadultaan huonompi kaasu poltetaan kattilassa. (Finbio 2001 Helysen ym. 2002a mukaan)

Pyrolyysi

Biomassasta kuten puusta voidaan valmistaa pyrolyysiöljyä. Pyrolyysissä biomassaa kuumennetaan hapettomassa tilassa, jolloin syntyy nestemäinen tuote, kaasuja sekä kiinteä hiiltojäänös. Halutun nestejakeen määrä voidaan maksimoida niin sanotulla fast- tai flash-pyrolyysillä, jossa jauhettu biomassaa kuumennetaan nopeasti noin 500°C:n lämpötilaan. Viipymäaika reaktorissa on puolesta sekunnista muutamaan sekuntiin, minkä jälkeen

tuotteet jäädytetään mahdollisimman nopeasti. Kuivasta biomassasta voidaan parhaimmillaan saada 70-75 painoprosenttia nestetuotetta. Pyrolyysiöljy soveltuu muun muassa kevyen polttoöljyn korvaajaksi. (Helynen ym. 2002a.)

Biokaasun tuottaminen anaerobisesti mädättämällä

Anaerobinen mädätys on biologinen prosessi, jossa orgaanisen aineksen hajoaminen tapahtuu useiden bakteriryhmien yhteistyön kautta. Mädätykseen soveltuvia tavanomaisia aineksia ovat maatalouden eläin- ja kasviperäiset jätteet, jäteveden puhdistamolietteet, teollisuuden orgaaniset jätteet sekä muut biojätteet.

Anaerobisen hajoamisen päävaiheet ovat hydrolyysi, happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi. Metanogeesissä metaaninmuodostajabakteerit tuottavat päätuotetta eli metaania. Metaanin lisäksi prosessissa syntyy hiilidioksidia sekä pienempiä määriä muun muassa vetysulfidia. Metaani ja hiilidioksidi ovat biokaasun pääkomponentit.

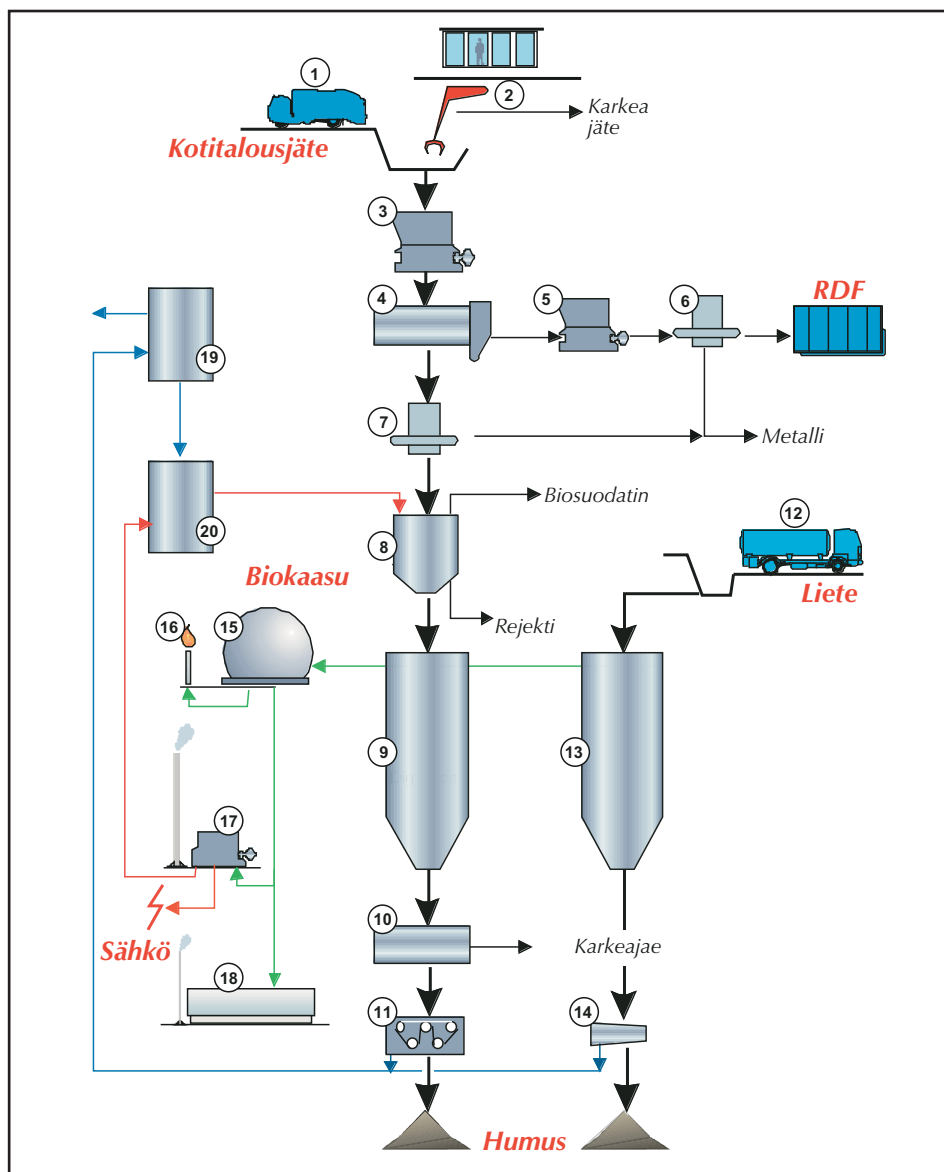
Biokaasulaitoksessa anaerobinen mädätys tapahtuu hapettomissa oloissa biokaasureaktorissa joko mesofiilissä (35°C) tai termofiilissä (55°C) olosuhteissa. Esimerkkinä biokaasulaitoksen prosessista esitetään Vaasan seudulla jätehuollosta vastaavan Stormossen Oy:n biokaasulaitoksen prosessikuvaus (kuva 13). Biokaasulaitos käsittelee biojätteitä ja puhdistamolietteitä.

Stormossen Oy käsittelee päivittäin 150 tonnia keittiöjätteitä. Prosessin vaiheet ovat seuraavat (Stormossen 2004):

Syntypaikkalajiteltu keittiöjäte kipataan (1) vastaanottosiiloon ja väärin lajiteltu materiaali poistetaan (2). Jäte murskataan esimurskaimella (3) ja orgaaninen jäte erotetaan pyörivällä rumpuseulalla (4) poltettavasta jätteestä (RDF). Biomateriaali kulkee metallien erottamiseksi magneetin (7) kautta sekoitussäiliöön (8), jossa jäte sekoitetaan esilämmitettyyn veteen ja muodostuu puuomainen biomassa. Seos lämmitetään (55°C) ja raskas materiaali (kivet, lasi) poistetaan.

Seos johdetaan bioreaktoriin (9), jossa sitä mädätetään kaksi viikkoa. Reaktori on tilavuudeltaan 1700 m³. Tuotteina saadaan biokaasua sekä hygieenistä humusmultaa. Rinnakkaisessa reaktorissa (13) käsitellään puhdistamolietettä, jonka mädätys ei edellytä esikäsitteilyä. Liete lämmitetään 55°C:een ja sitä mädätetään kolme viikkoa, minkä jälkeen mädätetty liete kuivataan lingolla.

Biokaasu johdetaan välivarastoon (15), minkä jälkeen osa kaasusta käytetään Stormossenin omassa kaasumoottorissa (17) sähkön- ja lämmöntuottamiseen ja osa johdetaan putkea pitkin muille kuluttajille (18). Mahdollinen ylijäämäkaasu poltetaan soih tupolttimessa (16).



Kuva 13. Stormossen Oy:n biokaasulaitoksen prosessi (Stormossen 2004).

Energiapuun hankinta ja metsähakkeen tuotanto

Energian kokonaiskulutuksesta Suomessa 20 % tyydytetään puupohjaisilla polttoaineilla (kuva 10). Valtaosa polttoaineesta on metsäteollisuuden sivutuotteita eli kuorintatähteitä ja mustalipeää. Puun energiakäytön

kasvu perustuu ensisijaisesti metsäteollisuuden tuotannon kasvuun ja sivutuotteiden määrän lisääntymiseen. Metsäteollisuuden sivutuotteiden lisäksi puuperäisiä polttoaineita ovat muun muassa hake, pelletit, pilkkeet ja pyrolyysiöljy.

Puun ensisijainen käyttökohde on metsäteollisuuden raaka-ainekäyttö. Metsäteollisuuden sivutuotteiden lisäksi heikkolaatuisen puun talteenottoon metsistä energiakäyttöön on kuitenkin alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota. Merkittävimmät resurssit ovat päätehakkuualojen hakkuutähte sekä nuorten metsien harvennuksessa poistettava alamittainen puu. (Hakkila 2002.) Tällä hetkellä etenkin päätehakkuiden metsätähteiden hyödyntäminen energiantuotannossa on nopeassa kasvussa. Harvennuksiin ja taimikonhoitoon liittyvän energiapuun korjuukustannukset ovat huomattavasti suuremmat. Lähivuosina puupolttoaineiden tuotanto harvennuksista ja taimikonhoitokohteista ei ole kannattavaa pelkästään energialähtökohdista, vaan on huomioitava myös metsänhoidolliset hyödyt. Ensiharvennuksiin liittyvää metsähakkeen tuotantoa tuetaan korjuu- ja haketuilla. (Helynen ym. 2002b.)

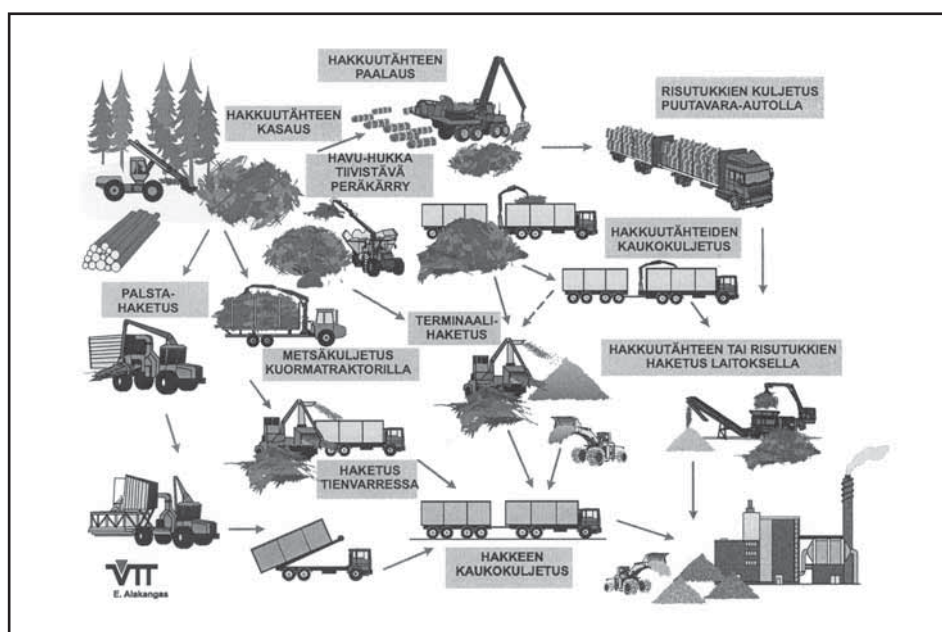
Metsähakkeen hankinta päätehakkuualoilta

Metsäenergiareservistämme runsas puolet muodostuu päätehakkuualojen hakkuutähteistä, reilu kolmannes harvennusten hakkuutähteistä ja loput taimikoiden ja vajaatuottoisten metsien harvennuksista (Peltonen ja Wessberg 1997). Arviot päätehakkuualojen hakkuutähteiden osuudesta kuitenkin vaihtelevat aina 80 % saakka. Hakkuutähteiden korjuun kannattavuus on paras kuusivaltaisilta päätehakkuualoilta, joilta hakkuutähteen kertymä on 70-110 kiinto-m³/ha (Helynen ym. 2002a).

Vaikka päätehakkuiden metsätähteiden hyödyntäminen vaikuttaakin lupaavalta, ei se kuitenkaan ole ongelmaton. Suurimpana ongelmana hyödyntämisen tiellä on se, että tähteiden keruukohteet sijaitsevat hajallaan ja vaikeidenkin kulkuyhteyksien päässä. Lisäksi tavanomaisesti suoritettussa ainespuun päätehakkuussa hakkuutähteet polkeutuvat hakkuukoneen ja kuormatraktorin pyörien alle, minkä jälkeen tähteiden korjuu on vaikeaa ja niiden mukaan tulee ei-toivottuja aineksia kuten kiviä (Helynen ym. 2002a). Hakkuu tuleeikin tehdä siten, että tähteet kasautuvat koneen sivulle, eikä niiden yli ajeta. Tähteiden laajamittainen käyttö edellyttää myös, että materiaali jalostetaan tasalaatuiseksi polttoaineeksi. (Hakkila 2002.)

Energiapuun tai paremminkin hakkuutähteen hankintaan metsästä polttolaitokselle on kehitetty useita toimintamalleja (tuotantojärjestelmiä), jotka poikkeavat toisistaan lähinnä sen mukaan, missä toimintaketjun vaiheessa haketus tapahtuu. Lähtökohtana on aines- ja energiapuun tuotantojen integroiminen siten, että olemassa olevia ainespuun tuotantojärjestelmiä

sekä niitä palvelevaa kalustoa ja organisaatioita voidaan hyödyntää. Tuotantojärjestelmiä ovat palstahaketus, välivarastohaketus-, terminaalihaketus- ja käyttöpaikkahaketusjärjestelmä (kuva 14). (Hakkila 2004.)



Kuva 14. Hakkuatähtteen korjuuketjut (Helynen ym. 2002a).

Metsähakkeen tuotannon perinteinen perusratkaisu, välivarastohaketusjärjestelmä, soveltuu lähes kaikkiin olosuhteisiin. Siinä metsäbiomassa kuljetetaan kuormatraktorilla tien varteen ja varastoidaan aumoissa. Hakkuri toimii tieltä käsin ja siirtää hakkeen lähellä sijaitsevaan hakeautoon. Auto kuljettaa hakkeen käyttöpaikalle. (Hakkila 2004.)

Palstahaketusjärjestelmässä haketus tehdään hakkuualalla traktori- sovitteisella hakkurilla. Hakkurin säiliön täyttyessä hakkeella hakkuri kuljettaa hakkeen tien varteen. Hakkurin kuorma puretaan hakeautoon, auton perävaunuun tai vaihtolavalle. Tässä järjestelmässä kaikki kuljetukset kohdistuvat hakkeeseen. (Hakkila 2004.)

Käyttöpaikkahaketusjärjestelmässä haketus tapahtuu hakkeen käyttöpaikalla. Tällöin kuljetuksen kohteena on käsittelemätön biomassa. Energiatiheydeltään huonon metsäbiomassan kuljettaminen onkin tämän järjestelmän heikkous. Tähän on Tekesin Puuenergian teknologiaohjelmassa kiinnitetty huomiota ja ohjelman yhteydessä on syntynyt poikkileikkaukseltaan pyöreä paali eli risutukki, joka palvelee etenkin pitkiä kuljetusmatkoja ja suuria voimaloita, joilla on käyttöpaikkamurskain. (Hakkila 2004.)

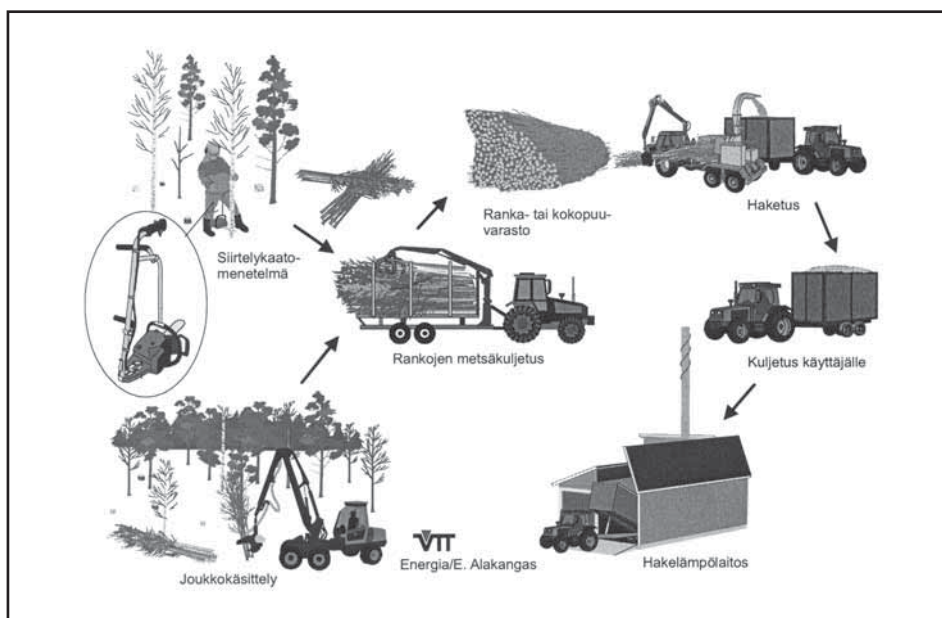
Terminaalihaketusjärjestelmässä biomassa kerätään terminaalille usealta hakkuualalta. Kuljetus terminaalilta käyttöpaikalle tapahtuu hakkeena. Tämä järjestelmä on välivarasto- ja käyttöpaikkahaketuksen välimuoto. (Hakkila 2004.)

Energiapuun (hakkeen) hankinta muista kohteista

Päätehakkuualojen lisäksi energiapuun (pienpuun) hankintakohteita ovat (Helynen ym. 2002a)

- eri kehitysvaiheissa olevat taimikot
- nuoret kasvatusmetsät
- ensiharvennukset
- kaupallisten hakkuiden kuitupuuta pienempi puuaines
- vajaatuottoisten metsiköiden lehtipuu

Taimikoiden energiapuun kaupallinen hyödyntäminen on nykyteknikoin kannattamatonta, mutta metsänomistajan omaan käyttöön se soveltuu hyvin. Ennen varsinaista ensiharvennusta tehtävän nuorten kasvatusmetsien kunnostushakkuusta saatava puuaines on omaan käyttöön soveltuvaa energiapuuta. Ensiharvennuksista saadaan ensisijaisesti kuitupuuta teollisuuden käyttöön, mutta suhdanteet ja kysyntä voivat puoltaa myös puun energiana käyttöä. (Helynen ym. 2002a.) Pienpuun korjuuketjuja on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Pienpuun korjuuketjut (Helynen ym. 2002a).

Pienpuun hakkuu tehdään moottorisahoja, vesureita ja harvestereita käyttäen. Puut kuljetetaan peräkärriellä ja puutavaranosturilla varustetuilla maataloustraktoreilla lähelle käyttöpaikkaa. Haketuksessa käytettävien hakkureiden voimanlähteenä on yleensä maataloustraktori. Pienpuun hakkuussa käytettäviä hakkureita ovat muun muassa laikka-, kartioruuvia ja rumpuhakkurit. (Helynen ym. 2002a.)

Kokopuuhaketta tehdään muun muassa vajaatuottoisista metsistä, taimikoista ja ensiharvennuksista korjatuista karsimattomista rangoista. Sitä käytetään pienemmissä lämpökeskuksissa ja koti- ja maatalouden lämpökattiloissa, joissa laatuvaatimukset ovat tiukemmat kuin suuremmissa laitoksissa. Kiinteistökokoluokan laitteissa hakkeen kosteuden on oltava alempi (max 40 %) ja palakoon tasaisemman. Kokopuuhaketta tuotetaan pääasiassa metsureita työllistävin manuaalisin menetelmin. (Alakangas 2000.) Esimerkkinä metsähakkeen tuotannon alueellisista vaikutuksista on tämän raportin liitteelle 2 koottu tuloksia Ahosen (2004) ”Metsätähteen energiakäytön työllisyys- ja tulovaikutukset” -tutkimuksesta.

Muut puupolttoaineet

Halot ja pilkkeet

Metsähakkeen lisäksi myös pilkkeiden ja halkojen käyttö on lisääntymässä entistä tehokkaampien tulisijojen ja kattiloiden ansiosta. Halot ovat pituudeltaan noin 1 metrin mittaisia halkaistuja tai pyöreitä polttokäyttöön tarkoitettuja karsittuja pölkkyjä. Pilkkeet ovat 0,25 – 0,5 m mittaisia katkaistuja ja halkaistuja puun paloja. Halkoja käytetään polttoaineena ylä- ja alapalolisissa kattiloissa ja tulisijoissa. Halot ovat lähinnä pienten lämmönkuluttajien ja virkistyskäytön polttoaine. (Immonen ja Sepälä Alakankaan 2000 mukaan.)

Puupelletit

Uudempana puupolttoainejalosteena ovat pelletit lyömässä itseään läpi kiinteistöjen lämmityksessä. Pellettien etuja ovat korkea lämpöarvo, käytön helppous, automatisoitu teknologia ja jakelujärjestelmät.

Pellettien valmistusvaiheet ovat

- raaka-aineen esikäsittely
- pellettien puristaminen
- valmiiden tuotteiden pakkaaminen tai varastointi

Pellettien pääasiallisena raaka-aineena käytetään kuivaa (noin 15 % kosteus) kutterinlastua tai sahanpurua. Raaka-aine puristetaan pellettimatriisissa, jossa syntyvä lämpö pehmittää puun oman luonnollisen sidosaineen ligniinin hetkeksi, jolloin pelletti saa muotonsa ja kovuutensa.

(Helynen ym. 2002b.) Pelletit ovat halkaisijaltaan 8-12 mm ja pituudeltaan 10-30 mm. Sahanpurua ja kutterinlastua voidaan käyttää myös pellettejä suurempien brikettien valmistukseen tai polttaa seospolttoaineena muiden polttoaineiden seassa metsäteollisuuslaitoksissa ja lämpökeskusten kattiloissa. (Alakangas 2000.)

Peltoenergia

Peltobiomassoja käytetään kiinteinä polttoaineina semmoisenaan tai seospolttoaineena. Niistä valmistetaan myös jatkojalosteita kuten pellettejä, etanolia, metanolia ja biodieseliä. Kasveja voidaan käyttää myös biokaasuntuotantoon. Tässä tarkastellaan lähemmin monivuotista ruokohelpeä, joka monen muun kasvin tavoin soveltuu muun muassa polttoon, biokaasuntuotantoon tai pellettien ja pyrolyysiöljyn raaka-aineeksi. Seuraavassa on kuvattu keväällä korjattavan ruokohelven tuotannon päävaiheita.

Ruokohelven kylvö tehdään Etelä-Suomessa viimeistään kesäkuun viimeisellä viikolla ja pohjoisempana vielä aikaisemmin. Kasvinsuojelutoimet rajoittuvat kylvövuoden rikkakasvitorjuntaan, sillä seuraavina vuosina ruokohelppi kilpailee tehokkaasti rikkakasvien kanssa. Ruokohelpiviljelmien lannoitustarve selvitetään maan viljavuusanalyysien avulla ottaen myös voimassa olevat ympäristötukiehdot huomioon. Osa väkilannoitteista voidaan korvata puun tuhkalla tai kuivike- ja lietelannalla tai turkiseläimen lannalla. Tuhkaa käytettäessä on tunnettava tuhkan koostumus, koska erityisesti raskasmetallien joutumista maahan tulee välttää. Lannan vaikutusta lannoitteena ei ole kokeissa testattu. (Pahkala ym. 2002.)

Korjuu tehdään keväällä kuloheinänä maatalouden rehunkorjuukooneita hyödyntäen joko irtokorjuuna tai paalaamalla. Irtokorjuuta puoltaa muun muassa turpeen kanssa tehtävän seospolttoaineen joustava muodostaminen sekä turpeen kuljetuskaluston soveltuvuus kaukokuljetuksiin. Paalausmenetelmiä (pyörö- tai suurkanttipaalain) puoltavat korjuun tehokkuus sekä kaukokuljetusten edullisuus. Paalausmenetelmän kilpailukykyä heikentää paalien vaatima erillinen silppuaminen, ellei käytetä soveltuvaa silppuavaa paalainta. Myös voimalaitoksen murskaimen käyttö paalien silppuamisessa on mahdollista. (Finbio 2003.)

Irtokorjuu- ja paalausmenetelmien työvaiheita ovat kasvuston niittäminen, mahdollinen karheaminen ennen korjuuta, korjuu, lähikuljetus välivarastoauomoille, aumaus ja aumojen peittäminen ja toimitus voimalaitokselle. (Finbio 2003.) Ruokohelven niittäminen voidaan tehdä olemassa olevalla lautasniittokoneella tai niittomurskaimella. Kasvuston karheamisen tarkoituksena on tehostaa varsinaista korjuutyövaihetta. Karheaminen voidaan tehdä pyöröharavakarheejalla, traktorin etukarheejalla tai kahta niittokonetta käyttämällä.

Irtokorjuussa korsimassa silputaan lyhyeksi silpuksi. Tähän soveltuvia silppureita ovat kela-, kaksois-, tarkkuus- ja itsekulkevat silppurit. Korsimassan varastointi onnistuu ulkoilmassa muovilla peitetyissä aumoissa, jos kosteus on alle 20 %. Varastointi on mahdollista myös seosaumoissa esimerkiksi turpeen kanssa. Kuvassa 16 on esitetty ruokohelven irtokorjuun menetelmävaihtoehtoja. (Alakangas 2000.)



Kuva 16. Ruokohelven irtokorjuun menetelmävaihtoehdot (Alakangas 2000).

Keväällä korjatun korsibiomassan poltto-ominaisuudet ovat paremmat kuin syyskorjatun tai viljan oljen. Esimerkiksi kevätkorjatun ruokohelven klooripitoisuus on alle viidesosa syyskorjattuun ruokohelpeen tai vehnän olkeen verrattuna (Alakangas 2000). Pelkän korsibiomassan polton aiheuttama ongelma on kattilan tehon alenema. Lisäksi korsimassa on kosteudeltaan alhaista ja sisältää puuhun ja turpeeseen verrattuna runsaasti alkalimetalleja ja klooria, joiden vuoksi voi aiheutua kuumakorroosiota ja lämmönsiirtopintojen likaantumista. Sekä arina- että leijukerros-polttotekniikoiden on todettu soveltuvan korsibiomassan seospolttoon. (Finbio 2003.)

Kiinteän polttoaineen lisäksi ruokohelvi soveltuu myös biokaasun tuotantoon, ja sen biokaasuntuottopotentiaali onkin huomattavan korkea (taulukko 2). Kuitenkin päivittäin kuin polttoainetuotannossa sadonkor-

juu tehdään kesällä ja syksyllä ja mahdollisesti useita kertoja saman suven aikana, jolloin saadaan suurempi kokonaissato (Lehtomäki 2004).

Taulukko 2. Alustavia tuloksia peltobiomassojen kuiva-ainesatojen sekä potentiaalisten hehtaarikohtaisten metaani- ja energiasaantojen osalta (Lehtomäki ym. 2003 Uusi-Penttilän 2004 mukaan).

Kasvi	Sato (t _{ka} /ha)	Metaanisaanto (m ³ CH ₄ /ha)	Energiasaanto (MWh/ha)
Heinäseos	7-8	2490-2840	24-28
Puna-apila	4-5	1070-1340	10-13
Rehukaali	6-8	1730-2300	17-22
Lupiini	4-6	1150-1720	11-17
Ruokohelpi	9-10	2970-3300	29-32
Sokerijuurikkaan naatti	4-6	1180-1770	11-17
Kauran olki	2	580	6
Rypsin olki	2	440	4

Turve

Kauppa- ja teollisuusministeriö (2004) luokittelee turpeen hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi, vaikka turvetuotantoon käytetyn suon uusiutuminen ennalleen kestää tuhansia vuosia. Maapallon turvevaroista noin 10 % sijaitsee Suomessa ja energiantuotantoon käytetään jyrsin- ja palaturvetta. Jyrsinurpeen osuus energiaturpeesta on noin 90 % ja sitä käytetään kaukolämpölaitoksissa ja yhdyskuntien ja teollisuuden voimalaitoksissa. Jyrsinurpeen tuotantoketjun päävaiheet ovat jyrsinä, kääntäminen, karheaminen ja kokoaminen. Palaturve on kiinteistöjen, kaukolämpökeskusten ja suurempien voimalaitosten polttoaine. Palaturpeen tuotannossa kenttään jyrsitään ura joko nostokiekolla tai nostoruuvilla. Irrotettu turvemassa muokataan, tiivistetään ja puristetaan suutinosan läpi palaturpeeksi kuivumaan kentän pinnalle. (Alakangas 2000.)

Biopolttoaineiden tuotannon lisäysmahdollisuudet

Biopolttoaineiden tuotannon lisäysmahdollisuudet Suomessa vuoteen 2025 Helysen ym. (2002b) mukaan on esitetty taulukossa 3. Arvion mukaan vuoden 2000 biopolttoaineiden kulutuksen tasoon 74 TWh/a (lämpöä) nähden lisäysmahdollisuuksia vuoteen 2025 mennessä on noin puolet

(17-38 TWh/a). Arvioiden vaihteluväli taulukossa 3 kuvaa polttoaineiden kahta eri hintatasoa, joista toinen olisi noin 50 % korkeampi. (Helynen ym. 2002b.)

Taulukko 3. Eräs arvio biopolttoaineiden tuotannon lisäysmahdollisuuksista (Helynen ym. 2002b).

TWh/a	Nykykäyttö	2005	2010	2025
Mustalipeä	40			
Teollisuuden sivutuotteet	19	19-20	21-24	23-27
Kuusikoiden päätehakuut	0,7	5-7	5-7	5-7
Männiköiden päätehakuut	Pieni	3	3	3
Ensiharvennukset ja taimikonhoito	0,3	1-9	1-9	1-9
Puun pienkäyttö	13			
LISÄKÄYTTÖMAHDOLLISUUS	(73)	8-19	10-23	12-26
Kierrätyspolttoaineet	0,3	5-10	5-10	5-10
Peltobiomassat	0	0-2	0-2	0-2
BIOPOLTTOAINEIDEN LISÄKÄYTTÖ YHTEENSÄ	(74)	13-31	15-35	17-38

Taulukossa 4 on esitetty arvio jäteperäisen biokaasumetaanin vuosituotantopotentiaalista Suomessa. Taulukon mukaisesti biokaasumetaanin tuotantopotentiaali Suomessa on 14 TWh/a. (Lampinen 2003.)

Taulukko 4. Jäteperäisen biokaasumetaanin vuosituotantopotentiaali Suomessa (Lampinen 2003).

Metaanin lähde	Metaanin tuotto (m ³ /t)	Energia (TWh/a)
Kaatopaikkakaasu		1,5
Yhdyskuntien biojäte (keittiöjäte)	100	0,36
Yhdyskuntien jätevesi	200	0,32
Eläinten lanta	20	4,3
Maatalouden kasvijätteet	170	6,8
Elintarviketeollisuuden jätteet	50	0,48
Teollisuuden jätevesi	200	0,04
YHTEENSÄ		14

Aurinkoenergia

Auringosta tulee maan pinnalle vuosittain noin 10000 kertaa maailman vuosittaista energian käyttöä suurempi määrä energiaa. Auringon säteilyn teho maahan on noin $170 \cdot 10^{15}$ W (Hellgren ym. 1996). Vuosittainen auringon säteilyteho pienenee etelästä pohjoiseen mentäessä. Eteläisessä Suomessa säteilyenergia vaakasuoralle pinnalle on keskimäärin noin 940 kWh/m², Jyväskylän korkeudella noin 880 kWh/m² ja Sodankylän seudulla noin 790 kWh/m² (Vartiainen ym. 2002). Täten noin 960 neliökilometrin kokoinen alue kykenisi teoriassa Suomen vuotuisen sähköenergian kulutuksen kattamiseen, jos se varustettaisiin aurinkosähköpaneelilla, joiden hyötysuhde olisi 10 %. Optimaaliselle 45 asteen kallistuskulmalle Helsingissä säteilyenergiaa saadaan noin 1160 kWh/m². Aurinkoenergian hyödyntämiseen parhaat olot ovat helmikuusta lokakuun loppuun. Talvikaudella joudutaan yleensä turvautumaan muihin lämmön- ja sähköntuotantomuotoihin.

Auringon säteilyn avulla voidaan tuottaa sekä sähköä että lämpöä. Aurinkoenergia voidaan muuttaa sähköksi aurinkopaneelien ja peilien (höyryn tuotto) avulla. Lämpöä auringon säteilystä tuotetaan sekä peilien että aurinkokerääjien avulla. (Hellgren ym. 1996.) Aurinkoenergiaa hyödynnetään sähkön- ja lämmöntuotannossa monissa kohteissa. Aurinkopaneelit voidaan integroida rakennusten julkisivuihin tai katolle. Suomessa on kehitetty esimerkiksi aurinkolämpöä ja -sähköä tuottavia vesikattorakenteita. Julkisivumateriaalina aurinkokenno on kilpailukykyinen esimerkiksi marmorin kanssa. Aurinkopaneelit ovat modulaarisia ja koostuvat aurinkokennoista. Aurinkosähköjärjestelmien tavanomaisimmat käyttökohteet ovat kesämökit, veneet ja asuntovaunut. (Nyman 2002.)

Aurinkolämpöä hyödynnetään sekä matalan että korkean lämpötilan sovelluksissa. Matalan lämpötilan sovelluksia ovat muun muassa käyttöveden ja rakennusten lämmittäminen ja tavallisin korkean lämpötilan käyttökohte on sähköntuottaminen höyryturbiinin avulla. Yksinkertaisimmillaan aurinkolämpöjärjestelmä on talo, jonka ikkunat ovat pääosin etelään päin auringon valon ja lämpöenergian hyödyntämiseksi (passiivinen aurinkoenergia). Eräät kaupalliset järjestelmät koostuvat parista tuhannesta auringon liikettä seuraavasta peilistä, jotka tuottavat 10 MW sähkötehoa. (Lehtonen ym. 2003.)

Auringon säteilyenergiasta tuotetun sähkö- ja lämpöenergian määrään vaikuttaa käytetyn järjestelmän hyötysuhde. Aurinkosähköpaneelien hyötysuhde vaihtelee amorfisten piipaneelien noin 4,7 prosentista kidepiipaneelien 10-12 prosenttiin. Hyötysuhteeseen vaikuttaa edelleen mahdollisesti tarvittavan invertterin hyötysuhde (90 %), kun tasasähkö muutetaan vaihtosähköksi. Paneelin lämpötilan nousu vaikuttaa hyötysuhteeseen alentavasti. (Vartiainen ym. 2002.)

Aurinkolämpökeräinjärjestelmien hyötysuhde on 30-40 %. Siihen vaikuttaa sekä ulkoilman että keräimen lämpötila. Hyötysuhde on sitä parempi mitä alemmassa lämpötilassa keräintä käytetään. Taulukossa 5 on esitetty aurinkosähköpaneelien sekä -lämpökeräimien teknisiä ominaisuuksia. (Vartiainen ym. 2002.)

Taulukko 5. Aurinkosähköpaneelien sekä -lämpökeräimien teknisiä ominaisuuksia (Vartiainen ym. 2002).

	Aurinkosähkö		Aurinkolämpö
	Kiteinen pii	Amorfinen pii	
Yksikköteho (kW)	0,01-0,1	0,004-0,012	0,3-0,8 (1-2 m ²)
Huipunkäyttöaika (h)		900-1000	
Hyötysuhde (%)	10-12	4-7	30-40
Käyttöikä (a)	25	20	20

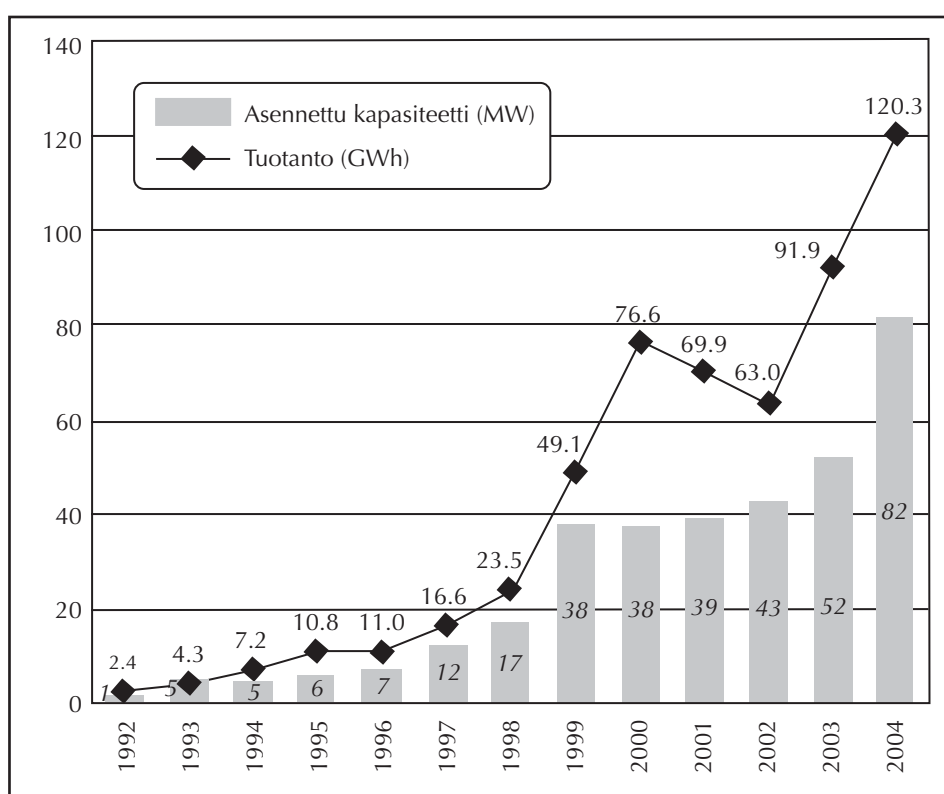
Vuonna 2002 Suomessa oli asennettuna noin 2,7 MW_s aurinkopaneelia. Noin 2,3 MW_s siitä oli vapaa-ajan asuntojen sovelluksia, ja loput olivat verkkoon kytkettyjä ratkaisuja. Uusiutuvien energianlähteiden edistämishjelman taustaraportissa esitetään arvio aurinkoenergian potentiaalista Suomessa (taulukko 6). (Nyman 2002.) Passiivinen aurinkoenergia ei sisälly taulukon potentiaaleihin.

Taulukko 6. Aurinkoenergian potentiaali Suomessa (Nyman 2002).

Aurinkosähkön potentiaali		TWh/a
1	Eriyissovellukset	0,05
2	Integrointi rakennuksiin	1
3	Voimalaitokset	2-3
Aurinkolämmön potentiaali		
4	Raskaan polttoöljyn korvaus	0,1
5	Pientalojen lämmin käyttövesi	0,6
6	Biomassan kuivaus	2-3
7	Kesäajan kaukolämpö	2-3
8	Kausivarastointi	4-5
Aurinkoenergian potentiaali yhteensä		11-14

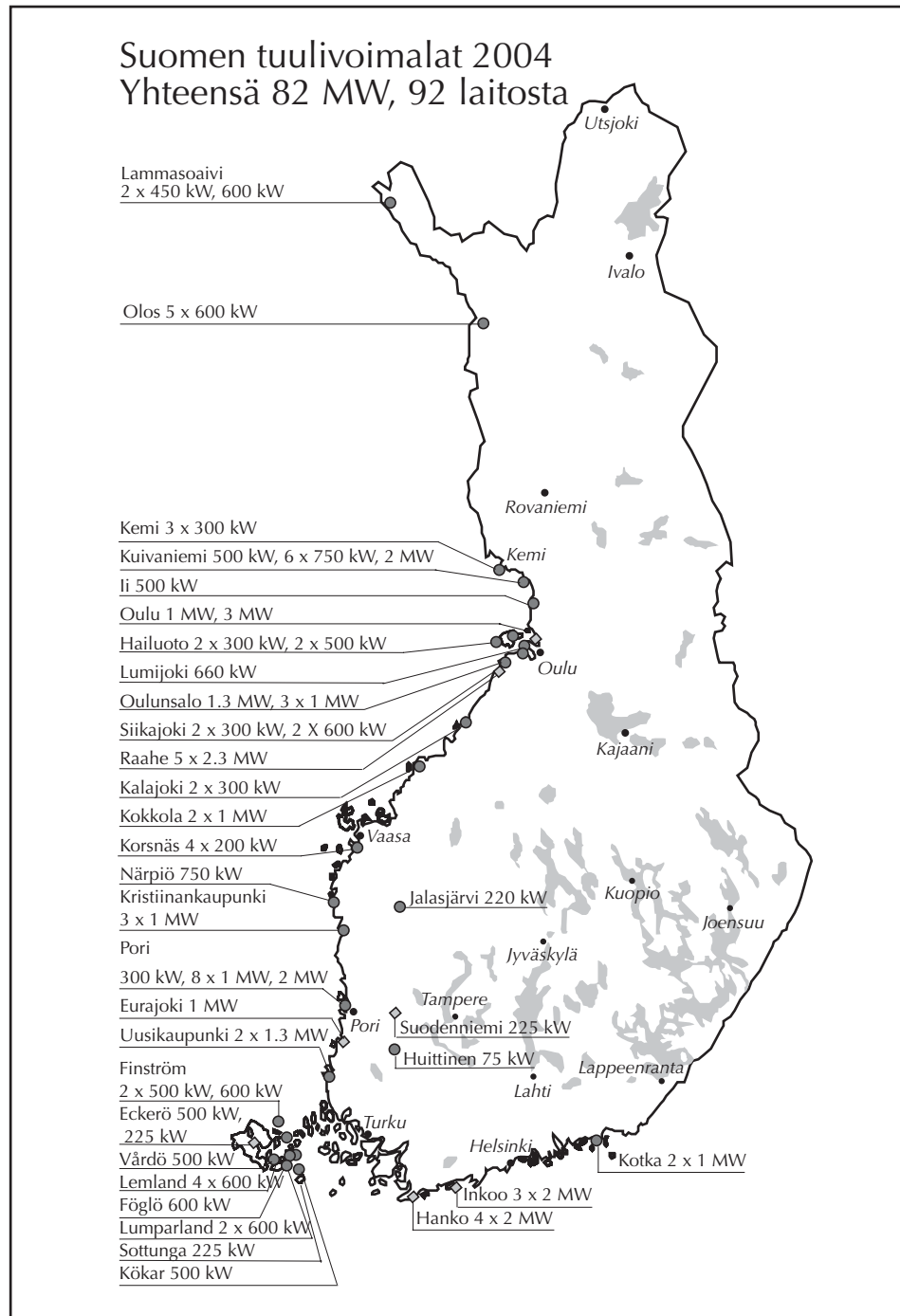
Tuulivoima

Suomen ensimmäinen verkkoon kytketty tuulivoimalaitos rakennettiin vuonna 1986 Insoon Kopparnäsiin Imatran Voima Oy:n toimesta. Vuonna 1991 rakennettiin maamme ensimmäinen tuulivoimapuisto (4*200 kW) Vaasan lähelle Korsnäsiin. (Motiva 1999.) Vuonna 1995 Suomessa oli 22 tuulivoimalaa ja ne tuottivat energiaa noin 7200 MWh/a (Hellgren ym. 1997). Asennettu tuulivoiman tuotantokapasiteetti ylitti 40 MW vuonna 2002 (kuva 17).



Kuva 17. Tuulivoimantuotanto Suomessa vuosina 1992 - 2004 (VTT Prosessit 2005a).

1990-luvulla Suomen tuulivoimaloiden kapasiteetti nousi muutamasta megawatista 20-kertaiseksi, mutta tuulivoimantuotanto Suomessa on kuitenkin vähäistä sitä voimakkaasti tukeviin maihin verrattuna. Vuonna 2004 Suomen tuulivoimalat tuottivat sähköä 120,3 GWh. Tuulivoimalla tuotettu sähkö vastasi noin 0,1 % Suomen vuotuisesta sähkön kulutuksesta vuonna 2004. (VTT Prosessit 2005a.) Kuvassa 18 on esitetty tuulivoimaloiden sijainnit vuonna 2004.



Kuva 18. Suomen tuulivoimalat vuonna 2004 (VTT Prosessit 2005b).

Vuoden 2004 lopussa Suomessa oli yhteensä 92 tuulivoimalaa ja niiden kokonaiskapasiteetti oli 82 MW (VTT Prosessit 2005b). Suomen tähän mennessä suurin tuulipuisto otettiin käyttöön Raahessa elokuussa 2004. Investointikustannuksiltaan noin 13 miljoonan euron puiston omistaa Suomen Hyötytuuli Oy ja se koostuu viidestä 2,3 MW:n yksiköstä. Sähköä puisto tuottaa noin 26 GWh vuodessa. Marraskuussa 2004 pystytettiin Suomen suurin tuulivoimala Ouluun. Kotimaisen Winwind Oy:n toimittama laitos on teholtaan 3 MW. (Winwind 2004.) Suomen viralliseksi tavoitteeksi on asetettu tuulivoimaa 500 MW vuoteen 2010 mennessä, minkä Helynen ym. (2002b.) on arvioinut toteutuskelpoiseksi ja kustannustasoltaan järkeväksi potentiaaliksi rannikkoalueilla ja tuntureilla mainittuun ajankohtaan mennessä, kun luonnonsuojelun ja muun nykyisen ja suunnitellun maankäytön asettamat rajoitukset otetaan huomioon.

Parhaiten tuulivoimala soveltuu sijoitettavaksi rannikkoseuduille, saaristoon ja Lapin tunturialueille (Hellgren ym. 1997). Edullisimmat keskimääräiset tuuliolot Suomessa ovat Ahvenanmaalla ja Varsinais-Suomen saaristossa ja heikkenevät kohti itää ja pohjoista mentäessä. Kokkolan ja Oulun välisellä rannikkoalueella olosuhteet ovat jonkin verran paremmat kuin Merenkurkussa tai Perämeren pohjukassa. Sisämaassa tuulivoimantuotannon kannalta on merkittävämpää korkeus ympäröivästä maastosta kuin se, että missä päin sisämaata voimala maantieteellisesti sijaitsee. (Motiva 1999.) Kuvassa 19 on esitetty tuuliolosuhteet ja tuotantopotentiaali eri puolilla Suomea.

Nykytekniikalla tuulta voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi, kun tuulen nopeus on 5-25 m/s. Täten olosuhteiltaan edullisillakin alueilla tuulivoimalaitosten käyttöaika jää 2000 tuntiin vuodessa. Tuulen sisältämästä tehosta pystytään muuttamaan sähköksi noin 30 %. (Ympäristöministeriö 2004.) Tuulen nopeuden kasvaessa laitoksen hetkellinen teho kasvaa jyrkästi, sillä tuulen tehosisältö on verrannollinen tuulen nopeuden kolmanteen potenssiin. Tuulen nopeuden ajallisia vaihteluita on muutaman sekunnin sisällä tapahtuvista nopeista muutoksista aina vuodenaikavaihteluihin asti. Suomessa vuodenaikavaihtelut ovat kuitenkin siinä mielessä suotuisia, että talvella, jolloin sähkön tarve on suuri, ovat myös kuukausittaiset keskituulennopeudet suurimmillaan. Tosin erot peräkkäisten talvikuukausien ja talvien välillä ovat suuret. Myös maan pinnanmuodot ja kasvillisuus vaikuttavat tuulen nopeuteen. Tuulen nopeus kasvaa, kun korkeus maanpinnasta lisääntyy. (Motiva 1999.)

Tuulivoima on investointivaltainen sähköntuotantomuoto. Tuulioloilla on ratkaiseva vaikutus tuulivoimantuotannon taloudellisuuteen, vaikka monet muut tekijät nousevat lopulta ratkaiseviksi laitoksen sijoituspaikkaa valittaessa. Tuulen nopeuden lisäksi merkittäviä tekijöitä ovat infra-

struktuuri eli tie- ja sähköverkko, maankäyttö ja asutus, ympäristötekijät, maa-alueen saatavuus sekä laitoksen sijoitteluun liittyvät kysymykset. Ympäristövaikutuksista ja mahdollisista sijoittamista rajoittavista tekijöistä on otettava huomioon etenkin lapojen liikkeestä syntyvä suhina sekä maisemavaikutus. Laitosten sijoittaminen luonnonsuojelualueille, luonnoltaan tai maisemaltaan herkille alueille, kulttuurihistoriallisesti merkittävillä alueille tai puolustusvoimien alueelle voi olla vaikeaa ellei mahdotonta. Sijoituspaikkaa valittaessa on huomioitava myös turvallisuuteen (suoja-alueeseen) liittyvät määräykset sekä sijainti muihin tuulivoimaloihin nähden. (Motiva 1999.)

Kaiken kaikkiaan ideaalisina sijoituskohteina voitaneen pitää "avomeren äärellä, mutta kuitenkin hyvien kulkuyhteyksien päässä ja tiheästi asutulla seudulla sijaitsevia satamia, varastoalueita, ym. liikennettä ja teollisuutta palvelevia kohteita, joiden välittömässä läheisyydessä ei ole kulttuurihistoriallisesti tai luonnonarvoiltaan merkittäviä kohteita." (Motiva 1999.)

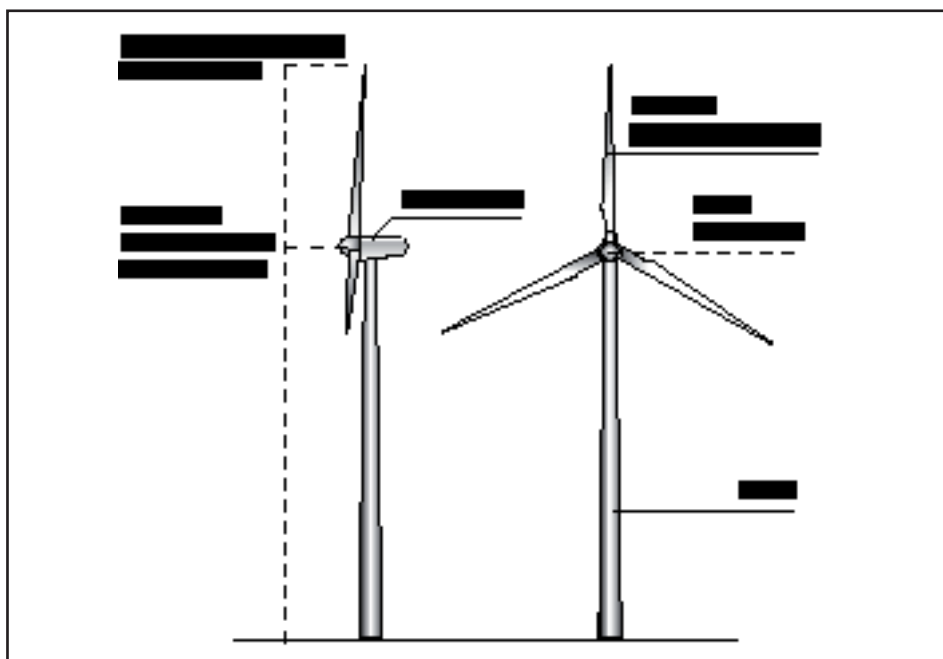


Kuva 19. Tuuliolosuhteet ja tuotantopotentiaali eri puolilla Suomea (Motiva 2001).

Tuulivoimala

Nykyaikaiset 500-1650 kW:n kaupalliset tuulivoimalaitokset ovat vaak akselisiä, kolmilapaisia ja niiden roottori on torniin nähden tuulen yläpuolella. Myös pienemmän kokoluokan tuulivoimalaitoksia on saatavilla. Esimerkiksi maatilakäyttöön on 3-50 kW:n ja mökkikäyttöön 50 W-2 kW:n laitoksia. (Motiva 1999.)

Betoniseen perustukseen kiinnitetty putkirakenteinen terästorni on eurooppalaisessa 500-1650 kW:n laitoksessa yleensä 50-90 m korkea ja yleisimmin komposiittimateriaaleista valmistetun roottorin halkaisija 40-70 m. Vaihteisto, generaattori sekä säätö- ja ohjausjärjestelmät sijaitsevat voimalan konehuoneessa. Vaihteiston tehtävänä on muuttaa roottorin matala kierrosluku (10-40 rpm) generaattorille sopivaksi (1000-1500 rpm). Yleisimmin 4- tai 6-napaisen epätahtigeneraattorin pyörimisnopeus määräytyy sähköverkon taajuuden mukaan. Erilliset moottorit kääntävät konehuonetta tuulen suuntaan. (Motiva 1999.) Kuvassa 20 on esitetty tyyppillinen 750 kW:n tuulivoimalaitos.



Kuva 20. Tyypillinen 750 kilowatin tuulivoimalaitos (VTT Energia Motivan 2001 mukaan).

Vesivoima

Vesivoimalaitosten yhteenlaskettu teho Suomessa kasvoi nopeimmin 1950 ja -60-luvuilla, minkä jälkeen kasvu on hidastunut. Suurin osa sähköstä tuotettiin Suomessa vesivoimalla 1960-luvun lopulle asti. 1980-luvulla vapaina olevien koskien suojelusta säädettiin lailla Ounasjoen erityis-suojelusta (708/1983), koskiensuojelulailla (35/1987) ja lailla Kyrönjoen erityissuojelusta (1139/1991). (Kovanen 1992.) Vuonna 1998 vesivoiman osuus sähkön hankinnasta oli enää 19 % (Saari 1999). Vuoden 2001 alussa vesivoiman nimellisteho oli yhteensä noin 3000 MW, josta minivesivoiman (alle 1 MW) osuus oli noin 40 MW ja pienvesivoiman (1-10 MW) osuus noin 284 MW. Pien- ja minivesivoimaloiden tuotanto vuonna 2000 oli yhteensä 1174 GWh. (Vartiainen ym. 2002.)

Minivesivoima

Minivesivoiman (50-1000 kW) kokonaispotentiaali Suomessa on keskivirtaaman perusteella arvioituna noin 370 MW yhteensä 1580 koskessa. Energiantuotanto voisi suurimmillaan olla noin 3,2 TWh, mutta todellisuudessa se on merkittävästi pienempi. Taulukossa 7 on esitetty minivesivoiman luonnontilainen teho kokoluokittain keskivirtaaman mukaan. (Kovanen 1992.)

Taulukko 7. Minivesivoiman luonnontilainen teho kokoluokittain (keskivirtaaman mukaan) (Kovanen 1992).

Kokoluokka (kW)	Kaikki kosket (MW)	Suojeltu, ei voimalaitosta (MW)	Suojeltu koski, jossa voimalaitos (MW)	Ei suojeltu, ei voimalaitosta (MW)
50-100	38,0	8,1	0,4	26,8
100-200	63,7	22,2	1,1	36,9
200-500	126,9	55,4	4,6	52,2
500-1000	144,5	91,7	3,2	35,1
Yhteensä	373,0	177,3	9,2	150,9

Kovanen (1992) on tarkastellut rakennettua minivesivoimaa koskiluettelon avulla. Rakennettuja minivesivoimaloita on löydetty yhteensä 153 kpl. Laitosten yhteenlaskettu teho oli 45 MW ja arvioitu vuotuinen energiantuotanto 0,27 TWh. Yhteenveto rakennetusta minivesivoimasta on taulukossa 8. Rakennettua pienvesivoimaa oli eniten Vuoksen ja Kymijoen alueilla.

Taulukko 8. Rakennettu minivesivoima (sisältää myös suojelluissa koskissa olevat 29 voimalaitosta). Tehot ovat kosken luonnontilaisia (keskivirtaama) arvoja. (Kovanen 1992.)

Tehoalue (kW)	Lukumäärä (kpl)	Kokonaisteho keskivirtaamalla (MW)	Kokonaisenergia (GWh/a)
50-100	42	3,2	19,1
100-200	33	4,6	27,6
200-500	54	19,3	115,6
500-1000	24	17,7	106,2
Summa	153	44,7	268,5

Rakentamattoman minivesivoiman määrä keskivirtaaman mukaan laskettuna on noin 328 MW yli 1400 joessa. Energiantuotantona se vastaa 1,96 TWh:a vuodessa. Suojeltua rakentamattomasta minivesivoimasta on 177 MW eli 54 %. (Kovanen 1992.)

Koskiensuojelulain piiriin kuulumatonta minivesivoimapotentialia on kaikkiaan noin 150 MW, jonka rakentamista ainakin osassa joista kuitenkin rajoittavat ympäristösyöt tai rakentaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Helpoimmin käyttöön otettavien kohteiden, kuten käytöstä poistettujen voimalaitosten ja olemassa olevien patojen, yhteinen teho keskivirtaaman mukaan on noin 60 MW. Rakennetun tehon on arvioitu olevan noin 80 MW ja vuotuisen energian noin 0,35 TWh. (Kovanen 1992.)

Minivesivoiman rakentamisen esteitä on lukuisia. Merkittävimpiä ovat taloudelliset, ympäristölliset, hallinnolliset sekä asenteelliset. Laitoksen kannattavuuteen vaikuttavat muun muassa rakennus- ja rahoituskustannukset ja ympäristövaikutukset voivat olla esteenä rakentamiselle etenkin rakentamattomissa koskissa. (Kovanen 1992.) Vesivoimalaitosten kapasiteetin vuosittainen kasvu on nähtävissä liitteellä 3 (Tolonen 2005).

Vesivoimalaitos

Vesivoimalaitokset voidaan luokitella säännöstely- ja käyttötavan, rakenteellisen ratkaisun ja putouskorkeuden mukaan. Vesivoimalaitoksen etuja ovat pienet käyttökustannukset ja hyvä säädettävyys. Vesivoimaloilla voidaan helposti säätää sähkötehon tuotantoa nopeiden hetkellisten tehontarpeen vaihteluiden sekä viikko- ja vuorokausivaihteluiden mukaan. (Saari 1999.)

Pienvesivoimala voidaan täysin automatisoida ja siten se voi toimia miehittämättömänä. Voimalan pääosat ovat seuraavat (Pienvesivoimayhdistys 2004):

- Yläallas ennen voimalaa.
- Pato, jossa on ohivirtausaukko. Patoa ei kuitenkaan välttämättä tarvita.
- Ohivirtausaukon suulla oleva lamelliraudasta rakennettu välppä, joka poistaa virtauksesta turbiinille haitalliset ainekset.
- Tuloputki tai kanava, jota pitkin vesi johdetaan voimalaan. Putken tai kanavan tehtävä on tasata virtaus turbiineja varten.
- Turbiinit, jotka pyörittävät generaattorin akselia. Turbiinit valitaan virtaustietojen ja olosuhteiden perusteella.
- Turbiinien jälkeen sijaitseva imuputki voimalasta poistuvaa virtausta varten. Poistuvalla vedellä on oltava esteetön kulku alakanavaan.

Turbiinityypit voidaan luokitella kahteen pääryhmään. Ylipaineturbiineja ovat Francis- ja Kaplan-turbiinit sekä Kaplan-turbiinin muunnokset potkuri- ja putkiturbiini. Pelton-turbiini on suihkuturbiini. (Saari 1999.) Vesivoimalan hyötysuhde vaihtelee käytettävästä tekniikasta riippuen. Eniten pienvesivoimaloissa käytetyn vaak-akselisen Kaplan-putkiturbiinin hyötysuhde on noin 87-93 %, kun joen virtaama on 30-100 % maksimivirtaamasta. (Oksanen 1992 Vartiainen ym. 2002 mukaan) Generaattorin hyötysuhteen ollessa 93-95 % saavutetaan noin 80-85 % kokonaishyötysuhde.

Vesivoiman rakentaminen on pääomavaltaista. Pien- ja minivesivoiman kustannukset jakaantuivat vuosina 1980-90 valmistuneiden laitosten osalta seuraavasti:

Padot ja kanavat 40 %, koneasemat ja rakenteet noin 25 % ja turbiinin osuus 30-70 % kokonaiskustannuksista. Pien- ja minivesivoimalan teknisiä ominaisuuksia sekä tyypillisiä kustannuksia on esitetty taulukossa 9. (Vartiainen ym. 2002.)

Taulukko 9. Pien- ja minivesivoimalan teknisiä ominaisuuksia ja tyypillisiä kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

Nimellisteho (kW) *	20-10000
Huipunkäyttöaika (h) **	3500-5000
Hyötysuhde (%)	80-85
Käyttöikä (a)	30-50
Investointi (€/kW _s)	1200-2000
Käyttö ja kunnossapito (c/kWh)	0,4-1,0
Tuotantokustannus (c/kWh) ***	2,5-4

* Lähteenä käytetyssä raportissa on tarkasteltu vain alle 10 MW:n mini- ja pienvesivoimaa. Vesivoimalan teho voi muuten ylittää 10 MW.

** Nykyiset mini- ja pienvesivoimalat mitoitetaan olemassa oleviin verrattuna suuremmalle huipunkäyttöajalle.

*** Arvioitu huipunkäyttöaika 4000 h ja käyttöikä 30 vuotta.

Lämpöpumput

Maalämpö on maankuoreen varastoitunutta auringon lämpöä, jota voidaan ottaa lämmitysenergiaksi lämpöpumpun avulla. Tavanomaisimman lämpöpumpun toiminta perustuu sopivan aineen eli kylmäaineen vuorottain tapahtuvaan höyrystämiseen ja nesteyttämiseen (TTKK 1996 Vartiainen ym. 2002 mukaan).

Maalämpöpumpuilla lämpö otetaan maaperästä 1-1,5 metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla, kallioon porattavalla pystyputkistolla tai porakaivoon asetetulla putkistolla. Maaperän lisäksi lämpöä voidaan ottaa vesistöistä pohjaan ankkuroidulla lämmönkeruuputkistolla. Poistoilmalämpöpumpuilla lämmönlähteenä on rakennuksen ilmanvaihtolaitteilla poistettava sisäilma. (TTKK 1996 Vartiainen ym. 2002 mukaan.)

Lämpöpumppuja käytetään esimerkiksi uudistaloissa, joissa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, suorasähkölämmitteisissä rakennuksissa, kylpylöissä, jätevedenpuhdistamoilla ja lämpökeskuksissa. Esimerkki teollisuuden sovelluksesta on puun kuivaus. Taulukossa 10 on esitetty maalämpöpumppujen teknisiä ominaisuuksia sekä lämpöpumppujen tyypillisiä kustannuksia. (Vartiainen ym. 2002.)

Taulukko 10. Maalämpöpumppujen teknisiä ominaisuuksia sekä lämpöpumppujen tyypillisiä kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

Nimellisteho (kW)	4-45	Investointi (€/kW _p) *	900-1800
Huipunkäyttöaika (h)	2000-3000	Käyttö ja kunnossapito (c/kWh)	0,2-0,6
Hyötysuhde (%)	60-75	Tuotantokustannus (c/kWh) **	4-8
Käyttöikä (a)	20		

* Maalämpöpumppujen investointikustannuksiin vaikuttaa merkittävästi maaperä, johon putkitus asennetaan.

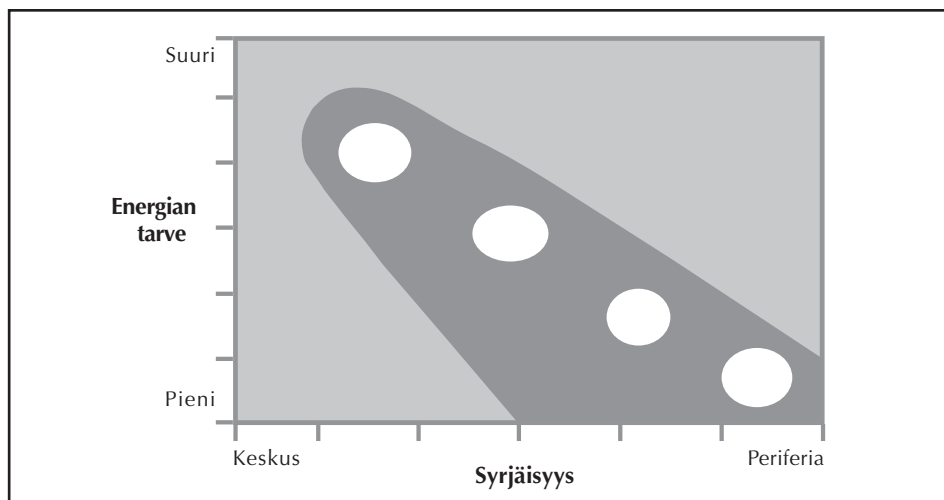
** Saatua nettoenergiaa kohti (lämpökerroin 3). Arvioissa käytetty 3000 h:n huipunkäyttöaika ja 20 vuoden käyttöikä.

4. EMPIIRINEN TUTKIMUS 15 MAASEUTUALUEELLA

4.1 Teoria ja toimintakonsepti

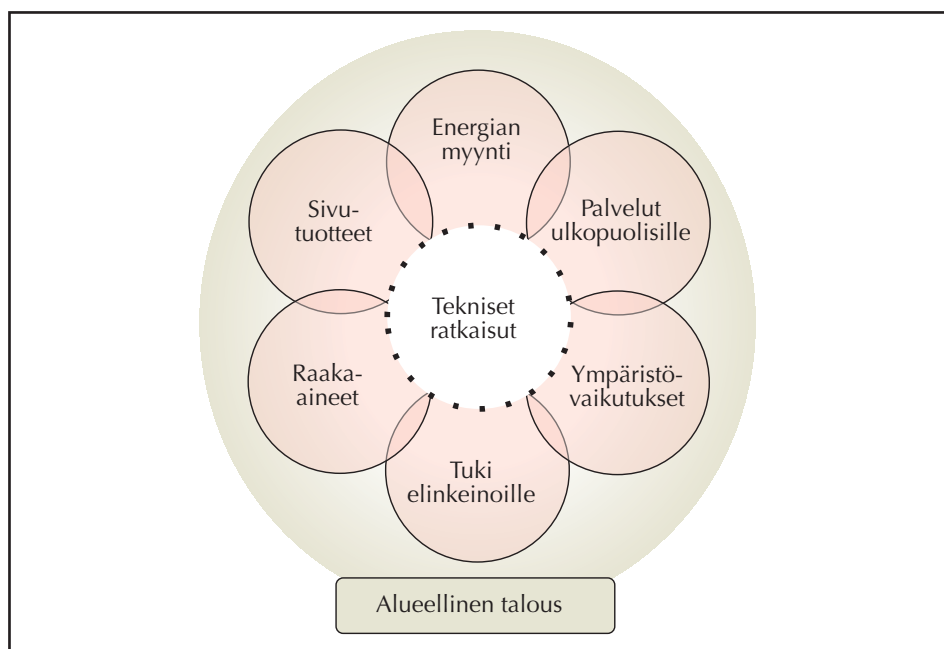
Tutkimuksen viitekehys perustuu kokonaishahmotukseen hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteista. Nämä tilanteet määräytyvät pääosin energian tarpeen ja paikallisten uusiutuvien energialähteiden mukaan ja suhteessa energiainfrastruktuurin laatuun, kehittyneisyyteen tai vaikutuspiiriin (syrjäisyys). Kuvassa 21 energian tarve on esitetty vertikaaliakselilla ja syrjäisyysluokat horisontaaliakselilla. Energian tarpeen lisäksi vertikaaliakselilla voidaan tarkastella esimerkiksi energiaomavaraisuusastetta, raaka-ainepotentiaalia tai energiantuotantokapasiteettia.

Hypoteesi on, että tummalle alueelle sijoittuvat maaseutualueet, joiden energian tarpeen tyydyttämiseen soveltuvat hajautetun energiantuotannon ratkaisut. Ympäriällä olevan vaaleamman alueen energian tarve taas on tyydytettävä keskitetyn energiantuotannon ratkaisuin. Alueiden väliin muodostuu rajapinta, joka erottaa tilanteet, joissa selvästi tarvitaan keskitetyn energiastrategian mukaisia ratkaisuja ja toisaalta hajautetun energiantuotannon ratkaisut. Valkoiset täplät kuvaavat hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteita.



Kuva 21. Hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteet.

Kussakin tyyppitilanteessa niin strategian kuin liiketoimintaympäristön näkökulmasta voidaan hahmottaa hajautetun energiantuotannon toimintakonsepti (kuva 22): Yksittäisen tuotantoratkaisun on aina koostuttava useasta tekijästä, jotka on kyettävä integroimaan yhdeksi tuotantoratkaisuksi. Jokaisessa ratkaisussa voidaan erottaa liiketaloudellisesti kannattavat osat. Oleellista on kuitenkin määrittää myös liiketoimintayksikköä ”ympäröivät” tukiosat, jotka tuovat yksikölle sosiaalista hyväksyntää sekä alue- ja kansantaloudellista kannattavuutta. Toimintakonseptit vaihtelevat tyyppitilanteiden, energian tarpeen ja alueellisten tekijöiden mutta myös energiantuotannon eri teknisten ratkaisujen mukaan.



Kuva 22. Hajautetun energiantuotannon toimintakonsepti.

Minkä tahansa alueen (tyyppitilanteen) energian tarpeen tyydyttäminen perustuu alueella tuotettavaan tai sinne tuotuun energiaan. Energiaomavaraisuudella tarkoitetaan tässä paikallisen kulutuksen tyydyttämistä paikallisesti uusiutuvilla energianlähteillä tuotetulla energialla, jolloin tuontienergian ja fossiilisilla energianlähteillä tuotetun energian osuudet ovat nolla. Alue voi myös olla yliomavarainen eli se voi tuottaa ja myydä energiaa alueen ulkopuolelle.

Jokaiselle alueelle kohdistuu ulkopuolelta lukuisia energiantuotantoratkaisun toteutettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Näitä ulkoisia tekijöitä ovat muun muassa avoimet sähkömarkkinat, energiapolitiikka, verotus ja tuet sekä ympäristölainsäädännön muutokset, kuten vuoden 2005 alussa käyttöön otettu päästökauppajärjestelmä. Myös näiden vaikutuksia tulisi kussakin tyyppitilanteessa ja yksittäistapauksessa kyetä arvioimaan.

4.2 Menetelmät ja aineisto

Tämän tutkimuksen keskeistä empiiristä aineistoa ovat kohdealueina olevien 15 kunnan ja pienalueen

- demografiset sekä muut alueita kuvaavat tiedot
- nykyistä energiainfrastruktuuria koskevat tiedot
- uusiutuvien energianlähteiden potentiaalit
- sähkön ja lämmön tarve (kulutus)

Uusiutuvien energianlähteiden aluekohtaisissa potentiaalitarkasteleissa keskitytään ensisijaisesti alueellisilta ja paikallisilta vaikutuksiltaan (muun muassa toimeentulomahdollisuudet) huomattaviin biomassoihin. Biomassoista tarkastellaan

- energiapuuta (päätehakkuiden metsätähteet)
- peltoenergiaa (viljan olki ja kesantopelloilla viljeltävä ruokohelpi)
- tavanomaisia biokaasun tuotantoon soveltuvia aineksia (maatalouden lietteet ja lanta, puhdistamolietteet sekä biojätteet).

Kesantopelloilla viljeltävä ruokohelpi huomioidaan sekä biokaasun että kiinteän polttoaineen tuotannon raaka-aineena. Ruokohelven tarkastelu kasviperäisenä biokaasun lähteenä on perusteltua siitä syystä, että se on monivuotinen ja vaatimaton kasvi ja sen biokaasuntuottopotentiaali on huomattavan korkea verrattuna moniin muihin kasveihin. Kiinteänä polttoaineena sen tarkastelu on perusteltua siitä syystä, että sen poltt ominaisuudet verrattuna esimerkiksi viljan olkeen ovat paremmat (muun muassa klooripitoisuus).

Kvantitatiivisen potentiaalitarkastelun ulkopuolelle jäävät muun muassa muut energiapuun lähteet ja energiakasvit sekä teollisuuden sivutuotteet ja jätteet. Tällä luonnollisesti on merkitystä tutkimusalueiden raaka-aine potentiaaliin, mutta muuten tutkimuksessa oletettavasti päädytään hyvin samansuuntaisiin tuloksiin kuin siinä tapauksessa, että myös muut bioenergianlähteet olisi huomioitu. Aurinkoenergian ja tuulivoiman valtavia resursseja tarkastellaan esimerkinomaisesti muutamien pienalueiden osalta ja ne huomioidaan tutkimuksen johtopäätöksissä. Paikallisia

vesivoimavaroja ei tarkastella lähemmin – kasvupotentiaali liittyy nykyisin lähinnä olemassa olevien laitosten teknisiin parannuksiin.

Aineisto hankittiin pääosin haastatteluin, tilastoista, muista kirjallisista lähteistä sekä kyselyin ja keskusteluin – kaiken kaikkiaan tarvittavat tiedot oli koottava hyvin hajanaisista lähteistä. Sekä kunta- että pienaluekohtaiset tiedot täytyi pääasiassa koota alue kerrallaan. Etenkin pienalueita koskevien tietojen kokoaminen oli huomattavan työlästä ja aineiston kokoamisessa täytyi turvautua muun muassa kuntien viranhaltijoiden paikallistunte- mukseen ja avuliaisuuteen.

Haastattelut

Haastattelut toteutettiin ennalta laadittujen keskustelua ohjaavien kysymys- listojen mukaisesti paikan päällä tai puhelimitse. Haastateltavat valittiin haastattelun teeman ja haastateltavan asiantuntemuksen perusteella kuntien viranhaltijoista ja esimerkiksi jakeluverkko- ja kaukolämpöyhtiöiden hen- kilöstöstä. Haastatteleamalla saatiin tietoa muun muassa tutkimusalueista yleensä, niiden energiainfrastruktuurista, uusiutuvien energianlähteiden käytöstä ja synnystä alueella ja energiantuotannosta. Pienalueita koskevien tietojen syventämiseksi haastateltiin pääasiassa puhelimitse henkilöitä, jotka tunsivat kyseisen alueen henkilökohtaisesti.

Tilastot

Vain harvoja tutkimuksessa tarvittuja tietoja pystyttiin saamaan tilastoista, joista olisi kootusti voinut poimia esimerkiksi kaikkia kuntia koskevan aineiston. Kuntakohtaiset sähkönkulutustiedot kuitenkin saatiin valmiina tilastona Adato Energia Oy:n (2003c) toimittamina. Samoin verkkoyhtiökoh- taisia jakeluverkkotoiminnan tunnuslukuja poimittiin Energiamarkkinavi- raston (2002e) julkaisemista tilastoista. Lisäksi Tilastokeskuksesta (2003b) hankittuun pienaluekohtaiseen rakennusten pinta-ala- ja lämmitystapa- tilastoon perustuen laskettiin lämmön tarve pienalueilla. Myös arviot eri energianlähteiden käytöstä lämmitykseen pienalueilla perustuvat edellä mainittuun Tilastokeskuksen tilastoon. Kuntakohtaiset energiaturvepoten- tiaalit taas perustuvat Geologian tutkimuskeskuksen (2003) julkaisemiin tilastoihin pohjautuviin laskelmiin. Kuntakohtaisten raaka-ainepotentiaa- lien määrittämistä varten saatiin jokaisen kunnan maaseututoimen viran- haltijoilta tilastoja alueiden kotieläinmääristä ja peltopinta-aloista.

Kyselyt ja keskustelut

Hajanaisten tietojen kokoamiseksi tehtiin lukuisia kyselyjä ja käytiin useita keskusteluja. Pienalueiden asukaslukutiedot hankittiin jokainen erikseen kunnista tai kyläyhdistyksistä. Myös pienalueiden pinta-alojen määrittämisessä käytettiin useita lähteitä: kuntia, kyläyhdistyksiä ja Kainuu-Koillismaan maanmittaustoimistoa.

Pienalueiden sähkönkulutustiedot saatiin jakeluverkkoyhtiöiltä ensin keskustelemalla ja sopimalla asiasta puhelimitse ja lähettämällä sitten yhtiöille kartat pienalueiden rajoista sekä muut kulutuksen määrittämisessä tarvittavat tiedot alueista. Samaa menettelyä käytettiin myös kuntakohtaisten jakeluverkkotoiminnan tunnuslukujen hankinnassa. Verkkoyhtiökohtaiset tunnusluvut ovat yleisesti saatavissa, mutta vastuualueiden rajat harvoin noudattavat kuntien rajoja. Tunnusluvut perustuvatkin yhtiöiden pyynnöstä tekemiin laskelmiin tai arvioihin. Kaikista yhtiöistä ei tietoja ollut saatavissa, jolloin tyydyttiin yhtiökohtaisiin arvioihin.

Pienaluekohtaisten raaka-ainepotentiaalien laskennassa tarvittavat kotieläinmäärät ja peltopinta-alat hankittiin kukin erikseen pääasiassa kuntien maaseututoimen viranhaltijoilta esittelemällä asia ensin puhelimitse ja lähettämällä sitten alueiden kartat ja muut asian selvittämisessä tarvittavat tiedot asianomaisille henkilöille. Päätehakkuiden metsätähteiden energiapotentiaalien arvioimisessa käytetyt kuntakohtaiset suhteelliset arvot saatiin Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta (Ranta 2004).

Tietoja kuntien ja pienalueiden energiantuotannosta ja energiainfrastruktuurista yleensä saatiin paikallisilta sähköyhtiöiltä pääasiassa puhelinkeskusteluihin ja sähköpostikyselyin. Tutkimuksen aikana lähetettiin lukuisia sähköpostikyselyjä ja käytiin puhelinkeskusteluja hyvin monien tahojen kanssa (muun muassa asiantuntijat, viranomaiset) tarvittavien täydentävien tietojen kokoamiseksi. Tietojen hankinnassa kohdattiin muun muassa tietosuojan aiheuttamia ongelmia. Esimerkiksi sähköntuotannosta ei laitoskohtaisia tietoja juurikaan ollut saatavissa.

Muut kirjalliset lähteet

Kolmas tärkeä aineiston hankinnan lähde oli monet kirjalliset sekä painetut että sähköiset lähteet. Erityisesti Internetiä käytettiin tutkimuskuntiin ja pienalueisiin liittyvän taustatiedon hankinnassa. Etäisyydet keskuksista pienalueille ja maakuntakeskuksiin saatiin välimatkataulukoista tai maantiekartoista. Karttoja käytettiin pienalueiden pinta-alojen määrittämisessä.

Aineiston käsittely

Merkittävä osa aineiston käsittelyä oli uusiutuvien energianlähteiden potentiaalien laskentaa. Kotieläinten lietteiden ja lannan biokaasupotentiaalit laskettiin alueittain eläinten lukumäärien, teoreettisten syntyvien lantamäärien ja kunkin lantatyyppin kirjallisuudesta saatujen keskimäärien biokaasuntuottopotentiaalien (liite 5) perusteella. Yhdyskuntien biojätteiden biokaasupotentiaali perustuu asukaslukuihin perustuviin arvioihin syntyvän biojätteen määrästä (70 kg/as) ja teoreettiseen biokaasuntuottopotentiaaliin. Biokaasupotentiaalissa on huomioitu myös kesantopeltopinta-aloihin perustuva kesä- ja syyskorjattu ruokohelpi. Ruokohelven hehtaarisatona on käytetty 7,6 t_{ka}/ha. Kirjallisuudessa on kuitenkin raportoitu jopa 9-10 t_{ka}/ha saantoja (Uusi-Penttilä 2004), joihin päästään usealla sadonkorjuulla yhden suven aikana. Kuntakohtaisten biokaasupotentiaalien laskennassa on myös puhdistamolietteet huomioitu.

Peltoenergian raaka-aineista tarkastellaan viljan olkea ja kesantopelloilla viljeltävää ruokohelpeä. Kuntien olkipotentiaalit perustuvat viljan (ohra, kaura, vehnä, ruis ja öljykasvit) viljelypinta-aloihin ja saatavaan keskimääräiseen olkisaantoon hehtaaria kohti. Käytetyt saannot lyhyelle sängelle leikattuna ovat vehnän olkea 3,6 t/ha, ohran olkea 3,0 t/ha, rukiin olkea 2,5 t/ha, kauran olkea 2,5 t/ha (Uusi-Penttilä 2004), kun kosteus-% on noin 20 %. (Pahkala 2004.) Kesantopelloilla viljeltävän kevätkorjatun ruokohelven potentiaali perustuu kesantopeltopinta-alaan ja hehtaarilta saatavaan tavanomaiseen satoon (7 t/ha). Kosteudeltaan 12 % olevan kor-sibiomassan lämpöarvo on noin 4,0 MWh/t. (Tyynelä 2003.) Pienalueiden viljan olkipotentiaalit on laskettu olettaen, että viljan oljen ja kesannolta saatavan ruokohelven potentiaalien suhde on sama sekä kunnissa että pienalueilla.

Energiapuupotentiaalain osalta keskityttiin päätehakkuiden metsätähteisiin, joka käsittää valtaosan käytettävissä olevasta energiapuusta. Päätehakkuiden metsätähteiden energiapotentiaalit määritettiin kuntakohtaisiin suhteellisiin lukuihin perustuen (Ranta 2004). Arvot perustuvat vuonna 2000 toteutuneisiin päätehakkuihin. Indeksien laskentaperusteet on esitetty Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun väitöskirjassa (Ranta 2002). Tässä tutkimuksessa lasketut kuntakohtaiset absoluuttiset potentiaaliarvot perustuvat Hyrynsalmen männiköiden ja kuusikoiden päätehakkuiden metsätähdepotentiaaliarvioon (Tolonen 2000), josta on indeksien avulla saatu potentiaalit muille kunnille.

Hyrynsalmen potentiaalain laskennassa on huomioitu kaikkien metsänomistajien metsät (yksityiset, valtio ja yhtiöt). Pienalueiden keskimääräiset teoreettiset energiapuupotentiaalit laskettiin kuntien ja pienalueiden

pinta-alojen suhteina. Teorettinen energiapuupotentiaali tarkoittaa tässä päätehakkuiden metsätähteiden 100 % hyödyntämistä. Energiapuun teoreettisesta potentiaalista päästään tekniseen potentiaaliin tekemällä laskennallisia vähennyksiä seuraavat männiköiden päätehakkuiden hakkuutähteiden saantoon vaikuttavat tekijät huomioiden: kohteen koko (kerroin 0,8), niukkaravinteisuus (0,8) ja epätarkka talteenotto (0,7). Kuusikoiden osalta ei huomioida niukkaravinteisuutta. (Tolonen 2000.)

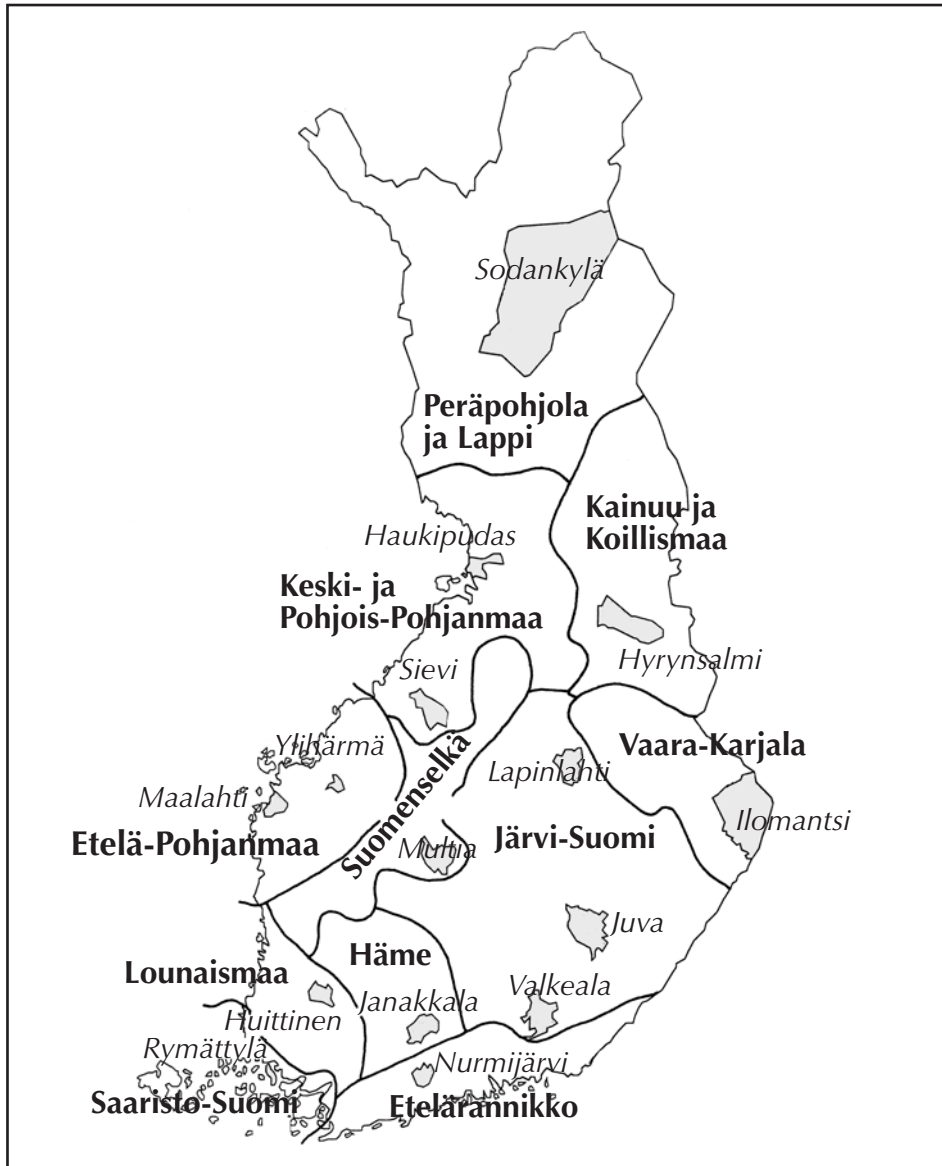
Hitaasti uusiutuvan energiaturpeen kuntakohtaiset potentiaalit arvioitiin. Energiaturvepotentiaalien laskenta perustui Geologian tutkimuskeskuksen (2003) tutkimusraportissa julkaistuihin arvioihin sekä keskusteluihin GTK:n asiantuntijan (Virtanen 2004) kanssa. Laskennassa huomioitiin arvio kuntakohtaisesta teknisesti käyttökelpoisesta suoalasta, pohjaturve ja puolet väliturpeesta sekä maakuntakohtaisesti turpeen energiasisällön vaihtelu.

Eräiden alueiden tuulivoimapotentiaaleista saatiin arvioita aikaisemmin tehdyistä selvityksistä. Tuulivoimapotentiaalista tyydytään tässä toteamaan lähinnä, että tuulivoimantuotantoon erityisesti soveltuvia alueita ovat merialueet, saaristot sekä rannikot ja Lapin tunturialueet. Tekniikan kehittyessä entistä paremmin hyödynnettävissä oleva maantieteellinen alue kuitenkin laajenee koko ajan. Yhdelle pienalueelle laskettiin teorettinen tuulivoimapotentiaali ja verrattiin sitä alueen sähkönkulutukseen. Lisäksi raportissa tarkastellaan seitsemän pienalueen aurinkosähkö- ja aurinkolämpöpotentiaalia.

Tilastokeskuksen pienalueiden rakennuspinta-alaa ja lämmitysaineita koskevaa aineistoa käytettiin alueiden lämmön tarpeen ja nykyisten lämmitysmuotojen osuuksien arvioimisessa. Lämmön tarve laskettiin huonekorkeuden (2,5 m) ja lämmitysenergian tilavuusyksikkökohtaisen kulutuksen (40 kWh/m³) avulla.

4.3 Tutkimusalueet

Tutkimuksen kohteina ovat Vaasan yliopistossa käynnissä olevan Suomen maaseudun muutoksen tutkimusohjelman maaseutukunnat ja pienalueet (kuva 23). Ne edustavat Suomen maaseudun monimuotoisia oloja mahdollisimman kattavasti. Kohdekunnat ja pienalueet on taulukossa 11 ryhmitelty kuntien maaseudun kolmijaon mukaan. Kuntia ja pienalueita koskevia yleistietoja on koottu kuviin 24-29.



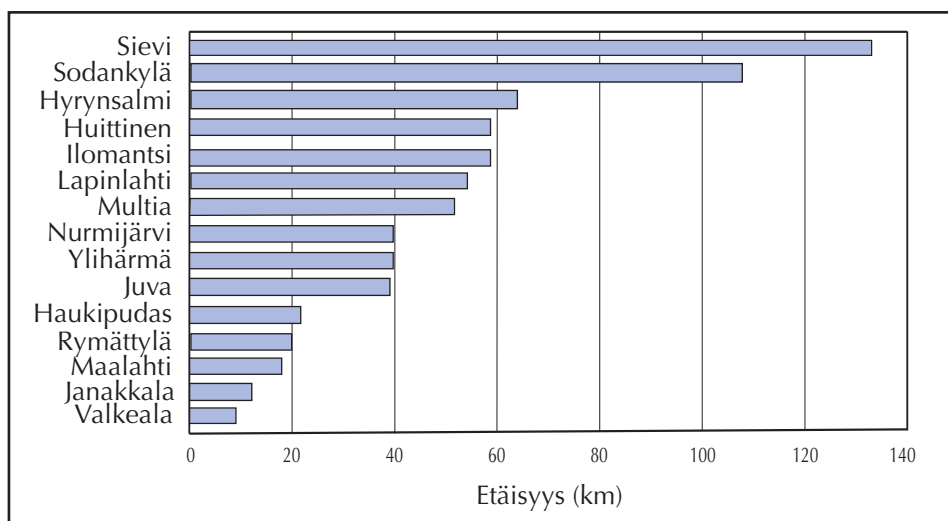
Kuva 23. Suomen maaseudun muutoksen tutkimusohjelman kohdealueet (Leinamo 2002).

Taulukko 11. Tutkimuksen kohdekunnat ja pienalueet ryhmiteltyinä kuntien maaseudun kolmijaon mukaan.

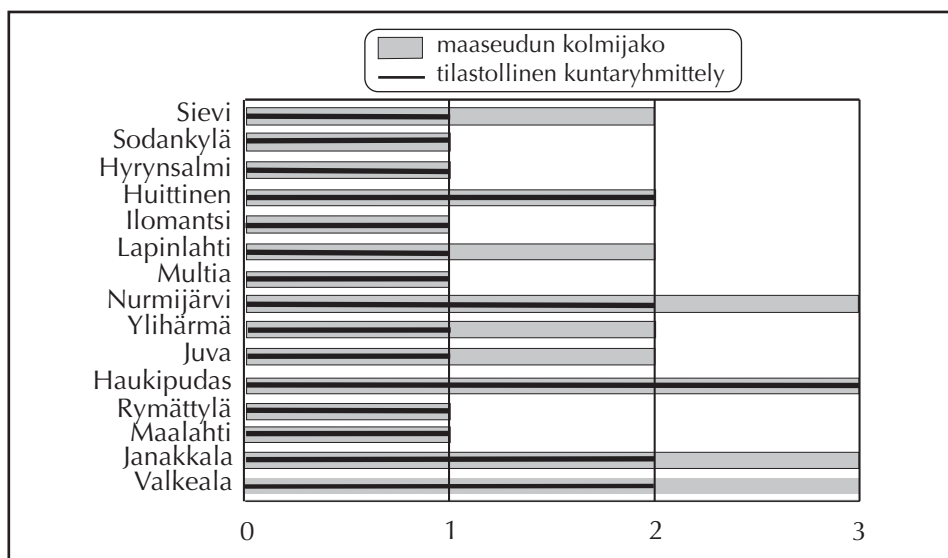
Maakunta	Kunta	Pienalue
	Kaupungin läheinen maaseutu	
Uusimaa	Nurmijärvi	Nurmijärven keskusta
Kanta-Häme	Janakkala	Tervakoski
Kymenlaakso	Valkeala	Vuohijärvi
Pohjois-Pohjanmaa	Haukipudas	Kello
	Ydinmaaseutu	
Satakunta	Huittinen	Huhtamo
Etelä-Savo	Juva	Kaskii-Lauteala
Etelä-Pohjanmaa	Ylihärmä	Kangas-Ikola
Pohjois-Savo	Lapinlahti	Mäkikylä
Pohjois-Pohjanmaa	Sievi	Järvikylä
	Harvaan asuttu maaseutu	
Varsinais-Suomi	Rymättylä	Röölä
Pohjanmaa	Maalahti	Yttermalax
Keski-Suomi	Multia	Väätäiskylä
Pohjois-Karjala	Ilomantsi	Möhkö
Kainuu	Hyrnsalmi	Tapanikylä
Lappi	Sodankylä	Rajala

Kuntien yleistietojen vertailu

Syrjäisyys on keskeinen parametri tässä tutkimuksessa. Yksinkertaisimmillaan sitä kuvaa maantieteellinen etäisyys. Osa tutkimuskohteena olevista kunnista sijaitsee hyvin lähellä vähintään maakuntatasoiseksi luokiteltavaa keskusta. Tällaiset kunnat ovat osia toiminnallisesta kaupunkiseudusta, jossa funktionaalinen kaupunki on ylittänyt hallinnollisen rajansa, kuten Janakkala on Hämeenlinnan esikaupunkikunta. Jotkut kunnat ovat kaukana suuremmista keskuksista sijaitsevia toiminnallisia yksiköitä, kuten Sodankylä. Pisimmillään etäisyys tutkimuskunnan keskuksista maakuntakeskukseen on 133 kilometriä Sievistä Ouluun ja lyhimmillään noin 10 km Valkealasta Kouvolaan (kuva 24).



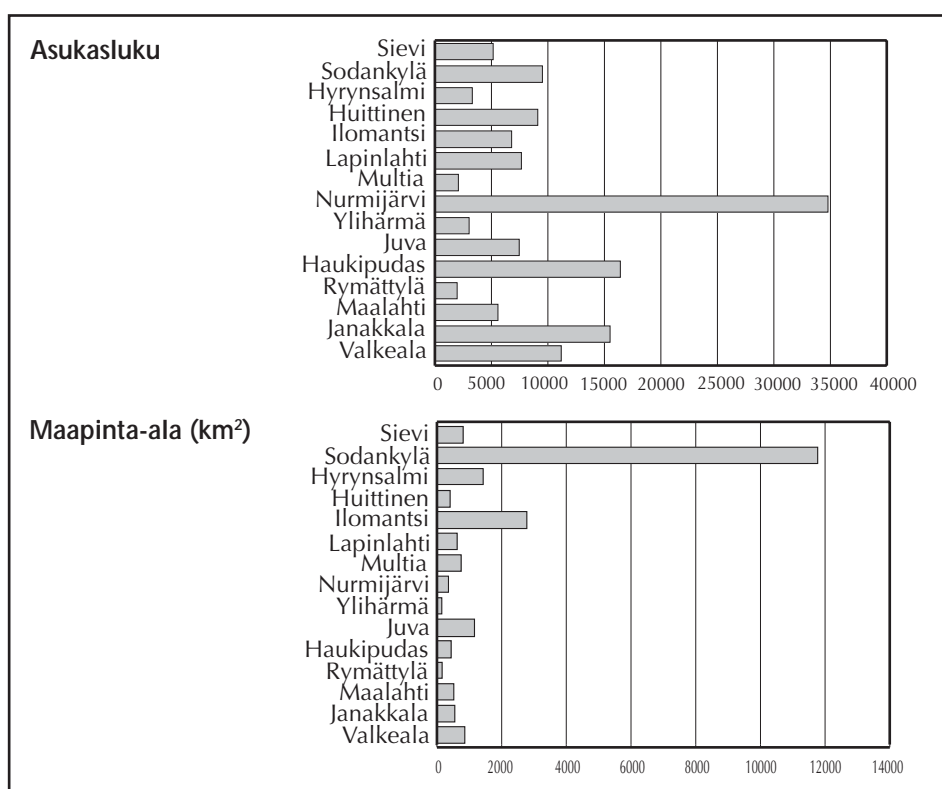
Kuva 24. Tutkimuskuntien keskusten etäisyydet maakuntakeskuksiin.

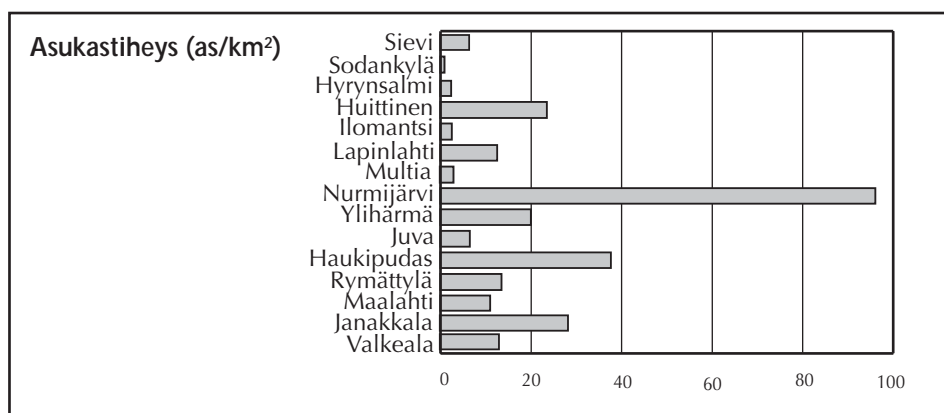


Kuva 25. Tutkimuskunnat **maaseudun kolmijaon** (1. harvaan asuttu maaseutu, 2. ydinmaaseutu ja 3. kaupungit, kaupunkien läheinen maaseutu ja yhteinen vuorovaikutusalue) sekä **tilastollisen kuntaryhmittelyn** mukaan (1. maaseutumainen kunta, 2. taajaan asuttu kunta, 3. kaupunkimainen kunta).

Kunnat voidaan luokitella maaseudun kolmijaon mukaan harvaan asuttuun maaseutuun, ydinmaaseutuun sekä kaupunkiin, kaupunkien läheiseen maaseutuun ja yhteiseen vuorovaikutusalueeseen kuuluviksi (kuva 25). Luokittelun mukaan neljä kuntaa kuuluu kaupunkimaisten kuntien ryhmään. Tilastollisen kuntaryhmittelyn (Kuntaliitto 2004) mukaan kunnat jaetaan maaseutumaisiin, taajaan asuttuihin ja kaupunkimaisiin kuntiin. Maaseudun kolmijakoon verrattuna tilastollisessa kuntaryhmittelyssä Haukiputaan asema kaupunkimaisena kuntana korostuu tutkimuskuntien joukossa. Muuten tilastollinen kuntaryhmittely "tasapäistä" kuntia siten, että peräti kymmenen kuntaa viidestätoista lukeutuu maaseutumaisten kuntien luokkaan.

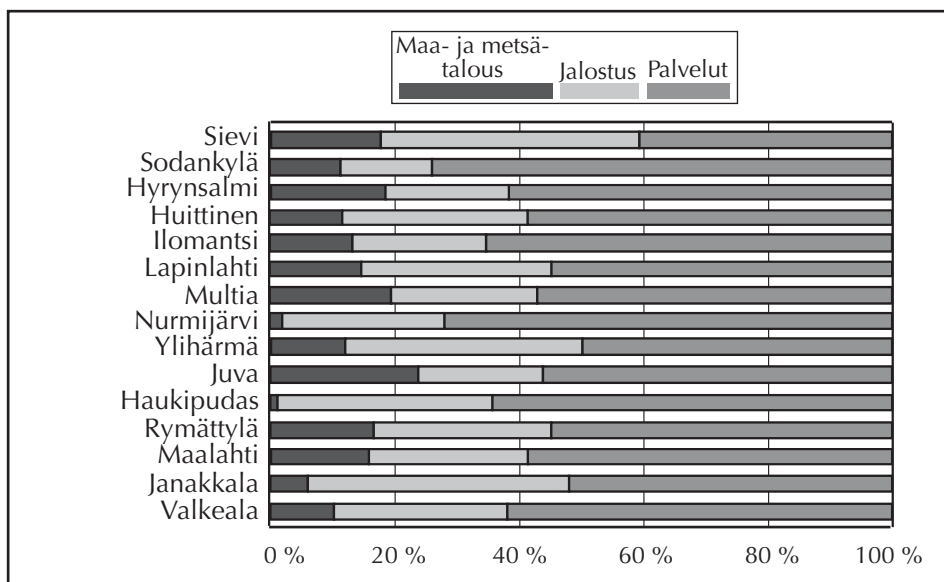
Asukasluvut tutkimuskunnissa vaihtelevat Nurmijärven lähes 35000 asukkaasta Rymättylän noin 2000 asukkaaseen (kuva 26a). Pinta-alaltaan Sodankylä on monta kertaa suurempi muihin kuntiin verrattuna (lähes 12000 km²) ja pienin on saaristokunta Rymättylä (kuva 26b). Asukastiheydeltään Nurmijärvi on omassa luokassaan (kuva 26c). Asukastiheys on lähes kolme kertaa suurempi kuin seuraavaksi tiheimmin asutussa eli Haukiputaalla. Sodankylän asukastiheys on ainoana alle yksi asukas neliökilometrillä (as/km²).





Kuva 26. Kuntien a.) asukasluvut, b.) maapinta-alat ja c.) asukastiheydet.

Elinkeinorakenteiden vertailussa (kuva 27) nähdään, että maa- ja metsätalouden työvoiman prosentuaaliset osuudet ovat pienimmät maaseudun kolmijaon mukaan kaupunkeihin, niiden läheiselle maaseudulle tai yhteiselle vuorovaikutusalueelle kuuluvissa kunnissa. Maa- ja metsätalouden osuus Haukiputaalla on vain 1,1 %. Taajaan asutuissa kunnissa Nurmijärvellä, Janakkalassa ja Valkealassa maa- ja metsätalouden osuudet ovat seuraavaksi pienimmät ja suurimmat Juvalla (23,9 %), Multialla ja Hyrnsalmella.



Kuva 27. Maa- ja metsätalouden, jalostuksen ja palveluiden osuus kuntien elinkeinorakenteessa.

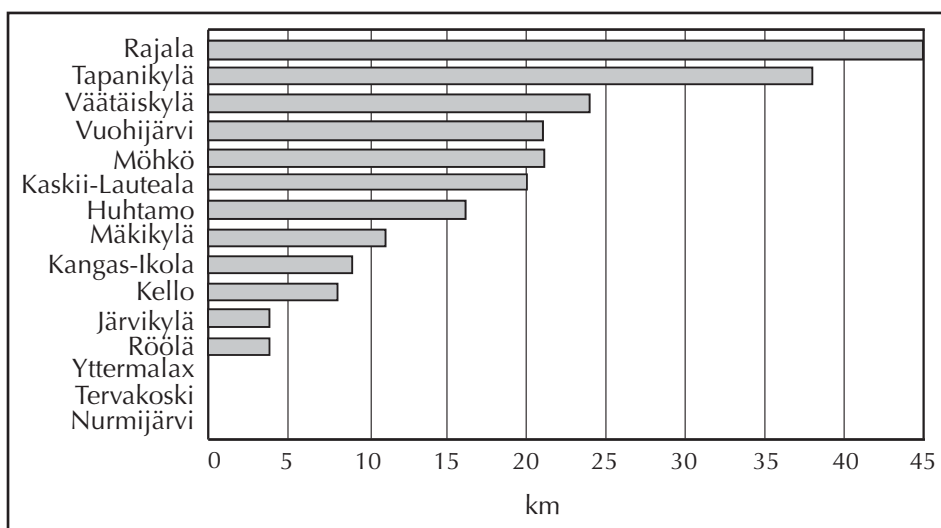
Jalostuksen osuus kuntien työvoimasta on pienin harvaan asutulla maaseudulla. Hieman poikkeavia ovat ydinmaaseutua edustava Juva, jossa jalostuksen parissa työskentelevien osuus on kolmanneksi alhaisin sekä Rymättylä, jossa jalostuksen osuus on aika korkea. Jalostukseen liittyvän työvoiman osuudet ovat suurimmat Janakkalassa, Sievissä, Haukiputaalla ja Ylihärmässä. Sievi onkin ainoa jalostusvaltainen kunta elinkeinorakenteeltaan palveluvaltaisten tutkimuskuntien joukossa. Palveluiden työpaikkojen osuus ylittää 50 % kaikista työpaikoista muissa kunnissa paitsi Sievissä ja Ylihärmässä, joissa jalostuksen työpaikkojen osuudet olivat suurimmat heti Janakkalan jälkeen. Ainoastaan Sodankylässä ja Nurmijärvellä palveluiden osuus on hieman yli 70 %.

Suomi jaetaan maantieteellisesti viiteen ilmastovyöhykkeeseen (Ilmatieteen laitos 2004). Kasvuolosuhteet kasvukauden pituuden, lämpötilan ja sademäärien suhteen vaihtelevat vyöhykkeeltä toiselle siirryttäessä. Täten edellytykset biomassatuotannolle ja edelleen esimerkiksi peltoenergiantuotannolle ovat erilaiset kullakin vyöhykkeellä. Tutkimusalueista ainoastaan Rymättylä kuuluu eteläisimpään eli hemiboreaaliseseen ilmastovyöhykkeeseen. Eteläboreaaliseseen vyöhykkeeseen kuuluvat Huittinen, Lapinlahti, Nurmijärvi, Juva, Maalahti, Janakkala ja Valkeala. Keskiboreaalisella vyöhykkeellä sijaitsevat Sievi, Hyrynsalmi, Ilomantsi, Multia, Ylihärämä ja Haukipudas. Pohjoisboreaaliselle vyöhykkeelle sijoittuu ainoastaan Sodankylä.

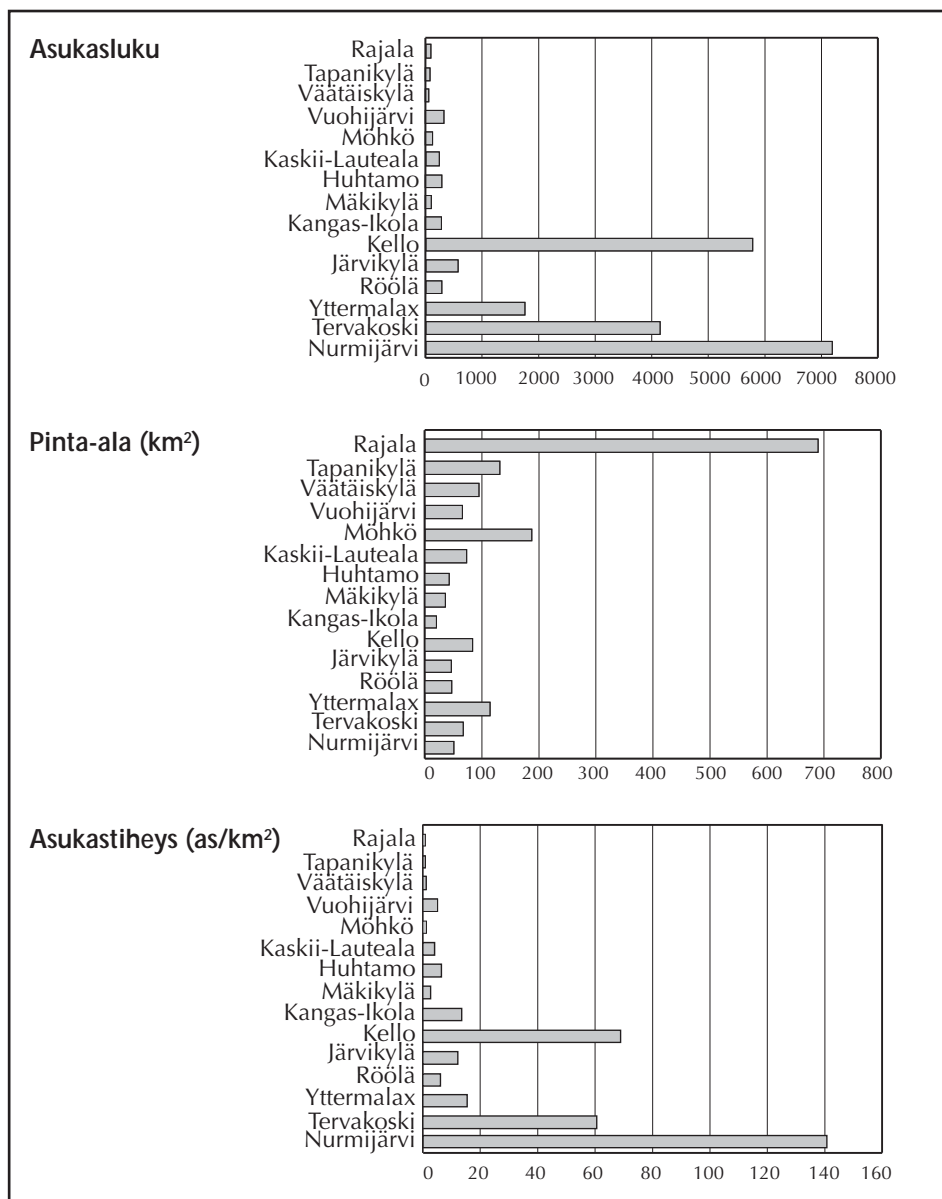
Pienalueiden yleistietojen vertailu

Kuvassa 28 on esitetty pienalueiden etäisyys kuntakeskuksesta tai vastaavasta. Kolme pienaluetta eli Nurmijärvi, Tervakoski ja Yttermalax ovat keskuksia. Tervakoskea tarkastellaan keskuksena, vaikka se ei varsinainen kuntakeskus olekaan, koska siellä on pitkälle viety energiainfrastruktuuri kaukolämmön tuotannon ja siirron järjestelmistä alkaen. Rajala pienalueista syrjäisimpänä sijaitsee noin 45 kilometrin etäisyydellä kirkonkylästä.

Kuvassa 29 on esitetty pienalueiden asukasluvut, pinta-alat ja asukastiheydet. Keskuksissa ja Kellon pienalueella on eniten asukkaita. Alueista suurin on Rajala, joka on pinta-alaltaan yli kymmenkertainen Nurmijärven pienalueeseen verrattuna. Tiheimmin asuttuja alueita ovat Nurmijärvi (yli 140 as/km²), Kello ja Tervakoski. Rajalan, Tapanikylän, Väättäiskylän ja Möhkön asukastiheydet ovat alle 1 as/km².



Kuva 28. Etäisyydet pienalueilta keskuksiin.



Kuva 29. Pienalueiden a.) asukasluvut, b.) pinta-alat ja c.) asukastiheydet.

5. UUSIUTUVAN ENERGIAN NYKYTILA KOHDEALUEILLA

Nykyiset energiaratkaisut ja uusiutuvan energianlähteiden käyttö kunnissa vaihtelee monista syistä johtuen. Tutkimuskunnista kahdeksassa tuotetaan kaukolämpöä ja pääpolttoaineina tuotannossa ovat raskas polttoöljy, jyr-sinturve, maakaasu ja metsäpolttoaineet (Suomen kaukolämpö ry 2003). Janakkala ja Valkeala sijaitsevat maakaasuputken varrella ja ne turvautuvatkin keskuksien energiantuotannossa pääsääntöisesti juuri maakaasuun. Tutkimuksen pienalueista vain kahdella (Nurmijärvi ja Tervakoski) on kaukolämpöä. Tervakoskella kaukolämpö tuotetaan maakaasulla.

Tässä kappaleessa esitetään muutamia maakuntatasolla maakuntakaavoissa, -suunnitelmissa ja energiasstrategioissa tehtyjä linjauksia fossiilisten energianlähteiden käytön vähentämiseksi ja uusiutuvien osuuden lisäämiseksi energiantuotannossa. Lisäksi tarkastellaan kuntien ja pienalueiden energiantuotantoa, uusiutuvien energianlähteiden käyttöä sekä teollisen toiminnan tai muun elinkeinon harjoittamisen tuloksena syntyviä energiantuotantoon soveltuvia aineksia. Kuvaukset perustuvat tekstissä mainittuihin lähteisiin tai henkilöhaastatteluihin ja kyselyihin. Yksityiskohtaisemmin alueiden energiankulutusta ja raaka-ainepotentiaalia tarkastellaan ja vertaillaan kappaleessa 6 ja yhteenveto tuloksista on esitetty taulukoissa liitteellä 4.

Maakunnat

Varsinais-Suomi

Ilmastomuutoksen huomioon ottavien energiantuotantotapojen, energian varman saatavuuden ja kohtuullisen hinnan todetaan olevan maakunnan kilpailukykyyn vaikuttavia tekijöitä. Maakunta varautuu osana energiahuollon kehittämistä maakaasun käyttöönottoon. Korvaamalla maakaasulla kivihiilen ja öljyn käyttöä tulevat alueen rikkipäästöt oleellisesti väheneeseen. Maakaasua pidetään välivaiheena matkalla kohti uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Varsinais-Suomessa tulee uusiutuvina energianlähteinä kehittää ja hyödyntää tuulivoimaa, bioenergiaa, aurinkoenergiaa, maalämpöä ja jätelämpöä. Strategiana onkin siirtyä kivihiileen ja öljyyn perustuvasta energiantuotannosta maakaasuun ja uusiutuvien energianlähteiden käyttöön. (Varsinais-Suomen liitto 2001.)

Pohjois-Savo

Pohjois-Savon maakuntasuunnitelmassa v. 2020 maakunnan energiahuoltoa visioidaan seuraavasti:

”Pohjois-Savon energiaomavaraisuus paranee luopumalla öljystä lämpökeskusten pääpolttoaineena. Samalla lisätään yhdistettyä sähkön- ja lämmön tuotantoa uusiutuvien energianlähteiden avulla. Energiatuotteet ovat kasvavaa liiketoimintaa.” (Pohjois-Savon liitto 2002.)

Etelä-Pohjanmaa

Maaseutualueiden todetaan Etelä-Pohjanmaalla tarjoavan merkittävästi mahdollisuuksia tuottaa energiaa uusiutuvista energialähteistä ympäristöä kuormittamatta ja siten monipuolistaa taloutta. Nämä mahdollisuudet olisikin hyödynnettävä mahdollisimman tehokkaasti. (Etelä-Pohjanmaan liitto 2003.)

Etelä-Pohjanmaan teemaohjelmassa todetaan kylien energiahuollon kehittämisestä seuraavaa: ”Kestävän kehityksen periaatteen mukaisia energiaratkaisuja, joissa hyödynnetään hake-, olki- ja turvevaroja. Kylän keskusta rakennetaan pienimuotoisia kaukolämpöverkostoja.” (Eteläpohjalaiset kylät ry 2000.)

Pohjois-Karjala

Itä-Suomen ja siten myös Pohjois-Karjalan energiahuoltoa ollaan entistä enemmän suuntaamassa kohti omavaraisuutta ja bioenergian hyödyntämistä. Itä-Suomen energiastrategiassa (Itä-Suomen energiatoimisto 2002) tehdään linjauksia bio- ja etenkin puuenergian puolesta. Strategiassa todetaan muun muassa, että

- oman alueen energialähteet, kuten teollisuuden sivutuotteet ja metsätähde, asetetaan etusijalle lämpökeskusten ja lämpövoimalaitosten polttoaineen valinnassa
- alue tekee yhteistyötä muun Suomen kanssa sähköntuotannon omavaraisuuden saavuttamiseksi
- entistä pienempiin taajamiin rakennetaan kaiken kattava energia- tehokas ja edullinen kaukolämpö ja kaikki mahdollinen lämpökuorma käytetään hyväksi sähköntuotannon lisäämiseksi
- maaseudulla sähkö- ja öljylämmitys korvataan maa-, hake- ja pellettilämmityksellä
- Itä-Suomessa viljellään nopeakasvuisia energiakasveja.

Lappi

Lapissa energiankulutus kasvaa erityisesti Tornion terästehtaan laajennuksen, kaivostoiminnan ja matkailukeskusten kasvun vuoksi. Huolimatta siitä, että bio-, tuuli- ja vesivoima lisääntyy Lapissa, tarvitaan jatkossa paljon lisää perusenergiaa valtakunnan verkosta. Lapissa teollisuus käyttää yli 90 % maakunnan kokonaisenergiasta. (Lapin liitto 2002.)

Mahdollisuudet omiin resursseihin perustuvan voimantuotannon kasvuun ovat olemassa. Tuulivoimantuotannolle Lapissa on parhaat tekniset edellytykset tuntureilla, meren rannikolla, saarissa ja matalalla ulapalla. Teknisen kehityksen myötä myös sisämaan matalammat alueet voivat tulla kannattaviksi tuulivoimantuotannon paikoiksi. Tuntureilla tuuliolosuhteet ovat suotuisat, mutta jäätyminen torjunta, hankalat rakentamisolosuhteet ja etäisyys suurjännitelinjoista lisäävät kustannuksia ja matkailumaiseman muuttuminen voi muodostua suureksi ongelmaksi.

Puupohjaisiin raaka-aineisiin perustuva bioenergiantuotanto käyttää teollisuuden tähteitä, hakkuutähteitä, nuorten metsien hoitamisesta saatavaa raaka-ainetta ja viljeltyjä energiakasveja. Suurin osa puuperäisiin raaka-aineisiin perustuvasta bioenergiasta saadaan metsäteollisuuden jäteliemestä ja puutähteestä. Myös poltettava jäte luetaan biopolttoaineeksi. Jätteen polton päästöjen kontrollointivaroista aiheutuvat kuitenkin omat ongelmansa etenkin pienille yksiköille. (Lapin liitto 2002.)

Lapin turvevarat ovat noin kolmannes maamme teollisesti hyödynnettävissä olevista varoista. Hyödyntäminen on kuitenkin vain noin 10 % Suomen turpeen kokonaiskäytöstä. Vesivoiman lisäämiselle Lapissa ovat edellytykset olemassa. Esimerkiksi Kemijokeen voidaan rakentaa uusia voimaloita ja lisätä nykyisten laitosten tehoa teknisin uudistuksin. (Lapin liitto 2002.)

Kaupungin läheinen maaseutu

Nurmijärvi

Nurmijärvellä Nurmijärven Sähkö Oy vastaa sekä kaukolämmöntuotannosta että sähkönjakelusta. Kaukolämmön nettotuotanto on 72,2 GWh ja kulutus 67,1 GWh. Tuotantolaitosten kaukolämpöteho on 38,7 MW ja laitokset käyttävät polttoaineinaan raskasta polttoöljyä, metsäpolttoainetta ja kierrätyspolttoaineita. Kaukolämmön tuotantoon polttoaineita käytetään yhteensä 80,8 GWh. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.) Uusiutuvia energianlähteitä Nurmijärvellä käytetään kaukolämmöntuotannon lisäksi

muun muassa paikallisen metsänhoitoyhdistyksen toimesta, joka vastaa Nurmijärven ammattikoulun lämmityksestä koulun lämpölaitoksella.

Syksyllä 2005 otetaan käyttöön jätevedenpuhdistamolietteitä käsittelevä anaerobinen mädättämö, jossa syntyvä biokaasu käytetään kaukolämmön tuotantoon. Paikallisen teollisuuden sivutuotteina ei suuria määriä kovin energiasisällöllistä ainesta synny, vaikka Nurmijärvellä on lukuisia teollisuusalueita, muun muassa Karhunkorpi ja Rajamäki.

Janakkala

Janakkalassa, sekä Turengissa että Tervakoskella, tuotetaan kaukolämpöä. Tervakoskella kaukolämpöyhtiönä toimii Vattenfall Kaukolämpö Oy, joka ostaa Tervakoski Oy:ltä tarvitsemansa lämmön. Tervakoski Oy tuottaa lämmön yhteistuotantona (CHP) maakaasulla. Lisäksi Vattenfall Kaukolämpö Oy:llä on oma pieni lämpölaitos Tervakoskella, jota käytetään tarvittaessa. Turengissa kaukolämpöyhtiönä toimii Janakkalan Lämpö Oy, joka hankkii myymänsä lämmön Vattenfall Kaukolämpö Oy:ltä, joka tuottaa lämmön maakaasulla. (Niikkula 2004.) Sekä Turengissa että Tervakoskella on oma itsenäinen kaukolämmön tuotantoon ja siirtoon tarvittava infrastruktuuri. Siirtoverkostot kattavat lähinnä kerros- ja rivitaloalueet.

Vattenfall Kaukolämpö Oy siirtää maakaasua myös suoraan asiakkaille lähinnä haja-asutusalueille sekä Tervakosken että Turengin ympäristöön. Lisäksi haja-asutusalueilla lämmityksessä turvaudutaan puun, öljyn ja sähkön hyödyntämiseen. (Niikkula 2004.) Esimerkiksi maaseutukouluilla on pääsääntöisesti käytössä öljylämmitysjärjestelmät, mutta niiden korvaamista pellettilämmityslaitteistoilla harkitaan.

Sähkön jakeluverkonhaltijana suurimmassa osassa Janakkalaa sähkön-siirrosta vastaa Vattenfall Verkko Oy. Sähköä Janakkalassa kuluttaa eniten jalostussektori, jonka osuus on lähes 67 % kunnan kokonaiskulutuksesta. Teollisuutta Janakkalassa onkin sekä Turengissa että Tervakoskella. Turengissa toimivat muun muassa Valio Oy, Biowatti Oy ja Oyj Finnscrew Finland Plc ja Tervakoskella Tervakoski Oy ja Rani Plast Oy. Tervakoskella ei kuitenkaan erityisen paljon synny energiantuotantoon soveltuvia teollisuuden jättemateriaaleja. Biowatti Oy:n pellettitehdas hyödyntää tuotannossaan muun muassa Janakkalan kunnan alueella syntyvää metsätähdettä ja kutterinpurua (Raami 2004).

Janakkala ja Tervakoski sijaitsevat maakaasuputken varrella, ja maakaasu on ensisijainen polttoaine energiantuotannossa alueella. Maakaasuverkosto voi tosin tarjota valmiin siirtoverkoston myös tuotetulle biokaasulle, mikäli alueelle laitos perustettaisiin.

Valkeala

Valkeala sijaitsee Janakkalan tavoin maakaasuputken varrella. Kunnan omistama Valkeakaasu Oy toimittaa kaasua siirtoverkostoa pitkin kaava-alueella kirkonkylään sekä muutamiin lähiöiden kiinteistöihin ja verkostoa on tarkoitus edelleen laajentaa (Kotiniemi 2004). Varsinaista kaukolämpölaitosta ja -verkostoa Valkealassa ei ole. Vesivoimaa tuotetaan ainakin Vuohijärven lähellä sijaitsevalla Kouvolan seudun Energian Siikakosken vesivoimalaitoksella (1,5 MW) ja jakeluverkon haltijana suurimmassa osassa kuntaa sähkönsiirrosta vastaa KSS Energia Oy.

Metsien ja peltojen biomassojen lisäksi Valkealassa syntyy bioenergian tuotantoon soveltuvia maatalouden eläin- ja kasviperäisiä aineksia. Valkealassa on 66 aika suurta maitotilaa ja peltojen reunustojen lepikot ja pajukot muodostavat huomattavat biomassavarat. Teknologia niiden korjuuseen on kuitenkin kehittymätöntä. Jätevedenpuhdistamolietettä Valkealassa ei synny, koska jätevedet johdetaan siirtoputkella Kuusankoskelle. Energiantuotantoon soveltuvia teollisuuden sivutuotteita (puupohjaisia jätteitä) syntyy lähinnä Vuohijärvellä UPM-Kymmene Oy:n Kalson tehtaalla sekä vähäisempiä määriä 23 muussa pienehkössä puutuotealan yrityksessä. Uusiutuvan energian parissa toimii yritys nimeltään Hyötypaperi Oy. Se kerää, jalostaa ja varastoi jät-paperia, haketta ja risutukkeja ja toimittaa edelleen kotimaista polttoainetta.

Keskustan ulkopuolella olevia energiankulutuskeskittymiä Valkealassa ovat muun muassa varuskunnat ja Vuohijärvellä sijaitseva UPM-Kymmene Oy:n Kalson tehtaalla. Vapo Oy käyttää Kalson tehtaalla tuotannon sivutuotteena syntyvää puujätettä tehtaalla omaan lämmöntuotantoon ja osa jätteestä viedään rekkakuljetuksina alueen ulkopuolelle. Lisäksi monet Valkealan koulut ovat lämpöyrittäjäyryskohteita. Pellettilämmityskattiloita kunnassa on toistaiseksi käytössä vain muutamia.

Haukipudas

Haukiputaan Energia Oy vastaa kaukolämmöntuotannosta ja -jakelusta Haukiputaan keskustassa. Vuonna 1981 käyttöönotettu lämpölaite (Simpula) on kaukolämpötehoaan 13,5 MW ja vuonna 1990 käyttöönotettu laite (Ukonkaivos) 3,5 MW. Lisäksi siirrettävän lämpölaitoksen kaukolämpöteho on 3,7 MW. Yhteensä kaukolämpötehoa on siis 20,7 MW. Polttoaineinaan laitokset käyttävät raskasta polttoöljyä, palaturvetta ja metsäpolttoainetta yhteensä 39,9 GWh, josta metsäpolttoaineen osuus on 18,6 GWh. Kaukolämpöä kulutetaan 29,4 GWh, ja sitä siirretään yhdellä 17,3 km pitkällä kaukolämpöverkolla. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.)

Kaukolämmöntuotannon lisäksi uusiutuvia energianlähteitä hyödynnetään teollisuuslaitosten omissa lämpökattiloissa sekä kiinteistökohtaisessa lämmöntuotannossa ja maataloilla on käytössä joitakin hakelämmityslaitoksia. Sähköntuotantoa Haukiputaalla ei kuitenkaan harjoiteta. Jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta alueella vastaa Haukiputaan Sähköosuuskunta.

Haukiputaalla syntyy pienehköjä määriä monia biokaasun tuotantoon soveltuvia aineksia. Maatalouden lietteiden ja lannan suurimmat syntypisteet ja maatilat sijaitsevat Haukiputaalla kuitenkin hajallaan. Suurin keskittymä on Jokikylällä yli 10 kilometrin päässä Kellosta. Jätevedenpuhdistamolietteitä syntyy kahdella puhdistamolla. Tällä hetkellä lietteet kompostoidaan entisellä kaatopaikalla, mutta jatkossa vaihtoehtoisia lietteenkäsittelytapoja tullaan pohtimaan. Biojätteen erilliskeräys on Haukiputaalla ollut käynnissä yli viisi vuotta. Keräys kattaa rivitalot ja isommat kohteet ja jäte kuljetetaan kunnan rajojen ulkopuolelle kompostoitavaksi.

Kun lämpölaitos aikanaan rakennettiin Haukiputaalle, siellä toteutettiin energiapuun keräystä työllistämistuella. Nykyisin energiapuuta kerätään lämpölaitokselle projektiluontoisesti. Haukiputaalla on useita mekaanisen puunjalostusteollisuuden yrityksiä kuten Holstinmäen teollisuuskylässä sijaitseva Oy Shinshowa Finlandin saha, Martinniemen saha, Toivarin saha ja Annalankankaan teollisuusalueella sijaitseva pääasiassa kaapelikeloja valmistava Pentre Finland Oy. Ainakin osa syntyvästä puujätteestä käytetään yritysten omissa lähinnä purua hyödyntävissä lämpölaitoksissa.

Kellon keskusta sijaitsee noin viisi kilometriä Haukiputaan keskustasta etelään eli Ouluun päin. Pienalueeseen kuuluvalla alueella on muun muassa omakotilähiöitä, kouluja, virastoja, vanhustentaloja ja päiväkoteja. Virpiniemessä on liikuntaopisto ja esimerkiksi Holstinmäessä on teollisuutta. Kulutuskohteita paikallisesti tuotetulle energialle on siis runsaasti.

Alueen sijainti rannikolla takaa hyvät olosuhteet tuulivoimantuotantoon. Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavaan (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2003) tuulivoimapuistoille (vähintään 10 MW) soveltuvina alueina on osoitettu merialueelta Haukiputaan Suurhiekka ja Nimettömänmatala. Alueet sijaitsevat kaukana merialueella. Sen sijaan lähempänä rannikkoa ovat alueet, joiden tuulivoimapotentiaali on myös huomattava, on suljettu kaavan ulkopuolelle ja niiden hyödyntäminen tuulivoimantuotantoon ainakin lähitulevaisuudessa ja suuressa mittakaavassa näyttää epätodennäköiseltä. Yksittäisten tuulivoimaloiden perustaminen on kuitenkin jätetty kaavan ulkopuolelle.

Ydinmaaseutu

Huittinen

Huittisissa kaukolämmöntuotannosta ja -jakelusta vastaa Fortum Lämpö Oy. Kaukolämpölaitos on tuotantoteholtaan 10 MW ja kaukolämmön nettotuotanto 21,6 GWh. Kaukolämmön huipputeho (vuorokausiteho) on 2,5 MW ja laitos käyttää polttoaineenaan raskasta polttoöljyä 23,3 GWh. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.) Sähköä Huittisissa tuottaa tiettävästi ainoastaan yksityinen 65 kW:n tuulivoimala ja jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta alueella vastaa Sallila Energia Oy.

Uusiutuvia energianlähteitä Huittisissa hyödynnetään kiinteistökohtaisissa lämpökeskuksissa. Muun muassa Sammun koululla ja monilla broilerikasvattamoilla ja sikaloilla on hakelämmitys, vaikka osa niistä hoitaakin lämmöntuotantonsa edelleen öljyllä. Vanhalla meijerillä on öljylämpökeskus, jota kuitenkin ollaan vaihtamassa kiinteälle polttoaineelle, lähinnä turpeelle.

Huittisissa syntyy monentyppisiä biokaasun tuotantoon soveltuvia raaka-aineita. Huittisissa ja myös noin 16 km Huittisten kaupungin keskustasta kaakkoon valtatie 2:n varrella sijaitsevalla pienalueella, Huhtamossa, on suuria sikaloita ja lietelanta on jo muodostunut jonkinasteiseksi ongelmaksi alueella. Lietettä syntyy myös kunnallisella jätevedenpuhdistamolla. Kaatopaikkakaasuja syntyy suljetulla kaatopaikalla, jonne on järjestetty kaasunkeräily ja talteenotto. Kaasu poltetaan soihtuna, koska hyötykäyttökohdetta ei kaatopaikan välittömässä läheisyydessä ole.

Elintarviketeollisuus on Huittisissa keskeinen teollisuudenala. Vihannessäilykkeitä valmistava Saarioisten Säilyke Oy työllistää lähes 300 henkeä ja vihanneskuorimo Svanko Oy aloitti Huittisissa toimintansa vuonna 2003 (Törmälä 2004). Elintarviketeollisuuden orgaaniset jätteet ovat myös biokaasuntuotantoon soveltuvaa raaka-ainetta. Muuhun energiantuotantoon soveltuvia aineksia syntyy esimerkiksi huonekaluteollisuuden yrityksissä. Uusiutuvaan energiaan liittyvä toimija alueella on Biowatti Oy, joka korjaa hakkuutähteitä Huittisten alueelta.

Juva

Juvan keskustassa Suur-Savon Sähkö Oy tuottaa ja jakelee kaukolämpöä. Kaukolämpöverkon (kanavan) pituus on 15 km. Vuonna 2002 kaukolämpöä myytiin ja kulutettiin 30,5 GWh, tuotettiin 34,5 GWh (nettotuotanto) ja polttoaineina käytettiin raskasta polttoöljyä, kevyttä polttoöljyä, jyrsinpolttoturvetta, metsähaketta ja teollisuuden puutähteitä yhteensä

39,4 GWh. Turve nostetaan paikallisilta soilta ja hakkeen toimittaa paikallinen metsänhoitoyhdistys.

Kiinteän polttoaineen polttolaitos on teholtaan 5 MW ja rinnalla on vara- ja huippukäytössä 4 MW:n öljykattila. Lisäksi vara- ja huippukäytössä on 3 kpl öljylämpökeskuksia (vähärikkinen raskaspolttoöljy). (Suomen Kaukolämpö ry 2003) Kaukolämpö peittää noin 80 % keskuksen lämmön tarpeesta (Karhu 2003). Paikallista sähköntuotantoa Juvalla ei harjoiteta. Jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta vastaa Järvi-Suomen Energia Oy.

Juvalla syntyy energiantuotantoon soveltuvia aineksia sekä elintarvike- että puunjalostusyriyten toiminnan sivutuotteina. Juvalaisia yrityksiä elintarvikealalla ovat Juvan Luomu Oy (luomumaito), Salico Oy (tuoresalaatit), Järvi-Suomen Kalkkuna Oy (kalkkunatuotteet ja teurastus) sekä Pennan Liha (lihanvalmistus). Puusepänteollisuusyrityksiä ovat Taso 2002 Oy (koivupöydät) ja Viitakosken Puu Oy (ovet ja ikkunat).

Juvalla yleensä kuten pienalueella Kaskii-Lautealassakin harjoitetaan karjataloutta. Kaskii-Lauteala sijaitsee noin 20 km Juvan keskustasta kaakkoon. Maatalouden eli lähinnä karjanhoidon ja vihannesviljelyn lisäksi alueella toimii konekorjaamo ja yhden henkilön lasikuitualihankintaa tekevä yritys. Alueen huomattavin tilakeskittymä on Kaskiin kylässä, jossa on neljä maitotilaa.

Ylihärmä

Ylihärmässä kiinteistöjen lämmitys perustuu kiinteistökohtaisiin lämmitysjärjestelmiin kuten POK-kattiloihin tai sähkölämmitykseen. Maatiloilla käytetään puu- ja turvelämmitystä ja teollisuuslaitoksilla on kaasulämmitysjärjestelmiä. (Hakala 2003.) Paikkakunnalla ei ole kaukolämmön- tai sähköntuotantoa, mutta jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta vastaa Vattenfall Verkko Oy. Tutkimuksen pienalueella Kangas-Ikolassa toimii lukuisia metalliteollisuuden alihankintayrityksiä. Ylihärmässä onkin runsasti muun muassa maatalouskoneteollisuutta.

Lapinlahti

Lapinlahdella kaukolämpötoimintaa harjoittaa Termia Oy. Kaukolämpöä kulutetaan noin 9900 MWh/a ja sen nettotuotanto on noin 11200 MWh/a. Tuotantolaitoksia on on 2 kpl. Yhteensä tuotantolaitosten kaukolämpöteho on 8,9 MW. Polttoaineenaan laitokset käyttävät raskasta polttoöljyä. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.) Kaukolämpöverkkoon on kytketty muun muassa kunnan kiinteistöt.

Paikkakunnalla ei tiettävästi ole verkkoon kytkettyä paikallista sähköntuotantoa. Keskustan kupeella sijaitsee voimalaitos, joka tuottaa

Fortum Lämpö Oy:n toimesta sekä lämpöä että sähköä Valio Oy:n tehtaan tarpeisiin. Sähkönsiirrosta Lapinlahdella vastaa Atro Oyj.

Uusiutuvan energian tuotantoon soveltuvia raaka-aineita Lapinlahdella syntyy muun muassa maataloudessa. Paikkakunnalla sijaitsee esimerkiksi 10000 sian Emolandia-porsitussikala. Lisäksi jätevedenpuhdistamolietettä syntyy noin 13000 t/a (10 %). Tällä hetkellä puhdistamoliete kompostoidaan aumoihin, mutta kompostin jälleenmyynti on vaikeaa. Myös teollisuuden jätteinä syntyy jonkin verran lähinnä polttokelpoista materiaalia.

Useista mäistä muodostuvan pienalueen, Mäkikylän, keskus on Kylmämäki, jossa sijaitsee entinen kansakoulu, nykyinen kylätalo. Asutus alueella on hyvin hajallaan. Jonkin verran uutta asutusta on noussut Kivimäkeen, mutta esimerkiksi Koskutmäellä on tällä hetkellä enää kahdet valot. Alueella harjoitetaan mansikanviljelyä ja suurin viljelys on laajuudeltaan 15 ha. Karjataloutta harjoitetaan kolmella tilalla.

Sievi

Sievi on Suomen teollistuneimpia maalaiskuntia. Voimakkaimmassa kasvussa ovat mekaniikka-, elektroniikka- ja jalkine-teollisuus. Teollisuuden voimakkaasta läsnäolosta kertoo myös jalostuksen suuri osuus sähkönkulutuksesta. Sähköntuotantoa Sievissä harjoittaa yksityinen tuulivoimalaitos ja jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta vastaa Korpelan Voima Kuntayhtymä.

Keskustan alueen kaukolämmön myynnistä, mittauksesta ja toimituksesta asiakkaille sekä kaukolämpöverkon ylläpidosta ja laajentamisesta vastaa myös Korpelan Voima Kuntayhtymä. Kaukolämpöä tuotetaan pääsääntöisesti kotimaisen ja paikallisen polttoaineen (hake ja turve) avulla (Asiainen 2004). Biopolttoainekattilassa polttoaineet poltetaan leijukerros-tekniikalla. Laitoksen kokonaisteho on 9250 kW. Kaukolämmön piirissä on muun muassa kuntakeskus ja Korpelan Voima laajentaa lämpöverkoston kattamaan koko Sievin taajama-alueen. (Korpelan voima Kuntayhtymä 2004.)

Edellä mainittujen tuotantolaitosten lisäksi Sievissä on muutamia teollisuuden lämmöntuotantoon käyttämiä öljy- ja kaasukattiloita. Haja-asutusalueella lämmityksessä käytetään pääsääntöisesti sähköä ja öljyä mutta myös puuta. Alueella on muutamia puuta hyödyntäviä tilakohtaisia lämpökeskuksia. (Asiainen 2004.)

Jätevedenpuhdistamolietteitä Sievissä ei synny, sillä jätevedet johdetaan Sievistä siirtoputkella Ylivieskaan käsiteltäväksi. Teollisuuden tuotannossa syntyy jonkin verran mekaanisen puunjalostusteollisuuden (sahat, sorvaamo, höylämöt) puupohjaisia sivutuotteita. Tutkimuksen

pienalueen Järvikylän koululla lämmitys perustuu lämpöyrittäjyyteen ja lämmitys hoidetaan hakkeella. Kunta ostaa megawattitunteja.

Harvaan asuttu maaseutu

Rymättylä

Rymättylässä ei tiettävästi ole paikallista sähköntuotantoa lukuun ottamatta saariston kesämökkien aurinkosähköjärjestelmiä. Myöskään kaukolämmöntuotantoa alueella ei harjoiteta. Esimerkiksi kunnan kiinteistöjen kytke mistä yhden lämpökeskuksen piiriin vaikeuttavat rakennusten väliset noin kilometrin etäisyydet. Liikerakennukset ja kunnan kiinteistöt lämmitetään öljyllä ja päiväkodissa on varaava sähkölämmitys. Sähkönsiirrosta vastaa Fortum Sähkönsiirto Oy.

Asuinkiinteistökohtainen lämmitys hoidetaan Rymättylässä pääasiassa sähköllä. Öljylämmitystä käytetään vain vähän ja etenkin uudemmat kiinteistöt turvautuvat muihin ratkaisuihin. Lisäksi paikkakunnalla on muutamia hakelämmityskeskuksia ja jonkin verran hyödynnetään maalämpöä. Rymättylässä on noin 400 saarta ja kesämökeillä, joilla ei sähköä ole, on käytössä aurinkopaneeleita. Yritykset turvautuvat lämmityksessään pääasiassa öljy- ja sähkölämmitykseen.

Uusiutuvan energian tuotantoon soveltuvat karjataloudessa syntyvät lietteet levitetään tällä hetkellä pelloille ja puhdistamoliete kompostoidaan aumoissa ja käytetään viherrakentamiseen. Lisäksi pienalueella Röölässä sijaitsevalla kalajalostustehtaalla (BoyFood Oy) syntyy tuotannon sivutuotteena biokaasuntuotantoon soveltuvia aineksia. Saariston olosuhteiden vuoksi etenkin metsätähteiden hyödyntämiseen liittyy teknistaloudellisia ongelmia. Sama koskee myös pajukoita ja lepikoita, joita alueella on runsaasti.

Saariston tuulivoimapotentiaali on huomattava ja tuuliolosuhteita Rymättylässä onkin tutkittu. Erään vuosia sitten tehdyn tutkimuksen mukaan olosuhteet todettiin tuulivoimantuotannon kannalta ongelmallisiksi liian puuskittaisen ja kääntyilevän tuulen vuoksi. Tämän päivän tekniset ratkaisut voisivat kuitenkin tarjota olosuhteisiin paremmin soveltuvia ratkaisuja.

Maalahti

Maalahdessa ei ole paikallista sähkön eikä kaukolämmöntuotantoa, vaan lämmöntuotanto perustuu kiinteistökohtaisiin ratkaisuihin. Jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta vastaa Vaasan Sähkö Oy. Maalahden sijainti

rannikolla antaa viitteitä suuresta tuulivoimantuotantopotentiaalista. Syntyvät jätevedenpuhdistamolietteet kuljetetaan Stormossenin jätteenkäsittelylaitokselle, jossa ne mädätetään ja hyödynnetään energiana.

Multia

Multialla on kunnan ja Multian Saha Oy:n omistama kaukolämpölaite. Kiinteän polttoaineen arinakattila on teholtaan 4,5 MW ja öljykattila 2,5 MW. Öljykattilaa käytetään vain kesäseisokin aikana. Laitos käyttää polttoaineenaan puutähteitä, kuusen kuorta ja haketta sekä sahalla syntyvää purua. Lämpöä tuotetaan sahan tarpeisiin (noin 12000 MWh/a) sekä keskustan kunnan kiinteistöjen lämmittämiseen (noin 6000 MWh/a). Lämpölaitoksen tuhka menee lannoitekäyttöön KTTK:n hyväksymänä luomulannoitteena. Omaa sähköntuotantoa paikkakunnalla ei ole. Sähkönsiirrosta vastaa Vattenfall Verkko Oy.

Paikallisella jätevedenpuhdistamolla syntyvä liete kompostoidaan tällä hetkellä, mutta uudistuksia jätevesihuoltoon on suunnitteilla. Biojätteen erilliskeräys on ollut käynnissä syksystä 2001 koko kunnassa. Jätteet kuljetetaan Jyväskylään Mustankorkean kaatopaikalle.

Ilomantsi

Ilomantsissa on Ilomantsin Lämpö Oy:n lämpölaite, jonka kaukolämpöteho on 21,4 MW. Kiinteän lämpökeskuksen lisäksi siirrettäviä keskuksia on kaksi kappaletta. Kaukolämmön nettotuotanto on 40,7 GWh ja kulutus 34,8 GWh. Kaukolämmön huipputeho (vuorokausiteho) on 11,4 MW (29.12.) ja kaukolämmön siirtoverkon pituus 19,8 km. Lämmöntuotantoon käytetään raskasta (5,4 GWh) ja kevyttä polttoöljyä (0,1 GWh). Palaturvetta käytetään 14,8 GWh ja metsäpolttoainetta 26,9 GWh. Yhteensä kaukolämmöntuotantoon käytetään polttoaineita 47,2 GWh. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.) Sähkönsiirrosta Ilomantsissa vastaa Pohjois-Karjalan Sähkö Oy.

Vapo Oy laajentaa Ilomantsissa pellettitehdasta ja tehtaan yhteyteen rakennetaan uusi pienvoimalaitos. Pellettitehdas valmistui vuonna 1980 turvebrikettien tuottamiseen ja sitä laajennettiin seuraavana vuonna turvepellettien tuottamiseen. Puupellettejä tuottava tehdas on ollut toiminnassa vuodesta 2000 lähtien. Suunniteltu höyrykattilalaitos on vastapainelaitos, joka tuottaa prosessihöyryä pellettitehtaalle, kaukolämpöä Ilomantsin kunnan kaukolämpöverkkoon sekä sähköä pellettitehtaalle ja ulkopuoliseen sähköverkkoon. Voimalaitokseen tuleva leijukerrostekniikkaan perustuva kiinteän polttoaineen höyrykattila käyttää polttoaineena jyrsturvetta ja puupolttoaineita sekä mahdollisesti seospolttoaineena ruokohelpeä.

Laitoksen prosessihöyryn tuotantoteho on 9,5 MW, kaukolämpöteho 8,5 MW ja sähköteho noin 3,5 MW. Polttoaineteholtaan kattila on noin 25 MW. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2003.) Ilomantsissa Vapo Oy on merkittävä toimija niin polttoaineiden kuin energiankin tuottajana.

Ilomantsissa käytetään paljon puuta ja metsistä kerätäänkin suuria määriä hakerankoja hakkeeksi ja tämän toiminnan metsänhoidollinenkin vaikutus on suuri. Lisäksi Ilomantsissa on Suomen suurimmat noin 850 hehtaarin laajuiset ruokohelpiviljelmät. Kunnassa sijaitsee yksi kunnallinen jätevedenpuhdistamo, jonka liete yhdessä laitokselle tuotavan sako-kaivolietteen ja Tuupovaarasta kuljetettavan puhdistamolietteen kanssa sekoitetaan turpeeseen ja kompostoidaan kompostointilaitoksessa ja jälkikompostointikentällä.

Möhkö sijaitsee noin 21 km Ilomantsin kirkonkylästä itärajan tuntumassa. Möhkössä on muun muassa rajavartiosto, kauppa, lomakylä sekä Ilomantsin museosäätiön omistama Pytinki-museo. Sähköä Möhkössä on tuotettu rautaruukin tarpeisiin jo 1800-luvulla. Möhkön rautaruukki valmisti rautamalmista takkirautaa. Ruukki oli merkittävä takkiraudan tuottaja Suomen järvimalmiruukkien joukossa. Huippuvuosinaan ruukki tuotti 4000-5000 tonnia takkirautaa, ja vuonna 1898 Möhkössä sulatettiin rautaa 5849 tonnia. Rautaruukki käytti Möhkönkosken tuottamaa vesivoimaa. Korkeuseroltaan 3,5 m oleva koski kykeni tuottamaan 1260 hevosvoiman tehon. (Ilomantsin alueen palveluportaali 2003.)

Nykyisin ruukin paikalla sijaitsee ruukkimuseo, eikä kylällä tuoteta energiaa lukuun ottamatta kiinteistökohtaisia lämmitysjärjestelmiä. Möhkönkoski kuitenkin tarjoaa edelleenkin mahdollisuuden minivoimantuotantoon esimerkiksi kosken partaalla sijaitsevan ruukkimuseon lämmitämiseen. Suurimmat öljyllä lämmitettävät kiinteistöt ovat rajavartiosto, Rajakartano ja kauppa. Öljyn rinnalla käytetään sähköä ja pientaloissa on yleensä sekä sähkö- että puulämmitysmahdollisuus. Lomakylän lämmitys hoidetaan kokonaisuudessaan sähköllä.

Hyrnsalmi

Hyrnsalmella lämpölaitostoiminta biopolttoaineella on aloitettu vuonna 1983. Vuonna 2003 toimintansa aloittanut Vesi-Mega Oy on Hyrnsalmen kunnan 100 % omistama yhtiö, jonka tehtäviin kuuluu kaukolämmön tuottaminen ja jakelu. (Hyrnsalmi 2003.)

Hyrnsalmen kunnan aluelämpölaitos on kiinteä lämpökeskus, joka on otettu käyttöön vuonna 2001. Laitoksen kaukolämpöteho on 7,7 MW ja nettotuotanto 13,3 GWh. Lämmönkulutus on 11,3 GWh ja kaukolämmön huipputeho (vuorokausiteho) 3,8 MW. Kaukolämpöverkkoja Hyrnsalmella

on yksi ja sen pituus on 6,7 km. Laitos käyttää pääasiallisena polttoaineenaan teollisuuden puutähdettä eli sahanpurua (11,6 GWh). Lisäksi käytetään 2,6 GWh metsäpolttoainetta eli haketta ja 0,8 GWh raskasta polttoöljyä. (Suomen Kaukolämpö ry 2003.) Sähköä Hyrynsalmella tuottaa Fortum Power and Heat Oy:n Seitenoikean voimalaitos Emäjoen varrella. Jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta vastaa kuitenkin Graninge Kainuu Oy.

Tapanikylä sijaitsee noin 38 km kirkonkylältä Kuhmoon päin. Kylän koulu on lakkautettu vuosia sitten, eikä koululla ole vakinaista toimintaa. Alueella harjoitetaan jonkin verran maanviljelyä. Karjaa hoidetaan neljällä tilalla ja jonkin verran viljellään rehua. Alue on harvaan asuttua, joskin vaaroille on asutusta keskittynyt muun muassa Petroon ja Palovaaralle. Keskittymien väliset etäisyydet ovat pitkiä. (Heikkinen 2004.)

Sodankylä

Sodankylässä kaukolämpöä tuotetaan turpeesta (70%), puusta (27%) ja polttoöljyllä (3%). Laitos on perustettu vuonna 1980 ja lämmön kehityksestä, jakelusta ja myynnistä vastaa Lämpö Oy Juurakkotuli. Laitoksen omistavat kunta (90 %) ja Rovakaira Oy (10 %). Energiaa myydään vuosittain noin 60000 MWh ja huipputeho on 21 MW. Runkoverkoston pituus on 20,3 km. (Pohjois- ja Itä-Lappi 2003.) Sähköä Sodankylässä tuottavat Kemijoki Oy:n vesivoimalaitokset, joiden tuotanto menee suoraan kantaverkkoon. Jakeluverkonhaltijana sähkönsiirrosta alueella vastaa Rovakaira Oy.

Sodankylässä on merkittävät vesi- ja tuulivoimaresurssit. Vesivoimapotentiaali kaiken kaikkiaan on Sodankylässä valtakunnallisestikin merkittävä. Tuuliolosuhteet taas on tunturialueilla todettu soveltuviksi tuulivoimantuotantoon.

Rajala sijaitsee noin 45 km Sodankylän kirkonkylältä luoteeseen. Rajalassa on noin 50 henkeä työllistävä Skanska Oy:n Pahtavaaran kulkakäivos. Rajalan kylässä on kauppa ja majoituspalveluja tarjoavat muun muassa Sattaspiritti ja Sattasvaaran leirikeskus. Kylään rakennetaan lähinnä palumuuton ansiosta uusia asuntoja. Asutus on keskittynyt Rajalan kylään, jossa on noin 30-40 asuintaloa.

6. UUSIUTUVAN ENERGIAN MAHDOLLISUUDET

6.1 Kuntatarkastelu

Kuntatason tarkastelu muodostuu kolmesta osasta:

- Syrjäisyys ja energiainfrastrukturi
- Sähkön tarve
- Uusiutuvien energianlähteiden potentiaalit.

Ensimmäisessä kappaleessa tarkastellaan syrjäisyyden vaikutusta sähkönjakelun varmuuteen ja toisessa osassa kuntien sähkönkulutusta. Viimeisessä kappaleessa vertaillaan paikallisten uusiutuvien energianlähteiden potentiaalia suhteessa sähkönkulutukseen alueilla. Ensimmäisen osion kaavioissa kunnat on esitetty järjestyksessä, jonka määrää kuntakeskuksen etäisyys maakuntakeskukseen. Sähkönkulutuksen ja raaka-ainepotentiaalin tarkastelussa kunnat ovat kaavioissa sähkönkulutuksen mukaisessa järjestyksessä. Tutkimusalueiden energiankulutukseen ja paikallisiin uusiutuviin energianlähteisiin liittyvät yksityiskohtaisemmat tiedot on esitetty taulukoissa liitteellä 4.

Syrjäisyys ja energiainfrastukturi

Hajautetun energiantuotannon järjestelmät nykyisellään pääasiassa täydentävät keskitetyn energiantuotannon, siirron ja jakelun järjestelmiä. Lisäksi niitä käytetään erikoisolosuhteissa kuten syrjäisillä alueilla, joilla ei ole mahdollista kytkeytyä valtakunnan sähkönsiirtoverkkoon energian tarpeen tyydyttämiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi saaristot tai muuten erityisen hankalat olosuhteet tai kriisiolosuhteet. Tulevaisuudessa paikallisiin energianlähteisiin perustuvan hajautetun energiantuotannon rooli energiajärjestelmässä tulee kuitenkin huomattavasti kasvamaan.

Pienimuotoisen energiantuotannon ensisijainen tehtävä on tyydyttää tietyn kohteen tai alueen energian tarve paikallisesti. Tuotantoyksikön mahdollinen valtakunnan verkkoon liittyminen ja sähkön verkkoon syöttäminen tietyissä olosuhteissa parantaa tuotantoyksikön kannattavuutta ja on teknisesti sekä turvallisuusnäkökohdat huomioiden mahdollista toteuttaa, mutta se ei välttämättä ole itsetarkoitus. Sen sijaan hajautetun yksikön toteuttaminen voi johtaa paikallisen valtakunnan sähkönjakeluverkosta irrallaan toimivan verkon syntymiseen. Vastaavia paikallisia verkostoja voi syntyä myös lämmön tai vaikkapa biokaasun siirtoa varten.

Laajuudestaan (esimerkiksi 100 prosenttisesti sähköistetty Suomi) ja laadustaan huolimatta nykyinen infrastrukturi on altis häiriöille, jotka

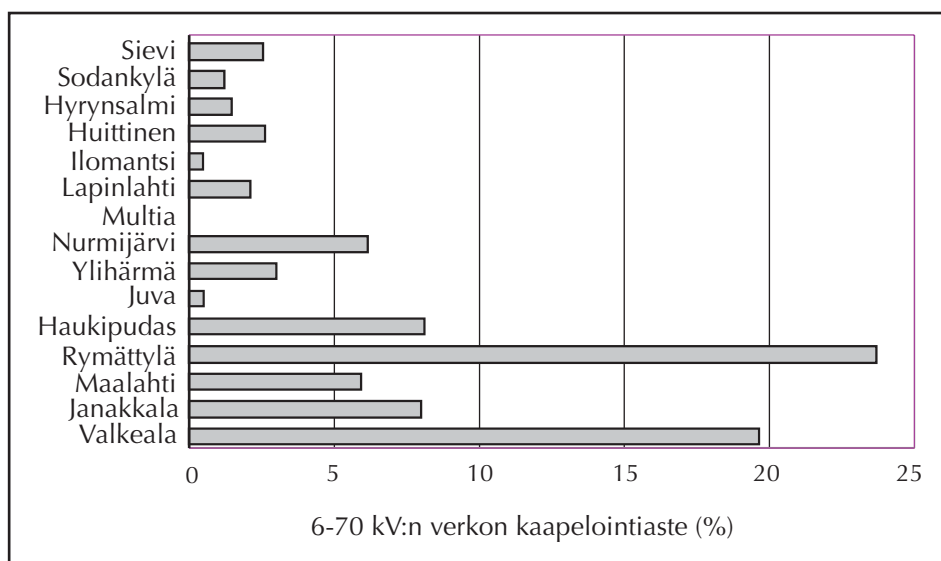
pääsääntöisesti ovat ennakoimattomia. Lisäksi sähköjakelun häiriötaajuus vaihtelee eri alueiden välillä. Hajautetun energiantuotannon järjestelmät ovatkin tarpeen ja tukevat nykyistä keskitettyyn tuotantoon perustuvaa infrastruktuuria erityisesti alueilla, joilla valtakunnan verkon sähköjakelunhäiriöt ovat yleisiä. Häiriöt voivat kuluttajan kannalta olla kohtalokkaita ja siksi esimerkiksi karjatilat joutuvat tarvittavan lämmön saannin tai ilmastoinnin toiminnan varmistamiseksi turvautumaan varavoimajärjestelmiin, jotka nykyisin perustuvat fossiilisiin polttoaineisiin. Verkonhaltijalle huolto- ja kunnossapitokustannuksiltaan syrjäiset häiriöalttiit seudut ovat kalleimmasta päästä suhteessa siirrettyyn energianmäärään – ylläpidon kannustimena lienevätkin lähinnä langetetut velvoitteet. Olisiko näiden alueiden energihuolto hoidettavissa paikallisesti ja paikallisiin resursseihin perustuen mahdollisesti yhteistyössä esimerkiksi alueella toimivan verkkoyhtiön kanssa?

Lämmöntuotantoa ajatellen keskitettynä tuotantojärjestelmänä voidaan pitää lähinnä taajama-alueiden kaukolämmöntuotantoa ja maakaasun jakelua kiinteistöihin. Lisäksi siihen voidaan lukea sähkölämmitysjärjestelmät, jotka perustuvat valtakunnalliseen sähköntuotanto-, siirto- ja jakeluinfrastruktuuriin. Hajautetun lämmön tuotannon soveltuvuusalueen voidaankin siten ajatella pitkälti noudattavan sähkönsäntöjä. Tässä kappaleessa hahmotellaan hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteita energiainfrastruktuurin haavoittuvuuden ja laadun mukaan.

Kaapelointiaste kuuluu jakeluverkkotoiminnan laajuutta ja luonnetta kuvaaviin tunnuslukuihin. Esimerkiksi keskijänniteverkon (6-70 kV) kaapelointiaste (%) lasketaan seuraavasti (Energiamarkkinavirasto 2002f):

$$\begin{aligned} & \text{Kaapelointiaste (6-70 kV:n verkko, \%)} \\ & = 100 \cdot \frac{\text{keskijännitemaakaapelien yhteispituus}}{\text{keskijänniteverkon kokonaispituus}} \quad (1) \end{aligned}$$

Maakaapelit eivät ilmakaapeleihin verrattuna ole niin alttiita esimerkiksi luonnonilmiöiden aiheuttamille häiriöille ja siten korkean kaapelointiasteen alueilla kuten taajamissa jakelun keskeytykset ovat vähäisempiä. Tässä tutkimuksessa käytettävissä olleet kuntakohtaisina ilmoitettavat kaapelointiasteet ovat joko jakeluverkkoyhtiöiden ilmoittamia kuntakohtaisia tai yhtiökohtaisia arvoja (kuva 30).



Kuva 30. Keskijänniteverkon kaapelointiasteet.

Keskijänniteverkon kaapelointiasteet ovat korkeimmat Rymättylässä, Valkealassa, Haukiputaalla, Janakkalassa, Nurmijärvellä ja Maalahdessa. Saaristoisen Rymättylän korkeaa lukua selittää vedenalaisten kaapeleiden suuri osuus. Valkealan kaapelointiaste on Energiamarkkinaviraston (2002e) ilmoittama yhtiökohtainen arvo. Alueella toimivan jakeluverkkoyhtiön vastuualueeseen kuuluu Valkealan lisäksi muun muassa Kouvola ja Kuusankoski, mikä oletettavasti nostaa yhtiökohtaista kaapelointiastetta Valkealan kuntakohtaiseen arvoon verrattuna. Haukiputaalla jakeluverkonhaltijan vastuualueen rajat noudattavat aika tarkasti kuntarajaa, joten Energiamarkkinaviraston ilmoittamaa arvoa voidaan pitää kuntakohtaisena. Haukipudas on asukasluvultaan ja asukastiheydeltään tutkimuksen kohdekunnista toiseksi suurin ja tilastollisen kuntaryhmittelyn (kuva 25) mukaan ainoa kaupunkimainen kunta, mitkä osaltaan selittävät korkeaa kaapelointiastetta.

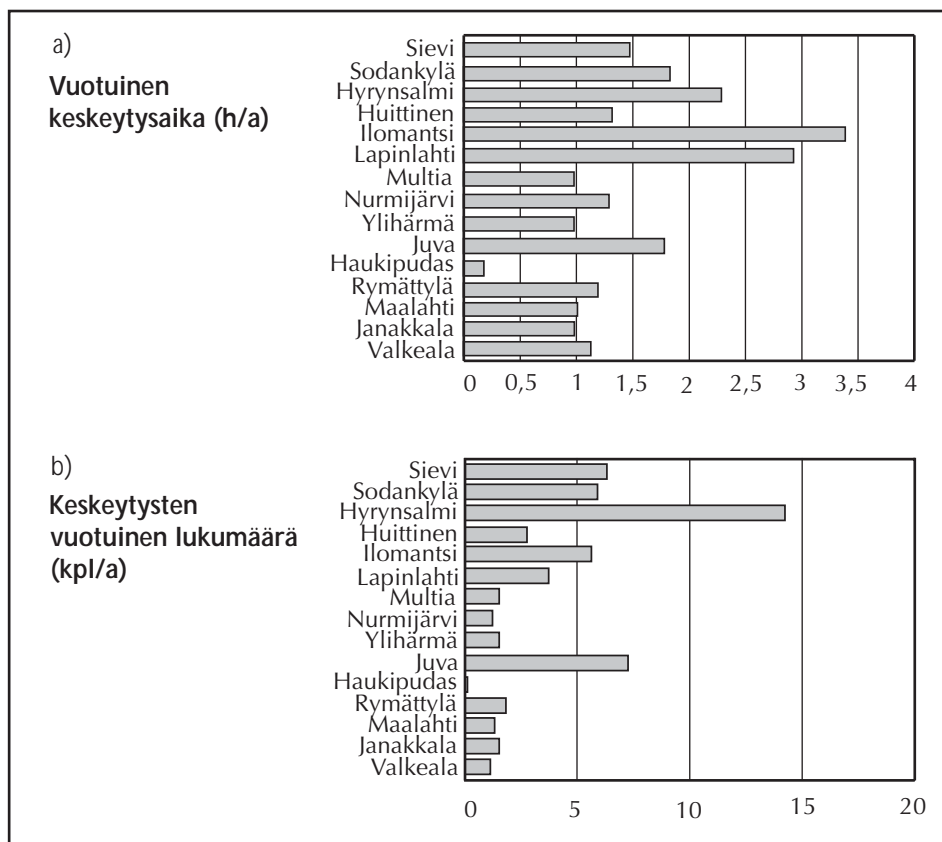
Janakkalan ja Maalahden kaapelointiasteet ovat kuntakohtaisia arvoja. Maaseudun kolmijaon mukaan Janakkala kuuluu kaupunkimaisimpaan luokkaan yhdessä kolmen muun kunnan kanssa (kuva 25), ja asukasluvultaan ja -tiheydeltään se on tutkimuksen kohdekuntien joukossa kolmantena. Maalahden kaapelointiasteeseen vaikuttavat hieman vedenalaiset kaapelit, joiden osuus ei kuitenkaan ole kovin suuri. Nurmijärven jakeluverkonhaltijan vastuualue noudattelee Haukiputaan tavoin kuntarajoja, ja siten kaapelointiaste on myös kuntakohtainen arvo. Lisäksi kaikkia edellä mainittuja kuntia yhdistävät lyhyet etäisyydet maakuntakeskukseen (kuva 24).

Pienimmät kaapelointiasteet ovat Multialla, Juvalla, Ilomantsissa, Sodankylässä ja Hyrynsalmella. Ne ovat maaseutumaisia kuntia ja maaseudun kolmijaonkin mukaan Juvaa lukuun ottamatta edustavat harvaan asuttua maaseutua. Asukastiheydeltään ne ovat viisi harvimmin asuttua kuntaa. Multian kaapelointiasteena on ilmoitettu kuntakohtainen arvo, joka on tutkimuksen alhaisin. Sodankylä, Ilomantsi, Hyrynsalmi ja Juva ovat maapinta-alaltaan tutkimuksen suurimmat kunnat (kuva 26b). Multia on kunnista seitsemänneksi suurin. Juvan, Ilomantsin, Hyrynsalmen ja Sodankylän kaapelointiasteet ovat verkkoyhtiöiden ilmoittamia kunta-kohtaisia arvioita.

Sievin (verkkoyhtiökohtainen), Huittisten, Lapinlahden ja Ylihärmän (kuntakohtaisia arvioita) keskijänniteverkon kaapelointiasteet sijoittuvat edellä tarkasteltujen kuntien välimaastoon. Kaikki neljä kuntaa edustavat ydinmaaseutua ja ovat tilastollisen kuntaryhmittelyn mukaan maaseutumaisia lukuun ottamatta Huittista, joka on taajaan asuttu kunta.

Kuluttajan vuotuinen keskeytysaika (h/a) ja kaikkien keskeytysten vuotuinen lukumäärä kuluttajalla (kpl/a) ovat jakeluverkkotoiminnan laatua kuvaavia tunnuslukuja. Kuluttajan vuotuinen keskeytysaika "tarkoittaa aikaa, jonka kuluttaja on keskimäärin ilmansähköä vuodessa (mukana myös suunnitellut keskeytykset). Keskeytyksiin otetaan mukaan vain omasta verkosta aiheutuneet keskeytykset." Kaikkien keskeytysten vuotuinen lukumäärä kuluttajalla "tarkoittaa sitä, kuinka monta keskeytystä kuluttajalla on vuodessa keskimäärin (mukana myös suunnitellut keskeytykset). Keskeytyksiin otetaan mukaan vain omasta verkosta aiheutuneet keskeytykset." (Energiamarkkinavirasto 2002f.)

Kaikista tutkimuskohteena olevista kunnista ei keskeytyksiin liittyvää kuntakohtaista aineistoa ollut saatavilla. Kuvissa 31a ja b on esitetty käytettävissä ollut aineisto. Kuntakohtaisen tiedon puuttuessa on käytetty yhtiökohtaisia arvoja.



Kuva 31. a.) Kuluttajan vuotuinen keskeytysaika (h/a) ja b.) kaikkien keskeytysten vuotuinen lukumäärä kuluttajalla (kpl/a).

Kuvassa 31 esitettyihin arvoihin vaikuttavat monet satunnaistekijät. Keskeytyksiä aiheuttavat esimerkiksi ukkoset, myrskyt, lumi- ja jääkuorma ja muut sääilmiöt, eläimet ja ilkivalta (Sener 2003). Tämä suppea tarkastelu ei osoita sitä, että millä alueella tarkastelluista on keskeytyksille alttein siirtoverkosto, mutta se kertoo kuitenkin, että keskeytyksiä tapahtuu ja todennäköisesti syystä tai toisesta toiset alueet (esimerkiksi luonnonolosuhteista johtuen) ovat niille alttiimpia kuin toiset. Tuloksia tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että kaikki arvot eivät ole kuntakohtaisia, vaan osa on verkkoyhtiökohtaisia, mikä luonnollisesti myös näkyy esitetyissä arvoissa.

Keskijänniteverkon kaapelointiasteet ovat korkeimmat Rymättylässä, Valkealassa, Maalahdella, Haukiputaalla, Janakkalassa ja Nurmijärvellä. Kaikkien näiden kuntien keskeytyksiä koskevat arvot ovat tutkimuskuntien joukossa verraten pieniä kaupunkimaisen Haukiputaan erottuessa joukosta

muita pienemmillä arvoilla. Kuluttajan vuotuista keskeytysaikaa (h/a) ja kaikkien keskeytysten vuotuista lukumäärää kuluttajalla (kpl/a) koskevat tiedot perustuvat verkkoyhtiön ilmoittamaan kuntakohtaiseen arvioon (Rymättylä) tai yhtiökohtaiseen arvoon (Valkeala, Maalahti, Janakkala). Haukiputaan ja Nurmijärven arvot ovat yhtiökohtaisia lukuja, mutta vastualueet noudattelevat kuitenkin aika tarkasti kuntarajaa. Valkealan arvoon vaikuttavat muun muassa Kouvola ja Kuusankoski, jotka siis sijaitsevat saman verkkoyhtiön vastuualueella. Maalahden lukuarvoihin vaikuttaa verkkoyhtiön alueella sijaitseva Vaasa, ja Janakkala kuuluu maantieteellisesti hyvin laajaan verkkoyhtiön vastuualueeseen.

Keskijänniteverkon kaapelointiasteet ovat alhaisimmat Multialla, Juvalla, Ilomantsissa, Sodankylässä ja Hyrynsalmella. Juvan, Ilomantsin ja Hyrynsalmen keskeytysajat ovat kolme korkeinta kuntakohtaisesti ilmoitettujen arvojen joukossa. Myös kaikkien lukuarvojen joukossa ne ovat viiden suurimman joukossa. Sodankylän keskeytyksiä kuvaavat luvut ovat kaavioissa 31a ja b neljäntenä. Kuntien keskeytyksiä koskevat tiedot perustuvat verkkoyhtiökohtaisiin tietoihin (Hyrynsalmi (keskeytysten lukumäärä), Multia, Sodankylä,) tai verkkoyhtiöiden ilmoittamiin kuntakohtaisiin arvioihin tai laskelmiin (Hyrynsalmi (keskeytysaika), Juva, Ilomantsi). Multia sijaitsee saman yhtiön maantieteellisesti laajalla vastuualueella kuin Janakkala ja Ylihärmä ja siitä syystä niiden keskeytysajat ja -lukumäärät ovat samat kuvissa 31 a ja b.

Sievin, Huittisten, Lapinlahden ja Ylihärmän keskijänniteverkon kaapelointiasteet sijoittuivat muiden tutkimuskohteina olevien kuntien arvojen välimaastoon. Huittinen sijoittuu keskeytyksiä kuvaavissa kaavioissa puoliväliin. Sievin sijainti on samansuuntainen etenkin keskeytysajan suhteen. Lapinlahden arvot ovat yhtiökohtaisia arvoja ja ne etenkin keskeytysten lukumäärän osalta sijoittuvat samaan luokkaan Huittisten kanssa. Ylihärmän arvot ovat siis samat (yhtiökohtaiset) kuin Janakkalalla ja Multialla, eikä niiden perusteella siten voi päätellä mitään. Keskeytyksiä kuvaavat luvut (kuvat 31a ja b) ovat verkkoyhtiökohtaisia (Ylihärmä, Sievi, Lapinlahti) tai verkkoyhtiön antamia arvioita kuntakohtaisista arvoista (Huittinen).

Käytettävissä olleen aineiston perusteella jakeluhäiriöiden määrä ja ajallinen kesto pääsääntöisesti pienenee, kun verkon kaapelointiaste nousee. Kaapelointiaste yleensä nousee, kun lähestytään taajamaa tai kaupunkimaista aluetta. Tämä tulee jossain määrin esiin kuvista 30 ja 31.

Sähköenergialiitto ry Senerin julkaisusta (2003) saadaan tukea päätelmälle, että häiriöt sähkönjakelussa lisääntyvät siirryttäessä taajamista maaseudulle. Vuonna 2002 keskimääräinen häiriökeskeytysaika maaseudulla oli 5,2 h/a ja taajamissa 1,2 h/a. Kokonaiskeskeytysajat maaseudulla olivat

6,1 h/a ja taajamissa 1,7 h/a. Vuonna 2001 keskimääräiset häiriökeskeytysajat olivat vastaavasti 6,8 h/a ja 4,7 h/a ja kokonaiskeskeytysajat 8,7 ja 5,9 h/a. Vuoden 2001 pitkät keskeytykset johtuvat suurelta osin tuolloin olleista Janika- ja Pyry-myrskyistä. Vuonna 2002 Unto-myrsky vaikutti Sisä-Suomen arvoihin.

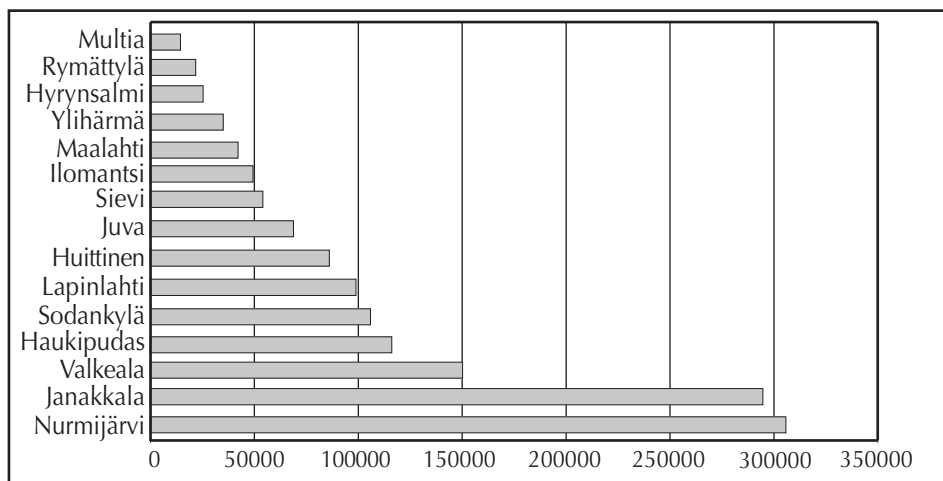
Keskeytystilastosta, jossa verkkoyhtiöt on jaettu maaseutu- ja taajamayhtiöihin ja taajamayhtiöt edelleen kaapelointiasteen mukaisesti ryhmiin (10-25 %, 25-50 %, 50-75 %, >75 %), voidaan tehdä muun muassa seuraavia johtopäätöksiä:

- Kun kaapelointiaste kasvaa eli maakaapelien osuus lisääntyy, jakelunkeskeytysten lukumäärä asiakkaalla ja kuluttajan vuotuinen keskeytysaika pienenevät.
- Kaapelointiasteen lisäksi olosuhdetekijät vaikuttavat: Kun taajamayhtiön (kaapelointiaste >10 %) kaapelointiaste nousee, esimerkiksi ukkosen, lumi- ja jääkuorman, lumikuorman kaataman puun, tuulen ja myrskyn ja tuntemattoman syyn aiheuttamat jakelunkeskeytysten lukumäärät ja keskeytysajat pienenevät.

Keskeytysten lukumäärän ja ajallisen keston riippuvuus kaapelointiasteesta yleensä pätee verkkoyhtiö- ja kuntatasolla. Oletettavasti se hyvin suurella todennäköisyydellä pätee myös pienaluetasolla eli kun etäisyys taajamasta kasvaa kaapelointiaste pienenee ja keskeytysajat ja -lukumäärät kasvavat.

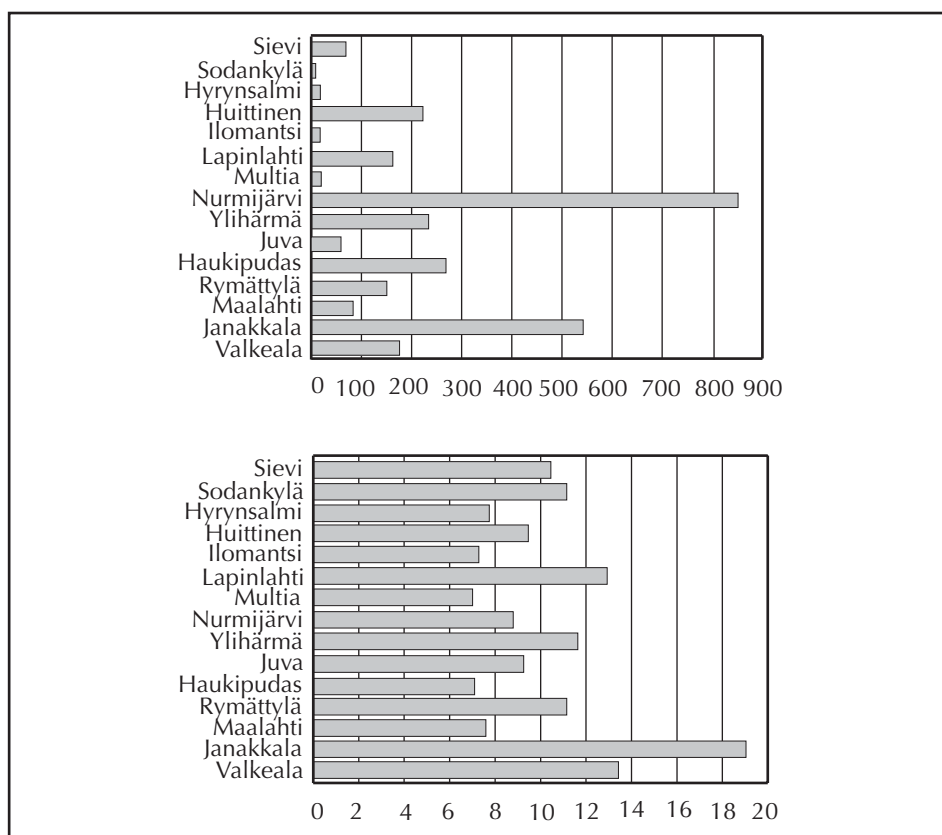
Sähkön tarve

Sähkönkulutukseen alueella vaikuttavat monet seikat asukasluvusta elinkeinorakenteeseen. Kuvissa 32-35 on esitetty kuntien sähkön kokonaiskulutukset vuonna 2001, kulutukset asukasta ja pinta-alaa kohti sekä maa- ja metsätalouden, jalostuksen ja palveluiden osuudet kulutuksesta. Kunnat on kaavioissa järjestetty kuntien kokonaiskulutuksen mukaan. Sähkönkulutus on pienintä Multialla ja kasvaa tasaisesti Janakkalaan ja Nurmijärveen saakka, joiden sähkönkulutus on vähintään kaksinkertaista muihin verrattuna. Kokonaiskulutukset on esitetty kuvassa 32.



Kuva 32. Sähkönkulutus kunnissa vuonna 2001.

Keskimääräinen sähkönkulutus neliökilometriä kohti on suurinta Nurmijärvellä (kuva 33a). Pienintä kulutus on pinta-alaltaan suurimmassa ja asukastiheydeltään pienimmässä Sodankylässä (kuva 33a). Kulutusjakauma asukasta kohti on hieman tasaisempi (kuva 33b). Tällöin piikkinä erottuu Janakkala.



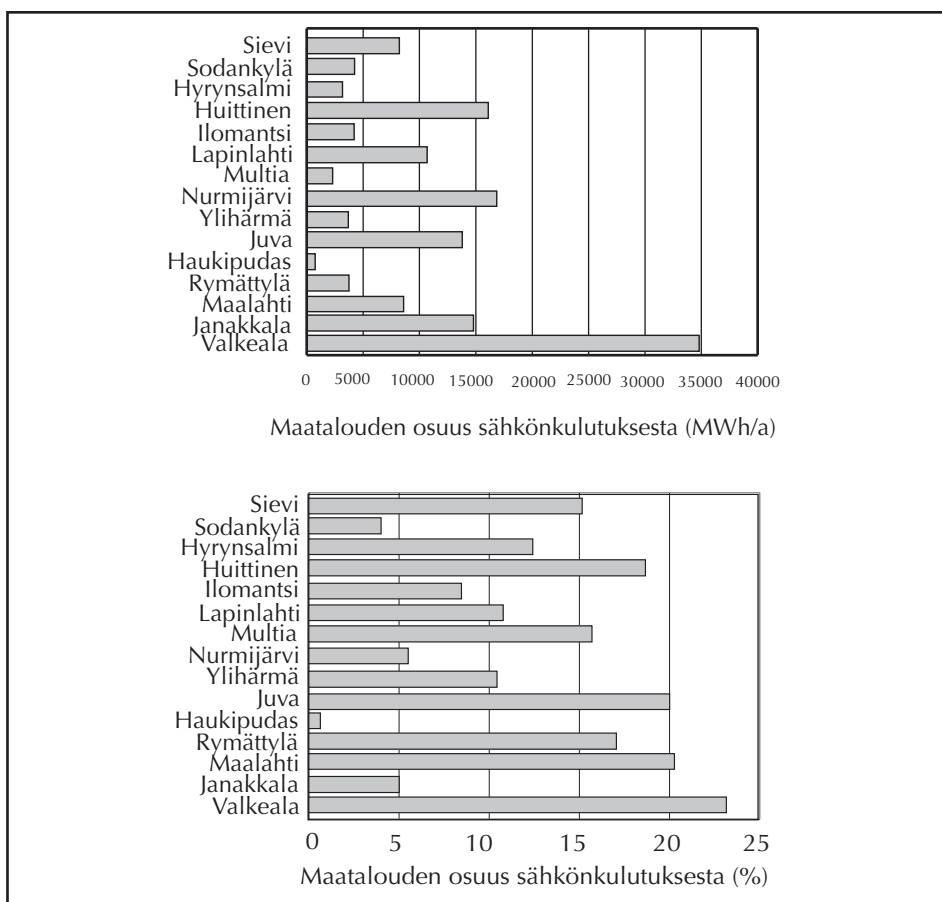
Kuva 33. Kuntien sähkönkulutus a.) pinta-alayksikköä kohti ja b.) asukasta kohti.

Nurmijärven suurta sähkönkulutusta suhteessa vertailukuntiin voidaan selittää alueen suurella asukasluvulla ja asukastiheydellä (kuva 26). Suuren väestömäärän lisäksi kulutukseen vaikuttaa kunnan elinkeinorakenne (kuvat 27). Maa- ja metsätalouden työpaikkoja Nurmijärvellä on vertailukunnista prosentuaalisesti toiseksi vähiten. Palveluiden osuus taas on kunnista toiseksi suurin. Jalostuksen työpaikkojen osuus on 25,7 % eli hivenen alle keskimääräisen vertailtavien kuntien joukossa.

Janakkalassa sähkön kokonaiskulutus sekä pinta-alakohtainen kulutus ovat toiseksi suurimmat. Asukasta kohti laskettu kulutus on kunnista suurinta, mikä selittyy Nurmijärven kanssa lähes yhtä suurella kokonaiskulutuksella ja noin puolet pienemmällä asukasluvulla. Muutoin kulutusta selittää kunnassa sijaitseva energiaintensiivinen teollisuus sekä jalostuksen työvoiman osuus, joka on tutkittavista kunnista suurin. Multian pientä sähkönkulutusta selittävät alhainen asukasluku sekä maa- ja metsätalouden

suhteellisen suuri osuus elinkeinorakenteessa. Kaiken kaikkiaan kulu-
tusjakauma pääsääntöisesti noudattaa kuntien asukaslukua (kuva 26a).

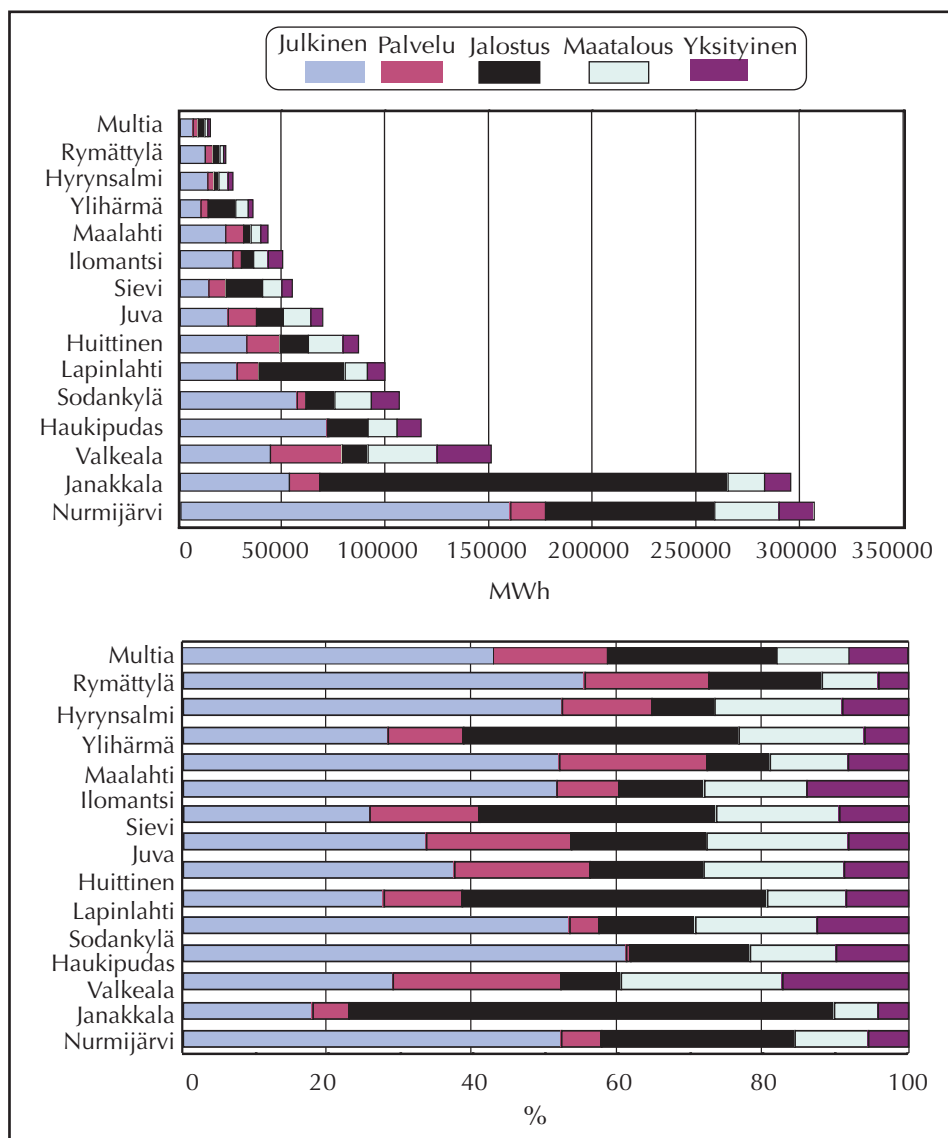
Maatalouden sähkönkulutus on esitetty kuvissa 34a ja b. Maatalous
kuluttaa eniten sähköä Valkealassa ja vähiten Haukiputaalla. Myös prosen-
tuaalisesti maatalouden sähkönkulutuksen osuus on suurin Valkealassa ja
pienin se on Haukiputaalla.



Kuva 34. Maatalouden sähkönkulutus kunnissa a.) megawattitunteina sekä b.) prosentteina.

Kuvassa 35 a ja b on esitetty yhteenveto kuntien sähkönkulutuksen ja-
kaantumisesta julkisen kulutuksen, palvelujen, jalostuksen, maatalouden
ja yksityisen kulutuksen kesken. Kuvissa esitetään sähkönkulutuksen ab-
soluuttiset arvot (a) sekä suhteellinen jakauma (b). Janakkala, Nurmijärvi
ja Lapinlahti erottuvat jalostuksen suuren kulutuksen vuoksi. Yksityinen
kulutus taas on erityisen suurta Nurmijärvellä, Haukiputaalla, Sodan-

kylässä, Janakkalassa ja Valkealassa. Maatalouden ja julkinen sähkönkulutus on suurinta Valkealassa. Jalostuksen sähkönkulutuksen osuus on suurin Janakkalassa. Myös Lapinlahdella se on korkea ja Ylihärmässäkin lähes 40 % kokonaiskulutuksesta. Yksityisen kulutuksen osuus on suurin Haukiputaalla ja pienin Janakkalassa.



Kuva 35. Sähkönkulutus a.) megawattitunteina sekä b.) sähkönkulutuksen suhteellinen jakauma kunnissa.

Bioenergianlähteiden potentiaali

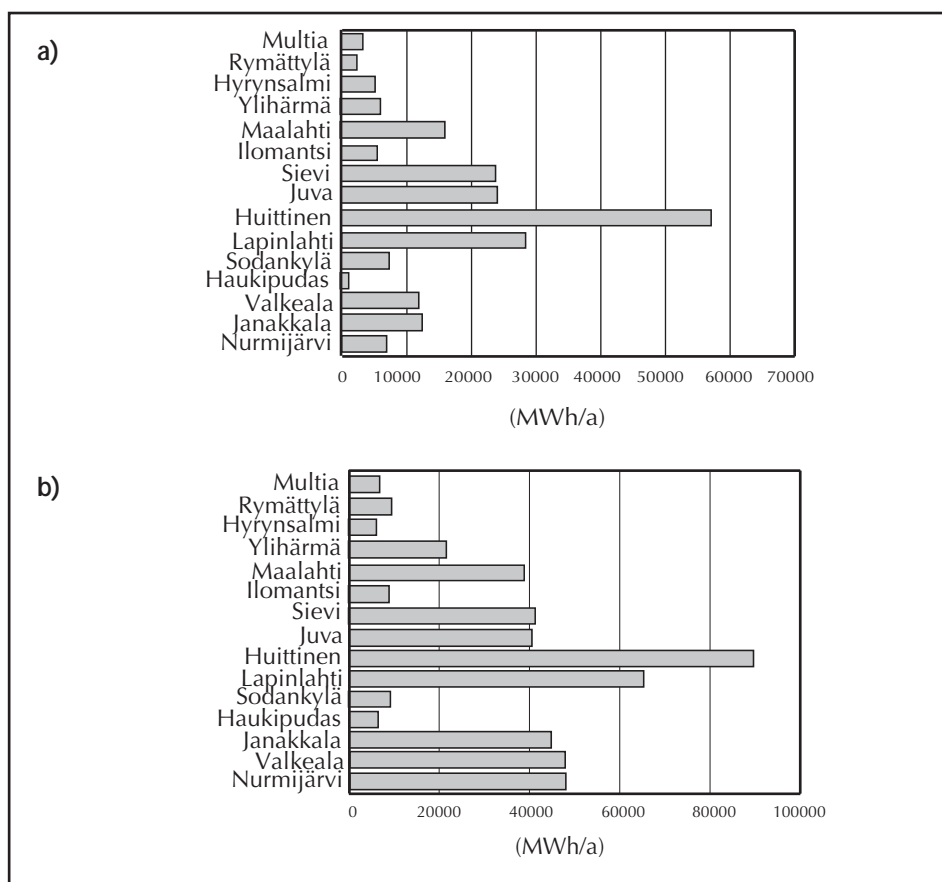
Tässä kappaleessa tarkastellaan uusiutuvien energianlähteiden kuntakohtaisia potentiaaleja ja verrataan niitä sähkönkulutukseen. Tarkastelukohteina ovat erityisesti seuraavat bioenergiamuodot:

- Maatalouden lietteisiin ja lantaan, yhdyskuntien biojätteisiin, puhdistamolietteisiin ja kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeen perustuva biokaasupotentiaali
- Viljan oljesta ja kesantopelloilla viljeltävästä ruokohelvestä muodostuva peltoenergiapotentiaali
- Päätehakkuiden metsätähteistä muodostuva energiapuupotentiaali

Lisäksi esitetään arvio energiaturpeen kuntakohtaisesta saatavuudesta. Tämän kappaleen kaavioissa kunnat on järjestetty sähkön kokonaiskulutuksen mukaan kuten kuvassa 32.

Biokaasupotentiaalit kunnissa on esitetty kuvissa 36a ja b. Suurimmat maatalouden lietteisiin ja lantaan perustuvat biokaasupotentiaalit ovat Huittisissa ja Lapinlahdella. Myös Sievissä ja Juvalla potentiaali on huomattava. Nämä kaikki kunnat edustavat ydinmaaseutua. Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntien biojätteen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven yhteenlaskettu biokaasupotentiaali (kuva 36b) on suurin Huittisissa ja pienin Hyrynsalmella, minkä kanssa potentiaali on samaa suuruusluokkaa Haukiputaalla ja Multialla. Maatalouden eläinperäiseen lantapotentialiin verrattuna silmiinpistävimpänä erona on Nurmijärven, Janakkalan ja Valkealan potentiaalien kasvu suhteessa muihin.

Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntien biojätteen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaalilin jakauma muistuttaa huomattavasti maatalouden kuntakohtaista sähkönkulutusta (kuva 34a). Biokaasupotentiaalilin voidaan myös havaita kaikissa kunnissa olevan suurempi kuin maatalouden sähkön tarve. Esimerkiksi Huittisissa potentiaali on lähes kuusinkertainen verrattuna maatalouden sähkönkulutukseen.

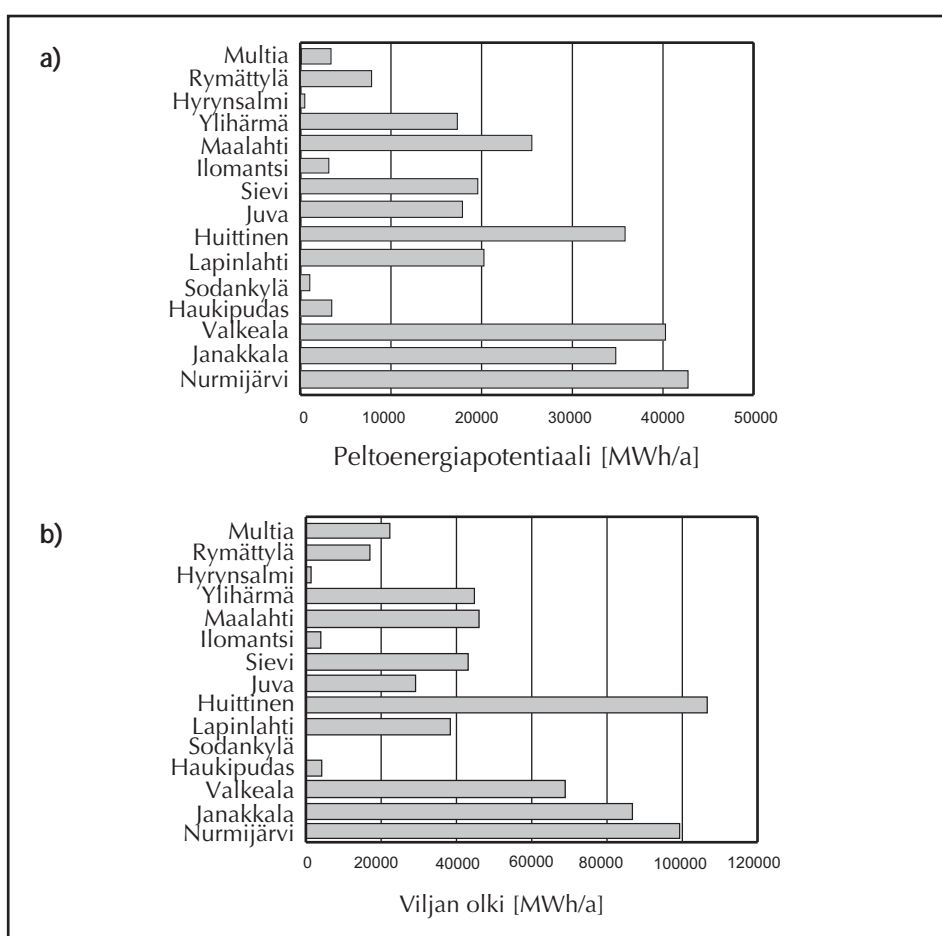


Kuva 36. a.) Maatalouden lietteiden ja lannan sekä b.) maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntien biojätteen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali.

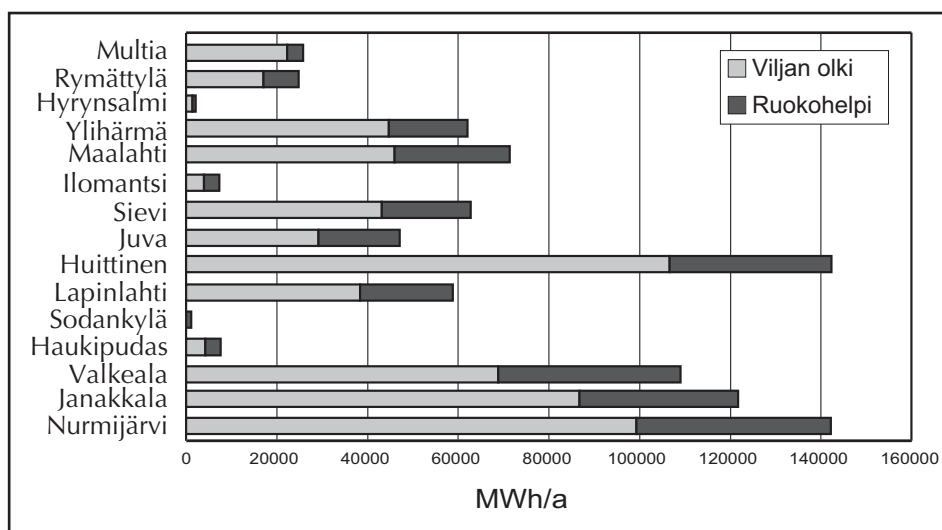
Kuvissa 37-38 on esitetty peltoenergiapotentiaalit perustuen kesantopelloilla viljeltävän ja kevätkorjatun ruokohelven laskennalliseen energiasältöön sekä viljan oljen saatavuuteen todellisilta viljelyaloilta. Viljan oljen energiapotentiaalit perustuvat vuonna 2003 viljellyn vehnän, rukiin, kauran, ohran ja öljykasvien (rypsi, rapsi) peltopinta-aloihin. Suurimmat kesantopelloilla viljeltävään ruokohelven perustuvat peltoenergiapotentiaalit (kuva 37a) ovat Nurmijärvellä, Valkealassa, Janakkalassa ja Huittisissa, jossa on suurin biokaasupotentiaali (kuva 36b). Pienimmät peltoenergiapotentiaalit ovat pohjoisborealisella ilmastovyöhykkeellä sijaitsevalla Sodankylällä sekä keskiborealisella vyöhykkeellä sijaitsevalla Hyrynsalmella, Ilomantsissa ja Haukiputaalla. Kesantopelloilla viljellyn kevätkorjatun ruokohelven peltoenergiapotentiaali noudattaa kuvassa 34a esitettyä maatalouden kun-

takohtaista sähkönkulutusta kuvan 36b tapaan. Kuvassa 37b esitetty viljan oljen energiapotentiaalidiagrammi muistuttaa huomattavasti ruokohelven potentiaalikaaviota (kuva 37a).

Kuvassa 38 on esitetty viljan oljen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven yhteenlasketut potentiaalit. Maatalouden sähkönkulutukseen (kuva 34a) verrattuna yhteenlaskettu potentiaali (kuva 38) on pääsääntöisesti moninkertainen. Ainoastaan Hyrynsalmella ja Sodankylässä potentiaali on kulutuksen kanssa samaa suuruusluokkaa tai pienempi.



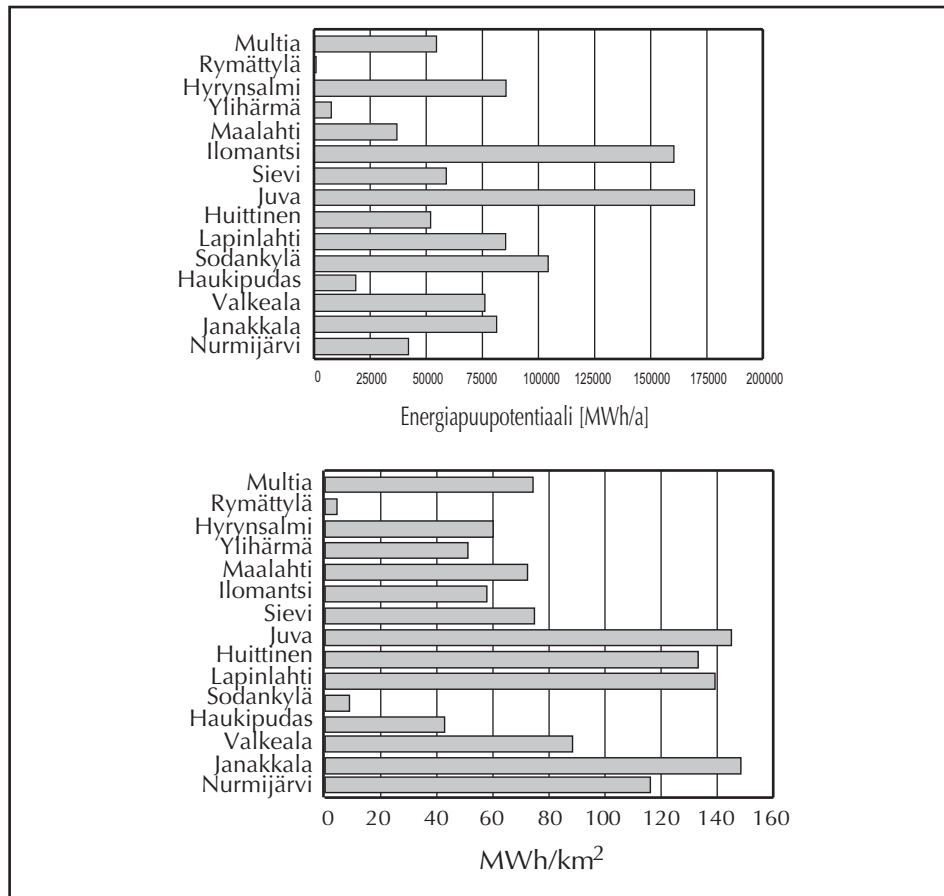
Kuva 37. a.) Kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven sekä b.) viljan oljen energiapotentiaalit.



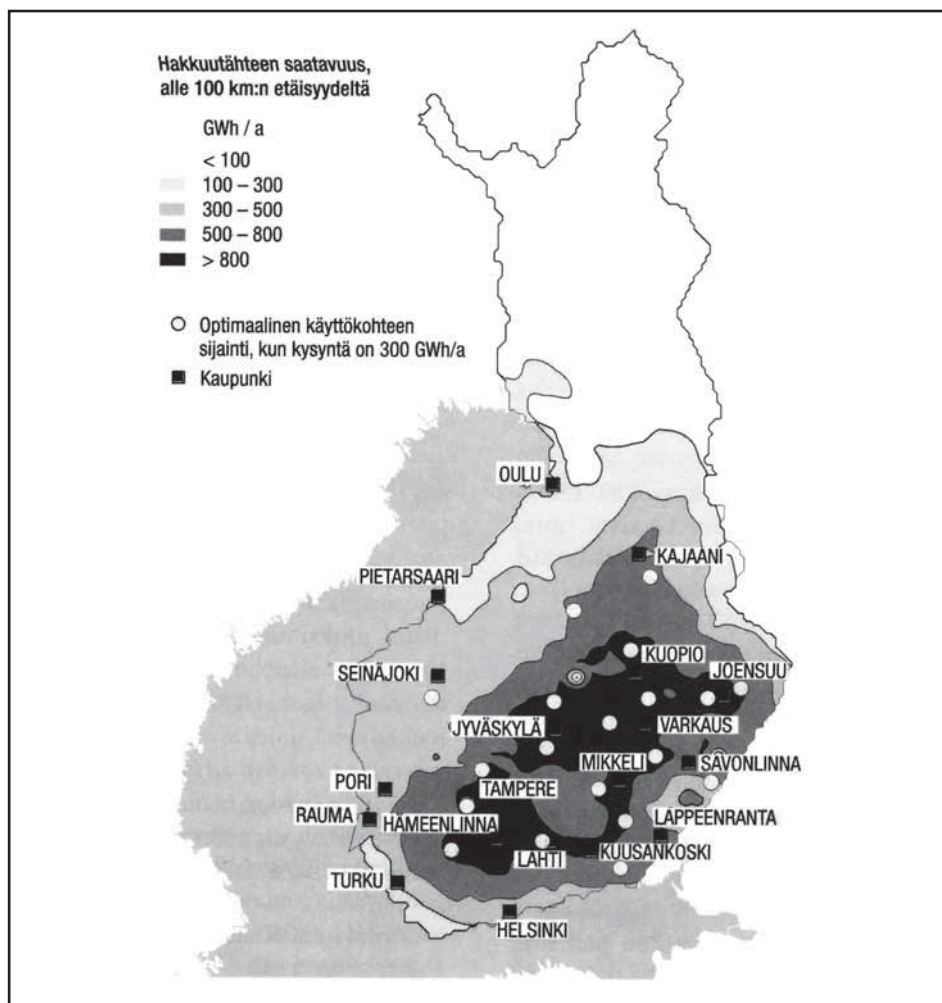
Kuva 38. Viljan oljen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven energiapotentiaali.

Kuvassa 39a on esitetty kuusi- ja mäntyvaltaisten metsien päätehakkuiden metsätähteiden talteenottoon perustuva energiapuupotentiaali. Suurimpina energiapuupotentiaalipiikkeinä erottuvat Juva ja Ilomantsi. Rymättylässä päätehakkuiden metsätähteisiin perustuvan energiapuun potentiaali on pienin. Potentiaali pinta-alayksikköä kohti on suuri erityisesti ydinmaaseudun kunnissa Juvalla, Lapinlahdella ja Huittisissa sekä Nurmijärvellä ja Janakkalassa (kuva 39b).

Päätehakkuiden metsätähdepotentiaalia on tutkittu Tekesin Puuenergian teknologiaohjelmassa. Kuvassa 40 nähdään ohjelman loppuraportissa (Hakkila 2004) esitetty karttakuva metsäteollisuusyritysten leimikkotilastojen pohjalta arvioidusta päätehakkuualojen alueellisesta hakkuutähdepotentiaalista ja suurten käyttäjien (300 GWh/a) optimaalisesta sijainnista saatavuuden näkökulmasta. Kuvassa on noudatettu yleisesti käytettyjä leimikkokriteerejä ja metsätähteen kuljetusmatkaksi on asetettu maksimissaan 100 km. Muun muassa rannikot, suuret vesistöt ja valtioiden rajat rajoittavat hankinta-alueita ja siten saatavuutta esimerkiksi valtion reuna-alueilla.



Kuva 39. Päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva teoreettinen energiapuupotentiaali. a.) Kokonaispotentiaali ja b.) pinta-alakohtainen potentiaali.

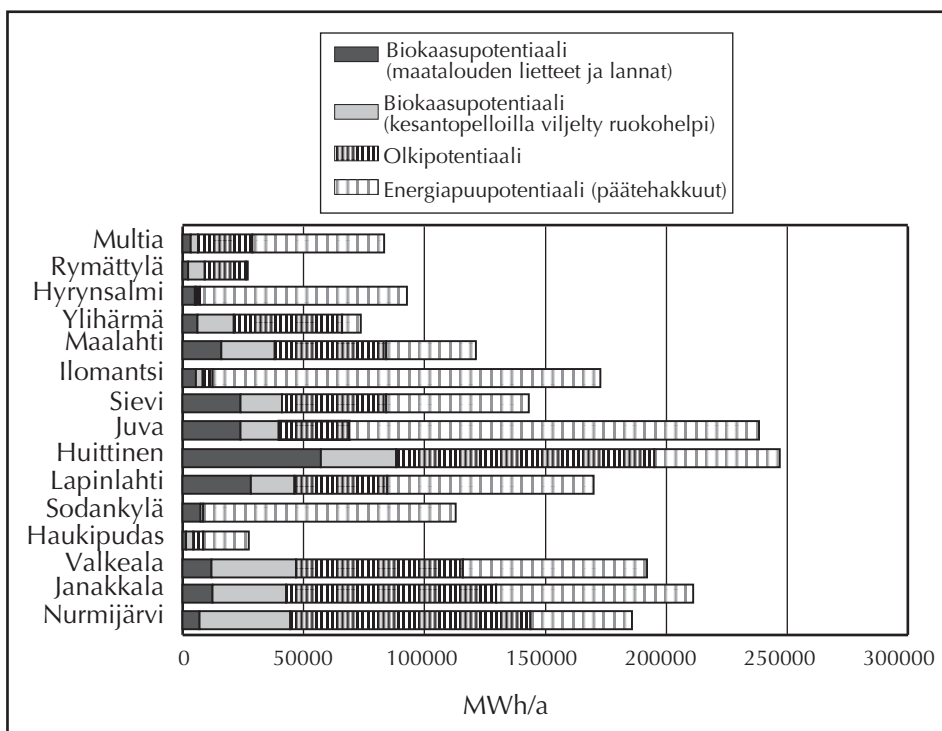


Kuva 40. Päätehakkuiden metsätähtepotentiaalit (Ranta 2003 Hakkilan 2004 mukaan).

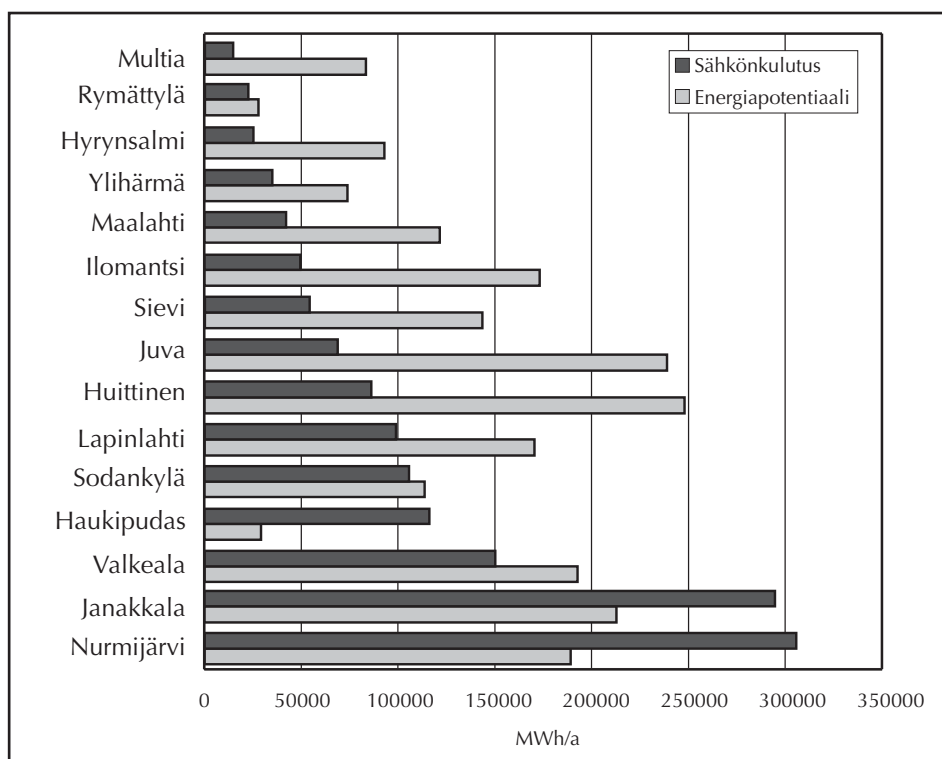
Yhteenlasketut kuntakohtaiset maatalouden lietteisiin ja lantaan (biokaasu), kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeen (biokaasu), viljan olkeen ja päätehakkuiden metsätähteisiin perustuvat energiapotentiaalit on esitetty kuvassa 41. Erityisesti Iломantsissa, Sodankylässä, Hyrynsalmella ja Juvalla puun osuus raaka-ainepotentiaalista on huomattavan suuri. Huittisissa, Lapinlahdella, Maalahdella, Sievissä, Valkealassa, Janakkalassa ja Nurmi-järvellä potentiaali on huomattavasti monipuolisempi. Kokonaispotentiaali on suurin Huittisissa ja pienin Rymättylässä.

Kuvassa 42 on esitetty biokaasupotentiaalista (maatalouden lietteet ja lannat, biojätteet, puhdistamoliete sekä kesantopelloilla viljeltävä ruokohel-

pi), viljan oljesta sekä päätehakkuiden metsätähteiden energiapuupotentiaalista muodostuva kokonaispotentiaali suhteessa sähkönkulutukseen. Tarkasteltujen biomassojen teoreettinen energiapotentiaali on vähintään kaksinkertainen sähkönkulutukseen verrattuna Juvalla, Huittisissa, Sievisä, Ilomantsissa, Maalahdella, Hyrynsalmella ja Multialla. Sähkönkulutus ylittää teoreettisen potentiaalin Nurmijärvellä, Janakkalassa ja Haukiputaalla (kuva 42).

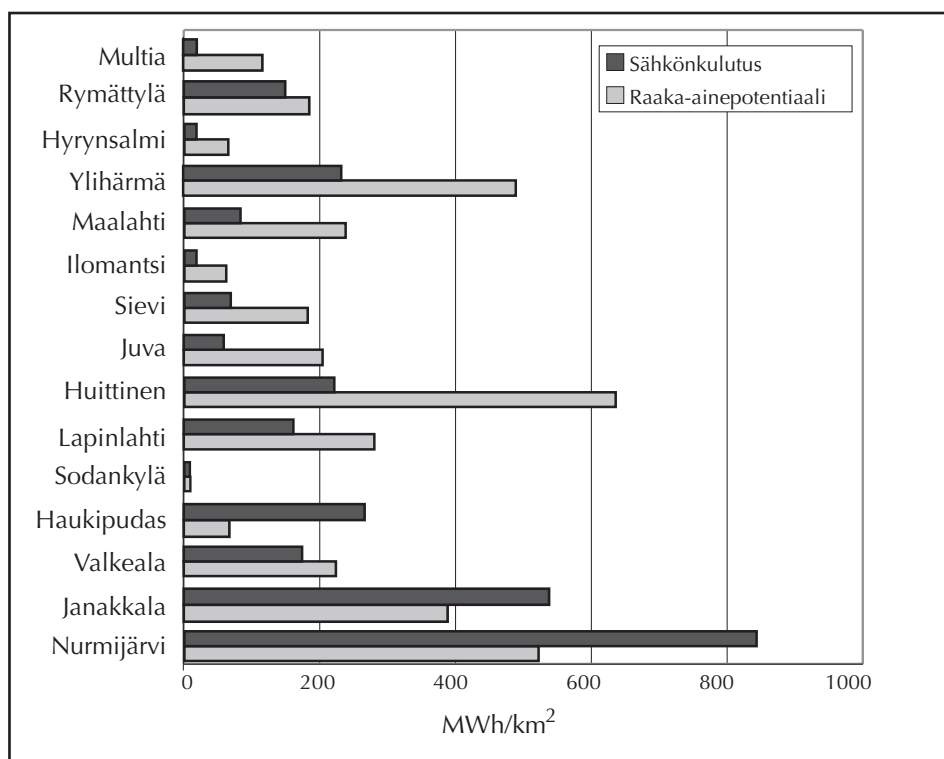


Kuva 41. Maatalouden lietteisiin ja lantaan sekä kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeeseen perustuvat biokaasupotentiaalit sekä viljan olkeen ja päätehakkuiden metsätähteisiin perustuvat energiapotentiaalit.



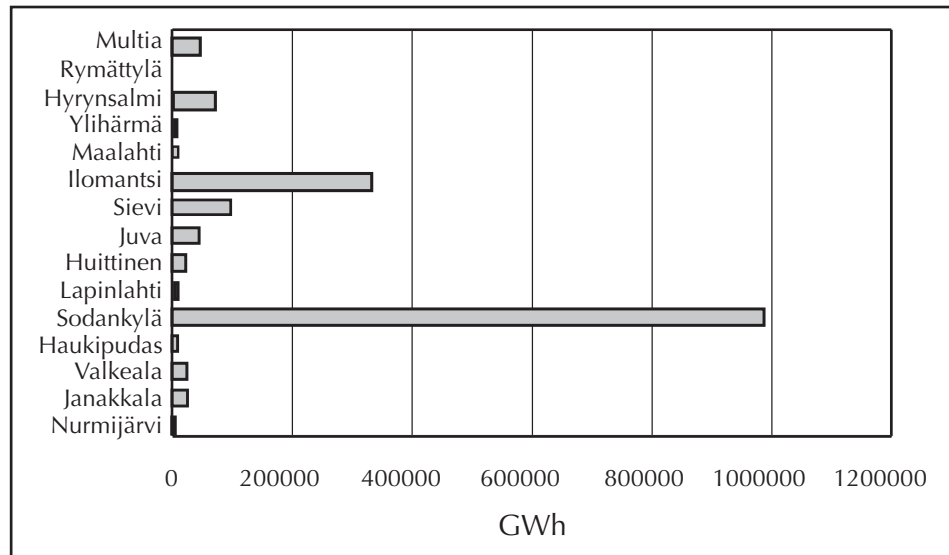
Kuva 42. Kuntien sähkönkulutukset sekä raaka-ainepotentiaali, joka muodostuu biokaasupotentiaalista (maatalouden lietteet ja lannat, biojätteet, puhdistamoliete sekä kesantopelloilla viljeltävä ruokohelpi), viljan oljesta sekä päätehakkuiden metsätähteiden energiapuupotentiaalista.

Suurimmat pinta-alakohtaiset potentiaalit ovat Huittisissa, Nurmijärvellä ja Ylihärmässä (kuva 43). Huittisissa kuitenkin sähkönkulutus on vain kolmasosa potentiaalista, Ylihärmässä noin puolet, mutta Nurmijärvellä kulutus on huomattavasti potentiaalia suurempaa.



Kuva 43. Sähkönkulutus ja raaka-ainepotentiaali (MWh/km²), joka muodostuu biokaasupotentiaalista (maatalouden lietteet ja lannat, biojätteet, puhdistamoliete sekä kesantopelloilla viljeltävä ruokohelpi), viljan oljesta sekä päätehakkuiden metsätähteiden energiapuupotentiaalista.

Turve on hitaasti uusiutuva biomassapolttoaine. Kuvassa 44 on esitetty arvioidut kuntakohtaiset energiaturvepotentiaalit.



Kuva 44. Energiaturvepotentiaalit.

Biomassojen lisäksi mahdollisia uusiutuvan energian lähteitä ovat esimerkiksi tuulivoima ja aurinkoenergia. Parhaat edellytykset tuulivoimantuotannolle ovat merialueilla, rannikolla ja tunturialueilla. Tutkimuskunnista Rymättylä, Maalahti ja Haukipudas sijaitsevat rannikolla ja Sodankylä Lapissa, joten ne ovat tuulivoimantuotannon kannalta mielenkiintoisimmat alueet. Auringon säteilyenergiaa on Suomessa saatavilla keskimäärin vuodessa noin 790-940 kWh/m². Aurinkosähkön ja -lämmön lisäksi voidaan auringon säteilyenergiaa hyödyntää esimerkiksi maalämpönä. Aurinkoenergiaa ja tuulivoimaa tarkastellaan lyhyesti pienaluetarkastelun yhteydessä seuraavassa kappaleessa.

6.2 Pienalueiden vertailu

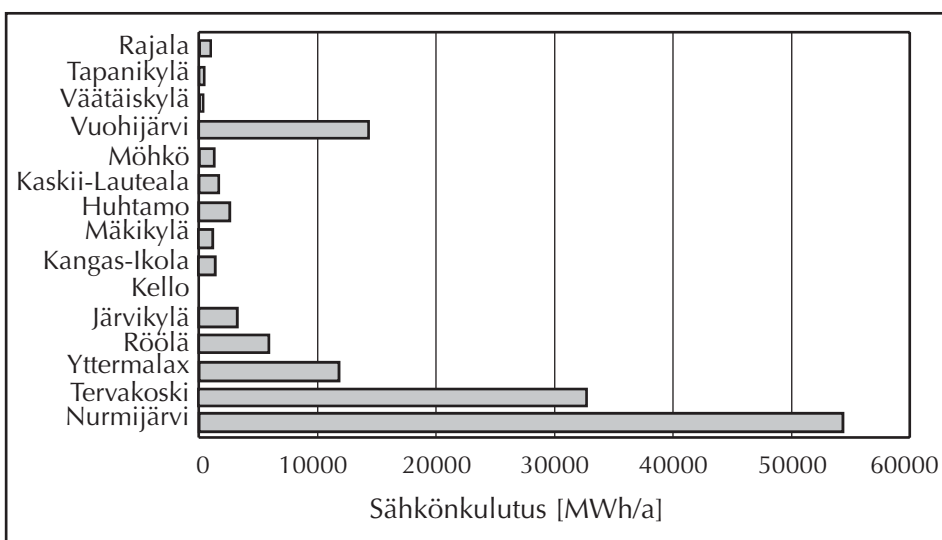
Pienaluetason tarkastelu muodostuu neljästä osasta:

- Sähkön tarve
- Lämmön tarve
- Lämmitystapa pienalueilla
- Uusiutuvien energianlähteiden potentiaalit

Pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutuksen ja lämmöntuotantotapojen jälkeen tarkastellaan paikallisten uusiutuvien energianlähteiden potentiaalia suhteessa sähkön- ja lämmönkulutukseen. Pienalueet on kaavioissa esitetty (kunta)keskukseen olevan etäisyyden mukaisessa järjestyksessä.

Sähkön tarve

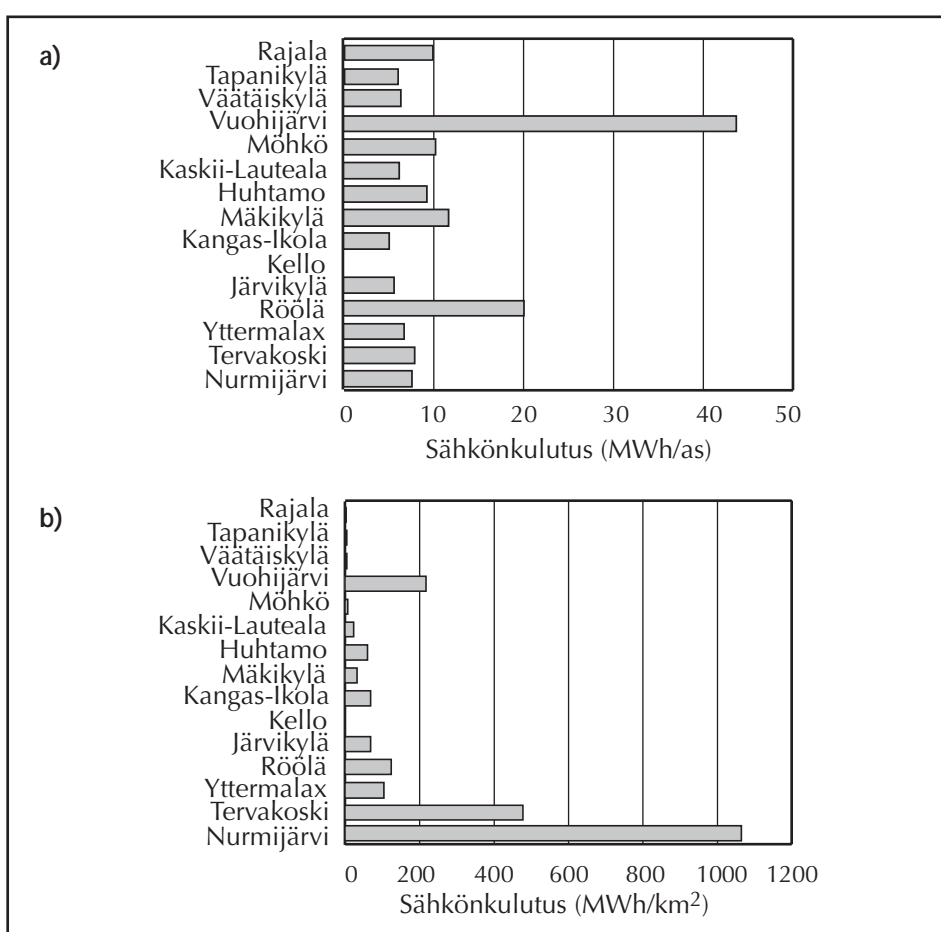
Seuraavassa tarkastellaan pienalueiden sähkönkulutusta. Kuvissa 45-46 on esitetty pienalueiden sähkön kokonaiskulutukset sekä kulutukset asukasta ja pinta-alaa kohti. Kelloa koskevia sähkönkulutustietoja ei ollut käytettävissä.



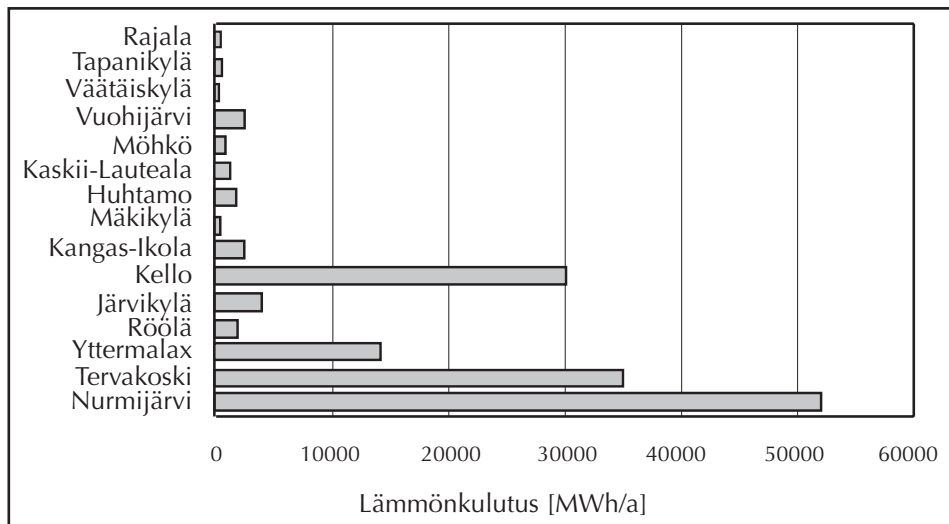
Kuva 45. Sähkönkulutus pienalueilla.

Kuvasta 45 nähdään, että tutkimuksen pienalueiden sähkön kokonaiskulutus pääsääntöisesti kasvaa etäisyyden keskukseen pienentyessä. Sähkönkulutus on suurinta Nurmijärvellä, Tervakoskella, Vuohijärvellä ja Yttermalaxissa. Vuohijärven suuri kulutus erottuu jakaumasta poikkeavana

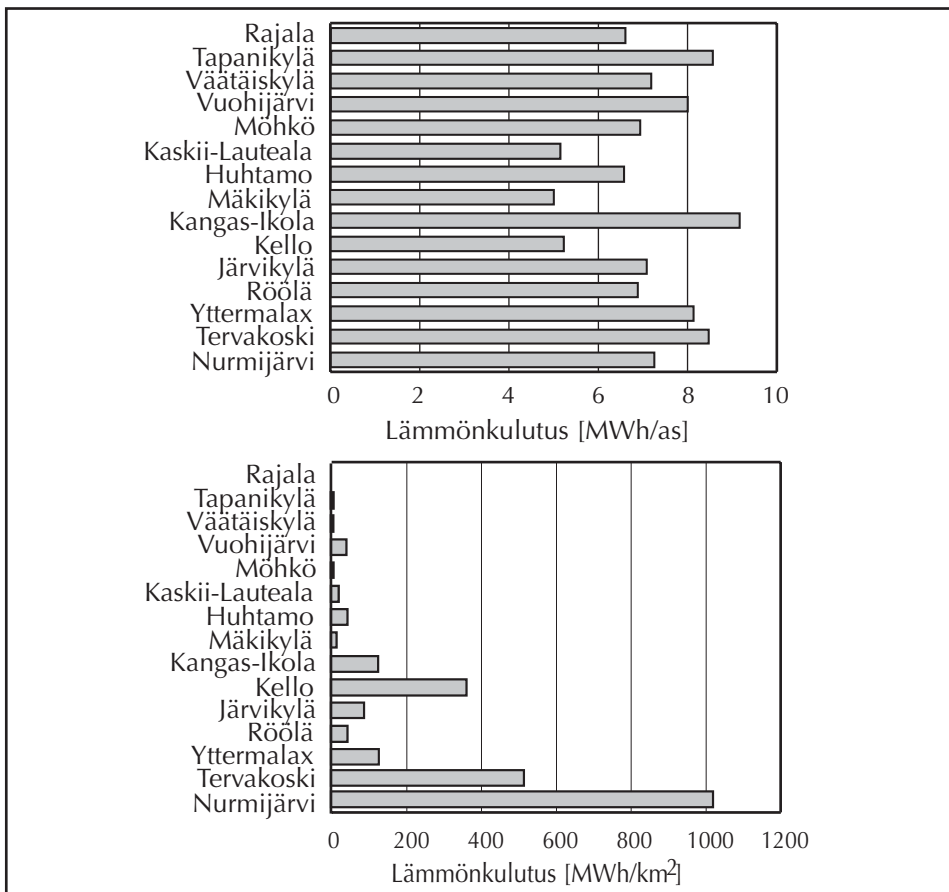
piikkinä. Oletettavasti myös Kellon kulutus erottuisi piikkinä. Röölään kulutus on suurempaa kuin monen ydinmaaseudun kuntaa edustavan alueen. Tämä johtunee Röölään teollisuudesta ja suuresta määrästä kesäasuntoja. Myös alueiden pinta-alakohtainen kulutus pääsääntöisesti kasvaa alueen etäisyyden keskukseen pienentyessä (kuva 46b). Suurimman poikkeuksen aiheuttaa yli 20 kilometrin päässä Valkealan kirkonkylästä sijaitseva Vuohijärvi. Asukaskohtainen sähkönkulutuksen jakauma on tasaisempi (kuva 46a). Ainoastaan Vuohijärvellä ja Röölässä kulutus asukasta kohti on merkittävästi suurempi kuin muilla alueilla



Kuva 46. Sähkönkulutus a.) asukasta sekä b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.



Kuva 47. Lämmönkulutus pienalueilla.



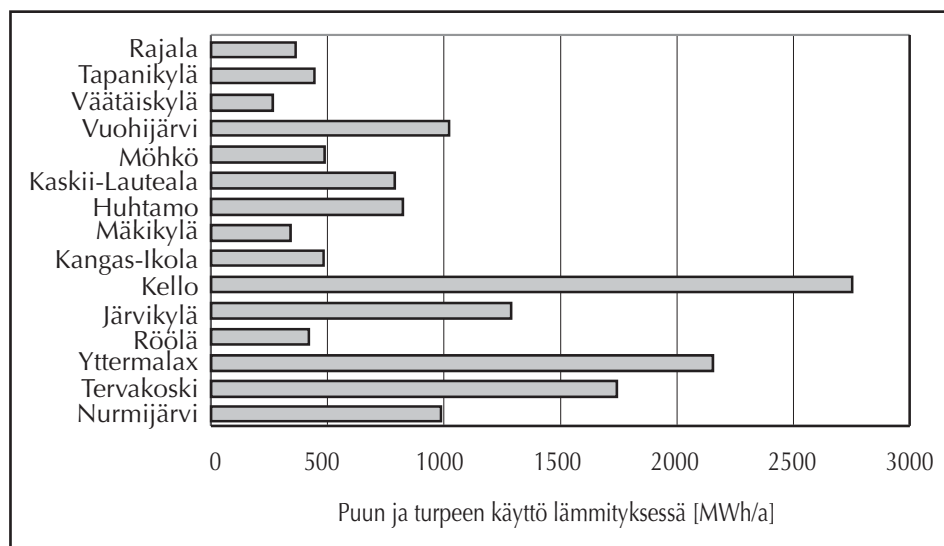
Kuva 48. Lämmönkulutus a) asukasta ja b) pinta-alayksikköä kohti.

Lämmön tarve

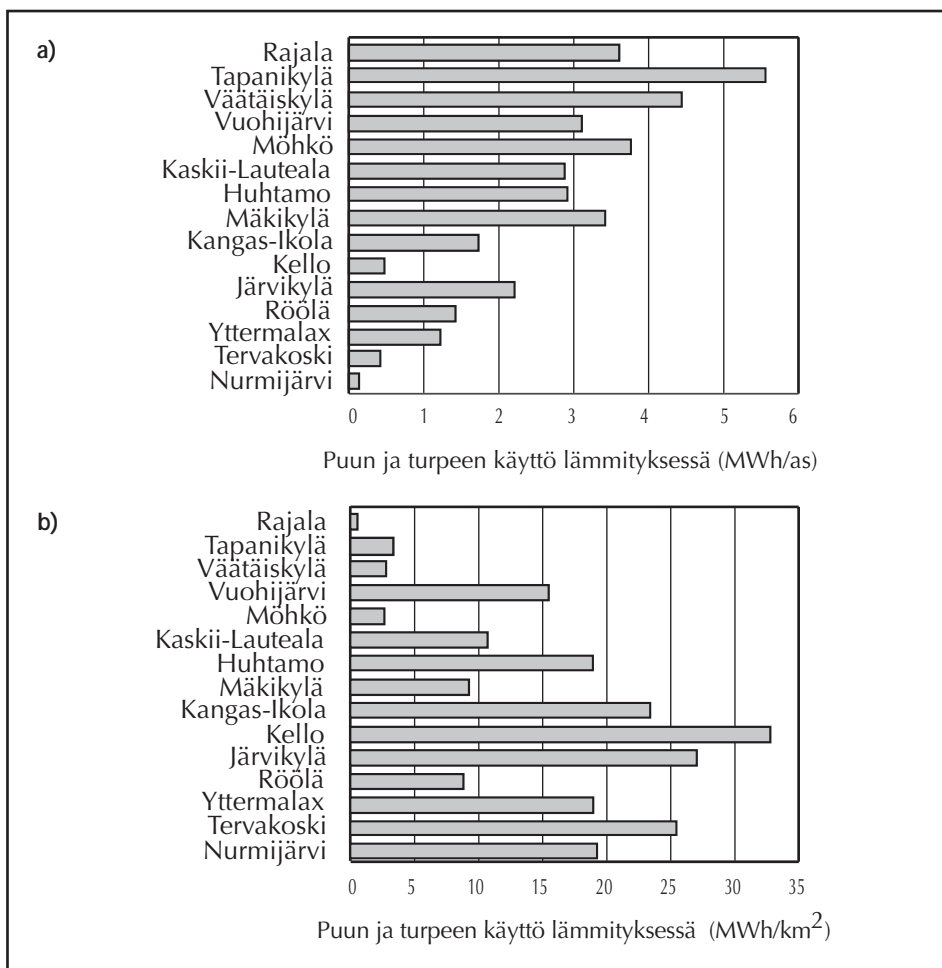
Pienalueiden laskennallinen rakennusten kokonaislämmöntarve on esitetty kuvassa 47 ja kulutukset asukasta ja pinta-alayksikköä kohti kuvassa 48. Arvioidut kulutuslukemat ovat suoraan verrannollisia lämmitettävien rakennusten pinta-aloihin, eikä siis esimerkiksi lämpötilaeroista johtuvia alueellisia vaihteluita energian tarpeessa ole huomioitu. Kokonaiskultuskaaviossa neljä aluetta erottuu erityisen suurilla kulutuslukemillaan. Lämmönkulutus asukasta kohti vaihtelee noin 5 ja 9 MWh:n välillä vuodessa alueen sijainnista riippumatta. Kokonaislämmönkulutus ja kulutus pinta-alayksikköä kohti pääsääntöisesti laskee etäisyyden keskuksesta kasvaessa.

Lämmitystapa pienalueilla

Pienalueiden lämmitystapaa tarkastellaan Tilastokeskuksen ilmoittaman lämmitysainejaottelun mukaisesti (Tilastokeskus 2003b). Jaottelu on seuraava: kauko- tai aluelämpö, öljy tai kaasu, sähkö, kivihiili, puu tai turve ja muu tai tuntematon. Täten esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa käytetty puu näkyy vain kaukolämpönä, eikä siis sisälly luokkaan puu tai turve. Kaukolämpöä on saatavilla Nurmijärvellä ja Tervakoskella.

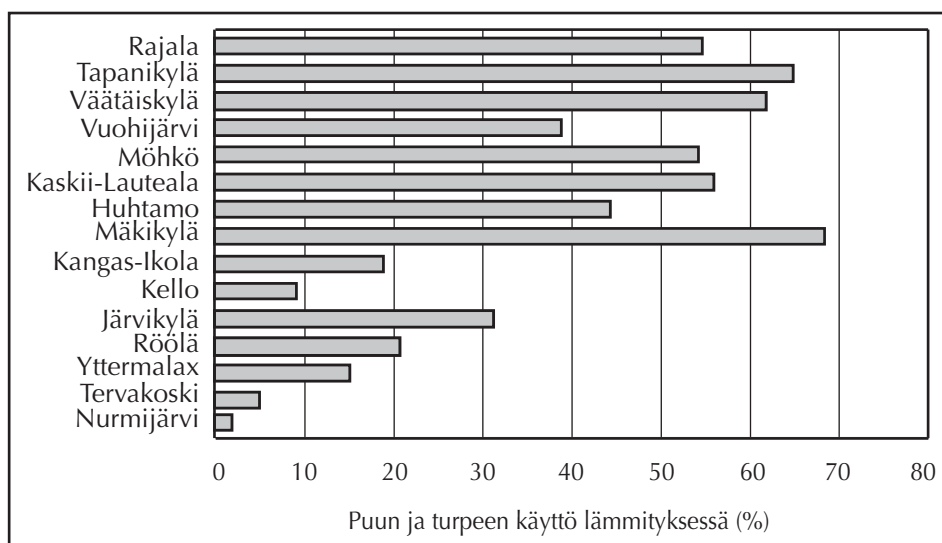


Kuva 49. Puun ja turpeen käyttö lämmityksessä.



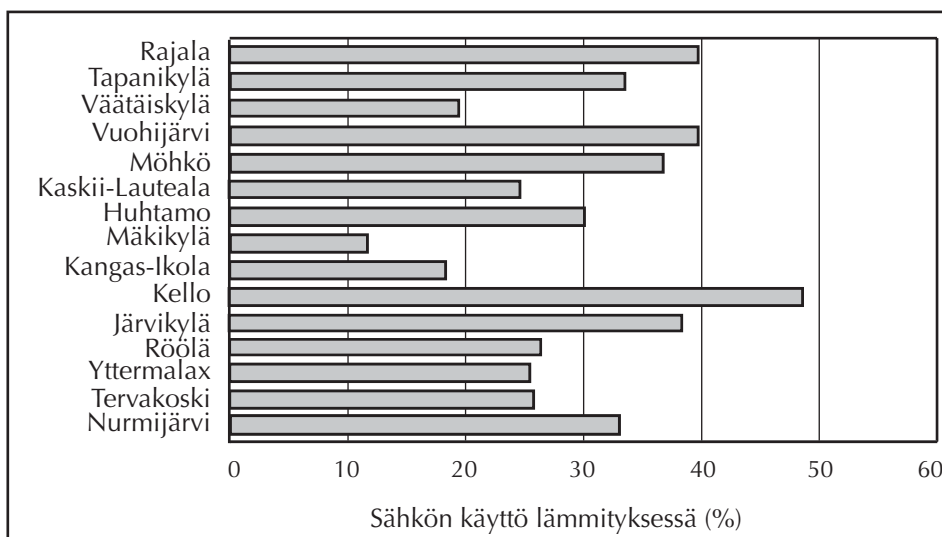
Kuva 50. Puun ja turpeen käyttö a.) asukasta ja b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti lämmityksessä.

Kuvissa 49-51 on esitetty puun ja turpeen käyttö lämmitykseen. Puun ja turpeen käytön kokonaismäärä (kuva 49) jossain määrin kasvaa siirryttäessä maaseudulta kohti keskuksia eli lämmönkulutuksen kasvaessa. Käyttö asukasta kohti kuitenkin pienenee, kun etäisyys keskuksista pienenee (kuva 50a). Pinta-alayksikköä kohti käytetyn puun ja turpeen määrä kasvaa tiheimmin asutuille alueille siirryttäessä (kuva 50b). Prosentuaalisesti puun ja turpeen käyttö lämmityksessä (kuva 51) on yleisempää harvaan asutuilla seuduilla kuin keskuksissa tai niiden läheisyydessä. Kolmella pienalueella lämmöstä yli 60 % tuotetaan puulla tai turpeella.



Kuva 51. Puun ja turpeen käyttö prosentuaalisesti lämmityksessä.

Kuvassa 52 on esitetty sähkön käyttö lämmityksessä pienalueilla. Eniten eli lähes 50 % lämmöstä tuotetaan sähköllä Kellossa. Vähiten sähköä (vajaan 12 %) käytetään Mäkikylässä, missä käytetyn puun ja turpeen osuus on suurin. Sähkön käytön osuus kuvaa riippuvuutta valtakunnan sähköjaka-
keluverkosta lämmöntuotannossa.



Kuva 52. Sähkön osuus lämmityksessä pienalueilla.

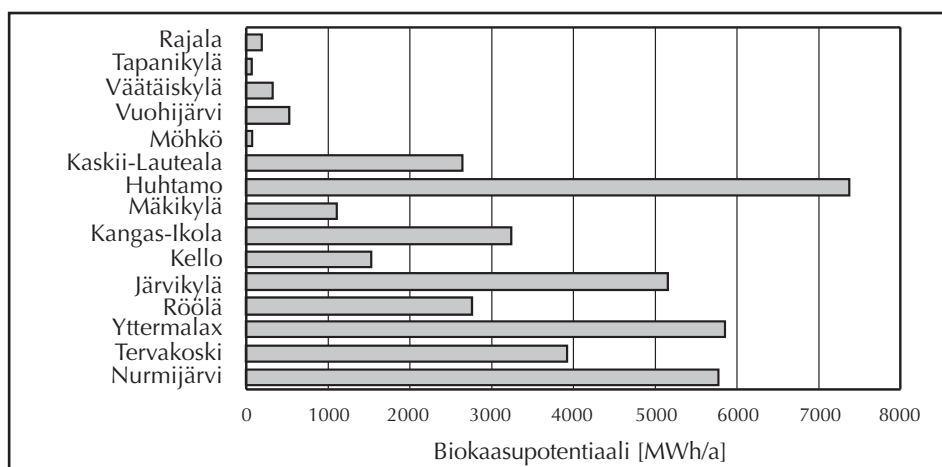
Uusiutuvien energianlähteiden potentiaalit pienalueilla

Seuraavassa tarkastellaan pienalueiden uusiutuvien energianlähteiden potentiaalia. Kaavioissa pienalueiden etäisyys keskuksesta edelleen kasvaa vertikaaliakselilla ylöspäin siirryttäessä. Kun etäisyys pienalueelta keskukseen kasvaa, energiankulutus (kokonaiskulutus ja kulutus pinta-alaa kohti) pääsääntöisesti pienenee, kuten edellä on nähty. Bioenergiapotentiaalin lisäksi esitetään esimerkkilaskelmat tuulivoima- ja aurinkoenergiapotentiaaleista.

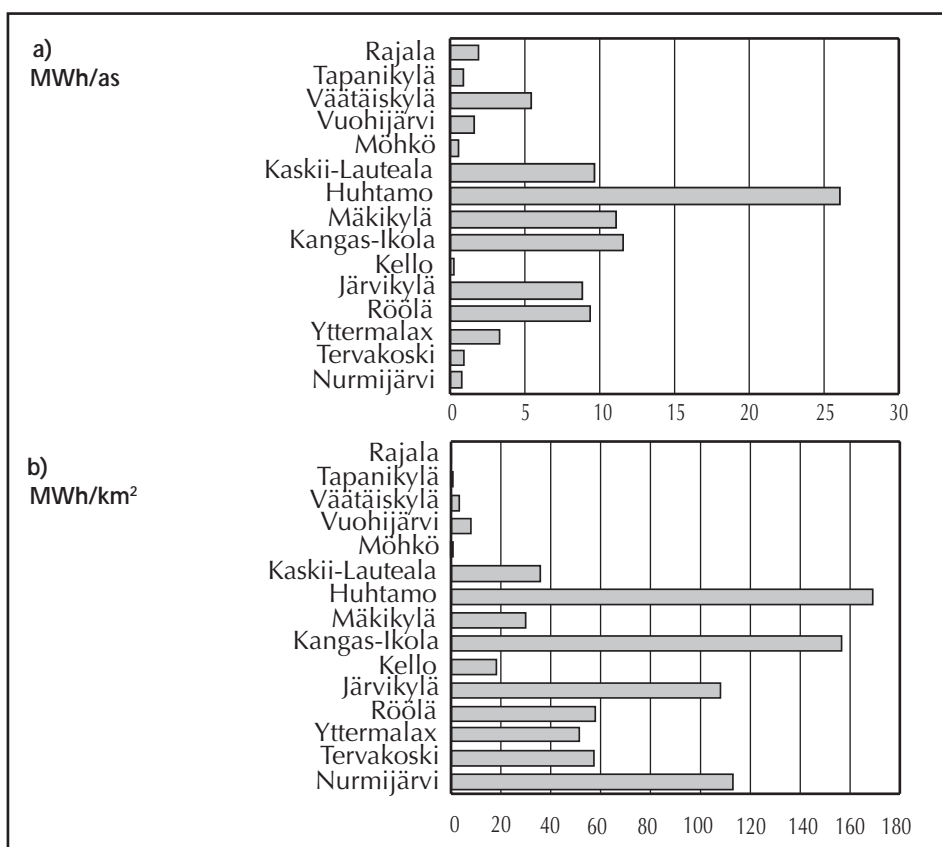
Maatalouden lietteisiin ja lantaan, yhdyskuntabiojätteisiin ja kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeen perustuva biokaasupotentiaali pääsääntöisesti kasvaa, kun siirrytään syrjäisimmiltä alueilta kohti taa-jamia (kuva 53). Biokaasupotentiaali asukasta kohti (kuva 54a) on suurin ydinmaaseutua edustavilla pienalueilla eli Huhtamossa, Kangas-Ikolassa, Mäkikylässä, Kaskii-Lautealassa ja Järvikylässä sekä harvaan asuttua maa-seutua edustavassa Röölässä. Jakauma on mielenkiintoinen, kun muistetaan, että energian tarve asukasta kohti ei kovin paljon vaihtele eri alueilla. Esimerkiksi lämmön tarve asukasta kohti on muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta 5-8 MWh/a eli tarkasteltu biokaasupotentiaali ei riitä peittämään harvaan asuttujen syrjäisten seutujen ja keskusten asukaskohtaista lämmön tarvetta. Näiden "ääripäiden" väliin jäävällä ydinmaaseudulla potentiaali on kuitenkin samaa luokkaa tai suurempi kuin kulutus.

Biokaasupotentiaali pinta-alaa kohti (kuva 54b) on suurin Huhtamossa. Myös ydinmaaseutua edustavien Kangas-Ikolan ja Järvikylän potentiaalit erottuvat. Muutoin biokaasupotentiaali pääsääntöisesti kasvaa välimatkan keskuksiin pienentyessä. Toisaalta potentiaali kasvaa tietyin poikkeuksin myös energian tarpeen kasvaessa.

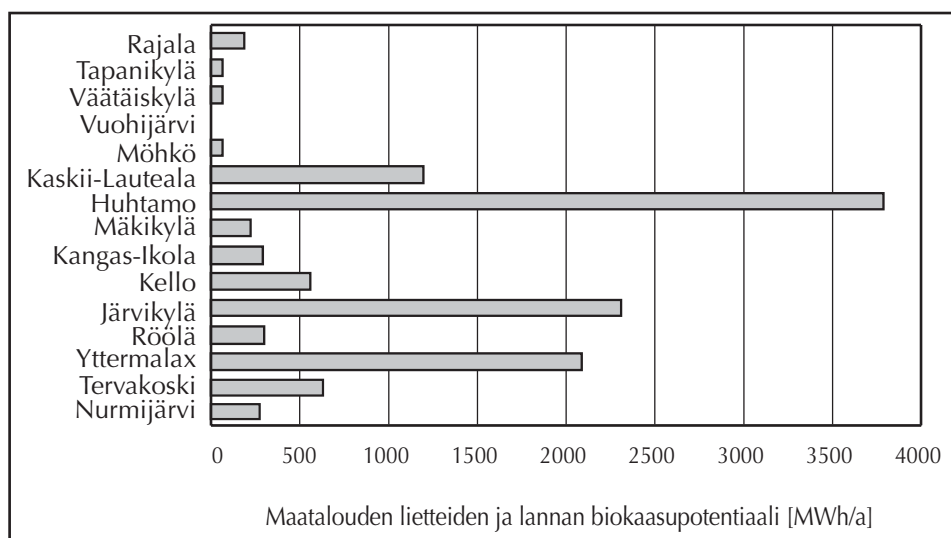
Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaali (kuva 55) on suurin Huhtamossa, mutta esimerkiksi Vuohijärvellä on syytä turvautua muihin uusiutuvan energian lähteisiin. Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaalijakauma poikkeaa huomattavasti kuvan 53 jakaumasta. Kesantopelloilla viljellyn ruokohelven biokaasupotentiaali näyttää kasvavan keskuksia lähemmäs siirryttäessä (kuva 56).



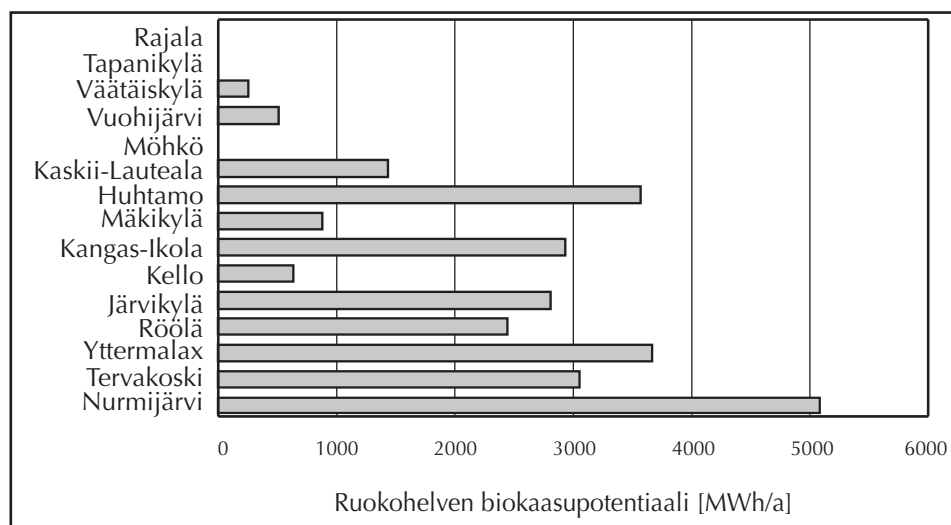
Kuva 53. Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntajätteiden ja ruokohelven (kesantopellot) biokaasupotentiaali.



Kuva 54. Maatalouden lietteiden ja lannan, yhdyskuntajätteiden ja ruokohelven biokaasupotentiaali a.) asukasta sekä b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.

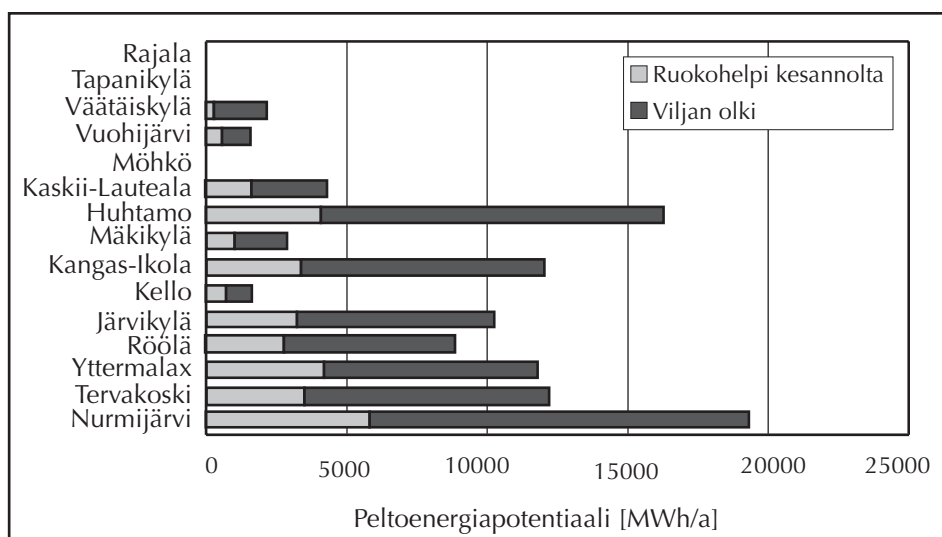


Kuva 55. Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaali.



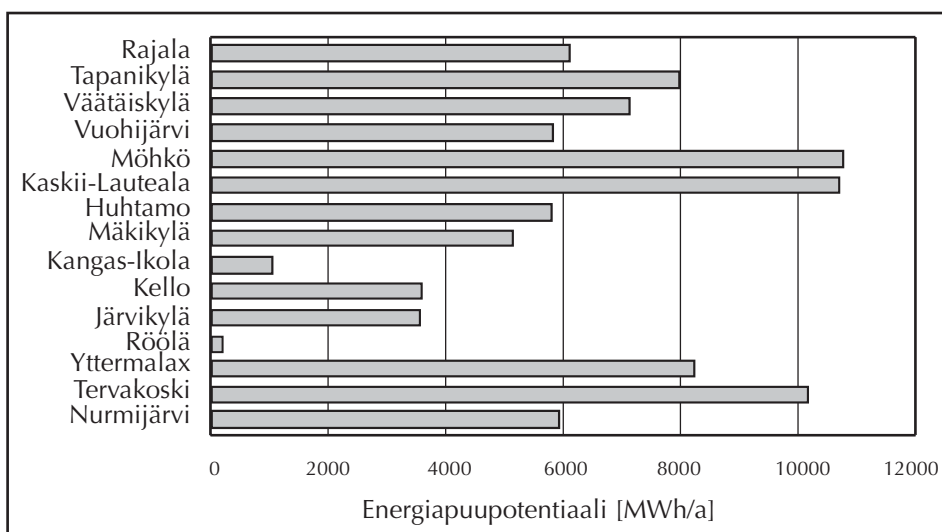
Kuva 56. Kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali.

Viljan oljen ja kevätkorjattavan kesantopellolla viljeltävän ruokohelven yhteenlaskettu potentiaali kasvaa etäisyyden taajamaan pienentyessä (kuva 57). Suurin potentiaali on Nurmijärvellä ja jakauma on hyvin samankaltainen kesantopelloilla viljellyn ruokohelven kanssa (kuva 56).



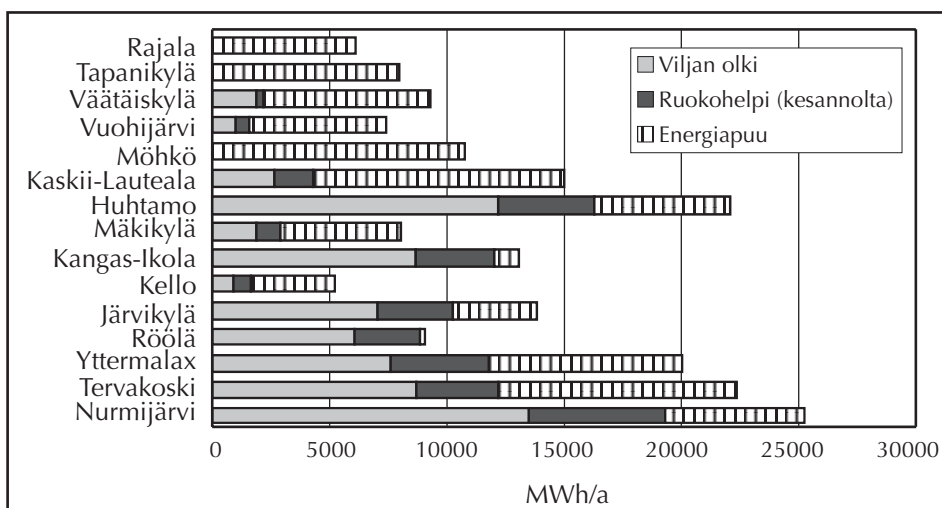
Kuva 57. Viljan oljen ja kesantopelloilta kevätkorjatun ruokohelven peltoenergiapotentiaali.

Päätähakkuisiin perustuvien metsätähteiden teoreettinen energiapotentiaali on esitetty kuvassa 58. Röölän ja Kangas-Ikolan potentiaalit ovat huomattavan alhaiset. Suurimmat potentiaalit ovat Möhkössä, Kaskii-Lautealassa ja Tervakoskella. Energiapuun potentiaalit alueilla ovat Röölää ja Kelloa lukuun ottamatta moninkertaiset verrattuna nykyiseen puun tai turpeen käyttöön lämmöntuotannossa (kuva 49).

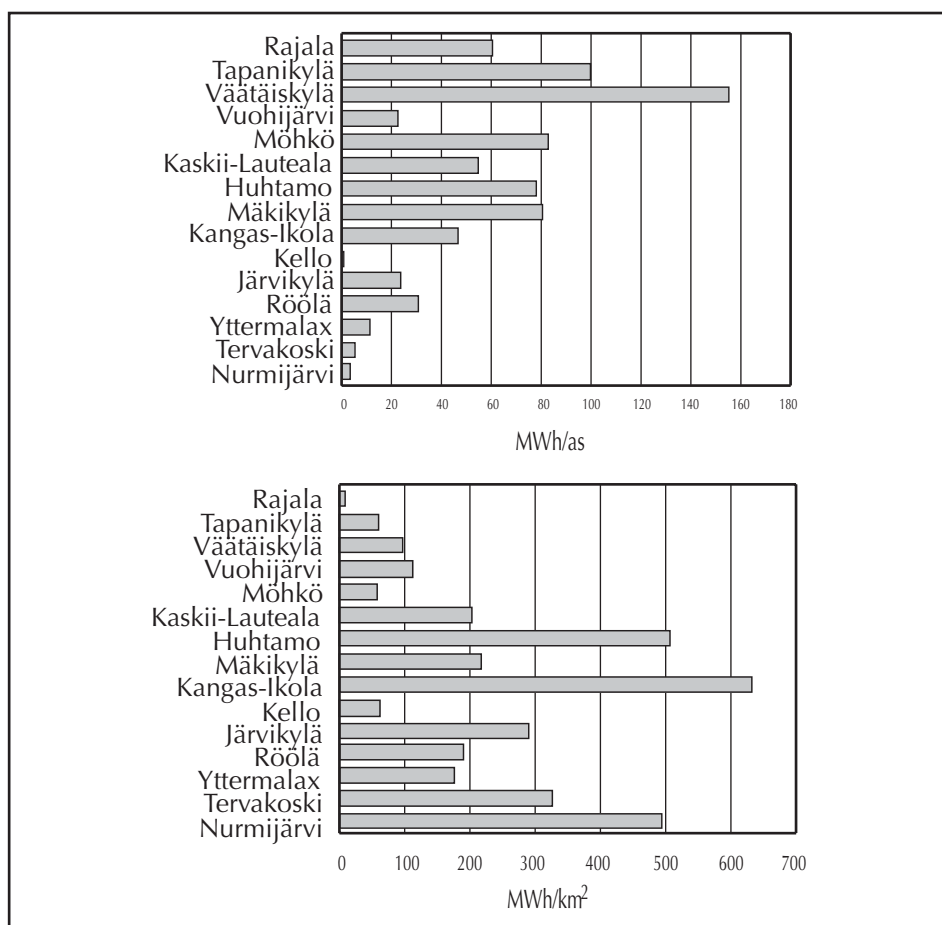


Kuva 58. Päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali.

Päätehakkuualojen metsätähteiden, viljan oljen ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven yhteenlasketut potentiaalit on esitetty kuvassa 59. Yhteenlasketut peltoenergia- (olki ja ruokohelvi) ja energiapuupotentiaalit asukasta ja pinta-alaa kohti on esitetty kuvissa 60a ja b. Energiankulutus alueilla asukasta kohti on keskenään samaa suuruusluokkaa, joten asukaskohtaisen energian tarpeen tyydyttämiseen kyetään paikallisen peltoenergian ja energiapuun avulla parhaiten syrjäisellä maaseudulla, jossa potentiaali on suurin.

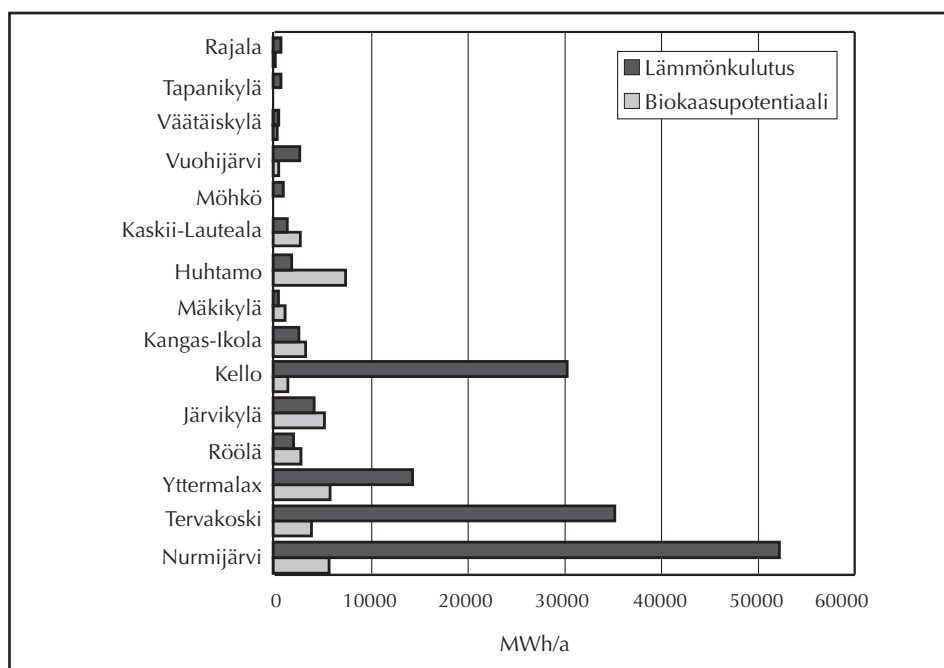


Kuva 59. Päätehakkuualojen metsätähteiden, kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven ja oljen yhteenlasketut potentiaalit.

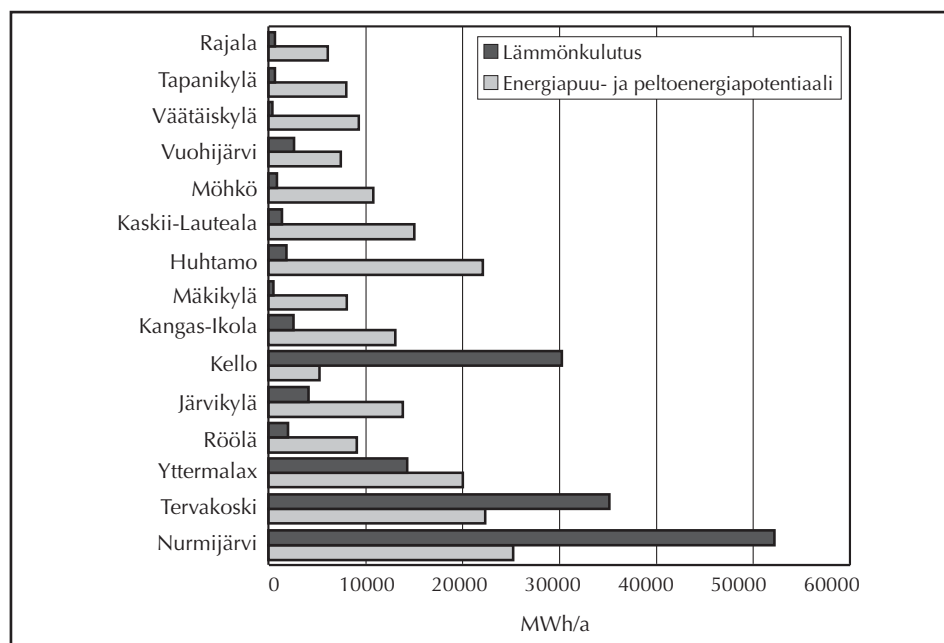


Kuva 60. Oljen, kevätkorjatun kesantopelloilla viljellyn ruokohelven ja päätehakkuiden metsätähteiden teoreettiset energiapotentialit a.) asukasta ja b.) pinta-alayksikköä (km²) kohti.

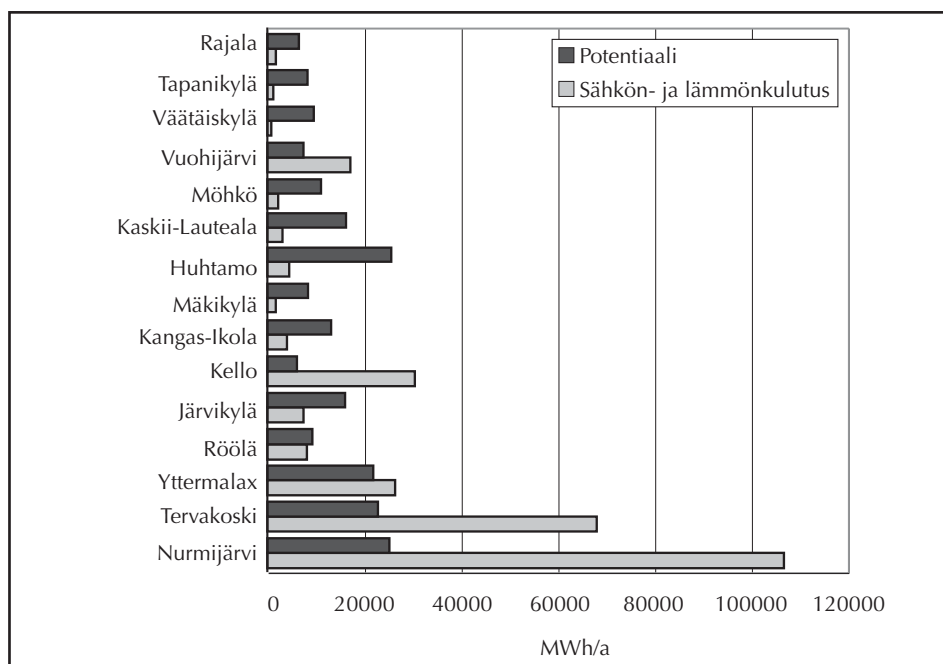
Kuvissa 61 ja 62 on esitetty biomassapotentialit suhteessa lämmön tarpeeseen alueilla. Biokaasupotentiaali suhteessa kulutukseen on merkittävä etenkin ydinmaaseutua edustavilla alueilla. Peltoenergia- ja energiapuupotentiaali on lämmön tarvetta pienempi vain kolmella alueella. Kuvassa 63 on esitetty pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutus sekä raaka-ainepotentiaali (maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden sekä kesantopelloilla viljellyn ruokohelven biokaasupotentiaali sekä oljen ja päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali). Kulutus on potentiaalia suurempi keskuksissa, Kellossa ja Vuohijärvellä. Kellon osalta mukana on vain lämmönkulutus.



Kuva 61. Maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaali ja lämmönkulutus pienalueilla.



Kuva 62. Peltoenergia- ja energiapuu- ja peltoenergiapotentiaali sekä lämmönkulutus pienalueilla.



Kuva 63. Sähkön- ja lämmönkulutus vs. raaka-ainepotentiaali (maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden sekä kesantopelloilla viljellyn ruokohelven biokaasupotentiaali ja oljen sekä päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali).

Bioenergianlähteiden lisäksi kaikilla pienalueilla on saatavissa tuulivoimaa ja aurinkoenergiaa. Pienalueiden aurinkolämmön ja -sähkön potentiaalit sekä sähkön ja lämmön tarpeet on esitetty taulukossa 12. Laskelmissa on käytetty sähköntuotannon hyötysuhteena 10 % ja lämmöntuotannon hyötysuhteena 50 %. Saatavat potentiaalit ovat todella suuria, mutta niiden hyödyntämisessä on muistettava tuotantomuotojen kausivaihtelut, ja sähkön varastointiin liittyvät ongelmat. Tuotannon tasaamisessa voidaan kuitenkin hyödyntää paikallisia bioenergiavaroja.

Taulukko 12. Pienalueiden vuotuiset aurinkoenergiapotentiaalit ja sähkön- ja lämmönkulutus.

	Keskimääräinen vuotuinen säteilymäärä	Aurinko- sähköä	Sähkön- kulutus	Aurinko- lämpöä	Lämmön tarve
	kWh/m ² /a	TWh/a	GWh/a	TWh/a	GWh/a
Tervakoski	950	6,5	32,7	33	35,2
Vuohijärvi	950	6,3	14,3	31	2,6
Kello	840	7,1	na	35	30,3
Rajala	800	55,2	1,0	276	0,7
Järvikylä	830	4,0	3,3	20	4,1
Yttermalax	860	9,8	11,8	49	14,3

Tuulivoiman tuotantopotentiaalista esitetään seuraava Kangas-Ikolaa koskeva laskelma, joka antaa mielikuvan käytettävissä olevasta potentiaalista. Mikäli tuulivoimaloita rakennetaan 200 metrin välein, niin alueelle mahtuu 1 MW:n tuuliturbiineja lähes 520 kappaletta. Suomessa tyypillisellä käyttökertoimen arvolla 0,2 (Lampinen 2000) vuotuisesti tuotetuksi sähköenergian määräksi saadaan noin 910 GWh/a, mikä on lähes 650 kertaa Kangas-Ikolan tarvitsema sähkön määrä. Lähes koko alueen sähköenergian tarve tulisi tyydytettyä yhdellä turbiinilla, jolloin tuotettu sähköenergian määrä olisi lähes 1,8 GWh.

6.3 Tyyppitilanteet, toimintakonseptit ja malliratkaisut

Monet tämän tutkimuksen pienalueet ovat harvaan asuttujen maaseutu- maisten kuntien syrjäisimpiä osia tai taajaan asuttujen kuntien keskuksia. Näiden kahden ryhmän välille jää pienalueita, jotka edustavat lähinnä ydinmaaseutua ja joiden etäisyys keskuksesta on kahden edellä kuvatun ryhmän välimaastossa. Näiden kolmen muodostuvan ryhmän ulkopuolelle jää pienalueita, jotka jossain suhteessa poikkeavat edellä mainituista. Näitä alueita ovat lähinnä Vuohijärvi ja Kello.

Seuraavassa tarkastellaan edellä esitettyyn tutkimusalueiden vertailuun perustuvaa pienalueiden ryhmittelyä (ryhmät I, II, III ja IV) energian tarpeen, energiaomavaraisuuspotentiaalin ja sen suhteen, kuinka kaukana keskuksesta ne sijaitsevat (kuvat 64 ja 65). Kuntatason tarkastelussa todettiin,

että kaapelointiasteen pieneneminen ja vastaavasti jakelunkeskeytysten lisääntyminen korreloivat. Sähköverkon laatu yleensä heikkenee etäisyyden taajamaan kasvaessa eli harvaan asutut maaseutumaiset alueet ovat häiriöherkimpiä sähkönjakelunsa suhteen. Etäisyyden keskuksesta oletetaan yksinkertaistetusti kuvaavan paikallisen sähköverkon laatua.

Pienalueiden ryhmittelyn lisäksi esitetään aluekohtaiset energian tarpeen ja energiaomavaraisuuspotentiaaloin vertailut (kuva 66 ja 68) ja tarkastellaan kutakin ryhmää erikseen. Pienalueiden rinnalla tarkastellaan vastaavia kuntaryhmiä. Hajautetun energiantuotannon toimintakonsepteja hahmotellaan käytettävissä olevaan raaka-aineeseen perustuen. Lopuksi kootaan ryhmiin kuuluvia alueita yhdistävät tekijät ja esitetään yleistetyt malliratkaisut ja määrittelyt kullekin tyyppitilanteelle.

Tyyppitilanteet

Pienalueet voidaan ryhmitellä sen mukaan, kuinka kaukana ne sijaitsevat keskuksesta, ja mikä on niiden sähkön ja lämmön tarve. Ryhmät muodostuvat seuraaviksi:

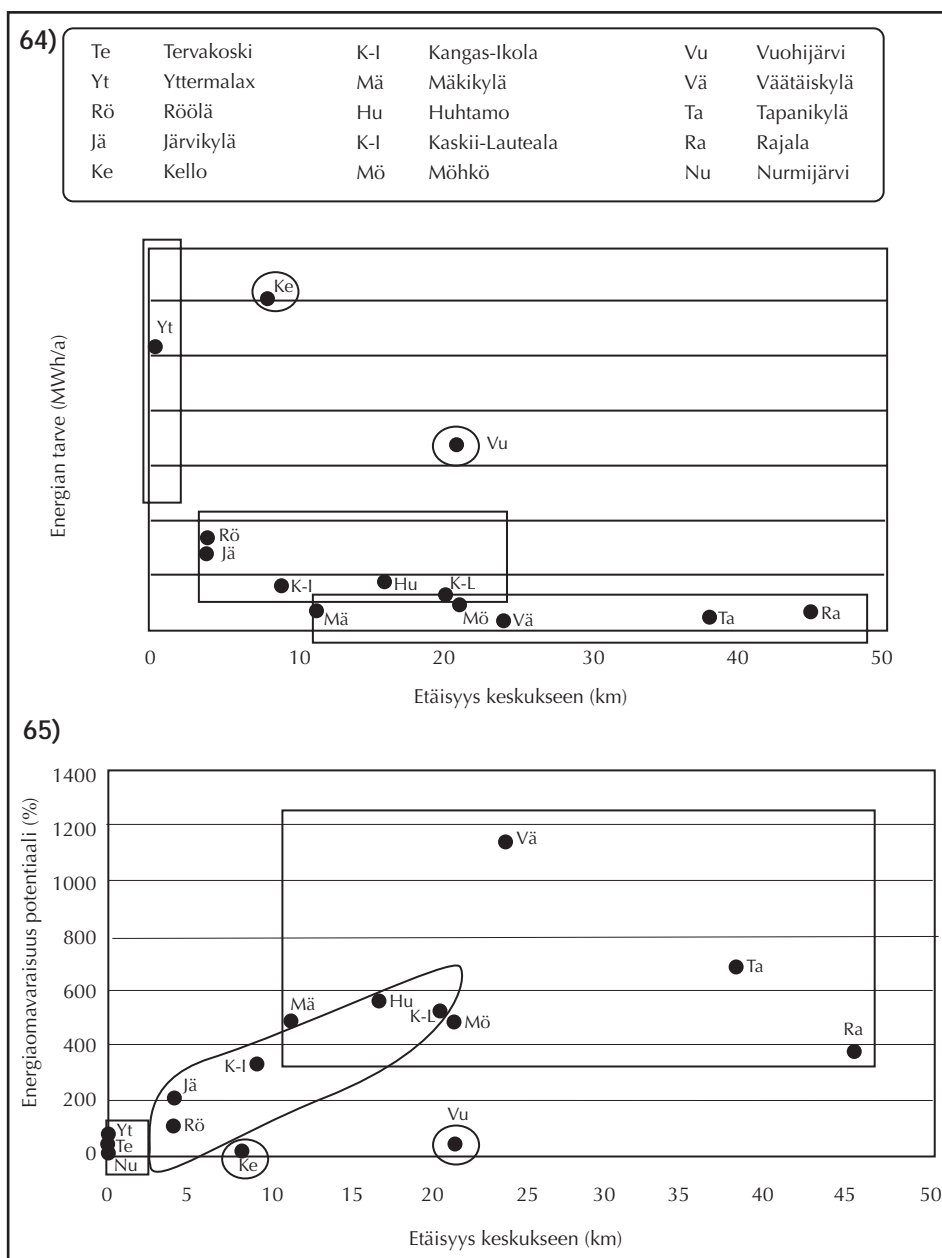
Ryhmä I: Rajala, Tapanikylä, Väättäiskylä, Möhkö ja Mäkikylä

Ryhmä II: Huhtamo, Kangas-Ikola, Järvikylä, Röölä ja Kaskii-Lauteala

Ryhmä III: Yttermalax, Tervakoski ja Nurmijärvi

Ryhmä IV: Vuohijärvi ja Kello.

Ryhmät on esitetty kuvassa 64. Ryhmien välisiä rajoja ei voida täsmällisesti vetää, vaan ryhmien välille jää "leikkausalueita", joilla on useamman ryhmän ominaisuuksia. Tässä ryhmien I ja II väliin jää alue, jolla sijaitsee Kaskii-Lauteala. Myös Mäkikylä jossain suhteessa voisi sijaita leikkausalueella. Kuvassa 64 on "Energian tarve" -akselilla Yttermalaxin yläpuolella sijaitsevat Nurmijärvi ja Tervakoski rajattu pois. Kuvassa 65 on esitetty vastaavat ryhmät ryhmiteltyinä energiaomavaraisuuspotentiaaloin ja etäisyyden keskukseen mukaan.

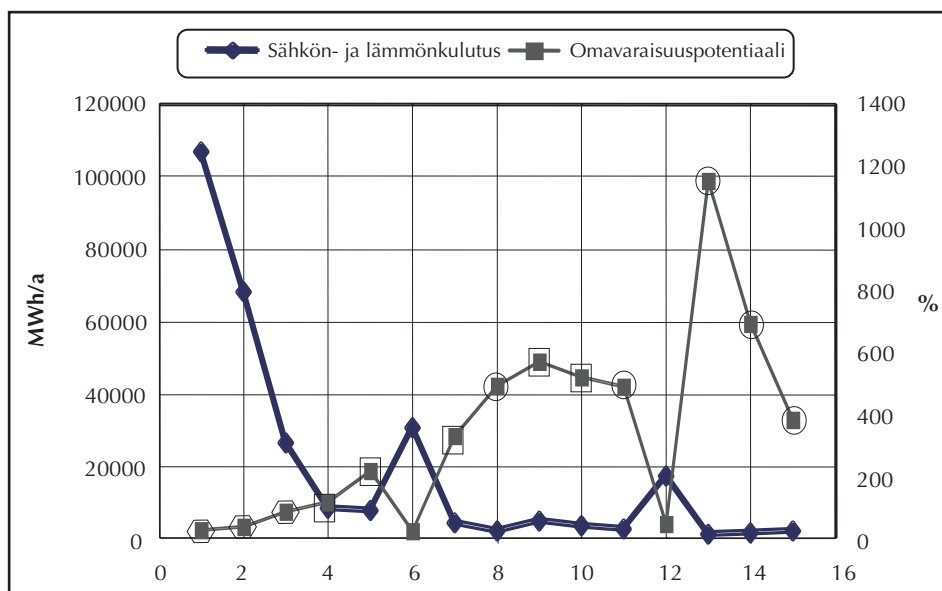


Kuva 64. Pienalueet ryhmiteltyinä energian tarpeen ja etäisyyden keskukseen mukaan. Kuvan ulkopuolelle on rajattu Nurmijärvi ja Tervakoski.

Kuva 65. Pienalueet ryhmiteltyinä energiaomavaraisuuspotentiaalin ja etäisyyden keskukseen mukaan.

Kuvassa 66 on esitetty pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset sekä raaka-ainepotentiaalit prosentteina kulutuksesta eli energiaomavaraisuuspotentiaali. Energiaomavaraisuuspotentiaali on laskettu maatalouden lieteteiden ja lannan, biojätteiden sekä kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven biokaasupotentiaalin, viljan oljen sekä pätehakkuiden metsätähteisiin perustuvan energiapuupotentiaalin summan ja sähkön- ja lämmönkulutuksen osamääränä. Etäisyys keskuksesta pienalueelle kasvaa kaaviossa oikealle siirryttäessä:

1	Nurmijärvi, keskus	(Nurmijärvi)	0 km
2	Tervakoski	(Janakkala)	0
3	Yttermalax	(Maalahti)	0
4	Röölä	(Rymättylä)	4
5	Järvikylä	(Sievi)	4
6	Kello	(Haukipudas)	8
7	Kangas-Ikola	(Ylihärmä)	9
8	Mäkikylä	(Lapinlahti)	11
9	Huhtamo	(Huittinen)	16
10	Kaskii-Lauteala	(Juva)	20
11	Möhkö	(Ilomantsi)	21
12	Vuohijärvi	(Valkeala)	21
13	Väätäiskylä	(Multia)	24
14	Tapanikylä	(Hyrnsalmi)	38
15	Rajala	(Sodankylä)	45



Kuva 66. Sähkön- ja lämmönkulutus (MWh/a) vs. energiaomavaraisuuspotentiaali (%) pienalueilla. Ryhmän I pienalueiden omavaraisuuspotentiaalit on kuvaan merkitty ympyrällä, ryhmän II suorakulmiolla ja ryhmän III kuusikulmiolla.

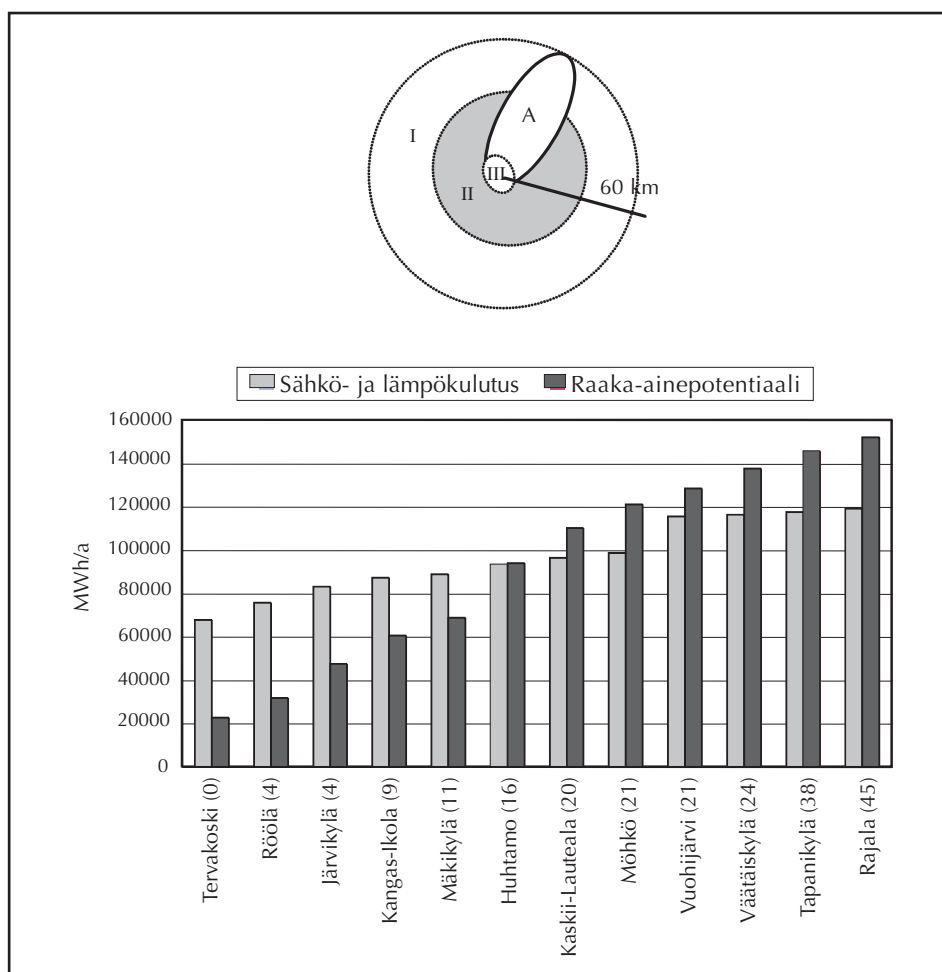
Tutkimusalueiden sähkön ja lämmön tarve pienenee siirryttäessä keskuksesta kohti maaseutua (kuva 66). Vuohijärvi ja Kello (ryhmä IV) aiheuttavat piikit kulutuskäyrälle. Myös pinta-alakohtainen kulutus antaa saman-suuntaisen tuloksen (kuvat 46b ja 48b). Lisäksi on muistettava, että Kellon kulutuspiikki muodostuu ainoastaan lämmöstä, koska sähkönkulutustietoa ei ole ollut käytettävissä.

Energiaomavaraisuuspotentiaalia kuvaavalla käyrällä Kello ja Vuohijärvi aiheuttavat notkahduksen, mutta pääsääntöisesti kuvaaja on nouseva. Havaintoa voidaan tulkita siten, että syrjäisillä alueilla, missä energian tarve on pieni, on raaka-ainetta tuottaa paikallisesti tarvittava energia moninkertaisesti. Keskuksissa ja niiden välittömässä läheisyydessä taas energiankulutus on raaka-ainepotentiaalia suurempaa. Näiden seutujen väliin jää alueita (ryhmä II), jotka sijaitsevat muutaman kilometrin päässä keskuksesta ja joiden pinta-alakohtainen ja kokonaisenergiankulutus (kuvat 45-48) on suurempaa kuin syrjäisillä seuduilla. Lisäksi ryhmään II kuuluvien alueiden teoreettinen raaka-ainepotentiaali on suhteellisen suuri verrattuna kulutukseen ja on monipuolisempi kuin syrjäisillä seuduilla, joilla joudutaan turvautumaan pääsääntöisesti puun hyödyntämiseen.

Kuvasta 66 nähtiin, että tarkastellut bioenergianlähteet eivät riitä tyydyttämään keskusten energian tarvetta, vaan se täytyy osin tyydyttää alueen ulkopuolelta hankittavilla raaka-aineilla tai energialla. Ilmoitetut kuntien ja pienalueiden bioenergian raaka-ainepotentiaalit ja energiankulutukset koskevat maantieteellisesti rajattuja alueita. Alue, jolle tarve on määritetty, on identtinen sen alueen kanssa, jolle raaka-ainepotentiaali on arvioitu. Käytännössä raaka-aineiden hankinta-alue ei kuitenkaan vastaa kulutusalueita, vaan raaka-aineita voidaan hankkia laajemmalta alueelta.

Keskusten energian tarpeen tyydyttämismahdollisuuksia voidaan tarkastella kuvitteellisessa tilanteessa, jossa pienalueet muodostavat yhtenäisen alueen. Keskuksat (Nurmijärvi, Tervakoski ja Yttermalax) muodostavat alueen III (kuva 67 a) ja muut pienalueet yliomavaraisen alueen A, jonka syrjäisimmät osat (Rajala) sijaitsevat linnuntietä noin 60 kilometrin päässä kirkonkylältä. Pienalueiden yhteenlaskettu pinta-ala (A+III) on noin 1760 km², mikä on vajaat 16 % koko keskusten raaka-aineiden hankinta-alueita kuvaavan ympyrän (säde 60 km) pinta-alasta. Täten yliomavaraista raaka-aineiden hankinta-alueita keskuksen III ympärillä on pinta-alaltaan moninkertainen määrä alueeseen A nähden. Todellisuudessa raaka-aineiden hankinta-alue voi olla laajempikin.

Kuvassa 67 b on tarkasteltu alueen A kumulatiivista sähkön- ja lämmönkulutusta ja raaka-ainepotentiaaleja. Keskuksena on nyt Tervakoski ja muut pienalueet edustavat keskustan ulkopuolella olevaa aluetta A. Kelloa ei huomioitu, koska sen sähkönkuluusta ei tunneta. Kuvasta havaitaan, että tarkastellun sektorin raaka-ainepotentiaali ylittää energian tarpeen 11-16 kilometrin etäisyydellä keskuksesta.

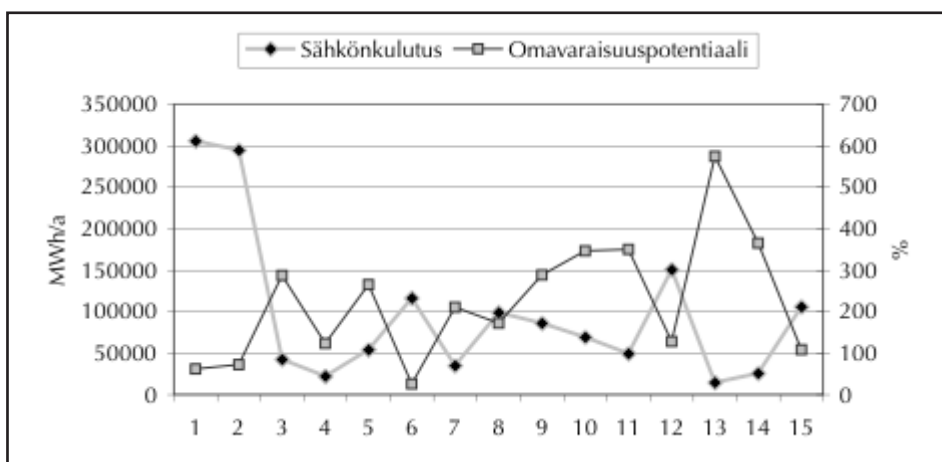


Kuva 67. a.) Keskusten energian tarpeen tyydyttäminen ympärillä olevan ylimääräisen alueen raaka-aineresurssien avulla ja b.) kumulatiiviset sähkön- ja lämpökulutus sekä raaka-ainepotentiaali.

Kuntakohtainen sähkönkulutus suhteessa teoreettiseen omavaraisuuspotentiaaliin on esitetty kuvassa 68. Kunnat on esitetty kuvan 66 pienalueiden mukaisessa järjestyksessä eli ensimmäisenä vasemmalta on Nurmijärvi, toisena Janakkala, seuraavana Maalahti ja niin edelleen. Kuntien potentiaalien laskennassa on huomioitu päätehakkuiden metsätähteet ja viljan olki sekä ruokohelven (kesantopellot), maatalouden lietteiden ja lannan, puhdistamolietteiden ja biojätteiden biokaasupotentiaali.

Kuntatarkastelusta on löydettävissä samat poikkeamat kuin kuvasta 66. Nurmijärven ja Janakkalan lisäksi Haukiputaan ja Valkealan kulutukset

erottuvat suurina myös kuntatasolla. Koko kunnan potentiaalin ja kulutuksen huomioiminen tasoittaa omavaraisuuspotentiaalieroja alueiden välillä verrattuna kuvan 66 pienaluekaavioon. Pienalueiden omavaraisuuspotentiaalit ovat jopa kaksinkertaisia verrattuna vastaavien kuntien potentiaaleihin. Esimerkiksi Väätäskylän potentiaali on lähes 1200 %, kun taas Multian potentiaali on vajaa 600 %. Lisäksi on muistettava, että kuntien osalta on huomioitu vain sähkönkulutus.

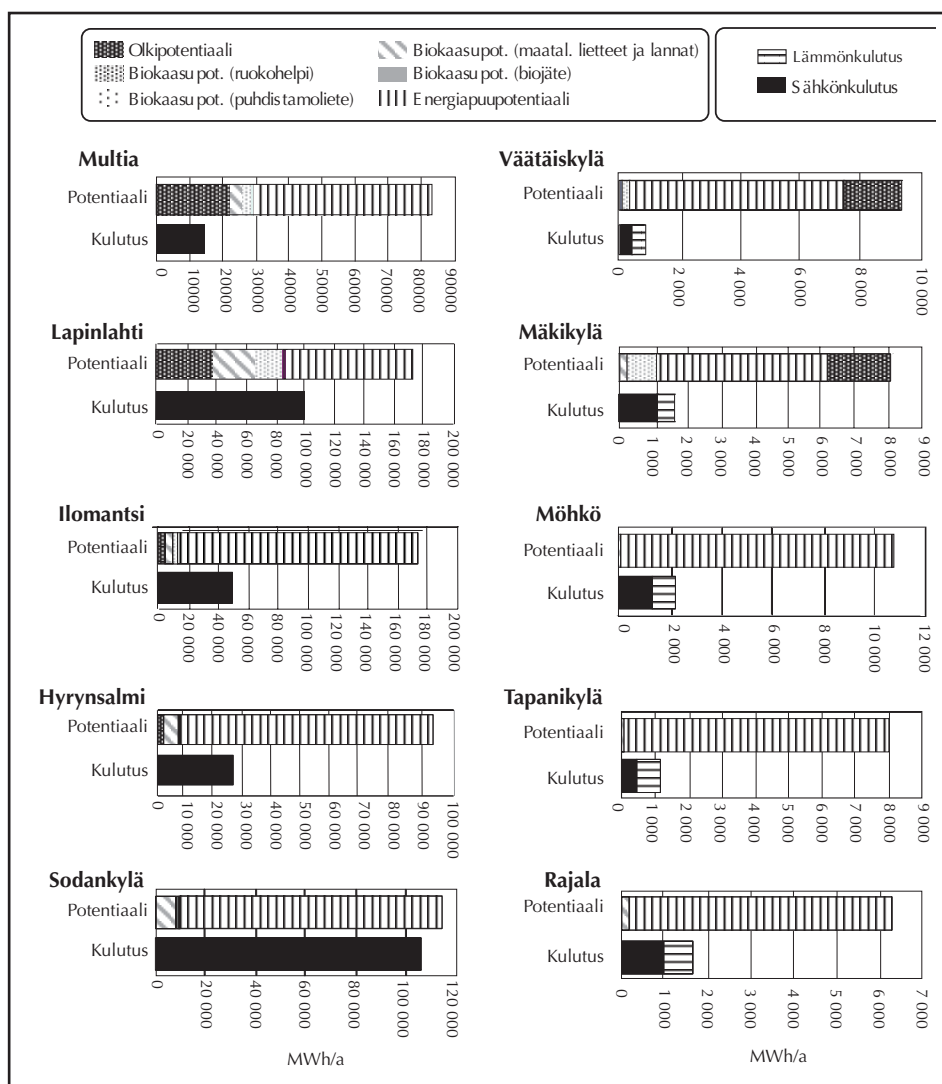


Kuva 68. Sähkönkulutus (MWh/a) vs. sähköomavaraisuuspotentiaali (%) kunnissa.

Tarkastellaan seuraavassa pienalueiden muodostamia ryhmiä I, II, III ja IV kutakin erikseen. Pienaluerühmien lisäksi tarkastellaan myös vastaavia kuntaryhmiä.

Ryhmä I

Kuvassa 69 on esitetty sekä kuntien (vasemmalla) että pienalueiden (oikealla) bioenergiapotentiaalit sekä energiankulutukset. Kuntien kulutuspylväs käsittää vain sähkönkulutuksen, mutta pienalueen kulutuspylväät sisältävät myös lämmönkulutuksen. Ryhmän I pienalueilla biomassoihin perustuva teoreettinen energiaomavaraisuuspotentiaali on vähintään noin 380 %. Sekä kunta- että pienaluekohtaiset potentiaalit muodostuvat pääosin energiapuusta, joskin on havaittavissa, että peltoenergian osuus kasvaa pohjoisesta ja idästä Keski-Suomeen siirryttäessä. Erityisesti pienalueiden energian tarve on raaka-aineresursseihin nähden hyvin pieni.



Kuva 69. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energiapotentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.

Pienalueet

Ryhmän kaikki pienalueet sijaitsevat yli 10 kilometrin päässä keskuksesta. Alueilla on asukkaita 60-130 ja ne ovat harvaan asuttuja. Asukastiheydet ovat alle 1 as/km² lukuun ottamatta Mäkikylää, jossa asukkaita on noin 2,7 as/km². Pinta-alaltaan Rajala on ylivoimaisesti suurin. Seuraavaksi suurimmat ovat Möhkö ja Tapanikylä, jotka ovat myös yli 100 km². Mäki-

kylä pienimpänä alueena on noin 37 km². Ryhmän kaikki alueet Mäkikylää lukuun ottamatta edustavat harvaan asuttua maaseutua (maaseudun kolmijako). Mäkikylä (Lapinlahti) luokitellaan ydinmaaseutuun kuuluvaksi. Tilastollisen kuntaryhmittelyn mukaan kaikki alueet edustavat maaseutumaisia kuntia.

Sähkön kokonaiskulutus on pienin Väätäiskylässä (noin 380 MWh/a). Hieman enemmän sähköä kulutetaan Tapanikylässä ja myös ryhmän muilla alueilla kulutus jää alle 1400 MWh/a. Rajalassa sijaitsevan kaivoksen sähkönkulutus ei kuitenkaan sisälly lukuun. Sähkönkulutus asukasta kohti on ryhmän kaikilla alueilla 6-12 MWh/a. Pinta-alakohtainen sähkönkulutus on Mäkikylässä noin 32 MWh/km², mutta muilla alueilla se jää alle 8 MWh/km². Esimerkiksi Nurmijärven pienalueella vastaava lukema on noin 1065 MWh/km².

Lämmön tarve alueilla on enimmillään noin 900 MWh/a (Möhkö). Pienalueiden lämmönkulutus pinta-alaa kohti on alle 14 MWh/km². Puulla ja turpeella tuotetaan yli 50 % lämmön tarpeesta kaikilla alueilla ja Tapanikylässä, Väätäiskylässä ja Mäkikylässä puun ja turpeen osuus on 60-70 %. Puulla ja turpeella tuotetun lämmön kulutus kaikilla alueilla on alle 500 MWh/a ja asukasta kohti kulutetaan vähintään 3,4 MWh/as ja Tapanikylässä peräti 5,6 MWh/a. Pinta-alayksikköä kohti puulla ja turpeella tuotetun lämmönkulutus on pienintä Sodankylässä (0,5 MWh/km²) ja ylivoimaisesti suurinta Mäkikylässä (9,2 MWh/km²). Sähkölämmityksen osuus ryhmän pienalueista on suurin syrjäisimmällä Rajalan alueella (noin 40 %). Möhkössä ja Tapanikylässä sähkön osuus on yli 30 %, Väätäiskylässä hieman alle 20 ja Mäkikylässä vain hieman yli 10 %.

Maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven teoreettisen biokaasupotentiaalin suhteen ryhmän alueista erottuu Mäkikylä, jonka teoreettinen potentiaali on lähes 1110 MWh/a (kuva 53). Ryhmän muilla alueilla potentiaalit ovat vain 70-330 MWh/a. Mäkikylässä biokaasupotentiaali kattaa 66 % sähkön ja lämmön tarpeesta ja Väätäiskylässä potentiaali vastaa noin 40 % kulutetun sähkön ja lämmön määrästä. Muilla alueilla biokaasupotentiaali on ainoastaan 3-11 % kulutuksesta.

Lämmön tarpeesta Mäkikylän teoreettinen biokaasupotentiaali kattaa peräti 220 %. Mäkikylä on kuitenkin harvaan asuttua aluetta eli lämmön tai kaasun siirto keskitetystä tilojen yhteisestä biokaasulaitoksesta hajallaan oleviin kohteisiin on kannattamatonta. Rajalassa teoreettinen biokaasupotentiaali kattaa lämmön tarpeesta noin 29 % ja muilla alueilla 8-10 %. Pinta-alaa kohti ryhmän alueiden teoreettisetkin biokaasupotentiaalit jäävät suhteellisen alhaisiksi, mikä viittaa pitkiin kuljetusmatkoihin tarvittavan raaka-ainemäärän kokoamiseksi. Korkein pinta-alakohtainen

biokaasupotentiaali on Mäkikylän noin 30 MWh/km². Muiden lukemat jäävät alle 3,5 MWh/km².

Biokaasupotentiaaliin verrattuna alueiden energiapuupotentiaali on aivan toista luokkaa. Möhkössä teoreettinen päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva potentiaali on lähes 11 GWh. Tapanikylässä vastaava luku on noin 8000 MWh, Väätäiskylässä noin 7000 ja Rajalassa noin 6000 MWh. Mäkikylässä potentiaali on noin 5000 MWh/a.

Peltoenergiapotentiaaliltaan (viljan olki ja kevätkorjattava ruokohelpi) Rajala, Möhkö ja Tapanikylä ovat tutkimuksen pienalueista vähäisimmät. Väätäiskylässä peltoenergiaa on kuitenkin saatavissa noin 2200 MWh/a. Kevätkorjatun kesantopelloilla viljellyn ruokohelven, viljan oljen ja päätehakkuiden metsätähteiden teoreettinen yhteenlaskettu energiapotentiaali alueilla vaihtelee välillä 6000-12000 MWh/a (kuva 59).

Energiapuu onkin ryhmän alueiden merkittävin raaka-aine bioenergiantuotantoon. Käytännössä tämä tarkoittaa kiinteistökohtaisia lämmitysjärjestelmiä, joihin polttoaine hankitaan ympäröivistä metsistä. Edellä arvioidut päätehakkuualojen metsätähdepotentiaalit ovat moninkertaiset sähkön- ja lämmönkulutuksiin verrattuna. Kun tähän vielä lisätään taimikonhoidosta, nuorten metsien kunnostuksista ja ensiharvennuksista saatava energiapuu, niin voidaan todeta, että alueilla on pelkästään paikalliseen energiapuuhun perustuen mahdollisuudet energiayliomavaraisuuteen.

Alueilla voidaan jo nyt saavuttaa riippumattomuus fossiilisista polttoaineista lämmöntuotannossa. Sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ollaan kehittämässä yhä pienemmän kokoluokan CHP-yksiköitä, joiden kilpailukyky tulee jatkossa paranemaan. Täten tulevaisuutta ajatellen voidaan suhtautua toiveikkaasti myös mahdollisuuteen saavuttaa kiinteistökohtainen sähköomavaraisuus ja riippumattomuus keskitetystä sähköntuotannon infrastruktuurista.

Suurempien sähköntuotantoyksiköiden sijoittaminen harvaan asutuille alueille ja voiman syöttäminen valtakunnan verkkoon todennäköisesti monin paikoin vaatisi verkostomuutoksia. Kyseenalaista onkin kuka ja miksi investoisi syrjäisellä harvaan asutulla alueella verkon vahvistamiseen esimerkiksi puun hyödyntämiseen perustuvan CHP-yksikön kytkemiseksi verkkoon, ja toisaalta kuka käyttäisi tuotannossa syntyvän lämmön.

Kuntataso

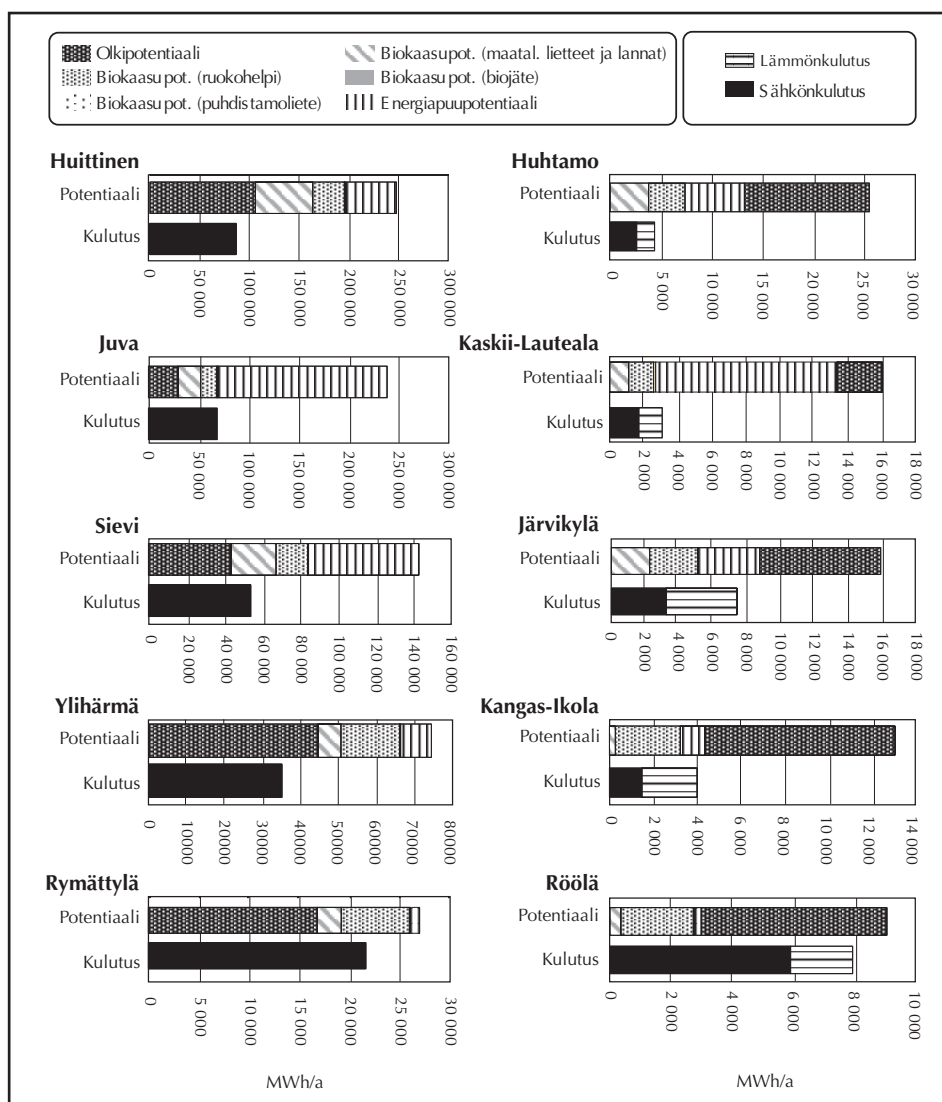
Tämän ryhmän (kuva 69) kuntia ja pienalueita koskevat kaaviot ovat hyvin paljon toistensa kaltaisia. Pienalueisiin verrattuna kuntien energiankulutus on kuitenkin suurempaa suhteessa raaka-ainepotentiaaliin. Kuntien ja pienalueiden raaka-ainejakaumat ovat myös lähes samanlaisia.

Yksittäisenä bioenergianlähteenä energiapuu on valta-asemassa jokaisella alueella riippumatta maantieteellisestä sijainnista Suomessa. Pienalueiden tapaan Lapinlahdella ja Multialla raaka-ainepotentiaalit ovat hieman monipuolisempia.

Parhaat mahdollisuudet bioenergiaan perustuvaan energiaomavaraisuuteen on Multialla, Ilomantsissa ja Hyrynsalmella. Sen sijaan Sodankylän teoreettinen raaka-ainepotentiaali on vain hivenen suurempi kuin kunnan sähkönkulutus. On kuitenkin jälleen kerran huomioitava myös tarkastelun ulkopuolelle jäävät energiapuun jakeet sekä tuuli- ja vesivoima, joiden potentiaalit Sodankylässä ovat suuret. Sodankylän ja Lapinlahden sähkönkulutukset ovat suurimmat tämän ryhmän kunnista. Osin tätä selittävät suurimmat asukasluvut ja elinkeinorakenteet. Jalostuksen osuus Lapinlahden elinkeinorakenteessa on ryhmän suurin (lähes 30 %) ja Sodankylässä palveluiden osuus on yli 70 %. Myös maantieteellinen sijainti vaikuttaa raaka-ainepohjaan. Sodankylän, Hyrynsalmen ja Ilomantsin energiapuuvaltaisuutta voidaan selittää kuntien pohjoisella ja itäisellä sijainnilla pohjois- ja keskiborealisilla ilmastovyöhykkeillä.

Ryhmä II

Ryhmän II pienalueiden teoreettinen energiaomavaraisuuspotentiaali (kuva 70) vaihtelee noin 110 ja 570 % välillä. Pääsääntöisesti omavaraisuuspotentiaali on hieman pienempi kuin ryhmän I alueilla. Ryhmän raaka-ainejakauma on kuitenkin monipuolisempi ja energiankulutus suurempi. Alueiden kokonaispotentiaalit muodostuvat huomattavan suurista osista energiapuuta, peltoenergiaa ja mädätyskelpoista ainesta. Ainoastaan Kaskii-Lautealassa puun osuus on huomattavasti suurempi kuin muiden raaka-aineiden ja Röölässä sekä Kangas-Ikolassa peltoenergiapotentiaali on merkittävin.



Kuva 70. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energiapotentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.

Pienalueet

Ryhmän pienalueiden etäisyys keskukseseen on 4-20 km. Alueilla on asukkaita 270-300 paitsi Järvikylässä, jossa asukkaita on noin 580. Pinta-alaltaan Kangas-Ikolan alue on pienin (noin 21 km²) ja suurin on Kaskii-Lauteala (noin 74 km²). Alueiden asukastiheydet ovat 3,7-13,5 as/km². Kangas-Ikola

on tiheimmin ja Kaskii-Lauteala harvimmin asuttu. Ryhmän alueet kuuluvat ydinmaaseutua edustaviin kuntiin lukuun ottamatta Rymättylän Röölää, joka maaseudun kolmijaon mukaan edustaa harvaan asuttua maaseutukuntaa. Tilastollisen kuntaryhmittelyn mukaan kaikki alueet kuuluvat maaseutumaisiin kuntiin.

Alueiden sähkönkulutus on pienin Kangas-Ikolassa (noin 1408 MWh/a) ja suurin Röölässä (noin 5913 MWh/a). Asukaskohtainen sähkönkulutus on myös suurin Röölässä, jossa kulutus on vähintään kaksinkertainen muihin alueisiin verrattuna (5-20 MWh/a). Pinta-alayksikköä kohti kulutus vaihtelee 23 ja 124 MWh/km²:n välillä. Kaskii-Lautealan pinta-alakohtainen kulutus on pienin ja Röölään suurin. Muiden kulutus on 60-70 MWh/km².

Lämmönkulutus on pienintä Kaskii-Lautealassa (1412 MWh/a) ja suurinta Järvikylässä (4131 MWh/a). Asukasta kohti ryhmän suurin lämmönkulutus on Kangas-Ikolassa (noin 9 MWh/a) ja pienin Kaskii-Lautealassa (noin 5 MWh/a). Pinta-alayksikköä kohti lämpöä kuluu 19-124 MWh/km² ja pienintä kulutus on Kaskii-Lautealassa ja suurinta Kangas-Ikolassa.

Lämpöä alueilla tuotetaan puulla ja turpeella 420-1290 MWh/a. Ryhmässä I kaikilla alueilla vastaava luku oli alle 500 MWh/a. Asukasta kohti puulla ja turpeella tuotettua lämpöä käytettiin 1,4-2,9 MWh/a ja pinta-alayksikköä kohti vähiten Röölässä (8,8 MWh/km²) ja eniten Järvikylässä (noin 27 MWh/a). Puun ja turpeen käytössä alueiden välillä on aika suuret erot: Kangas-Ikolassa puun ja turpeen osuus on alle 20 %, kun Kaskii-Lautealassa se on noin 55 %. Kangas-Ikolassa myös sähkön käyttö lämmityksessä on vähäisintä (18,3 %). Eniten sähköä käytetään ryhmän syrjäisimmällä alueella Kaskii-Lautealassa (38,3 %).

Maatalouden lietteiden ja lannan, biojätteiden ja kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven teoreettinen biokaasupotentiaali vaihtelee Kaskii-Lautealan noin 2650 MWh:sta Huhtamon noin 7380 MWh:in vuodessa. Huhtamon teoreettinen biokaasupotentiaali peittää alueen sähkön- ja lämmönkulutuksen noin 160-prosenttisesti. Lämmönkulutuksen se kattaa lähes nelinkertaisesti. Merkillepantavaa onkin, että teoreettinen biokaasupotentiaali peittää kaikkien tämän ryhmän alueiden lämmönkulutukset vähintään 1,2-kertaisesti. Näiden alueiden lisäksi tutkimuksen kaikista pienalueista potentiaali on yli 100 % lämmönkulutuksesta ainoastaan ryhmän I Mäkikylässä.

Myös asukasta kohti laskettuna biokaasupotentiaalit ryhmän II alueilla ovat suuret verrattuna muihin tutkimusalueisiin. Vain Mäkikylä pääsee tässä vertailussa samoille lukemille. Ylivoimaisesti suurin potentiaali on Huhtamossa (noin 26 MWh/as). Muilla ryhmän alueilla Mäkikylä mukaan lukien potentiaali on 8-12 MWh/as. Viidellä tämän tutkimuksen pienalueista

vastaava luku on alle 1 MWh/as. Pinta-alayksikköä kohti Huhtamossa ja Kangas-Ikolassa on ryhmän korkeimmat potentiaalit. Huhtamossa se on lähes 170 MWh/km², Kangas-Ikolassa noin 156 MWh/km² ja Järvikylässäkin noin 110 MWh/km². Myös Kaskii-Lautealan ja Röölin lukemat ovat moninkertaiset verrattuna ryhmän I alueisiin.

Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaali Huhtamossa on koko tutkimuksen suurin (3790 MWh/a). Myös Järvikylässä sekä Kaskii-Lautealassa se on huomattava. Röölin ja Kangas-Ikolan potentiaalit ovat huomattavasti pienemmät (noin 300 MWh/a). Päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva teoreettinen energiapuupotentiaali vaihtelee voimakkaasti tämän ryhmän alueiden välillä. Kaskii-Lautealassa potentiaali on lähes 10700 MWh/a kun taas Röölin se on vain noin 200 MWh/a. Kangas-Ikolassa potentiaali on noin 1100, Järvikylässä noin 3600 ja Huhtamossa noin 5800 MWh/a. Viljan oljen ja kesantopelloilla viljeltävän kevätkorjatun ruokohelven yhteenlaskettu peltoenergiapotentiaali alueilla vaihtelee välillä 8900-16300 MWh/a lukuun ottamatta Kaskii-Lautealaa, jonka potentiaali on noin 4300 MWh/a.

Tämän ryhmän alueet ovat mielenkiintoisia siinä mielessä, että niiden keskimääräinen asukastiheys on selvästi suurempi kuin ryhmän I alueilla. Asutus ei kuitenkaan ole tasaisesti jakaantunut, vaan alueilla on asutus- ja siten myös energiankulutuskeskittymiä. Raaka-ainepotentiaali (kuva 70) on kaikilla alueilla suuri kulutukseen verrattuna ja ryhmän I alueisiin nähden raaka-ainepohja on monipuolinen. Kulutuskeskittymät mahdollistavat paikallisesti tuotetun energiansiirtoon tarvittavan sähkön-, lämmön- tai kaasunsiirtoverkoston rakentamisen.

Tuotettaessa sähköä enemmän kuin alueella on tarvetta, voidaan sähköä myydä valtakunnan verkkoon. Alueella, jolla sähkönkulutus on merkittävästi suurempi kuin hyvin syrjäisillä harvaan asutuilla alueilla, ja joka sijaitsee suhteellisen lähellä keskustaa, voidaan olettaa olevan sähkönjakeluverkosto, joka tarvittaessa teknisesti olisi kykenevä ottamaan vastaan pienen tuotantoyksikön syöttämää sähköä. Myös verkkoyhtiön motivaatio verkon kehittämiseen pienen tuotantoyksikön liittymisen vuoksi on oletettavasti suurempi alueella, joka on vireä, kehittyvä ja sijainniltaan lähempänä keskustaa kuin harvaan asutulla syrjäisellä alueella.

Paikallisen tuotantoyksikön ja kyläverkon lyhyiden siirtoyhteyksien ansiosta etenkin luonnonolosuhteista tai muista ennakoimattomista syistä johtuvat jakelunkeskeytykset ja -häiriöt alueella vähenevät. Lisäksi alueen sijainti suhteellisen lähellä taajamaa ja monipuolinen raaka-ainejakauma tarjoavat mahdollisuuksia tiiviiseen vuorovaikutukseen keskuksen kanssa. Esimerkiksi biokaasulaitos voi tarjota jätteenkäsittelypalvelujaan taajamassa tai sen läheisyydessä sijaitsevalle teollisuudelle. Hajautetun energiantuo-

tannon yksiköiden perustamista ryhmän II alueille voidaankin perustella monesta eri näkökulmasta.

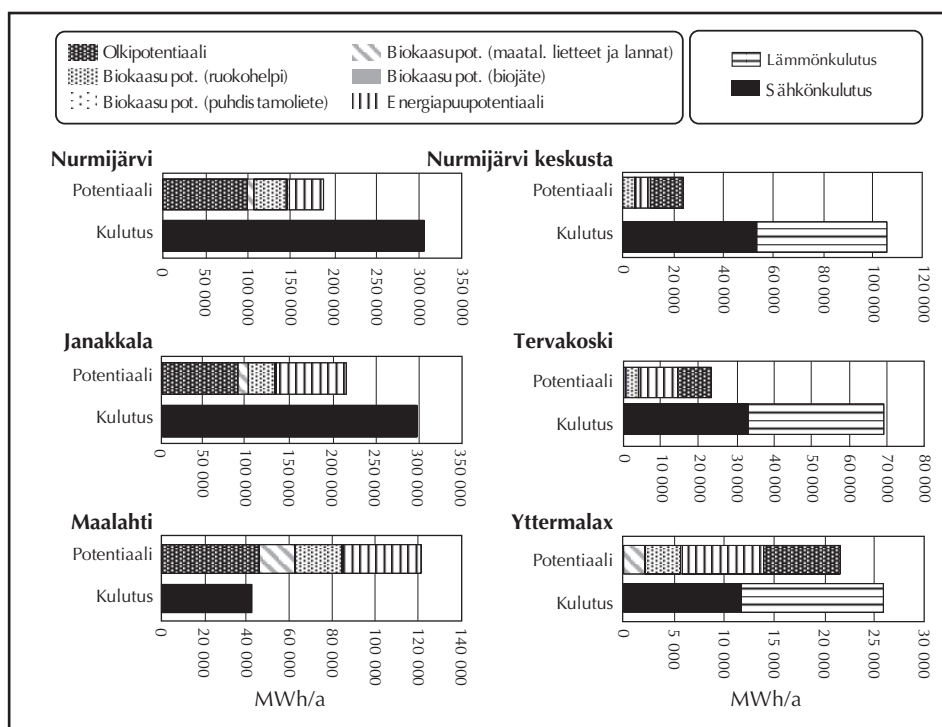
Kuntataso

Tässä ryhmässä (kuva 70) sekä pienalueiden että kuntien raaka-ainepotentiaali on monipuolinen. Ainoastaan Juvalla (ja Kaskii-Lautealassa) puun osuus on huomattavasti muiden lähteiden potentiaaleja suurempi. Tässä ryhmässä peltoenergian asema on vahva ja myös biokaasuntuotannon raaka-ainepotentiaali on merkittävä. Erityisen suuri peltoenergian osuus on Ylihärmässä ja Rymättylässä. Energiankulutuksen suhteen voidaan tehdä sama havainto kuin ryhmässä I: Kulutus suhteessa potentiaaliin on kunnissa suurempaa kuin pienalueilla. Ryhmään I verrattuna ero on kuitenkin vähän kaventunut.

Kunnista Rymättylällä on heikoimmat edellytykset saavuttaa energiaomavaraisuus bioenergialla. Potentiaali muodostuu lähes täysin peltoenergiasta. Saaristossa sijaitsevan kunnan tuulivoiman tuotantopotentiaali on kuitenkin merkittävä. Ryhmän muilla kunnilla on keskenään lähes tasavertaiset mahdollisuudet sähkön tarpeen tyydyttämiseen paikallisella bioenergialla. Huittisten ja Juvan sähkönkulutukset ovat ryhmän suurimmat. Asukasluvultaan nämä kunnat ovatkin huomattavasti ryhmän muita kuntia suurempia. Ryhmän kunnat sijaitsevat rannikon tuntumassa tai etelämpänä kuin ryhmän I alueet. Kasvuolosuhteiltaan tämän ryhmän kunnat sijaitsevatkin paremmilla seuduilla.

Ryhmä III

Ryhmän III pienalueet ovat keskuksia, joiden energiankulutus on huomattavasti suurempaa kuin raaka-aineressit eli omavaraisuuspotentiaali on alhainen (kuva 71). Raaka-aineressit ovat kuitenkin suuret verrattuna valtaosaan tutkimusalueita (kuva 63). Alueet kuuluvat eteläboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen.



Kuva 71. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energiapotentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.

Pienalueet

Ryhmän kaikki pienalueet eli Nurmijärven keskusta, Tervakoski ja Yttermalax ovat taajamia ympäristöineen. Asukkaita Nurmijärvellä on selvästi eniten (noin 7200). Pinta-aloiltaan tutkimusalueet asettuvat kuitenkin vastakkaiseen järjestykseen eli suurin on Yttermalax ja pienin Nurmijärvi. Asukastiheys Nurmijärvellä onkin lähes 141 as/km², Tervakoskella lähes 61 as/km² ja Yttermalaxissa noin 16 as/km². Ryhmän II Järvikylän ja Kangas-Ikolan asukastiheydet (12,2 ja 13,5) ovat samaa suuruusluokkaa Yttermalaxin kanssa, mutta tutkimusalueiksi on rajattu huomattavasti pienemmät alueet kylien ympäristöstä. Ryhmän I alueilla asukastiheydet olivat alle 1 as/km² yhtä aluetta lukuun ottamatta.

Sähkönkulutus on Nurmijärven pienalueella koko tutkimuksen alueista suurinta (noin 54,4 GWh/a), ja toiseksi suurinta se on Tervakoskella (noin 32,7 GWh/a). Yttermalaxin kulutus on neljänneksi suurin (11,8 GWh/a) Vuohijärven jälkeen. Sähkönkulutus asukasta kohti on alueilla kuitenkin samaa tasoa (6,7-7,9 MWh/as). Pinta-alkohtaisessa tarkastelussa havai-

taan sama kuin kokonaiskulutuksessa, eli Nurmijärven kulutus on selvästi suurinta ja Yttermalaxissa pienintä.

Rakennuspinta-aloihin perustuva lämmön tarve on suurin Nurmijärvellä ja ryhmän alueista pienin Yttermalaxissa. Tarve on välillä 14,3-52,2 GWh/a. Asukasta kohti lämmön tarve on alueilla samaa suuruusluokkaa – ryhmän pienin Nurmijärvellä (7,3 MWh/a) ja suurin Tervakoskella (8,5 MWh/a). Pinta-alayksikköä kohti lämmön tarve on suurinta Nurmijärvellä ja pienintä Yttermalaxissa (126-1022 MWh/km²). Esimerkiksi ryhmässä I alueiden lämmön tarve oli alle 14 MWh/km².

Nurmijärven keskustassa kaukolämmöllä turvataan lähes 31 % ja Tervakoskella noin 45,5 % rakennusten lämmitystarpeesta. Lämmön tarvetta tyydytetään puulla ja turpeella tuotetulla lämmöllä Yttermalaxissa 2156 MWh, Tervakoskella 1743 MWh ja Nurmijärvellä 984 MWh/a. Asukasta kohti puulla ja turpeella tuotetun lämmön osuus on noin 0,1-1,3 MWh/a. Ryhmässä I ja II vastaavat asukaskohtaiset kulutukset olivat vähintään 3,4 ja 1,4 MWh/as. Pinta-alakohtainen puulla ja turpeella tuotetun lämmön hyödyntäminen on suurinta Tervakoskella (noin 25,4 MWh/km²) ja Nurmijärvellä ja Yttermalaxissa se on noin 19 MWh/km². Prosentuaalisesti puuta ja turvetta hyödynnettiin noin % lämmön tarpeesta. Sähköllä tuotettiin 25-33 % lämmön tarpeesta.

Maatalouden lietteisiin ja lantaan, biojätteisiin ja kesantopelloilla viljeltävään ruokohelpeen perustuva biokaasupotentiaali on alueilla noin 3900-5900 MWh/a. Potentiaali asukasta kohti vaihtelee Nurmijärven 0,8 MWh:sta Yttermalaxin 3,3 MWh:in. Pinta-alakohtainen potentiaali on Yttermalaxin ja Tervakosken reilusta 50 MWh:sta Nurmijärven noin 110 MWh:in neliökilometriä kohti. Maatalouden lietteiden ja lannan biokaasupotentiaali on Yttermalaxissa useita kertoja suurempi kuin ryhmän muilla alueilla, mutta kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven potentiaali on koko tutkimuksen alueista suurin Nurmijärvellä. Myös päätehakkuiden metsätähteisiin perustuva energiapuupotentiaali on ryhmän alueilla huomattavan suuri (noin 5900-10200 MWh/a). Oljen, kesantopelloilla viljeltävän kevätkorjatun ruokohelven ja päätehakkuiden metsätähteiden yhteenlaskettu energiapotentiaali onkin tässä ryhmässä suuri (20000-25300 MWh/a). Ainostaan Huhtamon potentiaali ulottuu samalle tasolle (22100 MWh/a). Toki on muistettava, että päätehakkupotentiaali pienalueella on laskettu kunnan keskimääräisestä pinta-alakohtaisesta potentiaalista, eikä se ymmärrettävistä syistä johtuen voi käytännössä olla keskuksessa yhtä suuri kuin kunnan syrjäisissä osissa. Esimerkiksi ruokohelven ja maatalouden lietteiden määrät taas perustuvat todellisiin aluekohtaisiin pinta-aloihin ja eläinmääriin.

Ryhmän III alueilla sähkön- ja lämmönkulutus on suurta verrattuna raaka-ainepotentiaaliin. Nurmijärvellä ja Tervakoskella kaukolämpöverkosto kattaa merkittävän osan lämmön tarpeesta. Yttermalaxissa paikallisten pienimuotoisten verkostojen kehittämiseen olisi mahdollisuuksia. Paikallisten raaka-aineresurssien hyödyntäminen on mahdollista osana alueiden kaukolämmöntuotantoa tai pienimuotoisemman energiantuotannon raaka-aineena. Taajamien siirtoverkostot pystyvät ottamaan vastaan pienten tuotantolaitosten syöttämän sähkön ja myös paikallisesti sekä sähkölle että lämmölle on kulutuskohteita.

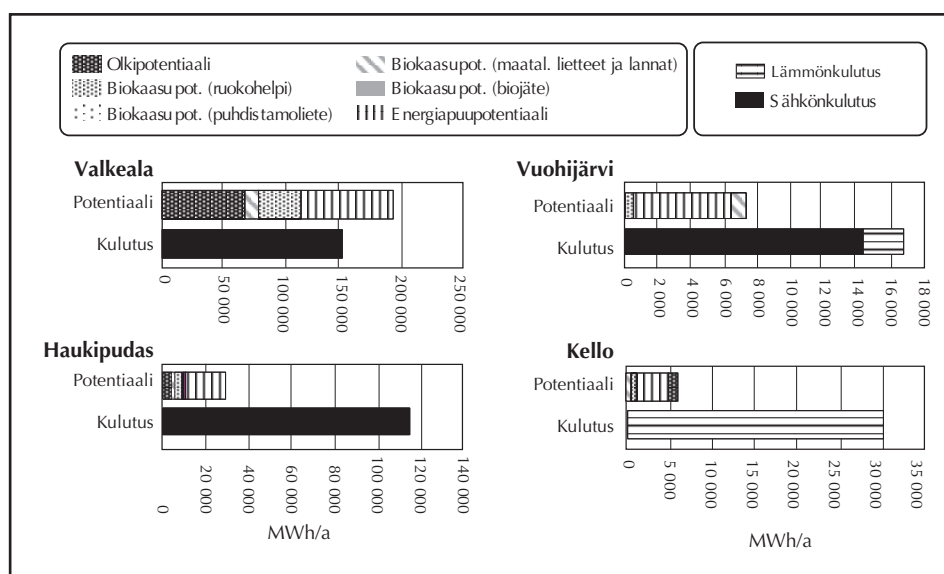
Kuntataso

Suhteessa sähkön tarpeeseen sekä pienalueiden että kuntien bioenergian raaka-ainepotentiaalit ovat samaa suuruusluokkaa. Raaka-ainepohja on monipuolinen, mutta Nurmijärvellä ja Janakkalassa riittämätön energiaomavaraisuuden saavuttamiseksi. Maalahdessa raaka-ainepotentiaali on lähes kolminkertainen sähkönkulutukseen verrattuna. Nurmijärven ja Janakkalan raaka-ainepotentiaalit ovat tutkimuksen suurimpia yhdessä Huittisten, Juvan, Lapinlahden, Valkealan ja Ilomantsin kanssa, mutta niiden energiankulutus on omaa luokkaansa. Nurmijärven ylivoimaisesti suurin ja Janakkalan kolmanneksi suurin asukasluku sekä Janakkalan jalostuksen suuri osuus (40 %) elinkeinorakenteessa selittävät alueiden suurta sähkönkulutusta.

Ryhmä IV

Vuohijärvi ja Kello ovat poikkeuksellisia alueita muiden joukossa. Vuohijärvi sijaitsee noin 21 km Valkealan kirkonkylältä, mutta sen energiankulutus suhteessa potentiaaliin on poikkeuksellisen suuri verrattuna muihin syrjäisiin tutkimusalueisiin. Kello sijaitsee noin 8 kilometrin päässä Haukiputaan kirkonkylästä kirkonkylän ja Oulun kaupungin välissä. Myös Kellon alue poikkeaa muista alueista suuren energiankulutuksensa vuoksi. Kuvasta 72 nähdään pienalueiden raaka-ainepotentiaali verrattuna energiankulutukseen.

Vuohijärven poikkeavuus alueiden joukossa nähdään myös kuvista 45 ja 46. Syrjäisellä seudulla oleva Vuohijärvi sijaitsee vastaavalla etäisyydellä keskuksesta kuin Väättäiskylä, Möhkö ja Kaskii-Lauteala, mutta sen pinta-alakohtainenkin energiankulutus on moninkertainen verrattuna niiden kulutukseen. Kulutus on pienalueista potentiaalia suurempi ryhmän III alueiden eli keskusten lisäksi vain Kellossa ja Vuohijärvellä.



Kuva 72. Kuntien ja pienalueiden teoreettiset biomassoihin perustuvat energiapotentiaalit, kuntien sähkönkulutukset sekä pienalueiden sähkön- ja lämmönkulutukset.

Valkealan kunnan raaka-ainepotentiaali on suurempi kuin sen sähkönkulutus. Vuohijärvellä taas sähkönkulutus on huomattavasti suurempi kuin teoreettinen raaka-ainepotentiaali. Tämä johtuu Vuohijärvellä sijaitsevasta teollisuudesta. Lisäksi kunnan potentiaali on monipuolisempi kuin Vuohijärven, jonka merkittävin bioenergianlähde on puu.

Haukiputaan ja Kellon sähkönkulutusta ja raaka-ainepotentiaalia kuvaavat kaaviot ovat lähes identtiset eli pienalue taajamineen, teollisuuslaitoksineen ja niitä ympäröivine alueineen kuvaa aika hyvin koko kuntaa pienoiskoossa. Haukiputaan merkittävin uusiutuvan energian lähde on tuulivoima.

Toimintakonseptit

Hajautetun energiantuotannon toimintakonsepteja (kuva 22) tarkastellaan raaka-aineen saatavuuden näkökulmasta. Tyyppitilanteista erityisesti ryhmän I alueille soveltuu energiapuun hyödyntämiseen perustuva ratkaisu. Omavaraisuuteen pyrittäessä ryhmässä II ratkaisut muodostuvat monesta toisiaan tukevista ja osittain päällekkäisistä monipuolista raaka-ainepohjaa hyödyntävistä konsepteista. Ryhmille III ja IV alueiden suuri energiankulutus luo omat vaateensa. Lisäksi jokaisen todellisen alueen paikalliset

olot ja olemassa olevat rakenteet sanelevat ehtoja ratkaisujen käytännön toteuttamiselle. Tämän tutkimuksen kvantitatiivisen tarkastelun ulkopuolelle rajatut teollisuuden jätteet kasvattavat etenkin ryhmien III ja IV potentiaalia. Bioenergian lisäksi on huomioitava myös muut uusiutuvan energian lähteet, jotta kuhunkin tyyppitilanteeseen ja yksittäistapaukseen löydetään paras mahdollinen ratkaisu.

Ryhmän I alueilla paikallisten raaka-aineiden hyödyntäminen energiantuotannossa on käytännössä tilakohtaista lämmöntuotantoa. Lämmitysratkaisun kannattavuus tai edullisuus ei siis perustu energian myyntiin vaan ostoenergian korvaamiseen paikallisella puuraaka-aineella, jonka hankinnan kustannuksia omasta metsästä omaan käyttöön harva isäntä todella laskee. Paikallisella puulla korvataan pääsääntöisesti öljyä ja sähköä. Kiinteistökokoluokan CHP-tuotantomenetelmien tullessa kilpailukykyiseksi niillä on markkinapotentiaalia myös näillä alueilla.

Energiapuun lisäksi peltoenergiaa on huomattavan paljon ryhmän II alueilla (Kaskii-Lauteala, Järvikylä ja Huhtamo) sekä ryhmän I Väätäiskylässä ja Mäkikylässä. Myös Yttermalaxissa energiapuuta ja peltoenergiaa on huomattavan suuri osa kulutukseen nähden huomattavasta kokonaispotentiaalista. Tervakoskella, Nurmijärvellä ja Vuohijärvellä peltoenergia on puun rinnalla merkittävä bioenergianlähde, joskin niiden osuudet kulutuksesta jäävät suhteellisen alhaiseksi. Kangas-Ikolassa ja Röölässä peltoenergia on mittavin bioenergian raaka-aine, kun taas Huhtamossa biokaasuntuotantoon soveltuvien eläin- ja kasviperäisten aineiden biokaasupotentiaali on kulutukseen nähden hyvin merkittävä. Kellon alueella bioenergianlähteitä on vähän verrattuna kulutukseen. Energiaomavaraisuus on kuitenkin saavutettavissa tuulivoimantuotannolla. Myös Röölä, Yttermalax ja Rajala sijaitsevat tuulivoimantuotannon kannalta otollisilla alueilla eli rannikolla ja Lapissa.

Kuvassa 22 esitettyä hajautetun energiantuotannon toimintakonseptia voidaan soveltaa eri raaka-aineiden käyttöön perustuen erilaisiin olosuhteisiin. Tiettyjä yhteneviä piirteitä esimerkiksi puuta hyödyntävien yksiköiden toteutuksesta on kuitenkin löydettävissä. Tarkastellaan seuraavia yleisiä toimintakonsepteja:

- maatalouden lietteiden ja lannan sekä kasvibiomassan (ruokohelven) toimintakonsepti (esimerkkinä Huhtamo)
- energiapuun ja peltoenergian toimintakonsepti
- tuulivoiman toimintakonsepti (Kello)

Maatalouden lietteet ja lannat sekä ruokohelpi

Tämän tutkimuksen perusteella maatalouden lietteiden ja lannan sekä ruokohelven mädätykseen perustuva ratkaisu soveltuu erityisesti Huhtamoon. Huhtamossa muodostuu suuret määrät maatalouden lietteitä ja lantaa, joka jo jossain määrin on ongelma pieneksi käyvän levityspinta-alan ja hajuhaittojen vuoksi. Tällä hetkellä sikaloiden lietteet levitetään pelloille. Sikaloilla on suuret peltopinta-alat sekä viljelijöiden kanssa solmittuja levityssopimuksia. Toistaiseksi lietteen kanssa onkin tultu toimeen, mutta on mahdollista, että jatkossa sikaloiden nykysuuntauksen mukaisesti edelleen kasvattaessa eläinmääriään kohdataan lietteen sijoitusongelmat todellisena esteenä elinkeinon harjoittamiselle.

Alueen maatalouden lietteiden ja lannan sekä ruokohelven biokaasupotentiaali yhteensä (noin 7360 MWh/a) on suurempi kuin alueen sähkön- ja lämmöntarve (noin 4300 MWh/a). Huhtamon ulkopuolella Huittisissa ja Punkalaitumen puolella on lisäresursseja, kuten elintarviketeollisuuden jätteitä sekä karjan lietteitä ja lantaa. Ne antavat mahdollisuuden mädätettävän jätekoostumuksen kaasuntuoton tehostamiseen, kapasiteetin kasvattamiseen ja lisätuloihin, ja ne tulee siten huomioida tarkemmassa tarkastelussa haettaessa optimaalista biokaasulaitoskokoa, sijaintia ja mädätettävän lietteen koostumusta.

Huhtamon edellä esitetty biokaasupotentiaali sijaitsee pinta-alaltaan noin 44 km²:n kokoisella alueella. Täten raaka-aineiden ja mädätetyn lietteen kuljetusetäisyydet jäävät lyhyiksi ja samojen koneiden hyödyntäminen esimerkiksi ruokohelpisadon korjuussa eri tiloilla on mahdollista. Kylän alueella on 21 kotieläintaloutta harjoitettavaa tilaa. Sikaloita on 6-7 ja ne sijaitsevat noin 2 kilometrin etäisyydellä Huhtamon kirkosta. Lisäksi 3-4 sikalaa on alle kymmenen kilometrin päässä kirkosta Punkalaitumen puolella. Punkalaitumen puolella olevien sikaloiden potentiaalia ei ole huomioitu tämän tutkimuksen laskelmissa. Nautakarjatila, jossa on 30-40 eläintä, sijaitsee Huhtamossa alle 5 kilometrin ja neljä kanalaa kahden kilometrin säteellä Huhtamon kirkosta. Mädätykseen soveltuu tavanomainen sekoitettava mädätysreaktori, jossa käsitellään yhteismädätyksenä maatalouden lietteitä ja lantaa sekä kasviperäisiä aineksia kuten ruokohelpeä.

Laitoksen kannattavuuden kannalta on oleellista, että tuotetulle kaasulle on käyttökohteita. Edullisin sijoituspaikka biokaasulaitokselle on mahdollisimman lähellä tuotetun kaasun, lämmön ja sähkön hyödyntäjää siten, että energialla voidaan korvata kalliimpaa vaihtoehtoista polttoainetta tai energiaa. Ensisijaisesti tulee pyrkiä energian hyödyntämiseen lähialueilla, jolloin voidaan välttyä siirtomaksuilta ja -häviöiltä.

Biokaasulaitos voidaan sijoittaa esimerkiksi sikalan yhteyteen, jolloin laitos voisi tuottaa lämpöä ja sähköä oman käytön lisäksi sikalan tarpeisiin

ja mahdollisuuksien mukaan myydä energiaa myös ulkopuolelle sähkönä valtakunnan verkkoon, lämpönä tai kaasuna esimerkiksi naapureille viljankuivaukseen tai liikennepolttoaineeksi. Kaasun, sähkön tai lämmön siirtoa varten voidaan rakentaa paikallinen verkosto. Kaasun- tai lämmönsiirtoputkia maahan kaivettaessa voidaan samaan kaivantoon asentaa putki, jota voidaan hyödyntää lietteensiirrossa esimerkiksi läheiseltä sikalalta ja takaisin. Lietteputki-investointi maksaisi itseään ajanoloon takaisin kuljetuskustannusten muodossa. Kaasun siirrossa voidaan hyödyntää myös mahdollisia maakaasu- ja kaupunkikaasuverkkoja ja sähkönsiirto paikallisen jakeluverkkoyhtiön siirtoverkkoon on mahdollista.

Biokaasun hyödyntäminen liikennepolttoaineena perustuu olemassa olevaan tekniikkaan ja sen taloudellisetkin esteet ovat poistumassa. Täten biokaasun hyödyntäminen esimerkiksi laitoksille kohdistuvissa kuljetuksissa on eräs kaasun käyttökohde.

Huhtamon alueen teoreettinen maatalouden lietteisiin ja lantaan sekä ruokohelpeen perustuva biokaasupotentiaali on 7360 MWh/a. Biokaasusta saadaan yhteistuotannolla sähköä (30%) noin 2210 MWh/a ja lämpöä (55 %) noin 4060 MWh/a. Edellä mainittu sähköntuotanto kattaisi 84 % alueen tarpeesta ja lämmön tarve tulisi tyydytettyä biokaasun CHP-käytöllä lähes 2,4-kertaisesti. Tässä on lämmön tarpeena huomioitu ainoastaan lämmitysenergian tarve, eikä esimerkiksi maatalouden tuotannossa tai vedenpuhdistuksessa tarvittavaa lämpöä. Toisaalta taas arvioitu lämmönkulutus on koko alueen rakennusten lämmönkulutus, minkä peittäminen yhdellä mädätyslaitoksella ei ole mahdollista etäisyyksien vuoksi. Osa tuotetusta energiasta kuluu laitoksen omaan käyttöön.

Energiaomavaraisuuteen pyrittäessä Huhtamossa tulisi ensisijaisesti pyrkiä lämmöntuotannossa käytettyjen ostopolttoaineiden ja sähkön korvaamiseen biokaasulla. Tällä hetkellä Huhtamossa rakennusten lämmitykseen käytettävästä lämmöstä tuotetaan noin 48 % sähköllä ja öljyllä tai kaasulla.

Biokaasulaitoksen tulot ja kannattavuus muodostuvat energian (biokaasu, lämpö, sähkö, höyry) myynnistä sekä omistajan oman ostoenergiankulutuksen korvaamisesta biokaasulla ja mahdollisesti laitoksen tarjoamasta jätteenkäsittelypalvelusta eli porttimaksuista. Huhtamossa tämä voisi toteutua käsittelemällä esimerkiksi Huittisten vihanneksia jalostavien yritysten kasvijätteitä. Mahdollisesti tuloja saadaan myös mädätetystä lietteestä eli hydrolyysijäännöksestä tai sen jatkojalosteista. Mädätetyn lietteen käyttäminen esimerkiksi ruokohelpiviljelmien lannoituksessa palauttaa mädätyksessä käytettyjen kasvien maasta ottamat ravinteet takaisin maahan. Lisäksi biokaasulaitos voi myydä hiilidioksidia esimerkiksi kasvihuoneviljelmille.

Raaka-aineiden toimittaminen biokaasulaitokselle tarjoaa viljelijöille sivuelinkeinomahdollisuuksia, kuten lietteiden ja lannan kuljettaminen biokaasulaitokselle sekä ruokohelven viljely ja jalostaminen biokaasulaitoksen tarvitsemaan muotoon. Ruokohelven viljely tarjoaa kesantopelloille ja myös viljelemättömille pelloille käyttömahdollisuuden. Ruokohelven tuottaminen biokaasulaitokselle kattaisi koko tuotantoketjun ja lisäksi koneiden käyttöastetta, sillä sadonkorjuu tulisi tehdä kesän ja syksyn aikana useita kertoja. Myös mädätetyn lietteen jatkojalostus tarjoaa alueelle sivuelinkeinomahdollisuuksia. Esimerkiksi raemaisen lannoitetuotteen tuotantoketjun eri vaiheita voidaan ulkoistaa paikallisille toimijoille (muun muassa tuotteen säilytys, varastointi, myynti ja markkinointi).

Biokaasulaitos tarjoaa monenlaista tukea alueen elinkeinoille. Biokaasulaitos tukee karjatilojen toiminnanharjoittamista ja poistaa esteitä laajentamisen tieltä vastaanottamalla maatalouden lietteitä, jotka muutoin voisivat vaatia tilojen varastointikapasiteetin kasvattamista tai kuljetusmatkojen pidentämistä. Täten tilat kykenevät täyttämään myös ympäristötuen saamiseen liittyvät peltolevitystä koskevat ehdot. Mädätyksellä on myös lietteeseen positiivisia vaikutuksia maanviljelyn kannalta:

- Liete homogenisoituu mädätyksen aikana.
- Peltolevityksessä mädätetty liete kuluttaa maan happea vähemmän kuin raakaliete
- Mädätetyssä lietteessä ravinteet ovat liukoisessa kasvien nopeasti hyödynnettävässä muodossa ja liete on homogeenisempaa myös ravinteiden suhteen. Parempien lannoiteominaisuuksien vuoksi on muun muassa Kalmarin tilalla Laukaalla voitu keinolannoitteiden määrää vähentää (Finbio 2003).
- Lietteiden hygieenisuus paranee muun muassa patogeenien ja rikikasvien siementen suhteen.
- Lietteen määrä pienenee.

Lisäksi biokaasulaitoksen käyttöönoton on havaittu käytännössä parantavan maitotilan karjan utareterveyttä, minkä johdosta utaretulehduksista johtuvat eläinten poistot ovat vähentyneet ja maidontuotanto noussut merkittävästi. (Finbio 2003.)

Vaikutuksista ympäristöön voidaan todeta, että maatalouden lietteiden peltolevityksen hajuhaitat pienenevät, kun raakalietteet toimitetaan mädätettäväksi. Mädätetty liete on lähes hajutonta, ja laitoksen päästöt käsitellään ennen niiden ilmaan vapauttamista. Mädätyksen vaikutuksesta myös lietteen vesistöihin kohdistuva orgaaninen kuorma pienenee.

Biokaasulaitos soveltuu sijoitettavaksi Huhtamoon, koska

- maatalouden lietteiden ja lannan sekä kesantopelloilla viljeltävän ruokohelven metaanintuottopotentiaali alueen energiankulutuksen suhteen on korkea

- alueella on energian käyttökohteita suhteellisen lyhyiden etäisyyksien välein
- pienellä alueella syntyy paljon lietettä ja levityspinta-alasta ja varastointikapasiteetista voi tulla lähitulevaisuudessa pulaa
- mädätettävien raaka-aineiden kuljetusetäisyydet ovat lyhyet
- myös muita mädätettäviä aineksia, jotka voivat olla merkittäviä laitoksen talouden kannalta (kaasuntuotto, porttimaksut), on melko lyhyiden kuljetusetäisyyksien päässä
- mädätetyn lietteen mahdollisia sijoituskohteita eli peltoenergiantuotantoon valjastettuja kesantopeltoja tai muita peltoja on lähellä
- paikallisessa lämmityksessä käytetään pääasiassa puuta ja turvetta (44,3 %), mutta biokaasulla voidaan korvata muita paljon käytettyjä energianlähteitä eli sähköä ja öljyä
- hajuhaitat pienenevät, mikä on merkittävää muun muassa sen vuoksi, että alue sijaitsee valtatievarrella
- se tarjoaa mahdollisuuden myös liikennepolttoaineiden kulutuksessa siirtymisen suurempaan omavaraisuuteen (taloudelliset ja ympäristövaikutukset).

Energiapuu ja peltoenergia (kevätkorjattu ruokohelpi)

Energiapuun sekä peltoenergiantuotanto tukevat toisiaan siinä mielessä, että sekä ruokohelpi että olki soveltuvat seospolttoon puun kanssa. Sellaisenaan ruokohelpi soveltuu polttoon paremmin kuin viljan olki, mutta puuhun verrattuna pelkän ruokohelven käyttö voi aiheuttaa laitoksen tehon aleneman. Tilakohtaisissa lämpökattiloissa kevätkorjattua ruokohelpeä on poltettu pienpaaleina sellaisenaankin ja sangen hyvin tuloksin (Kivimäki 2004). On myös olemassa olkikattiloita pelkän oljen polttamiseen. Ruokohelpeä ja olkea voidaan myös jalostaa esimerkiksi pelletiksi.

Poltto on ensisijainen ja yksinkertainen ratkaisu lämmöntuotantoon. Biomassoihin perustuvaan energiantuotantoon on kuitenkin olemassa lukuisia muitakin soveltuvia teknisiä ratkaisuja (kuva 12) ja sähkön ja lämmön yhteistuotantokin on teknisesti mahdollista (esimerkiksi stirling). Lämpölaitosten tulot muodostuvat lämmön myynnistä tai kannattavuus tulee vaihtoehtoisen lämmitystavan korvaamisesta. CHP-tuotannossa on mahdollisuus myös sähkön käyttöön ja myyntiin paikallisesti, lähialueille tai valtakunnan verkkoon.

Puuta ja peltoenergiaa käyttävä lämpölaitos tuottaa sivutuotteenaan tuhkaa, jota voidaan käyttää lannoitteena. Laatuvaatimukset täyttäessään tuhka voi saada luomulannoitteen statuksen. Esimerkiksi ruokohelven

maasta ottamat ravinteet palautuvat tuhkan mukana takaisin maahan ja puunkin poltosta muodostuvan tuhkan mukana ravinteet palautuvat maastoon tyypeä lukuun ottamatta.

Lämpölaitos ei tarjoa välittömiä palveluja ulkopuolisille, ellei sillä ole esimerkiksi jätteen polttoon soveltuvia laitteistoja päästömittaustjärjestelmiseen ja asianmukaisine lupineen. Välillisesti lämpölaitoksen toimijaverkosto tarjoaa esimerkiksi energiapuun hankintaan liittyviä metsänhoitopalveluja. Tällaisia ovat muun muassa metsätähteiden korjuu, taimikonhoito ja ensiharvennukset.

Metsätähdehakkeen ja ruokohelven tuotanto energiantuotannon raaka-aineiksi tuo alueelle sivuelinkeinomahdollisuuksia. Molempien polttoaineiden hankintaketjut muodostuvat useista vaiheista, joissa voidaan hyödyntää useita yrittäjiä. Energiapuun hyödyntämisellä hakkeena on sekä välittömiä että välillisiä työllisyysvaikutuksia. Esimerkiksi alueelliselle lämpölaitokselle tapahtuvaan haketuotantoon liittyvät työpaikat syntyvät tuotantoketjun eri vaiheiden ympärille lähialueille, koska metsähakkeen hankinta toteutetaan yleensä 30-40 km säteellä polttolaitoksesta. Välittömästi hakkeen hankinta työllistää paikallisia toimijoita, kuten metsureita, metsänomistajia sekä kone- ja kuljetusyrittäjiä, joille tarjoutuu mahdollisuuksia kuljetusten ja haketuksen hoitamiseen. (Peltonen ja Wessberg 1997.) Yksittäisiin vaiheisiin liittyvän yritystoiminnan lisäksi toiminta voi kattaa koko ketjun polttoaineen hankinnasta lämmön- ja sähköntuotantoon saakka (bioenergiayritys) (Hakkila 2004). Välillisesti työpaikkoja voi syntyä muun muassa korjaamoille ja konepajoille (Saksa ym.1996 Peltonen ja Wessbergin 1997 mukaan). Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttavat sille myönnettyt tuet: esimerkiksi nuoren metsän hoidon tuki, energiapuun kasauksen myönnettävä tuki, metsäkuljetustuki ja haketuksen tuki (Ahonen 2004).

Myös ruokohelven tuotantoketjuun liittyy lukuisia sivuelinkeinomahdollisuuksia ja esimerkiksi polttoon käytettävän ruokohelven kevätkorjuu antaa mahdollisuuden hyödyntää konekantaa myös kiireisen syyskauden ulkopuolella. Muutenkin ruokohelven tuotannon kannattavuus on parantumassa vuonna 2004 voimaan tulleen EU:n energiakasvien tuen ja vuonna 2006 voimaan tulevan tilatuki uudistuksen myötä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004.) Sivuelinkeinomahdollisuuksia voi syntyä myös sivutuotteen eli tuhkan tuotteistamiseen liittyen. Samoin raaka-aineiden jatkojalostus, kuten pelletointi tai nestemäisten polttoaineiden valmistus, tarjoavat mahdollisuuksia yritystoimintaan.

Energiapuun korjaamisella on metsänhoidollisesti myönteisiä (Peltonen ja Wessberg 1997) vaikutuksia:

”Puuston arvokasvu taimikonhoidon, nuoren ja muiden harvennusta tarvitsevien metsien perkauksen yhteydessä.”

”Metsän uudistamistuloksen paraneminen ja uudistamisen helpottuminen päätehakkuaaloilta kerättävän hakkuutähdekkeen yhteydessä.”

Muita metsätaloudellisia vaikutuksia ovat muun muassa tähteiden poiston vaikutuksesta helpottuva maanmuokkaus ja istutus. Metsähakkeen tuotanto tukee myös maaseudun elinvoimaisuutta (Hakkila 2002) ja hakkuutähteiden keräämisellä on vaikutusta metsämaisemaan ja metsän hakkuiden jälkeiseen virkistyskäyttöön (Peltonen ja Wessberg 1997). Metsätähteiden hyödyntäminen kohentaa metsänhoidon edellytyksiä, metsäkoneyritysten työllisyyden kausivaihtelu tasaantuu ja hakekaupasta voi päästökaupan myötä muodostua kannattavaa liiketoimintaa (Hakkila 2004).

Puu on polttoaineena hiilidioksidineutraali eli se ei lisää CO₂-päästöjä ilmaan, mikäli lainkin edellyttämästä metsän uudistamisesta huolehditaan. Muita ympäristöllisesti myönteisiä seikkoja ovat puun kuljetuksiin ja varastointiin liittyvät vähäiset riskit. (Hakkila ym. 1996 Peltosen ja Wessbergin 1997 mukaan.)

Metsätähteiden hyödyntämisellä on nähty olevan myös negatiivisia vaikutuksia: Neulasten mukana poistuvien ravinteiden poistuminen metsistä on nähty haitallisena, ja tämän vuoksi on asetettu tähteiden keruuta koskevia suosituksia. Erään suosituksen mukaan kolmannes hakkuutähteistä jätetään palstalle, eikä hakkuutähteitä korjata lainkaan ravinneköyhiltä mailta (Fredriksson 2000). Keruun vaikutuksia voidaan vähentää esimerkiksi keräämällä tähteet vasta neulasten varistua.

Ruukohelven tuotantoon voidaan valjastaa kesantoa ja viljelemättömiä peltoja sekä turvesoita. Ruukohelven viljely parantaa siten myös huoltovarmuutta ja pitää yllä valmiutta ottaa pelto tarvittaessa nopeasti elintarviketäyttöön. Ruukohelven viljelyn ympäristövaikutukset korostuvat, mikäli sen viljely laajenee huomattavasti. Huuhtoutuvien ravinteiden määrä on tärkeä ympäristövaikutusten mittari, ja ruukohelven korjuuajankohta (kevät) ja pitkä kasvipeitteisyysaika (10-12 vuotta) tehostavat ravinteiden kierrätystä maan ja kasvin välillä. Lisäksi kyntämätön juuriston valtaama maa suojaa ja kuohkeuttaa pintamaata, ravinteiden huuhtoutuminen pienenee ja maan rakenne paranee. (Pahkala ym. 2002.) Myös maa- ja metsätalousministeriön asettama työryhmä toteaa, että ruukohelven viljely vaikuttaa edullisesti maaperän kuntoon ja biologiseen monimuotoisuuteen maatalousalueilla (Maa- ja metsätalousministeriö 2004).

Tuuli

Kello on esimerkki alueesta, jolla on riittämättömät paikalliset bioenergian raaka-aineresurssit energian tarpeensa tyydyttämiseen. Raaka-aineiden puuttuessa Kellossa voidaan turvautua tuuliolosuhteiden hyödyntämiseen. Tuulivoimapotentiaalia Haukiputaan rannikon edustan matalikoilla noin 4-5 km etäisyydellä rannikosta on arvioitu olevan noin 200 MW, mikäli rakennetaan 3 MW:n yksiköitä (Aula 2004). Potentiaaliin ei ole laskettu mukaan läheisten Natura-alueiden teknistä potentiaalia.

Kraaselin ja Kotakarın edustojen tuuliolot on tuulivoimantuotantoon teknisesti soveltuviksi todettu, mutta muut syyt jarruttavat tuulivoiman rakentamista alueille. Tuulivoiman tuotantoalueiksi maakuntakaavaan merkittyjen kaukaisten avomerialueiden hyödyntämistä rajoittavat teknistaloudelliset syyt kuten pitkään siirtoon tarvittavan kaapelin kalleus ja mahdollisesti ongelmalliset jääolosuhteet.(Aula 2004.)

Mikäli aivan rannikon tuntumasta kuitenkin löytyisi kaikki ehdot täyttäviä sijoituspaikkoja yksittäisille voimaloille, olisi niillä merkitystä paikallisesti. Aivan rannikolla sijaitseva Kiviniemen lähiö sekä 1-2 kilometrin päässä rannikolta sijaitsevat Kellon keskusta ja Holstinmäki tarjoavat mahdollisia kulutuskohteita. Infrastrukturi alueella on kunnossa kuljetuksia ajatellen ja tarvittaessa lienee myös alueen pieniä satamia mahdollista hyödyntää huolto- ja asennustöissä. Samoin sähkönsiirto valtakunnan verkkoon on mahdollista.

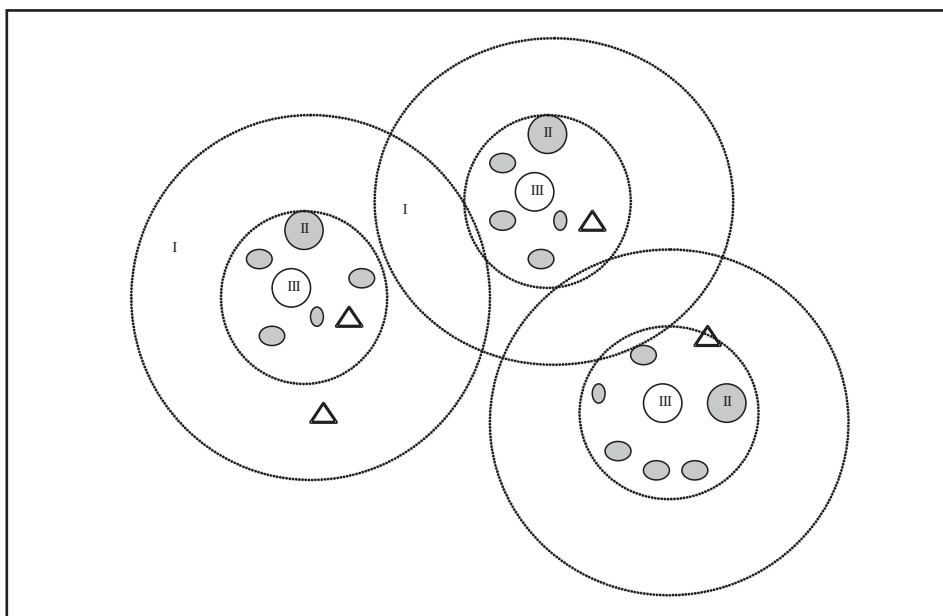
Tuottamansa sähkön tuulivoimala syöttää valtakunnan verkkoon tai paikallisille kuluttajille paikallista verkkoa hyödyntäen, jolloin myös sähkön siirtomaksuilla olisi mahdollista välttyä. Tuulivoimantuotannon kannattavuutta harjoittajalleen tulisi etsiä ympäristöstä, jossa tuulivoimalla korvattaisiin siirtomaksun sisältävää ostosähköä ja esimerkiksi öljyllä tuotettua lämpöä. Kellon alueella lämpö tuotetaan peräti lähes 49 prosenttisesti sähköllä ja lähes 37 % lämmöstä tuotetaan öljyllä tai kaasulla. Ympäristöllisestikin olisikin merkittävää fossiililla polttoaineilla tuotetun sähkön ja lämmitysöljyn ja -kaasun korvaaminen paikallisella tuulivoimalla.

Sivutuotteita tuulivoimantuotannossa ei synny, eikä tuulivoimala kykene tarjoamaan muita palveluita. Raaka-aineiden hankinta ei luo välittömiä sivuelinkeinoja alueelle ellei sellaisiksi lueta rakennusaikaan ja myöhempään huoltoon liittyviä työllisyysvaikutuksia. Tuulivoimantuotannon tuki alueen elinkeinoille liittyy lähinnä paikallisten yritysten hyödyntämiseen komponenttien valmistuksessa.

Tuulivoimalat aiheuttavat ehkä eniten keskustelua ympäristövaikutustensa puolesta. Vaikutukset ovat lähinnä maisemallisia, ja sijoituspaikan valinnalla voidaan meluun ja turvallisuuteen liittyvät tekijät eliminoida.

Malliratkaisut

Ryhmän III alueet ovat keskuksia, ryhmään II kuuluvat alueet sijaitsevat muutaman kilometrin sisällä keskuksista ja ryhmän I alueet ovat syrjäisiä kauempana sijaitsevia harvaan asuttuja alueita. Ryhmät muodostavat vyöhykkeitä keskusten ympärille (kuva 73). Ryhmän IV lähiympäristöstään suuren energiankulutuksensa vuoksi poikkeavat alueet kuten Vuohijärvi sijaitsevat muodostuvilla vyöhykkeillä I ja II. Paikallisiin raaka-aineisiin perustuvat tyyppitilannekohtaiset hajautetun energiantuotannon malliratkaisut esitetään kooten tutkimuksessa esille tulleet tärkeimmät ryhmiä koskevat ja yleistettävät seikat yhteen. Esitetyt ratkaisut muodostavat toisiaan tukevan kokonaisuuden.



Kuva 73. Kaavio ryhmien I-IV alueellisesta sijoittumisesta. Ryhmän IV alueet (kolmiot) sijoittuvat vyöhykkeille I ja II.

Vyöhyke I

Vyöhykkeellä I sijaitsevat alueet ovat harvaan asuttuja. Bioenergian raaka-aineresurssit muodostuvat lähinnä puusta ja sähkön- ja lämmönkulutus alueilla on pieniä. Mittavista raaka-aineresursseista ja pienestä energiankulutuksesta johtuen energiayliomavaraisuuspotentiaali näillä alueilla on suuri. Tällä hetkellä alueella tuotettava energia on kiinteistökohtaisesti tuotettua lämmitysenergiaa. Puun ja turpeen osuus lämmöntuotannossa

on yli 50 % ja noin 10-40 % perustuu sähkөөn. Suurempien lämpölaitosten tai yhteistuotantolaitosten perustamiselle ei lämmönkulutuksen puuttuessa ole perusteita. Sähkön saanti perustuu valtakunnan verkkoon tai tilakohtaisiin aggregaatteihin, jotka toimivat lähinnä varavoiman lähteinä. Niiden käyttö onkin perusteltua, sillä näillä alueilla häiriöt sähkönjakelussa ovat yleisimpiä. Paikallisen kulutuksen puuttuessa, sähkönsiirtoverkoston mahdollisesti liittyvien teknistaloudellisten ja turvallisuuteen liittyvien tekijöiden ja pitkien etäisyyksien vuoksi myöskään kiinteistökokoluokkaa suurempi biomassoihin perustuva sähköntuotanto ei ole perusteltua.

Tulevaisuudessa hajautettuun energiantuotantoon ja paikallisiin energianlähteisiin perustuvan energiaomavaraisuuden ja toimeentulomahdollisuuksien lisäämiseksi alueilla on mahdollista toteuttaa seuraavia toimenpiteitä:

Lämmöntuotannon riippuvuutta valtakunnan infrastruktuurista ja fossiilisista polttoaineista vähennetään edelleen ja omavaraisuus saavutetaan lisäämällä paikallisen energiapuun, aurinkoenergian ja maalämmön käyttöä kiinteistökohtaisissa lämmitysratkaisuissa. Sähköntuotannossa voidaan hyödyntää tuulivoimaa ja aurinkoenergiaa. Pienten sähkön ja lämmön yhteistuotantoon soveltuvien laitteiden kaupallisen kilpailukyvyn parantua ne tarjoavat vaihtoehtoja tämän alueen energiahuollon toteuttamiselle kokonaisuudessaan esimerkiksi bioenergian avulla.

Kiinteistökohtaisen sähköntuotannon lisäksi on mahdollista, että tulevaisuudessa alueelle siirretään sähköä vyöhykkeeltä II, mikä lyhentää siirtomatkoja nykyiseen keskitettyyn järjestelmään verrattuna. Vyöhykkeellä II on paremmat edellytykset (monipuoliset raaka-aineresurssit ja paikallista kulutusta) perustaa kiinteistökokoluokkaa suurempia CHP-tuotantoyksiköitä kuin vyöhykkeellä I. Vastavuoroisesti vyöhykkeen I metsänhoidollisten toimien tuloksena syntyvää metsätähdettä tarpeen mukaan jalostettuna voidaan toimittaa vyöhykkeelle II ja tarvittaessa kauemmaksi. Tämä luo näille harvaan asutuille alueille elinkeinomahdollisuuksia energiapuun hyödyntämiseen perustuvan hajautetun energiantuotannon toimintakonseptin mukaisesti.

Vyöhyke II

Vyöhykkeellä II sijaitsee asutus- ja kulutuskeskittymiä. Bioenergian raaka-ainepohja alueella on monipuolinen ja teoriassa sekä sähkön että lämmön tarpeen kattava omavaraisuus on saavutettavissa. Alueella on jonkin verran pieniä muun muassa lämpöyrittäjyyteen perustuvia lämpökeskuksia, mutta lämmöntuotanto perustuu pääasiassa kiinteistökohtaiseen lämmitykseen tai sähkölämmitykseen. Lämmöntuotantoon käytetään puuta ja turvetta

vaihtelevia määriä (18 – 56 %), mikä indikoi vaihtelua niin puu- kuin turvevarantojen määrässä alueilla. Sähkön saanti perustuu valtakunnan verkkoon tai tilakohtaisiin aggregaatteihin, joita käytetään lähinnä varavoiman lähteinä. Ennakoimattomista tekijöistä johtuvat sähkönjakelun häiriöt ovat vähäisempiä kuin vyöhykkeellä I ja paikallisesti tuotetun sähkön verkkoon syöttöön on paremmat teknistaloudelliset mahdollisuudet kuin syrjäisillä seuduilla.

Tulevaisuudessa alueen hajautettuun sähkön ja lämmön tuotantoon ja paikallisiin energianlähteisiin perustuvan omavaraisuuden lisäämiseksi ja toimeentulomahdollisuuksien monipuolistamiseksi voidaan toteuttaa seuraavassa kuvattuja toimenpiteitä:

Alueella on kulutukseen nähden runsaat ja monipuoliset raaka-aineresurssit ja siten mahdollisuudet paikallisen energian tarpeen tyydyttämiseen monipuolisin menetelmin ja menetelmien yhdistelmin. Paikallinen kulutus muun muassa alueella sijaitsevien karjatilojen ja teollisuuden alihankintayritysten johdosta on suurempaa kuin vyöhykkeellä I. Täten kiinteistökokoluokkaa suurempien lämmön- ja sähkön yhteis- ja erillistuotantoon perustuvien tuotantoyksiköiden perustamiselle on perusteita.

Bioenergian raaka-aineet kuten energiapuu, biokaasun tuotantoon soveltuvat eläin- ja kasvipiperäiset raaka-aineet ja peltoenergia tarjoavat mahdollisuuksia moniin vaihtoehtoisiin tuotantoratkaisuihin. Lisäksi tuotantorakennetta voivat edelleen monipuolistaa tuulivoima ja aurinkoenergia, joiden sähköntuotannon vaihteluita bioenergiaan perustuvalla tuotannolla voidaan tasata. Monien mahdollisuuksien myötä myös useisiin ratkaisuihin perustuvat hybridivoimalat ovat mahdollisia. Tällä vyöhykkeellä onkin mahdollista toteuttaa useita toisiaan tukevia hajautetun energiantuotannon toimintakonseptien mukaisia ratkaisuja. Täten voimavaroja ja resursseja voidaan yhdistää ja esimerkiksi eri toimijoiden työllisyyden kausivaihteluita tasata.

Kiinteistökohtaisten ratkaisujen lisäksi alueelle voidaan perustaa suurempia esimerkiksi lämpöyrittäjyyteen perustuvia 100-2000 kW:n tuotantoyksiköitä tai lämmön lisäksi sähköä sekä mahdollisesti myös kiinteitä tai liikenteen nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita valmistavia energiayrityksiä. Energiayrittäjyydellä olisi alueelle huomattavia välillisiä ja välittömiä vaikutuksia raaka-aineiden hankintaan ja jalostukseen liittyvistä toimeentulomahdollisuuksista lähtien ja se voisi nostaa alueen omavaraisuusastetta tuottamalla sähkön ja lämmön lisäksi osan paikallisen liikenteen polttoaineista.

Energiansiirto lyhyiden etäisyyksien päässä toisistaan sijaitseviin kiinteistöihin voidaan toteuttaa kylöverkkoja rakentamalla. Energiaa voidaan siirtää sähkön ja lämmön lisäksi esimerkiksi kaasuna. Vyöhykkeellä II

sijaitsevien tuotantoyksiköiden ympärille syntyvien kyläverkkojen yhdistäminen sekä siirtoyhteyksien rakentaminen ja sähkön myynti myös vyöhykkeelle I voivat ajansaatossa olla toteuttamiskelpoisia paikallista tai alueellista energianhuoltoratkaisua tukevia toimia. Myös mahdollisuus valtakunnan verkkoon syöttämiseen osaltaan turvaa ratkaisun kannattavuutta.

Vuorovaikutusta ympärillä olevien vyöhykkeiden kanssa käydään energian myynnin lisäksi raaka-aineiden hankinnan merkeissä. Etäisyys keskuksiin ja harvaan asutuille alueille on raaka-ainehankintaa ajatellen lyhyt verrattuna keskitetyn järjestelmän kuljetusmatkoihin. Vyöhykkeeltä I hankittava ensisijainen raaka-aine on energiapuu eri muodoissaan. Vyöhykkeelle III eli keskuksiin voidaan tarjota palveluja kuten teollisuuden orgaanisten jätteiden käsittelyä mädätyslaitoksessa. Keskus puolestaan tarjoaa muun muassa markkinointi- ja myyntikanavia alueella tuotetuille energiayrityksen jatkojalosteille.

Vyöhyke III

Vyöhykkeen III alueet ovat keskuksia, joiden asukastiheys ja energiankulutus on huomattavasti suurempi kuin vyöhykkeillä I ja II. Paikallinen bioenergian raaka-ainepohja on monipuolinen, mutta se ei riitä peittämään alueen sähkön ja lämmön tarvetta. Monilla vyöhykkeen III alueilla on lämmön saanti suurelta osin turvattu paikallisiin energianlähteisiin, maa-kaasuun tai muihin fossiilisiin polttoaineisiin perustuvalla kaukolämmöntuotannolla. Monet alueet ovat syntyneet ja kasvaneet teollisuuslaitosten ympärille ja monet tehtaat tuottavat energiaa ainakin omaan käyttöönsä esimerkiksi yhteistuotantolaitoksissa. Lisäksi alueet sijaitsevat korkeajännitelinjojen äärellä.

Tulevaisuudessa alueen hajautettuun sähkön ja lämmön tuotantoon ja paikallisiin energianlähteisiin perustuvan omavaraisuuden lisäämiseksi voidaan toteuttaa seuraavassa kuvattuja toimenpiteitä:

Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä voidaan lisätä suurentamalla niiden osuutta paikallisissa olemassa olevissa tuotantolaitoksissa. Lisäksi pienimuotoiset hajautetun energiantuotannon menetelmät tarjoavat uusiutuviin energianlähteisiin perustuvia vaihtoehtoja nykyisille sähköön tai fossiilisiin polttoaineisiin perustuville ratkaisuille. Kaupunkimaisessa ympäristössä esimerkiksi kiinteistökohtaiselta lämmitysratkaisulta vaaditaan usein käytön helppoutta, joten omaan työhön perustuvaan polttoaineen hankintaan eivät ratkaisut juuri voi perustua – päinvastoin kuin esimerkiksi vyöhykkeen I alueilla. Täten näillä alueilla biomassojen jatkojalosteilla ja niiden hyödyntämiseen perustuvilla menetelmillä tulee jatkossa olemaan kysyntää esimerkiksi vanhoja öljylämmitysjärjestelmiä korvattaessa.

Alueiden bioenergian raaka-aineresurssit (puu, peltoenergia) ovat määrältään vertailukelpoisia muiden vyöhykkeiden vastaaviin verrattuna. Suhteessa alueiden suureen energiankulutukseen resurssit ovat kuitenkin pienet. Osaltaan tätä vajetta täyttävät tämän tutkimuksen kvantitatiivisen tarkastelun ulkopuolelle jääneet teollisuuden jätteet ja sivutuotteet. Lisäksi muiden uusiutuvien energianlähteiden kuten tuulen, auringon ja maalämmön avulla näiden alueiden energiaomavaraisuusastetta voidaan merkittävästi nostaa. Tällöin bioenergian riittämättömät raaka-aineet ja niiden jatkojalosteet toimivat vesivoiman tavoin varasto- ja säätökapasiteettina kausiluontoisille energianlähteille.

Keskusten energian tarpeen tyydyttämisellä ympäröivien yliomavaraisten maaseutualueiden raaka-aineilla on säteilyvaikutuksia myös näille harvaan asutuille alueille. Raaka- ja polttoaineiden hankinta luo alueille elinkeinomahdollisuuksia. Lämpö- ja energiayrittäjyys on mahdollista myös keskuksissa ja hyvät energiansiirtoyhteydet tukevat tätä toimintaa.

Ryhmä IV

Tämän ryhmän alueet sijaitsevat vyöhykkeillä I ja II ja poikkeavat ympärillä olevasta alueesta esimerkiksi teollisuuslaitoksen aiheuttaman suuren energiankulutuksen vuoksi. Teollisuuslaitoksen lisäksi alueella voi olla vyöhykkeen I mukaista harvaa maaseutuasutusta tai vyöhykkeelle II tunnusomaisia asutuskeskittymiä. Tavanomaisesta vyöhykkeen I alueesta ryhmän IV alueet poikkeavat myös siten, että niiden sähköinfrastruktuuri on vahva johtuen teollisuuslaitoksen tarpeista. Sähkö alueelle saadaankin lähinnä valtakunnan verkosta. Teollisuuslaitoksen omaan käyttöön pääasiassa oman tuotannon sivutuotteilla tuottaman lämpöenergian lisäksi alueen lämmitys perustuu kiinteistökohtaisiin ratkaisuihin. Alueet sijaitsevat maaseudulla kuntakeskusten ulkopuolella ja niiden energiankulutus ylittää paikalliset bioenergiaresurssit. Ympärillä olevat alueet ovat bioenergian raaka-aineresurssiltaan yliomavaraisia.

Tulevaisuudessa alueen hajautettuun sähkön ja lämmön tuotantoon ja paikallisiin energianlähteisiin perustuvan omavaraisuuden lisäämiseksi voidaan toteuttaa seuraavassa kuvattuja toimenpiteitä:

Alueen energiahuolto voi suurelta osin rakentua teollisuuslaitoksen ympärille. Tehdas voi laajentaa paikallisten ja ympärillä sijaitsevien yliomavaraisten alueiden raaka-aineiden hyödyntämistä siten, että se tuottaa sähköä ja lämpöä myös läheisyydessä sijaitseville muille kiinteistöille. Raaka-aineiden hankinta ympäröiviltä alueilta luo elinkeinomahdollisuuksia paikallisille toimijoille ja hankintaketju voi toimia polttoaineen toimittajana myös alueen pienille (kiinteistökohtaisille) tuotantoyksiköille.

Paikallisiin raaka-aineisiin perustuva ratkaisu voi olla myös biokaasulaitos, joka tuottaa kaasua esimerkiksi teollisuuslaitoksen höyryntuotantoon. Teollisuuslaitoksen toimialasta riippuen tehtaan jätteet ja sivutuotteet voivat yhdessä ympäröivän maaseudun kasvi- ja eläinperäisten ainesten ja jätteiden kanssa olla soveltuvia raaka-aineita mädätykseen. Laitoksen perustaminen tukee ympäröivillä alueilla sijaitsevaa maa- ja karjataloutta.

Vaikka paikallisten raaka-aineiden ja muiden uusiutuvien energianlähteiden osuutta alueella lisätään merkittävästi, tulee keskitetty järjestelmä jatkossakin olemaan merkittävä teollisuuslaitosten sähkön saannin kannalta. Keskitetyn tuotannon ja bioenergiaan sekä muihin uusiutuviin energianlähteisiin perustuvan kokonaisratkaisun räätälöiminen tapauskohtaisesti voi kuitenkin merkittävästi lisätä paikallisten raaka-aineiden hyödyntämistä.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Uusiutuviin energianlähteisiin perustuvan hajautetun energiantuotannon mahdollisuudet maaseudun tulevaisuuden energiantuotantoratkaisuna ovat valoisat monessa mielessä. Energiamarkkinoiden vapautumisen myötä ovat monet esteet uusien kilpailukykyisten ratkaisujen laajemman käytön tieltä poistuneet. Pienimuotoisten menetelmien kehitystyö on käynnissä laajalla rintamalla ja on vain ajan kysymys, milloin ne saavuttavat kilpailukyvyn, joka mahdollistaa maaseudun riippumattomuuden valtakunnan infrastruktuurista ja fossiilisista polttoaineista energianhankinnassa. Bioenergianlähteiden potentiaali laajoilla maaseutualueilla on moninkertainen sähkön- ja lämmönkulutukseen nähden ja sen laajemman paikallisen hyödyntämisen vaikutukset maaseudun elinvoimaisuuteen ovat moninaiset. Energiaomavaraisuuden lisäksi toiminta loisi alueelle uusia elinkeinomahdollisuuksia, ja sillä olisi välittömiä ja välillisiä vaikutuksia paikallistalouteen. Bioenergia säilyttää paikallisessa energiantuotannossa merkittävän asemansa myös kausiluontoisten tuulivoiman ja aurinkoenergian rinnalla sen energian varasto- ja säätökapasiteettinsa vuoksi. Sähkön- ja lämmöntuotannon lisäksi maaseudun omavaraisuutta ja riippumattomuutta voidaan parantaa paikallisiin raaka-aineisiin perustuvien liikenteen ja työkoneiden polttoaineiden tuotannolla ja käyttöönotolla.

Tässä tutkimuksessa keskeisenä tutkimustehtävänä oli selvittää hajautetun energiantuotannon alueellisia edellytyksiä sekä mahdollisuuksia maaseudun omavaraisuuden ja talouden edistäjänä. Tätä selvitettiin 15 kohdekunnan ja pienalueen tutkimusaineiston avulla. Keskeisiä kysymyksiä, joihin vastauksia haettiin, olivat seuraavat:

- Onko maaseudun sähkö- ja lämpöomavaraisuus saavutettavissa, ja kuinka sen edellytykset poikkeavat alueellisesti ja eri osissa maata?
- Onko maaseudulla hahmotettavissa tyyppitilanteita hajautetun energiantuotannon ratkaisujen soveltamiseksi?
- Voidaanko hahmottaa mahdollisiin tyyppitilanteisiin soveltuvia hajautetun energiantuotannon malliratkaisuja, joiden avulla yksittäisten ratkaisujen toteutettavuutta osana olemassa olevia rakenteita ja aluetaloutta kyettäisiin arvioimaan?
- Kuinka energiaomavaraisuuden mahdollisuuksia maaseudulla voidaan edelleen kehittää?

Työn tavoitteena oli kehittää 4 - 6 maaseudun tyyppisiin olosuhteisiin perustuvaa ratkaisumallia, joiden mukaan hajautetun energiantuotannon toteutettavuutta voitaisiin analysoida laajemmin.

Tämän tutkimuksen keskeiset tulokset ovat seuraavat:

- Maaseutualueiden sähkön ja lämmön tarve on pääsääntöisesti tyydytettävissä paikallisten bioenergiavarojen avulla.
- Maaseudulla voidaan hahmottaa paikallisiin energianlähteisiin perustuvia hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteita, joita yhdistävät tietyt tekijät.
- Tyyppitilanteet muodostavat toisiaan tukevan kokonaisuuden, jonka toiminta luo maaseudulle toimeentulomahdollisuuksia.
- Ratkaisumalleja soveltaen voidaan arvioida paikallisiin raaka-aineisiin perustuvaa hajautetun energiantuotannon menetelmien soveltuvuutta, omavaraisuuden saavuttamismahdollisuuksia ja alueellisia vaikutuksia yksittäisellä alueella. Mallit muodostuvat
 - raaka-aine- ja omavaraisuuspotentiaaliarvioista eri osissa maata
 - raaka-aine- ja omavaraisuuspotentiaaliarvioista sekä kunta-että pienaluetasolla (tyyppitilanteet)
 - raaka-ainekohtaisista yleisistä toimintakonsepteista
 - vyöhyke- ja tyyppitilannekohtaisista havainnoista ja yleistyksistä (malliratkaisut)
- Maantieteellinen sijainti vaikuttaa alueen edellytyksiin (raaka-ainepotentiaali ja –koostumus) maaseudun sähkön ja lämmön tarpeen tyydyttämiseksi paikallisin bioenergiavaroin.
- Sijainti suhteessa asutus- tai kulutuskeskittymiin (raaka-aineomavaraisuuspotentiaali ja –koostumus) vaikuttaa alueen sähkö- ja lämpöomavaraisuuden saavuttamiseen maaseudulla.

Maaseutualueiden sähkön ja lämmön tarve on pääsääntöisesti tyydytettävissä paikallisten bioenergiavarojen avulla. Alueellisesti energiaomavaraisuuspotentiaali kasvaa siirryttäessä keskuksista kohti maaseutua. Tähän havaintoon sekä alueelliseen vaihteluun raaka-aineresurssien monipuolisuudessa perustuvat määritellyt hajautetun energiantuotannon tyyppitilanteet, joita tutkimuksen viitekehyksen (kuva 21) mukaisesti kuvattiin ja määriteltiin neljä erilaista. Nämä tilanteet määräytyvät pääosin paikallisen energian tarpeen ja paikallisten bioenergianlähteiden (energiaomavaraisuuspotentiaalin) mukaan ja suhteessa energiainfrastruktuurin kehittyneisyyteen. Etäisyyden keskuksesta havaittiin yksinkertaistetusti kuvaavan paikallisen energiainfrastruktuurin kehittyneisyyttä ja laatua. Tämä perustui jakeluverkon kaapelointiasteeseen sekä keskeytysaikoihin ja keskeytysten lukumääriin tutkimusalueilla.

Tyyppitilanteet muodostavat keskusten ympärille vyöhykkeitä (kuva 73), joiden energiaomavaraisuuspotentiaali, energian tarve ja raaka-aineiden

laatu ovat toisistaan poikkeavia. Keskuksissa ollaan yleensä tilanteessa, että tarve ylittää raaka-ainepotentiaalin. Välittömästi keskusten ympärille muodostuvalla vyöhykkeellä sijaitsevien kylien tai muiden kulutuskeskittymien monipuolinen raaka-ainepotentiaali sen sijaan tarjoaa mahdollisuuden sähkö- ja lämpöomavaraisuuteen. Raaka-aineiden monipuolisuus johtuu muun muassa maa- ja karjatalouden harjoittamisesta alueella. Vielä etäämmälle keskuksista siirryttäessä energiaomavaraisuuspotentiaali kasvaa edelleen, mikä ensisijaisesti johtuu energian tarpeen pienenemisestä. Näiden laajojen syrjäisimpien alueiden potentiaali muodostuu pääosin puusta. Omavaraisuuteen kunta- tai aluetasolla pyrittäessä raaka-ainevirrat kulkevat maaseudulta kohti keskuksia.

Tämän tutkimuksen mukaan paikallisiin bioenergianlähteisiin perustuvan hajautetun energiantuotannon menestymisen perusedellytykset ovat parhaat keskuksen ympärille muodostuvalla vyöhykkeellä, jolla on kulutuskeskittymiä sekä monipuolinen raaka-ainepotentiaali. Vyöhyke sijaitsee keskuksen ja hyvin harvaan asutun maaseudun välillä, joten logistisesti sijainti on otollinen: Kohtuullisen etäisyyden päässä ovat sekä harvaan asutun yliomavaraisen maaseudun raaka-aineresurssit sekä keskuksen kulutuskeskittymät. Muodostuvan kokonaisuuden toiminnalla on vaikutuksia, jotka ulottuvat välittöminä ja välillisinä laajalle alueelle.

Maantieteellinen sijainti on huomioitava, kun karkeasti arvioidaan tietyn hajautetun energiantuotannon menetelmän soveltuvuutta tietyille alueelle. Alueet, joiden raaka-ainepotentiaalista suurin osa on puuta, sijoittuvat maan keski-, pohjois- ja itäosiin. Kohti etelää ja länttä siirryttäessä potentiaali muuttuu maa- ja karjatalouden myötä monipuolisemmaksi, kunnes rannikkoseutua lähestyttäessä painopiste kallistuu voimakkaasti peltoenergian puolelle. Äärimmäisenä esimerkkinä tästä on Rymättylä. Bioenergian lisäksi eroja on myös aurinkoenergian ja tuulivoiman hyödynnettävyydessä. Aurinkoenergiapotentiaali kasvaa pohjoisesta etelään siirryttäessä, ja tuulivoimantuotantoon parhaat edellytykset ovat merialueilla, saaristossa, rannikolla ja Tunturi-Lapissa.

Bioenergiaomavaraisuuspotentiaali on suurin harvaan asutulla maaseudulla, missä kulutus suhteessa raaka-aineresursseihin on pientä. Näin luonnehdittavaa aluetta on suhteellisesti eniten pohjoisessa ja idässä, missä keskusten väliset etäisyydet ovat pitkiä verrattuna maan etelä- ja länsi-osiin. Nämä alueet ovat tyypillisesti yliomavaraisia verrattaessa sähkön- ja lämmönkulutusta raaka-aineresursseihin. Kaupunkimaisia alueita, joissa kulutus on raaka-aineresursseja suurempaa, on suhteellisesti enemmän etelä- ja länsiosissa maata, jossa pinta-alakohtainen raaka-aineen tuotto ja saanti ovat kuitenkin suurempia. Näiden alueiden vajetta bioenergian raaka-aineresursseissa voidaan täydentää yliomavaraisten alueiden ylijäämällä,

eli valtakunnallisesti raaka-ainevirtojen voidaan nähdä pääsääntöisesti kulkevan kohti etelää ja länttä. Etenkin alueilla, joilla bioenergian raaka-ainepotentiaali on alhainen, voidaan hyödyntää esimerkiksi tuulivoimaa ja aurinkoenergiaa ja käyttää bioenergiavaroja tuotannon tasaamiseen.

Hajautetun energiantuotannon toimintakonseptin eri ulottuvuudet voidaan löytää bioenergiatuotannosta, ja tämän energiamuodon vaikutukset ovatkin maaseudulla hyvin moninaiset. Esimerkiksi puuhun, peltoenergiaan tai biokaasuntuotantoon soveltuviin raaka-aineisiin (muun muassa maatalouden eläin- ja kasvipäriset ainekset) perustuvista ratkaisuista on löydettävissä useita tulonlähteitä sekä alueellisesti vaikuttavia tekijöitä. Tuulivoimaan tai aurinkoenergiaan liittyvien ratkaisujen toimintakonseptit muodostuvat lähinnä energian myynnistä sekä ympäristövaikutuksista ja rakentamisen, kunnossapidon ja huollon mahdollisesti paikallisesta työllistävistä vaikutuksista. Kokonaisuuden kannalta parhaita ja toimivia ratkaisuja moniin oloihin on löydettävissä bioenergiaa ja muuta uusiutuviin energianlähteisiin perustuvaa tuotantoa yhdistelemällä. Tällöin bioenergia voi tarvittaessa toimia kausiluonteisten tuulivoiman- ja aurinkoenergiantuotannon tasaajana, ja kunkin energianlähteen parhaat puolet yhdistyvät.

Jatkotoimet

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää arvioitaessa hajautetun energiantuotannon menetelmien soveltuvuutta, kun tavoitellaan paikallisiin raaka-aineisiin perustuvaa energiaomavaraisuutta tietyllä alueella. Raaka-ainepotentiaalien perusteella kyetään karkeasti arvioimaan eri alueille soveltuvia menetelmiä ja niiden teknistaloudellista kannattavuutta. Tätä tukee tehty katsaus hajautetun energiantuotannon menetelmiin. Laadittujen raaka-ainekohtaisten, yleisten toimintakonseptien soveltaminen paikallisiin oloihin antaa käsityksen toiminnan vaikutuksista alueella. Yksittäisen suunniteltavan ratkaisun kohdalla voidaan käydä läpi esimerkiksi raaka-aineiden hankinnan toteuttamisen ja raaka-aineiden mahdollisen mekaanisen, biologisen, kemiallisen tai termokemiallisen jalostamisen vaikutukset alueella. Samoin voidaan selvittää sivutuotteiden tuotteistamismahdollisuudet ja markkinat, mahdollisuudet palveluiden tarjoamiseen sivutulojen saamiseksi, laitoksen perustamista tukevat muut vaikutukset alueella, mahdollisuudet energiansiirtoverkoston rakentamiseen ja niin edelleen. Ratkaisun sovittaminen osaksi olemassa olevaa infrastruktuuria on myös oleellinen osa toteutuksen suunnittelua.

Jatkossa tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää todellisissa pilottikohteissa, joihin aiotaan perustaa uusiutuvaan energiaan perustuvia energiantuotantoratkaisuja. Kohteita tulisi valita kaikista tyyppitalanteista

ja lisäksi eri tyyppitilanteiden muodostama kokonaisuus. Tämä edellyttää paikallisten tahojen sitoutumista asiaan ja monien tahojen välistä yhteistyötä.

Vyöhykkeelle I sijoituvia pienalueita tässä tutkimuksessa olivat Rajala, Tapanikylä, Väätäiskylä, Möhkö ja Mäkikylä. Näiltä alueilta tulisi löytää ensisijaisesti energiapuun hyödyntämiseen soveltuvia kiinteistökokoluokan kohteita.

Vyöhykkeelle II kuuluvia alueita olivat Huhtamo, Kangas-Ikola, Järvikylä, Röölä ja Kaskii-Lauteala. Näillä alueilla toteutettava yksikkö voi perustua monipuolisen raaka-ainepohjan mukaisesti useampaan raaka-aineeseen, kyläverkon toteuttamiseen ja merkityksellistä on myös yhteistyö ympäröivien alueiden kanssa.

Vyöhykkeelle III kuuluvia alueita olivat Yttermalax, Tervakoski ja Nurmijärvi. Näille alueille suunniteltava yksikkö toimii joko mahdollisen kaukolämpöverkon vaikutusalueella tai sen ulkopuolella. Olemassa olevan infrastruktuurin tarjoamat mahdollisuudet on huomioitava erityisen tarkasti.

Ryhmään IV kuuluivat Vuohijärvi ja Kello. Tämän ryhmän pilotti-kohteena olisi mahdollista tarkastella laitosta, joka tuottaa energiaa sekä tehtaan että ympäröivän maaseudun tarpeisiin.

Pilottikohteissa tulisi toteuttaa seuraavia toimenpiteitä:

- Energian tarpeen kartoittaminen
- Kehitettävän alueen uusiutuvien energianlähteiden määrän ja laadun kartoittaminen (energianlähteiden tekninen ja taloudellinen potentiaali)
 - Energiapuu, peltoenergia ja muut energiakasvit, maatalouden, teollisuuden ja yhdyskuntien jätteet
 - Bioenergianlähteiden lisäksi myös muiden lähteiden huomiointi (aurinko, tuuli, vesi, geoterminen energia)
- Toimintakonseptien kokoaminen (alueelliset vaikutukset, sidosryhmät ja yhteistyö)
- Toimintamallin määrittäminen (esimerkiksi energiayrittäjäyys; sähkö, lämpö, liikenteen ja työkoneiden polttoaineet)
- Tapauskohtaisten teknistaloudellisten reunaehtojen määrittäminen
- Toimijoiden ja yhteistyötapojen määrittäminen (esimerkiksi verkko-yhtiön rooli)

Pilottikohteiden kehittämisen yhteydessä olisi mahdollista kehittää päätöksentekomenetelmä tyyppitilanteisiin soveltuvan energiantuotantoratkaisun löytämiseksi kullekin alueelle. Jatkotoimena olisi myös mahdollista laatia esimerkiksi karttapohjainen esitys raaka-ainepotentiaalista.

Tämä palvelee hajautetun energiantuotannon toteuttamisen suunnittelua ja toteuttamista laajana kokonaisuutena, alueellisesti ja mahdollisesti myös valtakunnan tasolla.

Maaseudun energiaomavaraisuuden edellytysten parantamiseksi tarvitaan myös muita kuin suoranaisesti kohdealueille kohdistuvia toimia. Näitä ovat muun muassa

- pienimuotoisen raaka-aineiden hankinta- ja jalostusketjujen ja menetelmien kehittäminen (logistiikka)
- pienimuotoisten energiantuotantotekniikoiden kehittäminen ja kilpailukyvyn parantaminen.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

- Adato Energia Oy (2002a). Energialähteet. [viitattu 30.3.2004]. Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=174>
- Adato Energia Oy (2002b). Sähkön hankinta. Raakaenergia-lähteet 2003. [viitattu 30.3.2004]. Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=174&Item=605>
- Adato Energia Oy (2002c). Tuotanto. [viitattu: 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=146>
- Adato Energia Oy (2002d). Kaukolämpö Suomessa. [viitattu: 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=143>
- Adato Energia Oy (2002e). Polttoaineet. Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=145>
- Adato Energia Oy (2002f). Sähkön siirto. [viitattu: 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=139&Item=9015>
- Adato Energia Oy (2002g). Energiankäyttö. [viitattu: 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=173>
- Adato Energia Oy (2002h). Sähkön käyttö ja verkostohäviöt. [viitattu: 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=2701>
- Adato Energia Oy (2002i). Sähkötarkkinnat. Saatavissa: <http://www.energia.fi/page.asp?Section=140&Item=617>
- Adato Energia Oy (2003a). Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön polttoaineet 2002. [viitattu 30.3.2004] Saatavissa: <http://www.energia.fi/attachment.asp?Section=157&Item=3534>
- Ahonen, Alpo (2004). Metsähakkeen energiakäytön työllisyys- ja tulovai-
kutukset – case-tutkimus. Oulu: Oulun yliopisto. 61 s. ISBN 951-42-
7336-2
- Alakangas, Eija (2000). Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 173 s. ISBN 951-38-5699-2 (nid.), ISBN 951-38-5740-9 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
- Altener (1998) Energiapuun korjuumenetelmät. Tiedote 2.
- Boyle, Godfrey (1996). Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. Edited by Godfrey Boyle. Oxford University Press, Oxford. ISBN 0-19-856452-X
- Energiamarkkinavirasto (2002a). Sähkön myynti ja tuotanto. [viitattu: 31.3.2004] Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=107&pgid=38>

- Energiamarkkinavirasto (2002b). Sähköverkkotoiminta. [viitattu: 31.3.2004] Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=106&pgid=38>
- Energiamarkkinavirasto (2002c). Sähkömarkkinoiden avaaminen. [viitattu: 31.3.2004] Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=105&pgid=38>
- Energiamarkkinavirasto (2002d). Energiamarkkinavirasto. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/select.asp?gid=27&languageid=>
- Energiamarkkinavirasto (2002e). Sähköverkkotoiminnan tunnusluvut vuodelta 2002. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=714&pgid=69>
- Energiamarkkinavirasto (2002f). [viitattu: 19.10.2004] Saatavissa: [http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/KTMp211-97_liitteet.pdf\(KTMp211-97_liitteet.pdf 27-Nov-2002\)](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/KTMp211-97_liitteet.pdf(KTMp211-97_liitteet.pdf 27-Nov-2002))
- Eteläpohjalaiset kylät ry (2000). Etelä-Pohjanmaan teemaohjelmat. Eteläpohjalainen kyläohjelma. Saatavissa: <http://www.etelapohjanmaa.fi/teemat/uusi/kyla/kylaohjelma.pdf>
- Etelä-Pohjanmaan liitto (2003). Maakuntakaava. Saatavissa: <http://www.epliitto.fi/>
- Finbio (2003). Esitys kansalliseksi peltoenergia –ohjelmaksi 2003-2010. Jyväskylä: FINBIO – Suomen Bioenergiayhdistys ry. 68 s. ISBN 952-5135-24-1.
- Fredriksson, T. (2000). Polttohakkeen tuotanto metsänuudistamisaloilta. Helsinki. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 26 s.
- Geologian tutkimuskeskus (2003). Suomen turvevarat 2000. Tutkimusraportti 156.
- Hakkila, Pentti (2002). Puuenergian teknologiaohjelma. Ympäristö ja Terveys 3:2002, 10-13.
- Hakkila, Pentti (2004). Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Met-sähakkeen tuotantoteknologia. Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. Loppuraportti. Helsinki: Tekes. 135 s. ISBN 952-457-150-1
- HE (2004). Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi sähkömarkkinalain ja markkinaoikeuslain muuttamisesta. HE 127/2004. Saatavissa www.eduskunta.fi
- Hellgren, Matti, Lauri Heikkinen & Lauri Suomalainen (1997). Energia ja ympäristö. 2-2. painos. Helsinki: Opetushallitus. 213 s. ISBN 951-719-674-1
- Helynen, Satu, Martti Flyktman, Tuula Mäkinen, Kai Sipilä & Pirkko Vesterrinen (2002a.) Bioenergian mahdollisuudet kasviuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. ISBN 951-38- (nid.), ISBN 951-38- URL:<http://www.inf.vtt.fi/pdf/>

- Helynen, Satu, Kai Sipilä, Esa Peltola & Hannele Holttinen (2002b.) Uusiutuvat energianlähteet vuoteen 2030 Suomessa. Tulevaisuusvaliokunta. Teknologian arviointeja 12. Eduskunnan kanslian julkaisu 6/2002. 51 s. ISBN 951-53-2427-0 (nid.), ISBN 951-53-2428-9 (PDF)
- Hernesniemi, Hannu ja Esa Viitamo (1999). Suomen energiaklusterin kilpailuetu. Helsinki: Taloustieto Oy. 356 s. ISBN 951-628-297-0
- Hyrnsalmi (2003). Kunnan kotisivut. Saatavissa: www.hyrnsalmi.fi
- Ilmatieteen laitos (2004). Saatavissa: <http://www.fmi.fi/img/fi/tutkimus/ilmasto/link/ilmastovyohykkeet.gif>
- Ilomantsin alueen palveluportaali (2003). Historia – raudan valmistus. Saatavissa: www.pogosta.com
- Itä-Suomen energiatoimisto (2002). Itä-Suomi 2020 – Uusiutuviin perustuvan energiaomavaraisuuden mallialue. Saatavissa: <http://www.puuvoima.fi/pdf/Energiastrategia.pdf>
- Katajamäki, Hannu (2003). Maaseudun ensimmäinen, toinen ja kolmas tie, Maaseutuprofessorin suuntaviivat, Virkaanastujaisesitys 27.1.2003. Maaseudun uusi aika Maaseutututkimuksen ja -politiikan aikakauslehti 1/2003
- Kaukonen, Kalevi (2001). Biomassasta pistorasiaan – Entimos kaasuttaa sähkömarkkinoille. Esitelmä Bioenergiapäivillä Helsingin messukeskuksessa 14.11.2001.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö (1977). Energiatilastot 1960-1977. Vuodet 1960-1969. Helsinki.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö (2004). Uusiutuvat energianlähteet ja turve. [viitattu: 19.12.2004] Saatavissa: http://www.ktm.fi/index.phtml?menu_id=179&lang=1&fs=10
- Kinnunen, Kaisa (2004). Kilpailullisuus sähkömarkkinoilla. Sähköenergian tarjoushinnat 2003-2004. Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisu 9:2004. ISSN 0788-5415, ISBN 951-698-119-4 Saatavissa: http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/docs/julkaisu_2004_9_sahkomarkkinat.pdf
- Kiviaho, Jari (2004). Polttokennojen käyttö lämmön ja sähköntuotannossa. Pienimuo-toinen sähköntuotanto uusiutuvista energianlähteistä –seminaari, 4. toukokuuta 2004, Pori. OPET Finland, VTT Prosessit ja DENSY –teknologiaohjelma.
- Korpelan Voima Kuntayhtymä (2004). Yrityksen kotisivut. Saatavissa: <http://www.korpelanvoima.fi/>
- Kovanen, Tapio (1992). Vesivoiman määrä ja käyttömahdollisuudet. Tapio Kovanen (toim.), Kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiaosasto. Katsauksia B:112, Helsinki ISBN 951-47-5890-0

- Kuntaliitto (2004), Tilastollinen kuntaryhmitys. [viitattu: 28.10.2004]
Saatavissa: www.kunnat.net
- Lampinen, Ari (2000). Suomalaisen ilmastotalouden ilmiöitä. Miten energiansäästö ja muut wiw-win- mahdollisuudet tullaan ottamaan huomioon Suomen ilmastomuutoksen torjuntastrategiassa? Futura 3/2000. s. 81-95.
- Lampinen, Ari (2003). Jätteiden liikennekäyttöpotentiaali Suomessa. Kuntatekniikka 1/2003, s. 31-34.
- Lapin liitto (2002). Lappi 2020. Lapin maakuntasuunnitelma. Saatavissa: <http://www.lapinliitto.fi/maakuntasuunnitelma/msraportti.pdf>. ISBN 951-9244-32-8
- Lehtonen, Jorma ja H. Vihriälä (2003). Aurinkosähkö ja tuulivoima. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- Leinamo, Kari (2002). Levón-instituutti, Maaseudun muutoksen tutkimusohjelman tutkimuskunnat, julkaisematon muistio.
- Lensu, Terhi ja Eija Alakangas (2004). Small-scale electricity generation from renewable energy sources. A glance at selected technologies, their market potential and future prospects. OPET report 13. Jyväskylä: VTT Processes. European Commission (Directorate-General for Energy and Transport) Contract no. NNE5/37/2002:OPET RES-e.
- Lipponen, Juho (1999). Suljetusta avoimen kynnykselle. Sähkömarkkinoiden ja regulaation muutos Euroopassa. Verkkójulkaisu. Jean Monnet Unit. Turun yliopisto. Saatavissa: http://www.soc.utu.fi/jean-monnet/online/Lipponen/Power_1.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö (2004). Peltobiomassa, liikenteen biopolttonesteet ja biokaasu –jaosto (2004). Väliraportti. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio 2004:11. ISBN 952-453-194-1
- Motiva (2001). Tuulessa on voimaa –esite. Motiva Oy ja OPET Finland.
- Motiva (1999). Tuulivoiman projektiopas. Motivan julkaisu 5/1999. Helsinki. ISBN 952-5304-04-3.
- Myllyntaus (1980). Suomen energian hankinta. Retrospektiivinen esitutkimus. Vuodet 1913-1959.
- Nyman Christer (2002). Aurinkoenergian tuotantoratkaisut kehittyvät. Ympäristö ja terveys. 3/2002.
- Pahkala, Katri, Anneli Partala, Antti Suokannas, Esa Klemola, Timo Kalliomäki, Anna-Maija Kikkari, Mia Sahramaa, Mika Isolahti, Tuulikki Lindh & Martti Flyktman (2002). Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. Jokioinen: MTT. 20 s. ISBN 951-729-654-1 (Painettu), ISBN 951-729-655-X (Verkkójulkaisu).
- Peltonen ja Wessberg (1997). Puupolttoaine ja raskas polttoöljy paikallisessa energiantuotannossa – aluetaloudellisten vaikutusten tarkastelua. Ympäristö ja Terveys. 28. vuosikerta: 9/1997, 42-50. ISSN 0358-3333.

- Pienvesivoimayhdistys (2004) Pienvesivoimayhdistyksen kotisivut. [viitattu: 7.9.2004] Saatavissa: www.pienvesivoimayhdistys.fi
- Pohjois- ja Itä-Lappi (2003). Saatavissa: http://www.plappi.fi/yrittystoiminta/sahko_lampo_ja_vesi/lampo_oy_juurakkotuli/kaukolampoliittymaasiat/
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus (2003). Ympäristölupapäätös. Annettu julkipanon jälkeen 31.12.2003. Dno 0799Y0109. Saatavissa: www.ymparisto.fi
- Pohjois-Pohjanmaan liitto (2003). Maakuntakaava. Saatavissa: www.pohjois-pohjanmaa.fi
- Pohjois-Savon liitto (2002). Pohjois-Savon maakuntasuunnitelma v. 2020. ISBN 952-5188-37-X, ISSN 1238-6383.
- Puhakka, Asko., Eija Alakangas, Veli-Matti Alanen, Leevi Airaksinen, Risto Soini, Tuomo Siponen ja Seppo Kainulainen (2001). Hakelämmitys-
opas. Motiva ja Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Helsinki, Joensuu. 63 s.
- Ranta, Tapio (2002). Logging residues from regeneration fellings for bio-fuel production - a GIS-based availability and supply cost analysis. Väitöskirja. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 182 s. (Acta Universitatis Lappeenrantaensis 128.)
- Saari, Pekka, Tommi Keikko ja Leena Korpinen (1999). Sähkön tuotanto ja kulutus. Opintomoniste 2-99. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <http://deh.ee.tut.fi/tuotanto/>
- Saikka, Laura (2004). Typen ja fosforin virrat Suomen energiasektorilla - Historialliset muutokset ja tulevaisuuden skenaariot. Post seminaari, Ymps 80, 29.1.2004. Saatavissa: <http://honeybee.helsinki.fi/mmlm/ymps90/Kevat04/saikka.doc>
- Sener (2003). Keskeytystilasto 2002. Sähköenergialiitto ry, SENER. Sähköenergialiitto ry, Tilastosarja. Energia-alan Keskusliitto ry, Tilastosarja 1. Tuotenumero 7002. ISSN 0782-6966.
- Stormossen (2004). Biokaasulaitoksen prosessi. [Viitattu: 21.12.2004] Saatavissa: <http://www.stormossen.fi/default.asp?id=plantprocess-fi>
- Suomen Kaukolämpö ry (2003). Kaukolämpötilasto 2002. Sky-kansio 7/1. ISSN 0786-4809.
- Tilastokeskus 2002. Energiatilastot 2001. Vuodet 1970-2000. Helsinki.
- Tilastokeskus (2003a). Energiatilasto 2002.
- Tilastokeskus (2003b). Rakennukset 2002. Tilaustilasto.
- Tolonen, Jorma (2000). Metsähakkeen käyttö ja käyttömahdollisuudet Kainuussa. Julkaisematon moniste. 27.6.2000. Oulun yliopiston Kajaanin kehittämiskeskus.

- Tolonen, Jouni (2005). Vuoden 1990 jälkeen toteutetuista, rakenteilla olevista ja päätetyistä laitoksista sekä tehon korotuksista muodostuva voimalaitoskapasiteetin vuosittainen lisäys Suomessa. Julkaisematon yhteenveto. Energiateollisuus ry.
- Tullihallitus (2003a). Energiaverotus. Asiakastiedote. Nro 21/2003. Syyskuu 2003
- Tullihallitus (2003b). Sähkön tuotannon tuet ja energiaintensiivisten yritysten veronpalautus. Asiakastiedote. Nro 4/2003. Syyskuu 2003
- Tyynelä, Tapani (2003). Ruokohelvellä peltoreserviä ja energiaomavaraisuutta. MTT
- Uusi-Penttilä, Pauliina (2004). Biokaasun liikennekäyttö Jyväskylän seudulla. Esiselvitys. Jyväskylä 31.3.2004, Jyväskylä Science Park
- Varsinais-Suomen liitto (2001). Maakuntasuunnitelma 2020. ISBN 951-9054-49-9. Saatavissa: <http://www.varsinais-suomi.fi/seutu/maaksuun/maakuntasuunnitelma.PDF>
- Vartiainen, Eero, Päivi Luoma, Jari Hiltunen & Juha Vanhanen (2002). Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt. Helsinki: Gaia Group Oy. 89 s. ISBN 952-91-4465-2. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/pro/climtech/material/hajentuotloppurap.pdf>
- Wessberg, Nina (1999). Mitä on suomalainen energiantuotanto? Aluetieteen ja ympäristöpolitiikan laitoksen verkkojulkaisu. Tampereen yliopisto. Saatavissa: http://www.uta.fi/laitokset/yhdt/artikkelit/1999_suom_energia.pdf
- Winwind (2004). Winwind Oy:n kotisivut. Saatavissa: <http://www.winwind.fi/uutiset.html>
- VTT Energy (2001). Energy visions 2030 for Finland. Helsinki:Edita Plc. ISBN 951-37-3596-6
- VTT Prosessit (2005a). Suomen tuulivoimatilastot. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/pro/pro2/tuulitilastot/tuulitilastot.htm>
- VTT Prosessit (2005b). Verkkoon kytkettyjen laitosten sijainti Suomessa. Suomen tuulivoimalat 2003. Saatavissa: www.vtt.fi
- Ympäristöministeriö (2003). Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt. Suomen ympäristö 607. Ympäristöministeriö. Ympäristön-suojeluosasto. Helsinki. ISSN 1238-7312, ISBN 951-37-38787. Saatavissa: www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy607/sy607.htm
- Ympäristöministeriö (2004). Tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet Merenkurkussa ja Perämerellä. Ympäristöministeriö, Keski-Pohjanmaan liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto, Lapin liitto. Suomen ympäristö

666. Helsinki. Saatavissa: www.ymparisto.fi/julkaisut
Ympäristöministeriö (2005). Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu.
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=116719&lan=fi>

Haastattelut ja kyselyt

Aalto, Mikko (2004). MTT.
Aho, Martti (2004). Jyväskylän yliopisto.
Ahonen, Jukka (2004). Pohjois-Karjalan Sähkö Oy.
Ahtiainen, Anne (2004). Varsinais-Suomen energiatoimisto.
Alander, Seppo (2004). Keuruun Sähkö Oy.
Ala-Nojonen, Paula (2004). Graninge Kainuu Oy.
Alen, Tarja (2004). Nurmijärven kunta.
Alin, Janne (2004). Vattenfall.
Arosara, Jyrki (2003). Atro Oyj.
Asiainen, Juhani (2004). Korpelan Voima Kuntayhtymä.
Asikainen, Antti (2004). Metla.
Aula, Reino (2004). Oulun Energia.
Barck, Jyrki (2004). Haukiputaan kunta.
Bäckman, Harry (2003). Järvi-Suomen Energia Oy.
Eklund, Tony (2004). Finergy.
Forsman, Matti (2004). Huittisten kaupunki.
Hakala, Heikki (2003). Ylihärmän kunta.
Hakkila, Pentti (2004). VTT Prosessit
Hankonen, Paavo (2004). Sievin kunta.
Heikkinen, Aira (2004). Hyrynsalmi.
Heikkinen, Pertti (2004). Lapinlahti.
Helynen, Satu (2004). VTT Prosessit.
Hiltunen, Liisa (2004). Pienvesivoimayhdistys ry.
Hongisto, Kari (2003). Ylihärmän kunta.
Jaako, Heikki (2004). Bethermia Oy.
Jaakonaho, Pertti (2004). Ilomantsin kunta.
Jalonen, Tapio (2004). Rovakaira Oy.
Jakobsson, Pekka (2004). Kainuu-Koillismaan maanmittaustoimisto.
Kaarretkoski, Seppo (2004). Sodankylän kunta.
Kangas, Heikki (2003). Adato Energia Oy.
Kangas, Kari (2003). Ylihärmän kunta.
Karhu, Harri (2003). Suur-Savon Sähkö Oy.
Kansikas, Markku (2004). Valkealan kunta.

Karjalainen, Timo (2004). Kajaanin yliopistokeskus, Lönnrot-instituutti.

Karppinen, Aila (2004). Valkealan kunta.

Karvonen, Osmo (2003 ja 2004). Nurmijärven Sähkö Oy.

Kinnunen, Antti (2003). Juvan kunta.

Kivimäki, Kari (2004). Pyhäjoki.

Kohtala, Jarkko (2004). Vattenfall Verkko Oy.

Koivisto, Juha (2004). Nurmijärven kunta.

Kolam, Karl-Gustav (2004). Vaasan Sähkö Oy.

Koljonen, Matti (2004). Vapo Oy.

Komssi, Jari (2002 ja 2003). Vattenfall Verkko Oy.

Korhonen, Mauno (2004). Sievin kunta.

Koskela, Merja (2004). Lapinlahden kunta.

Koskinen, Ari (2004). Korpelan Voima Kuntayhtymä.

Kotiniemi, Tiina (2004). Valkea Kaasu Oy.

Kumpula, Risto (2004). Sodankylä.

Lahtinen-Joensalmi, Taina (2003 ja 2004). Multian kunta.

Lehtomäki, Annimari (2004). Jyväskylän yliopisto.

Leskinen, Anneli (2004). Juvan kunta.

Leväinen, Sirpa (2004). Juvan kunta.

Luoma, Heikki (2004). Rymättylän kunta.

Muilu, Jussi (2004). Haukiputaan kunta.

Mykkänen, Eero (2004). Lapinlahden kunta.

Mäenpää, Elina (2004). Sähköenergialiitto Sener.

Mäkelä, Seppo (2004). Graninge Kainuu Oy.

Mäkinen, Terho (2004). Ylihärmän kunta.

Niikkula, Matti (2004). Vattenfall.

Nuoranne, Hannu (2003). Multian Saha Oy.

Pahkala, Katri (2004). MTT.

Pajala, Ilpo (2004). Sievi.

Pajunen, Marjaana (2004). Juvan kunta.

Pesonen, Helka (2004). Ilomantsin kunta.

Pikkanen, Martti (2004). Nurmijärven kunta.

Pirttimäki, Seppo (2004). Ylihärmän kunta.

Pitkänen, Jari (2004). Valio Oy.

Poutiainen, Hannu (2004). Lapinlahden kunta.

Puruskainen, Kauko (2004). Ilomantsin kunta.

Puustinen, Petri (2004). Rymättylän kunta.

Raami, Tero (2004). Biowatti Oy.

Ranta, Tapio (2004). Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Rinne, Esa (2003). Sallilan Energia Oy.

Ruuhilehto, Annikki (2004). Multia.
Saarnia, Jouko. Hyrynsalmen kunta.
Saramäki, Tarja (2004). Multian kunta.
Savolainen, Esko (2003). Termia Oy.
Siltanen, Lauri (2003). Kuopion Energia.
Sinko, Jarmo (2003). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus.
Sirola, Veli-Pekka (2004). Suomen kaukolämpöyhdistys ry.
Smeds, Joakim (2003). Maalahden kunta.
Sopanen, Lempi (2004). Valkeala.
Sorvo, Petri (2004). KSS Energia Oy.
Sotikov, Juha (2003). Pohjois-Karjalan sähkö Oy.
Teemu, Johanna (2004). Vaasan Sähkö Oy.
Temonen, Anri (2004). Rymättylän kunta.
Tiirikainen, Kirsti (2004). Lapinlahden kunta.
Tulonen, Tapio (2003) Fortum.
Tuomi, Seppo (2004). Työteho-seura.
Tyynelä, Tapani (2004). MTT.
Törmälä, Paavo (2003). Huittisten kaupunki.
Uotila, Ari (2004). Janakkalan kunta.
Valjakka, Helena (2004). Hyötypaperi Oy.
Vattulainen, Pirjo (2004). Sodankylän kunta.
Vierimaa, Keijo (2004). Janakkalan kunta.
Vierimaa, Pekka (2003). Fortum Sähkönsiirto Oy.
Virtanen, Kimmo (2004). GTK.
Waren, Tuija (2003 ja 2004). Maalahden kunta.

Liitteet

Liite 1. Pienimuotoiseen sähkön- ja lämmöntuotantoon sovellettavien menetelmien teknisiä ominaisuuksia ja kustannuksia.

Taulukko 1. Kaasun- ja dieselmoottorin tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia (Caddes 1995 ja Wärtsilä Vartiainen ym. 2002 mukaan) sekä kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

	< 200 kW	200-2500 kW	> 2500 MW
Sähköteho (kW)	30-55	55-45	40-45
Lämpöteho (kW)	45-50	45-50	45-50
Käynnistysoikeus (%)	75-85	80-90	85-90
Käynnistysaika (s)	85-100	85-100, nopea	85-100, nopea
Tuottoaika (h) **	15000-20000	20000-30000	40000-40000
Käynnistysoikeus (%)	96	96	96
Käynnistysaika (min)	1000-3000	1000-1000	400-1000
Teosteho (MW)	900-1400	150-1000	550-950
Käyttö ja kunnossapito (kW/h)	1,2-2,2	0,7-1,2	0,5-1,1
Polttoaine (g/kWh)	2	2	2
Tuotantokustannus (g/kWh) ***	3,5-4	2,5-2,8	2,5-3,5

* Pölysuodattimen lämpötila kaasumoottorissa 400-500°C, dieselmoottorissa 300-400°C

** Päästöjen osuudesta temperatuurin riippuen, tylinen jne., huoltoaika on noin 2000-5000 h (250000 silloin).

*** Rakennuskustannus eli sähkö- ja lämmön tuotannon kokonaiskäyttöarvo on 0,8.

Taulukko 2. Mikroturbiinien tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia (Caddes 1993, 1995 ja Turbec Vartiainen ym. 2002 mukaan) sekä mikroturbiinilaitetuotantovoimainloiden (25-250 kW) kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

Sähköteho (kW)	25-750
Sähköteho (kW)	5-15
Lämpöteho (kW)	50-60
Käynnistysoikeus (%)	75-85
Käynnistysaika (s)	85-100, nopea
Tuottoaika (h)	20000-30000
Teosteho (kW)	5000-75000
Teosteho (MW)	1000-1700
Käyttö ja kunnossapito (kW/h)	2,6-1,7
Polttoaine (g/kWh)	2
Tuotantokustannus (g/kWh) **	3-4

* Tuotantokustannus eli sähkö- ja lämmön tuotannon kokonaiskäyttöarvo on 0,8.

** Rakennuskustannus eli sähkö- ja lämmön tuotannon kokonaiskäyttöarvo on 0,8.

Taulukko 3. Stirling-moottorin tyypillisiä teknisiä arvoja (Vanhonen & Laitinen 1999 Vartiainen ym. 2002 mukaan) sekä Stirling-moottoreihin perustuvien yhteisvoimainloiden kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

Sähköteho (kW)	1,5-35
Lämpöteho (kW)	50-60
Käynnistysoikeus (%)	75-85
Käynnistysaika (s)	60-80
Teosteho (kW)	4000-6000
Teosteho (MW)	50000-60000
Käynnistysoikeus (%)	1500-1800
Teosteho (MW)	1000-2000
Käyttö ja kunnossapito (kW/h)	1,7-2,8
Polttoaine (g/kWh)	2
Tuotantokustannus (g/kWh) **	4-5

* Tuotantokustannus eli sähkö- ja lämmön tuotannon kokonaiskäyttöarvo on 0,8.

Taulukko 4. Höyryturbiineihin ja -konzeihin perustuvien CHP-voimaloiden tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia sekä kustannuksia (Vartiainen ym. 2002).

Sähköhyötysuhke (%)	25-35
Lämmityshyötysuhke (%)	40-70
Kokoraaka-työtysuhke (%)	75-85
Lämpötila (°C)	Höyry
Elintäaika (t)	>50000
Investointi (€kW ⁻¹) *	1500-3000
Käyttö- ja kunnossapito (€kWh)	0,4-0,8
Polttoaine (€kW ⁻¹)	1
Tuottoaste suhteena (€/kW ⁻¹) **	2-4

* Alkua ja vakiota suurempi höyryturbiineja ja yleisiä pienempiä höyrykonzeja.

** Käyttöasteena 0,85, lämmityskannattavuus 0,25 ja kunnossapitokustannus on käytetty arvoa 0,2 lämpöarvoilla 1 ja 0,6 höyryturbiineja.

Taulukko 5. Biomassakattiloiden tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia ja liittämiskustannuksen kustannukset (Vartiainen ym. 2002).

Nimiteho (kW) *	10-10000
Höyryturbiini (t/h)	1000-3000
Hyötysuhke (%)	70-80
Käyttöaika (vuotta)	20
Investointi (€kW ⁻¹)	100-200
Käyttö- ja kunnossapito (€kW ⁻¹)	0,1-0,2
Polttoaine (€kWh)	0,7-1
Tuottoaste suhteena (€/kW ⁻¹) *	1-2

* Kimmellisuus on yleensä 10-15 %, mutta kimmellisyys on suurempi kuin pienien kokoluokkien (<10 MW) biomassakattiloissa.

** Kustannusarvot ovat käytetty lämpöarvoon 1000-1500 t/h ja käyttöaste 80 vuotta.

Taulukko 6. Tulovänsuuden pienen kokoluokan tekniikoilta vaadittava teho siettyä käyttötarkoitusta ajatellen (Aho 2004).

Kohde:	MW	Käyttö- ja kunnossapito	Muok- kaaminen	Siirtok- matkat	Poltto- kustannus
Biomassa	<5			+	++
Biokaasun tuotanto	<50	-	-	++	++
Biokaasun tuotanto	<100	-	-	-	-
Ilmastointi, lämmitys	<300	.	.	-	-
Käyttövesi	<50*	.	.	-	-
Pöytälämmitys	<500	+	+	-	-

* Pöytälämmityksen teho on 10 MW:n suuruinen.

Taulukko 7. Aurinkokattiloiden luokittelu kokoon perustuen (Aho 2004).

Kattilan tyyppi	Polttolämpöteho (kW)
Osakattiloita	10-100
Suuret rakennukset	50-400
Alue- ja kaukolämpö	100-20000
Tuotantokattiloita	100-30000

Taulukko 8. Pienimpien sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) teollisuuden ominaisuuksien vertailu (Väittäinen 2002).

	Yhteiskäyttö (MW)	Siirtokäyttö (MW)	Lämpöteho (MW)	Käyttöaste (%)	Häviöteho (MW)	Teollisuuden käyttö ¹	Teollisuuden osuus (%)
Tuotanto	0,1 200	45-50	-	50	350	102-110	5-6
Per. ja maaseutu	25-1000	60-80	-	40	400	220-250	2,5-3
Järjestelmä	100-110	4-10	-	98	100	450-1000	40-50
Asiantuntijoiden	1,5-6,8	-	20-40	20	150	300-1500	7-14
Teollisuus	4-15	-	60-70	70	200	500-1500	1-8
Maaseutu	10-1000	-	2-40	20	1000-3000	100-200	1-5
Käyttö ja teollisuus	1-1000	10-40	40-70	15	400	450-1400	3-10
Teollisuus	25-250	5-15	40-60	15	200	100-1500	1-4
Sähköteho	0-100	1-10	50-60	15	400	1400-2000	1-3
Teollisuus	0,5-200	10-50	10-50	15	500	200-400	2-5
Teollisuus ja maaseutu	0,1-1000	15-35	40-70	14	200	1500-2000	2-7

¹ Yksityiskohtainen luettelo sähkön tuotannosta maaseudulla, lämpövoimaloissa ja biopöytävoimaloissa. Vesienergiaa, vettä ja lämpöenergiaa sekä lämpöenergiaa sekä lämpöenergiaa ja vettä 10000 kW, mutta lämpöenergiaa ei oteta huomioon. Vesienergiaa ei oteta huomioon.

² Käyttöaste on teollisuuden teollisuuskäyttöön ja maaseudun teollisuuskäyttöön suhteessa. Teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa on 100%.

³ Lämpöteho on teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa. Teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa on 100%.

⁴ Teollisuuden teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa. Teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa on 100%.

⁵ Teollisuuden teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa. Teollisuuden teollisuuskäyttöön suhteessa on 100%.

Liite 2. Metsätieteen energiakäytön työllisyys- ja talovaikutukset -tutkimus

Tarkastellaan metsätieteen energiakäytön työllisyys- ja talovaikutuksia osittain tutkimasta (Vuorinen 2004). Case-kohteina tutkimuksessa ovat neljän lämpö- tai voimalaitoksen - Porhon lämpöläitoksen, Ruukin Energilaitoksen, Oulun Energian Teppilän voimalaitoksen ja Fransman Alhosen Kruunin metsätehtaan hankintakäyt.

Ruukin lämpöläitoksessa on 2,6 MW:n ja 0,95 MW:n kiintein polttoaineen kattilat sekä 2 MW:n raskasöljykattila. Veralta on lämpölaite, jossa on 1,6 MW:n kaasukattila, 1,5 MW:n raskasöljykattila sekä 1,4 MW:n kevytöljykattila. Vuonna 2000 kunnan omistamassa laivastossa käynnin pienpuuhaketta (3090 m³), hakkuutähdehakketta (1795 m³), sahajan puuhaketta ja saunamurskerta, palaturvettä ja raskasta polttoöljyä.

Ruukin lämpöläitöksen metsätehtaan toimittanut Siikajokilaakson metsänhoito-yhtiös, joka on sopinut urakoitsijoiden kanssa metsäkuljetuksesta, haketuksista ja hukkeen kuljetuksesta. Laitoksella toimittetun pienpuuhakkeen toimituskertajuu työvaiheet olivat seuraavat:

- Kokopuiden kaato kasasi 6690 m³ kasvainta pienpuuhin korjattiin myöskin metsän hoitokohteista metsänomistajien, metsurien ja metsäyrittäjien toimesta.
- Kokopuiden metsäkuljetus metsä- ja maatalousstruktoreilla metsänomistajien urakoitsijoiden toimesta.
- Välivaihehakkus on raskasöljy yritysken toimesta.
- Hukkeen kuljetus kuorma-autolla ja raskasöljy yritysken toimesta.

Lisäksi päätehtaan hakkuutähdeksi korjattiin 3300 m³. Hakkutähde- ja pienpuuhakkeen toimittivat samat urakoitsijat.

Porhon lämpöläitoksessa on 1,6 MW:n kiintein polttoaineen kattila, 2 MW:n raskasöljykattila ja 1,6 MW:n kevytöljykattila. Öljyä käytetään työpöytä höyrykattilan uuttamiseen ja kesällä veden lämmitykseen. Laitoksen omistaa kunta, joka ostaa lämmön Porhon energiaosuuslaitalta, joka vastaa lämmitystakuumista. Lisäksi vuonna 2002 polttoaineitaan metsähaketta (2900 m³), sahan karkijätettä ja saunapuria, palaturvettä ja raskasta polttoöljyä.

Porhon laitoksella puusäily osuuskunnan jäsenten omista metsistä hankittua energiapuuta noin puolet korjattiin metsästä metsistä ja puolet metsä harvennuksesta, peltotyönäistä ja tienvarsilta. Laitoksella toimittetun pienpuuhakkeen toimituskertajuu työvaiheet olivat seuraavat:

- Kokopuiden kaato kasasi kaheella maatalousstruktorein hakkuualueella (noin 10 %) ja lopun metsänomistajien toimesta.
- Kokopuiden metsäkuljetus hoidettiin metsä- ja maatalousstruktoreilla.
- Tienvarsivastointi.
- Kokopuiden haketuksessa käytettiin sahanhaketta, Siikahakkukonttikuumisaunaa ja viirikattilahakkuria.
- Hukkeen kuljetukset hoidettiin Siikahakkukonttikuumisaunalla ja maatalousstruktoreilla.

Teppilän voimalaitokset ja Alhosen Kruunin työsäilyttävien suurten toimijoiden hankintakäyt. Teppilän voimalaitokselle toimitet in vuonna 2002 300000 m³ metsähaketta, kolmen toimittajien toimesta (Vapo, Biowatti ja Turveruuti). Alhosen Kruunille OPM Metsä toimittajiksi kasseja ja Biowatti hakkuutähde ja pienpuuhaketta. Yhteensä haketta vuonna 2005 annostettiin laitokselle lämmitykseen noin 200000 m³.

Tarkastellaan tässä luvussa Ruukin ja Porhon laitosten toimituskertajuu kokonais kokonais vaikutusta.

Neljässä tarkastellussa kolmeissa alueesta yhdessä (Ruukki) metsurit hakkasivat energiapuuta. Metsurien tekemän hakun on kuitenkin energiapuusta maksuttavaa hintaan verrattuna liian kallista. Lisäksi hankintakaupat metsänomistajilta ovat väheneessä määrin muassa metsänomistajien ikääntymisestä, kaupallisuudesta ja metsänomistajien katoamisesta johtuen. Näistä syistä johtuen pienpuuhakkuun kasseliaromista pidetäänkin välttämättömyydenä. Muun muassa Vapo ja Metsäliitte ovatkin aloittaneet energiapuun osuutta pystyttämään harvennuskasseliaromista ja tuottaa metsästä hoidettua energia.

Tutkimuksessa todetaan ettei tarkastelluissa kettuisissa vaiheissa työllistä risurakkeiden (0,18 htv/1000 m³) ja eniten (1,0 htv/1000 m³) pienpuuhaketta, jossa energiapuun korjattiin hakettu raskasöljykattilla ja hukkeen maksimikuljetukset tehtiin osittain kuorma-auton toimesta. Metsäihakkuuseen perustuva kertajuu työllistä 0,67 htv/1000 m³. Toimien työllistävyydessä keuhissa metsänomistajat korjasivat energiapuun

omettiin. Tämä ei kuitenkaan olekaan työllisyistilastusten mukaan vaikuttanut, vaikka se metsänomistajien tuloja lisää.

Ympäristönsä työpöytä ja Ruukin metsähaketta käyttäenässä leijussa, jota laimutuksesta 40 % suoraa Ruukki on ei kaksi kappaletta. Lisäksi saivat muu muassa metsäurit, osuuskunnan jäsenet, metsätraktorin kuljettajat, työnjohto ja hallinto.

Väitelliset työllisyysvaikutukset jäivät pieniksi muun muassa silloin, kun energiapuu hakattiin manuaalisesti tai metsänomistajien omatoimisesti tekemän energiapuun korjaan osuus oli suuri. Pienpuuhakkeen väitellisten työllisyysvaikutusten todettiin olevan Ruukissa 15 % ja Perhossa 20 % viihdyntä vaikutuksesta. Kuitenkin kasankoneella tehdyssä hakkuissa väitelliset vaikutukset olivat 40 % ja muurauksessa hakkuussa ainoastaan 1 % väitellisten vaikutuksien. Mäntitukseen, että metsähuonekoneiden väitellinen työllisyys oli 20 %.

Ahonen (2004) vertaili tutkimuksessaan Perhon ja Ruukin lämpövoimien polttoainevaihtoehtoja metsähaketta, poltaturvetta ja raskasta polttoöljyä. Ruukissa lämmöneristämisen kustannukset olisivat pienemmät poltaturvetta, mutta raskaalla polttoöljyllä kateenä huomattavasti suuremmat kuin hakkeella. Perhossakin turpeen käyttö olisi edullisinta ja hake ja öljy olivat kalliimpia kuin samaa laadua. Paikallistalouden ja työllisyyden kannalta Ahonen (2004) toteaa kuitenkin muuten muuten laimutuksella parhain on vain pienpuuhakkeen käyttöön oleva ja lisää väitellistä.

Liite 3. Vuoden 1990 jälkeen toteutetuista, rakenteilla olevista ja pääte-tyistä laitoksista sekä tehon korotuksista muodostuva voimalaitoskapa-si-teen vuosittainen lisäys Suomessa (Tolonen 2005).

Siirtymä vuosi	Yhteensä	Uusi	Parannettu	Yhteensä	Uusi	Parannettu	Yhteensä	Uusi	Parannettu
1991	213	152	61	213	152	61	213	152	61
1992	35,3	28,4	6,9	35,3	28,4	6,9	35,3	28,4	6,9
1993	9,1	8,1	1,0	9,1	8,1	1,0	9,1	8,1	1,0
1994	35,6	30,3	5,3	35,6	30,3	5,3	35,6	30,3	5,3
1995	4,5	4,1	0,4	4,5	4,1	0,4	4,5	4,1	0,4
1996	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
1997	4,8	4,4	0,4	4,8	4,4	0,4	4,8	4,4	0,4
1998	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
1999	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2000	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2001	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2002	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2003	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2004	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2005	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2006	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2007	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2008	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2009	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2010	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2011	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2012	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2013	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2014	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2015	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2016	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2017	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2018	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2019	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2020	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2021	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2022	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2023	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2024	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2025	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2026	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2027	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2028	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2029	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2030	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2031	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2032	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2033	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2034	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2035	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2036	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2037	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2038	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2039	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2040	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2041	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2042	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2043	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2044	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2045	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2046	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2047	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2048	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2049	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3
2050	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3	4,1	3,8	0,3

2003	huvu			75	8		0
	muokaus			29	19		14
	Yhteensä			104	27		14
2004	huvu	12	1	20			33
	muokaus			20	240		260
	Yhteensä	12	1	40	240		293
2005	huvu	4	4	15			19
	muokaus			15	137		152
	Yhteensä	4	4	30	137		171
2006	huvu	32	22				54
	muokaus			3			3
	Yhteensä	32	22	3			57
2007	huvu	12	22	3			37
	muokaus			20,5	10,2		30,7
	Yhteensä	12	22	23,5	10,2		68
2008	huvu	20	20,5		10,2		50,7
	muokaus						
	Yhteensä	20	20,5		10,2		50,7
2009	huvu		3				3
	muokaus			38			38
	Yhteensä		3	38			41
2010	huvu	32			10		42
	muokaus						
	Yhteensä	32			10		42
2011	huvu				3		3
	muokaus				12		15
	Yhteensä				15		18
2012	huvu				1500		1500
	muokaus				1000		1000
	Yhteensä				2500		2500
2013	huvu	250,000	64,67	171,11	128,5	1380	500
	muokaus						
	Yhteensä	250,000	64,67	171,11	128,5	1380	500

Täble 4. Taulukkoja tietoja tutkimuskunnista ja pienalueilta.

Kunnat

	As. 2002 ml.	Väestö- muutos 51-02, %	Aukea- llyhes as. y.	Kasvatas- ala m ² km ²	Ajko pinto ala (m ²) km ²	Työvä- suhteus- suhteus	Eläinraa- kuntien- kuntien km ²
Vakkola	1105	-0,34	13,0	860,8	1307,4	Eläinraa- suhteus	0
Järvenpää	5463	0,53	28,2	549,3	596,7	Eläinraa- suhteus	2
Mäntsälä	5358	-1,34	17,8	512,8	114,8	Eläinraa- suhteus	3
Ainamäki	1984	0,43	18,4	145,5	150,1	Eläinraa- suhteus	20
Kuusela	1800	1,03	37,0	487,6	468,2	Eläinraa- suhteus	22
Lappeenranta	7449	-1,25	0,4	138,7	1347,1	Eläinraa- suhteus	39
Vilhelmina	2482	-0,15	20,0	61,5	151,8	Eläinraa- suhteus	40
Nurmijärvi	34761	4,14	96,0	567,5	327,3	Eläinraa- suhteus	41
Mäki	2079	-1,43	0,0	284,9	755,3	Eläinraa- suhteus	52
Lappeenranta	987	-1,80	12,5	513,8	711,4	Eläinraa- suhteus	54
Ilomantsi	8834	-0,05	2,5	2775,9	8172,8	Eläinraa- suhteus	59
Hillinen	2119	0,55	28,4	391,5	188,4	Eläinraa- suhteus	50
Pyykölä	2238	-2,20	7,2	1423,2	520,2	Eläinraa- suhteus	34
Sodankylä	5439	-1,58	0,2	1775,0	12416,8	Eläinraa- suhteus	127
Sieri	3342	0,67	6,8	787,7	803,7	Eläinraa- suhteus	150

	Maa ja puustelu %	Ympäristö- aluetus %	Eläinraa- aluetus %	Eläinraa- aluetus %	Eläinraa- aluetus %
Vakkola	15,8	38,8	58,8	27,5	31,2
Järvenpää	7,4	44,7	48,1	41,4	57,5
Mäntsälä	15,5	24,0	55,1	25,7	57,8
Ainamäki	22,7	58,8	37,3	27,9	63,2
Kuusela	1,4	37,7	58,3	31	44,1
Lappeenranta	23,8	18,7	32,7	8,1	15,5
Vilhelmina	3,4	53,2	37,5	57,7	71
Nurmijärvi	3,5	58,4	81,1	28,7	34
Mäki	23,2	30	37,5	52,8	63,1
Lappeenranta	14,6	30,8	42,1	29,8	63,1
Hillinen	14,6	17,1	85,1	30,8	37,5
Pyykölä	10,5	27,7	55,8	29,2	30
Sodankylä	16,6	13,7	64,0	19	71,2
Sieri	12,1	17,9	72	14,7	48,1
Kuusela	14,7	31,8	87,5	48,1	99,7

Statistik representasi: kurrtasa

	Mestander lehesi KMP'n	Peritien lehesi	Bokasaperitien		Wu'j'kunt lehesi	Wheerid lehesi	lehesi	lehesi	lehesi	lehesi	lehesi	lehesi
			lehesi	lehesi								
Wheerid	11,45	1,90	35,18	0,98	47,68	39,914	76,15	46,15	69,31	30,33	105,23	
Jankkala	12,47	0,87	30,46	0,36	44,75	1,00	34,92	34,92	10,79	0,00	10,79	
Wheerid	15,08	0,00	22,16	0,00	22,75	35,08	58,08	25,41	40,34	40,34	102,42	
Rom'rah	7,28	0,00	0,33	0,11	5,10	7,28	9,06	7,28	4,05	7,28	25,56	
lehesi	1,74	1,00	2,80	0,85	6,35	13,71	13,71	5,41	4,05	5,41	26,87	
Wheerid	24,11	0,16	15,72	0,43	10,41	34,14	10,41	1,14	28,15	28,15	216,89	
Wheerid	0,11	0,11	15,18	0,17	21,59	7,74	7,74	14,92	98,41	98,41	10,41	
Kuntarid	7,10	1,28	37,40	1,01	7,10	42,11	42,11	42,84	39,81	39,81	134,26	
Wheerid	1,31	0,04	3,05	0,12	0,08	8,53	3,47	3,47	3,47	3,47	11,41	
Lap'rah	26,30	1,30	17,05	1,44	43,86	86,42	55,74	55,74	37,10	37,10	144,28	
lehesi	1,19	0,13	3,86	0,30	0,82	16,41	8,27	8,27	4,00	4,00	107,08	
Wheerid	57,00	0,58	11,40	0,38	60,46	59,01	59,01	57,78	108,48	108,48	194,48	
Wheerid	1,21	0,00	0,00	0,00	0,12	86,11	0,11	0,11	1,11	1,11	07,85	
Wheerid	7,28	0,48	1,87	0,51	9,58	104,33	1,11	1,11	1,11	1,11	106,70	
Wheerid	24,04	0,00	1,15	0,21	31,53	28,53	28,53	18,00	40,11	40,11	107,77	

	Wheerid		Wheerid		Wheerid	Wheerid	Wheerid	Wheerid	Wheerid	Wheerid	Wheerid
	Wheerid	Wheerid	Wheerid	Wheerid							
Wheerid	1,11	4,0	13,7	50,3	50,3	148,2	2,0	2,0	9,7	9,7	80,0
Wheerid	0,2	2,0	27,7	81,0	81,0	75,7	2,0	2,0	9,7	9,7	146,3
Wheerid	2,3	5,8	51,5	79,8	79,8	75,7	4,0	4,0	9,7	9,7	30,5
Wheerid	1,2	5,0	64,2	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	59,5	59,5	116,4
Wheerid	0,1	0,4	8,3	14,5	14,5	14,5	0,0	0,0	7,8	7,8	9,7
Wheerid	0,7	0,1	31,0	84,5	84,5	51,1	2,4	2,4	5,1	5,1	84,9
Wheerid	2,0	7,1	40,4	147,3	147,3	51,1	5,7	5,7	1,40	1,40	216,7
Wheerid	0,2	1,4	15,6	13,9	13,9	19,2	1,2	1,2	1,02	1,02	27,0
Wheerid	7,1	3,0	4,8	7,4	7,4	7,4	1,7	1,7	4,7	4,7	80,4
Wheerid	0,7	0,3	0,0	7,0	7,0	23,0	0,3	0,3	1,2	1,2	11,7
Wheerid	0,8	0,0	14,6	22,3	22,3	23,0	2,0	2,0	4,6	4,6	1,0
Wheerid	1,6	1,8	3,7	8,1	8,1	8,1	0,2	0,2	0,0	0,0	1,0
Wheerid	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Wheerid	0,9	0,0	50,5	1,4	1,4	74,8	5,6	5,6	2,0	2,0	3,0

Pienalueet

	Ala	Säilytys- huoneet m ²	Yhteensä m ²	Asukkaat - 2006 asik/m ²
Sijain	101	45	960	0,1
Talokkeiden vuokrat	80	88	128	0,8
Asualueet	808	21	68	5,0
Käytävät	60	24	96	0,1
Käytävät	100	21	100	0,1
Käytävät	274	20	74	3,7
Huoneisto	280	18	44	8,5
Käytävät	380	5	21	12,8
Käytävät	5757	9	64	43,8
Käytävät	100	11	37	0,7
Käytävät	500	4	18	12,2
Käytävät	250	4	10	5,2
Käytävät	1700	0	14	10,4
Käytävät	4150	0	89	23,6
Käytävät	7154	0	51	40,8

Säilytys- ja lämmön-
kulutus pienalueilla

	2006-01-01 alkaen		Lämmönkulutus		Säilytys- ja lämmön- kulutus	
	MWh	MWh/m ²	MWh	MWh/m ²	MWh	MWh/m ²
Talokkeiden vuokrat	433	5,0	308	2,3	1067	1,1
Asualueet	4528	45,7	833	8,0	1064	1,1
Käytävät	331	5,5	481	7,7	512	0,8
Käytävät	1845	10,4	508	2,9	2280	4,9
Käytävät	1680	3,8	147	0,1	3100	1,1
Käytävät	807	5,2	1063	5,6	1178	1,1
Käytävät	1408	5,0	2066	6,2	3574	5,0
Käytävät	1187	11,7	3065	32	3095	32
Käytävät	2557	3,6	501	0,7	1699	0,7
Käytävät	5813	20,0	1431	7,1	3331	7,1
Käytävät	11050	9,7	2338	5,6	7945	5,6
Käytävät	3725	7,8	1313	3,1	28153	3,1
Käytävät	5412	7,6	5832	6,5	67290	6,5
Käytävät			58232	7,3	109314	7,3

Lisäte 5. Käytetyt metaavinntuottopotentiaalit.

Jae	m ³ CH ₄ /kg VS	min	max
D. Jälisammalehti	0,22		
Hajotus	0,5		
Heinäku		0,15	0,3
Umpio		0,45	0,9
Sara		0,75	1,50
Sepokas		0,15	0,37
Naukko		0,5	0,2

Yllä esitettyt arvot on otettu laskennasta käyttöön niiden keskiarvoa.